

# Franz Hillebrand

## Ausgewählte Schriften zur Wahrnehmungs- psychologie und Erkenntnistheorie (1889–1926)

Eingeleitet und herausgegeben von Pierre Sachse und Peter Goller









# **Franz Hillebrand**

## **Ausgewählte Schriften zur Wahrnehmungs- psychologie und Erkenntnistheorie (1889–1926)**

Eingeleitet und herausgegeben von Pierre Sachse und Peter Goller

Pierre Sachse

Institut für Psychologie, Universität Innsbruck

Peter Goller

Universitätsarchiv, Universität Innsbruck

Diese Publikation wurde mit finanzieller Unterstützung des Landes Tirol (Abteilung Kultur, Förderbereich Wissenschaft), der Fakultät für Psychologie und Sportwissenschaft der Universität Innsbruck sowie des Vizerektorats für Forschung der Universität Innsbruck ermöglicht.



© *innsbruck* university press, 2021

Universität Innsbruck

1. Auflage

Alle Rechte vorbehalten.

Umschlagbild: Franz Hillebrand (Foto © Universitätsarchiv Innsbruck, ohne Datum, wohl 1902)

Layout: Carmen Drolshagen

[www.uibk.ac.at/iup](http://www.uibk.ac.at/iup)

ISBN 978-3-99106-038-3

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	7
Franz Hillebrand. Zur dogmengeschichtlichen Stellung seiner sinnespsychologischen und erkenntnistheoretischen Forschung .....	9
1 Über die spezifische Helligkeit der Farben – Beiträge zur Psychologie der Gesichtsempfindungen, in: Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe Band 98/3, Wien 1889, 1-51 .....	45
2 Die Stabilität der Raumwerte auf der Netzhaut, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 5 (1893), 1-60 .....	99
3 Das Verhältnis von Accommodation und Konvergenz zur Tiefen- lokalisation, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 7 (1894), 97-151 .....	163
4 Zur Lehre von der Hypothesenbildung, in: Sitzungsberichte der Philosophisch-Historischen Klasse der Akademie der Wissenschaften in Wien 134, VI. Abhandlung, Wien 1896 .....	221
5 In Sachen der optischen Tiefenlokalisation, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 16 (1898), 71-151 .....	293
6 Theorie der scheinbaren Grösse bei binocularem Sehen, in: Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse 72, Wien 1902, 255-307 .....	377
7 Die Heterophorie und das Gesetz der identischen Sehrichtungen, in: Zeitschrift für Psychologie 54 (1909), 1-55 .....	435

Inhaltsverzeichnis

8	Zur Frage der monokularen Lokalisationsdifferenz. Schlusswort gegen St. Witasek, in: Zeitschrift für Psychologie 57 (1910), 293-316 .....	493
9	Die Aussperrung der Psychologen, in: Zeitschrift für Psychologie 67 (1913), 1-21 .....	519
10	Ewald Hering: Ein Gedenkwort der Psychophysik, Berlin 1918, Springer .....	543
11	Zur Theorie der stroboskopischen Bewegungen, in: Zeitschrift für Psychologie 89 (1922), 209-272 .....	657
12	Zur Theorie der stroboskopischen Bewegungen, in: Zeitschrift für Psychologie 90 (1922), 1-66 .....	723
	Sachregister .....	791

## Vorwort

Vor 125 Jahren hat Franz Hillebrand im Oktober 1896 als neu ernannter Professor der Philosophie seine Innsbrucker Antrittsvorlesung „Die experimentelle Psychologie, ihre Entstehung und ihre Aufgaben“ gehalten. 1897 konnte er das Innsbrucker „Institut für experimentelle Psychologie“ errichten.

Franz Hillebrands „Beiträge zu den Bestimmungsgrößen der Raumwahrnehmung, zur Geometrie der Raumwahrnehmung, der Beziehung zwischen wahrgenommener Größe und Beobachtungsentfernung und seine Untersuchungen zur Stabilität der visuellen Wahrnehmung stellen grundlegende und international anerkannte Ergebnisse“ dar – so Manfred Ritter 1996 zum Hundertjahrjubiläum des Instituts.

Hillebrands Nachfolger Theodor Erismann (1927-1954), Franziska Mayer-Hillebrand (Dozentin seit 1932), Hubert Rohracher (Dozent 1932 bis 1938), Ivo Kohler (1950-1981) und Manfred Ritter (1985-2000) haben die Innsbrucker wahrnehmungspsychologische Forschungsrichtung (u.a. „Umkehrbrillenversuche“) fortgeführt.

Innsbruck, im Sommer 2021

Pierre Sachse  
Peter Goller



# Franz Hillebrand. Zur dogmengeschichtlichen Stellung seiner sinnespsychologischen und erkenntnistheoretischen Forschung

## Gründung des Innsbrucker Instituts für Experimentelle Psychologie (1897)

Mit ministeriellem Beschluss vom 19. Februar 1897 wurde an der Universität Innsbruck ein Institut für Experimentelle Psychologie errichtet. Für die Ersteinrichtung (wissenschaftliche Apparate und Bücher) wurden 1500 Gulden gewährt, zusätzlich eine auf drei Jahre befristete Dotation von jeweils 200 Gulden.

Zuvor war bereits in Graz 1894 das erste staatlich finanzierte experimentalpsychologische Labor gegründet worden, geleitet von Alexius Meinong (1853–1920). Sowohl Meinong als auch Hillebrand waren Schüler des Philosophen Franz Brentano.

Eine erste provisorische Unterkunft fand Hillebrands Institut in einem Souterrainzimmer des Innsbrucker Stadtsitals in unmittelbarer Nachbarschaft zur Augenklinik. Hillebrand hatte bereits wenige Monate nach seiner Berufung im Oktober 1896 um Räume in der Nähe des seinen Forschungen nahe stehenden Physiologischen Institutes gebeten, nicht zuletzt da er engen Kontakt zu den an der Medizinischen Fakultät angesiedelten Physiologie-Professoren, so zu dem 1902 emeritierten Maximilian von Vintschgau, dessen Experimente zu „einer physiologischen Analyse eines Falles partieller Farbenblindheit“ sowohl von Ewald Hering als auch Hillebrand unterstützt wurden, – so zu Oskar Zoth (1904 nach Graz zurück berufen), dann zu Franz Bruno Hofmann (1910 nach Prag weiter berufen), zu Wilhelm Trendelenburg (1916 nach Gießen wegberufen), zu Ernst Theodor Brücke (ab 1916 bis zu seiner Vertreibung durch das NS-Regime 1938 in Innsbruck lehrend) und zu Ludwig Haberlandt, der 1909 in der „Zeitschrift für Sinnesphysiologie“ Studien „zur optischen Orientierung im Raum“ veröffentlichte, pflegen wollte. Mit Hofmann und Brücke teilte Hillebrand zudem den gemeinsamen Prager bzw. Leipziger Lehrer Ewald Hering.

Im Umfeld von Franz Hillebrands Labor standen nicht nur Physiologen wie Zoth oder die beiden „Heringianer“ Hofmann und Brücke, sondern auch die Wiener Meynert-Schüler Gabriel Anton (1891–1894) und Carl Mayer (1894–1936) als Vertreter der 1891/92 gegründeten Lehrkanzel für Psychiatrie und Neurologie, wobei Anton schon zwei Jahre vor Hillebrands Ernennung Innsbruck Richtung Graz verlas-

sen hatte. In der Augenheilkunde forschten Lehrkanzelinhaber wie Stefan Bernheimer (1900–1915) zu Fragen, die auch für die Sinnespsychologie relevant waren.<sup>1</sup>

Im Herbst 1904 konnte Hillebrand endlich neue Räumlichkeiten im Neubau des physiologisch-physikalisch-hygienischen Instituts in der Schöpfstraße 41 beziehen, damals am Stadtrand gelegen, sodass sich hinter dem Gebäude noch die Wiltener Wiesen und Maisfelder ausdehnten. Sieben Jahre nach der Institutsgründung musste Hillebrand aber immer noch fordern: „Die Beschaffung jenes Minimums an wissenschaftlichem Inventare, ohne welches ein derartiges Institut ... nicht functionieren kann, war bisher unmöglich, einerseits wegen zu geringer Geldmittel, anderseits darum, weil der ohnehin viel zu beschränkte Raum im Spital sich als so hochgradig feucht erwies, daß der Unterzeichnete um sein kärgliches Instrumentarium vor dem Zugrundegehen durch Rost zu schützen, sich genötigt sah, dasselbe zeitweilig in anderen Instituten unterzubringen ... Das Laboratorium entbehrt einer Reihe von Instrumenten, die ständig benötigt werden: so fehlen Instrumente für Zeitmessungen und die dazugehörigen Hilfsapparate; es fehlen eine Elementen- bzw. Accumulatorenanlage, Inductorien, Schalt- und Contactapparate etc. Außerdem sind gewisse, u. zw. etwas kostspieligere Ergänzungen der Bibliothek ganz unentbehrlich: so die Neuanschaffung der ersten 18 Bände der Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane und der Wundt'schen ‚Studien‘ (21 Bände) etc.“

Die schwierige Lage Hillebrands wird auch aus einem Brief an Alexius Meinong von 1904 ersichtlich: „Das Arbeiten scheitert an pecuniären Kleinigkeiten, so z.B. daran, daß mir kein Diener bzw. eine equivalente Hilfskraft bewilligt wird. Ich bin es satt mich mit

---

1 Vgl. Hans Ganner: Die Lehrkanzel für Psychiatrie und Neurologie, in: Hundert Jahre Medizinische Fakultät Innsbruck 1869 bis 1969, hrg. von Franz Huter, 2 Bände, Innsbruck 1969, Bd. 2, 413-438 [hier auch Abschnitte über das physiologische Institut und die augenheilkundliche Klinik] und Michaela Ralser: Das Subjekt der Normalität. Das Wissensarchiv der Psychiatrie. Kulturen der Krankheit um 1900, München 2010, 162-175. Die Berufungsvorschläge für G. Anton und C. Mayer unter: [www.uibk.ac.at/universitaetsarchiv/medizinische-berufungsakten-seit-1869/](http://www.uibk.ac.at/universitaetsarchiv/medizinische-berufungsakten-seit-1869/) [Vgl. die Dokumente Nr. 30, 36, 44, 45, 48, 53, 64] Hier auch der Hinweis, dass der 1916 nach Innsbruck berufene Ernst Theodor Brücke schon im März 1911 auf Mitbetreiben von Franz Bruno Hofmann, Fritz Pregl und Rudolf Fick auch wegen der Arbeiten zur „physiologischen Optik“ berücksichtigt wurde: „Unter den physiologisch-optischen Arbeiten sind bemerkenswert die ersten gemeinsam mit [Arthur] Brückner ausgeführten Untersuchungen. Es wurde durch diese Autoren die wichtige Frage, ob man die Eindrücke des rechten von denen des linken Auges unterscheiden könne, für das gewöhnliche Sehen definitiv im negativen Sinne erledigt, zugleich aber auf ein eigenartiges ‚Organgefühl‘ des Auges aufmerksam gemacht, welches die Versuchsperson beim undeutlichen Sehen mit einem Auge wahrnimmt. In ein wichtiges Gebiet führt die kurze Mitteilung über eine neue optische Täuschung ein, welche die gegenseitige Beeinflussung mehrerer Sinnesgebiete eindringlich darstellt. Die Abhandlung über die Lage der Flimmergrenze ist auf Anregung Herings ausgeführt, selbständig ist dagegen die Bestimmung der Geschwindigkeit des Bewegungsnachbildes nach einer neuen Methode.“

derartigen Widerwärtigkeiten herumzubalgen und habe daher ein Ultimatum gestellt.“ Ferner musste Hillebrand zur Vorbereitung seiner experimentellen Studien und Publikationen beispielsweise eigens an die Universitätsbibliothek nach Wien reisen, da die Innsbrucker Büchersammlung unzureichend war. Hillebrand bezahlte für seinen wissenschaftlichen Einsatz einen persönlich hohen Preis. In den feuchten und ungeheizten Räumen zog er sich eine schwere Gelenkserkrankung zu.

Hillebrands Arbeit mangelte es an personeller Unterstützung. Während Hillebrand weder ein wissenschaftlicher Assistent noch ein Diener zustand, konnte Alexius Meinong in Graz nicht nur über zahlreiche Dissertanten, sondern mit Stephan Witasek oder Vittorio Benussi auch über zwei in der experimentellen Laborarbeit hoch qualifizierte Mitarbeiter verfügen, auch wenn diese beiden wegen ihrer prekären Stellung auch als Universitätsbibliothekare arbeiten mussten. Meinong konnte so von seiner von Brentano wegen der Annahme allgemein abstrakter „idealer Objekte“ („Komplexionen“) scharf abgelehnten, Edmund Husserls „Phänomenologie“ nahekommender „Gegenstandstheorie“ ausgehend, auch in Richtung gestaltpsychologischer Hypothesen Schule bildend wirken.<sup>2</sup>

Hillebrand hätte noch viel umfassender forschen und publizieren können, wäre ihm ein gut ausgerüstetes psychologisches Laboratorium, so wie jenes hervorragend ausgestattete Institut der Universität München zur Verfügung gestanden. Nicht zufällig war er deshalb 1910 daran interessiert, auf eine vakante philosophisch psychologische Lehrkanzel nach München zu wechseln, auf die schlussendlich 1912 Oswald Külpe berufen werden sollte.

Vor allem Franz Brentano und Ernst Mach haben diesen Plan unterstützt. Brentano forderte Hillebrand auf, eine erkenntnistheoretische Studie vorzubereiten, wenn möglich – was Hillebrand allerdings wohl schwerfallen dürfte – sogar vom Standpunkt des „Theisten“ aus. Eine solche Studie sollte Vorbehalte gegen eine zu enge experimentalspsychologische Ausrichtung Hillebrands zerstreuen. Brentano bereitete in München

---

2    Universitätsarchiv Innsbruck, Nachlass Franz Hillebrand und UB Graz, Nachlass Alexius Meinong, XLI, Nr. 1855. Vgl. Untersuchungen zur Gegenstandstheorie und Psychologie. Zum zehnjährigen Bestande des Psychologischen Laboratoriums der Universität Graz, hrg. von Alexius Meinong, Leipzig 1904. Zur „Produktionstheorie“ der Grazer Meinong-Schule vgl. Erich Mittenecker, Irmtraud Seybold und Günter Schuler: 100 Jahre Psychologie an der Universität Graz, Graz 1994, 13-19. In Mark Galliker – Margot Klein – Sibylle Rykart: Meilensteine der Psychologie, Stuttgart 2007, 271 wird die Grazer Schulposition so auf den Punkt gebracht: Nach Meinong „korrespondiert jede Vorstellung mit einem vom psychischen Erleben unabhängigen Gegenstand, wobei er raum-zeitlich existierende Gegenstände (konkrete Objekte) sowie Eigenschaften, Relationen oder mathematische Gegenstände (abstrakte Objekte) unterscheidet. Darüber hinaus können auch nicht existierende Gegenstände postuliert werden, seien es nun fiktive, oder logisch mögliche oder in sich widersprüchliche Gegenstände.“

für Hillebrand auch das politische Umfeld auf. Brentano schrieb mehrmals an den ihm familiär verbundenen einflussreichen katholischen Zentrumsolitiker Georg Hertling: Hillebrand sei kein „Monist“ oder Evolutionist wie etwa Friedrich Jodl. Er könne also von der katholischen Universitätsfraktion in München akzeptiert werden. Um liberalen Widerstand hintanzuhalten, hat Brentano andererseits – so berichtet er in seinen Briefen an Hillebrand – deutlich gemacht, dass dieser aber kein „romtreuer Ultramontaner“ sei.<sup>3</sup>

### Ausbildung bei F. Brentano, E. Hering, E. Mach (1881–1891)

Franz Hillebrand (1863 in Wien geboren, 1926 in Innsbruck verstorben) war ein österreichischer Beamtensohn. Sein gleichnamiger Vater Franz Hillebrand war „k.k. Berg-rath“. Bruder Karl Hillebrand lehrte ab 1902 an der Universität Graz als Professor

---

3 Im Innsbrucker Hillebrand-Nachlass findet sich ein Brief von Oswald Külpe. Nach dem Tod des Innsbrucker Philosophieprofessors Emil Arleth hatte Hillebrand Külpe um eine kurze Stellungnahme zu Max Wundt gebeten. Külpe schreibt am 12. Mai 1909 an Hillebrand aus Würzburg und gibt einigen interessanten Einblick in die Lage von Philosophie und Psychologie knapp nach 1900: „Über Max W[undt] weiß ich in der Tat Einiges, so z.B. daß er der Sohn unseres Altmeisters ist, von Baeumker in Straßburg als eine anima candida bezeichnet und von Ziegler als Stellvertreter in seinen Uebungen angenommen worden ist, woraus ich schließe, daß er seine Lehrbegabung besonders schätzte. Andererseits freilich ist er noch etwas jung und, wie mir scheint, vorherrschend Klassischer Philologe. Als solcher hat er promoviert und auch seine Arbeiten auf dem Gebiet der Geschichte der Philos. sind noch zum großen Teil unter dem Gesichtspunkte des Philologen verfaßt worden. Was ich am wenigsten billigen kann, ist, daß er fast allen Kontroversen aus dem Wege geht und seine durchaus nicht immer unanfechtbaren Ansichten positiv entwickelt, als gäbe es keine abweichenden Bestimmungen. Jedenfalls ist die Geschichte der griech. Ethik ein sehr lesenswertes Buch, aus den Quellen und echt historischer Anschauung geschöpft. Aber es gibt, wie mir scheint, Leute, die vor M.W. bei Besetzung eines Ordinariats in Frage kommen. Ich hatte neulich die Gelegenheit meine Meinung bei einer gleichen Aufgabe auszusprechen und darf Ihnen vielleicht sagen, daß ich E[rnst] Cassirer an erster Stelle empfohlen hatte. Dieser ist auch in Königsberg an 3. Stelle, ebenso in Göttingen (für Baumann) vorgeschlagen worden. Persönlich kenne ich ihn freilich nicht. Als Kollege kann ich Ihnen niemand mehr empfehlen als [August] Messer, dem das Historische viel näher liegt als das Psychologische und der über Quintilian u.a wertvolle Arbeiten geschrieben hat. Er ist zugleich Katholik und hat volles Verständnis für die Bedürfnisse der Katholiken, obwohl er durchaus kein sog. kathol. Philosoph ist. Sie würden in ihm einen Kollegen gewinnen, der Ihre Arbeiten mit Verständnis und Interesse verfolgte, mit dem sich ausgezeichnet sine ira et studio diskutieren läßt und der auf dem Boden der geschichtlichen Untersuchung gründlich und allgemein zu Hause ist und forschen kann (vergleichen Sie auch sein wertvolles Buch über Kant's Ethik!). Entschuldigen Sie, daß ich damit die Grenzen der von Ihnen angesprochenen Sache überschritten habe“. Vgl. dazu Franz Brentano: Über Ernst Machs „Erkenntnis und Irrtum“. Sammlung, mit 2 Anhängen. Kleine Schriften über Ernst Mach. Der Brentano-Mach-Briefwechsel, hrg. von Roderick M. Chisholm und Johann C.Marek, Amsterdam 1988.

für Astronomie. 1896 kam Franz Hillebrand mit seiner selbst wissenschaftlich aktiven Frau Silvia, einer Tochter des federführenden Wiener Mineralogie-Professors Gustav Tschermak, nach Innsbruck. Eine Beziehung, die wohl um 1910 unglücklich beendet wurde, wie nicht zuletzt aus brieflichen Kommentaren von Franz Brentano hervorgeht.<sup>4</sup>

Von 1873 bis 1881 besuchte der junge Hillebrand das Gymnasium Kremsmünster (Oberösterreich). Im Wintersemester 1881/82 nahm Hillebrand an der Philosophischen Fakultät der Universität Wien das Studium auf und belegte im ersten Semester Vorlesungen bei den Philosophen Franz Brentano und Robert Zimmermann, sowie bei den Klassischen Philologen Theodor Gomperz und Wilhelm Hartel. Kurz überlegte Hillebrand, ob er die musikalischen Übungen bei Anton Bruckner, damals auch Wiener Universitätslektor, besuchen soll, hat aber dann – wie eine Streichung in seinem Inskriptionsblatt zeigt – darauf verzichtet. Laufend besuchte Hillebrand naturwissenschaftliche Kollegen, wie bei Berthold Hatschek „über Darwin'sche Theorie“, bei Adolf Lieben über „allgemeine Chemie“ oder bei dem Physiker Josef Stefan über „Wärme und Elektrizität“ und über „Mechanik“.

In Wien gehörte Hillebrand dem engeren Schülerkreis Franz Brentanos an. Dieser empfahl Hillebrand, seine Studien in Prag bei Anton Marty (1847-1914) abzuschließen, da er nach dem erzwungenen Rücktritt von der Professur als Privatdozent weder Dissertationen noch Rigorosen abnehmen konnte. Brentano hatte als ehemaliger katholischer Priester geheiratet. Da dies nach österreichischem Eherecht nicht möglich war, musste er die österreichische Staatsbürgerschaft zugunsten der sächsischen aufgeben. Mit dem Verlust der Staatsbürgerschaft ging auch die Wiener Professur verloren.<sup>5</sup>

Anton Marty war ein Schüler Brentanos aus dessen Würzburger Zeit und hatte 1875 bei Hermann Lotze promoviert. Im Jahr 1886 übersiedelte Hillebrand an die deutsche Universität in Prag. Marty vermittelte Hillebrand nicht nur die Philosophie Brentanos, sondern gewährte ihm auch in einem bescheidenen Laboratorium („Kabinett“) einen ersten Zugang zur experimentellen Psychologie.

Hillebrand wurde im Februar 1887 mit einer Dissertation über „Synchologische Probleme der Scholastik“ zum Doktor der Philosophie promoviert. Seine postgraduale

---

4 Gerhard Oberkofler: Franz Hillebrand (1863-1926). Der Begründer des Instituts für Experimentelle Psychologie in Innsbruck, in: Die Fächer Mathematik, Physik und Chemie an der Philosophischen Fakultät zu Innsbruck bis 1945, Innsbruck 1971, 163-171 und Sonja Schweinhammer: Die Geschichte des Instituts für Experimentelle Psychologie an der Universität Innsbruck. Die Anfangsjahre 1897 bis 1926, Diplomarbeit, Wien 1995. Über Silvia Hillebrand-Tschermak vgl. Franz Pertlik und Jaromir Ulrych: Personalbiographien der Alumnae des Faches „Mineralogie und Geologie“ (Universität Wien), in: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 150 (2010), 443-454.

5 Vgl. Thomas Binder: Franz Brentano und sein philosophischer Nachlass, Berlin-Boston 2019, 123f.

Prager Studienzeit erwies sich für ihn insofern als prägend, wurde Hillebrand doch vor Ort maßgeblich durch den Physiologen Ewald Hering (1843–1918) und den Physiker Ernst Mach (1838-1916) in die experimentelle Forschung eingeführt.<sup>6</sup>

1889 erklärte Hillebrand in einer Besprechung, dass Franz Brentano mit seinem Vortrag „über den Ursprung der sittlichen Erkenntnis“ vor der Wiener juristischen Gesellschaft das Verdienst zufällt, die Rechtswissenschaft vor blindem Positivismus, vor Wertrelativismus, also vor allem „ethischen Subjectivismus“ gerettet zu haben, indem er jenseits untauglich spekulativer Naturrechtssysteme in den Akten der „Gemütsbewegung“ das Kriterium moralisch „natürlicher Sanction“ gefunden habe, analog wie „der Vorzug der logischen Richtigkeit gewissen Acten des Urtheils eigen ist“. Mit Brentano teilte Hillebrand schon 1884 als Wiener Student vor dem Hintergrund des sozialwissenschaftlichen Methodenstreits zwischen der theoretisch mathematischen Grenznutzentheorie (Carl Menger) und der historisch empirischen Schule der Nationalökonomie (Gustav Schmoller) auch die Ablehnung von Wilhelm Diltheys hermeneutischer „Grundlegung der Geisteswissenschaften“.<sup>7</sup>

Im Jahr 1889 erschien auch Hillebrands erste wahrnehmungspsychologische Arbeit „Über die spezifische Helligkeit der Farben – Beiträge zur Psychologie der Gesichtsempfindungen“, die von Ewald Hering im Sinn seiner „Theorie der Gegenfarben“ mit einer Vorbemerkung versehen wurde: „Da die Psychologen noch nicht lange die experimentelle Forschungsmethode in Anwendung gebracht haben, so ist es nicht schwer, ... das besonders Werthvolle auszusondern. Hierzu zähle ich auch die Abhandlungen Franz Hillebrands ... Zu diesem meinem Urtheil bestimmt mich insbesondere die klare und umsichtige Problemstellung, mit welcher Hillebrand seine Untersuchungen einleitet, die gewissenhafte und saubere Durchführung der Experimente, die unbefangene und objektive Deutung der Versuchsergebnisse und die logische Reinlichkeit seiner Deductionen ... Ich glaube die Erwartung aussprechen zu dürfen, dass die experimentelle Psychologie ihm noch manchen Fortschritt zu danken haben wird.“

---

6 Vgl. Gerhard Oberkofler: Aus Briefen von Ewald Hering an Franz Hillebrand, in: Aufsätze zur Geschichte der Naturwissenschaften und Geographie, hrg. von Günther Hamann (=Veröffentlichungen der Kommission für Geschichte der Mathematik, Naturwissenschaften und Medizin der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 44), Wien 1986, 183-203 und Gerhard Oberkofler: Carl Stumpf (1848-1936) an Franz Hillebrand (1863-1926), in: Tiroler Heimat 1982/83, 145-157.

7 Vgl. Franz Hillebrand: Rezension von Franz Brentano, Vom Ursprung sittlicher Erkenntnis (Leipzig 1889), in: Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie 13 (1889), 353-363. 1893 hat Hillebrand in den „Göttingischen gelehrten Anzeigen“ (175-180) auch Edmund Husserls „Philosophie der Arithmetik I. Psychologische und logische Untersuchungen (Halle 1891)“ besprochen.

## Hillebrands Wiener Lehrjahre 1891–1896

Hillebrand habilitierte sich 1891 an der Universität Wien mit einer philosophischen Arbeit über „Die neuen Theorien der kategorischen Schlüsse“. Der junge Hillebrand galt deshalb anfangs vor allem als enger Schüler von Franz Brentano, dem Hillebrand auch das Verdienst zuschrieb, „englischen Logikern“ wie William Hamilton, George Boole, Augustus de Morgan oder Stanley Jevons folgend, „eine fundamentale Reform der Syllogistik“ angebahnt zu haben. Alexius Meinong, selbst vormals Wiener Schüler Brentanos, wollte keinen systematischen Reformversuch der Logik im Werk Brentanos finden. Für Meinong war Hillebrand überdies ein zu loyaler Schüler Brentanos: „Es wäre wo[h]l deutlicher gewesen, sich im Titel statt auf die ‚neuen Theorien‘ der kategorischen Schlüsse sogleich auf die Theorie F. Brentano’s zu beziehen, um deren Darlegung und Vertretung es dem Autor doch zunächst zu thun ist. Eine solche Theorie hat Brentano in seiner ‚Psychologie‘ mehr angekündigt und angedeutet als mitgeteilt, (...)“<sup>8</sup>

Die Wiener Probevorlesung Hillebrands war im Juli 1891 hingegen keinem konventionell philosophischen, sondern bereits einem experimentalpsychologischen Thema gewidmet: „Die Adaption als allgemeine Beziehung zwischen Reiz und Empfindung“.<sup>9</sup>

Knapp nach erfolgter Habilitation veröffentlichte Hillebrand u.a. in Auseinandersetzung mit Wilhelm Wundt oder Johannes von Kries weitere wichtige wahrnehmungspsychologische Arbeiten: „Die Stabilität der Raumwerte auf der Netzhaut“ (1893), „Das Verhältnis von Accommodation und Konvergenz zur Tiefenlokalisation“ (1894). Dazu passend die 1898 von Innsbruck aus veröffentlichte Studie zur „optischen Tiefenlokalisation“.

Bereits Hillebrands zweite wahrnehmungspsychologische Publikation über die „Stabilität der Raumwerte“ war unter dem Aspekt der visuellen Informationsverarbeitung wegweisend. So konnte er Herings Beobachtungen und Schlussfolgerungen zur Raum- und Tiefenwahrnehmung in dreidimensionalen Anordnungen, hierbei erörtert am Horopter-Problem, mit einem scharfsinnigen Untersuchungsdesign experimentell bestätigen. Ein Horopter beschreibt die Menge von Punkten, die auf Deckpunkte respektive auf korrespondierende Netzhautstellen abgebildet werden. Jeder Punkt auf einer Netzhaut korrespondiert dabei mit einem Punkt auf der anderen Netzhaut. Wird also ein Punkt in einer räumlichen Anordnung fixiert, so wird er auf korrespondierende

---

8 Vgl. Franz Hillebrand: Die neuen Theorien der kategorischen Schlüsse, Wien 1891 und Alexius Meinong: Rezension von Franz Hillebrand, Die neuen Theorien der kategorischen Schlüsse (ursprünglich 1892 Göttingische gelehrte Anzeigen), jetzt in Alexius Meinong: Selbstdarstellung und vermischte Schriften, hrg. von Rudolf Haller, Graz 1978, 199-222.

9 Hillebrands Manuskript unter: [www.uibk.ac.at/universitaetsarchiv/franz-hillebrand](http://www.uibk.ac.at/universitaetsarchiv/franz-hillebrand)

Netzhautstellen abgebildet. Auf diese fallen allerdings auch alle Punkte eines virtuellen Kreises, welcher durch den Fixationspunkt und den optischen Mittelpunkt beider Augen verläuft (Vieth-Müller-Kreis). Dies entspricht dem sogenannten theoretischen Horopter. Hillebrand wies nach, dass der empirische Horopter von dieser Idealform insbesondere im äußeren Gesichtsfeld divergiert. So nimmt beispielsweise die Krümmung des horizontalen Horopters mit der Entfernung des Fixationspunktes ab. Für diese Abweichung des empirischen Horopters vom theoretischen Horopter hatte sich nur wenige Jahre nach dem Erscheinen von Hillebrands Studie bereits die Bezeichnung „Hering-Hillebrandsche Horopterabweichung“ etabliert. Aus diesen Befunden sind zudem auch Vermutungen über die nichteuklidische Struktur des Sehraumes abgeleitet worden.<sup>10</sup>

Carl Stumpf und Hans Rupp haben 1927 Hillebrands wahrnehmungspsychologische Forschung so resümiert: „Sie begann mit der Schrift über die von ihm so genannte spezifische Helligkeit der Farben (Wiener Akademie Sitz.Ber. 1889). Die Ergebnisse hat er später mit Rücksicht auf die Deutung des Purkinjeschen Phänomens gegen F[ranz] Exner verteidigt (diese Zschr. II. Abt. 51 und 53). In der Raumlehre kam es ihm in erster Linie darauf an, die Autonomie der optischen Raumempfindungen im Heringschen Sinne gegenüber den Muskelempfindungen zu wahren. Die Lokalisierung des Gesehenen in der Kernebene erfolgt auf Grund der Korrespondenz der Netzhautpunkte und ist unabhängig von den Konvergenzbewegungen der Augen (diese Zschr. 5). Akkommodation und Konvergenz schaffen, ganz auf sich allein gestellt, überhaupt kein Relief (diese Zschr. 7 u. 16). Ebenso ist die scheinbare Größe nicht von Muskelempfindungen, sondern von der Querdissipation bedingt, deren Zusammenhang mit ihr sich mathematisch formulieren lässt. (Wiener Akad. Denkschr. 1902).“

Bis 1894 war Hillebrand als Privatdozent für Philosophie an der Universität Wien tätig. Im Juni 1894 wurde er ebenda zum außerordentlichen Professor der Philosophie unter besonderer Berücksichtigung der experimentellen Psychologie ernannt. Die beiden Wiener Extraordinariatsjahre waren überschattet von Franz Brentanos endgültigem Abschied aus Österreich und vom gescheiterten Versuch der Errichtung eines psychologischen Forschungskabinetts. Die konservativ klerikale Unterrichtsverwaltung lehnte Franz Brentanos Rückkehr in seine Professur 1894/95 endgültig ab, zu groß war die Abneigung gegen diesen vormaligen katholischen Geistlichen und Kritiker des Ersten Vatikanischen Konzils mit seinem Infallibilitätsdogma und gegen den nunmehrigen Verfechter eines „rationalen Theismus“.

---

10 Vgl. Ewald Hering: Die Gesetze der binocularen Tiefenwahrnehmung, in: Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin 1865, 79-97 und 152-165.

1892 hat Brentano in einem Vortrag über „die Zukunft der Philosophie“ die „anormale Lage der Philosophie an der Wiener Universität“, insbesondere der psychologischen Forschung beklagt: „Im Jahre 1874 an die Universität berufen, war ich noch nicht lange in Wien, als ich das Ministerium um ein Institut für experimentelle Psychologie ersuchte. Hätte dasselbe sich damals bewegen gefunden, meiner Anregung Folge zu geben, so würde Wien den sämtlichen deutschen Hochschulen damit vorangeeilt sein. Heute haben Wundt in Leipzig, Stumpf in München, Elias Müller in Göttingen, Lipps in Breslau und andere anderwärts ihr psychologisches Kabinett, und in Wien ist noch nicht der geringste Anfang dazu gemacht. Der Lehrer ist außerstande, den Schüler in experimentelle Forschung auf psychologischem Gebiete einzuführen, und der Forscher sieht sich in seinen wichtigsten Untersuchungen aufgehalten, sooft eine Frage gewisse experimentelle Arbeiten unbedingt erheischt.“

In seinen Abschiedswünschen aus Österreich fürchtete Brentano 1895, dass ein zu gründendes Kabinett einem Philosophen anvertraut werden könnte, „der nicht nach naturwissenschaftlicher Methode und im Kontakt mit der Naturwissenschaft seine Forschung betreibt“. Er fürchtete, dass die auf „leerer Spekulation“ beruhende herbartianische Psychologie, wie sie von seinem Kollegen Robert Zimmermann in Wien tradiert wurde, in der einen oder anderen Weise fortgeführt werden könnte: „Das psychologische Institut ist also ein unabweisbares Bedürfnis. Zu was für Verirrungen die Psychologen ob dem Mangel [ihrer] Hilfsmittel geführt werden, zeigt besser vielleicht, als irgendetwas anders, das gänzliche Fehlschlagen des Versuches von Herbart, eine wissenschaftliche Psychologie zu begründen. Sein Ernst, sein Streben nach Exaktheit verdienen höchste Anerkennung. Sie verraten sich in einer Fülle unter Anwendung der Mathematik weitgeführter Deduktionen. Aber – man verüble es mir nicht, wenn ich bei so wichtiger Sache mein Urteil offen ausspreche – es fehlt überall an der Erfahrungsgrundlage. So nimmt zum Beispiel Herbart ununtersucht an, dass zwei Lichter doppelt so hell beleuchten als eines (vgl. dagegen Webers und Fechners Untersuchungen), und dass entgegengesetzte Vorstellungen nach Maßgabe ihrer Stärke sich hemmen (vgl. dagegen die sich gleichzeitig fördernden Gegensätze des simultanen Kontrastes) usw.“

Franz Brentano ließ das Argument, dass die neurologisch-psychiatrische und sinnespsychologische Forschung in Wien gerade an der Medizinischen Fakultät stark vertreten ist, nicht gelten. Er dachte dabei an den Physiologen Ewald Hering, anfangs in Wien lehrend, dann an Physiologen wie Sigmund Exner oder Salomon Stricker, an die gehirnanatomisch orientierten Professoren der Psychiatrie Theodor Meynert und Richard Krafft-Ebing. Vielmehr sollte man auch die am Konservatorium für Musik vorhandenen Apparate „zur Lehre von der Tonempfindung“ und die an der Akademie

der Bildenden Künste vorhandenen Geräte zur Nachprüfung der „Farbenempfindung und optischen Sinnestäuschung“ an der philosophischen Fakultät zusammenführen.<sup>11</sup>

Vor allem sollte man die an der Wiener Medizinischen Fakultät geplante zweite physiologische Lehrkanzel als eine experimentalpsychologische Professur den Philosophen zuteilen. Brentano äußerte vom Standpunkt seiner phänomenologisch deskriptiven Psychologie aus Bedenken gegen reine Physiologen: „Es darf nicht anders erwartet werden, als dass, wer von der Naturwissenschaft her ins psychische Gebiet übergreift, von den psychischen Phänomenen, für welche er die physiologischen Bedingungen sucht, keine so volle Kenntnis hat, als der für das Psychische vornehmlich sich interessierende Forscher. Bei Helmholtz sogar findet sich der Unterschied zwischen anschaulicher und unanschaulicher Vorstellung nicht richtig bestimmt, bei Hering die psychische Erscheinung des Gedächtnisses nicht nach allen ihren Momenten aufgefasst, bei Meynert das eigentliche Wesen des Urteils nicht begriffen.“<sup>12</sup>

Die Errichtung eines geeigneten experimentalpsychologischen Instituts kam dann an der Universität Wien auch nach dem Abgang von Brentano und jenem von Franz Hillebrand nach Innsbruck 1896 in den verbleibenden Jahren bis nach 1918 – bis zur Berufung von Karl Bühler 1922 – nicht zustande. Zu Brentanos mittelbarem Wiener Nachfolger war 1896 aus Prag Friedrich Jodl geholt worden, ein entschiedener Gegner der „Brentanoiden“. Jodls Verdienste lagen auf dem Gebiet der systematischen Philosophiegeschichtsschreibung. Er gilt als Begründer einer utilitaristisch eudämonistischen Ethik. Der liberale, um die Erforschung und Edition des Werks von Ludwig Feuerbach verdiente Freidenker Jodl stellte sich nicht nur gegen jede idealistisch formalistische Ethik von der Art des Kant'schen Kategorischen Imperativs. Der in der positivistischen Linie von Mill oder Comte stehende Jodl verwarf auch Brentanos „vom Ursprung sittlicher Erkenntnis“. Der pazifistisch orientierte Friedrich Jodl war ein Gegner von Nietzsches antiegalitär aristokratischen Moralvorstellungen, was ihn aber nicht hinderte, gegen den Einfluss sozialdemokratischer Ideen in der „Gesellschaft für Ethische Kultur“ vorzugehen, auch wenn sich unter seinen eigenen Anhängern (wie dem späteren Jodl-Bearbeiter Wilhelm Börner) Vertreter eines ethischen Sozialismus finden sollten.<sup>13</sup>

---

11 Vgl. Erna Lesky: Die Wiener Medizinische Schule im 19. Jahrhundert, Graz-Köln 1978, 373-405, 530-548. Weiter Frank J. Sulloway: Freud. Biologe der Seele. Jenseits der psychoanalytischen Legende, Köln 1982, sowie zuletzt Strukturen und Netzwerke. Medizin und Wissenschaft in Wien 1848-1955, hrg. von Daniela Angetter u.a., Göttingen 2018.

12 Vgl. Franz Brentano: Über die Zukunft der Philosophie (1892), in derselbe: Über die Zukunft der Philosophie [nebst weiteren Vorträgen], Hamburg 1968, 1-81, hier 51 und Franz Brentano: Meine letzten Wünsche für Österreich, Stuttgart 1895, 33-40.

13 Vgl. Friedrich Jodl: Sein Leben und Wirken. Dargestellt nach Tagebüchern und Briefen von Margarete Jodl, Stuttgart-Berlin 1920, 159-161, 180-185. Vgl. dazu auch die entsprechenden Abschnitte in

Im Kampf um die Wiener Philosophieprofessur greift Friedrich Jodl die „scholastische“ Richtung Franz Brentanos, jene des loyalen Prager Brentano-Schülers Anton Marty, aber auch Franz Hillebrand polemisch an.<sup>14</sup> Für Jodl gibt es keine Binnendifferenzen im Brentano-Lager. Die inhaltlichen und persönlichen Zwistigkeiten zwischen Brentano und Hillebrand sind für ihn nicht relevant. Ihm gelten sie als verschworene „Brentano-Clique“. Mit Hillebrands Abgang galt Wien Jodl im August 1896 als „pfaffenfrei“: „Unter diesen Verhältnissen ist es mir höchst erwünscht, dass ich den einzigen ganz getreuen Knecht und Schildknappen Brentanos, der an der Wiener Universität noch sein Unwesen trieb, Fr. Hillebrand, dort nicht mehr vorfinden werde. Die Regierung hat ihn nach Innsbruck gesetzt.“ Für Prag fürchtete Jodl, dass bei seinem Weggang „das alleinseligmachende Evangelium Brentanos“ zum Zug kommen würde, zumal der

---

Friedrich Jodl: Geschichte der Ethik als philosophischer Wissenschaft II. Von Kant bis zur Gegenwart, dritte Auflage, hrg. von Wilhelm Börner, Berlin-Stuttgart 1923, 241-265 (über Feuerbach), 465-472 (über Nietzsche und E. Hartmann), 540f. (über die „unhaltbare“, „intellektualistische“ Position von Brentano).

- 14 Im „Lehrbuch der Psychologie“ (Stuttgart 1896, 132) verwirft Jodl Brentanos deskriptiv-phänomenologische Psychologie, dessen Einteilung der psychischen Grundklassen: „So hat die nicht genügende Unterscheidung zwischen dem, was der niederen und was der höheren Bewusstseinsstufe angehört, zahlreiche Schwierigkeiten der Terminologie und Classification hervorgerufen. Auf sie geht z.B. auch das Schiefe der Gliederung der psychischen Phänomene bei Brentano und seiner Schule zurück, welche das der tertiären Stufe angehörige Urtheil unter die Grundfunctionen des Bewusstseins versetzt, indem sie die Existenz eines jeglichen Inhalts im Bewusstsein, das Percipi = Esse, gemäß der in IV, 14 dargelegten Illusion als ein Existentialurtheil auffasst, und – offenbar, um nicht von der Trichotomie abgehen zu müssen – die Erscheinungen des Fühlens und Wollens ohne genügenden sachlichen Grund in eine Klasse zusammenwirft. Daher auch die seltsame Bezeichnung (Phänomene der Liebe und des Hasses), in welcher emotionale und volitionale Elemente zusammenfließen, die jedoch für die Grundphänomene (Gefühl und Streben) ganz ungeeignet ist.“ Sowohl Wundt als auch Ehrenfels würden dies ähnlich sehen! Ferner verwirft Jodl (ebenda, 622) Brentanos Qualifikation der Urtheile als primärer psychischer Grundklasse, Martys Theorie „über subjectlose Sätze“ und Franz Hillebrands anknüpfende „neue Theorie der kategorischen Schlüsse“ – für Jodl im Endergebnis zu Brentanos unhaltbarem „rationalen Gottesbeweis“ führend: „Gegen die oben gegebene Beschreibung des Urtheils als einer functionellen Verknüpfung zweier Vorstellungen zum Zwecke wechselseitiger Verdeutlichung scheinen diejenigen Fälle eine Instanz zu bilden, in welchen offenbar eine Aussage, also ein Urtheil, vorhanden ist und doch kein Subject ausgesprochen wird, auf welches sich diese Aussage bezöge: subjectlose Sätze und impersonale Ausdrücke. Diese scheinbare Thatsache eingliederiger Urtheile ist insbesondere von denjenigen mit Eifer hervorgehoben und als Beweismittel verwendet worden, welche, wie Brentano, das Wesen des Urtheils überhaupt nicht in einer bestimmten Art der Vorstellungsverknüpfung erblicken wollen, sondern das Urtheil als ein psychisches Elementarphänomen sui generis betrachten, dessen Wesen Anerkennung oder Verwerfung sein soll. Anerkennen oder verwerfen lassen sich theils Verbindungen von Vorstellungen, theils einzelne Vorstellungen. Ob das Urtheil eingliedrig oder mehrgliedrig sei, komme für das Wesen dieser Function gar nicht weiter in Betracht, welche eine ganz andere Beziehung des Bewusstseins zu seinen Inhalten ausdrücke, als sie im Vorstellen oder Verbinden und Trennen von Vorstellungen gegeben sei. Man pflegt diese Auffassung vom Wesen des Urtheils als die ‚idiogene‘ Theorie zu bezeichnen.“

„Brentanoide“ Hillebrand an günstiger Stelle gereiht war. Ernannt wurde aber schließlich der von Jodl unterstützte Meinong-Schüler Christian Ehrenfels.

Am 8. August 1896 kündigte Friedrich Jodl dem finnischen Feuerbach-Forscher Wilhelm Bolin das Erscheinen seines „Lehrbuchs der Psychologie“ an. Er sei darauf gefasst, dass es nach dem Erscheinen an einem „Gezeter an Materialismus und Unphilosophie nicht fehlen“ wird: „Dem Phänomenalismus in jeglicher Gestalt seine psychologischen Grundlagen zu entziehen, ist eine Aufgabe, die ich nirgends außer acht gelassen habe. Dieser Wahn, durch Kantische Autorität gedeckt, ist für mich das große Hindernis einer fruchtbringenden Verständigung zwischen Philosophie, Leben und Naturwissenschaft.“

Am 26. Dezember 1896 berichtet Jodl an Wilhelm Bolin in Helsingfors über erste Reaktionen auf das „Lehrbuch der Psychologie“: „Bisher habe ich natürlich nur briefliche Äußerungen über das Buch, von solchen, denen ich es zum Geschenk gemacht habe. Darunter sehr freundliche Worte von Wundt, Hering, Stephen, Höffding, Münsterberg. Nun, es werden sich schon auch noch andere Stimmen vernehmen lassen. Von der Brentano-Clique mache ich mich auf heftige Angriffe gefasst. Auch auf die Neukantianer wird das Buch üblen Eindruck machen.“<sup>15</sup>

Mit der Berufung von Jodl war das von Brentano Befürchtete eingetreten. Die Wiener philosophische Fakultät verfügte weiter über keinen Experimentalpsychologen. Jodl selbst gestand dies 1896 in seinem genau zur Wien-Ernenennung datierten Vorwort zum „Lehrbuch der Psychologie“ ein. Der mit Wilhelm Wundt in einem gewissen Kontakt stehende Jodl wollte diesen Mangel dadurch ausgleichen, dass er sich mit Hilfe des gleichzeitig aus Prag nach Wien berufenen, aber bald 1898 schwer erkrankten Ernst Mach an die experimentelle Arbeit wagen wollte.<sup>16</sup> Jodl, dessen Lehrbuch zum Zeit-

---

15 Vgl. Unter uns gesagt. Friedrich Jodls Briefe an Wilhelm Bolin, hrg. von Georg Gimpl, Wien 1990, 168-172, 175f. Dazu auch Georg Gimpl: Prometiden versus Brentanoiden. Friedrich Jodl und die „Österreichische Philosophie“, in: Verdrängter Humanismus. Verzögerte Aufklärung III. Bildung und Einbildung. Vom verfehlten Bürgerlichen zum Liberalismus. Philosophie in Österreich 1820-1880, hrg. von Michael Benedikt, Reinhold Knoll und Joseph Rupitz, Wien 1995, 823-837. Der Kieler Philosoph und Psychologe Götz Martius hat Jodls „Psychologie“ im 18. und 36. Band der „Zeitschrift für Psychologie“ besprochen, so die zweite Auflage von 1903: „Jodl sucht sich in seiner Darstellung überall auf einer gewissen mittleren Linie zu bewegen. Es hängen damit die Vorzüge seines Werkes und zugleich seine Mängel zusammen. Vermittlung ist nicht immer die Lösung. Wer die schärfste Ausprägung der Prinzipien verlangt, wird sich mit der Art, wie Jodl das Verhältnis von Leib und Seele, den Begriff des Bewusstseins, die Beziehung der assoziativen zu den spontanen Vorgängen beim Denken fasst oder wie er den Begriff der Gefühle bestimmt, nicht überall einverstanden finden.“ Vgl. Götz Martius: Rezension von Friedrich Jodl, Lehrbuch der Psychologie (2 Bände, zweite Auflage, 1903), in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 36 (1904), 100.

16 Vgl. Friedrich Jodl: Wilhelm Wundt. Zum siebenzigsten Geburtstag (1902), in derselbe: Vom Lebenswege I. Gesammelte Vorträge und Aufsätze, hrg. von Wilhelm Börner, Stuttgart-Berlin 1916, 459-469.

punkt des psychologischen – geistes- versus experimentell naturwissenschaftlichen – Methodenstreits zwischen Wilhelm Dilthey und Hermann Ebbinghaus, von „Diltheys Ideen über eine beschreibende und zergliedernde Psychologie und der eingehenden Controversschrift von Ebbinghaus“ abgeschlossen wurde, hält im September 1896 einleitend fest: „Auf Unterrichtszwecke ist also das vorliegende Buch hauptsächlich berechnet, wie es auch aus den Bedürfnissen des Unterrichts hervorgegangen ist. (...) Aus dem gleichen Streben nach Vollständigkeit ist die Aufnahme des sehr umfangreichen Capitels über die specielle Psychologie der Sinnesempfindungen hervorgegangen. Ich weiß wohl, dass man auf gewisser Seite dies Gebiet fast ausschließlich als eine Domäne der Physiologie zu betrachten begonnen hat, und dass ich selbst nichts experimentell Neues vorzubringen in der Lage war.“

1909 wird Jodl in einem Aufsatz zur Heranbildung von Gymnasiallehrern für die philosophische Propädeutik den Umstand des in Wien fehlenden experimentalpsychologischen Forschungsbetriebes bedauern. Viele Begriffe kann man ohne derartige Grundlagenarbeit nicht explizieren, so den „Unterschied zwischen motorischer und sensorischer Reaktion, Reaktionszeit, Assoziationszeit, die Unterschiede zwischen untermerklichen, übermerklichen und ebenmerklichen Differenzen, den Unterschied zwischen Reizschwelle und Empfindungsschwelle, die Spannungsempfindungen, die Korrelate des Aufmerksamkeitsaktes, den Unterschied zwischen Merkfähigkeit und Gedächtnis, die Assoziationsfestigkeit, die Bewusstseinslage“: „Da, wo noch nicht einmal die ersten Anfänge eines experimentellen Betriebes der Psychologie vorhanden sind, wie z.B. an der Wiener Universität, kann natürlich an dieses wichtige Hilfsmittel für die Vertiefung psychologischen Verständnisses bei den Lehramtskandidaten und für die Belebung des Propädeutikunterrichtes am Gymnasium nicht einmal von ferne gedacht werden.“<sup>17</sup>

Nur am Rand gab es in Wien an der Jahrhundertwende 1900 experimentalpsychologisch fundierte Lehre. Der bei Brentano und Meinong sowie bei den Physikern Josef Stefan und Ludwig Boltzmann ausgebildete Alois Höfler hatte sich 1894 in Wien mit einer in der „Zeitschrift für Psychologie“ veröffentlichten Studie „Psychische Arbeit“ habilitiert. Als Privatdozent las Höfler unter Zuhilfenahme von privaten Laborgeräten. So schaffte er die Geräte für die 1899 im Kolleg angestellten „ersten Messungen am psychologischen Farbenkörper“ auf eigene Kosten an. In einer späten Autobiographie notiert Höfler 1920: „Ich merke sogleich in diesem Zusammenhang, dass ich dann 1899

---

17 Vgl. Friedrich Jodl: Die Heranbildung von Lehrern für philosophische Propädeutik. Referat, erstattet im Wiener Verein „Mittelschule“ (1909), in derselbe: Vom Lebenswege II, Berlin-Stuttgart 1917, 574-585.

das erste experimentalpsychologische Kolleg an der Universität Wien hielt – es aber leider bis heute nicht wieder zu Apparaten für meinen Hochschulunterricht gebracht habe, was mir nach 27jährigem täglichen Handhaben physikalischer Apparate jederzeit eine schwere Entbehrung war und ist.“

Höfler stellte Jodls Lehrbuch schon 1897 eine eigene, 600 Seiten umfassende „Psychologie“ entgegen. Im Rückblick von 1920 ordnet Höfler sein Lehrbuch dogmengeschichtlich so ein: „Und heute ‚habent sua fata sensationes‘: nicht nur Machs letzten und konsequentesten Sensualismus, die ganze Welt in Empfindungen aufzulösen, glaubt beinahe niemand mehr; sondern jüngste Psychologen (Koffka, Linke u.a.) fallen in das andere Extrem und wollen die einstigen simples ideas kaum mehr als berechnete Fiktionen gelten lassen.“

Christian Ehrenfels sah Höflers „Psychologie“ 1897 in der Linie von Brentanos „Psychologie vom empirischen Standpunkt“ und von Meinongs „Gegenstandstheorie“: „Bei der folgenden Aufstellung der psychischen Grundklassen akzeptiert der Verfasser die von Brentano exakt begründete Scheidung zwischen Vorstellungen und Urteilen, behält jedoch die Scheidung zwischen Gefühlen und Begehrungen der älteren Psychologie bei, und erhält so vier Grundklassen, von denen er die beiden ersten zur höheren Ordnung der Phänomene des Geisteslebens, die letzteren zur Ordnung der Phänomene des Gemütslebens zusammenfasst. In der Einteilung der Vorstellungen und Urteile verweist der Verfasser auf die betreffenden Partien seiner (unter Mitwirkung von Alexius Meinong 1890 erschienenen) ‚Logik‘.“ In Fragen des „Leib-Seele-Problems“ – im Streit zwischen „Kausalitäts- und Identitätstheorien“ – erklärt sich Höfler für neutral, zumal es für ihn primär metaphysische Fragen sind.<sup>18</sup>

Der 1900 in Wien zum Professor der Philosophie ernannte Adolf Stöhr hatte zusätzlich den Lehrauftrag, durch drei bis vier Stunden Vorträge und Übungen aus dem Gebiete der experimentellen Psychologie abzuhalten. Der auch in der Botanik und Pflanzenphysiologie ausgebildete, also in den Naturwissenschaften kundige Stöhr sollte mit seiner Lehre den Mangel eines Forschungslabors ausgleichen. Stöhr veröffentlichte 1917 eine umfangreiche „Psychologie“. In der Hauptsache war Stöhr an Fragen der

---

18 Vgl. Alois Höfler: Selbstdarstellung (1920), in: Philosophie der Gegenwart in Selbstdarstellungen II, hrg. von Raymund Schmidt, Leipzig 1923, 121-164 und Christian Ehrenfels: Rezension von Alois Höfler, Psychologie (1897), jetzt in derselbe: Psychologie, Ethik, Erkenntnistheorie. Philosophische Schriften III, mit einem Vorwort von Peter Simons hrg. von Reinhard Fabian, München-Wien 1988, 173-180. Karl Bühler (Krise der Psychologie [1927, 3] wird dies Mach betreffend ähnlich sehen: „Wer heute die Stichworte ‚Elementenpsychologie, Sensualismus, atomistische Betrachtungsweise des Seelenlebens‘ im Munde führt, um kritisch etwas Neues vom Alten abzuheben, der kann in der ganzen älteren Literatur kein bequemeres Objekt für dies Unternehmen finden, als die Analyse der Empfindungen von Ernst Mach.“

Ontologie, der Logik und vor allem der Sprachkritik orientiert, gerade die Psychologie leide am unkontrollierten Gebrauch einer bildlichen Sprache, an Metaphern, an zu dekonstruierendem metaphysischen Sprachgebrauch.<sup>19</sup>

## Berufung nach Innsbruck 1896: Im Spannungsverhältnis von Brentanos „deskriptiver Psychologie“ und Machs „Analyse der Empfindungen“

Zum 1. Oktober 1896 wurde Hillebrand ordentlicher Professor für Philosophie an der Universität Innsbruck. Eine parallele Ernennung nach Prag hatte er zum Bedauern von Ewald Hering abgelehnt.<sup>20</sup> Die Philosophische Fakultät der Universität Innsbruck hat sich bewusst für einen Philosophen mit experimentalpsychologischer Qualifikation entschieden. Hillebrand nachgereiht waren der wegen seiner Arbeit „Über Gestaltqualitäten“ (1890) schon verdiente Christian von Ehrenfels (1859–1932) und der Aristoteles-Experte Emil Arleth (1856-1909). Als Hillebrands tätiger Unterstützer bis zur Wegmarke Innsbruck gilt neben Brentano, Hering und Mach auch der 1895 von München nach Berlin berufene Carl Stumpf.

Die am 19. Oktober 1896 von Hillebrand gehaltene Antrittsvorlesung über „Die experimentelle Psychologie, ihre Entstehung und ihre Aufgaben“ kann als ein Schlüsseldokument für die Periode der endgültigen Loslösung der Psychologie aus dem Verbund der „reinen“ Philosophie gelesen werden.<sup>21</sup>

---

19 Zu Adolf Stöhr und zur verzögerten Gründung eines Instituts für experimentelle Psychologie an der Universität Wien vgl. Gerhard Benetka und Giselher Guttman: Akademische Psychologie in Österreich. Ein historischer Überblick: in: Geschichte der österreichischen Humanwissenschaften I, Wien 2001, 83-167.

20 1913 hat die Prager Philosophische Fakultät Hillebrand noch einmal an erster Stelle für die Nachfolge von Anton Marty nominiert. Die Berufung an die Seite der Prager Philosophen Oskar Kraus und Christian Ehrenfels kam nicht zustande, da das Ministerium Hillebrand keinen Ersatz für sein in Innsbruck bereits aufgebautes Labor bieten konnte. Vgl. Peter Goller: Anton Lampa – Philipp Frank – Albert Einstein: Prager Memorandum für die positivistische Philosophie, in: Friedrich Engels. Topos. Internationale Beiträge für dialektische Philosophie 5 (1995), 145-189.

21 Vgl. Franz Hillebrand: Die experimentelle Psychologie. Ihre Entstehung und ihre Aufgaben. Antrittsvorlesung gehalten am 19. Oktober 1896 in Innsbruck, hrg. und eingeleitet von Joachim Gatterer, Peter Goller und Pierre Sachse, in: Journal Psychologie des Alltagshandelns 11 (2018), 147-163. Das Originalmanuskript von Franz Hillebrands Antrittsvorlesung liegt im Universitätsarchiv Innsbruck, Nachlass „Franz Hillebrand“! Hier liegen neben Korrespondenzen mit Ewald Hering, Carl Stumpf, Ernst Mach, u.a. auch Abschriften von Franz Brentanos Briefen an Franz Hillebrand, angefertigt von Hillebrands Frau, der Innsbrucker Privatdozentin für Philosophie und experimentelle Psychologie Franziska Mayer-Hillebrand. Im Nachlass Hillebrands finden sich auch zahlreiche hier zitierte (Vorlesungs-) Manuskripte.

Hillebrands Innsbrucker – zum Großteil im Manuskript und in Bearbeitungen von Franziska Mayer-Hillebrand erhaltene – Vorlesungen blieben bei allen späteren Differenzen und Konflikten mit Brentano von dessen 1874 erstveröffentlichter „Psychologie vom empirischen Standpunkt“ geprägt. In seiner Antrittsvorlesung folgt Hillebrand eng Franz Brentanos „Philosophie der Evidenz“ der „inneren Wahrnehmung“, Brentanos Dreiteilung der psychischen Phänomene in „Vorstellungen, Urteile und emotionelle Phänomene [also ‚Wille und Gefühl in einer Grundklasse‘]“, und somit einer teilweise auf Descartes zurückgehenden methodischen Zweiteilung der „empirischen Psychologie“ in eine deskriptiv-phänomenologische Psychologie (eine begrifflich analytische „Psychognosie“) einerseits und in eine genetische (naturwissenschaftlich, experimentell geprägte) Psychologie andererseits.

Wolfgang Stegmüller, einige Jahre nach 1945 ebenfalls in Innsbruck (Analytische) Philosophie lehrend, beschreibt dies in den 1950er Jahren im Brentano-Kapitel seiner „Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie“: „Die psychischen Phänomene können in zweifacher Weise untersucht werden. Einmal kann man darangehen, die seelischen Phänomene zu analysieren, um die letzten Elemente ausfindig zu machen, aus denen sich das Gesamtbewusstsein aufbaut, wobei Gleichartiges zusammengefasst und durch eine Einteilung (Klassifikation) aller psychischen Erscheinungen erzielt wird. Mit dieser Aufgabe hat sich die deskriptive Psychologie oder Psychognosie zu befassen. Eine ganz andere Aufgabe, die der genetischen Psychologie zufällt, besteht darin, die Gesetze für das Auftreten und Verschwinden der Bewusstseinserscheinungen zu ermitteln. Es ist nun klar, dass die zweite Aufgabe der ersten nachzufolgen hat; denn bevor die Gesetze der zeitlichen Veränderung von Bewusstseinserscheinungen aufgesucht werden, muss man wissen, worin diese Phänomene bestehen und wie sie sich ordnen. Die methodisch voranzustellende deskriptive Psychologie hat dabei zugleich die Aufgabe zu erfüllen, jene Phänomene zu charakterisieren, die für das Wahrheits- und Erkenntnisproblem relevant sind.“<sup>22</sup>

In seinen Überlegungen „zur Lehre von der Hypothesenbildung“ – 1896 knapp vor seiner Berufung nach Innsbruck erschienen – spricht Hillebrand wie in seiner Antrittsvorlesung „von unserem der Metaphysik so abholden Zeitalter“, in dem jede Einzelwissenschaft „ihre erkenntnistheoretischen Grundlagen“ neu zu prüfen hat: „So sehen wir – um nur einige Beispiele anzuführen – einen Chemiker wie Ostwald [im „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ (1893) und in Ostwalds „Antrittsvorlesung, Die Energie und

---

22 Vgl. Franz Brentano: Psychologie vom empirischen Standpunkt I (1874) hrg. von Oskar Kraus (Philosophische Bibliothek), Leipzig 1924. Hier nach Wolfgang Stegmüller: Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie I, 6. Auflage, Stuttgart 1978, 2f.

ihre Wandlungen“ (1888) – Anm.] um die Feststellung der constitutiven Merkmale des Begriffes ‚Real‘ sich bemühen, dem Ursprung des Begriffes ‚Substanz‘ nachgehen, ihn durch Angabe der unbedingt nöthigen Merkmale präzisiren, den Begriff Energie definiren und ihre letzten, irreduciblen Gattungen namhaft machen und was derlei grundlegende Verrichtungen mehr sind.“ Vorab habe sich auch Hermann Helmholtz auf Kant zurückgreifend „mit den erkenntnistheoretischen Grundlagen“ der Naturwissenschaften beschäftigt, so „wenn er in den Grundlagen der Geometrie die empirischen Momente herauszufinden und von den analytischen zu sondern trachtet“.

Diese Arbeit zeigt Hillebrand aber schon weniger als Brentano- denn als Mach-Schüler. Maßgeblicher Ausgangspunkt für Hillebrand war Ernst Machs 1883 in Prager Jahren veröffentlichtes Buch über „Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt“ – mit der für Hillebrand zentralen Annahme eines Prinzips der Denkökonomie: „Die Anweisung, die einst David Hume gegeben hatte, für jeden auch noch so abstracten und complicirten Begriff die ‚Sensationen‘ anzugeben, aus welchen er gewonnen wurde, finden wir bei Mach auf das strengste befolgt. (...) Wir finden Mach weiter bemüht, die Aufgabe jeder Naturforschung scharf zu präzisiren, indem er den Begriff ‚Naturerklärung‘ genau definirt und in dem ‚Princip der Oekonomie‘ die oberste und allgemeinste Forschungsregel aufzustellen sucht.“

Mach folgend, kritisiert Hillebrand 1896 vor dem Hintergrund des Streits „über die atomistische Constitution der Materie“ den Begriff der „Ursache“ und der „Causalität“, wie er ihn in J.St. Mills „System der deduktiven und induktiven Logik“ vorfindet. Hillebrand stellt die seit Newton umstrittene Frage, ob „nur solche Hypothesen zuzulassen [sind], welche eine ‚vera causa‘ zum Gegenstand haben“<sup>23</sup>.

Mach beglückwünschte Hillebrand am 27. Jänner 1897: „Mit Vergnügen habe ich jüngst Ihre Schrift über Hypothesen gelesen.“ Zehn Jahre später wird sich Mach in „Erkenntnis und Irrtum“ explizit auf Hillebrands Studie beziehen: „Verschiedene Autoren haben sich bemüht die Anforderungen, welche an eine gute naturwissenschaftliche Hypothese gestellt werden müssen, zu präzisieren. Sehr weitläufig hat sich J.St. Mill darüber ausgesprochen. Seine Forderung, dass die Hypothese sich auf die Annahme einer schon als vorhanden bekannten Ursache für das zu Erklärende, einer wahren Ursache (vera causa im Newtonischen Sinne) aufbauen müsse, hat Hillebrand eingehend als nicht haltbar dargetan: Man kann Mills Grundsätze, wie Hillebrand gezeigt hat, nicht konsequent befolgen, ohne fortwährend mit denselben in Widerspruch zu geraten. In der Tat würde man, mit dem Beginn der bewussten Forschung, nach Mills Prinzipien,

---

23 Franz Hillebrand: Zur Lehre von der Hypothesenbildung (=Sitzungsberichte der Philosophisch-Historischen Klasse der Akademie der Wissenschaften in Wien 134, VI. Abhandlung), Wien 1896.

die augenblickliche Unwissenheit in Permanenz erklären; es könnte von da an, durch Denken wenigstens, keine wesentlich neue Entdeckung mehr gemacht werden.“ Es genügt nach Mach und Hillebrand, „wenn eine Hypothese mit den Tatsachen in Übereinstimmung sei“<sup>24</sup>.

In Hillebrands Nachlass finden sich Exzerpte aus Ernst Machs psychologischem Hauptwerk „Analyse der Empfindungen“ (1886). 1911 erklärt Mach im Vorwort zur 6. Auflage der „Analyse“, dass er sich von Franz Hillebrands Arbeit eine besondere Förderung erwartet, „sollte ich noch einmal dazu kommen, auf dem Gebiet der Sinnesphysiologie zu experimentieren.“ Dementsprechend fügte Mach in die Neuauflage auch ein von Franz Hillebrand formuliertes Addendum ein: „Untersuchungen, mit denen Fr. Hillebrand gegenwärtig beschäftigt ist, ergeben jedoch, dass der Satz von der Kompensation der relativen Raumwerte durch die absoluten nicht bedingungslos gilt.“<sup>25</sup>

Bis knapp vor 1914 standen Hillebrand und Mach weiter in wissenschaftlichem Kontakt, wie einige im Universitätsarchiv Innsbruck verwahrte Briefe belegen. Sie debattierten 1899 über „die scheinbare Größe bei gegebener Convergenz und gegebenem Gesichtswinkel“, später 1911 über die „Frage der absoluten Localisation“.

Schon im Jänner 1897 hatten sich Mach und Hillebrand über Denis Diderots „Brief über die Blinden zum Gebrauch für die Sehenden“ ausgetauscht: „Befremdlich ist Diderot's Meinung, dass die Blinden keine Phantasie haben. Er glaubt offenbar, dass es nur optische Phantasie gibt, oder überschätzt diese doch sehr.“, so Mach am 27. Jänner 1897.

Am 17. Jänner 1902 ermahnte Mach Hillebrand: „Es wäre sehr bedauerlich, wenn Sie die Beschäftigung mit Erkenntnistheorie aufgeben würden, da Sie doch gerade durch die experimentelle Psychologie der Naturwissenschaft sehr nahe stehen.“ Über Carl Stumpf klagt Mach: „Stumpf ist sehr scharfsinnig, aber dabei und wohl dadurch steril. Man kann so logisch sein, dass man nicht mehr vom Fleck kommt. Am wenigsten hätte ich erwartet, dass mich Stumpf über den Werth der physikalischen Begriffe belehren würde. Von der 3. Aufl. der Analyse konnte ich Ihnen leider kein Exemplar mehr schicken.“ Hatte Mach am 30. April 1901 nach seiner Ernennung zum lebenslänglichen

---

24 Ernst Mach: Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung, Leipzig 1905, 229-246 (Kapitel: „Die Hypothese“), hier 236f. und 243 mit einem Einwand: „Ich kann Hillebrand nicht beistimmen, dass in der Newtonschen Gravitationstheorie die Hypothese keine Rolle gespielt habe.“

25 Vgl. Ernst Mach: Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen, 6. Auflage, Jena 1911, 305-307. Ernst Mach sah 1901/02 keine Möglichkeit, Hillebrand gegen den Widerstand von Friedrich Jodl in der Frage seiner eigenen Wiener Nachfolge durchzusetzen. Mach hoffte dann vergeblich auf eine Berufung von Alois Riehl, vgl. Peter Goller: Alois Riehl (1844-1924). Bausteine zur Biographie eines Südtiroler Philosophen, in: Der Schlern. Monatszeitschrift für Südtiroler Landeskunde 65 (1991), 530-558.

Mitglied des Herrenhauses mit einer politischen Bemerkung geendet: „Die liberale Luft halte ich nach alten österreichischen Erfahrungen für Aprilwetter.“, so schloss er im Jänner 1902 mit einer berufungspolitischen Anmerkung: „Ueber die Besetzungsangelegenheit der durch meinen Abgang erledigten Stelle sind Sie wohl orienti[e]rt. Meine Propositionen wurden von J[odl] & M[üllner] mit éclat und Suada abgelehnt. Wenn Riehl käme, wäre doch ein Mann von philosophischem Sinn und Interesse hier.“

Besonders interessiert zeigte sich Hillebrand an Machs Kontroverse mit Max Planck, nachdem dieser 1908 als Verfechter eines naturwissenschaftlichen „Realismus“ Strömungen eines phänomenalistischen Empirioskritizismus angegriffen hatte, namentlich jene „Naturphilosophie, die gerade gegenwärtig unter der Führung von Ernst Mach sich großer Beliebtheit erfreut. Danach gibt es keine andere Realität als die eigenen Empfindungen, und alle Naturwissenschaft ist in letzter Linie nur eine ökonomische Anpassung unserer Gedanken an unsere Empfindungen, zu der wir durch den Kampf ums Dasein getrieben werden. Die Grenze zwischen Physischem und Psychischem ist lediglich eine praktische und konventionelle, die eigentlichen und einzigen Elemente der Welt sind die Empfindungen“.<sup>26</sup> Hillebrand schrieb am 6. März 1911 an Mach: „Plancks Replik kenne ich nicht, dürfte ich Sie bitten mir anzugeben, wo ich sie finden kann? Ich würde es aber doch bedauern, wenn Sie ihm gar nicht antworteten. Bringt er wirklich nichts Sachliches vor, so steht es doch dafür eben dies zu constatiren, umsomehr als sich alle möglichen Philosophen an seine Autoritaet anklammern werden. Kälpe aber verdient ebenso eine kurze Abfertigung. Es gehört schon einige Naivetaet dazu, wenn er Ihnen die Neuigkeit mittheilt, dass viele Vorgänge in der Natur von uns unabhängig und dass die physikal. Gesetze keine psychologischen sind. Aehnliche Banalitaeten hat seiner Zeit Lipps – auf einer Naturforscherversammlung – vorgebracht. Anfangs Jänner war Brentano hier. Das Alter macht ihn nicht toleranter; er verwirft einfach Alles, was nicht mit seinen oft recht vorgefassten Ansichten harmonirt. So zwingt er z.B. den Qualitaeten verschiedener Sinnesgebiete gewisse Analogien auf und verhält sich skeptisch gegen alle Thatsachen, die mit diesen Analogien nicht stimmen. Ich sehe nur, wie fatal die ausschliesslich deductive Denkrichtung oft werden kann. Ende April will ich nach Wien fahren und werde mir dann erlauben Sie, verehrtester Herr Hofrat, aufzusuchen.“

---

26 Vgl. Max Planck: Die Einheit des physikalischen Weltbildes. Vortrag gehalten am 9. Dezember 1908 an der Universität Leiden (ursprünglich in „Physikalische Zeitschrift“ 10, 1909), jetzt in derselbe: Physikalische Abhandlungen und Vorträge III, Braunschweig 1958, 6-29, hier 25. Dagegen Ernst Mach: Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftlichen Erkenntnislehre und ihre Aufnahme durch die Zeitgenossen, in: Physikalische Zeitschrift 11 (1910), 599-606 – sowie die Replik gegen Machs „vermeintliche Antimetaphysik“ Max Planck: Zur Machschen Theorie der physikalischen Erkenntnis. Eine Erwiderung, in ebenda, 1186-1190.

Widmete sich Hillebrand in seinen zyklisch wiederholten Hauptvorlesungen anfänglich bis 1905 noch verschiedenen philosophischen Teilgebieten und der „allgemeinen Psychologie“, so zog er sich nach der Innsbruck-Berufung der Brentano-Schüler Emil Arleth (1905 bis 1909 in Innsbruck lehrend) und Alfred Kastil (von 1909 bis 1934 in Innsbruck) auf die zweite philosophische Professur aus dem „rein“ philosophischen Lehrbetrieb zurück. Sein Spezialkolleg kündigte er ab 1905 fortwährend als „Konservatorium über neuere Erscheinungen aus dem Gebiete der Psychologie“ an.

Für sein erstes Innsbrucker Wintersemester hatte Hillebrand neben der Hauptvorlesung aus „Logik“ eine Disputationsübung über Georg Berkeleys „Abhandlung über die Principien der menschlichen Erkenntnis, 1869 in's Deutsche übersetzt von Friedrich Überweg“ mit Fortsetzung im Sommersemester 1987 angeboten.

Neben den Hauptvorlesungen kündigte er jeweils für ein ganzes Studienjahr spezielle philosophische Textübungen an: Auf Berkeley folgte im Studienjahr 1897/98 eine „dialektische Disputierübung“ zu René Descartes' „Meditationes de prima philosophia, Übersetzung Sigmund Barach“. Die biographische Einleitung hat Hillebrand nach Kuno Fischers Descartes-Biographie bestritten. Für die 1898/99 abgehaltene Übung über Kants „Kritik der reinen Vernunft“ zog Hillebrand Friedrich Paulsens Kant-Biographie heran. Für die 1899/1900 angebotene Lehrveranstaltung über David Humes „Untersuchungen über den menschlichen Verstand, deutsch von C. Nathanson, Leipzig 1893“ empfahl Hillebrand den Studenten die Lektüre von Friedrich Jodl, *Leben und Philosophie David Humes* (Halle 1872). Für die wieder ein Studienjahr später folgende Interpretationsübung zu Arthur Schopenhauers „über die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde“ und dessen „Preisschrift über die menschliche Moral“ benützte Hillebrand die Schopenhauer-Biographie von Wilhelm Gwinner!

1901/02 kehrte Hillebrand noch einmal zu dem ihm für die Psychologiegeschichte wichtig scheinenden Berkeley zurück. Hillebrand wählte nun Berkeleys „Drei Dialoge zwischen Hylas und Philonous, deutsch von Dr. Raoul Richter, Leipzig 1901“. In Hillebrands nachgelassenen Unterlagen finden sich auch Notizen zu einem Kolleg über Etienne de Condillacs „Abhandlung über die Empfindungen“. In den Jahren zwischen 1902 und 1905 folgten Übungen zur praktischen Philosophie, zur Moraltheorie und Religionsphilosophie von Kant und Hume. Die Geschichte der Strafrechtstheorien exerzierte Hillebrand für sein „Collegienheft über Ethik“ nach „[Franz] Holtzendorff's Handbuch des deutschen Strafrechts [1871] I.Bd., pag. 241ff. (Darstellung von [Rudolf] Heinze)“. 1904/05 schloss Hillebrand diesen Zyklus aus praktischer Philosophie mit Übungen zu Jean Jacques Rousseaus „Gesellschaftsvertrag“ ab.

Im April 1910 fand der von Hillebrand organisierte „IV. Kongress für experimentelle Psychologie“ in Innsbruck statt. Das Programm umfasste dreiunddreißig Fachvor-

träge nebst einer Aussprache der prominenten Teilnehmer – unter ihnen der junge mit „akustischen Untersuchungen“ hervorgetretene Wolfgang Köhler, eine Apparateausstellung, sowie einen Ausflug nach Fulpmes im Stubaital. „Das hiesige psychologische Institut in seinen sehr bescheidenen Anfängen war es wohl kaum, das Ihren Blick auf Innsbruck gelenkt hat“, so Hillebrands ironischer Hinweis auf seine schwierigen Aufbaujahre in der Begrüßungsrede.<sup>27</sup>

### Hillebrands „Alleeversuche“ (1901/02)

Hillebrands Innsbrucker Forschungen konzentrierten sich auf die experimentelle Untersuchung der Raumwahrnehmung. Seine Studien fanden in der wissenschaftlichen Gemeinschaft Anerkennung. 1901 legte Ernst Mach Hillebrands Arbeit über die „Theorie der scheinbaren Größe beim binokularen Sehen“ der Wiener Akademie der Wissenschaften vor, so Mach am 21. Juni 1901: „Sie haben den Weg gezeigt, einen alten psychologischen Aberglauben endgültig aus der Welt zu schaffen, wozu ich Ihnen herzlich gratuliere.“

Mach spricht damit Hillebrands Verdienst an, als Erster das Problem der nicht-euklidisch (hyberbolischen) Raumwahrnehmung systematisch analysiert zu haben: Hillebrands Probanden sollten in „Allee-Versuchen“ eine Anordnung von zwei Reihen hängender Fäden justieren, sodass diese Reihen in ihrem gesamten Verlauf parallel erscheinen – dabei wurde eine Abweichung von der wirklichen Parallelität deutlich, die etwas über die Geometrie des subjektiven Raumes gegenüber dem objektiven aussagt.

Hillebrands bahnbrechende „Allee-Experimente“ zur Raumwahrnehmung, zur Geometrie der visuell-räumlichen Orientierung, zur Größenkonstanz gaben den Anstoß zur Klärung der Frage nach der geometrischen Struktur des Sehraumes. Die Ergebnisse seiner Studien legen die Annahme eines bezüglich der Geometrie inhomogenen Wahrnehmungsraumes nahe, der lokal euklidisch bzw. hyperbolisch sei.

Zuvor hatte der Physiologe und Physiker Hermann Helmholtz in einem 1870 in Heidelberg gehaltenen Vortrag darauf hingewiesen, dass unser Wahrnehmen durchaus nicht auf euklidische Verhältnisse in der physikalischen Welt beschränkt ist. Als Vorarbeit zu den „Allee-Versuchen“ können die Hillebrand bekannten Versuche von Götz Martius (1889), Johannes von Kries (1891) und Wilhelm Holtz (1893) gelten.

---

27 Vgl. Friedrich Schumann: Bericht über den IV. Kongress für experimentelle Psychologie in Innsbruck vom 19. bis 22. April 1910, Leipzig 1911.

Hillebrands Innsbrucker Probanden – unter ihnen seine Fakultätskollegen Wilhelm Wirtinger (Mathematik), Paul Czermak (Experimentalphysik) und Michael Radakovic (Theoretische Physik) sowie seine Frau Silvia Hillebrand (geb. Tschermak) – sollten eine Anordnung von zwei Reihen hängender Fäden justieren, sodass diese Reihen in ihrem gesamten Verlauf parallel erscheinen.<sup>28</sup>

Unter Geltung der euklidischen Geometrie hätten diese „Alleen“ gleich sein müssen. Die experimentellen Ergebnisse wiesen jedoch systematische Abweichungen auf, die eine Verletzung des Parallelaxioms implizierten.

Hillebrands „Allee-Versuche“ wurden zeitnah von Schubotz (1910), Poppelreuter (1911) und Blumenfeld (1913) repliziert sowie um monokulare und binokulare Beobachtungsbedingungen ergänzt. Aufbauend auf diesen Ergebnissen hat Luneburg (1947) seine Theorie der binokularen Wahrnehmung entwickelt, die auf der Annahme eines hyperbolischen Riemannschen Raumes mit konstanter Krümmung beruht.

---

28 Der maßgebliche Funktionentheoretiker Wilhelm Wirtinger (1865-1945), ein Schüler von Felix Klein, von Leopold Kronecker oder Karl Weierstraß, heute bekannt wegen der mathematischen Formulierung der Boltzmann'schen physikalischen Theorien, lehrte nur wenige Jahre in Innsbruck Mathematik. Er wurde 1903 nach Wien zurückberufen. Der Privatdozent Michael Radakovic (1866-1934) supplierte jahrelang in Innsbruck die theoretische Physik. Er wurde später nach Czernowitz und Graz berufen. Paul Czermak (1857-1912), Schüler von Ludwig Boltzmann in Graz, lehrte in Innsbruck Kosmische Physik und Experimentalphysik.

Für die „Heterophorie-Versuche“ um 1910 standen Hillebrand der Experimentalphysiker Friedrich Lerch und die Meteorologen Heinrich Ficker und Felix Maria Exner als Versuchspersonen zur Verfügung. Friedrich Lerch (1878-1947), in Wien bei Franz Exner für Experimentalphysik habilitiert, kam 1908 als Professor nach Innsbruck. Heinrich Ficker (1881-1957), bekannt wegen seiner „Innsbrucker Föhnstudien“, zur Polarfront- und Zyklonen-Theorie, lehrte später in Graz, Berlin und Wien. Felix Maria Exner (1876-1930) hatte sich 1904 an der Universität Wien bei Julius Hann und Max Margules habilitiert. Zwischen 1909/10 und 1917 lehrte er in Innsbruck. Hier entstand sein Handbuch „der dynamischen Meteorologie“, 1917 nach Wien zurückberufen.

Die späten Beobachtungen zu den Scheinbewegungen unterstützten neben Franziska Hillebrand die Professorenkollegen Ernst Theodor Brücke, Friedrich Lerch, Egon Schweidler und Hillebrands Schüler Richard Strohal (1888-1976). Der mathematisch-physikalisch ausgebildete Hillebrand-Doktorand Strohal lehrte ab 1924 Philosophie und Pädagogik. Der 1911 nach Innsbruck berufene Assistent Franz Exners und Wiener Extraordinarius Egon Schweidler (1873-1948) war in der Fachwelt wegen seiner Deutung des statistischen Charakters des radioaktiven Zerfalls („Über Schwankungen der radioaktiven Umwandlung“, 1909) und wegen seines 1916 gemeinsam mit Stefan Meyer herausgegebenen Handbuchs „Radioaktivität“ verankert. 1926 wurde Schweidler nach Wien berufen.

Kontakte Hillebrands gab es wohl auch zu dem seit 1900 in Innsbruck lehrenden, auf Fragen der algebraischen Geometrie spezialisierten Mathematiker Konrad Zindler (1866-1934), der u.a. in Graz bei Ludwig Boltzmann ausgebildet, in den 1890er Jahren an Alexius Meinongs experimentalpsychologischem Labor mitarbeitete. Zindlers 1898 in der „Zeitschrift für Psychologie“ veröffentlichte Studie „über räumliche Abbildungen des Kontinuums der Farbenempfindungen und seine mathematische Behandlung“ hat Hillebrand zitiert.

Der in Innsbruck eher isolierte Hillebrand geriet in der wissenschaftlichen Gemeinschaft zunehmend in Vergessenheit. Das von Hillebrand beschriebene Phänomen wird in der aktuellen Fachliteratur nämlich schlichtweg nur noch als „Blumenfeld-Alleen“ bezeichnet, benannt nach dem Hillebrand nachfolgenden verdienstvollen Forscher Walter Blumenfeld (1882-1967). Es ist an der Zeit, dies zu korrigieren. Es wäre wieder von den „Hillebrand-Blumenfeld-Alleen“ zu sprechen.

Zur Untersuchung der metrischen Beziehungen zwischen dem physikalischen Raum und dem Sehraum ging Hillebrand um 1900 folgendermaßen vor: Unter standardisierten Beobachtungsbedingungen bot er zwei Reihen hängender Fäden als Allee (genau symmetrischer Abstand von der Hauptblicklinie; Augen in Primärstellung). Es wird so beobachtet, dass außer den Fäden keine weiteren Umgebungseinflüsse wirksam werden können. Hillebrand wies nach, dass unter diesen Bedingungen keineswegs eine reguläre, d.h. symmetrische und orthogonale Allee wahrgenommen wird. Um die Abweichungen zu bestimmen, mussten die Versuchspersonen selbst die Fadenabstände so dirigieren, dass phänomenale Äquidistanz gegeben war. Daraus ergab sich, dass die Abstände mit zunehmender Entfernung sich immer mehr vergrößern, insbesondere aber, dass die seitlichen Abstände immer mehr divergieren. Präziser: Wenn die Fäden ein phänomenal orthogonales Rechteck begrenzen sollen, dann müssen sie gegen die frontale Blicklinie in Form eines konvexen Bogens liegen, dessen Krümmung mit zunehmendem Abstand nachlässt.

Kritik an dieser „interessanten, aber nicht ganz leicht lesbaren Arbeit“ kam 1903 von dem Physiologen Johannes von Kries. Er wandte sich nicht nur gegen die unterstellte Konstanzannahme, sondern auch gegen die Gleichsetzung der ebenmerklichen Tiefenunterschiede. Es sei nicht korrekt, dass gleichen Größen der Querdisparation gleiche Sehtiefen entsprechen, die Auswertung der Querdisparation sei vielmehr für verschiedene Sehtiefen verschieden. Blumenfelds Studie konnte 1913 hingegen wieder belegen, dass Hillebrands Theorie selbst dann ihre Gültigkeit behält, wenn gleichen ebenmerklichen Tiefenunterschieden nicht gleiche Parallaxen entsprechen sollten.

Hillebrand wiederholte seine Experimente, indem er statt der schwarzen Fäden eine Reihe kleiner Gasflämmchen im Dunkeln verwendete, um in noch weitgehendem Maße Erfahrungskriterien auszuschließen. Dieses Folgeexperiment, auf das sich Blumenfeld 1913 stützte, wurde von Hillebrand bedauerlicher Weise nicht veröffentlicht. Die Versuchspersonen stellten in diesem Experiment durch räumliches Verschieben von kleinen Lämpchen eine Reizkonfiguration her, die man – je nach Versuchsanweisung – entweder als Parallel-Allee oder als Distanz-Allee bezeichnete.

Bei der Parallel-Allee wurden alle weiteren Lichtpunkte von der Versuchsperson so angeordnet, dass sie als zwei Geraden parallel zur y-Achse wahrgenommen wurden.

Die neu eingestellten Punkte blieben für den Rest des Versuchsdurchgangs sichtbar, sodass die Versuchsperson immer alle bisher eingestellten Punkte zu sehen bekam und nachträglich Korrekturen vornehmen konnte. Bei der Erzeugung einer Distanz-Allee wurden ebenfalls zwei Punkte symmetrisch zur y-Achse vorgegeben.

Mit anderen Worten: Die beiden Punktreihen einer Parallel-Allee erschienen den Versuchspersonen definitionsgemäß als Geraden, die weder konvergieren noch divergieren. Befragt nach den seitlichen Abständen der Punkte voneinander, gaben die Versuchspersonen hingegen an, der Abstand sei bei den am weitesten entfernten Punkten größer als bei den vordersten Punkten. Dieses Phänomen erwies sich als äußerst stabil und robust gegenüber Variationen der Versuchsanordnung. Es konnte in Folgestudien reproduziert sowie um weitere Beobachtungsbedingungen ergänzt werden. Die Ergebnisse der Alleeversuche deuten darauf hin, dass die Geometrie des visuellen Raumes nicht euklidisch sein kann.

Für den Mathematiker Luneburg waren diese Befunde knapp nach 1945 das Indiz für eine hyperbolische Struktur der Raumwahrnehmung, da in der elliptischen Geometrie Distanzalleen innerhalb der Parallelalleen liegen und in der euklidischen Geometrie beide Alleen übereinstimmen müssten. Seine Schlussfolgerung: das Vorliegen eines Riemannschen Raumes mit konstanter Krümmung.

Franz Hillebrand führte somit ab dem Jahr 1900 in Innsbruck Studien durch, in denen er als Erster systematisch das Problem der nicht-euklidischen (hyperbolischen) Raumwahrnehmung mittels „Allee-Versuchen“ analysierte. Euklid hatte in seiner „Optik“ bereits eine Wahrnehmungstheorie postuliert, die den Axiomen seiner Geometrie entsprach. Wenn die visuelle Raumwahrnehmung den Axiomen (insbesondere dem Parallelaxiomen) der euklidischen Geometrie nicht entspricht, wird von einer nicht-euklidischen Raumwahrnehmung gesprochen. Es war Helmholtz, der Riemanns Hypothesen aufgriff und feststellte, dass physikalische (und damit auch wahrgenommene) Räume die „freie Beweglichkeit“ fester Körper voraussetzen. Somit reduzierten sich die möglichen Geometrien auf die euklidische, die sphärische und die hyperbolische.

In den präzise durchgeführten wahrnehmungspsychologischen Experimenten von Hillebrand und Blumenfeld zeigte sich, dass die parallelen Linien im euklidischen Raum gekrümmt erscheinen. Dieser Befund weist eine nicht-euklidische Struktur nach. Dass die äquidistant eingestellten Abstände objektiv breiter sind als bei paralleler Linieneinstellung, belegt die negative Krümmung bzw. die hyperbolische Struktur des phänomenalen Raumes.

Die Theorie eines nicht-euklidischen Sehraumes ist nicht unwidersprochen geblieben, wird dennoch aber auch gegenwärtig durch eine Vielzahl experimenteller Studien gestützt. Kritiker betonen einerseits das Hindernis, den visuellen Raum global mittels

einer partikularen Geometrie zu charakterisieren und verweisen andererseits auf das Problem der Kontextabhängigkeit des visuellen Raumes.<sup>29</sup>

Experimentalpsychologische Streitfragen (Heterophorie, Scheinbewegung): Die Diskussion mit St. Witasek (1909/10), mit W. Köhler, M. Wertheimer, K. Koffka (1922)

1909/10 trugen Franz Hillebrand und der Grazer Meinong-Schüler Stephan Witasek in der „Zeitschrift für Psychologie“ einen Streit über „die Heterophorie und das Gesetz der identischen Sehrichtungen“ aus. Hillebrand positionierte sich so gegen Witasek: „Gegen St. Witasek ‚Zur Lehre von der Lokalisation im Sehraum‘. Dessen ‚Grundversuch‘ bestimmte ihn, eine Modifikation an dem Gesetze der ‚identischen Sehrichtungen‘ anzubringen, die eine ‚teilweise Rückkehr‘ zur alten Projektionstheorie bedeute. Dagegen ist nach der von Joh. Müller und E. Hering vertretenen Theorie ‚der scheinbare Ort eines Objektes eine Funktion des sensorischen und motorischen Apparates unseres Doppelauges. Der Ort, den das Außending im wirklichen Raume einnimmt und die Richtungslinien, welche ihn mit den mittleren Knotenpunkten verbinden, haben nur die geometrische Bedeutung, dass sie die Stelle des retinalen Reizes bestimmen; für die Frage der Lokalisation sind sie belanglos. Würde man also die Doppelnetzhaut anstatt durch Licht auf irgendeine andere Art, z.B. mechanische, ebenso zirkumskriptiv reizen können, wie das tatsächlich durch die Lichtstrahlen geschieht, so müsste der Enderfolg derselbe sein, wie er es unter den tatsächlich gegebenen Verhältnisse ist.“

Stephan Witasek, der sich mit Untersuchungen „über die Natur der geometrisch-optischen Täuschungen“ habilitiert hatte, stand in diesem Konflikt auch in Kontakt zu den Grazer Augenheilkundlern Friedrich Dimmer und Alois Birnbacher. Am 17. Jänner 1909 schreibt Witasek an Franz Hillebrand: „Aber eines glaube ich jetzt bereits mit aller Entschiedenheit festhalten zu dürfen. Der Heringsche Versuch über die Abhängigkeit der Sehrichtung von der binokularen Blicklinie trifft für das monokulare Sehen gewiss nicht zu, wo[h] aber für das binokulare. Meine Befunde darüber sind so fest und sicher,

---

29 Vgl. F. Schubotz: Beiträge zur Kenntnis des Sehraumes auf Grund der Erfahrung, in: Archiv für die gesamte Psychologie 22 (1910), 101-149. Walther Poppelreuter: Beiträge zur Raumpsycho- logie, in: Zeitschrift für Psychologie 58 (1911), 200-262 und W. Blumenfeld: Untersuchungen über die scheinbare Größe im Sehraume, in ebenda 65 (1913), 241-404. – Mit weiteren Literaturangaben näher in Pierre Sachse, u.a.: „We see the modern psychologist rather in the laboratory than in the study room.“ The alley experiments by Franz Hillebrand (1863-1926), in: Journal Psychologie des Alltagshandeln 14/1 (2021), S. 45-55.

so eindeutig und durchsichtig, dass ich, vorläufig wenigstens von ihrer Richtigkeit ganz und gar überzeugt bin und mir gegenwärtig absolut nicht denken kann, in welcher Weise sie entkräftet werden sollten. Bestehen sie aber wirklich zu recht, so muss doch offenbar einer der wichtigsten Punkte des Gesetzes der id. Sehrichtung fallen, nämlich der, dass jede der beiden monokularen Sehrichtungen mit der binokularen identisch ist. Daran, glaube ich, wird sich nicht rütteln lassen. Im übrigen aber werde ich für Aufklärungen über dieses Gesetz gewiss gerne zugänglich sein.“

Alexius Meinong notiert 1915 in einem Nachruf zu Witaseks „Psychologie der Raumwahrnehmung des Auges“: „Erst nach diesem Buche hat Witasek seine Versuche und Aufstellungen über ‚monokulare Lokalisationsdifferenz‘ veröffentlicht, die der Gegenstand einer lebhaften Kontroverse geworden sind, deren Entscheidung noch aussteht.“<sup>30</sup>

1922 veröffentlichte der gesundheitlich angeschlagene Franz Hillebrand die Schrift „Zur Theorie der stroboskopischen Bewegungen“. Er griff mit dieser Arbeit unmittelbar in den Streit um Max Wertheimers „Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung“ (1912) ein, also in die Diskussion um das sogenannte Phi-Phänomen (Scheinbewegung). Wesentlich an diesem von Sigmund Exner 1875 entdeckten Phänomen ist, dass zwei ursprünglich getrennte Reize nunmehr als ein Reiz gesehen werden, es wird also eine phänomenale Identität erreicht. Wurde das Phi-Phänomen von Hillebrand anhand der „Theorie der Aufmerksamkeitswanderung“ erörtert, so erklärte es Wertheimer mit der „Kurzschluss­theorie“.

Beide Konzeptionen konnten 1948 von Theodor Erismann in Innsbruck experimentell widerlegt werden. Gegen die Kurzschluss­theorie spricht die Tatsache, dass der Weg der stroboskopischen Scheinbewegung nicht immer der kürzeste ist. Gegen die Theorie der Aufmerksamkeitswanderung wurde eingewandt, dass im selben Aufmerksamkeitsfeld entgegengesetzte stroboskopische Bewegungen gleichzeitig gesehen werden können. Aus der Analyse des Phi-Phänomens entwickelte Wertheimer die Grundideen der Gestalttheorie. Seine Leistung bestand darin, das Sehen von Bewegung als originäres, nicht weiter reduzierbares Phänomen aufzufassen.

Es war naheliegend, dass der Gestaltpsychologe Wolfgang Köhler in den Disput ein­griff. In einem Brief vom Oktober 1922 schrieb er an Hillebrand: „man muss sich schon anstrengen ... diese raffinierte Ableitung des stroboskopischen Effektes zu verstehen. Ich will sehen, dass mir das noch besser als bisher gelingt, weil ich Ihre Arbeit gern in der ‘Psychol. Forschung‘ referieren möchte.“ Zugleich bittet er Hillebrand um Klä-

---

30 Alexius Meinong: Stephan Witasek zum Gedächtnis (1915), jetzt in derselbe: Gesamtausgabe VII. Selbstdarstellung. Vermischte Schriften, Graz 1978, 255-261.

rung diverser Fragen, um „über diese Bedenken fortzukommen“. Im Februar 1923 teilt Köhler mit, dass nun Wertheimer selbst die Replik leisten wird. „Ohne Zweifel werden Ihre Anschauungen Anlass zu lebhaften Diskussionen geben, ...“ Auch Kurt Koffka in Gießen, ein weiterer Mitbegründer der Gestaltpsychologie, mit dem sich Hillebrand in seiner Arbeit kritisch auseinandergesetzt hat, reagiert und drückt die Hoffnung aus, dass diese Arbeit „uns einer theoretischen Entscheidung ein Stück näher bringen“ werde. In der Sache fühlt er sich von Hillebrand missverstanden.<sup>31</sup>

### Zur Geschichte der Psychophysik. Gedenken an E. Hering 1918

Seinem für das eigene wissenschaftliche Werk entscheidenden Prager Lehrer Ewald Hering widmete Hillebrand 1918 mit einem „Gedankwort der Psychophysik“ einen eindrucksvollen Nachruf. Hering gehört mit seinen (sinnes-)physiologischen Forschungen dem „Zeitalter der klassischen Psychophysik“ von Johannes Müller, Jan Evangelista Purkinje, Ernst Heinrich Weber, Alfred Wilhelm Volkmann und Gustav Theodor Fechner an.

Die Erinnerung an das Weber-Fechnersche-Gesetz als dem zentralen theoretischen Kondensat der klassischen Psychophysik war schon eine der Schlüsselstellen in Hillebrands Antrittsvorlesung 1896, mit Erläuterungen zur „Ebenmerklichkeit“, also zur Unterschiedsschwelle als dem Betrag, um den eine Reizintensität sich ändern muss, damit (in 50% der Fälle) überhaupt ein Empfindungsunterschied festgestellt werden kann, bzw. zum Verhältnis von Reiz und Empfindung, wonach die erlebte Intensität proportional zum Logarithmus des physikalischen Reizes wächst. Das Fechnersche Gesetz gilt nur für den gewichtigen mittleren Intensitätsbereich eines Reizkontinuums, d.h. bei sehr großen und sehr kleinen Reizstärken ist es nicht wirksam.

Hillebrand erinnerte an Herings „besonders enge Verbindung“ zu Johannes Müllers Gesetz von den „spezifischen Sinnesenergien“, woraus sich auf dem Gebiet der Gesicht- und Farbwahrnehmungen der stete Gegensatz zu Hermann Helmholtz wie von selbst ergeben sollte: „Zu einem seiner größten und von ihm nur mit Ausdrücken rückhaltloser Verehrung genannten Zeitgenossen, zu Hermann von Helmholtz, ist Hering, man kann fast sagen, in ununterbrochenem Gegensatz gestanden.“

---

31 Vgl. Max Wertheimer: Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung, in: Zeitschrift für Psychologie 61 (1912), 161-265 oder Theodor Erismann: Die Stroboskopie und ihre Erklärung aus einer Wahrnehmungstheorie. Kongressbericht des Berufsverbandes Deutscher Psychologen, Bonn 1947, Hamburg, 39-49.

Ein weiterer Hering-Schüler, der 1916 aus Leipzig an die Innsbrucker Physiologieprofessur berufene Ernst Theodor Brücke, hat in einer Besprechung von Hillebrands Gedenkschrift den Gegensatz als einen von „Empiristen“ und „Nativisten“ zusammengefasst: „Helmholtz betrat das Gebiet der Sinnesphysiologie als Physiker, Hering als Biologe, deshalb sah jener in den Empfindungen im wesentlichen nur Funktionen der physikalisch definierten äußeren Reize, während Hering – so wie Joh. Müller – die Empfindungen in erster Linie als Korrelate der Lebensvorgänge des Nervensystems auffasste, sie also in gleicher Weise von dem jeweiligen Zustande des Nervensystems wie von der Art des äußeren Reizes abhängig erkannte. Die Differenz der Resultate, die sich aus diesen beiden Betrachtungsweisen ergibt, möge ein Beispiel aus der Farbenlehre zeigen. Helmholtz meinte, dass die Merkmale einer Farbe, ihr Ton, ihre Helligkeit, ihre Sättigung physikalisch definierbar seien durch die Wellenlänge, die Amplitude und die Menge des beigemischten weißen Lichtes. Da nun die tägliche Erfahrung lehrt, dass zwischen unseren Farbenempfindungen und jenen nur nach der physikalischen Qualität des Reizlichtes theoretisch zu erwartenden Empfindungen tiefgreifende Unterschiede bestehen (Kontrast, Nachbilder usw.), sah sich Helmholtz genötigt, diese Unterschiede z.B. bei den simultanen Kontrastphänomenen als Folgen von Urteilstäuschungen, unbewussten Schlüssen usw. aufzufassen. Es ist ein nicht hoch genug einzuschätzendes Verdienst Herings um die Psychologie, dass er die Unhaltbarkeit dieser Hilfsannahmen nachgewiesen und sie durch das Gesetz der Wechselwirkung der Schfeldstellen ersetzt hat.“<sup>32</sup>

Hillebrand nahm 1918 einleitend zur Hering-Gedenkschrift einige weitere Motive seiner 22 Jahre zurückliegenden Antrittsvorlesung auf, so die Beobachtung, dass das „systematische Studium der Sinnesempfindungen“ in der Geschichte der Psychologie mit „außerordentlicher Verspätung“ eingesetzt hat, dass nicht nur eine überholte alte

---

32 Ernst Theodor Brücke, Rezension von Hillebrands Hering-Gedenkwort, Korrekturfahne im Universitätsarchiv Innsbruck, Nachlass Franz Hillebrand. Hillebrand hatte nicht nur wissenschaftlichen Kontakt zum Physiologen Brücke, sondern besonders auch zu dessen Vor-Vorgänger, dem auf den Gebieten der Physiologie der Sinnesorgane, über den optischen Raumsinn arbeitenden Franz Bruno Hofmann, der in Prag Assistent von Hering gewesen war und sich 1898 in Leipzig bei Hering habilitiert hatte. 1909/10 schreibt Hering an Hillebrand, dass er die Berufung von Hofmann nach Prag sehr begrüßt. Ihm, Hillebrand, würde Hofmann aber in Innsbruck sicher sehr fehlen. Hofmanns Studien zum „Raumsinn des Auges“ waren Hillebrand ein wichtiger Orientierungspunkt. Zu Hofmann entwickelte sich bis in dessen späte Berliner Lehrjahre ab 1923 ein freundschaftliches Verhältnis, das auch nicht durch den Widerspruch in der Frage der Scheinbewegungen getrübt wurde. Beide waren dem gemeinsamen Lehrer Hering auch persönlich verbunden, so schreibt etwa Hofmann am 29. Dezember 1924 aus Berlin an Hillebrand: „Bei uns ist alles wohl, selbst Mary Hering, die auf vierzehn Tage bei uns zu Gast ist, scheint sich behaglich zu fühlen. Das Kritisieren und Kommandieren kann sie allerdings nicht lassen.“

„rationale (Seelen-) Psychologie“, sondern auch die empirisch orientierte Psychologie der englischen Aufklärung von Locke über Berkeley bis Hume „fast gänzlich im Dienste der Metaphysik, vor allem aber der Erkenntnistheorie“ gestanden ist und „daher die Auswahl der Fragestellungen nicht von selbständigen psychologischen, vielmehr von Interessen metaphysischen und insbesondere erkenntnistheoretischen Charakters“ beherrscht war, so etwa die Frage, ob es „angeborene Ideen“ gibt oder nicht, oder „wie es möglich sei, dass die immaterielle Seele Eigenschaften der materiellen Dinge (z.B. deren Farben) in sich aufnehme“. Psychologisch relevante Fragen – wie etwa jene schon von Newton gestellte „nach dem System unserer Farbenempfindungen und seiner Dimensionenzahl“ seien, da für Erkenntnistheoretiker irrelevant, nicht gestellt worden. Nicht zufällig sei deshalb auch die „Lehre vom Urteil, von seinen Unterarten und Zusammensetzungen“ viel weiter entwickelt als die Untersuchung der „Vorstellungen“.

Wie in der Antrittsvorlesung von 1896 zitiert Hillebrand wieder John Lockes Motivenbericht zum „Versuch über den menschlichen Verstand“ (1690): „Man versteht dieses Versagen der Psychologie, wenn man bedenkt, dass keine allgemeinen Fragen der Erkenntnistheorie an Problemen dieser Art unmittelbar interessiert waren. Lockes Versuch über den menschlichen Verstand bildet sicher einen Markstein in der Geschichte der Psychologie und hat den Anstoß zu einer Reihe der wertvollsten Untersuchungen gegeben; aber das Interesse, das ihn bei der Abfassung seines Hauptwerkes geleitet hat, ging – wie er selbst gesteht – dahin, den Ursprung und die Grenzen der menschlichen Erkenntnis festzustellen: die Resultatlosigkeit mancher Diskussionen, die sich im Freundeskreis abgespielt, hatte ihn veranlasst, sich diese Aufgabe zu stellen. Es ist kennzeichnend, dass selbst die berühmte Scheidung der Qualitäten in primäre und sekundäre nicht einer psychologischen Problemstellung entsprang, sondern einer erkenntnistheoretischen: es handelte sich ja um die Frage, welche Merkmale der Empfindungen uns die wirklichen Eigenschaften der Außendinge zeigen und welche nicht.“

Wie in der Antrittsvorlesung trägt Hillebrand nun auch 1918 die These vor, dass jene Arbeiten, die geschichtlich eigentlich am Beginn psychologischer Forschung hätten stehen müssen, nämlich die „systematische Durchforschung des Gebietes der Sinnesempfindungen“ erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts von auf den ersten Blick fachfremden Medizinern, von Anatomen, von Physiologen aufgegriffen wurden und erst über die wissenschaftliche Pionierleistung von Psychophysikern wie Johannes Müller, Gustav Theodor Fechner und Ernst Heinrich Weber der empirischen, nun auch experimentell arbeitenden Psychologenzunft vermittelt wurden: „Aber nicht aus dem Kreise der Psychologen ist sie hervorgegangen, vielmehr war es die Physiologie, die hier die Führung übernahm und mit Erfolg übernehmen konnte, seit sie sich in ihrem eigenen Gebiete von der Mystik der Lebenskraft und ähnlicher ‚okkulten Qualitäten‘ frei zu

machen und mit gesunden naturwissenschaftlichen Methoden zu arbeiten begonnen hatte. (...) Die systematische Erforschung der Sinnesempfindungen war daher in ihrer Gänze in die Hände der Physiologen geraten und erst allmählich hat die Psychologie von den Errungenschaften im Nachbarland Kenntnis genommen und sie selbsttätig weitergeführt.“

### Mit W. Wundt gegen die „Aussperrung der Psychologen“ (1913)

Hillebrand hatte seine Antrittsvorlesung mit einem Abgesang auf die philosophische Systemspekulation eingeleitet. Er hatte dabei die auf den „Deutschen Idealismus“ nachfolgenden Positionen, die neukantisch kritizistische (W. Windelband, H. Rickert, H. Cohen, A. Riehl), die naturwissenschaftlich positivistische (F.A. Lange, W. Wundt, E. Mach, R. Avenarius), die objektivistisch phänomenologische (F. Brentano, E. Husserl) oder die geisteswissenschaftlich historisch lebensphilosophische (W. Dilthey, G. Simmel) Aufspaltung der bürgerlichen Universitätsphilosophie in posthegelianischen Jahren seit der Revolution von 1848 vor Augen.<sup>33</sup>

Als 1913 deutsche Philosophieprofessoren – angeführt von Edmund Husserl, Heinrich Rickert, Wilhelm Windelband, Paul Natorp, Alois Riehl oder Georg Simmel – verlangten, die philosophischen Lehrstühle nicht länger auch mit Vertretern der experimentellen Psychologie zu besetzen, reagierte Hillebrand mit der Streitschrift „Aussperrung der Psychologen“: Es bestehe kein Grund die psychologische Lehre und Forschung von den philosophischen Professuren fern zu halten. Durch die ungefähr 1860 einsetzende Anwendung experimenteller Methoden habe sich nämlich nichts an der Stellung der empirischen Psychologie im Teilsystem der philosophischen Disziplinen von Logik über Ästhetik zu Ethik reichend, geändert.

Es gilt Hillebrand als ein Irrtum, wenn etwa Georg Simmel behauptet, „er wisse ‚keinerlei positive oder negative Bedeutung der psychologischen Experimente für spezifisch philosophische Bestrebungen zu nennen‘, wenn man etwa vom Fechnerschen Gesetz“ absehe.

Mit drei Beispielen will Hillebrand belegen, dass eine empirisch (nunmehr auch experimentell operierende) Psychologie, wäre sie früher vorhanden gewesen, manchen metaphysischen Umweg erspart hätte. Dieses Faktum sei schon Georg Berkeley oder

---

33 Vgl. Rudolf Haller: Studien zur Österreichischen Philosophie. Variationen über ein Thema, Amsterdam 1979. Herbert Schnädelbach: Philosophie in Deutschland 1831-1933, Frankfurt 1983 oder Klaus Christian Köhnke: Entstehung und Aufstieg des Neukantianismus. Die deutsche Universitätsphilosophie zwischen Idealismus und Positivismus, Frankfurt 1986.

David Hume bekannt gewesen: „Man weiß doch, um nur ein paar Beispiele anzuführen, in welche Beziehung das Gesetz der spezifischen Sinnesenergien schon von seinem ersten Entdecker zur Lehre vom phänomenalen Charakter der äußeren Wahrnehmung gebracht wurde. Und wenn man aus ihm vorschnelle Konsequenzen zugunsten eines Kantschen Apriorismus gezogen hat, so ist es wieder die Psychologie, die hier korrigierend einzugreifen hatte. Wieviel nutzlose Kontroversen wären ferner der Metaphysik und Erkenntnistheorie erspart geblieben, wenn die Untersuchungen über Wesen und Ursprung unserer Raum- und Zeitanschauung anderthalb Jahrhunderte früher gemacht worden wären oder wenn sie wenigstens gegenwärtig von den ‚reinen Philosophen‘ der Beachtung wert gehalten würden, anstatt dass die Fiktion ihres apriorischen Charakters noch bis zum heutigen Tage ihr Unwesen triebe!“

Neben Johannes Müllers „Gesetz der spezifischen Sinnesenergien“ aus den 1820er Jahren verweist Hillebrand auf „die erkenntnistheoretischen Folgen, die sich an die Zerstörung der alten Projektionstheorie anschließen“: „Ebensowenig wie man die Konsequenzen verkennen wird, die sich an die Untersuchung über die Dimensionenzahl unserer primären Raumschauung knüpfen.“ Gleiches gilt für das „Problem der Allgemeinbegriffe, dessen Beziehung zu Logik und Erkenntnistheorie wohl niemand verkennen wird“, und dem sich „das Experiment wenigstens zu nähern“ beginnt, auch wenn die „Denkpsychologie“ noch in den Kinderschuhen steckt. Die naturwissenschaftlich orientierten Beiträge zur Erkenntnistheorie wie jene von Wilhelm Ostwald oder von Ewald Hering können nach Hillebrand von der Fachphilosophie nicht ignoriert werden: „Ist es nicht bekannt genug, auf welchem Wege man dazu gekommen ist, die Tatsachen des Gedächtnisses so weit zu verallgemeinern, dass man schließlich mit Hering von einem Gedächtnis der Materie sprechen und mit Ostwald sogar an eine chemische Theorie dieses Vorgangs denken konnte, und dass die weitgehenden Schlüsse, die daran geknüpft wurden, nur durch genauestes Studium des psychischen Gedächtnisaktes auf ihre Stringenz geprüft werden können.“<sup>34</sup>

---

34 Hillebrand bezog sich immer wieder auf Ewald Herings als Wagnis geschilderte „Wanderung in das weite Reich philosophischer Betrachtungen“: Vgl. Ewald Hering: Über das Gedächtnis als eine allgemeine Function der organisirten Materie. Vortrag gehalten in der feierlichen Sitzung der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften am 30. Mai 1870, Wien 1870. Entscheidend für Hillebrands Arbeiten zu den Farbempfindungen waren Herings - auch in Auseinandersetzung mit Hermann Helmholtz - entstandenen, ab 1872 der Wiener Akademie vorgelegten „sechs Mittheilungen“ „Zur Lehre vom Lichtsinne“ (1878). Für Hillebrands Studien zur Raumwahrnehmung, „zur Unterscheidung zwischen wirklichem Raum und Sehraum“ war u.a. Herings 1879 in Ludimar Hermanns „Handbuch der Physiologie“ veröffentlichter Beitrag „Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges“ prägend. Zu diesen dogmengeschichtlichen Zusammenhängen vgl. versehen mit redaktionellen Anmerkungen von Franziska Hillebrand: Franz Hillebrand, Lehre von den Gesichtsempfindungen, auf Grund nachgelassener Aufzeichnungen, hrg. von Franziska Hillebrand, Wien 1928, 17, 97.

Gegen den konzertierten Versuch, der Experimentalpsychologie den organisatorisch institutionellen Rückhalt zu entziehen, hat 1913 auch Wilhelm Wundt mit dem Essay „Die Psychologie im Kampf ums Dasein“ reagiert: „Die Philosophen sehen sich augenscheinlich in ihrem Besitzstande gefährdet“ (S. 2), „das Experimentieren ist eine banausische Kunst; demnach ist der experimentelle Psychologe bestenfalls ein wissenschaftlicher Handwerker. Ein Handwerker paßt aber nicht unter die Philosophen“ (S. 9). Wundt und Hillebrand sprachen sich gemeinsam für eine Beibehaltung des Status quo, der Ausbildung zukünftiger Psychologen im Rahmen der Philosophie, aus.

Für Hillebrand macht das Philosophenmemorandum – abgesehen vom universitätspolitischen Kampf um knappe Lehrstühle – nur dann Sinn, wenn sich die Unterzeichner am anachronistischen Modell einer „reinen“ aprioristischen Philosophie orientieren wollten, und wenn sie damit verbunden der Rückkehr zu einer „alten rationalen Psychologie“ das Wort reden wollten, also zu den Lehren „von der Seele als denkender Substanz“ oder zu anderen sinnlosen Scheinfragen wie jener, ob es eine Wechselwirkung zwischen Leib und Seele gibt und wenn ja, ob man diese okkasionalistisch oder im Sinn einer prästabilisierten Harmonie verstehen müsse: Einen Weg, den Hillebrand schon in der Antrittsvorlesung von 1896 als einen fast völlig fruchtlosen geschichtlichen Weg von G.W. Leibniz zu einer Ch. Wolffschen „Vermögenspsychologie“, hin zu einer in den Fesseln („Symmetrien“) der Kantschen Vernunftkritik gefangenen Psychologie oder in anderer Variante gar hin zu einer auf dem Irrationalismus der Schopenhauerschen Willensmetaphysik aufbauenden Psychologie geschildert hatte.<sup>35</sup>

## Hillebrands Schüler, Nachfolger

Als Hillebrands Innsbrucker Schüler mit später universitär akademischem Werdegang sind Hans Rupp (1880–1954, später Assistent bei Carl Stumpf in Berlin, als Berliner Extraordinarius seit 1925 Herausgeber der „Psychotechnischen Zeitschrift“), Richard Strohal (1888–1976, seit 1930 in Innsbruck Professor für Philosophie mit besonderer Berücksichtigung der Pädagogik) und Konstantin Radakovic (1894–1973, später Philosophieprofessor in Graz) zu nennen.

---

35 Vgl. Franz Hillebrand: Die Aussperrung der Psychologen, in: Zeitschrift für Psychologie 67 (1913), 1-21. Wilhelm Wundt: Die Psychologie im Kampf ums Dasein, Leipzig 1913. Nach Ludwig J. Pongratz: Problemgeschichte der Psychologie, 2. Auflage, Bern-München 1984.

Im Dezember 1920 heiratete Hillebrand Franziska von Reicher. 1919 war diese im Alter von 34 Jahren bei Alfred Kastil mit einer Dissertation über „die Abkehr vom Nichtrealen“ – einer Brentano folgenden Kritik an Edmund Husserl und Alexius Meinong – promoviert worden. War der Zugang zum Universitätsstudium generell für mittlere soziale Gruppen, besonders aber für Arbeiterkinder nur in geringstem Maß möglich, so war das in Österreich 1897 zögerlich eingeführte Frauenstudium noch mehr abgeschlossen: Obwohl Mayer-Hillebrand als Tochter eines ranghohen habsburgischen Generalstabsoffiziers („kommandierender General von Tirol und Vorarlberg“) sozial privilegiert war, musste sie erst tiefe Vorurteile gegen studierende Frauen im eigenen familiären Umfeld überwinden, sodass sie erst mit 29 Jahren immatrikulieren konnte.<sup>36</sup>

Franziska Mayer-Hillebrand hat nach dem Tod ihres Mannes 1926 dessen späte experimentelle Arbeiten nach zurückgelassenen Aufzeichnungen als „Lehre von den Gesichtsempfindungen“ (1929) redigierend herausgegeben.

1932 habilitierte sich Franziska Mayer-Hillebrand (1885–1978) mit den Arbeiten über die „scheinbare Streckenverkürzung beim indirekten Sehen“, „über die scheinbare Größe der Sehdinge“ und über „die scheinbare Entfernung oder Sehtiefe“ für das Fach „Philosophie mit besonderer Berücksichtigung der Psychologie“. Alfred Kastil merkte im Juni 1932 in seinem Habilitationsgutachten an: „Ähnlich wie Hillebrand selbst die Tradition wahrte und insbesondere den Zusammenhang mit seinen beiden Lehrern Brentano und Hering nicht verleugnet hatte und dabei zu immer selbständigeren und weiter ausgreifenden Forschungen gelangt war, so setzt nun Frau Dr. Mayer-Hillebrand sein Werk fort.“ Später wandte sich Mayer-Hillebrand vor allem der Brentano-Forschung zu. Auf Wunsch von Alfred Kastil hat sie maßgeblich zur wissenschaftlichen Aufbereitung des Brentano-Nachlasses beigetragen. Einige der (nachgelassenen) Schriften Brentanos wurden von ihr in der „Philosophischen Bibliothek“ des Meiner-Verlags (neu) herausgegeben.

„In Franz Hillebrand hat die experimentelle Psychologie einen ihrer einsichtigsten und methodisch gewissenhaftesten Forscher verloren. Auf einem nicht sehr günstigen Boden hat er ihr vor langer Zeit eine Stätte bereitet und mit den geringen Mitteln, die ihm dort zur Verfügung standen, eine Anzahl mustergültiger Arbeiten geschaffen ...“, so seine langjährigen Freunde und Fachkollegen Carl Stumpf und Hans Rupp im in der „Zeitschrift für Psychologie“ 1927 veröffentlichten Nachruf.

---

36 Vgl. Maria Steibl: Die Universität als „Vorstufe für die verschiedenen Berufszweige des männlichen Geschlechts“ (1877). Darstellung von Problemen des Frauenstudiums auf der Grundlage bisher unveröffentlichter Dokumente der Universität Innsbruck (19. Jahrhundert), in: *Tiroler Heimat* 1987, 219-248.

Franz Hillebrands Nachfolge trat 1927 Theodor Erismann (1883–1961) an. An zweiter Stelle hat die Fakultät 1926 auch Hans Rupp genannt, der aber als „Psychotechniker“ keine klassisch philosophischen Arbeiten vorzuweisen hatte.<sup>37</sup>

### Schriften von Franz Hillebrand<sup>38</sup>

- Rezension von Wilhelm Dilthey: Einleitung in die Geisteswissenschaften I, 1883, in: Zeitschrift für das Privat- und öffentliche Recht der Gegenwart 11 (1884), 632-642.
- Rezension von Franz Brentano: Vom Ursprung sittlicher Erkenntnis, 1889, in: Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie 13 (1889), 353-363.
- Über die spezifische Helligkeit der Farben – Beiträge zur Psychologie der Gesichtsempfindungen, in: Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, Abteilung 3, Band XCVIII, Wien 1889, 1-51, k.k. Hof- und Staatsdruckerei. [mit einer Vorbemerkung von Ewald Hering].
- Die neuen Theorien der kategorischen Schlüsse, Wien 1891, Alfred Hölder, k.k Hof- und Universitäts-Buchhändler.
- Rezension von Johannes von Kries: Beiträge zur Lehre vom Augenmaß. Beiträge zur Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, Helmholtz-Festschrift, 1891, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 4 (1893), 426f.
- Die Stabilität der Raumwerte auf der Netzhaut, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 5 (1893), 1-60.
- Rezension von Edmund Husserl: Philosophie der Arithmetik. Psychologische und logische Untersuchungen, 1893, in: Göttingische Gelehrte Anzeigen 1893/4, 175-180.

---

37 Über Rupp Pierre Sachse, Winfried Hacker und Eberhard Ulich: Quellen der Arbeitspsychologie: Ausgewählte historische Texte. (Schriften zur Arbeitspsychologie, Bd. 65), Bern 2008. Zu Erismann und zur weiteren Geschichte vgl. Pierre Sachse und Peter Goller: Kurz gefasste Geschichte des Instituts für Psychologie an der Universität Innsbruck (1896-2000), in: Die ersten Institute für Psychologie im deutschsprachigen Raum, hrg. von Armin Stock und Wolfgang Schneider, Göttingen 2020, 200-232.

38 Zur Entwicklung psychologischer Fachjournale um 1900, zur 1890 von Hermann Ebbinghaus und Arthur König begründeten „Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane“ und zu ihrer 1906 erfolgten Aufspaltung in eine I. Abteilung „Zeitschrift für Psychologie“ und in eine II. Abteilung „Zeitschrift für Sinnesphysiologie“ – unter Beibehaltung der alten Gesamtbezeichnung als Übertitel – vgl. Horst Gundlach: Über den Anfang der Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, in: Experimentalpsychologie heute. 100 Jahre Zeitschrift für Psychologie (=Zeitschrift für Psychologie mit Zeitschrift für angewandte Psychologie, Supplement 11), Heidelberg 1991, 13-24.

- Das Verhältnis von Accommodation und Konvergenz zur Tiefenlokalisation. in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 7 (1894), 97-151.
- Rezension von E.L. Fischer: Theorie der Gesichtswahrnehmung. Untersuchungen zur physiologischen Psychologie und Erkenntnislehre, 1891, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 8 (1895), 435-442.
- Zur Lehre von der Hypothesenbildung, in: Sitzungsberichte der Philosophisch-Historischen Klasse der Akademie der Wissenschaften in Wien 134, VI. Abhandlung. Wien 1896, Carl Gerold's Sohn. Buchhändler bei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
- Rezension von Wladyslaw Heinrich: Die moderne physiologische Psychologie in Deutschland, 1895, in: Deutsche Literaturzeitung 17 (1896), Nr. 21, 643-648.
- In Sachen der optischen Tiefenlokalisation, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 16 (1898), 71-151.
- Rezension von Fr. Wächter: Über die Grenzen des telestereoskopischen Sehens, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 16 (1898), 155-158.
- Theorie der scheinbaren Grösse bei binocularem Sehen, in: Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, 72 (1902), 255-307, Wien. Kaiserlich-Königliche Hof- und Staatsdruckerei.
- Rezension von Oskar Zoth: Über die Drehmomente der Augenmuskeln, bezogen auf das rechtwinkelige Coordinatensystem von Fick, 1900, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 29 (1902), 129f.
- Rezension von Oskar Zoth: Bemerkungen zu einer alten ‚Erklärung‘ und zu zwei neuen Arbeiten, betreffend die scheinbare Größe der Gestirne und Form des Himmelsgewölbes, 1902, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 29 (1902), 140f.
- Rezension von G.E. Müller: Die Gesichtspunkte und die Tatsachen der psychophysischen Methodik. Ergebnisse der Physiologie von G. Asher und K. Spiro, 1904, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 40 (1906), 108-116.
- Rezension von G.F. Lipps: Die psychischen Maßmethoden, 1906, in: Göttingische Gelehrte Anzeigen 1908, 626-651.
- Die Heterophorie und das Gesetz der identischen Sehrichtungen, in: Zeitschrift für Psychologie 54 (1909), 1-55.
- Zur Frage der monokularen Lokalisationsdifferenz. Schlusswort gegen St. Witasek, in: Zeitschrift für Psychologie 57 (1910), 293-316.
- Rezension von Edward Bradford Titchener, Lectures on the Elementary Psychology of Feeling and Attention, 1908, in: Zeitschrift für Psychologie 58 (1910), 141-149.

- Rezension von Hermann Ebbinghaus/Ernst Dürr: Grundzüge der Psychologie I, 1911, in: Deutsche Literaturzeitung 34 (1913), Nr. 9, 517-525.
- Die Aussperrung der Psychologen, in: Zeitschrift für Psychologie 67 (1913), 1-21.
- Rezension von Hermann Ebbinghaus/Ernst Dürr: Grundzüge der Psychologie II, 1911/13, in: Deutsche Literaturzeitung 35 (1914), Nr. 51, 2708-2714.
- Ewald Hering: Ein Gedenkwort der Psychophysik, Berlin 1918, Springer.
- Rezension von Carl Stumpf: Die Attribute der Gesichtsempfindungen, 1917, in: Zeitschrift für Psychologie 84 (1920), 180-184.
- Purkinjesches Phänomen und Eigenhelligkeit, in: Zeitschrift für Sinnesphysiologie 51 (1920), 46-95.
- Die Ruhe der Objekte bei Blickbewegungen, in: Jahrbücher für Psychiatrie und Neurologie 40 (1920), 213-265. [Festschrift zur Feier des 25jährigen Professorenjubiläums von Prof. Dr. C. Mayer]
- Grundsätzliches zur Theorie der Farbenempfindungen, in: Zeitschrift für Sinnesphysiologie 53 (1921), 129-133.
- Rezension von Theodor Piderit: Mimik und Physiognomik, in: Deutsche Literaturzeitung 42 (1921), Nr. 32/33, 443f.
- Rezension von Hermann Ebbinghaus/Karl Bühler: Grundriss der Psychologie 4. Auflage 1919, in: Deutsche Literaturzeitung 42 (1921), Nr. 20, 286-290.
- Zur Theorie der stroboskopischen Bewegungen, in: Zeitschrift für Psychologie 89 (1922), 209-272.
- Rezension von Fritz Nußbaum: Über die Raumwerte in der Umgebung des blinden Flecks, in: Zeitschrift für Psychologie 89 (1922), 186-188.
- Rezension von Joh. Wittmann: Über das Sehen von Scheinbewegungen und Scheinkörpern, 1921, in: Zeitschrift für Psychologie 89 (1922), 188-194.
- Zur Theorie der stroboskopischen Bewegungen, in: Zeitschrift für Psychologie 90 (1922), 1-66.
- Kritischer Nachtrag zur Lehre von der Objektruhe bei willkürlichen Blickbewegungen und ihre Anwendung auf die Stroboskopie, in: Zeitschrift für Psychologie 104/105 (1927), 139-194 bzw. 43-88, nachträglich hrg. von Franziska Hillebrand.
- Lehre von den Gesichtsempfindungen. Auf Grund hinterlassener Aufzeichnungen von Franz Hillebrand, herausgegeben von Franziska Hillebrand. Wien 1929, Springer.

- 1 Über die spezifische Helligkeit der Farben – Beiträge zur Psychologie der Gesichtsempfindungen, in: Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe Band 98/3, Wien 1889, 1-51.



Aus den Sitzungsberichten der kais. Akademie d. Wissenschaften in Wien.  
Mathem.-naturw. Classe; Bd. XXVIII. Abth. III. Februar 1889.

---

Über die spezifische Helligkeit der Farben,  
Beiträge zur Psychologie der Gesichtsempfindungen

von

Dr. Franz Hillebrand

mit Vorbemerkungen von E. Hering.

(Mit 2 Holzschnitten und 1 Tafel.)

Aus dem physiologischen Institute der deutschen Universität zu Prag.

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. Februar 1889.)

**Vorbemerkungen.**

Die Empfindung Grau ist zugleich weisslich und schwärzlich; wenn ein Grau weisslicher wird, so wird es zugleich heller, nimmt seine Schwärzlichkeit zu, so wird es zugleich dunkler; das Verhältniss zwischen dem Weissen und Schwarzen in einem Grau bestimmt seine Helligkeit oder Dunkelheit. Ein Grau, in welchem das Weisse und Schwarze sich beiläufig das Gleichgewicht halten, die Weisslichkeit also der Schwärzlichkeit ungefähr gleich ist, gilt uns als ein mittleres Grau.

Wird ein Grau, ohne dass das Verhältniss zwischen seiner Weisslichkeit und Schwärzlichkeit sich ändert, mehr und mehr farbig, so zeigt sich je nach der Art des Grau, der Art der Farbe und dem Grade der Deutlichkeit (d. i. der subjectiven Sättigung) der Farbe bald eine Zunahme bald eine Abnahme, im besondern Falle auch ein Gleichbleiben der Helligkeit, beziehungsweise Dunkelheit der Empfindung. Es fragt sich nun, ob es hiebei ganz gleichgiltig ist, in welche Farbe das Grau abwandelt, ob in Roth, Grün, Gelb oder Blau, und ob also der erhellende, beziehungsweise verdunkelnde Einfluss, den das zunehmende Hervortreten der Farbe auf die Helligkeit haben kann, von der

Art der Farbe unabhängig ist oder nicht. Ich war anfangs geneigt, das erstere anzunehmen<sup>1</sup>, habe mich aber, wie ich andern Orts<sup>2</sup> schon kurz erwähnt habe, durch Untersuchungen, deren Methoden in der vorliegenden Abhandlung auseinandergesetzt sind, davon überzeugt, dass unter den erwähnten Umständen die Art der Farbe von wesentlichem Einflusse auf das Heller- oder Dunklerwerden der Empfindung ist.

Denken wir uns z. B. ein mittleres Grau, ohne Änderung des Verhältnisses zwischen seinem Weiss und Schwarz, einmal ins Gelbe, ein andermal ins Blaue abgewandelt, so erscheint das so entstehende Graugelb heller, das Graublau dunkler als das anfängliche farblose Grau, und beides um so mehr, je mehr das Gelb beziehungsweise Blau aus dem Grau hervortritt. Analog verhält es sich mit Roth und Grün, nur ist hier der erhellende beziehungsweise verdunkelnde Einfluss der Farbe nicht so gross, wie bei Gelb und Blau. Diesen Thatsachen hat der Verfasser der vorliegenden Abhandlung dadurch Ausdruck gegeben, dass er den verschiedenen Farben eine verschiedene spezifische Helligkeit zuschreibt. Nach meiner Ansicht ordnen sich die sechs Grundempfindungen nach ihrer Helligkeit beziehungsweise Dunkelheit in folgender Reihe: Weiss, Gelb, Roth, Grün, Blau, Schwarz. Hiebei ist jede dieser Grundempfindungen oder Farben (im weiteren Sinne dieses Wortes) als möglichst rein gedacht, d. h. möglichst frei von jeder merklichen Spur eines Abwandeln nach einer oder mehreren von den übrigen Grundempfindungen.

Denken wir uns die ganze Reihe der farblosen Empfindungen vom reinsten (dunkelsten) Schwarz bis zum reinsten (hellsten) Weiss, so würden die ganz rein gedachten farbigen Grundempfindungen nicht die gleiche Helligkeit haben, wie das in der Mitte jener Reihe stehende mittlere Grau (wie ich dies früher annahm), sondern Roth würde heller und Gelb noch heller, Grün dunkler und Blau noch dunkler sein, als jenes mittlere Grau, und es müsste, theoretisch genommen, für jede der absolut rein gedachten farbigen Grundempfindungen in jener Reihe der farb-

<sup>1</sup> Grundzüge einer Theorie des Farbensinns. §. 40. Diese Sitzber. LXIX. Bd. 1874. S. 179.

<sup>2</sup> Pflüger's Archiv für Physiol. Bd. XL 1886. S. 18 u. 19.

losen Empfindungen ein Grau geben, welches die gleiche Helligkeit beziehungsweise Dunkelheit hat, wie die bezügliche farbige Grundempfindung. Im Übrigen würden alle theoretischen Betrachtungen, welche ich seinerzeit in Bezug auf die Helligkeit beziehungsweise Dunkelheit farbiger Empfindungen angestellt habe, auch jetzt noch anwendbar sein.

Alles Gesagte hat zur Voraussetzung, dass Schwarz eine Empfindung ist. Denjenigen, welche dies nicht gelten lassen, sondern dem Schwarz auch in psychologischer und psychophysischer Hinsicht jene „rein negative Bedeutung“ zuschreiben, welche demselben in physikalischer Hinsicht zukommt, ebenso denjenigen, welche meinen, „dass es gar keinen Sinn hat zu fragen, ob das Schwarz eine besondere Empfindung oder Empfindungslosigkeit sei“, fehlt eine Vorbedingung für das unmittelbare Verständniss des oben Gesagten. Denn es genügt dazu nicht einmal, den Satz, dass Schwarz eine Empfindung ist, sei es als tatsächlich richtig, sei es als eine blosser Annahme gelten zu lassen, sondern man muss sich auch gewöhnt haben, diese Annahme bei der Analyse der Gesichtsempfindungen überall mit einzurechnen, und muss sich die tiefgreifenden Consequenzen desselben einigermassen klar gemacht haben.

Eine Übereinstimmung mit mir in Betreff der von mir versuchten Analyse der Gesichtsempfindungen bedeutet an sich noch nicht die Zustimmung zur Theorie der Gegenfarben überhaupt. Dagegen war diese Übereinstimmung die unerlässliche Vorbedingung zur Untersuchung der spezifischen Helligkeit der Grundempfindungen, wie sie Herr Dr. Hillebrand durchgeführt hat. Allerdings ist derselbe schliesslich auch zu dem Ergebniss gekommen, dass die von ihm untersuchten Thatsachen mit der Young'schen Theorie in Widerspruch, mit der Theorie der Gegenfarben aber durchaus vereinbar sind; ich möchte jedoch das Hauptgewicht nicht in dieses Endergebniss, sondern in die vom Verfasser beschriebenen Thatsachen und Methoden gelegt wissen, deren Werth von allen Theorien unabhängig ist.

Bei der Bezugnahme auf meine Theorie hat der Verfasser jene Fassung derselben zu Grunde gelegt, welche ich in meinen „Mittheilungen zur Lehre vom Lichtsinne“ gewählt habe. Hiernach liesse sich die psychophysische Sehsubstanz ansehen als ein

Gemisch dreier qualitativ verschiedener Substanzen, welche — in übrigens sehr verschiedenem Masse des Anthells — die Sehsubstanz zusammensetzen.

Ich habe jedoch schon damals angedeutet,<sup>1</sup> dass ich der Theorie nur in Rücksicht auf eine grössere Anschaulichkeit diese Fassung gegeben habe, und dass ich es im Grunde für richtiger halte, zu sagen, die psychophysische Sehsubstanz sei qualitativ verschiedener Arten der Dissimilierung (*D*) und Assimilierung (*A*) fähig, und jede dieser unendlich mannigfaltigen Arten der *D* und *A* lasse sich unter Annahme dreier Hauptarten der *D* und *A* in je drei Componenten zerlegt denken, deren jede einer dieser drei Hauptarten entspricht. Wie es für die Meisten anschaulicher sein dürfte, wenn gesagt wird, jede Gesichtsempfindung lasse sich aus gewissen Grund- oder Elementarempfindungen in bestimmten Mischungsverhältniss zusammengesetzt denken, als wenn gesagt wird, sie nehme in der geordneten dreidimensionalen Mannigfaltigkeit der Gesichtsempfindungen einen, in Bezug auf drei bestimmte Empfindungsreihen bestimmten Ort ein: so dürfte es auch anschaulicher sein, wenn die Sehsubstanz als ein Gemisch dreier Sondersubstanzen aufgefasst wird, deren jede in zwei qualitativ entgegengesetzten Weisen ( $D > A$  und  $A > D$ ) veränderungsfähig ist, als wenn man sagt, die Mannigfaltigkeit der Zustände der Sehsubstanz sei eine dreidimensionale.

#### I. Die Frage nach der „Intensität“ der Gesichtsempfindungen.

Die vorliegende Untersuchung soll einen Beitrag zur Analyse der Gesichtsempfindungen liefern. Ich verstehe hier und in der Folge unter Empfindung immer Empfindungsinhalt, was ich eigens erwähne, da die Sprache auch die psychischen Acte des Empfindens mit diesem Namen bezeichnet.

Ausserdem sei bemerkt, dass sowohl die physikalischen als die physiologischen Antecedentien einer Empfindung vom Umfang dieses Begriffes streng auszuschliessen sind, und dass demgemäss die Eigenschaften dieser nicht auf die Empfindungsphänomene übertragen werden dürfen, was besonders im Hinblick auf

<sup>1</sup> „Zur Lehre vom Lichtsinne“, §. 42.

deren Einfachheit oder Zusammensetzung beachtet werden muss.

Dass Empfindungen überhaupt analysirbar sind, das heisst, dass sie aufweisbare Bestandtheile haben, scheint zwar schon deshalb unbestreitbar, weil die Sinnesphysiologie thatsächlich solche Analysen wiederholt vollzogen hat, ist aber trotzdem von Philosophen und philosophirenden Naturforschern hie und da bezweifelt worden; ja selbst solche, die die Möglichkeit einer Analyse zugeben, glauben, indem sie mit Recht an der Einheit der Empfindung festhalten, in Folge einer Verwechslung auch die Einfachheit derselben behaupten zu müssen. Wundt z. B., der ausdrücklich von „Bestandtheilen der reinen Empfindung“<sup>1</sup> spricht, und ihr demgemäss „gewisse Eigenschaften, in welchen der Grund ihrer Unterscheidung von andern Empfindungsgebieten liegen muss“<sup>2</sup> zuschreibt, nimmt gleichwohl keinen Anstand sie als diejenigen Zustände unseres Bewusstseins zu bezeichnen „welche sich nicht in einfachere Bestandtheile zerlegen lassen“.<sup>3</sup>

Mancher trägt vielleicht Bedenken, ob die Begriffe Ganzes und Theil auch auf Verhältnisse, wie die, welche zwischen einem Farbenphänomen und seiner Helligkeit, oder zwischen einer Übergangsfarbe (Zwischenfarbe) und denjenigen Grundfarben bestehen, die sie vermittelt, Anwendung finden; und in der That ist diese Verallgemeinerung des Begriffes Theil durchaus nicht allgemein üblich.<sup>4</sup> Dennoch scheint es mir berechtigt, überall von einem theilbaren Phänomen zu sprechen, wo Abstraction möglich ist, gleichgiltig ob das, wovon abstrahirt wird, auch in der Wirklichkeit fehlen kann, wie dies bei den Theilen eines Collectivums oder den endlichen Theilen eines Continuum's der Fall ist, oder nicht; kurz überall dort, wo es sich um ein Moment handelt, das variabel ist oder doch als variabel gedacht werden kann. Es scheint aber willkürlich das Verhältniss von physischen oder collectiven Theilen zum Typus der Theilverhältnisse über-

<sup>1</sup> Physiol. Psych. I. S. 273.

<sup>2</sup> A. a. O. S. 272.

<sup>3</sup> A. a. O. S. 271.

<sup>4</sup> Doch gebraucht bereits Stumpf den Ausdruck in ähnlicher Weise, wenn er von „psychologischen Theilen“ spricht. Vgl. Stumpf, „Über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung“, Leipzig 1878, §§. 5 und 6.

haupt zu machen. Dies thut u. a. v. Kries, wenn er fordert, man möge ihm in den sogenannten Zwischen- oder Mischfarben (Orange, Violet) die Elemente, aus denen sie zusammengesetzt sind, einzeln aufzeigen. Meint er damit, sie müssten räumlich unterscheidbar sein, so verfällt er in den eben gerügten Fehler.

Doch nicht allein die Verkennung der Vielfältigkeit der Theilverhältnisse führte zu diesem Irrthum, sondern auch häufig die grössere Schwierigkeit der Analyse. So schloss z. B. v. Kries aus der angeblichen Unmöglichkeit eine Gesichtsempfindung so in Theile zu zerlegen, wie es mit einem Accord in Bezug auf die ihn constituirenden Töne gelingt, auf die Einfachheit der Gesichtsempfindungen.<sup>1</sup> Er hat, indem er so argumentirt, besonders die Phänomene der Zwischenfarben im Auge. Doch halte ich weder die Thatsache, von der v. Kries ausgeht, für erwiesen, noch den Schluss, den er aus ihr zieht, für zwingend. Das letztere nicht, weil die Unterschiede in der Übung, die bei Mehrklängen vorhandenen Begleiterscheinungen (so die Schwebungen, die besonderen Gefühle für die einzelnen harmonischen Intervalle und Intervallecomplexe etc.) und schliesslich der höhere Sättigungsgrad<sup>2</sup> der in der Musik verwendeten Mehrklänge die grössere Leichtigkeit mancher derartigen Analyse genugsam erklärt. Aber auch die Thatsache, auf die sich v. Kries bezieht, besteht in Wirklichkeit nicht. Einerseits nämlich finden wir, dass Maler und solche, die sich viel mit Lichtmischungsversuchen abgegeben haben, es in der Analyse von Farben in der That zu einem hohen Grade von Fertigkeit bringen — und dies muss ich behaupten, trotzdem v. Kries das Gegentheil versichert —, andererseits ist die Fähigkeit Mehrklänge zu analysiren eine viel beschränktere als v. Kries anzunehmen scheint. Bei disharmonischen Accorden oder in Fällen, wo die Klänge im Verhältniss zu den gleichzeitigen Geräuschen einen geringen Antheil am akustischen Gesamtphänomen haben, wird die Analyse für den weniger Geübten schwer und oft unmöglich.

<sup>1</sup> v. Kries „Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse“ in du Bois-Reymond's Archiv Jahrg. 1882. Suppl. Bd. S. 41.

<sup>2</sup> Unter Sättigung von Gehörsphänomenen wird hier das Verhältniss der Klänge zu den gleichzeitigen Geräuschen verstanden.

Was wir hier über das Verhältniss der Grundfarben zu den Zwischenfarben bemerkt haben, lässt sich in ähnlicher Weise auch auf die Beziehung, in welcher die Helligkeit eines Farbenphänomens zu diesem selbst steht, anwenden, wenn auch dieses Verhältniss wieder ein ganz anderes ist als das erstgenannte.

Die Analyse ist hier ohne Zweifel noch viel schwieriger; doch werden wir später sehen, wie der grosse Mangel an Übung durch geeignete, die Abstraction fördernde Mittel wenigstens theilweise ersetzt werden kann. An solchen, die sich mit der Reproduction von Gemälden durch Kupfer- oder Stahlstich befassen, erkennen wir übrigens deutlich, dass auch die Trennung der Helligkeit von der Qualität im engeren Sinne durch gehörige Übung bis zu einem hohen Grade von Sicherheit und Genauigkeit vorsehreiten kann.

Macht man aber in der früher angedeuteten Weise die Möglichkeit der Abstraction zum positiven Kriterium<sup>1</sup> für das Bestehen von Theilen, so fallen von vornherein alle jene Analysen weg, die sich bloss auf die Mehrseitigkeit der causalen Antecedentien stützen. Obwohl dieser Satz ziemlich selbstverständlich ist, ist doch in der Sinnesphysiologie vielfach gegen ihn gefehlt worden. Hering hat auf diesen Fehler wiederholt und nachdrücklich hingewiesen.

Was speciell die Gesichtsempfindungen betrifft, so haben wohl alle diejenigen, welche überhaupt Bestandtheile gelten lassen, Qualität, Ort und etwas Drittes unterschieden, das die einen als Intensität, die andern als Helligkeit bezeichnen, während wieder andere beide Termini *promiscue* darauf anwenden. Der Qualität nach scheidet man die Gesichtsempfindungen wieder in Farbenempfindungen im engeren Sinne (Roth, Grün, Blau, Gelb und die Zwischenfarben) und farblose Empfindungen (Weiss, Grau, Schwarz). Das Verhältniss, in welchem beide vereinigt vorkommen, bestimmt die sogenannte Sättigung. Eine Farbenempfindung ist um so weniger gesättigt, je mehr in ihr die Empfindung von Weiss, Grau oder Schwarz dominirt; der

<sup>1</sup> „Zum positiven Kriterium“, weil die Fähigkeit zu abstrahiren zwar das Vorhandensein von Theilen, nicht aber der Mangel dieser Fähigkeit im einzelnen Falle die Einfachheit des Phaenomenes beweist.

Sättigungsgrad hängt somit nicht allein von der Menge des einem homogenen Lichte beigemischten weissen Lichtes ab: denn einmal ist auch eine durch monochromatisches Licht erzeugte Empfindung mehr oder weniger weisslich; dann aber kann eine Farbenempfindung auch durch das in ihr enthaltene Schwarz, dem ja kein objectives Licht entspricht, an Sättigung verlieren. Daraus geht hervor, dass der Begriff der Sättigung durch die physikalische Ursache überhaupt nicht definirt werden kann, wie dies noch manche thun.

Da wir uns im Folgenden hauptsächlich mit den Helligkeitsverhältnissen der Farben zu befassen haben werden, ist es nothwendig, auf den Begriff der Helligkeit etwas näher einzugehen, und sein Verhältniss zu einer etwa zu statuierenden Intensität kennen zu lernen. Wir werden also zunächst fragen, ob ausser der Helligkeit noch eine Intensität anzunehmen sei, und im Falle es ein einziger Theil der Empfindung ist, der mit beiden Namen bezeichnet wird, welcher derselben ihm mit Recht zukommt.

Unter Intensität versteht man nach der Ansicht von Helmholtz — und diese ist wohl die unter den Physiologen am weitesten verbreitete — diejenige variable Eigenschaft der Lichtempfindung, welche — gleiche Erregbarkeit vorausgesetzt — von der lebendigen Kraft (bei den farbigen Empfindungen im engeren Sinne überdies auch von der Schwingungsdauer) der Ätherbewegung abhängig ist. Die Qualität eines jeden Farbeindruckes hängt nach ihm von drei veränderlichen Grössen ab,<sup>1</sup> von der Lichtstärke, dem Farbentone und seinem Sättigungsgrade; Lichtstärke (Intensität) und Helligkeit identificirt Helmholtz vollkommen.<sup>2</sup>

Sehen wir zunächst davon ab, dass die Bestimmung, die Helmholtz gibt, keine descriptive, das ist durch Analyse des Phänomens gewonnene ist, ja dass sie nicht einmal als

<sup>1</sup> Helmholtz, Phys. Opt. S. 281. Besser hiesse es wohl „die Qualität setzt sich zusammen“, denn von einer Abhängigkeit im eigentlichen Sinne kann hier, wo es sich um die Theile der Empfindung und nicht um deren Ursachen handelt, nicht die Rede sein.

<sup>2</sup> Vergl. Wissensch. Vortr. „Die neueren Fortschritte in der Theorie des Sehens.“ 2. Vortr. „Die Gesichtsempfindungen.“ Hier spricht er geradezu von „Helligkeit oder Lichtstärke“.

genetische Bestimmung richtig ist, da, wie Hering gezeigt hat, die erwähnten drei Variablen der Lichtempfindung nicht in der Weise Functionen der drei Variablen des objectiven Lichtes sind, dass der Farbenton nur von der Wellenlänge, die Sättigung nur von der Menge des objectiv beigemischten weissen Lichtes, die „Intensität“ der Empfindung nur von der Amplitude abhängig wäre<sup>1</sup>, so fällt doch das Element der Empfindung, welches Helmholtz in der angedeuteten Weise zu charakterisiren sucht, mit dem zusammen, welches wir Helligkeit nennen. (Die Fälle, in denen Intensität etwas Anderes zu bedeuten scheint, werden wir später untersuchen. In der Mehrzahl der Fälle jedoch werden wir kaum auf Widerspruch stossen, denn dass z. B. in der schwarz-weissen Empfindungsreihe das was der Eine heller, der Andere intensiver nennt, der Sache nach Eins sei, scheint klar.)

Es fragt sich nur ob dieses Element als Helligkeit oder als Intensität bezeichnet werden müsse. Man könnte dagegen freilich einwenden, das sei ein blosser Streit um Worte, und in der That hat v. Kries, wie wir bald sehen werden, in einem ähnlichen Fall, in der Frage nämlich, ob Schwarz eine Empfindung sei oder nicht, jede weitere Untersuchung durch diesen Einwand als überflüssig und unfruchtbar abzuthun geglaubt, wesshalb es gestattet sein mag, hier ein paar Worte über richtige und unrichtige Benennungen einzufügen.

Indem man ein Ding mit einem allgemeinen Namen benennt, ordnet man es in eine Classe ein, die durch eine Reihe von bestimmten Merkmalen charakterisirt ist, und schreibt somit dem Dinge diese Merkmale zu. Die blosse Benennung involviret also bereits eine Reihe von Urtheilen, und je nachdem diese richtig oder falsch sind, ist es auch die Benennung. Daher ist es nicht gleichgiltig, ob man ein Ding so oder anders nennt, sofern nicht der Name ein individueller ist. In unserer Frage werden wir also zu untersuchen haben, ob die Merkmale des Begriffes der Intensität, wie er sich auf anderen Gebieten findet, auch im Gebiete der Gesichtsempfindungen angetroffen werden. Unter jenen Merkmalen findet sich nun Eines, über das, wie ich glaube, kein Zweifel bestehen kann: überall nämlich, wo Intensität vor-

<sup>1</sup> Vergl. Hering's Schrift: „Über Newton's Gesetz der Farbmischung“ im naturw. Jahrb. „Lotos.“ Bd. VIII. §. 34.

handen ist, führt die allmälige Abnahme derselben zum völligen Verschwinden des specifischen Phänomenes, dem sie zukommt. So führt das allmälige Nachlassen der Intensität eines Druckes zum Aufhören der Druckempfindung, die Abnahme der Schallintensität zum gänzlichen Wegfall des Gehörphänomenes u. s. w.

Blicken wir hingegen auf dasjenige, was man als Intensität der Lichtempfindung bezeichnet, so finden wir hier nichts Ähnliches. Wird diese sogenannte Intensität immer mehr und mehr geschwächt, so geht das Phänomen schliesslich in Schwarz über, nicht aber in Nichts.

Vielleicht wendet man dagegen ein, auch das Abnehmen der Schallintensität führe nicht zur absoluten Stille, immer blieben leise subjective Geräusche übrig; es gehe aber nicht an, auch den Phänomenen des Gehörs die Intensität abzusprechen. Wir können diese Consequenz nicht zugeben. Richtig ist vielleicht, dass man gar nie völlig frei von jeder Gehörsempfindung ist; sicher aber würde, wenn jene Änderung noch weiter geführt werden könnte, absolute Stille eintreten. Ganz anders bei den Farbenempfindungen. Je mehr jene geschwächt werden, desto mehr macht sich ein anderer positiver Inhalt (das Schwarz) geltend und nimmt sozusagen den von der Farbe verlassenen Platz ein; und so wenig als wir in dem Falle, wo Roth durch Orange in Gelb übergeht, behaupten werden, die Empfindung habe an Intensität abgenommen, so wenig werden wir dies sagen dürfen, wenn Roth durch Braun in Schwarz übergeht, wie bereits Hering im §. 21 seiner Lehre vom Lichtsinne in überzeugender Weise ausgeführt hat. Man hat also mit Unrecht eine qualitative<sup>1</sup> Änderung für eine Änderung der Intensität gehalten.

Diese Beweisführung macht allerdings eine Voraussetzung, die nicht allgemein zugestanden wird, die Voraussetzung nämlich, dass Schwarz eine positive Empfindung d. h. überhaupt eine Empfindung sei. Die Meinungen sind hier getheilt: während Helmholtz und Hering Schwarz ebenso für eine Empfindung halten wie Grau und Weiss, versichern z. B. Fechner und Fick auf's Bestimmteste, sie fänden den Vorgang der Verdunkelung

<sup>1</sup> „Qualitativ“ hier im weiteren Sinne genommen, in welchem Qualität auch die Helligkeit als Theil einschliesst.

einer weissen Fläche durchaus demjenigen analog, wo ein Klang allmählig in vollständige Stille übergehe; das Wort Schwarz bedente nichts Anderes als Abwesenheit jeder Lichtempfindung. Doch hat bereits Helmholtz darauf hingewiesen, dass ein Fleck unseres Gesichtsfeldes, von welchem kein Licht in unser Auge fällt, schwarz erscheint, während für die Objecte hinter unserem Rücken jede Empfindung mangelt; dass somit zwischen Schwarz und Mangel jeder Gesichtsempfindung wohl unterschieden werden müsse.<sup>1</sup>

Es ist ohne Zweifel merkwürdig, dass über eine Frage Streit entstehen kann, die sich — wie man glauben sollte — durch die unmittelbare Beobachtung sofort erledigen liesse. Die Thatsache, dass dies nicht der Fall ist, hat in neuester Zeit v. Kries<sup>2</sup> dazu geführt, die „subjective Methode“ wie er sie nennt, d. i. die Methode der directen Beobachtung für untauglich zu halten. Wenn, so meint er, die vorliegende Frage auf diesem Wege zu entscheiden wäre, so müsste längst Einigkeit bestehen; nun ist es aber Thatsache, dass zwei so geübte Beobachter wie Hering und Fick durchaus entgegengesetzter Ansicht sind: also liegt es an der Methode, wenn hier noch keine definitive Entscheidung herbeigeführt werden konnte. Aber v. Kries geht noch weiter. Nicht nur sei eine Entscheidung der vorliegenden Frage vermittle blosser aufmerksamer Beobachtung unmöglich, sie sei sogar ganz überflüssig. „Wie uns «zu Muthe ist»,“ so sagt v. Kries, „wenn wir an einer Stelle unseres Gesichtsfeldes schwarz sehen, das wissen wir ja; ob man das so oder so nennen will, ist ganz gleichgiltig. Die Frage gewinnt einen bestimmten Sinn erst, sobald man auf die terminalen Vorgänge recurirt.“<sup>3</sup> Ich brauche dagegen nur auf das hinzuweisen, was ich früher über den richtigen Gebrauch von Namen bemerkt habe. Aus der obigen Betrachtung begreift sich auch, wie über die Benennung eines der unmittelbaren Erfahrung zugänglichen Phänomens Meinungsverschiedenheiten entstehen können, dadurch nämlich, dass gewisse Merkmale der durch den Namen bezeichneten Classe übersehen, unwesentliche für wesentliche gehalten werden u. s. w.

<sup>1</sup> Vergl. Phys. Opt. S. 251.

<sup>2</sup> v. Kries, „Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse.“ Supplementband von Dubois Archiv. Jahrgang. 1882, S. 37 ff.

<sup>3</sup> Ibid. S. 39.

Es darf also aus der Uneinigkeit, die hier zwischen Hering und Fick besteht, kein Schluss auf die Untauglichkeit der Methode gezogen werden.

Übrigens lehrt ein Blick auf die Geschichte der Philosophie dass wiederholt Wahrheiten angezweifelt worden sind, die mindestens ebenso unmittelbar einleuchten, wie der positive Charakter des Schwarz. So ist der Satz des Widerspruches mehrmals angezweifelt, ja geradezu geleugnet worden (Epikur, Hegel) und doch halten wir mit Recht daran fest, dass seine Wahrheit eines Beweises weder fähig noch bedürftig sei. Oder sollten wir daraus, dass manche ihn geleugnet haben, schliessen dürfen, dass sich über seine Wahrheit unmittelbar nichts entscheiden lasse, mit anderen Worten seine Evidenz in Abrede stellen und damit jede Erkenntniss von vornherein für unmöglich erklären? Ich bin überzeugt, dass v. Kries diesen Schluss nicht wird gelten lassen, und doch wäre er ebenso berechtigt wie der auf die Untauglichkeit der „subjectiven Methode.“

Aber auch darin kann ich v. Kries nicht beipflichten, dass man auf die terminalen Vorgänge recurriren müsse, um der Frage nach dem Schwarz einen bestimmten Sinn zu geben. Die physiologische Untersuchung einer Sinnesempfindung muss mit der psychologischen Analyse des Phänomens anheben.<sup>1</sup> Man muss vorerst wissen, welcher Art das Phänomen ist, ehe man an die Untersuchung seiner Ursachen gehen kann, und ganz besonders hier, wo die letzteren ohnehin nur hypothetisch sind und die Berechtigung zu ihrer Annahme zusammenfällt mit ihrer Tauglichkeit zur Erklärung der Erscheinung, wird es darauf ankommen zuerst diese zu charakterisiren. Die Verkennung dieses Verhältnisses führt v. Kries so weit, dass er sogar die Frage, ob eine gewisse Reihe von Empfindungen eine qualitative oder eine intensive Reihe sei, nur durch die Untersuchung der terminalen Vorgänge entschieden wissen will. Dort, wo wir — wie bei den Gehörspheänomenen — Qualität und Intensität sicher und genau zu scheiden vermeinen, ist es nach v. Kries' Meinung die Erfahrung, dass gewissen Veränderungen in der Empfindung quantitative Änderungen des objectiven Erregers entsprechen,

<sup>1</sup> Vergl. Hering, „Lehre vom Lichtsinn“, S. 51.

die uns jene Änderungen als intensive bezeichnen und von andern scheiden lässt, die wir dann als von qualitativen Änderungen des Erregers bewirkt auch als qualitativ bezeichnen.<sup>1</sup> Wir würden, meint er, jene Scheidung gar nicht machen, wenn uns jede Belehrung über die objectiven Ursachen fehlte; ja, wenn die Qualität eines Tones nicht von der Schwingungszahl sondern von der Amplitude abhinge, beziehungsweise sich mit der grösseren oder geringeren Bewegung des tönenden Körpers oder dessen Entfernung vom Ohre änderte, würden wir wahrscheinlich dasjenige als Intensität des Tones bezeichnen, was wir jetzt seine Qualität nennen und umgekehrt. Wir hätten demnach so lange kein Recht in den Empfindungen selbst qualitative von intensiven Veränderungen zu scheiden, als wir nicht über die Änderungen in den terminalen Vorgängen Kenntniss besitzen.

Kein Psychologe wird dieser Argumentation beipflichten können. Vor Allem ist nicht allein die Intensität, sondern auch die Qualität eines Tones von einem Momente bestimmt, dessen Änderungen als quantitative zu bezeichnen sind, nämlich von der Schwingungszahl. Müssten wir da nicht nach Kries die Tonleiter für eine Intensitätsreihe halten? — Soll man ferner wirklich glauben, dass ein der äusseren Ursachen Unkundiger den Begriff von Qualität und Intensität nicht bilden könne? Man darf vielmehr behaupten, dass er in der Bildung dieser Begriffe durch die Kenntniss der äusseren Ursachen in keiner Weise unterstützt wird. Denn da er von den äusseren Ursachen keine eigentliche Vorstellung hat, sondern sie nur als Hypothese zur Erklärung der Gesetzmässigkeit des Empfindungsverlaufes annimmt, so kann er ihnen auch keine Eigenschaften zuschreiben, die er nicht in gleicher oder analoger Weise im Bereich seiner Vorstellungen findet. Gesetzt, er schriebe dem physikalischen Vorgange oder dem terminalen Prozesse eine Qualität im eigentlichen Sinne zu, woher anders soll er diesen Begriff nehmen, als von der phänomenalen Qualität? Versteht er aber unter Qualität etwa die Art der Bewegung (des Schallmediums, des Lichtäthers u. dergl.), so hat er auch diesen Begriff nur von den Phänomenen der Bewegung. Würden

<sup>1</sup> L. c. p. 37.

ihm seine Empfindungen nicht die Begriffe der Qualität, der Intensität u. s. w. liefern, so hätte er sie überhaupt nicht, könnte sie also auch nicht auf die Ursachen der Empfindungen übertragen. Er kann freilich der Ursache einer bestimmten einzelnen Empfindung Momente zuschreiben, die sich in der letzteren nicht vorfinden; dann muss er aber den Begriff doch entweder von anderen Empfindungen abstrahirt oder nach Analogie zu dort abstrahirten Elementen gebildet haben.

Wollte v. Kries also auch den Gesichtsempfindungen Qualität und Intensität absprechen, so müsste er doch zugeben, dass diese Momente in einem andern Phänomen unterschieden und so auf die Ursachen der Gesichtsempfindungen übertragen werden (wofür übrigens jeder Grund fehlt). Wie aber kommt es dann, dass wir sie in dem andern Phänomen unterscheiden?

Und warum gerade in jenem andern und nicht, falls sie überhaupt vorhanden sind, gleich in den Gesichtsempfindungen selbst? In Wahrheit stammt somit jene Scheidung zwischen Qualität und Intensität nicht von unserer Kenntniss der äusseren Ursachen, noch aus irgend einer andern ausserhalb des Bereiches der Empfindungen gelegenen Quelle, denen wir Qualität und Intensität beilegen.

Wir finden also, das Gesagte zusammenfassend, bis jetzt in den Farbenempfindungen drei Bestandtheile: Ton, Sättigung und Qualität des farblosen Empfindungsantheiles, welch' letztere mit der Helligkeit des farblosen Empfindungsantheiles zusammenfällt.

Sind aber die Helligkeitsunterschiede, wie sie sich im Continuum der farblosen Empfindungen vorfinden, keine Unterschiede der Intensität, so ist damit noch nicht erwiesen, dass es Intensitätsunterschiede im Gebiete der Gesichtsempfindungen überhaupt nicht gibt. Vielmehr kann gefragt werden, ob die Änderungen, welche eine Farbenempfindung durchläuft, wenn die objective Lichtstärke von Null bis zum erreichbaren Maximum gesteigert wird, durch die blosse Annahme der drei genannten Elemente (Ton, Sättigung und Qualität oder Helligkeit des farblosen Theiles der Empfindung) ausreichend beschrieben werden können.

Beim Minimum objectiver Intensität erscheint bekanntlich jedes Pigment im sonst hellen Gesichtsfelde Schwarz, beim Maximum entweder Weiss oder doch angenähert Weiss. Von letzterem Falle, in welchem sich die Farbe nicht ganz verliert, dürfen wir hier absehen; ebenso von den Änderungen des Tones, die die meisten Farben erleiden, wenn die Lichtstärke allmählig erhöht wird. Wir betrachten vielmehr jene einfachen und thatsächlich vorkommenden Fälle, in welchen die Farbe ihren Ton behält und schliesslich in Weiss übergeht. Die Empfindung macht alsdann zwei Reihen von Veränderungen durch, nämlich:

1. Eine Änderung der Sättigung. Im Beginne, sowie am Ende ist sie, wenn der Ausdruck erlaubt ist, absolut ungesättigt, d. h. sie enthält gar keine Farbe im engeren Sinn, sondern nur farblose Empfindung. In irgend einem mittleren Theil des Verlaufes liegt das Minimum des farblosen Empfindungsantheiles, somit das Maximum der Sättigung.

2. Eine Änderung der Weisslichkeit (und somit Helligkeit) des farblosen Antheils der Empfindung. Dieselbe ist im Beginne minimal und erreicht ihr Maximum am Ende des Verlaufes.

Beide Reihen von Veränderungen in einer ganz bestimmten Weise mit einander verknüpft, stellen die Änderungen einer Farbenempfindung dar, welche durch continuirliche Steigerung der objectiven Intensität erzeugt werden. Man erkennt leicht, dass nicht jedes Element der ersten Reihe von Veränderungen mit jedem Element der zweiten verbunden auftritt, sondern nur immer je Eines der ersten mit Einem der zweiten; so ist z. B. das Maximum der Sättigung weder mit dem Maximum noch mit dem Minimum von Weisslichkeit des farblosen Antheiles der Empfindung verbunden, sondern mit einem mittleren Grade von Weisslichkeit u. s. w. Während also durch Combination zweier Mannigfaltigkeiten erster Ordnung eine Mannigfaltigkeit zweiter Ordnung entstehen kann, entsteht in unserem Falle nur wieder eine Mannigfaltigkeit erster Ordnung. Mit anderen Worten: Die Reihe von Empfindungen, welche durch die Änderung der Amplitude bei gleichbleibender Wellenlänge verursacht wird, stellt nicht die Gesamtheit der möglichen Empfindungen dar, denen ein gewisser Farbenton gemeinsam ist.

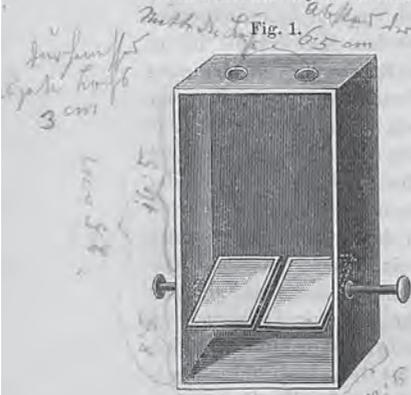
Wer diese Thatsache ausser Acht lässt, wird, wenn ihm ein Farbenphänomen unterkommt, das er trotz der Gleichheit des Farbentones in jener Reihe nicht vorfindet, leicht versucht sein, einen Unterschied anzunehmen, der auf Rechnung der „Intensität“ im Sinne eines von der Helligkeit verschiedenen Elementes der Empfindung zu setzen wäre, während er in Wahrheit nur auf einer bestimmten Combination von Sättigung und Weisslichkeit beruht, die in der Reihe der durch Variirung der objectiven Intensität erzeugten Empfindungen eben nicht verwirklicht ist.

Dies gilt unter Anderem von einer Classe von Empfindungen, die wir mit dem Namen Braun bezeichnen. Der Farbenton dieser Empfindungen variirt zwischen Gelb und Roth; je nachdem er sich dem ersteren oder dem letzteren mehr nähert, sprechen wir von Gelbbraun oder von Rothbraun. Zwischen beiden liegt ein Braun, dessen Ton ein mittleres Orange ist. Ihnen allen ist gemeinsam ein relativ hoher Grad von Sättigung (bedeutende relative Grösse des farbigen Antheiles) und eine geringe Helligkeit (bedeutende Dunkelheit) des farblosen Empfindungsantheiles (niedriger Grad von Weisslichkeit, relativ hoher Grad von Schwärzlichkeit). Man kann sich nun leicht überzeugen, dass, wenn man die objective Intensität eines Spectral- oder Pigment-

lichtes von entsprechendem Farbentone bei Ausschluss jeden Contrastes beliebig schwächt, die Empfindung eines derart farbenkräftigen Braun nie erzeugt wird, dass also auf diesem Wege durchaus nicht die ganze Mannigfaltigkeit möglicher Empfindungen zu Stande gebracht werden kann, denen nichts als der Farbenton gemeinsam ist.

Zur Demonstration dieser Thatsache hat Herr Prof. Hering einen einfachen und sehr instructiven Apparat hergestellt.

Durch einen parallelepipedischen Kasten gehen zwei unabhängig von einander drehbare horizontale Axen, die in einer Geraden liegen, wie dies oben-



stehende Zeichnung klar macht. Auf jeder der beiden Axen liegt eine Metallplatte, die zur Aufnahme einer matten Pigmentfläche dient. (Die letztere wird sorgfältig auf eine Glastafel aufgezogen um allfällige Unebenheiten und dadurch verursachte Ungleichheiten in der Beleuchtung zu vermeiden.) Auf einer Seite ist der Kasten offen und wird so gegen die Lichtquelle orientirt, dass die beiden drehbaren Platten möglichst gut beleuchtet werden. Die obere Fläche des Kastens hat zwei kreisrunde Löcher, deren Abstand beiläufig der Entfernung der beiden Augen entspricht. Man bringt den Kopf so über die beiden Löcher, dass je einem Loche ein Auge gegenüber liegt.

Zwei Handhaben, die an den äusseren Enden der beiden Axen angebracht sind, ermöglichen es, jeder der beiden Platten eine beliebige Neigung gegen die Lichtquelle zu geben, wodurch sie nach Bedarf stärker oder schwächer beleuchtet werden können. Schliesslich kann auf die obere, dem Beobachter zugekehrte Fläche des Kastens ein mit correspondirenden Löchern versehener heller Grund (z. B. weisses Barytpapier) gelegt werden, um nöthigenfalls die durch das kreisrunde Loch sichtbare Farbe den Wirkungen des simultanen Contrastes auszusetzen. Der Versuch wird nun in folgender Weise ausgeführt: man legt zwei mit vollkommen gleichem orangefarbigem Papier überzogene Glastafeln auf die beiden drehbaren Metallplatten und blickt, während sich auf der äusseren Seite des Deckels ein heller Grund befindet, bald mit dem einen, bald mit dem andern Auge durch das correspondirende Loch des Deckels nach den orangefarbigem Flächen. Bei passender Stellung der beiden Platten erhält man beiderseits den Eindruck eines schönen, relativ gesättigten Braun. Nun setzt man zwischen das eine Auge und das entsprechende Loch eine beiderseits enganschliessende, innen geschwärmte Röhre. Sofort erhält man an dieser Stelle die Empfindung eines wenig farbenkräftigen (weisslichen) Orange, und es gelingt, wie man die entsprechende Platte auch gegen die Lichtquelle drehen mag, nie, eine Empfindung hervorzurufen, die der des andern Auges gleich wäre. Offenbar ist also in jener Reihe von Empfindungen, die lediglich durch

(Hillebrand.)

2

Herabsetzung der objectiven Intensität des Orange bewirkt werden, dieses Braun nicht enthalten.

Warum das andere Auge, welches nicht durch eine Röhre blickt, Braun sieht, ist leicht zu erklären. Die Platte steht nämlich so, dass sie viel orangefarbiges Licht aussendet; die damit verbundene farblose Empfindung wäre nun, wenn nichts Anderes einwirkte, von immerhin beträchtlicher Helligkeit, weil von relativ bedeutender Grösse der Weissempfindung; nun wird aber durch den simultanen Helligkeitscontrast die Weissempfindung sehr zu Gunsten der Schwarzempfindung geschwächt, somit sind die Bedingungen zur Erzeugung des Braun gegeben.

Auf der andern Seite, wo der weisse Grund und das übrige Licht des Gesichtsfeldes der Röhre wegen nicht wirken kann, kommt jenes Braun nicht zum Vorschein, weil hier zwar jede der beiden Bedingungen seines Entstehens gesondert, nie aber beide gleichzeitig realisirt werden können. Hat man nämlich dem Orange durch günstige Stellung der Platte gegen die Lichtquelle hinreichend Geltung verschafft, so ist der farblose Antheil der Empfindung zu hell; sorgt man aber, indem man das Licht sehr schräge einfallen lässt, für genügende Dunkelheit des farblosen Antheils, so erdrückt derselbe sozusagen den farbigen, d. h. der relative Antheil des letzteren an der Gesamtempfindung wird zu klein, ja er verschwindet bei weiterer Fortsetzung der Drehung gänzlich.

Einen analogen Versuch hat bereits v. Brücke<sup>1</sup> gemacht. Er blickte durch einen gelben Glasplattensatz, den er unmittelbar vor die Augen hielt, nach einer weissen Fläche; er sah dieselbe niemals braun, wie sehr er auch die Zahl der Gläser vermehren mochte, um die Lichtintensität herabzusetzen. Entfernte er jedoch den Glasplattensatz so weit, dass derselbe nur ein kleines Stück des Gesichtsfeldes ausfüllte, während der übrige Theil von dem Lichte des weissen Papiere beleuchtet wurde, so erschien das durch die gelben Gläser gesehene Stück sofort braun.

<sup>1</sup> v. Brücke, „Über einige Empfindungen im Gebiete der Sehnerven“, in den Sitzber. d. kais. Akad. d. Wissensch. zu Wien. LXXVII. Bd., III. Abtheilung.

Man sieht, dass Brücke's Versuch im Wesen derselbe ist, wie der von mir ausgeführte, wenngleich ich das Phänomen anders deute, indem ich wohl zugebe, dass „das Schwarz als objective Farbe dabei vollständig entbehrt werden kann“, gleichwohl aber der Ansicht bin, dass es sich hier um eine „Combination von Eindrücken“ handle, sofern man unter Eindruck ein subjectives Phänomen (Empfindungsinhalt) versteht.

Nicht also eine höhere Intensität ist es, die etwa gewisse Arten von Braun auszeichnete und die jener Empfindung, die lediglich durch objective Verdunkelung des Orange hervorgebracht wird, mangelte, sondern nur der Sättigungsgrad und die Qualität des farblosen Antheiles der Empfindung.

Und wie hier, so scheint mir auch sonst im Gebiete der Gesichtsempfindungen nirgends ein zwingender Grund zur Annahme verschiedener Grade von Intensität im üblichen Sinne des Wortes vorzuliegen.

In einem gewissen Sinne liesse sich allerdings der Begriff der Intensität auch im Gebiete der Gesichtsempfindungen noch festhalten, insofern nämlich angenommen werden kann, dass die Grösse des psychophysischen Processes, dessen Correlat die Empfindung ist, die letztere derart mitbestimmt, dass sie sich in verschiedenem Masse gegen concurrirende Empfindungen zu behaupten vermag, oder, um mich eines von Hering eingeführten Ausdruckes zu bedienen, verschiedenes Gewicht hat. Indem ich auf die ausführlichere Darlegung in Hering's Lehre vom Lichtsinn verweise, kann ich mich hier auf einige wenige Worte beschränken. Die Qualität einer binär zusammengesetzten Gesichtsempfindung (z. B. Grau) wird lediglich bestimmt durch das Grössenverhältniss der beiden Componenten des psychophysischen Processes oder durch das Verhältniss der Empfindungsgewichte; das Totalgewicht der binären Verbindung ist für deren Qualität insolange gleichgiltig, als sie nicht in Concurrenz mit (gleichartigen, beziehungsweise nur gleichzeitigen) anderen Empfindungen tritt (z. B. Blau). Ist dies jedoch der Fall, so behauptet sich jene binäre Qualität in der Concurrenz erfolgreicher, wenn ihr Gewicht ein grösseres ist. Fingiren wir also den Fall, dass in einem gewissen Moment unser psychischer Gesamtzustand nur aus den beiden Elementen jener binären Verbindung

bestehe, und dass ausser diesen schlechterdings nichts in unserem Bewusstsein gegenwärtig sei — was bekanntlich nie eintritt — so wäre das Gesamtgewicht der binären Qualität ganz irrelevant. In der Concurrrenz mit anderen Empfindungen jedoch äussert es sich einmal durch den grösseren oder geringeren Antheil, den das Phänomen als Partialempfindung an der Gesamtempfindung (beziehungsweise an dem momentanen Gesamtzustand des Bewusstseins) hat; dann natürlich auch in dem grösseren oder geringeren Widerstand, den es dem etwaigen Auftreten einer neuen concurrirenden Empfindung entgegensetzt. In der ersten Beziehung also hat das grössere oder geringere Gewicht nur die Folge, dass die Partialempfindung, der es zukommt, in der Gesamtempfindung (beziehungsweise im momentanen Gesamtzustand des Bewusstseins) deutlicher hervortritt, d. h. dass die Gesamtempfindung in Bezug auf jene Partialempfindung mehr oder weniger gesättigt ist — und insofern constituirt das Gewicht keine neue phänomenale Eigenschaft der Empfindung; in letzterer Beziehung (Widerstand in der Concurrrenz mit neuauftretenden Empfindungen) aber ist das Gewicht überhaupt kein Moment des Phänomens. In keinem Sinne also deckt sich der Begriff des Gewichtes mit dem der Intensität einer Gesichtsempfindung im üblichen Sinne des Wortes.

Wir werden mithin das Bestehen von Intensitätsunterschieden innerhalb der Gesichtsempfindungen überhaupt in Abrede stellen dürfen; ich sage von Intensitätsunterschieden, denn die Möglichkeit einer constanten Intensität, die eben ihrer Constanz wegen nie bemerkt, also auch nicht direct empirisch nachgewiesen werden könnte, sondern nur etwa auf Grund deductiver Argumente angenommen werden müsste, bleibt immerhin bestehen.

## II. Die spezifische Helligkeit.

Nachdem wir so gezeigt zu haben glauben, dass Intensitätsänderungen im Gebiete der Gesichtsempfindungen nicht angenommen zu werden brauchen, können wir auf die nähere Untersuchung der Helligkeitsverhältnisse eingehen.

Klar ist vor Allem, dass uns die Reihe der farblosen Empfindungen alle möglichen Helligkeitsstufen repräsentirt;

reines Weiss ist heller als jede Farbe, reines Schwarz dunkler, die Übergänge zwischen Weiss und Schwarz stellen alle möglichen mittleren Helligkeiten dar, indem sie zugleich alle zwischen Schwarz und Weiss liegenden qualitativen Zwischenstufen repräsentiren, worauf bereits Hering hingewiesen hat.

Eben so sicher ist, dass in Farbenempfindungen von gleichem Tone ein farbloser Bestandtheil in sehr verschiedenem Verhältniss zum farbigen (im engeren Sinne) bemerkbar sein kann, welches Verhältniss eben die Sättigung der Farbenempfindung ausdrückt. Ist nun dieser farblose Bestandtheil — gleichen Ton und gleichen Sättigungsgrad vorausgesetzt — heller oder dunkler, so wird auch die Gesamtempfindung heller, beziehungsweise dunkler sein. Nehmen wir zwei Farben an, welche zwar verschiedenen Ton aber gleiche Sättigung haben, und deren farbloser Bestandtheil beiderseits ganz derselbe und daher auch beiderseits von gleicher Helligkeit ist, so fragt sich, ob auch die beiden Gesamthelligkeiten gleich hell erscheinen müssten, oder ob der farbige Bestandtheil in dem Einen einen grösseren oder kleineren Beitrag zur Gesamthelligkeit liefern kann, als der gleich grosse, aber einen andern Ton zeigende farbige Bestandtheil im Andern. Wäre ersteres der Fall, so müssten wir dem farbigen Bestandtheil, gleichviel welchen Ton er zeigt, stets dieselbe Helligkeit zuschreiben; wäre es aber nicht der Fall, so würde daraus folgen, dass den verschiedenen Farbentönen in absolut gesättigtem Zustande, d. h. mit Ausschluss jedes farblosen Antheiles, verschiedene Helligkeit zukomme. Ich will diese der Farbe im engsten Sinne zukommende Helligkeit, da sie uns in der Folge vielfach beschäftigen wird, mit einem eigenen Namen belegen, indem ich sie als spezifische Helligkeit einer Farbe bezeichne. Wir können somit die vorliegende Frage kurz so ausdrücken: Haben die verschiedenen Farben verschiedene spezifische Helligkeit? Ist die Frage zu bejahen, so heisst dies so viel, als dass die verschiedenen Farbentöne, wenn sie absolut frei von jedem farblosen Antheil (Weiss, Grau, Schwarz) vorkommen könnten, nicht gleich hell erscheinen würden, sondern dass etwa das Gelb heller erschiene als das Blau. Die Helligkeit einer gewissen Farbenempfindung wäre alsdann nicht bloss abhängig von der Qualität des farblosen Antheiles und der Sättigung d. i.

dem Verhältniss des farblosen Antheils zum farbigen, sondern zugleich auch von der specifischen Helligkeit des letzteren. Eine Entscheidung der vorliegenden Frage scheint zunächst schwierig, weil die Phänomene, um die es sich hier handelt, die absolut gesättigten Farben, nicht isolirt beobachtet werden können.

Helligkeitsmessungen in den einzelnen Theilen des Spectrums sind wiederholt und nach den verschiedensten Methoden gemacht worden, so von Frauenhofer, später von Vierordt, dann von Brücke und in neuester Zeit von Macé und Nicati; doch führen alle diese Methoden nur zur Messung der Totalhelligkeit einer Farbenempfindung und sind auch nur in dieser Absicht ersonnen. Wie weit das in der Empfindung enthaltene Weiss an dieser Helligkeit Antheil hat, und in wie weit auch die specifische Helligkeit der Farbe; ob ferner eine solche überhaupt existirt, lassen diese Messungen natürlich unentschieden. Eine klare Trennung beider Factoren hat meines Wissens nur Hering gemacht, wenn er darauf hinweist, dass im gewöhnlichen Dispersionsspectrum des Tageslichtes das Grün die grösste weisse Valenz hat, während doch das Maximum der Helligkeit im Gelb liegt.<sup>1</sup>

Können wir nun absolut gesättigte Farben nicht herstellen, so würde uns doch ein constanter Sättigungsgrad oder wenigstens ein exactes Mass für die Sättigung überhaupt zum Ziele führen; denn letzterenfalls wäre es möglich den Einfluss der Helligkeit des farblosen Empfindungsantheiles rechnend zu eliminiren. Doch besitzen wir dazu kein Mittel. Denn da Empfindungen, wenn überhaupt, so nur unter Vermittlung der Reizgrössen gemessen werden können, an der Sättigung aber ebenso sehr die Empfindung des Schwarz, wie die des Weiss Theil hat, und die erstere ohne objectiven Reiz zu Stande kommt, so geht daraus schon hervor, dass wir die Möglichkeit Sättigungsgrade exact zu messen von vornherein gar nicht erwarten dürfen. Und so kann denn von einem directen Vergleich der Farben auf ihre specifischen Helligkeiten nicht die Rede sein.

Trotz alledem lassen sich, wie wir sehen werden, einige Gesetze über jene specifischen Helligkeiten aufstellen, falls es

<sup>1</sup> Hering, „Über Holmgrens vermeintlichen Nachweis der Elementarempfindungen des Gesichtssinns“ in Pflüger's Archiv, Bd. XL, S. 18—19.

nämlich möglich ist die weisse Valenz, d. h. den weisswirkenden Reizwerth eines beliebigen farbigen Lichtes zu messen. Ist dies der Fall, so hindert nichts durch (quantitative) Änderung der farbigen Valenz der objectiven Farbe den Sättigungsgrad der Farbenempfindung zu variiren, dabei aber doch die weisse Valenz des objectiven Lichtes constant zu erhalten. Ein blaues Pigment z. B. hat in Bezug auf die Empfindung, die es bewirkt, einen Weisswerth (Reizwerth für die Weissempfindung) von bestimmter Grösse. Würde man dieses Pigment auf dem Farbenkreisel mit (objectivem) Schwarz mischen, so würde man damit nicht nur die Sättigung der Empfindung mindern, sondern offenbar auch den Weisswerth des Reizes auf der Flächeneinheit; würde man demselben (objectiven) Blau auf dem Kreisel Weiss zumischen, so würde dadurch die Sättigung der Empfindung ebenfalls gemindert, der Weisswerth des Reizes auf der Flächeneinheit aber offenbar erhöht. Ohne Zweifel wird es demnach ein gewisses (durch Mischung von objectivem Schwarz und Weiss auf dem Kreisel erzeugtes) Grau geben, das, zum Blau in einem gewissen Verhältniss zugesetzt, zwar die Sättigung der Farbenempfindung mindert, doch aber an der weissen Valenz (Reizwerth der Flächeneinheit für die Weissempfindung) des Gemisches nichts ändert. Je nach dem Verhältniss, in welchem das blaue Pigment mit farblosem gemischt wird, muss natürlich auch die Qualität von jenem Grau geändert werden, wenn die Weissvalenz des Gemisches constant bleiben soll.

Durch diese Constanz des weissen Reizwerthes wird nun allerdings eine Constanz in der (phänomenalen) Weisslichkeit der Empfindung nicht bewirkt, wie aus folgender Betrachtung hervorgeht: gesetzt, ein gewisses Licht habe einen Weisswerth von bestimmter Grösse und sonst gar keinen Reizwerth (also keine farbige Valenz), so wird es eine gewisse Grauempfindung erzeugen, welche dadurch charakterisirt ist, dass die Weisslichkeit  $a\%$  der Gesamtempfindung ausmacht. Könnten wir nun zugleich auf dieselben Netzhautstellen ein Licht wirken lassen, das nur blaue Valenz hat<sup>1</sup>, so würde dies Weiss der Empfindung trotz gleicher weisser Valenz des Reizes

<sup>1</sup> Obwohl es ein solches Licht in Wirklichkeit nicht gibt, da auch monochromatisches Licht immer einen gewissen Weisswerth hat.

einen kleineren Theil, also weniger als  $a^0/0$ , der Gesamtempfindung einnehmen, und somit wird die Helligkeit des ganzen Phänomens sich ändern, da sie ja doch durch ihre Weisslichkeit mitbestimmt wird (wenn diese auch nicht der einzige Factor ist). Findet aber diese Änderung immer in demselben Sinne statt<sup>1</sup>, gleichgiltig welchen Ton die betreffende Farbe hat, so lässt sich nichts gegen die Annahme vorbringen, dass der Beitrag, den der farbige Antheil der Empfindung zur Helligkeit des ganzen Phänomens liefert, für alle Farbentöne derselbe sei, m. a. W., dass alle Farben dieselbe spezifische Helligkeit besitzen. Ändert sich jedoch die Helligkeit bei constanter Weissvalenz je nach dem Tone der Farbe in verschiedenem Sinne, so muss eine Verschiedenheit der spezifischen Helligkeiten angenommen werden.

Zunächst handelt es sich also um die Bestimmung der weissen Valenz eines farbigen Lichtes. Der betreffenden experimentellen Untersuchung liegt folgende Überlegung zu Grunde: wenn wir unsere Augen durch längeren Aufenthalt im verdunkelten Raume „ausruhen“ lassen, so steigert sich die Erregbarkeit der lichtempfindlichen Substanz für farbloses Licht ungleich stärker als die für farbiges. Man öffne, nachdem man sich etwa eine halbe Stunde in einem mit dem Aubert'schen Diaphragma versehenen Dunkelzimmer aufgehalten, das Diaphragma ein wenig, während man z. B. auf eine blaue Scheibe auf schwarzem Grunde blickt; man sieht dieselbe dann grau, während man, wenn die halbstündige Adaptation nicht vorgegangen ist, bei gleich grosser Öffnung des Diaphragmas die Scheibe dunkler, aber bereits schwach gefärbt sieht; vorausgesetzt natürlich, dass man so viel Zeit vergehen lässt, als nöthig ist, um überhaupt Gegenstände unterscheiden zu können. Man kann mit der Öffnung des Diaphragmas um so weiter gehen, je weniger gesättigt die Farbe der Scheibe ist und je länger man das Auge für die Dunkelheit adaptirt hat.

Dass wir es hier wirklich mit einer gesteigerten Erregbarkeit für farblose Lichtwirkung zu thun haben, lässt sich am deutlichsten nachweisen, wenn man nur Ein Auge adaptirt. Ich habe den Versuch in folgender Weise ausgeführt: ich schützte ein Auge durch eine Binde längere Zeit vor jedem Lichtzutritt

<sup>1</sup> wenn auch mit verschiedener Stärke.

(es ist am besten dies unmittelbar nach dem Erwachen vor Öffnen der Augen zu thun, da das Auge hier bereits vor dem Verbinden nur den relativ schwachen äusseren Reizen ausgesetzt war, die durch das Lid dringen). Nachdem ich so das eine Auge hinreichend empfindlich gemacht hatte, begab ich mich in einen innen geschwärzten Kasten, in welchen das Ocular eines Spectralapparates<sup>1</sup> durch ein enganschliessendes Loch hineinragte. Blickte ich bei passender Verdunkelung der spectralen Farbe mit dem ausgeruhten Auge durch das Ocular, so erschien das Gesichtsfeld in einem Grau von bestimmter Helligkeit; betrachtete ich dasselbe jedoch mit dem nichtausgeruhten Auge, so konnte ich die Farbe des Gesichtsfeldes deutlich erkennen. Ersterenfalls war es möglich eine Gleichung mit diffusum Tageslicht, das passend abgeschwächt wurde, herzustellen; letzterenfalls natürlich nicht.

Der eben erwähnte Umstand lässt sich dazu benützen ein Maass für die weisse Valenz einer Farbe mittels Kreiselgleichungen zu gewinnen. Bringt man nämlich durch objective Verdunkelung die Farbe zum Schwinden, während man durch Adaptation des Auges die Weissempfindlichkeit für farblose Lichtwirkung steigert, so sieht man, wie erwähnt, die Farbe als Grau von bestimmter Helligkeit und ist nun im Stande eine Gleichung mit einem andern Grau herzustellen, das auf dem Kreisel durch Mischung von Weiss und Schwarz erzeugt wird. Sind so beide Grau auf gleiche weisse Valenz gebracht, so erscheinen sie dem adaptirten Auge gleich, und haben nach dem Gesetze von der Constanz der optischen Valenzen<sup>2</sup> auch gleiche

<sup>1</sup> Derselbe ist so eingerichtet, dass nach Bedarf das ganze (kreisrunde) Gesichtsfeld oder nur eine Hälfte desselben mit jeder beliebigen Spectralfarbe erfüllt werden kann. Vergl. Hering, „Über individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes“ im „Lotos“ Bd. VI, S. 20 des Sonderabdruckes.

<sup>2</sup> Nehmen wir an, eine gewisse Farbenempfindung bestehe für das nicht adaptirte Auge aus  $a$  Theilen Weiss,  $b$  Theilen Schwarz und  $c$  Theilen Roth ( $aW + bS + cR$ ), so wird nach passender Verdunkelung und Adaptation die Empfindung z. B. aus  $\alpha$  Theilen Weiss,  $\beta$  Theilen Schwarz und  $0$  Theilen Roth bestehen ( $\alpha W + \beta S + 0R$ ) und daher einem Grau, das für dieselben Umstände aus  $\alpha W$  und  $\beta S$  besteht, gleich sein. Denken wir uns nun wieder die Beleuchtung gesteigert und die Adaptation aufgehoben, so ist aus dem Gesetz der Constanz der optischen Valenzen klar, dass sowohl

weisse Valenz für das nicht adaptirte („ermüdete“) Auge, welches nebst dem farblosen auch den farbigen Antheil des betreffenden Pigmentes sieht. Misst man also das Quantum Weiss, welches zur Herstellung der Gleichung erforderlich war, so hat man damit ein Mass für die weisse Valenz eines gewissen Pigmentes gewonnen, und zwar ein Mass im strengen Sinne des Wortes. Denn, gesetzt ein gewisses Quantum  $a$  einer Farbe sei in Bezug auf die Erzeugung farbloser Empfindung äquivalent mit dem Quantum  $x$  weissen Lichtes, so ist auch  $\frac{a}{n}$  dieser Farbe äquivalent mit  $\frac{x}{n}$  weissen Lichtes. Es ist natürlich gleichgiltig, durch welche Mittel das  $a$  in  $\frac{a}{n}$  verwandelt wird, ob man dies also auf dem Farbenkreisel durch Verkleinerung des Sectors herbeiführt oder durch entsprechende Herabsetzung der objectiven Beleuchtungsintensität, für welche letzteren Fall das Bestehenbleiben der Gleichung experimentell erwiesen ist.

Die Bestimmung der weissen Valenz kann, wie gesagt, mittelst des Farbenkreisels geschehen. Man setzt zu diesem Behufe Scheiben von dreierlei Durchmesser auf; die äussere und innere sind aus dem Pigmentpapier geschnitten, dessen weisse Valenz eben untersucht werden soll; die mittlere besteht aus einem weissen auf einem schwarzen Sector, die gegen einander verschiebbar sind (Maxwell'sche Scheiben). Die Beobachtung wird in einem mit dem Aubert'schen Diaphragma versehenen Dunkelzimmer gemacht. Vorerst wird das Diaphragma geschlossen und der Beobachter bleibt längere Zeit im vollständig verdunkelten Raum, hierauf lässt man durch allmähiges Öffnen des Diaphragmas so viel Licht eintreten, dass das Pigmentpapier eben noch nicht als farbig

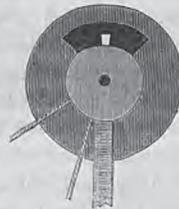
---

das  $\alpha W + \beta S$  der Farbenempfindung wie auch das  $\alpha W + \beta S$  des Vergleichsgrau dieselbe Veränderung erleiden wird; beide werden nämlich in  $\alpha W + \beta S$  übergehen, nur dass auf der einen Seite noch  $cR$  hinzutreten. Das  $\alpha W$  ist also wirklich ein Mass für die weisse Valenz des rothen Pigmentes.

In Bezug auf das angezogene Gesetz von der Constanz der optischen Valenzen vergl. Hering „Über Newtons Gesetz der Farbenmischung“ in dem naturwissenschaftlichen Jahrbuch „Lotos“ Bd. VII, §§. 27 und 28 ferner §§. 39 und 40.

erkannt wird. Es ist nothwendig hier bis hart an die Grenze vorzuschreiten, weil bei zu geringer Belenchtung die Unterschiedsempfindlichkeit zu klein ist, um einigermaßen hinreichende Genauigkeit zu erzielen. Ist nun das eintretende Lichtquantum in dieser Weise passend geregelt, so kommt es nur darauf an, das schwarze und weisse Kreisringstück in ein solches Verhältniss zu setzen, dass der mittlere Ring nicht mehr unterschieden wird, sondern dass man eine einzige homogene graue Scheibe sieht. Ist dies der Fall, so wird der weisse Sector gemessen; seine Grösse würde dann die weisse Valenz der betreffenden Farbe eindeutig bestimmen, jedoch nur unter der Voraussetzung, dass von dem schwarzen Papier gar kein Licht ausgesendet wird. Da dies jedoch nicht der Fall ist, muss die Menge farblosen Lichtes, welche von dem letzteren herrührt, bestimmt und mit eingerechnet werden. Es wurde dies in folgender Weise bewerkstelligt: auf den Farbenkreisel wurde eine schwarze und eine weisse Scheibe von gleichem Durchmesser so aufgesetzt, dass die letztere durch die erstere verdeckt war; die weisse Scheibe ragte jedoch mit einem Kreisringstück über die Peripherie der schwarzen hinaus, wie dies Fig. 2 darstellt. Hinter der vertical stehenden Scheibe befindet sich eine horizontale etwa 1m lange, mit schwarzem Sammet ausgelegte, rückwärts verschlossene Röhre, deren vordere Öffnung hinter der Scheibe erscheint. Dieselbe kann leicht so aufgestellt werden, dass alle etwaigen Reflexe des inneren Sammtbeleges vermieden werden. Ihre vordere Öffnung kann sonach mit grosser Annäherung als lichtlos betrachtet werden. Lässt man nun die schwarze Scheibe sammt dem vorstehenden weissen Kreisringstück rotiren und stellt sich selbst so auf, dass die Röhrenöffnung den Hintergrund für das Kreisringstück bildet, so erscheint auf dunklem Hintergrund ein grauer Kreisring von bestimmter Helligkeit. Es handelt sich nun darum das Kreisringstück so gross zu machen, dass der durch die Rotation entstehende Ring gleiche Helligkeit hat wie die schwarze Scheibe. Dies wird entweder dadurch erreicht, dass man es durch Beschneiden in radialer

Fig. 2.



Richtung immer mehr und mehr verschmälert, oder dadurch dass man an Stelle des einen Kreisringstückes zwei gegen einander verschiebbare setzt, deren Grösse so gewählt werden muss, dass, wenn sie neben einander liegen, also beide sichtbar sind, der Rotationsring zu hell, wenn hingegen das eine durch das andere völlig verdeckt wird, zu dunkel erscheint verglichen mit der schwarzen Scheibe. Man findet dann durch Hin- und Herschieben der beiden weissen Stücke leicht eine Breite, bei welcher der Ring gleiche Helligkeit mit der Scheibe hat. Der dieser Breite entsprechende Centriwinkel gibt ein Mass ab für die Menge weissen Lichtes, die das schwarze Papier aussendet. So habe ich für schwarzes Tuchpapier, wie es zur inneren Belegung optischer Instrumente verwendet wird, die Weisslichkeit  $= \frac{1}{60}$  des von mir benützten mattweissen Barytpapiers gefunden, d. h. in Bezug auf die — hier allein in Frage kommende — Weisempfindung sind  $360^\circ$  des Tuchpapiers äquivalent mit  $6^\circ$  weissen Barytpapiers.

Hat man also in der früher beschriebenen Weise die weisse Valenz eines Pigmentes bestimmt, so muss zur Grösse des weissen Sectors noch der 60. Theil des schwarzen addirt werden.

Natürlich ist bei den Messungen der weissen Valenz von Pigmentpapieren eine grössere Anzahl von Bestimmungen erforderlich, um etwaige Beobachtungsfehler zu eliminiren. Weiters muss während der Untersuchung alles vermieden werden, was die Erregbarkeit des Organs schwächen könnte; so vor Allem jede Erhöhung der Beleuchtung. Die Ablesungen und Verschiebungen des Sectors besorgt ein Gehilfe vermittle einer Kerze oder Gasflamme; während diese brennt, schliesst der Beobachter die Augen und schützt sie ausserdem durch ein undurchsichtiges Tuch vor jedem Lichtzutritt. Auch die Stellung des Kopfes gegen den Kreisel muss fixirt werden, da jede Änderung der ersteren andersartige Reflexionsverhältnisse zur Folge haben kann, und somit eine Gleichung, die bei der einen Stellung gilt, bei einer andern in der Regel nicht genau gelten wird.

Ich habe auf diese Weise eine Anzahl von pigmentirten Papieren<sup>1</sup> auf ihre Weissvalenz untersucht und die Untersuchung

<sup>1</sup> Herr Prof. Hering hat eine Collection solcher Papiere zusammengestellt, welche vermöge ihrer Sättigung und des nahezu vollständigen

von Anderen wiederholen lassen. Namentlich war Herr Professor Biedermann, der für Unterschiede des Farbtones und der Helligkeit ganz besonders empfindlich ist, so freundlich diese und auch die meisten der folgenden Beobachtungen unabhängig von mir anzustellen, und seine Resultate stimmten mit den meinen in jedem nur wünschenswerthen Grade von Genauigkeit.

Von den vier Farben,<sup>1</sup> deren Weissvalenz ich in der angegebenen Weise untersuchte, ergab sich für Roth eine Weissvalenz von 10°, d. h. also: in Bezug auf die Weissempfindung ist eine volle rothe Scheibe (360°) äquivalent mit einem Grau, das durch Rotation eines weissen Sectors von 10° erzeugt ist, wobei die übrigen 350° mit Rücksicht auf die erwähnte Correctur als nahezu lichtlos angesehen werden können.

Die so erzielten Messungsergebnisse sind für die vier zu den vorliegenden Versuchen verwendeten Papiere folgende:

360° Roth entsprechen	10° Weiss
360° Blau	90° "
360° Grün	152° "
360° Gelb	190° "

Mangels an Glanz zu optischen Versuchen besonders geeignet sind. Dieselben sind beim Prager k. k. Universitätsmechaniker Herrn Rudolf Rother zu erhalten.

<sup>1</sup> Keines der vier benützten Pigmente entsprach seinem Tone nach genau einer der vier Grundfarben, insbesondere nicht das Roth, welches vom Tone des spectralen Roth und also im Vergleich mit reinem Roth gelblich war. Da aber Pigmente vom Tone des reinen Roth sich nie in solcher Sättigung herstellen lassen, wie solche vom Tone des spectralen Roth (vgl. Hering, „Über individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes“ im „Lotos“, Neue Folge, Bd. VI, S. 154, im Sonderabdruck, S. 16), so habe ich das spectrale Roth vorgezogen. Für die folgenden Versuche kommt es ohnehin nur darauf an, dass die betreffende Grundfarbe in dem benützten Pigmente weitaus überwiegt.

<sup>2</sup> Die Grenzen, in denen sich die Beobachtungsfehler bewegten, hatten für die vier Farben folgende Ausdehnung:

für Roth.....	0.3°
„ Blau.....	4°
„ Grün.....	6°
„ Gelb.....	5.5°.

Ist so die weisse Valenz eines Pigmentes bestimmt; so ist man im Stande, das letztere in den verschiedensten Verhältnissen mit Weiss und Schwarz zu mischen, d. h. ihm die verschiedensten Sättigungsgrade zu ertheilen, dabei aber doch die weisse Valenz des Gemisches constant zu erhalten. So sind die (auf dem Kreisel vollzogenen) Mischungen von

- (1)..... 80 Blau + 127·5 Weiss + 152·5 Schwarz;
- (2).....120 „ + 118 „ + 122 „ und
- (3).....280 „ + 80 „ + 0 „

in Bezug auf die Weissempfindung äquivalent.

Denn wenn 360 Blau in ihrer Wirkung auf die Weissempfindung mit 90 Weiss äquivalent sind, so müssen 80 Blau mit 20 Weiss äquivalent sein. Gesetztensfalls nämlich, es bestehe für eine gewisse geringe Belenchtungsintensität  $i$  und für adaptirte Augen die Gleichung

$$360 \text{ Bl} = 90 \text{ W},$$

so bleibt, wie die Erfahrung lehrt, diese Gleichung bestehen, wenn die Intensität  $i$  beliebig herabgesetzt wird. Es ist aber offenbar für den objectiven Lichtreiz gleichgiltig, ob man an Stelle der Belenchtungsintensität  $i$  die Intensität  $\frac{i}{2}$  setzt oder

ob man, bei gleichbleibender Intensität ( $i$ ), an Stelle von 360 Blau 180 Blau und an Stelle von 90 Weiss 45 Weiss treten lässt. Besteht also die ursprüngliche Gleichung  $360 \text{ Bl} = 90 \text{ W}$  auch bei der Intensität  $\frac{i}{2}$ , so wird die Gleichung

$$180 \text{ Bl} = 45 \text{ W}^1$$

auch bei der Intensität  $i$  bestehen. Allgemein gesprochen: wenn  $x$  Blau in Bezug auf ihre Weisswirkung mit  $y$  Weiss äquivalent sind, so wird dies auch für  $\frac{x}{n}$  Blau und  $\frac{y}{n}$  Weiss gelten.

<sup>1</sup> Hier ist natürlich vorausgesetzt, dass die, beide Seiten der Gleichung zu 360° ergänzenden, Sektoren lichtlos seien; dasselbe wird auch für die erste Gleichung ( $360 \text{ Bl} = 90 \text{ W}$ ) angenommen. Verwendet man zur Ergänzung schwarzes Tuchpapier, so muss das von diesem ausgesendete Licht mit in Rechnung gebracht werden; die erste Gleichung heisst dann nicht mehr  $360 \text{ Bl} = 90 \text{ W}$ , sondern etwa  $360 \text{ Bl} = 85,5 \text{ W} + 274,5 \text{ S}$ ; die zweite nicht mehr  $180 \text{ Bl} = 45 \text{ W}$ , sondern  $180 \text{ Bl} + 180 \text{ S} = 42,7 \text{ W} + 317,3 \text{ S}$ .

Bringt man das vom schwarzen Tuchpapier ausgesendete Licht mit in Rechnung — wir hatten gesehen, dass eine volle Scheibe so viel Licht aussendet wie ein Sector weissen Barytpapieres von  $6^\circ$  — so erkennt man, dass die unter (1), (2) und (3) angeführten Mischungen unter einander gleich viel weisse Valenz haben. Es ist nämlich ein auf lichtlosem Grunde rotirender weisser Sector von  $150^\circ$  in Bezug auf seine Weisswirkung mit jedem der drei Gemische äquivalent.

Trotz dieser Äquivalenz der Weisswirkung erscheinen die drei Gemische sehr verschieden in der Helligkeit, und zwar ist das Gemisch um so dunkler je mehr Blau es enthält, das dritte also dunkler als das zweite, dieses dunkler als das erste.

Am grössten muss natürlich die Helligkeitsdifferenz sein, wenn man einerseits das Blau = 0, anderseits = 360 werden lässt; oder mit andern Worten, wenn man ein Blau, das im passend verdunkelten Raum und für adaptirte Augen einem gewissen Grau gleich ist, dann bei hellem Tageslicht (wo also die Farbe sichtbar ist) mit demselben Grau vergleicht; das Blau erscheint dann ungleich dunkler. Nur ist diese letzte Form des Versuches für Ungeübte weniger eindringlich, da der allzugrosse Qualitätsunterschied den Helligkeitsvergleich erschwert. Wir werden später Mittel kennen lernen, die derartige Helligkeitsvergleiche zwischen farbigen und farblosen Empfindungen erleichtern.

Ein ähnliches Verhalten wie Blau zeigt auch Grün. Das von mir benutzte grüne Papier hatte, wie oben bemerkt,  $152^\circ$  weisse Valenz, um mich eines abgekürzten, nunmehr aber verständlichen Ausdruckes zu bedienen. Dementsprechend sind die beiden Gemische

$$90 \text{ Gr.} + 109 \text{ W.} + 161 \text{ S und} \quad (4)$$

$$180 \text{ „} + 72 \text{ „} + 108 \text{ S} \quad (5)$$

in Bezug auf ihre Weisswirkung äquivalent, untereinander und mit einem Grau, das durch Rotation eines weissen Sectors von  $150^\circ$  auf lichtlosem Grunde erzeugt wird. Auch hier erscheint die Mischung (5), welche mehr Farbe enthält, dunkler.

Stellt man hingegen analoge Versuche mit Gelb und Roth an, so verhalten sich die Mischungen in Bezug auf ihre Helligkeit gerade umgekehrt; diejenige Mischung, welche mehr Gelb, beziehungsweise Roth enthält, erscheint heller. So haben die Mischungen:

$$72 G + 109 W + 179 S \text{ und} \quad (6)$$

$$144 G + 72 W + 144 S \quad (7)$$

gleich viel weisse Valenz (sc. 150°) und dasselbe gilt von den Gemischen

$$90 R + 139 W + 131 S \text{ und} \quad (8)$$

$$180 R + 131 W + 49 S; \quad (9)$$

7) und 9) erscheinen jedoch heller als 6), beziehungsweise 8).

Es scheint somit sicher, dass die Helligkeit eines Farbphänomens nicht allein von der Qualität (Helligkeit) des farblosen Theiles der Empfindung und dem Sättigungsgrade abhängt, sondern dass die verschiedenen Farben (im engeren Sinne) verschiedene (specifische) Helligkeit besitzen, da bei einer gewissen gleich starken Wirkung auf die Weisempfindung (d. h. bei gleicher weisser Valenz) — wir haben sie bei den vorhin beschriebenen Versuchen überall = 150 gesetzt — das wachsende Hervortreten der einen Farbe erhellend, das der anderen verdunkelnd wirkt. Das erstere ist bei Roth und Gelb, das letztere bei Blau und Grün der Fall.

Dieses Verhalten lässt sich noch in anderer Weise constatiren. Ich habe mir zu diesem Behufe eine Helligkeitsscala anfertigen lassen, die in einer Reihe von grauen, eng aneinanderliegenden Streifen den Übergang von Weiss zu Schwarz in relativ kleinen (übrigens nicht ganz regelmässigen) Abständen darstellt. (Als Muster diente die in Chevreul's Farbenatlas befindliche Scala, die jedoch für unsere Zwecke zu wenig Stufen hatte.) Sodann wurden aus jedem der vier, zum vorigen Versuche verwendeten, farbigen Papiere kleine Scheiben ausgeschlagen, deren Durchmesser der Breite der grauen Streifen nahezu gleich war (nämlich etwa 1 cm betrug); hierauf wurden die Scheiben von je einer Farbe so auf der Helligkeitsscala angeordnet, dass, wenn die einzelnen Streifen der Scala vertical untereinander lagen, auch

die Scheiben vier verticale Reihen bildeten, jede von einer anderen Farbe. Auf die ganze Skala wurde eine farblose Spiegelglasplatte gepresst um die ganze Fläche möglichst eben zu machen. Hierauf wurden jene vier Streifen der Scala gesucht, die mit je einem daraufliegenden Scheibchen gleiche Helligkeit hatten; die Nummern der Scalentheile wurden notirt. Dieselbe Bestimmung wurde sodann unter Verhältnissen gemacht, in denen die Farbe der Scheiben nicht mehr erkannt wurde, indem wie bei dem früher erwähnten Versuche die Beleuchtung passend herabgesetzt und das Auge für farbloses Licht besonders empfindlich gemacht wurde. Man brauchte hier nur für jede der vier Farben die Stelle anzugeben, wo die betreffende kleine Scheibe nicht sichtbar war. Vergleich man nun beide Bestimmungen mit einander, so zeigte sich, dass bei Sichtbarkeit der Farbe Blau und Grün einen viel dunkleren Scalentheil entsprach, als wenn die Farbe weniger oder gar nicht sichtbar war; dass hingegen bei Roth und Gelb das Umgekehrte der Fall war.

Hier wird, wie man sieht, die Beobachtung des früher erwähnten Grenzfalles ermöglicht. Wir sahen, dass eine Farbe, die mit einem gewissen Grau in Bezug auf die weisse Valenz übereinstimmt, in ihrer Helligkeit von demselben verschieden ist; nur sei es nicht immer leicht, bemerkten wir, jenen Unterschied zu erkennen, da zwei Dinge in Bezug auf einen ihrer Theile zu vergleichen überhaupt schwierig sei, wenn die übrigen nicht verglichenen Elemente grosse Verschiedenheiten zeigen, wie dies im vorliegenden Falle gilt, wo Helligkeiten verglichen werden sollen, die völlig verschiedenen Arten von Qualitäten zukommen. Es gelingt dies jedoch bei dem Versuch mit der Scala auf dem Wege der Ausschliessung ganz leicht. Auf den ersten Blick nämlich lässt sich sofort angeben, bis wohin die Streifen der Scala entschieden dunkler und bis wohin sie entschieden heller sind, als die darauf liegenden Scheibchen einer gewissen Farbe. Mit einiger Aufmerksamkeit lassen sich diese Grenzen enger ziehen, indem man allmählig immer mehr Streifen vom Vergleiche ausschliesst; und gelingt es auch nicht in jedem Falle, das Gebiet bis auf einen einzigen Streifen einzuschränken, so ist doch die Zahl, innerhalb deren man dauernd schwankt,

(Hillebrand.)

3

eine so geringe, dass die Genauigkeit des Resultates dadurch nicht wesentlich leidet.

Im Folgenden theile ich zur Probe einige Beobachtungen mit, die noch mit Chevreul's Scala gemacht wurden. Die Zahlen geben die Nummern derjenigen Streifen an, die mit den aufgelegten Scheiben als gleich hell beurtheilt wurden. Die Angaben in der ersten Verticalcolumnne beziehen sich auf die Beobachtungen bei diffusem Tageslicht, die in der zweiten auf die Gleichungen in der Dunkelkammer nach ungefähr 15 Minuten langer Adaptation.<sup>1</sup>

Farbe	Beobachter	Hell	Dunkel. Adaptirtes Auge
Roth	Herr Prof. Hering	16—18	21
	" " Biedermann	17—18	21
	" Dr. E. Münzer	18	21
	" Hillebrand	18	21
Grün	" Prof. Hering	13	9
	" " Biedermann	14	12
	" Dr. E. Münzer	15	10
	" Hillebrand	15	11
Gelb	" Prof. Hering	4	8
	" " Biedermann	4—5	8
	" Dr. E. Münzer	5	8—9
	" Hillebrand	4	10
Blau	" Prof. Hering	19	14
	" " Biedermann	19—20	13—14
	" Dr. E. Münzer	18—19	12
	" Hillebrand	18	14

(Für diejenigen, denen Chevreul's Farbenatlas nicht zugänglich ist, bemerke ich, dass die hier benützte Helligkeitsscala aus 22 Stufen besteht, und dass die aufsteigenden Zahlen der abnehmenden Helligkeit entsprechen, so dass Weiss mit 0, Schwarz mit 21 bezeichnet ist.)

<sup>1</sup> Auch hier muss dafür gesorgt werden, dass die in den beiden Reihen mitgetheilten Beobachtungen bei möglichst gleichem Einfallswinkel des Lichtes und gleicher Stellung des Kopfes der Scala gegenüber angestellt werden.

Anmerkung. In ähnlicher Weise verfuhr v. Brücke um farbige Pigmente auf ihre Helligkeit zu prüfen.<sup>1</sup> Er verschaffte sich eine Helligkeitsscala ähnlich der unserigen, nur mit dem Unterschiede, dass die Helligkeitsstufen continuirlich in einander übergängen. In das farbige Papier, dessen Helligkeit er bestimmen wollte, schnitt er an verschiedenen Stellen Fenster ein und presste das Papier mittelst einer Glasplatte und Klemmen an die Scala. Hierauf entfernte er sich so weit, bis eines der Fenster oder auch mehrere derselben undeutlich wurden. Je nachdem dieselben beim Undeutlichwerden als dunklere oder hellere Flecken erschienen, verschob er das farbige Papier entsprechend auf der Scala so lange, bis jede weitere Verschiebung den Helligkeitsabstand vergrösserte. Das durch das betreffende Fenster sichtbare Grau der Scala sollte dann von gleicher Helligkeit sein, wie das farbige Papier. — Ich muss gegen diese Methode Bedenken erheben. Die grauen Fenster nämlich unterliegen den Wirkungen des simultanen und — da man ja, um zu vergleichen, den Blick wandern lassen muss — des successiven Farbenecontrastes, und zwar um so mehr, je kleiner sie sind. Sie ändern also Ton und Helligkeit, wovon ich mich durch Wiederholung der Versuche überzeugt habe. Im Allgemeinen wird somit nicht jenes Grau von gleicher Helligkeit sein, welches v. Brücke dafür hält. Ich bin in der That, indem ich analoge Versuche mit durchlöchernten Pigmentpapieren machte, zu Resultaten gelangt, die mit meinen früher erwähnten Bestimmungen nie übereinstimmten, obwohl ich dieselben Papiere und die gleiche Scala benützte und die Versuche von denselben Beobachtern unter möglichst gleichen Beleuchtungsverhältnissen wiederholen liess. Bei längerem Betrachten macht sich übrigens auch die simultane Farbeninduction geltend und stört den Helligkeitsvergleich. Jedoch von all dem ganz abgesehen, hafter der Methode noch ein anderer Mangel an. Die Entfernung des Beobachters ändert nämlich das Phänomen im selben Sinne, in welchem bei unseren Versuchen die Minderung der allgemeinen Beleuchtung in der Dunkelkammer die Erscheinung änderte. Wir sahen, dass, wenn in Folge herabgesetzter Beleuchtung ein Pigment seine Farbe verlor und grau erschien, die Analyse dieses Grau uns kein Mass für die Helligkeit, die das Pigment bei Taglicht hat, abgibt, sondern nur ein Mass seiner weissen Valenz. Wird die Verdunkelung nicht so weit getrieben, sieht man also noch „etwas Farbe“, so repräsentirt das betreffende Grau der Scala zwar nicht die weisse Valenz des Pigmentes, aber ebenso wenig dessen Helligkeit bei Tagesbeleuchtung.

Was aber hier die Verdunkelung leistet, Ähnliches bewirkt auch die mit der Entfernung des Beobachters zunehmende Kleinheit des farbigen Feldes, beziehungsweise die je nach der Farbe mehr oder minder mangel-

<sup>1</sup> v. Brücke, „Über einige Consequenzen der Young-Helmholtz'schen Theorie“ in den Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. zu Wien mathem. nat. Classe Bd. LXXXIV, S. 435 ff.

hafte Accommodation des Auges, wobei insbesondere auch dessen Chromasie in Betracht kommt, so dass eine genaue Messung der Helligkeit nicht mehr möglich ist.

Immer zeigt sich also, dass in Bezug auf mittlere Stufen der farblosen Empfindungsreihe<sup>1</sup> Roth und Gelb aufhellend, Blau und Grün verdunkelnd wirken. Da nun dies der Fall ist, während alle vier Farben auf gleiche weisse Valenz gebracht sind, so dürfen wir den Schluss ziehen, dass die ersten zwei Farben als solche, d. i. abgesehen von der etwaigen gleichzeitigen Weissempfindung, heller sind als die beiden letzten.

Es fragt sich nun weiter, welche von den beiden erhellenden Farben (Roth und Gelb) unter den genannten Umständen stärker erhellt und welche von den beiden verdunkelnden stärker verdunkelt. Ist dies bestimmt, so lassen sich die vier Hauptfarben nach ihrer Helligkeit ordnen. Leider scheint mir diese Frage vorläufig nicht exact zu beantworten. Denn offenbar hängt der Grad der Aufhellung nicht allein von dem Ton der Farbe, sondern auch von ihrer (phänomenalen) Sättigung ab. Ist die Farbe gesättigter, ist also mehr Farbe im engeren Sinne vorhanden, so wird sich der erhellende, beziehungsweise verdunkelnde Einfluss derselben in höherem Grade geltend machen, umgekehrt im Falle geringerer Sättigung. Es ist das von vornherein zu erwarten, lässt sich aber auch mit Hilfe der Chevreul'schen Scala leicht nachweisen. Die Verschiebung nach der helleren Seite der Scala, die das Blau erfährt, wenn der Raum verdunkelt und das Auge adaptirt

<sup>1</sup> Der Grund dieser Einschränkung ist klar. Setzen wir nämlich den Fall, wir besäßen ein farbiges — etwa blaues — Pigment, dessen Weissvalenz = 0 wäre, ferner ein Pigmentschwarz, das absolut kein Licht ausstrahlt. Das blaue Pigment würde dann, wenn man es an Stelle eines beliebigen Sectors des Schwarz treten liesse, offenbar nicht mehr verdunkeln, was ja ganz absurd wäre. Wir brauchen übrigens nicht gerade diesen extremen Fall anzunehmen. Auch bei sehr geringer weisser Valenz wird die Wirkung eine analoge sein. Erst von einer gewissen Grösse der weissen Valenz an wird sich die verdunkelnde Wirkung des Blau geltend machen. Ähnliches gilt dann mutatis mutandis auch von den erhellenden Farben. Würde man die relative Grösse der weissen Valenz ermitteln, bei welcher jede einzelne Grundfarbe weder beim Wachstum, noch bei der Abnahme der Sättigung etwas in der Helligkeit des Phänomens ändert, so wäre vielleicht damit eine Methode gefunden zu absoluten Bestimmungen der spezifischen Helligkeiten zu gelangen.

wird, ist um so grösser, ein je gesättigteres Blau man wählt. Verschiebt sich nun ein gewisses Blau stärker als ein bestimmtes Grün, so kann der Grund entweder darin liegen, dass die spezifische Helligkeit des Blau eine geringere oder aber dass das Pigment gesättigter ist. Um also einen Schluss auf die geringere spezifische Helligkeit des Blau machen zu dürfen, müsste man den Einfluss des Sättigungsgrades eliminiren können, man müsste ein Mittel haben die Sättigung der Empfindung zu messen. Ein solches Mittel ist aber bis jetzt nicht gefunden worden; und so lässt sich vorläufig nicht exact entscheiden, ob Blau dunkler ist als Grün oder umgekehrt und ebenso bei Gelb im Vergleich mit Roth.<sup>1</sup>

Nur so viel scheint also sicher, dass das Farbenpaar Roth und Gelb spezifisch heller ist als das Farbenpaar Blau und Grün. Dieses Verhalten der vier Grundfarben lässt sich durch das ganze Continuum der Spectralfarben verfolgen. Zu dem Ende habe ich zunächst die Curve der weissen Valenzen der einzelnen homogenen Lichter eines gewissen dioptrischen Spectrums construirt. Das kreisrunde Gesichtsfeld des dazu verwendeten Spectralapparates mit gerader Durchsicht war zur Hälfte von farblosem Licht ausgefüllt, dessen Helligkeit durch Verengung oder Erweiterung eines Spaltes beliebig geregelt werden konnte.

<sup>1</sup> Sollte ich auf Grund blosser Schätzung ein Urtheil darüber aussprechen, so würde ich Gelb für heller als Roth, Blau für dunkler als Grün bezeichnen, jedoch ersteres mit grösserer Zuversicht: das von mir verwendete rothe Pigment scheint mir nämlich entschieden gesättigter als das gelbe und dennoch zeigt ersteres bei dem Versuche mit der Scala eine kleinere, in einzelnen Fällen gleich grosse, nie aber grössere Verschiebung nach der dunkleren Seite der Scala, sobald die Beleuchtung herabgesetzt und das Auge adaptirt wird. Auch fallen die Urtheile von Laien immer in unserem Sinne aus. Goethe, den ich, soweit es auf die blosse Beschreibung eines unmittelbaren Eindruckes ankommt, wohl als Gewährsmann betrachten darf, nennt Gelb „die nächste Farbe am Licht“; „sie steigere sich“, heisst es ein andermal „durch Verdichtung und Verdunklung“ ins Röthliche etc. In Bezug auf Blau und Grün kann ich aus dem Unterschiede in der Verschiebung auf der Scala keinen Schluss ziehen, da das benützte grüne Pigment ungleich weniger gesättigt war als das blaue. Dennoch würde ich nach dem unmittelbaren Eindruck, den Pigmente von ähnlicher Sättigung machen, Grün für heller erklären: dazu stimmt das Urtheil der weit überwiegenden Majorität und auch die Ansicht Goethe's. Doch lege ich dieser Schätzung wenig Werth bei.

Die andere Hälfte der Gesichtsfeldes konnte man durch Drehung des Prismas (mit Hilfe einer Mikrometerschraube) mit jeder beliebigen Spectralfarbe ausfüllen.

Der Collimatorsplatt empfing sein Licht von einem Schirm aus weissem Barytpapier; der Spalt für das farblose Licht wurde von dem Spiegelbild des Barytschirmes beleuchtet; man macht sich auf die Weise von den etwaigen Änderungen der Tagesbeleuchtung unabhängig, da diese in gleichem Masse beide Theile des Gesichtsfeldes treffen.

Wie bereits früher erwähnt, muss das beobachtende Auge durch längeren vollständigen Verschluss für farbloses Licht stark empfindlich gemacht und auch zwischen je zwei Beobachtungen immer wieder ausgeruht werden, was am besten erreicht wird, wenn der Experimentirende in einer kleinen Dunkelkammer sitzt, in welche das Ocular des Apparates hineinragt. Ein runder Ausschnitt, der mit einem schwarzen Ärmel versehen war, ermöglichte es dem Beobachter, die eine Hand ausserhalb des Kastens zu bewegen und so die Helligkeitseinstellungen selbst zu machen. Die Drehung des Prismas und die Ablesungen mussten von einem Gehilfen besorgt werden. Der Versuch wurde nun in der Weise ausgeführt, dass der Beobachter für eine möglichst grosse Anzahl von Stellungen des Prismas Gleichungen zwischen der objectiv farbigen und farblosen Hälfte des Sehfeldes herstellte. Wie bereits bemerkt, werden unter den obwaltenden Umständen die Farben des Spectrums farblos gesehen, als Weiss oder Grau von wechselnder Helligkeit. Indem nun der Beobachter das Quantum des farblosen Lichtes durch Änderung des betreffenden Spaltes variiren kann, ist er im Stande für jede Stellung des Prismas eine vollständige Gleichung zwischen beiden Sehfeldhälften herzustellen. Hienach wird also die Weite des Spaltes für das farblose Licht, sobald beide Felder gleich gemacht worden sind, als Mass für die weisse Valenz der betreffenden Spectralfarbe gelten können.

In ganz ähnlicher Weise lässt sich auch die Helligkeitscurves des Spectrums bestimmen; man braucht nur die vorübergehende Adaptation des Auges zu unterlassen, und die Beleuchtung zu erhöhen. Hiebei handelt es sich natürlich nicht um eigentliche Gleichungen, sondern nur darum, für jede einzelne Spectralfarbe

jenes Grau oder Weiss zu finden, welches mit ihm gleich hell erscheint, was bekanntlich bis zu einem gewissen Grade möglich ist. Im Ubrigen wird vorgegangen wie bei der Bestimmung der weissen Valenz.<sup>1</sup>

In der beiliegenden Tafel stellt die Curve I die weissen Valenzen, die Curve II die Helligkeiten der einzelnen Lichter eines und desselben dioptrischen Spectrums bei diffuser Tagesbeleuchtung dar.<sup>2</sup>

Der Vergleich beider Curven bestätigt — wie wir sogleich sehen werden — die nach den früheren Methoden gewonnenen Resultate. Ehe ich die Curven discentire, möchte ich aber noch auf zwei Punkte aufmerksam machen.

1. Die Gestalt der Curven hängt von individuellen Versuchsbedingungen ab (Dispersion, Zusammensetzung des vom Barytpapier ausgesandten Lichtes). Da es uns jedoch hier nur auf den Vergleich beider Curven ankommt, und die eben genannten Bedingungen für beide Spectren dieselben waren, so leidet die Allgemeingiltigkeit der aus dem Vergleiche gezogenen Schlüsse darunter keineswegs. Desshalb habe ich auch die Reduction auf das Interferenzspectrum unterlassen.

2. Die objective Beleuchtungsintensität musste für die Curve der weissen Valenzen nothwendig eine etwas andere sein, als für die Helligkeitscurve; dies gilt sowohl für die Beleuchtung des objectiv farbigen, wie des farblosen Theiles des Schfeldes. Daraus geht schon hervor, dass ein directer Vergleich zweier homologer Ordinaten, die verschiedenen Curven angehören, nicht statthaft ist. Gleichwohl dürfen die Formen beider Curven, die Lagen der Maxima, die Arten des Auf- und Absteigens beider Äste mit einander verglichen werden, denn hier handelt es sich nur um den Vergleich von Relationen.

Dabei fällt nun vor Allem auf, dass das Maximum der Helligkeitscurve gegen das weniger brechbare Ende des Spee-

<sup>1</sup> Ich habe sowohl hier wie bei der Curve der weissen Valenzen für jede einzelne Prismenstellung mehrere Einstellungen gemacht — mindestens drei, wo diese zu sehr von einander differirten, bis zu zehn — und daraus den Durchschnitt gerechnet.

<sup>2</sup> Die Einknickungen in den Curven sind auf Rechnung von Beobachtungsfehlern zu setzen, die trotz der grösseren Übung — ich hatte vor den mitgetheilten etwa zehn Curven ermittelt — nicht ganz zu vermeiden waren.

trums hin verschoben ist; es liegt im Gelb, während die Curve der weissen Valenzen im Grün ihren Höhepunkt erreicht. Dies erklärt sich ganz leicht aus unserer Annahme, dass die spezifische Helligkeit des Grün eine viel geringere ist als die des Gelb, dass sonach das wachsende Auftreten des ersteren ein Dunklerwerden der Empfindung zur Folge hat, das des letzteren eine Erhellung.<sup>1</sup> Im Orange wirken die spezifischen Helligkeiten der Partialempfindungen (Roth und Gelb) im gleichen Sinne (also erhellend), ganz übereinstimmend mit dem steileren Ansteigen der Helligkeitscurve; dem spectralen Roth entsprechen in der Helligkeitscurve relativ grössere Ordinaten als in der Curve der weissen Valenzen, und zwar kommt hier die spezifische Helligkeit des Roth deshalb ganz besonders zur Geltung, weil, wie schon Hering betont hat, die weisse Valenz spectralrother Lichter eine sehr geringe ist. Im entgegengesetzten Sinne wie bei Roth und Gelb äussert sich die spezifische Helligkeit bei Grün und Blau. Dass der Stelle des Maximums in der Curve der weissen Valenzen eine relativ kleine Ordinate in der Helligkeitscurve entspricht, wurde bereits hervorgehoben. Dasselbe Verhalten zeigen die beiden Curven im weiteren Verlauf ihrer absteigenden Äste: stets haben die Ordinaten der Helligkeitscurve geringere relative Grösse als in der Curve der weissen Valenzen. Die Differenzen werden gegen das brechbarere Ende zu kleiner, da einerseits das im Violett enthaltene Roth die verdunkelnde Wirkung des Blau zum Theil aufhebt, andererseits die Sättigung der Empfindung hier so gering wird, dass die spezifische Helligkeit der Farbe für die Gesamthelligkeit des Phänomens immer mehr an Bedeutung verliert, bis schliesslich, wenn die Farbe aufhört merklich zu sein, beide Curven in Eine

<sup>1</sup> Wie ich in der Anmerkung zu S. 36 erwähnt habe, kann die spezifische Helligkeit sich in dieser Weise nur äussern, wenn die weisse Valenz des betreffenden Lichtes innerhalb gewisser Grenzen liegt. Diese Einschränkung, die ich in allen Fällen, wo ich schlechtweg von einem verdunkelnden resp. erhellenden Einfluss des im eigentlichen Sinne farbigen Theiles einer Empfindung spreche, gegenwärtig zu halten bitte, bezieht sich natürlich nicht auf die Allgemeingiltigkeit des Satzes von den verschiedenen spezifischen Helligkeiten, sondern nur auf deren Wirkung auf die Helligkeit des Gesamtphänomens.

zusammenlaufen. Bis zum äussersten Ende des Roth hingegen ist der Vergleich desswegen nicht durchzuführen, weil die weissen Valenzen bereits viel früher so gering werden, dass keine Unterschiede mehr erkennbar sind; die entsprechende Curve würde somit wegen der geringen Unterschiedsempfindlichkeit, die für so hohe Grade von Dunkelheit besteht, keine tatsächliche Bedeutung haben.

Ich füge diesen beiden Curven zwei weitere bei,<sup>1</sup> die ich bei Gaslicht bestimmt habe. Obwohl von den bei Tageslicht ermittelten verschieden — entsprechend der verschiedenen physikalischen Zusammensetzung des Gaslichtes — zeigen sie doch, mit einander verglichen, ein ähnliches Verhalten wie die bei diffusem Tageslicht construirten.

Wie nun die mit normalem Farbensinn Begabten (Farbentüchtigen), bei herabgesetzter Beleuchtung und genügender Adaptation, von sämtlichen Spectralfarben nur deren farblose Antheile empfinden, so gilt dies, bei beliebigem Beleuchtungsgrad und beliebiger Stimmung des Sehorgans, für die partiell Farbenblinden in Bezug auf diejenigen Qualitäten, durch deren Mangel sie sich eben von den Farbentüchtigen unterscheiden. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass die Gleichung, die ein Rothgrünblinder zwischen Roth und Grau bildet, ungefähr mit der entsprechenden Weissvalenzbestimmung (Adaptationsgleichung) des Farbentüchtigen übereinstimmt; nur ungefähr natürlich, da sich unter den Farbenblinden ebensowohl wie unter den Farbentüchtigen individuelle Verschiedenheiten zeigen müssen, die durch die verschiedenen chromatischen Absorptionsverhältnisse in den brechenden Medien des Auges und in der macula lutea bedingt sind.<sup>2</sup>

Soweit es sich nun um Roth und Grün handelt, muss die Helligkeitscurve des Farbenblinden mit der Curve der weissen Valenzen, wie sie für einen Farbentüchtigen (bei gleichen chromatischen Absorptionsverhältnissen im Auge) gilt, annähernd stimmen. Wir werden also erwarten, dass die Ordinaten der

<sup>1</sup> Die Curven III und IV.

<sup>2</sup> Vergl. Hering, „Über individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes“ im naturw. Jahrb. „Lotos“, Neue Folge, VI. Bd.

Curve im Roth eine geringere, im Grün eine gesteigerte relative Grösse besitzen, verglichen mit den entsprechenden Ordinaten in der Helligkeitscurve des Farbentüchtigen.

In der That ist dies auch der Fall, wie sich aus der Betrachtung der Curven V und VI ergibt, die Herr stud. med. Otto K., ein Rothgrünblinder (und zwar von der Varietät der sog. „Rothblinden“<sup>4)</sup>) zu ermitteln so freundlich war. Die erste der beiden Curven ist bei diffusem Tageslicht construirt und muss demnach mit der für mich giltigen Curve II verglichen werden, die zweite, bei Gaslicht construirte, ist mit meiner Curve IV zu vergleichen. Im Roth fehlt Herrn K. ein erhellender, im Grün ein verdunkelnder Factor, daher seine Helligkeitscurve verglichen mit der meinigen schon aus diesem Grunde, also abgesehen von etwaiger Verschiedenheit der Absorptionsbedingungen im Auge, an der ersteren Stelle niedriger, an der letzteren etwas höher ist, also in Bezug auf diese beiden Stellen eine Abweichung von meinen Helligkeitscurven im selben Sinne zeigt, wie meine Weissvalenzcurven (I und III). Bei einem total Farbenblinden würde die Helligkeitscurve ohne Zweifel mit der Curve der weissen Valenzen, wie sie für den Farbentüchtigen gilt, zusammenfallen (gleiche Absorptionsverhältnisse vorausgesetzt).

Anmerkung. Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, dass, wenn ich hier von Helligkeitscurven spreche, ich keineswegs Curven der specifischen Helligkeiten der einzelnen Farbentöne meine, sondern nur Curven der Gesamthelligkeiten, die sich also aus den specifischen Helligkeiten der einzelnen Farbentöne und aus den gleichzeitig mit ihnen gegebenen Helligkeiten der farblosen Partialempfindungen zusammensetzen, welche letztere durch die weissen Valenzen zwar mitbestimmt, doch aber nicht allein von ihnen, sondern auch von den Sättigungsgraden (an denen ja auch das Schwarz theilhat) abhängig sind.

### III. Verhältniss der vorstehenden Beobachtungen zur Young-Helmholtz'schen Dreifasertheorie und zu Hering's Theorie der Gegenfarben.

Die mitgetheilten Untersuchungen sind insofern unabhängig von irgend einer der bestehenden Farbentheorien, als sie sich lediglich auf die analysirende Beschreibung der jedermann — sofern er nur mit normalem Farbensinn ausgestattet ist —

zugänglichen Phänomene beschränken, ohne Rücksicht auf etwaige Hypothesen ihrer Entstehung. Der Weg, den ich dabei betreten, die rein phänomenale Analyse der Gesichtsempfindungen, das völlige Abstrahiren von Eigenschaften und Beziehungen der physikalischen Antecedentien und der daran geknüpften physiologischen Vorgänge ist, wie man sieht, kein anderer als die von Kries verschmähte „subjective Methode“, dieselbe, der sich Hering mit Erfolg bedient hat. Wenn ich dem letztgenannten Forscher hierin folge, so thue ich dies, weil mir überhaupt keine andere Methode zum Ziele zu führen scheint; für seine Theorie von der Entstehung der Gesichtsempfindungen ist jedoch dadurch nichts präjudicirt.

Dies schliesst natürlich nicht aus, dass die vorliegenden Untersuchungen mit einer Theorie vereinbar sind, mit einer andern in Widerspruch stehen; ja gerade die Unabhängigkeit des Raisonnements verleiht ihnen die Kraft mit zur Entscheidung für die eine oder andere beizutragen.

Von den ins Einzelne durchgeführten Farbentheorien erfordern heute nur zwei besondere Berücksichtigung: die Theorie der Gegenfarben, die Hering aufgestellt hat, und die sogenannte Dreifasertheorie, die von Thomas Young erfunden, von Helmholtz der Vergessenheit entrissen und auf die bis dahin bekannten Erscheinungen im Gebiete der Farbenempfindungen angewendet wurde. Keine der beiden Theorien stützt sich auf anatomisch nachgewiesene Thatsachen und auf physiologisch erkannte Functionen — woraus ihnen natürlich kein Vorwurf erwächst —, keine kann daher auch ihre Rechtfertigung in etwas Anderem als in der Erklärung der bekannten Phänomene finden.

Wir wollen am Schlusse dieser Arbeit einen prüfenden Blick auf beide Theorien werfen, inwieweit jede von ihnen den mitgetheilten Thatsachen Rechnung zu tragen im Stande ist.

Wir haben gefunden, dass die scheinbare Helligkeit einer Farbe (eines farbigen Lichtes) nicht bloss von der Grösse ihrer weissen und ihrer farbigen Valenz abhängt, sondern auch von der spezifischen Helligkeit des dieser farbigen Valenz entsprechenden Farbtones. Es zeigte sich, dass sich die weisse Valenz einer objectiven Farbe messen lässt, wenn wir die Empfindlich-

keit des Sehorganes für diese weisse Valenz so hoch steigern, dass in der Gesamtempfindung der farbige Bestandtheil vom farblosen völlig übertönt wird, daher jetzt eine Gleichung zwischen dem Pigmentlicht und einem von vornherein farblos erscheinenden Lichte möglich wird. Weiter zeigte sich, dass, wenn wir durch passende Vermischung eines farblosen Lichtes mit einem farbigen die farbige Valenz des objectiven Mischlichtes vergrösserten, während wir die weisse Valenz constant erhielten, die Helligkeit des Gemisches je nach dem Tone der Farbe grösser (Gelb und Roth), oder kleiner (Blau und Grün) wurde. Diese Verschiedenheit des Helligkeitseffectes drängte dann zur Annahme einer verschiedenen specifischen Helligkeit, welche Annahme durch den Vergleich der spectralen Helligkeits- und Weissvalenzcurven sowie durch die Betrachtung der für Rothgrünblinde bestehenden Helligkeitscurven durchaus bestätigt wurde.

Den Resultaten unserer Untersuchung kann eine Hypothese für die Entstehung der Farbenempfindungen nur dann gerecht werden, wenn sie annimmt, dass die sogenannten farblosen Empfindungen (Weiss, Grau, Schwarz) relativ unabhängig von den Farbenempfindungen im engeren Sinne hervorgebracht werden können; sei es, dass sie Functionen einer gesonderten Substanz sind, sei es, dass sie durch eine heterogene Function derselben Substanz erzeugt werden.

Vor Allem ist es die gesonderte Erregbarkeitsänderung für Weiss, die eine solche Annahme fordert; diese Thatsache kann von keiner Hypothese erklärt werden, welche die Entstehung der farblosen Empfindungen aus dem Zusammenwirken von Processen herleitet, die, wenn sie einzeln auftreten, Farbenempfindungen (im engeren Sinne) auslösen würden (Young-Helmholtz'sche Theorie). Denn einer solchen Theorie zufolge müsste sich ja, wenn das Organ durch längere Zeit von jeder Einwirkung objectiven Lichtes geschützt wird, die Erregbarkeit aller Farben empfindenden Nerven in gleichem Masse steigern; wird das Auge dann der Wirkung schwacher farbiger, etwa grüner Lichtstrahlen ausgesetzt, so erregen diese infolge der gesteigerten Erregbarkeit in hohem Masse eine gewisse Art von Fasern, hier also die grünempfindenden, in relativ geringem die übrigen; es wären somit durchaus günstige Bedingungen für das

Entstehen der Empfindung Grün gegeben, während doch der Versuch zeigt, dass gerade das Gegentheil der Fall ist.

Wie dies vom Standpunkt der Theorie der Gegenfarben erklärt werden muss, ist leicht einzusehen. Da nämlich ihr zufolge jede Art von Lichtstrahlen auf die schwarzweisse Substanz dissimilierend wirkt, befindet sich diese bei Tage — wenn man das Organ nicht eigens ausruhen lässt — stets im Zustand einer herabgesetzten Dissimilierungsdisposition, d. h. es ist ein grösserer weisser Reizwerth erforderlich, um eine Weissempfindung von bestimmtem Gewicht zu erzeugen, als wenn durch längeren Ausschluss von objectivem Licht die *D*-Disposition (Erregbarkeit für weissen Lichtreiz) gesteigert ist. Während also die weissempfindende Substanz bei Tage immer mehr oder minder „ermüdet“ ist, gilt im allgemeinen nicht dasselbe von den farbigempfindenden Sehsubstanzen, da sich dem herumschweifenden Blicke alle möglichen Farben bieten und also die Veränderung, welche die eine Farbe in der bezüglichen Sehsubstanz herbeiführt, durch die Wirkung der Gegenfarbe wieder ausgeglichen wird. Eine wesentliche Änderung der Erregbarkeitsverhältnisse der farbigempfindenden Substanzen wird also auch im hellbeleuchteten Raume solange nicht eintreten können, als nicht in dem Lichte desselben irgend eine farbige Valenz überwiegend vertreten ist.

Für die Erregbarkeit der rothgrünen und blaugelben Substanz ist also der Aufenthalt im Dunklen ohne wesentliche Bedeutung, nicht so für die schwarzweisse. Demnach hat — gleichen Reiz vorausgesetzt — das Weiss einen grösseren Antheil an der Gesamtempfindung, wenn das Auge längere Zeit ausgeruht war; ja sein Antheil kann so überwiegend werden, dass die Farbenempfindung im engeren Sinne unter der Schwelle bleibt.

Soll die Erregbarkeit für eine bestimmte Farbe, etwa für Roth gesteigert werden, so muss man jedoch andere Bedingungen für die betreffende Substanz, hier also für die rothgrüne, schaffen, wie im vorerwähnten Falle für die schwarzweisse. Wegen der überwiegenden Grösse der schwarzweissen Substanz genügt es, letztere ins „autonome“ Gleichgewicht<sup>1</sup> zwischen *D* und *A* zu bringen, wenn man ihre Erregbarkeit so steigern will, dass neben

<sup>1</sup> Darunter ist das Gleichgewicht zwischen der ohne äussere Reize vor sich gehenden Dissimilation und Assimilation zu verstehen.

ihr die Farbenempfindungen unter der Schwelle bleiben oder doch überhaupt einen geringen Antheil an der Gesamtempfindung haben. Die farbigempfindenden Substanzen hingegen schwanken zwar in Folge der Erregungen durch die verschiedenen farbig wirkenden Lichter, wie sie von den Gegenständen unserer Umgebung in stetem Wechsel zum Auge gelangen, beständig um ihr autonomes Gleichgewicht, erfahren aber dabei nie eine wesentliche Änderung ihrer Werthigkeit und müssen daher durch äussere *A*- oder *D*-Reize in Bezug auf ihre *D*-respective *A*-Disposition gehoben werden, um einen höheren Grad von *D*- beziehungsweise *A*-Erregbarkeit zu erlangen; mit anderen Worten: man muss, um einer gewissen Farbe mehr Geltung zu verschaffen, vorher die Gegenfarbe wirken lassen. Es wäre in sich unrichtig und der Theorie der Gegenfarben, wie sie Hering aufgestellt, zuwider, wenn man sagte: das Schwarz des verdunkelten Raumes disponirt die schwarzweisse Substanz ebenso zur Weissempfindung, wie die Wirkung rother Strahlen die rothgrüne Substanz zur Grünempfindung disponirt. In sich unrichtig: denn das Dunkel des Raumes wirkt gar nicht; mit Hering's Theorie in Widerspruch: denn die schwarzweisse Substanz ist nach genügendem Aufenthalte im Dunkel im autonomen Gleichgewicht, die rothgrüne hingegen nach längerer Einwirkung rothen Lichtes nicht, da ihre *D*-Disposition herabgesetzt und sie für *A*-Reize erregbarer ist.<sup>1</sup>

Die Dreifasertheorie hatte, wie wir gesehen haben, für die Thatsache einer gesonderten Erregbarkeitsänderung für weissen Lichtreiz keine Erklärung.

Weiter ist sie aber auch nicht im Stande über die Thatsache Auskunft zu geben, dass die Helligkeit eines durch Mischung complementärer Farben erzeugten Grau durch die weissen Valenzen der gemischten Lichter vollkommen bestimmt wird. Wir haben, um den Gang der Untersuchung nicht zu unterbrechen, darauf noch nicht hingewiesen. Ich will dieses Factum jetzt erwähnen, da es für die Theorie der Gegenfarben entscheidend ist.

Bekanntlich erzeugen dieser letzteren Theorie zu Folge complementär gefärbte Lichter desshalb nur farblose Empfindung,

<sup>1</sup> Vgl. Hering: „Zur Theorie der Vorgänge in der lebendigen Substanz“ in naturw. Jahrb. „Lotos“ Bd. IX, 1888.

weil sie sich in Betreff ihrer Wirkung auf die farbigempfindenden Substanzen aufheben.<sup>1</sup>

Der Theil der Sehsubstanz also, dessen Änderungen Farberempfindungen zur Folge haben, wie sie durch jede einzelne der zwei complementären Strahlenarten entstehen würden, bleibt in Ruhe, ähnlich wie ein Punkt in Ruhe bleibt, auf den zwei gleiche und entgegengesetzte Kräfte wirken. Da aber jede Art von farbigen Lichtstrahlen auch auf jene Substanz wirkt, an deren Veränderung die farblosen Lichtempfindungen geknüpft sind, so werden complementäre Lichter bei gleichzeitiger Einwirkung auf das Sehorgan nicht einfach ohne Wirkung auf dasselbe sein, sondern es wird die Wirkung auf die schwarzweisse Sehsubstanz übrig bleiben, die sich in der Empfindung als Grau äussert. In diesem Sinne sagt Hering: „Zwei objective Lichtarten, welche zusammen Weiss geben, sind also nicht als „complementäre“, sondern als antagonistische Lichtarten zu bezeichnen, denn sie ergänzen sich nicht zu Weiss, sondern lassen dieses nur rein hervortreten, weil sie als Antagonisten sich gegenseitig ihre farbige Wirkung unmöglich machen.“<sup>2</sup>

Ist Herings Ansicht richtig, so muss es für den Effect offenbar gleichgiltig sein, ob zwei complementäre Farben gemischt werden, oder ob man an Stelle jeder der beiden Farben ein Grau von gleicher Weissvalenz treten lässt. Denn wenn zwei Lichter in Bezug auf ihre farbigen Valenzen sich in ihrer Wirkung auf die Empfindung aufheben, so kann es für die letztere nichts ändern, wenn man die farbigen Valenzen gleich von vornherein ausschliesst.

Diese nothwendige Consequenz aus der Theorie der Gegenfarben wird durch das Experiment in unzweifelhafter Weise bestätigt. Ich habe zu diesem Behufe vermittle der bereits mehrfach erwähnten Helligkeitsscala für jede der verwendeten Farben dasjenige Grau ermittelt, welches mit der betreffenden Farbe gleiche weisse Valenz hatte. Zugleich hatte ich für jede Stufe der Scala eine ihr vollkommen

<sup>1</sup> Mit Rücksicht auf die entgegengesetzten Prozesse, die sie erzeugen, wenn jedes für sich wirkt, nennt sie Hering „antagonistisch“.

<sup>2</sup> Hering „Zur Lehre vom Lichtsinne“, VI. Mittheilung, §. 42, S. 121.

gleiche graue Scheibe ausschlagen lassen.<sup>1</sup> (Dieselben waren kleiner als die farbigen Scheiben, wie ich sie sonst zu Versuchen am Kreisel verwendete.) Zunächst wurde nun aus zwei oder mehr Farben ein Grau gemischt, sodann wurden auf die farbigen Scheiben ebensoviel kleinere graue aufgesetzt, und zwar in der Weise, dass auf jedem farbigen Sector ein gleich grosser grauer Sector zu liegen kam, der mit dem entsprechenden farbigen in Bezug auf die Weisswirkung äquivalent war und ihn theilweise deckte. Beide Mischungen waren einander vollkommen gleich.<sup>2</sup>

In der That tritt also das Grau nur als Restphaenomen hervor.

Dieses Verhalten steht mit der Theorie von Helmholtz zwar nicht in Widerspruch, es lässt sich aber aus ihr in keiner Weise erklären.

Unvereinbar mit ihr ist hingegen die verschiedene spectische Helligkeit der Farben. Die Annahme, dass „in den drei Arten von Nerven die Empfindungsstärke eine verschiedene Function der Lichtstärke sei“<sup>3</sup> führt, zusammengehalten mit den übrigen

<sup>1</sup> Ich habe durch einen Lithographen die Übergänge zwischen Schwarz und Weiss in etwa 40 Stufen herstellen lassen. Aus jedem der einzelnen Papiere wurde ein Streifen zur Anfertigung der Scala und eine Scheibe für Mischungsversuche geschnitten.

<sup>2</sup> Für das Gelingen dieses Versuches ist es sehr wesentlich, dass er unter genau denselben Reflexionsverhältnissen gemacht werde, welche bei der Bestimmung der weissen Valenz bestanden. Man wird also, ob man nun die letztere mit der Kreiselmethode oder mit Hilfe der Scala ausführt (die Resultate stimmen ja überein), die Lage der Lichtquelle, die der Pigmente und der Scala, sowie die Stellung des Kopfes — letztere mittels eines Kopfhalters — fixiren. Macht man dann den oben beschriebenen Versuch, so müssen die Scheiben des Kreisels genau an den Ort der Scala (beziehungsweise der zur Weissvalenzbestimmung benützten Scheiben) treten, vor Allem in derselben Ebene liegen wie diese, während der Ort der Lichtquelle und des Kopfes unverändert bleibt. Indem ich anfangs diese Cautelen ausser Acht liess, brachte ich nie eine vollständige Gleichung zwischen der Mischung der farbigen Sektoren und jener der grauen von gleicher Weissvalenz zu Stande, da ich vor allem die Scala in horizontaler Lage verwendete, während die Scheiben des Kreisels aufrecht standen. Sorgte ich aber für möglichste Gleichheit aller Versuchsumstände, so stimmten beide Gemische vollkommen überein.

<sup>3</sup> Physiol. Opt. S. 320.

Voraussetzungen, die diese Theorie macht, zu Consequenzen, die der Erfahrung widersprechen; so vor allem zu der Annahme, „dass das Sonnenlicht, welches wir bei Tage als das normale Licht betrachten, selbst bei verschiedener Lichtstärke in ähnlicher Weise seine Farbe ändern muss, wie die andern weissen oder weisslichen Farbenmischungen, mit denen wir es vergleichen“.<sup>1</sup> Dies mag wohl zur Erklärung dienen, warum complementäre Mischungen bei beliebiger Steigerung oder Abschwächung der Beleuchtung weiss (beziehungsweise grau) zu sein scheinen, indem das verglichene Weiss analoge Änderungen des Tones durchmacht und nur in Folge einer Täuschung immer für Weiss gehalten wird. Die nothwendige Consequenz aber wäre, dass zwei Theile einer weissen Pigmentfläche, die durch verschiedene Neigung gegen das Sonnenlicht sehr verschieden stark beleuchtet werden, denn doch eine Verschiedenheit des Farbentones erkennen lassen müssten, da der unmittelbare Vergleich eine Täuschung solcher Art, wie sie Helmholtz hier annimmt, ausschliessen müsste; und zwar insbesondere dann, wenn das ganze übrige Gesichtsfeld verdunkelt ist, also die Vergleichung mit andern sichtbaren Dingen unmöglich wird, und es eine sogenannte „allgemeine Beleuchtung“ des Gesichtsfeldes nicht gibt. Ausserdem würden sich die beiden Farbentöne (Gelb und Blau) durch den Contrast gegenseitig heben. Von alldem zeigt das Experiment nichts.<sup>2</sup> Die Annahme also, dass für verschiedene Farben die „Intensität“ der Empfindung eine verschiedene Function der Lichtstärke sei, genügt unter Voraussetzung der Young'schen Theorie offenbar nicht. (Ich will ganz

<sup>1</sup> L. c. p. 319.

<sup>2</sup> Man überzeugt sich davon leicht, wenn man auf die Platten des S. 16. beschriebenen Apparates je eine mit weissem Barytpapier überzogene Glastafel legt und die Platten so stellt, dass die eine möglichst günstig, die andere hingegen schwach beleuchtet wird. Setzt man überdies zwischen jedes Auge und das entsprechende Loch des Kastens eine Röhre, so kann von einer „allgemeinen Beleuchtung“ nicht die Rede sein. Somit könnte die von Helmholtz angenommene Täuschung nicht zu Stande kommen, und der sichtbare Theil der stark beleuchteten Platte müsste gelb, der der schwach beleuchteten violett (oder blau) erscheinen. Keines von beiden ist jedoch der Fall; man sieht nichts anderes als zwei farblose Scheiben von verschiedener Helligkeit.

absehen von dem Umstand, dass es nach den mitgetheilten Thatsachen eine Curve für Blau sein müsste, die am raschesten ansteigt und nicht für Violet).

Auch die angeführten Helligkeitscurven der sogenannten Rothblinden sind vom Standpunkte der Helmholtz'schen Theorie nicht vollkommen zu discutiren. Wie erklärt es sich z. B., dass das Maximum dieser Curven nahezu an derselben Stelle des Spectrums liegt wie beim Farbentüchtigen, nämlich im Gelb? Wenn die Empfindung dieser Farbe wirklich durch eine mässig starke Erregung der roth- und grünempfindenden Fasern bei schwacher Erregung der violempfindenden erzeugt wird<sup>1</sup>, müsste nicht der Ausfall der rothempefindenden Fasern einen abschwächenden Einfluss auf die „Intensität“ des Gelb ausüben? Ich übergehe alle Einwände, die sich aus dem Factum der gleichzeitigen Grünblindheit ergeben, ist doch diese Thatsache an und für sich geeignet, die Dreifasertheorie zum mindesten höchst unwahrscheinlich zu machen.<sup>2</sup>

Die Theorie der Gegenfarben erklärt nicht nur den wechselnden Einfluss der Weisslichkeit auf die Helligkeit eines bestimmten Farbentones, wie wir gesehen haben; sie bietet auch Mittel uns von der verschiedenen specifischen Helligkeit Rechenschaft zu geben. Die Empfindung Weiss entsteht dieser Theorie zufolge durch einen Process der Dissimilation in der schwarzweissen Substanz. Dissimilationsprocesse finden auch in den beiden übrigen Substanzen, der rothgrünen und blaugelben, statt, wobei es zunächst unentschieden bleibt, welches Glied jeder der beiden Farbenpaare durch Dissimilation, und welches durch Assimilation erzeugt wird. Nehmen wir aber an, Roth und Gelb seien Dissimilationsfarben, Grün und Blau Assimilationsfarben, so erscheint auch die grössere specifische Helligkeit der beiden erstgenannten verständlich.

Wenngleich nämlich assimilirende sowohl als dissimilirende Lichtstrahlen durch ihre Einwirkung auf die farbig empfindende Substanz sofort auch die A-Disposition beziehungsweise die

<sup>1</sup> *Physiol. Opt.* S. 291.

<sup>2</sup> Vgl. Hering: „Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben“ im „*Lotos*“ neue Folge, I. Bd. §. 5.

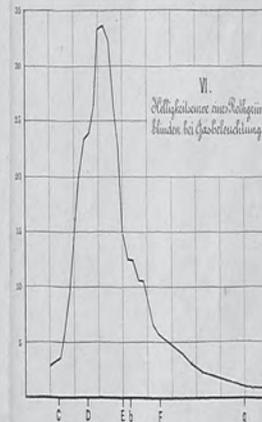
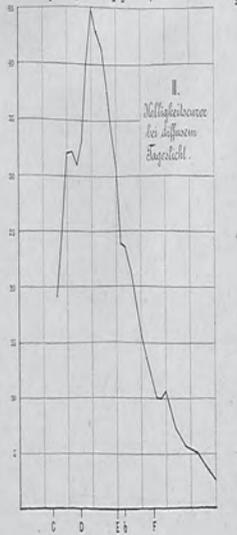
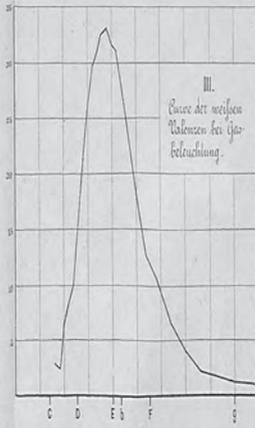
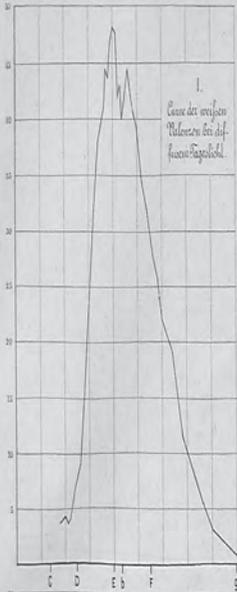
*D*-Disposition herabsetzen, und so die einen wie die andern nach längerer Reizung einen Zustand herbeiführen, in welchem die diesen Processen entsprechenden Farben gar nicht mehr über die Schwelle treten,<sup>1</sup> so besteht doch ein wesentlicher Unterschied in den nervösen Vorgängen, je nachdem ein solcher Zustand durch einen *A*-Reiz oder *D*-Reiz herbeigeführt wird. Die durch einen *D*-Reiz erzeugten Dissimilierungsproducte werden nämlich auf Kosten der irritablen Substanz gebildet, deren Quantität sie mithin vermindern — von den qualitativen Änderungen hier ganz abgesehen —; wenn ein langandauernder *D*-Reiz daher auch nicht die Substanz zerstört, da sich, wie erwähnt, doch wieder ein erzwungener Gleichgewichtszustand etablirt,<sup>2</sup> so wirkt er doch erschöpfend, d. h. er hat für sich genommen die Tendenz, die nervöse Substanz zu vernichten, und würde dies auch thun, wenn ihm nicht die geminderte *D*-Disposition und die gesteigerte Assimilierung entgegenarbeiten würden. Diese erschöpfende Tendenz aber hat in Bezug auf die Empfindung ihren Ausdruck in einer grösseren Helligkeit. Wenn wir also in der Reihe der farblosen Empfindungen das die Helligkeit bestimmende Weiss als an die Dissimilierung geknüpft ansehen, so werden wir auch unter den farbigen Empfindungen die spezifisch helleren als Dissimilationsempfindungen anzusehen haben. Auf diese Weise findet somit die Thatsache der verschiedenen spezifischen Helligkeit ihren physiologischen Ausdruck.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Hering nennt diesen Zustand „allonomes Gleichgewicht“. Ausführlich erklärt Hering diese Vorgänge in der kürzlich erschienenen Schrift „Zur Theorie der Vorgänge in der lebendigen Substanz“ im naturw. Jahrb. „Lotos“ Bd. IX.

<sup>2</sup> Hering bezeichnet darum diesen Vorgang als „innere Selbststeuerung“. L. c. S. 10 des Sonderabdruckes.

<sup>3</sup> Dass Gelb und Roth mit Weiss, Blau und Grün mit Schwarz zu parallelisiren sind, hat Hering schon in seinen ersten Mittheilungen wiederholt angedeutet, insbesondere entschieden in §. 20, wo er sagt, dass in Bezug auf die Erscheinungen des Contrastes und der Induction „sich Schwarz zu Weiss verhält wie Blau zu Gelb und wie Grün zu Roth“.

F. Hillebrand: Specifiche Helligkeit der Farben.



Druck bereitet v. J. Roth-Fischer Wien.

- 2 Die Stabilität der Raumwerte auf der Netzhaut, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 5 (1893), 1-60.



---

Sonder-Abdruck aus  
„Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane“.  
Bd. V.  
Verlag von Leopold Voss, Hamburg (und Leipzig).

---

(Aus dem physiologischen Institute der deutschen Universität zu Prag.)

## Die Stabilität der Raumwerte auf der Netzhaut.

Von

Dr. FRANZ HILLEBRAND,

Privatdocenten der Philosophie an der Universität zu Wien.

### I. Vorbemerkungen und Problemstellung.

§ 1. Zum richtigen Verständnis der Frage, welcher die folgenden Erörterungen gewidmet sind, ist es nötig, einige elementare Definitionen und Erfahrungen aus der Lehre von den optischen Raumschauungen dem Leser ins Gedächtnis zurückzurufen.

Vor allem muß unterschieden werden zwischen dem Sehraum mit seinen Relationen und dem wirklichen Raum mit seinen Relationen, und dementsprechend zwischen Sehding und wirklichem Ding (Namen, die ich der Terminologie HERINGS<sup>1</sup> entnehme). Ein quadratisches Objekt kann (in perspektivischer Verkürzung) als Trapez erscheinen, ein krummer Stab bei geeigneter Lage als gerader, eine grölsere Gerade bei geeigneter Entfernung als kleinere und dergleichen mehr. Die Sehdinge sind in diesen Beispielen: ein Trapez, ein gerader Stab, eine vergleichsweise zu einer andern kleinere Gerade etc. Wir können statt Sehding ebensogut auch Empfindungsinhalt sagen; denn nichts anderes ist gemeint als das Objekt, wie es sich in der Empfindung selbst darstellt, ganz abgesehen von unserem sonstigen Wissen über den betreffenden äufseren Gegenstand.

---

<sup>1</sup> HERING, Lehre vom Ráumsinn des Auges in *Hermanns Handb.* III. Bd. I. T. pag. 343 ff.

Die räumlichen Eigenschaften, die wir dem wirklichen Dinge zuschreiben, sind nicht durch den augenblicklichen Empfindungsinhalt allein bestimmt, sondern durch diesen im Vereine mit einer Reihe früherer Empfindungen derselben oder verschiedener Gattung, die wir mit ihm in Beziehung setzen — durch gesetzmäßige Erfahrungen (unter Umständen etwa auch durch den Glauben an die Aussagen anderer) und dergleichen mehr. Wenn wir z. B. die Lage eines quadratischen Objektes willkürlich ändern, so wechselt das Sehding kontinuierlich; dem wirklichen Dinge schreiben wir nichtsdestoweniger eine bestimmte Gestalt zu, die quadratische, weil wir aus der Erfahrung wissen, daß gerade diese Reihe von Sehdingen nur durch Lageänderungen eines quadratischen Dinges hervor gebracht werden kann. Ein bestimmtes Sehding, isoliert betrachtet und sozusagen aus der Kontinuität der Empfindungen herausgerissen, würde uns über die räumliche Beschaffenheit des wirklichen Dinges keinen eindeutigen Aufschluß geben; wir gewinnen diesen erst aus einer Vielheit zu einander in Beziehung gesetzter Empfindungen.

Anmerkung. Man sieht wohl, daß diese gemeinverständliche Unterscheidung von jeder metaphysischen Präsumption freigehalten werden kann und daß man bei dem Ausdruck „wirkliches Ding“ noch lange nicht an ein „Ding an sich“ zu denken braucht. Das „wirkliche Ding“ braucht hier nicht anders denn als ein aus reproduzierten Empfindungen konstruiertes Vorstellungsgebilde aufgefaßt zu werden; ein Hinausgehen über eine bloß phänomenalistische Auffassung ist (wenigstens für die Zwecke dieser Unterscheidung) durchaus nicht notwendig. — Auf die psychologischen Unterschiede einer Empfindung und eines derartig aufgebauten Vorstellungsgebildes ist hier nicht der Ort näher einzugehen.

§ 2. Eine andere, mehr terminologische Feststellung scheint mir noch zur Vermeidung von Mißverständnissen nötig. Sie betrifft die Ausdrücke „Täuschung“, „Urteilstäuschung“ u. dergl.

Einem bestimmten Sehdinge (für sich genommen) können im allgemeinen ganz verschiedene wirkliche Dinge entsprechen. Um beim früheren Beispiele zu bleiben, so könnte dem gesehenen Trapez ein wirkliches Trapez von bestimmter Gestalt, Größe und Lage entsprechen; ebenso aber ein Quadrat von bestimmter Größe und Lage, ebenso ein bestimmtes Rhomboid u. dergl.

Wenn uns bei einer bestimmten Lage das (wirkliche) Quadrat als Trapez erscheint, so ist das Urteil, das „wirkliche“ Ding sei ein Trapez, falsch, weil die Änderungen, welche das Sehding erfährt, nur solcher Art sind, wie sie die Projektion eines Quadrates durchmacht, wenn dessen Lage geändert wird.

Dieses falsche Urteil kann man „Täuschung“ nennen, im selben Sinne, in dem es eine „Täuschung“ ist, wenn einer meint, er könne ein Spiegelbild mit der Hand fassen.

Dafs eine „Täuschung“ über die räumliche Beschaffenheit des wirklichen Dinges in noch ganz anderer Weise hervor gebracht werden kann, dürfte aus den sogleich folgenden Überlegungen hervorgehen.

§ 3. Der Ort einer Gesichtsempfindung wird im allgemeinen nicht blofs durch die Besonderheit des äußeren Reizes (also sozusagen von der Peripherie aus) bestimmt, sondern auch durch die verschiedenartigsten psychischen Motive (also durch centrale Einwirkungen), wohin vor allem die erfahrungsmäßigen Motive der Lokalisation zu rechnen sind. So ist es möglich, dafs z. B. eine perspektivische Zeichnung, namentlich wenn sie kompliziert ist, gar nicht als solche aufgefaßt, sondern einfach als ein in der Ebene des Papieres oder der Tafel liegendes System von Linien gesehen wird. Wer, wie man sagt, die Figur „verstehet“, lokalisiert die einzelnen Teile in verschiedene Tiefe; und wenn es sich etwa noch dazu um sogen. invertierbare Figuren handelt, so kann sogar in jener Tiefenlokalisierung ein Wechsel eintreten. Es liefsen sich eine Menge von Beispielen anführen, in welchen die Lokalisation, wie sie durch den blofsen Reiz (also peripher) bedingt ist, durch anderweitige — centrale — Einflüsse Modifikationen erleidet, u. zw. je nach Umständen verschiedene Modifikationen.

Man hat in solchen Fällen häufig von einer verschiedenen „Beurteilung“, „Auslegung“, „Deutung“ des in der Empfindung Gegebenen gesprochen, indem man sich dabei den Empfindungsinhalt als streng genommen unmodifizierbar dachte und erfahrungsmäßige (ja überhaupt psychische) Einflüsse auf die Lokalisation, wie sie durch den Reiz gegeben ist, nur insofern gelten liefs, als sie sich in einem an die Empfindung geknüpften Urteile äußern sollten.

Diese Auffassung scheint mir indessen, wenn sie nicht geradezu unmöglich ist, doch mindestens den Sachverhalt unnötig zu komplizieren:

1. Einmal nämlich ist eine derartige Modifikation des Empfindungsinhaltes anschaulich und tritt mit der ganzen Energie eines sinnlichen Eindruckes auf. Der Vorgang trägt einen ganz anderen Charakter an sich als derjenige, bei welchem dem Gegenstande einer Empfindung ein im Inhalt nicht gelegenes Merkmal associativ beigelegt wird, wie etwa wenn ich einem gesehenen Gegenstande infolge früherer Erfahrung einen bestimmten Geschmack beilege; denn jene Geschmacksqualität ist in der That gar nicht anschaulich gegeben.

2. Wenn die Erfahrung (oder sonstige psychische Einflüsse) einen durch den Reiz bestimmten Inhalt *a* nicht modifizieren, sondern ihm lediglich ein Urteil anschließen soll, welches besagt, das eben Empfundene sei *b*, so muß doch dieses Urteil eine Materie haben, und zwar die Materie *b*. Ein zu *b* modifiziertes *a* ist also jedenfalls als Inhalt im Bewußtsein. Wozu soll man nun noch ein außerdem im Bewußtsein vorhandenes *a* annehmen, wenn man an dem Inhalt *b* doch nicht vorbeikommt? Ja noch mehr. Es handelt sich in unserem Falle nicht darum, daß der durch die Empfindung gegebene Inhalt auf dem Wege des Urteils eine Ergänzung erfährt, sondern darum, daß er modifiziert wird, also Bestimmungen erhält, die seinen ursprünglichen widersprechen, wie z. B. wenn eine perspektivische Zeichnung als in die Tiefe sich erstreckend „beurteilt“ wird. Hier müßte die Materie des Urteils notwendig widersprechende Bestimmungen enthalten und somit jedes durch die Erfahrung modifizierte Wahrnehmungsurteil eo ipso falsch sein. Die Annahme, daß die Erfahrung den Sinnesinhalt selbst nicht modifiziere, sondern ihm nur ein mit einer modifizierenden Bestimmung versehenes Urteil anschliesse, ist also nicht nur überflüssig, sondern unmöglich.

3. Für diejenigen, welcher am psychophysischen Parallelprinzip festhält, ist die Annahme eines durch die Erfahrung (oder andere psychische Einflüsse) modifizierten Sinnesinhaltes außerordentlich einfach und naheliegend. Denn wie die Empfindung selbst, so muß auch die Erfahrung ein psychophysisches Korrelat besitzen. Was liegt hier näher als die Annahme, daß der psychophysische Vorgang, der einer

Empfindung zu Grunde liegt, nicht durch den Reiz allein, sondern auch durch die Beschaffenheit der psychophysischen Substanz bestimmt wird? Wenn aber frühere Erfahrungen überhaupt von Einfluß sein sollen, so kann dies physiologisch wohl nicht anders gedacht werden, als in der Weise einer Änderung der Beschaffenheit der psychophysischen Substanz.

So viel um die Ansicht zurückzuweisen, daß Erfahrungen oder sonstige Motive, die man zu den „psychischen“ zu rechnen pflegt, einen Sinnesinhalt nicht im eigentlichen Sinne zu modifizieren vermöchten.<sup>1</sup>

§ 4. Die folgende Überlegung schließt an das eben Erörterte als unmittelbare Konsequenz an.

Die periphere Erregung ist unter keinen Umständen das Einzige, was die Empfindung bestimmt; die Beschaffenheit oder Disposition der psychophysischen Substanz kommt offenbar als zweites, ebenso wirksames Moment mit dazu, so daß gleichen peripheren Erregungen vermöge eventueller Ungleichheiten in der Disposition der psychophysischen Substanz ungleiche Empfindungen entsprechen können.

Ein solches Zusammenwirken der peripheren Erregung mit der sozusagen centralen Disposition müssen wir eben so annehmen beim ersten Sehakte des Neugeborenen wie bei jedem beliebigen Sehakte des Erwachsenen. Die wesentliche Verschiedenheit aber, die zwischen beiden Sehakten besteht, liegt darin, daß die Disposition der psychophysischen Substanz beim Sehakte des Erwachsenen eine andere ist vermöge der Änderungen, welche durch die Gesichtsempfindungen des vorausgegangenen Lebens gesetzt worden sind. Was speziell die Raumanschauungen betrifft, so werden alle diese Änderungen im weiteren Sinne als die empirischen Motive der Lokalisation bezeichnet. So lokalisieren wir

<sup>1</sup> Daß die primitive Empfindung eine Umbildung im eigentlichsten Sinne des Wortes erleiden kann, hat schon VOLKMANN (*Arch. f. Ophthalm.* V. Bd. 2. Abtlg. pag. 61 und 67) behauptet. Später hat HERING (*Hernanns Handb.* III. Bd. I. T. pag. 565 ff.) diese Ansicht aus allgemeinen physiologischen Gesichtspunkten entwickelt und besonders (*ibid.* pag. 568) auf die Unnötigkeit der Annahme einer neben der tatsächlichen Anschauung noch vorhandenen „reinen Empfindung“ hingewiesen. Vgl. dazu auch die ausführlichen Erörterungen STUMPS über die „Veränderung der Empfindung durch Phantasie und Erfahrung“ in dessen Buche: „*Ueber den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung*“ Leipzig 1873, pag. 208 ff.

bekannte Gegenstände auch monokular ziemlich richtig in die Tiefe. Der Tiefenwert einer solchen Empfindung ist nicht durch die Besonderheit der peripheren Erregung bestimmt, sondern durch centrale Dispositionen, die ihrerseits hervorgerufen sind durch eine Reihe von Empfindungen desselben Aufsendinges.

Diese centralen (dispositionellen) Bedingungen scheiden sich nun naturgemäfs in zwei Arten: in solche, welche immer wirksam sind, gleichgültig, welches die periphere Erregung sei, die die neue Empfindung hervorruft, und solche, die nur bei bestimmten peripheren Erregungen zur Wirkung kommen.

Beispiele werden diese Unterscheidung klar machen.

Der Akt der Konvergenz, welcher erforderlich ist, um einen leuchtenden Punkt in einem dunklen Raume zu fixiren, bestimmt dessen Tiefe im Sehraume, die durch die periphere Erregung für sich nicht bestimmt wäre. Die vom Centrum ausgehende Lokalisation findet immer statt, gleichgültig, welcher Art die Erregung sei, die an den Stellen des deutlichsten Sehens auftritt.

Ganz anders, wenn es sich um die (schon beim monokularen Sehen in Betracht kommende) Lokalisation eines bekannten Gegenstandes handelt. In dem Umstande, dafs der Gegenstand bekannt ist, liegt schon eingeschlossen, dafs es sich hier um ein Motiv der Lokalisation handelt, welches nur wirksam ist, wenn die periphere Erregung gewisse Bedingungen erfüllt. Bei einem Gegenstande, der uns im früheren Leben nie untergekommen ist, würde selbstverständlich dieses Motiv der Lokalisation nicht auftreten können.

Wiederum verhält es sich ähnlich mit der Lokalisation auf Grund der Perspektive. Ein einzelner Lichtpunkt, eine homogene, das ganze Gesichtsfeld ausfüllende Fläche kann keine perspektivischen Verkürzungen zeigen; d. h. wir haben es auch hier wieder mit einem Motiv der Lokalisation zu thun, welches nur dann wirksam wird, wenn die periphere Erregung (oder das Netzhautbild) gewisse Eigenschaften hat.

Diese letzteren Motive der Lokalisation, die man als Erfahrungsmotive im engeren Sinne bezeichnen kann, lassen sich also im einzelnen Falle ausschließen.

Wir wollen die Empfindung, wie sie auftritt, wenn jene Motive nicht wirksam sind, als primitive Empfindung

bezeichnen und ihr diejenige Empfindung, welche entsteht, wenn jene Motive wirksam werden, als modifizierte Empfindung gegenüberstellen.

Wenn wir — um ein erläuterndes Beispiel beizufügen — die geraden Linien, aus denen eine perspektivische Zeichnung zusammengesetzt ist, jede einzeln betrachten, so erscheint jede in der Ebene des Papiers; wird die ganze Zeichnung betrachtet, so treten gewisse Linien vor, andere zurück, obwohl sich das Netzhautbild (und damit die periphere Erregung) keiner einzigen Linie geändert hat. Die Empfindung der isoliert betrachteten und in die Ebene des Papiers lokalisierten Linien bezeichnen wir als primitive, die Empfindung derselben Linien, wenn sie im Zusammenhang gesehen und in verschiedene Tiefe lokalisiert werden, als modifizierte Empfindung.

Es ist aus dem Vorhergehenden klar, daß der Begriff „primitive Empfindung“ ein relativer ist. Nur mit Bezug auf den Ausschluss derjenigen, nicht in der peripheren Erregung begründeten, Ursachen der Lokalisation, die sich überhaupt ausschließen lassen (vgl. oben pag. 6), nennen wir die Empfindung primitiv, und halten uns dabei stets gegenwärtig, daß es auch im früheren Empfindungsleben erworbene Momente gibt (oder geben kann), die wir nicht auszuschließen vermögen. In diesem Sinne ist also die primitive Empfindung nicht notwendig identisch mit derjenigen, welche etwa der Neugeborene haben würde, wenn sich auf seiner Netzhaut derselbe Vorgang abspielt, wie beim erwachsenen Individuum.

Nun sieht man aber sofort, daß eine Täuschung über das „wirkliche Ding“ nicht nur (wie in dem Beispiele pag. 2 f.) darauf beruhen kann, daß eine primitive Empfindung dem wirklichen Dinge nicht entspricht, sondern auch darauf, daß, während die primitive Empfindung dem wirklichen Dinge entsprechen würde, dieselbe solche zentrale Modifikationen erleidet, daß sie nunmehr dem wirklichen Dinge nicht entspricht.

So verhält es sich unter anderem mit dem erwähnten Beispiele von der perspektivischen Zeichnung. Wenn hier die Täuschung entsteht, als sei in der That ein körperliches Objekt vorhanden, so liegt dies lediglich an der centralen Modifikation. Wäre diese nicht vorhanden, sondern träte die

primitive Empfindung ins Bewußtsein, dann würde diese ein ebenes Liniensystem, also das darstellen, was in Wirklichkeit gegeben ist.<sup>1</sup> Im Sehding als solchem, d. h. in der Empfindung, wie sie wirklich im Bewußtsein auftritt, ist natürlich kein Hinweis darauf gegeben, ob wir es mit einer primitiven oder einer bereits modifizierten Empfindung zu thun haben; wohl aber kennen wir eine ganze Anzahl von Momenten, welche die Empfindung anders werden lassen, als sie lediglich auf Grund der Netzhauterregung ausfallen würde.<sup>2</sup> Wir sind darum im stande, diese Momente im Experiment auszuschließen und so die Empfindung von derartigen Modifikationen zu befreien. In diesem Sinne sind auch die später zu erwähnenden Versuche eingerichtet.

Anmerkung. Um Mißverständnissen zu begegnen, möchte ich gleich hier erwähnen, daß die obige Scheidung zwischen primitiver und modifizierter Raumempfindung noch keineswegs eine sog. „nativistische“ Auffassung des räumlichen Sehens involviert. Im Begriffe der primitiven Empfindung, wie er oben definiert wurde, liegt noch nicht enthalten, daß die Qualität von Anfang an räumlich bestimmt sei. Auch wenn die räumliche Bestimmtheit einer Qualität erst im individuellen Leben erworben würde, bliebe es immer noch richtig, daß sie durch anderweitige Motive der Erfahrung modifiziert werden kann.

<sup>1</sup> Wie leicht zu ersehen, kann auch der Fall eintreten, daß ein Motiv der Täuschung durch ein anderes zum Teil oder ganz paralysiert wird. Dies geschieht z. B. bei der monokularen Wahrnehmung von Tiefenunterschieden. Die in Wirklichkeit bestehenden Tiefenunterschiede verschwinden bei monokularer Beobachtung, wenn alle Erfahrungsmomente ausgeschlossen sind; sie verschwinden in der primitiven Empfindung, d. h. die primitive Empfindung täuscht über den wahren Sachverhalt (HERINGS Fallversuch zeigt dies deutlich). Läßt man Erfahrungsmomente zur Geltung kommen, indem man z. B. einen Gegenstand den anderen teilweise decken läßt, so tritt nicht die primitive (nur durch das Netzhautbild bestimmte), sondern eine central modifizierte Empfindung ins Bewußtsein, und diese kann in Betreff der Tiefenunterschiede mit dem wirklichen Gegenstand übereinstimmen. Wir werden im § 22 ein anderes hieher gehöriges Beispiel kennen lernen.

<sup>2</sup> Es sind dies die sog. erfahrungsmäßigen Motive der Lokalisation, wie z. B. teilweise Deckung eines Objektes durch ein anderes, Bekanntschaft mit der wirklichen Größe eines Objektes, die verschiedene Lichtstärke, die Luftperspektive u. dgl. m. Vergl. die ausführliche Erörterung HERINGS in *Hermanns Handb.*, III. Bd., I. T., pag. 578 ff.

§ 5. Beim monokularen Sehakt kann bekanntlich eine und dieselbe Reihe von Netzhautelementen durch Objekte der verschiedensten Entfernung und Lage gereizt werden, oder — um mich auf den einfachsten Fall zu beziehen — ein bestimmtes Netzhautelement kann durch einen beliebigen Licht aussendenden Punkt gereizt werden, falls derselbe nur auf der Richtungslinie des betreffenden Elementes gelegen ist und die von ihm ausgehenden Lichtstrahlen sich auf der Netzhaut vereinigen. Im Reize geht also von den drei räumlichen Variablen des Außenpunktes eine verloren. Der Reiz bestimmt die Empfindung nur nach zwei Dimensionen. In welche Entfernung das Empfundene lokalisiert wird, hängt ganz von den zufällig wirksamen Erfahrungsmomenten ab und ist demnach durchaus variabel. So sehe ich (monokular) drei vertikale Kokonfäden, die vor einem Schirm in verschiedener Entfernung vom Auge aufgehängt und deren obere und untere Enden durch vorgesezte Kartonblätter verdeckt sind, in der Regel auf der Ebene des Schirmes, dessen Lage mir aus früherer Anschauung bekannt ist. Werden die Fäden erheblich genähert, so sehe ich die Fäden manchmal vor dem Schirm, aber im allgemeinen in einer Ebene oder wenig von derselben abweichend. Etwaige Details am Schirm können nämlich das Vortreten der Fäden deutlicher machen, weil sie verschwommen erscheinen, wenn sich die Fäden scharf abbilden u. dergl. m. Kurz, die vom Reize aus sozusagen leer gelassene Stelle der dritten räumlichen Variablen kann durch alle möglichen Erfahrungsmomente ausgefüllt werden. Man kann die monokulare Tiefenlokalisierung „unbestimmt“ nennen; nicht zwar in dem Sinne, als besäße die Empfindung in jedem Momente eine unbestimmte Tiefe — denn dies würde so viel heißen, als der Empfindung die Tiefenbestimmtheit überhaupt absprechen, was nicht angeht; wohl aber in dem Sinne, daß die Empfindung nicht vom Reize aus nach der dritten Dimension bestimmt ist, sondern diese Bestimmtheit erst durch ganz variable psychische Veranlassungen erhält und demgemäß auch ihrerseits von einem Moment zum andern wechseln kann. „In Bezug auf die Tiefe unbestimmt lokalisiert sein“ heißt also hier nichts anderes als: von variabler Tiefenbestimmtheit sein infolge des Mangels einer im Reize begründeten Bestimmung nach der Tiefe.

§ 6. Anders verhält sich's bekanntlich beim binokularen Sehakt.

Hier erscheint alles binokular und einfach Gesehene vor, in oder hinter derjenigen Ebene, welche man sich durch den fixierten Punkt parallel mit der Frontalebene gelegt denken kann. Die Ebene, in welche alle binokular und einfach gesehene Punkte, die weder vor noch hinter dem fixierten Punkte erscheinen, lokalisiert werden, möge nach HERINGS Terminologie die Kernfläche, der fixierte Punkt der Kernpunkt des Sehraumes genannt werden. Bezeichnen wir die Tiefenwerte aller andern Punkte, je nachdem sie vor oder hinter der Kernfläche gesehen werden, als positiv resp. negativ, so können wir die Kernfläche auch als den geometrischen Ort aller Sehpunkte vom Tiefenwerte 0 definieren.

Die Lokalisation des Kernpunktes (und damit der Kernfläche) in den Sehraum ist bekanntlich vom Reize aus nicht bestimmt. Ob ein binokular fixierter Punkt näher oder ferner liegt, immer liegt sein Bild auf den Netzhautcentren. Ein Unterschied besteht nur in der Konvergenz; diese aber giebt keinen eindeutigen Hinweis auf die Tiefenlage des Sehpunktes. Die Lokalisation des Kernpunktes und der Kernfläche hängt ab von Motiven, die nicht in der peripheren Erregung begründet sind (die uns hier nicht weiter zu beschäftigen haben), und ist, da diese variabel sind, ebenfalls eine wechselnde.

Natürlich ändert sich nach Maßgabe der variablen Entfernung des Kernpunktes und der Kernfläche auch die Distanz zweier in der Kernfläche gelegenen Punkte; sie ist — bei Gleichheit der Netzhautbilder — größer, wenn die Entfernung der Kernfläche größer ist, wie dies beispielsweise die bekannten Versuche über die Größe von Nachbildern zeigen.

§ 7. Anders verhält es sich bekanntlich mit der Lokalisation der nicht in der Kernfläche erscheinenden Sehdinge in Bezug auf diese. Wenn alle Erfahrungsmotive ausgeschlossen sind, so sind doch im binokularen Sehakte selbst bereits die Ursachen gegeben, welche ein Sehding vor, in oder hinter der Kernfläche erscheinen lassen. Sie beruhen auf der Verschiedenheit der Lage der beiden Netzhautbilder, welche von einem Objekte erzeugt werden. Soll der einem Aufsenpunkte entsprechende Sehpunkt in die Kernfläche lokalisiert werden, so müssen die Richtungslinien des Aufsenpunktes zwei bestimmte

Netzhautpunkte,  $a$  und  $a'$ , treffen, die man als identische Punkte bezeichnet. Trifft die eine Richtungslinie eines Punktes auf  $a$ , die andere aber nicht auf  $a'$ , sondern auf  $a''$ , so wird der Punkt, falls die Entfernung von  $a'$  und  $a''$  eine gewisse Grenze nicht überschreitet, noch einfach gesehen; falls diese Grenze überschritten wird, zerfällt er in Doppelbilder. Letzterenfalls kann entweder das links gelegene Halbbild dem linken Auge zugehören, das rechts gelegene dem rechten — gleichseitige oder ungekreuzte Doppelbilder, — oder aber das links gelegene dem rechten Auge, und das rechts gelegene dem linken — ungleichseitige oder gekreuzte Doppelbilder. — (Im einzelnen Falle überzeugt man sich durch abwechselndes Schließen des einen und andern Auges leicht, welche Art von Doppelbildern vorliegt.) Mit Bezug auf die gekreuzten oder ungekreuzten Doppelbilder spricht man dann auch von gekreuzter (ungleichseitiger) oder ungekreuzter (gleichseitiger) Disparation; und zwar auch dann, wenn die Disparation nicht so groß ist, daß Doppelbilder entstehen, sondern wenn das Objekt noch einfach gesehen wird.

Treffen die Richtungslinien eines Außenpunktes disparate Netzhautstellen, so erscheint der entsprechende Sehpunkt nicht in der Kernfläche, sondern er erscheint vor der Kernfläche bei gekreuzter Disparation, hinter der Kernfläche bei ungekreuzter Disparation.

Auf der Disparation der Netzhautbilder beruht also die binokulare Stereoskopie.

Es ist auch ersichtlich, daß durch die Verschmelzung disparater Punkte schon die primitive Empfindung jene Variabilität nach der dritten Dimension erhält (oder wenigstens erhalten kann), welche wir beim monokularen Sehakt vermifsten. Denn während das Bild eines Punktes auf einer Netzhaut nur nach zwei Dimensionen variabel sein kann, liegt (beim binokularen Sehen) in dem Umstand, daß das Punktbild auf der einen Netzhaut mit verschiedenen Punktbildern der andern Netzhaut verschmelzen kann, die Möglichkeit einer dritten Variabilität. Beim binokularen Sehakt ist also schon die primitive Empfindung nach drei Dimensionen variabel.

Diese im Reize begründete und daher schon in der primitiven Empfindung gelegene Lokalisation in Bezug auf die Kernfläche kann auch, da sie auf der Disparation der Netzhaut-

bilder beruht, als disparative Tiefenlokalisierung bezeichnet werden. „Disparative Tiefenlokalisierung“ und „Lokalisierung in Bezug auf die Kernfläche“ sind also zwei Namen für dasselbe Ding. Streng davon zu trennen ist, wie schon erwähnt, die Tiefenlokalisierung der Kernfläche selbst und ebenso die Lokalisierung in Bezug auf die Kernfläche dann, wenn sie durch empirische Momente und nicht bloß durch die Disparation der Netzhautbilder bestimmt wird.

§ 8. Wenn die Punkte  $a$  der einen und  $a'$  der andern Netzhaut einander so zugeordnet sind, daß der ihnen entsprechende Sehpunkt in die Kernfläche lokalisiert wird, so sagen wir: das Punktepaar  $aa'$  hat nur Breiten- und Höhenwert (keinen Tiefenwert in Bezug auf die Kernfläche), indem wir in übertragenem Sinne den Netzhautpunkten selbst Raumwerte zuschreiben.<sup>1</sup> Den disparaten Punkten  $a$  und  $a''$  entspricht dagegen ein hinter oder vor die Kernfläche lokalisierter Sehpunkt. In diesem Falle sagen wir: das Punktepaar  $aa''$  hat einen Breiten-, Höhen- und Tiefenwert.

Man sieht nun aber sofort, daß hier zwei Fälle möglich sind: entweder dem Punkte  $a$  gehört immer und unter allen Umständen nur der Punkt  $a'$  in der Weise zu, daß der entsprechende Sehpunkt in der Kernfläche liegt (den Tiefenwert  $o$  besitzt); oder aber dem Punkte  $a$  gehört ein Mal  $a'$ , unter andern Umständen  $a''$ ,  $a'''$  . . . in der eben bezeichneten Weise zu. Ersterenfalls ist der Raumwert des Punktepaares  $aa'$  ein konstanter und nach Breite und Höhe nur insofern variabel, als die Lokalisierung der Kernfläche selbst variabel ist. Der Raumwert von  $aa'$  variiert dann nur proportional der Lokalisation der Kernfläche selbst, ist aber in Bezug auf diese stabil. Gilt hingegen der zweite Teil der oben gestellten Alternative, so ist der Raumwert von  $aa'$  auch in Bezug auf die Kernfläche variabel. Denn in allen Fällen, wo  $aa''$ ,  $aa'''$  . . . in die Kernfläche lokalisiert wird, erhält  $aa'$  einen gewissen Tiefenwert.

Die Frage ist also: **Sind für die Fälle des binokularen**

<sup>1</sup> Diese von HERING (vergl. „Die Gesetze der binokularen Tiefenwahrnehmung“ in *Reicherts und Du Bois' Archiv*, 1865, pag. 154) eingeführte Ausdrucksweise würde die Annahme nicht ausschließen, daß den einzelnen Punkten nur Lokalzeichen eigen sind, an welche erst Raumvorstellungen associiert werden; sie präjudiziert also nicht für eine sogenannte nativistische Auffassung.

**Einfachsehens die Raumwerte schon auf der Doppelnethaut stabilisiert oder nicht?**

Der Entscheidung dieser Frage sind die folgenden Untersuchungen gewidmet.

§ 9. In der Geschichte der physiologischen Optik sind beide Ansichten vertreten. Die alte „Projektionstheorie“ besagte, daß ein Objekt dort gesehen werde, wo sich seine beiden Richtungslinien schneiden, daß also die primitive Empfindung eine mit der Wirklichkeit übereinstimmende Lokalisation besitze. Es ist leicht zu zeigen (und wir werden in der Folge noch ausführlicher darauf zu sprechen kommen), daß diese Ansicht eine Variabilität der Raumwerte involviert. Gesetzt nämlich, die Gesichtslinien befänden sich in symmetrischer Konvergenz, so treffen die Richtungslinien irgend eines in der (wirklichen) Ebene des Fixationspunktes gelegenen Punktes<sup>1</sup> z. B. auf die beiden Netzhautpunkte  $a$  und  $a'$ . Nun entferne sich der Fixationspunkt in der Medianebene. Zieht man jetzt die zu den Punkten  $a$  und  $a'$  gehörigen Richtungslinien, so schneiden sich dieselben in einem Punkte, der nicht mehr in der Ebene des neuen Fixationspunktes liegt; ja es giebt in dieser Ebene überhaupt keinen Punkt, dessen Richtungslinien wieder auf  $a$  und  $a'$  treffen; trifft die eine Richtungslinie eines in der genannten Ebene gelegenen Punktes auf  $a$ , so kann die andere nicht auf  $a'$  treffen, trifft die eine auf  $a'$ , so kann die andere nicht auf  $a$  treffen. Es wäre also nur unter Voraussetzung variabler Raumwerte der Netzhaut möglich, daß den in der Ebene des Fixationspunktes gelegenen wirklichen Punkten auch immer in der Kernfläche gelegene Sehpunkte entsprechen, mit andern Worten, daß immer richtig (mit der Wirklichkeit übereinstimmend) lokalisiert wird.

Der Projektionstheorie steht das von HERING aufgestellte Gesetz der identischen Sehrichtungen extrem gegenüber. Denn diesem zufolge hängt die Lokalisation eines Punktes nicht vom Schnittpunkt der Richtungslinien ab, sondern von den Raumwerten der beiden getroffenen Netzhautpunkte. Gehören zwei Netzhautpunkte so zusammen, daß der entsprechende Sehpunkt in der Kernfläche des Sehraumes liegt, so ist es nach HERINGS

<sup>1</sup> Hier und in der Folge wird unter „Ebene des Fixationspunktes“ diejenige durch den Fixationspunkt gelegte Ebene verstanden, welche zur Frontalebene parallel ist.

Ansicht gleichgültig, welche Lage im Raum derjenige wirkliche Punkt hat, in welchem sich die den beiden (identischen) Netzhautpunkten entsprechenden Richtungslinien schneiden.

§ 10. Da die Frage nach der Stabilität oder Variabilität der Raumwerte (in der angegebenen Bedeutung) nur dann einen Sinn hat, wenn es sich um die primitiven Empfindungen handelt, so sind natürlich alle Erfahrungsmomente, welche die Lokalisation in Bezug auf die Kernfläche beeinflussen können, im Experimente auszuschließen. Erfahrungsmomente, welche auf die Lokalisation der Kernfläche selbst wirken, sind einerseits überhaupt nicht ausschließbar, andererseits sind sie aber für die vorliegende Untersuchung gänzlich irrelevant. Denn nicht darauf kommt es an, wohin die Kernfläche lokalisiert wird, sondern darauf, ob ein gewisses Sehding vor, in oder hinter die Kernfläche lokalisiert wird.

§ 11. Behufs genauerer Formulierung der Frage nach Stabilität oder Variabilität der Raumwerte auf der Doppelnethaut sollen einige weitere Definitionen vorausgeschickt werden.

Denken wir uns bei Primärstellung der Augen eine auf der Gesichtslinie senkrechte, zur Medianebene parallele und durch den mittleren Knotenpunkt gehende Gerade, so läßt sich durch diese Gerade eine Schaar von Ebenen legen, welche die Netzhaut in einer Schaar von Linien schneiden. Diese Schnittlinien heißen Längsschnitte.

Denken wir uns weiter eine wiederum auf der Gesichtslinie senkrechte, durch den mittleren Knotenpunkt gehende, aber in der Blickebene liegende Gerade, so kann durch diese Gerade wieder eine Schaar von Ebenen gelegt werden, welche die Netzhaut in einer Schaar von Linien schneidet, die wir als Querschnitte bezeichnen.

Den durch die Stelle des deutlichsten Sehens gehenden Längs- und Querschnitt bezeichnen wir als mittleren Längs- bzw. Querschnitt.

Eine Linie, die sich auf den beiden mittleren Längsschnitten abbildet, erscheint in der Kernfläche. Ebenso gehört aber auch jedem anderen Längsschnitt des einen Auges ein Längsschnitt des anderen Auges so zu, daß eine auf beiden sich abbildende Linie in der Kernfläche erscheint. Ein solches Paar von Längsschnitten bezeichnet man als identische oder korrespon-

dierende Längsschnitte. Die Gesamtheit der im Außenraum befindlichen Linien, die sich auf identischen Längsschnitten abbilden, heißt der Längshoropter oder Vertikalhoropter.

Ebenso gehört jedem Querschnitte der einen Netzhaut ein Querschnitt der andern Netzhaut so zu, daß eine auf beiden sich abbildende Linie in der Kernfläche erscheint. Ein solches Paar von Querschnitten bezeichnet man als identische oder korrespondierende Querschnitte. Die Gesamtheit der im Außenraume gelegenen Linien, die sich auf identischen Querschnitten abbilden, heißt Querhoropter oder Horizontalhoropter.

Netzhautpunkte, welche identischen Längsschnitten angehören, aber nicht auf identischen Querschnitten liegen, heißen längsdisparate, vertikaldisparate oder höhendisparate Punkte. Netzhautpunkte, welche identischen Querschnitten angehören, aber nicht auf identischen Längsschnitten liegen, heißen querdisparate oder horizontaldisparate Punkte. Spricht man schlechtweg von identischen Punkten, so meint man damit Punkte, die sowohl auf identischen Längsschnitten als auch identischen Querschnitten liegen.

Es ist weiter bekannt, daß nicht nur identischen, sondern auch disparaten Punkten einfache Empfindungen entsprechen, letzteres dann, wenn die Disparation gewisse enge Grenzen nicht überschreitet; oder, um dies kurz auszudrücken: der Punkt  $a$  der einen Netzhaut „verschmilzt“ nicht nur mit  $a'$  der anderen, sondern auch mit einem engen Bezirk von Punkten, die um  $a'$  herumliegen (PANUMS „korrespondirendem Empfindungskreis“). Wie erwähnt, erscheint ein Punkt, der querdisparaten Netzhautstellen entspricht, vor oder hinter der Kernfläche.

Nach dieser Auseinandersetzung wird es sich erklären, daß die Frage nach der Stabilität der Raumwerte sich schon von vornherein in zwei Fragen teilen läßt.

Wenn nämlich dem Punkte  $a$  der einen Netzhaut nicht immer  $a'$  der anderen Netzhaut so zugehört, daß die Empfindung in der Kernfläche liegt, sondern wenn unter Umständen  $a''$  diese Bedingung erfüllt, so ist es von vornherein ebensowohl möglich, daß dieses  $a''$  im selben Querschnitt, aber in anderem Längsschnitt, als auch, daß es im selben Längsschnitt, aber anderem Querschnitt liegt, oder kurz gesagt:  $a''$  kann querdisparat und es kann längsdisparat liegen. Wenn aber gefragt

wird, ob der Raumwert des Punktepaares  $aa'$  stabil oder variabel sei, so kann das letztere von vornherein in zweifacher Weise gedacht werden: die Variabilität kann eine querdissipative, eine längsdissipative oder natürlich beides zugleich sein. Dafs die Frage nach Stabilität oder Variabilität in Bezug auf längsdissipative Punkte thatsächlich wegfällt, werden erst spätere Untersuchungen zeigen. Vorerst werden wir die Frage nach Stabilität bezw. Variabilität in Bezug auf blofs querdissipative Netzhautbilder behandeln.

## II. Die Querdissipation und ihr Verhältnis zur Lokalisation in die Tiefe.

§ 12. Da für die Lokalisation in Bezug auf die Kernfläche vor allem das Erfahrungsmoment der perspektivischen Vergrößerung oder Verkleinerung des Bildes störend sein kann, so wurden in allen folgenden Versuchen Objekte von so geringer Gröfse verwendet, dafs die Gröfsenänderung des Bildes innerhalb des hier in Frage kommenden Intervalles unter der Merkmalsgrenze lag. Wo es (wie in den meisten Fällen) auf lineare Objekte ankam, wurden Kokonfäden benutzt, deren Enden nicht sichtbar waren. Außerdem wurde (wo nicht eigens das Gegenteil angegeben ist) ein mit einem rechteckigen Ausschnitt versehener Schirm so vor die Augen gesetzt, dafs aufser den Fäden (oder Punkten) und dem dahinter befindlichen Schirme keine anderen Objekte gesehen werden konnten.

Überdies wurde, wo nicht eigens das Gegenteil angegeben ist, mit fixierendem Blicke und ausnahmslos mit symmetrischer Konvergenz beobachtet.

§ 13. Bei den folgenden Versuchen handelt es sich, wie oben bemerkt, darum, blofs Querdissipationen in Frage kommen zu lassen (also die Längsdissipationen auszuschließen). Ich habe zu diesem Zwecke drei vertikale Kokonfäden ohne unterscheidbare Merkmale benutzt. Dieselben waren je an einem Bügel befestigt und die Bügel in den Schlitzen einer Metallplatte verschiebbar. Zwischen die vertikalen Stücke der Bügel und die Kokonfäden wurde ein gleichmäfsig schwarzer Schirm gestellt, zwischen die Fäden und die Augen ein Karton mit einem rechteckigen Fenster. Der Kopf wurde durch einen Kopfhalter

fixiert. Der Schlitz, in welchem der Bügel mit dem Mittelfaden verschiebbar war, stand genau in der Medianebene.

§ 14. Stellt man nun die beiden seitlichen Fäden so, daß sie gleichen Abstand von der Frontalebene haben (und überdies — worauf es hier weniger ankommt — auch von der Medianebene gleichweit entfernt sind) und versucht bei fortwährend symmetrischer Konvergenz den Mittelfaden so zu stellen, daß er in der Ebene der Seitenfäden erscheint, so zeigt sich, daß er in Wirklichkeit hinter der Ebene der Seitenfäden zu liegen kommt, wenn das Fadensystem dem Auge des Beobachters sehr nahe liegt, und zwar um so weiter hinter der Ebene, je näher es ihm liegt.<sup>1</sup> Macht man den analogen Versuch mit einem fernergelegenen Fadensystem, also z. B. bei einer Distanz von 2 m (wobei natürlich entsprechend dickere Fäden benutzt werden müssen), so muß der Mittelfaden, um in der Ebene der Seitenfäden zu erscheinen, in Wirklichkeit dem Beobachter näher stehen. Die Fläche, in der die Fäden liegen, muß also in ersterem Falle in Wirklichkeit gegen den Beobachter konkav sein, im letzteren Falle konvex. Kehrt man den Versuch um, indem man die Fäden thatsächlich in eine Ebene bringt, so erscheinen sie, in der Nähe gesehen, in einer konvexen Fläche, aus der Ferne in einer konkaven. In einem gewissen Distanzintervalle erscheinen die Fäden in einer Ebene, wenn sie wirklich in einer Ebene liegen.

Bezeichnet man in der üblichen Weise die Gesamtheit derjenigen im Aufsraum befindlichen Punkte, welche sich ohne Querdissipation abbilden, d. h. deren Bilder auf identische Längsschnitte fallen, als Längshoropter, so kann man die eben beschriebene Erscheinung auch so ausdrücken: der Längshoropter ist nur bei einer bestimmten Entfernung oder bei einem bestimmten Intervall von Entfernungen eine Ebene, diesseits dieses Intervalles ist er eine gegen den Beobachter konkave, jenseits desselben eine gegen den Beobachter konvexe Fläche.

Der obige, wie erwähnt von HERING und HELMHOLTZ in übereinstimmender Weise beschriebene, Versuch hat durch

<sup>1</sup> Vgl. HERING, „*Beiträge zur Physiologie*“, V. Heft, pag. 298; ebenso in *Hermanns Handbuch*, III. Bd. I. T. pag. 401, und HELMHOLTZ, *Physiol. Opt.* pag. 654.

HELMHOLTZ eine Interpretation erfahren, welche die Variabilität der Raumwerke auf der Netzhaut zur notwendigen Voraussetzung hat, wie wir in der Folge sehen werden.

§ 15. Ehe ich auf die HELMHOLTZsche Erklärung und einige andere damit zusammenhängende Anschauungen dieses Forschers über die binokulare Tiefenlokalisierung eingehe, werde ich zu zeigen versuchen, wie jener Versuch unter Voraussetzung stabiler Raumwerte erklärt werden kann, ohne vorläufig deren Stabilität zu behaupten.

Denken wir uns zunächst, zwei Punkte  $m$  und  $m'$  (vergl. Fig. 1) der mittleren Querschnitte der beiden Netzhäute<sup>1</sup> hätten

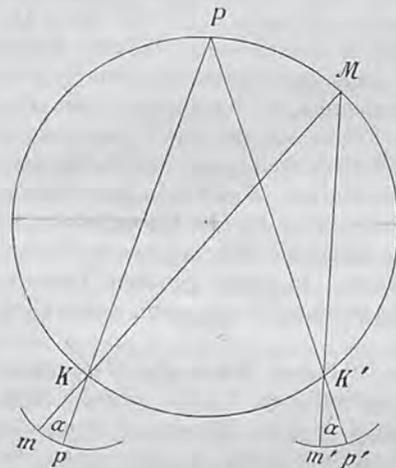


Fig. 1.

dann den Tiefenwert  $= 0$ , wenn die entsprechenden Richtungslinien  $mM$  und  $m'M$  mit den Gesichtslinien  $pP$  und  $p'P$  gleiche Winkel einschließen und der eine Punkt auf der Nasal-, der andere auf der Temporalhälfte der Netzhaut liegt. In diesem Falle wäre, wie eine elementare geometrische Überlegung lehrt, der geometrische Ort aller in die Kernfläche lokalisierten Punkte eine Kreislinie, die durch die beiden mittleren Knotenpunkte ( $K$  und  $K'$ ) und durch den fixierten Punkt

( $P$ ) geht (der sogenannte MÜLLERSche Horopterkreis). Der Radius dieses Kreises würde dann um so größer, also die Krümmung jedes Bogenelementes um so schwächer sein, je weiter der fixierte Punkt vom Beobachter entfernt liegt. Der Grenzfall wäre eine gerade Linie.

Auf den obigen Versuch angewendet, müßten die Fäden stets in einer konkaven Fläche liegen, um in einer Ebene

<sup>1</sup> Die Punkte sollen deshalb auf den mittleren Querschnitten liegen, weil u. a. hier ein Fall gegeben ist, in welchem keine Höhendispersion stattfindet.

gesehen zu werden. Die Konkavität würde schwächer werden mit der Entfernung des Fadensystems vom Beobachter. Theoretisch würde sie erst in unendlicher Entfernung ganz aufhören, niemals aber in Konvexität umschlagen.

§ 16. Nehmen wir nun aber den Fall an, das Punktepaar  $aa'$  müßte, um den Tiefenwert  $= 0$  zu haben, so gelegen sein, daß die Winkel, welche die beiden Richtungslinien mit den zugehörigen Gesichtslinien einschließen, ungleich sind, und zwar so, daß der nasale Winkel größer wäre als der temporale, so läßt sich leicht zeigen, daß die Fläche, in der die Aussenpunkte liegen müssen, damit die Sehfläche eine Ebene bleibe, in der Nähe konkav, in der Ferne konvex und nur in einer bestimmten mittleren Entfernung eben sein müßte.

Um dies deutlich zu machen, brauchen wir nur von dem Falle auszugehen, in welchem die wirkliche Ebene auch als Ebene erscheint, und einen (der Einfachheit wegen in der Blickebene befindlichen) Punkt herauszugreifen. Dieser Punkt befinde sich z. B. rechts vom Fixationspunkt. Seine Richtungslinie für das rechte Auge schließt mit der Gesichtslinie des rechten Auges einen größeren Winkel ein als die Richtungslinie für das linke Auge mit der Gesichtslinie dieses Auges einschließt; oder, um mich eines kürzeren Ausdruckes zu bedienen: der Gesichtswinkel des rechten Auges ist größer als der des linken.

Sind nun die Raumwerte stabil (von welcher Annahme wir ausgingen), so brauchen wir bloß die beiden Gesichtswinkel konstant zu lassen und beide Gesichtslinien beliebig, aber symmetrisch, um die Knotenpunkte zu drehen: der Schnittpunkt der beiden Richtungslinien wird uns immer den wirklichen Ort eines in der Kernfläche gesehenen Punktes geben.

Analytisch läßt sich feststellen, daß, während der Fixationspunkt auf der Medianlinie wandert, der Schnittpunkt zweier Richtungslinien, die mit ihren bezüglichen Gesichtslinien konstante, aber untereinander ungleiche Winkel einschließen, auf einer Hyperbel sich bewegen muß. Ist  $y$  die halbe Basallinie, sind  $\alpha$  und  $\beta$  die beiden von je einer Gesichtslinie und Richtungslinie eingeschlossenen Winkel, macht man ferner die Basallinie zur Abscissenaxe und ihren Mittelpunkt zum Anfangspunkt eines rechtwinkligen Koordinatensystems, so lautet die Gleichung der obigen Hyperbel:

$$x^2 - y^2 + 2xy \cot(\alpha + \beta) = y^2.$$

Zu jedem Punkte der Medianlinie gehört ein bestimmter Punkt der Hyperbel. Heißt die Ordinate eines bestimmten Punktes der Medianlinie  $x_1$ , die Ordinate des dazugehörigen Hyperbelpunktes  $x_2$ , so läßt sich zeigen, daß zwischen  $x_1$  und  $x_2$  folgende Relation besteht:

$$x_2 = \frac{2g \cos \alpha \cos \beta}{\sin(\alpha - \beta)} \cdot \frac{(x_1 - g \operatorname{tg} \alpha)(x_1 + g \operatorname{tg} \beta)}{(x_1 - g \operatorname{tg} \frac{\alpha - \beta}{2})(x_1 + g \operatorname{tg} \frac{\alpha + \beta}{2})};$$

woraus sich ergibt, daß  $x_2 = >$  und  $<$  als  $x_1$  werden kann.

Die folgenden Figuren dienen zur Veranschaulichung sämtlicher möglichen Lagen dieses Schnittpunktes.

Es seien (Figg. 2, 3 u. 4)  $O$  und  $O'$  die mittleren Knotenpunkte der beiden Augen,  $A$ ,  $B$  und  $C$  drei in der Blickenebene befindliche Punkte, der fixierte Punkt  $C$  liege in der Medianlinie,  $A$  und  $B$  symmetrisch zu dieser. Fig. 2 möge den Fall darstellen, in welchem die drei Punkte in einer vertikalen Ebene liegen und auch in einer Ebene gesehen werden. Die Richtungslinien von  $A$  und  $B$  für das linke Auge ( $AO$  und  $BO$ ) schließen mit der Gesichtslinie dieses Auges ( $CO$ ) die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  ein, und Analoges gilt für das rechte Auge. Wie man sieht, ist  $\alpha < \beta$ . Nun rücke (Fig. 3) der Fixationspunkt  $C$  dem Beobachter in der Medianlinie näher. Zieht man nun zwei Paare von Richtungslinien ( $AO$ ,  $BO$  und  $A'O'$ ,  $B'O'$ ), welche mit den Gesichtslinien wieder die Winkel  $\alpha$

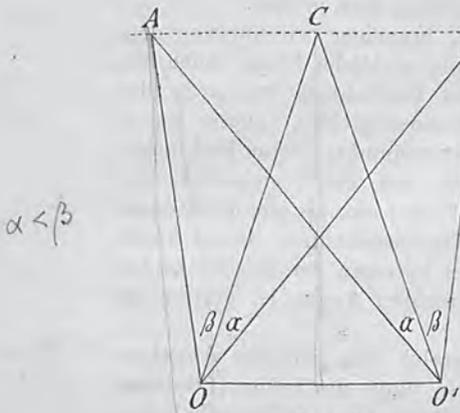


Fig. 2.

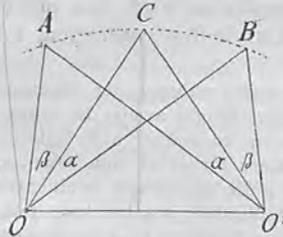


Fig. 3.

und  $\beta$  einschließen, so liegen die Schnittpunkte der Richtungslinien ( $A$  und  $B$ ) der Frontalebene des Beobachters näher

als der Punkt  $C$ . In Fig. 3 sind, da die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  sich nicht geändert haben, dieselben Netzhautpunkte gereizt, wie in Fig. 2. Sind nun, wie wir voraussetzten, die Raumwerte stabil, so müssen die drei Punkte, da sie im ersten Falle in einer Ebene gesehen werden, auch im zweiten Falle in einer Ebene erscheinen.

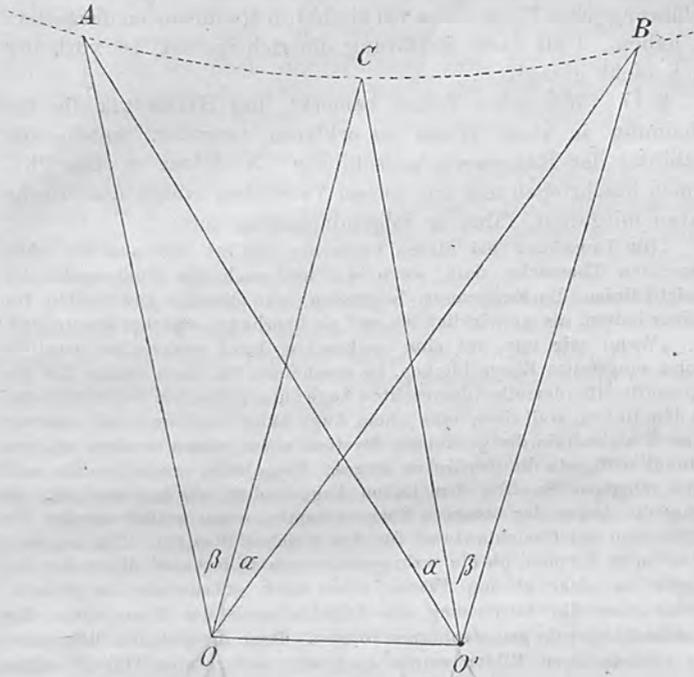


Fig. 4.

In Fig. 4 ist der Fixationspunkt  $C$  weiter vom Beobachter entfernt, als in Fig. 2, die Richtungslinien aber wieder so gezogen, daß sie mit den Gesichtslinien die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  einschließen. Man sieht, daß dann die Schnittpunkte  $A$  und  $B$  ferner liegen als der Fixationspunkt. Wieder aber müssen — unter Voraussetzung stabiler Raumwerte — die drei Sehpunkte in einer (mit der Frontalebene parallelen) Ebene liegen, während die wirklichen Punkte einer gegen den Beobachter konvexen Fläche angehören.

Man sieht also, daß unter Voraussetzung der Stabilität der Raumwerte das Phänomen erklärt werden kann, daß fernliegende Punkte in einer konvexen, naheliegende in einer konkaven Fläche liegen müssen, wenn sie in einer Ebene gesehen werden sollen.

Einstweilen genüge es, wenigstens die Möglichkeit der Erklärung jenes Phänomens bei stabilen Raumwerten dargethan zu haben. Daß diese Erklärung die richtige sei, ist vorläufig noch nicht gesagt.

§ 17. Wie schon früher bemerkt, hat HELMHOLTZ die Erscheinung in einer Weise zu erklären versucht, welche die Stabilität der Raumwerte ausschließt. Nachdem er das Phänomen beschrieben und aus seinen Versuchen einige numerische Daten mitgeteilt, fährt er folgendermaßen fort:

„Die Täuschung bei diesen Versuchen erklärt sich aus der oben bemerkten Thatsache, daß, wenn wir nur nach der Konvergenz der Gesichtslinien die Entfernung beurteilen, wir dieselbe gewöhnlich für kleiner halten, als sie wirklich ist, und sie überhaupt unsicher beurteilen.“

„Wenn wir nun auf eine senkrechte, durch senkrechte parallele Linien eingeteilte Ebene blicken, so erscheinen die nach rechts hin gelegenen Streifen derselben dem rechten Auge unter größerem Gesichtswinkel als dem linken, weil sie erstens jenem Auge näher sind, und weil zweitens seine Gesichtslinie die genannten Streifen unter einem weniger spitzen Winkel trifft, als die des linken Auges. Umgekehrt erscheinen die nach links gelegenen Streifen dem linken Auge breiter, als dem rechten. Je näher die Augen der besagten Ebene kommen, desto größer werden die Differenzen der Gesichtswinkel für den gleichen Streifen. Um nun entscheiden zu können, ob die wahrgenommenen Differenzen dieser Art der Projektion einer ebenen Fläche oder einer gekrümmten angehören, müßte man die Entfernung des Objekts nach der Konvergenz der Gesichtslinien sehr genau schätzen können. Denn die gleichen Differenzen der beiderseitigen Bilder würde auch ein entfernteres Objekt zeigen können, wenn es gegen den Beobachter konvex wäre, oder ein näheres, wenn es gegen den Beobachter konkav wäre.“<sup>1</sup>

Noch ein weiteres Moment führt HELMHOLTZ an, um jene „Täuschung“ zu erklären, auf das wir sogleich zu sprechen kommen werden. Was den eben citierten Teil der Erklärung anlangt, so sieht man, daß sie nur unter der Voraussetzung variabler Raumwerte gültig sein kann. Denn wenn der Beobachter (auf Grund der Konvergenz) die Entfernung des Fadensystems immer richtig schätzte, müßte er nach HELMHOLTZ

<sup>1</sup> *Physiol. Optik.* 1. Aufl. Pag. 655.

die Fäden immer dann in eine Ebene lokalisieren, wenn sie wirklich in einer Ebene liegen. Dann aber würden dem Punkte *a* der einen Netzhaut in den verschiedenen Entfernungen immer verschiedene Punkte der andern Netzhaut so zugehören, daß die Empfindung in der Kernfläche läge.<sup>1</sup> — Außerdem wird man noch einen anderen Unterschied zwischen der HELMHOLTZschen Erklärung und der früher skizzierten bemerkt haben, auf den ich kurz hinweisen will. Das Konkav- oder Konvexsehen der ebenen Fäden ist nach der früheren (auf der Stabilität der Raumwerte basierten) Erklärung Sache der primitiven Empfindung und nicht des Urteils: wir „täuschen uns“ über das wirkliche Ding, nicht über das Sehding.

Nach HELMHOLTZ aber beurteilen wir das Empfundene (das Sehding) als konkav oder konvex, je nach der Schätzung der Entfernung: also — im Falle falscher Schätzung — eine „Täuschung“ in ganz anderem Sinne!

§ 18. Zur falschen Schätzung der Entfernung kommt nach HELMHOLTZ noch ein weiteres Moment, welches auf die besprochene Täuschung Einfluß haben soll: der Mangel von Höhendisparationen. Im unmittelbaren Anschluß an die citierte Stelle fährt HELMHOLTZ fort, wie folgt:

„Daß wir nun das gesehene zweiängige Bild bei den beschriebenen Versuchen so interpretieren, als gehörte es einem entfernteren Objekte an, rührt, wie ich glaube, nicht oder wenigstens nicht allein davon her, daß wir die Entfernung des Objekts unter ähnlichen Umständen meist als zu groß schätzen, wie die oben beschriebenen Versuche bei dem Zielen mit dem einäugig gesehenen Bleistift auf den zweiängig gesehenen Faden zeigen; denn in der That müßte der Irrtum über die Entfernung größer sein, als er wirklich sich bei jenen Versuchen herausstellt, wenn er die gleiche Änderung in der scheinbaren Form des Raumbildes geben sollte. So würden wir in dem ersten Falle der auf Seite 655 gegebenen Beobachtungen<sup>2</sup> die Entfernung auf 627 mm statt auf 450, in dem dritten auf 350 statt auf 237 schätzen müssen. So groß habe ich die Irrtümer nie gefunden. Ich glaube vielmehr, daß wir hier eine falsche Auslegung machen, weil ein anderer Umstand wegfällt, der sonst unser Urteil unterstützt. Wenn wir nämlich nicht bloß gleichmäßig fortlaufende gerade Linien in ähnlicher Lage, wie die Fäden bei dem zuletzt beschriebenen Versuche vor Augen haben, sondern Linien, welche deutlich sichtbare Merkpunkte darbieten, oder Objekte, an denen auch horizon-

<sup>1</sup> Vgl. oben § 9.

<sup>2</sup> HELMHOLTZ bezieht sich hier auf seine messenden Angaben über die Krümmung von Flächen, die eben erscheinen.

tale Grenzlinien vorkommen, so erscheinen uns die vertikalen Längen, welche dem rechten Auge näher liegen, unter größerem Gesichtswinkel, als dem linken Auge und umgekehrt.<sup>1</sup>

Nachdem HELMHOLTZ zum Beweise des Gesagten einen Versuch mit stereoskopischen Figuren anführt, den wir erst später mitteilen und diskutieren werden, fährt er fort:

„Wenn man nun die Bilder so wählt, daß Verschiedenheiten in den vertikalen Dimensionen für beide Augen gar nicht vorkommen können, also z. B. wie in dem oben besprochenen Versuche drei vertikale Fäden, ganz gleichmäßig fortlaufend und ohne Merkpunkte, betrachtet, so fällt ein Teil derjenigen Zeichen fort, an denen wir sonst die Nähe der Bilder erkennen. Die Differenzen, welche die horizontalen Abstände der Fäden in den beiden Netzhautbildern zeigen, sind nicht begleitet von den sonst immer gleichzeitig vorkommenden entsprechenden vertikalen Differenzen, oder wenigstens sind letztere nicht wahrnehmbar, und da wir in der Beurteilung der Nähe durch Konvergenz nicht sehr sicher sind, so beurteilen wir die drei Fäden, wie ein Objekt, welches etwas ferner ist, und an dem alsdann die vorhandenen Differenzen der horizontalen Dimensionen nur vorkommen können, wenn es gegen den Beobachter konvex ist.“<sup>2</sup>

Zum Beweise der Richtigkeit dieser Erklärung hat nun HELMHOLTZ (abgesehen von dem später zu erwähnenden Versuche mit den stereoskopischen Figuren) den Versuch mit den drei Fäden in der Weise abgeändert, daß er auf jeden Faden eine Reihe von Goldperlen in Zwischenräumen von etwa 4 cm aufzog und sich dann wieder die Aufgabe stellte, die Fäden in eine Ebene zu bringen. Die Täuschung war dann „bis auf einen geringen Rest geschwunden“. Während er z. B. bei drei Fäden ohne Merkpunkte, deren äußere 256 mm voneinander entfernt waren und die aus 450 mm Entfernung betrachtet wurden, den mittleren um 10,5 mm hatte zurückschieben müssen, um sie eben zu sehen, so brauchte er, wenn die Perlen aufgezogen waren, den Mittelfaden nur um 2 mm zurückzuschieben. Ja es genügte für HELMHOLTZ, irgend einen, selbst krummlinig begrenzten Gegenstand (z. B. einen Papierschneider) den Fäden zu nähern, um die erwähnte Täuschung fast ganz verschwinden zu machen. Ob die HELMHOLTZsche Erklärung annehmbar ist, darüber dürften die Untersuchungen des sogleich folgenden Kapitels Aufschluß geben.

<sup>1</sup> A. a. O. pag. 655—56.

<sup>2</sup> A. a. O. pag. 657.

### III. Über den Einfluss der Höhendisparation auf die Tiefenlokalisation.

§ 19. Von den zwei von HELMHOLTZ zur Erklärung herangezogenen Momenten,

1. falsche Schätzung der Entfernung,
2. Mangel der Höhendisparation,

wollen wir zunächst das zweite einer genaueren Prüfung unterziehen.

Wir fragen also: welcher Unterschied ergibt sich für die Tiefenlokalisation, je nachdem Höhendisparationen vorhanden sind oder fehlen?

Zur Entscheidung dieser Frage stellte ich zunächst folgenden Versuch an. Nachdem ich mit den erwähnten Kokonfäden eine Reihe von Einstellungen gemacht hatte, wobei die Entfernung der Ebene der Seitenfäden von der Frontalebene zwischen 300 mm und 110 mm variiert und die jeweilige Distanz, welche dem Mittelfaden gegeben werden mußte, damit er in der Ebene der Seitenfäden erschien, gemessen worden war — befestigte ich an den Fäden eine Reihe von kleinen (durchschnittlich etwa  $\frac{1}{2}$  qmm großen) und verschieden geformten Papierschnitzelchen, und zwar in ganz regelloser Anordnung. Hierauf brachte ich die Seitenfäden successive in alle die Lagen, die sie, ehe die Schnitzel aufgeklebt waren, eingenommen hatten, und suchte nun wieder den Mittelfaden so zu stellen, daß er in der Ebene der Seitenfäden erschien. Die betreffenden Entfernungen wurden wieder gemessen.

Ich hatte für sechs verschiedene Entfernungen der Seitenfäden (deren kleinste 110 mm, und deren größte 300 mm betrug) die Lage des Mittelfadens betimmt, wobei ich für jede der sechs Entfernungen je acht Einstellungen machte, den Durchschnittswert ausrechnete und die Größe des Fehlerintervalles bestimmte. In gleicher Anzahl wurden dann auch Bestimmungen gemacht, während die Fäden mit den Papierschnitzelchen behaftet waren.

Hiebei ergab sich nun, daß der Mittelfaden dieselbe (oder eine nur innerhalb des Fehlerintervalles abweichende) Stellung einnahm, wie in den Versuchen, bei denen keine Papierschnitzel vorhanden und demnach keine Höhendisparationen gegeben waren.

§ 20. Bei einer weiteren Versuchsreihe wurde auf jeden Faden nur je ein kleines Schnitzelchen angebracht<sup>1</sup> und dieses mit einer Leuchtsubstanz bestrichen; die Kokonfäden wurden geschwärzt und als Hintergrund ein schwarzer Schirm verwendet, außerdem die Fensterladen geschlossen, so daß das Zimmer nur sehr spärlich beleuchtet war. Bei dieser Anordnung waren die Fäden gar nicht mehr zu sehen, nur die drei leuchtenden Punkte. Die seitlichen Fäden waren vor Beginn des Versuches symmetrisch zur Medianebene aufgestellt und ihre Entfernung vom Beobachter und vom Mittelfaden gemessen. Nach Verdunkelung des Raumes wurde dann der mittlere Faden so zu stellen gesucht, daß der darauf befindliche leuchtende Punkt in einer vertikalen, durch die seitlichen Lichtpunkte gehenden Ebene erschien. Die darauffolgende Messung der Distanz des Mittelfadens vom Beobachter ergab, daß die Anordnung der Fäden dieselbe (oder nur innerhalb des Fehlerintervalles abweichende) war, wie in dem Falle, wo die Fäden in ihrer ganzen Länge sichtbar und nicht mit Merkpunkten versehen waren.

§ 21. Einige weitere sogleich zu beschreibende Versuche werden, wie ich hoffe, erklären, woher der Gegensatz kommt, der zwischen den angegebenen Resultaten und denen besteht, welche sich für HELMHOLTZ bei dem Versuche mit den Goldperlen ergeben hatten.

Bei einer weiteren Versuchsreihe wurden drei horizontale Kokonfäden so orientiert, daß sie den symmetrisch gestellten vertikalen Seitenfäden an deren vorderer Seite anlagen, sich also in derselben Ebene befanden wie diese. Wurde nun der Mittelfaden so eingestellt, daß er in der Ebene der Seitenfäden erschien, so zeigte sich, daß er in Wirklichkeit wieder an derselben (oder nur an einer innerhalb des Fehlerintervalles liegenden) Stelle stand, die er einnehmen mußte, wenn — *ceteris paribus* — die Horizontalfäden nicht da waren.

Also auch hier war ein Einfluß der Höhendisparation nicht zu konstatieren.

§ 22. Nun traf ich folgende weitere Abänderung des Versuches.

<sup>1</sup> Und zwar so, daß nur das mittlere Schnitzelchen in der Blickenebene lag, während die beiden seitlichen von dieser Ebene verschieden weit entfernt waren.

Die Vertikalfäden wurden durch feine Drähte ersetzt, die horizontalen Kokonfäden aber so angeordnet, wie es die nebenstehende Figur (Fig. 5.) zeigt.



Fig. 5.

Wenn hier der mittlere Draht hinter die wirkliche Ebene der Seitenfäden zurücktritt (also etwa in die in der Zeichnung veranschaulichte Stellung), so nimmt er die horizontalen Fäden mit sich fort. (Ich habe zu diesem Zwecke die horizontalen Fäden nicht an den Seitendrähten befestigt, sondern dieselben durch seitwärts gelegene Ösen laufen lassen und die Enden mit Wachskügelchen belastet.) Stellte ich nun die Drähte so, wie sie ohne die Horizontalfäden hatten stehen müssen, um in einer Ebene zu erscheinen, so schienen sie nunmehr nicht in einer Ebene zu liegen. Hier war also die Anwesenheit der horizontalen Fäden für die Lokalisation der vertikalen nicht mehr gleichgültig, wie bei dem früher angegebenen Versuche — übereinstimmend mit den Angaben, die HELMHOLTZ macht. Nun stellte ich den Mitteldraht in die wirkliche Ebene der Seitendrähte: sofort erschien er mir vor dieser Ebene zu liegen. Bei zwischenliegenden Positionen des Mitteldrahtes war ich im Urteil unsicher und schwankend. Eine Stelle zu finden, in welcher ich den mittleren Draht mit aller Entschiedenheit in die Ebene der seitlichen Drähte verlegt hätte, war mir ganz unmöglich.

§ 23. Nun fragt es sich vor allem, warum bei der letzt-erwähnten Versuchsanordnung die horizontalen Fäden überhaupt einen Einfluss auf die Tiefenlokalisierung gewinnen konnten? In den Höhendisparationen, welche die Kreuzungspunkte der vertikalen und horizontalen Linien ergeben, konnte der Grund unmöglich liegen: denn Höhendisparationen waren ja auch bei den Versuchen mit den Papierschnitzelchen gegeben, und eben dort hatten sie sich als einflusslos erwiesen.

Der wahre Grund liegt vielmehr in demselben bekannten Umstande, der uns auch die flächenhafte Darstellung von Körpern als in die Tiefe sich erstreckend erscheinen lässt, d. h. in der Perspektive. Ein spitzer Winkel, auf ein zur

Frontalebene paralleles Papierblatt gezeichnet, muß nicht als spitzer, er kann vielmehr auch als rechter sich in die Tiefe erstreckender Winkel erscheinen. Gerade Linien hingegen, die keine Winkel bilden, werden in der Ebene des Papiers gesehen, sie erscheinen nicht als perspektivische Verkürzungen von Linien, die sich in die Tiefe erstrecken.

Die Tiefenwahrnehmung infolge der Perspektive ist, wie schon früher erwähnt, eine empirische, sie erfolgt auf Grund früherer Erfahrungen. Beim binokularen Sehen hat unter Umständen die Perspektive diejenige Lokalisation zu überwinden (bzw. zu modifizieren), welche durch die Disparation der Netzhautbilder entstehen würde; beim monokularen Sehen, wo eine Disparation nicht gegeben sein kann, ist dann die Wirkung der Perspektive im allgemeinen eine stärkere, worauf unter anderem die Thatsache zurückzuführen ist, daß Gemälde, Photographien u. dergl. an Plastik gewinnen, wenn man sie mit einem Auge betrachtet.

Auf unseren Versuch angewendet, ergibt sich aus dem Gesagten folgendes:

Die horizontalen Fäden erleiden, wenn der mittlere vertikale Draht hinter der Ebene derselben liegt, da, wo sie der Draht berührt, merkliche Einknickungen, und diese geben ein empirisches Motiv für die Lokalisation ab. In der That sind ja derartige Einknickungen der horizontalen Linien und Verkürzungen ihrer einzelnen Abschnitte nur dann vorhanden, wenn das ganze Liniensystem kein ebenes ist, was uns durch die gewöhnlichen Erfahrungen an ebenen, gekrümmten oder gebrochenen Gittern hinreichend bekannt ist. Nur der in der Blickebene befindliche Horizontalfaden wird so eingeknickt, daß seine Einknickung auf die Lokalisation der Vertikalfäden keinen Einfluß haben kann, einfach deswegen, weil die Einknickung gar nicht gesehen wird. Bei den ober- oder unterhalb der Blickebene befindlichen Horizontalfäden ist dies natürlich nicht der Fall.

Das Erfahrungsmotiv der Perspektive wirkt, wie man sieht, im Widerspruche zu dem, was in der primitiven Empfindung selbst gegeben ist. Welches Motiv schließlich überwiegt, wird von zufälligen Umständen und zum Teil gewiß auch von individuellen Eigentümlichkeiten abhängen. Bei mir z. B. hat, wenn im vorigen Versuche die Vertikalfäden wirklich in einer

Ebene liegen, die Thatsache, daß alle Knickungen und Ausbiegungen der Horizontalfäden verschwunden sind, auf die Lokalisation der Vertikalfäden nahezu gar keinen Einfluß; ich sehe in solchen Fällen die vertikalen Fäden in einer konvexen Fläche; ich lokalisiere sozusagen die vertikalen und horizontalen Fadensysteme ganz unabhängig von einander.

Dasselbe ist auch bei Herrn Professor HERING der Fall, der so gütig war, diese wie auch alle übrigen Beobachtungen zu kontrollieren. Es spricht jedoch nichts dagegen, daß Andere sich durch das Fehlen der Einknickungen in den horizontalen Fäden mehr oder vielleicht ausschließlich bei der Lokalisation der vertikalen Fäden bestimmen lassen und sozusagen beide Fadensysteme aufeinander beziehen, während, wie gesagt, Andere dies nicht thun.

§ 24. Nach dem Gesagten wird der Leser leicht erraten, wie ich den HELMHOLTZschen Versuch mit den Goldperlen auffasse. HELMHOLTZ hat die Perlen „in Zwischenräumen von etwa 4 cm voneinander befestigt“, also regelmäßig angeordnet, wie zu vermuten, so, daß je drei Perlen in einer Geraden lagen, also die Kreuzungsstellen der drei vertikalen (gesehenen) Fäden mit drei horizontalen (hinzugedachten) Fäden darstellten. Somit können dieselben Effekte entstehen, die auch ich beobachtete, sobald ich (in der § 22 angegebenen Weise) die horizontalen mit den vertikalen Fäden in Verbindung brachte.

Es ist also gar nicht zu verwundern, wenn HELMHOLTZ die in einer konkaven Fläche liegenden Fäden als konkav erkannte. In der Höhendisparation war der Grund nicht gelegen. Aber auch, wenn die Querlinien (gerade oder solche von bekannter und regelmäßiger Krümmung, wie bei dem Papierschnneider) sich nicht mitbewegen, kann es auf Zufälligkeiten oder auch individuelle Eigentümlichkeiten ankommen, ob die vertikalen und queren Linien in ihrer Lokalisation aufeinander bezogen werden oder nicht. Bei mir ist, wie gesagt, letzteres der Fall.

Daß übrigens der HELMHOLTZsche Versuch mit den Goldperlen in der oben beschriebenen Weise gedeutet werden muß, dafür giebt auch der Umstand Zeugnis, daß er ebenso ausfällt, wenn man ihn monokular anstellt. Ich habe zu diesem Zwecke vier Horizontalreihen von Papierschnitzelchen an den Kokonfäden befestigt und die letzteren bei einäugiger Betrachtung

tung in eine Ebene zu stellen gesucht. Dies gelang ziemlich sicher, weil es sich dabei eben um nichts anderes handelt, als darum, die Schnitzel in gerade Linien zu bringen. Die kleinen Abweichungen von der Ebene fielen dabei sowohl im Sinne der Konkavität als auch der Konvexität aus.

Bei dem HELMHOLTZschen Versuche mit den Goldperlen ist es überdies sehr wohl möglich, das auch die scheinbare Größe der einzelnen Perlen, bzw. daß Größer- oder Kleinerwerden derselben bei Näherung oder Entfernung einen Anhalt für die richtige Lokalisation der Fäden gegeben hat, was bei den Papierschnitzelchen wegen ihrer Kleinheit nicht möglich war.

§ 25. In ähnlicher Weise dürften sich die HELMHOLTZschen Versuche mit den stereoskopischen Figuren erledigen, auf die ich jetzt zu sprechen komme.

HELMHOLTZ stellt<sup>1</sup> zunächst zwei Paare stereoskopischer Figuren dar. Das eine Paare *A* repräsentiert die Projektionen eines ebenen, nahe vor dem Gesicht befindlichen Schachbrettes, das andere Paar *B* die Projektionen eines cylindrisch gekrümmten (gegen den Beobachterkonvexen) fernen Schachbrettes.

Die Projektionen sind so gezeichnet (bzw. das Schachbrett, von dem die Projektionen stammen, in solcher Entfernung und Größe gedacht), daß je zwei Vertikallinien von *A* denselben Abstand voneinander haben wie die homologen Vertikallinien von *B*; in Bezug auf die Vertikalen ist also das Paar *B* identisch mit dem Paare *A*. Die Querlinien des Paares *A* sind hingegen gerade, während die Querlinien des Paares *B* sehr merklich gekrümmt sind — wie dies eben bei Projektionen von ebenen und gekrümmten Flächen so sein muß.

Nun entsteht bei haploskopischer Vereinigung der beiden Bilder des Paares *A* die Empfindung eines nahen ebenen, bei haploskopischer Vereinigung der Bilder des Paares *B* die eines gekrümmten Schachbrettes. Da nun, wie bemerkt, die Querdisparationen bei beiden Paaren dieselben sind, so kann — schließt HELMHOLTZ — der verschiedene Tiefeneffekt nur in den beiderseits verschiedenen Höhendisparationen seinen Grund haben.<sup>2</sup>

Was nun die Vertikalen und ihre gegenseitigen Abstände

<sup>1</sup> *Physiol. Optik*, Taf. VI. *A* und *B*.

<sup>2</sup> *Physiol. Optik*, pag. 656.

anbelangt, so ist es richtig, daß sie ebenso von einem nahen ebenen, wie von einem fernen konvexen Schachbrett herrühren können. Aus späteren Versuchen wird hervorgehen, daß, wenn nur in der pag. 20 f. veranschaulichten Weise die gereizten Netzhautstellen dieselben sind, dies für die Empfindung vollkommen gleichgültig ist. Die geraden, bezw. krummen Querlinien aber geben für die erfahrungsmäßige Lokalisation des als eben Empfundenes denselben Anhaltspunkt, wie in dem früher erwähnten Versuche die eingeknickten Horizontalfäden. Die dort angestellten Betrachtungen wären hier einfach zu wiederholen. Nur dies Eine möchte ich noch hinzufügen, daß die krummen Querlinien in dem Figurenpaare B schon bei bloß monokularer Betrachtung des einen oder andern Bildes die Vorstellung einer konvexen Fläche hervorzurufen geeignet sind. Da aber niemand daran denkt, der primitiven Empfindung beim monokularen Sehen eine Variabilität der Tiefendimensionen zuzuschreiben, so liegt darin der beste Beweis, daß wir es hier mit einer durch die Erfahrung erzeugten Modifikation zu thun haben. Zur Entscheidung der Frage aber, ob in gewissen Fällen die primitive Empfindung selbst Tiefenunterschiede zeige oder nicht, eignet sich nichts schlechter als perspektivische Projektionen, weil gerade sie das geeignetste Material sind, auf das frühere Erfahrungen modifizierend wirken können.<sup>1</sup>

Nach den früheren Erörterungen über die zwei Motive von Sinnestäuschungen ist das Eben-Sehen der in einer konvexen oder konkaven Fläche liegenden Vertikallinien eine schon in der primitiven Empfindung begründete Täuschung über das wirkliche Ding. Durch Einführung von Querlinien können Bedingungen für eine solche Modifikation des primitiven Empfindungsinhaltes geschaffen werden, daß die tatsächlich resultierende Empfindung mit der Wirklichkeit übereinstimmt.

Als Ergebnis der Untersuchungen dieses Kapitels dürfen wir folgenden Satz aussprechen:

Die Vertikal- (oder Höhen-)Disparation ist ohne jeden Einfluß auf die Lokalisation in die Tiefe.

<sup>1</sup> Analoges gilt von einem dritten Paare stereoskopischer Figuren, welches die Projektionen eines fernen und konkaven Schachbrettes darstellt. Die im Texte angestellten Erörterungen sind hier — mutatis mutandis — zu wiederholen.

#### IV. Über den Einfluss der scheinbaren Entfernung der Kernfläche auf die binokulare Tiefenlokalisation.

§ 26. Das eine Moment, welches HELMHOLTZ zur Erklärung der mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmenden Lokalisation in die Tiefe herangezogen hat — die Höhendisparation nämlich, bezw. der Mangel einer solchen — hat sich, wenn die Erörterungen des vorigen Kapitels richtig sind, als untauglich erwiesen. Wir haben nun noch das andere Moment, das HELMHOLTZ ebenfalls zur Erklärung jener „Täuschungen“ benutzt hat, auf seine Tauglichkeit zu prüfen: die mit der Wirklichkeit disharmonisierende scheinbare Entfernung eines Objektes vom Beobachter (vgl. § 17).

Ehe wir an die Prüfung dieses Erklärungsmittels gehen, mag ein Wort vorausgeschickt werden über die Bedeutung, die HELMHOLTZ selbst ihm beimisst.

In der früher citierten Stelle sagt der genannte Forscher, die Täuschung, vermöge der wir vertikale Fäden in eine gekrümmte Fläche bringen müssen, damit sie uns in einer ebenen zu liegen scheinen, rühre „nicht oder wenigstens nicht allein davon her, daß wir die Entfernung des Objekts unter ähnlichen Umständen meist als zu groß schätzen“, sie habe vielmehr ihren Grund in dem Mangel an Merkpunkten, welche Höhendisparationen erzeugen.

Wenn ich nicht irre, liegt hier ein Fehler im Gedankengang vor. Die falsche Schätzung der Entfernung des Mittelfadens — meint HELMHOLTZ — veranlaßt uns zu einer entsprechend falschen Beurteilung der relativen Lage der Seitenfäden; vorhandene Merkmale, die Höhendisparationen ergeben, korrigieren nach HELMHOLTZ unser Urteil. Nun sollte man doch meinen, daß HELMHOLTZ daraus den Schluß ziehen mußte: also wird unser Urteil, wenn alle Höhendisparationen mangeln, lediglich durch die (falsche) Schätzung der Entfernung bestimmt! Wenn ein irreführendes Motiv vorhanden ist, die entsprechende Korrektive aber mangelt, dann ist die Wirksamkeit des ersteren eben durch nichts gestört, und der resultierende Irrtum muß einzig und allein jenem täuschenden Motiv zur Last gelegt werden. Es ist daher nicht einzusehen, wieso die in Rede stehende Täuschung „nicht oder wenigstens nicht allein“ von der falschen Beurteilung der Distanz herrühren sollte.

Wenn also HELMHOLTZ an der citierten Stelle nachweist, daß die Fehler in der Schätzung der Entfernung viel größer sein müßten, als sie es in Wirklichkeit sind, falls die Täuschung über die relative Tiefenlage der Fäden sich daraus erklären sollte, so liegt eben darin — wie mir scheint — der beste Beweis für die Untauglichkeit jenes Erklärungsprinzipes.

§ 27. Wir werden uns nunmehr eingehender mit der Frage beschäftigen, welchen Einfluß die scheinbare Entfernung des fixierten Punktes auf die disparative Tiefenlokalisation hat.

Halten wir uns noch einmal das Erklärungsprinzip vor Augen, welches HELMHOLTZ hier maßgebend macht. Der Abstand zwischen zwei Vertikallinien, von denen die eine in, die andere außer der Medianebene gelegen ist, erscheint dem einen Auge unter anderem Gesichtswinkel, als dem andern; dieselbe Gesichtswinkeldifferenz würde einem fernen Liniensystem entsprechen, wenn dieses gegen den Beobachter konvex, einem nahen, wenn es gegen den Beobachter konkav wäre; unterschätzen wir also die Entfernung des Liniensystems, so müssen wir es dasselbe für konkav, überschätzen wir sie, so müssen wir es für konvex halten. Die Fehler in der Beurteilung der Entfernung aber rühren daher, daß wir für dieselbe nur den höchst unsicheren Anhaltspunkt des Konvergenzgeföhles haben.

Ganz abgesehen nun davon, daß wir HELMHOLTZ selbst bemerken hörten, die Fehler, welche er bei der Schätzung der Entfernung macht, stimmten graduell nicht mit der Täuschung beim Konkav-, Eben- und Konvexsehen, — so wäre doch mindestens zu erwarten, daß die falsche Schätzung der Entfernung wenigstens der Richtung nach eine gewisse Konstanz zeige, in der Weise, daß eine gewisse (wirkliche) Entfernung oder ein gewisses Intervall von Entfernungen richtig geschätzt, größere Entfernungen unter-, kleinere überschätzt würden. Dies ist aber nach dem, was HELMHOLTZ darüber angiebt, nicht der Fall. Pag. 652 hören wir, „daß die Beurteilung der Entfernung nach der Konvergenz der Gesichtslinien unter günstigen Umständen, und wenn sie durch keinerlei beirrende Einflüsse gestört wird, ziemlich gute Resultate giebt“, daß sie aber leicht durch andere, widersprechende Momente überwogen werden könne. Pag. 650 werden Versuche mitgeteilt, die ergeben, daß HELMHOLTZ die Entfernung immer überschätzt, während WUNDT, der seine Versuche bei wirklichen Ent-

fernungen von 180 cm bis 40 cm angestellt hat, die Entfernung stets — und um ein Beträchtliches — unterschätzt. Pag. 655 wird bemerkt, daß, „wenn wir nur nach der Konvergenz der Gesichtslinien die Entfernung beurteilen, wir dieselbe gewöhnlich für kleiner halten, als sie wirklich ist, und sie überhaupt unsicher beurteilen.“ An der schon mehrfach citierten Stelle, pag. 655—56, heißt es: „Daß wir nun das gesehene zweiäugige Bild bei den beschriebenen Versuchen so interpretieren, als gehörte es einem entfernteren Objekte an, rührt, wie ich glaube, nicht oder wenigstens nicht allein davon her, daß wir die Entfernung des Objekts unter ähnlichen Umständen meist als zu groß schätzen etc.“ Nach alledem läßt sich nur sagen, daß die Schätzung der Entfernung unsicher ist, nicht aber, daß sie — unter sonst gleichen Umständen — zu klein ausfällt, wenn die wirkliche Entfernung über einen gewissen Punkt (oder über ein gewisses Intervall) hinausgeht, zu groß, wenn sie hinter diesem zurückbleibt. Dieses aber müßte der Fall sein, wenn die Thatsache, daß wir ein System von Vertikallinien, die wirklich in einer Ebene liegen, in der Ferne als konkav, in der Nähe als konvex beurteilen, sich aus einer falschen Schätzung der Entfernung erklären lassen soll.

§ 28. Die sämtlichen Täuschungen über die Entfernung von Objekten, die HELMHOLTZ beobachtet hat (und die sich in der That immer wieder konstatieren lassen), dürften, wenn ich nicht irre, auf zwei Grundtypen zurückzuführen sein, die mir aber HELMHOLTZ nicht mit genügender Klarheit auseinanderzuhalten scheint:

1. Wir lokalisieren den fixierten Punkt in Übereinstimmung mit der Konvergenz, und insofern lokalisieren wir ihn richtig, d. h. wir lokalisieren ihn dorthin, wo sich die beiden Gesichtslinien schneiden. Hier ist bereits eine Täuschung möglich, dann nämlich, wenn die Konvergenz der wirklichen Entfernung des Objektes nicht angepaßt ist. Man braucht nur Prismen oder Doppelspiegel vor die Augen zu setzen, kurz für irgend welche Ablenkung der Lichtstrahlen zu sorgen; zugleich wird jedes Auge unwillkürlich sich so stellen, daß das Bild des betreffenden Objektpunktes auf die Stelle des deutlichsten Sehens fällt, also fixiert wird. Die Konvergenz entspricht dann nicht der Lage des wirklichen Punktes; und wenn das Urteil über die Entfernung des gesehenen Objektes mit dieser Kon-

vergenz übereinstimmt, so disharmoniert es notwendig mit der wirklichen Entfernung des (wirklichen) Objektes. Um diese Art der Täuschung über die wahre Entfernung handelt es sich z. B. bei dem von HELMHOLTZ pag. 658 beschriebenen Versuche, den wir später (pag. 45 ff.) ausführlich besprechen werden. Hier sei nur bemerkt, daß bei diesem Versuche eine Kombination von zwei Prismen vor ein Auge gesetzt und so die Gesichtslinie von ihrer normalen Lage abgelenkt wird.

2. Die zweite Art der Täuschung über die Entfernung eines Objektes besteht darin, daß wir dasselbe gar nicht entsprechend der Konvergenz lokalisieren, so daß, wenn auch diese letztere der wahren Entfernung des Objektes angepaßt ist, die Lokalisation des Objektes dennoch falsch ausfällt. Diese Art von Täuschung ist die von HELMHOLTZ am meisten zur Erklärung des Konkav- oder Konvexsehens herangezogene. Sie findet statt, wenn wir die Entfernung von Objekten falsch auffassen, die wir in normaler Weise sehen, d. h. so, daß die Lichtstrahlen, ehe sie die Cornea treffen, keinerlei Ablenkung erfahren. Dieselbe Täuschung kann aber auch stattfinden, wenn wir zwei Stereoskopbilder vereinigen (ob dies nun mit oder ohne haploskopische Vorrichtung geschieht). Hier erscheint uns bei parallelen, ja selbst divergenten Gesichtslinien, das gesehene Objekt doch nicht in unendlicher Entfernung, wie es sein müßte, wenn die scheinbare Entfernung dem Konvergenzwinkel entspräche.

Natürlich können sich beide Arten von Täuschung kombinieren, in der Weise, daß sie beide gleichsinnig oder auch in entgegengesetztem Sinne wirken.

Wir werden in den sogleich zu beschreibenden Versuchen beide Arten von Täuschung zu isolieren trachten und für jede einzeln die Frage stellen, ob sie eine Änderung in der (disparativen) Tiefenlokalisierung zur Folge hat.

Selbstverständlich muß, wenn die Versuche irgend etwas beweisen sollen, stets dafür gesorgt werden, daß die Netzhautbilder sich trotz sonstiger Änderung der Versuchsumstände in keiner Weise ändern. Denn nur so sind wir im stande, darüber zu urteilen, ob Täuschungen über die Entfernung des Gesehenen vom Beobachter irgend welchen Einfluß auf die disparative Tiefenlokalisierung haben oder nicht.

Die folgenden zwei Fundamentalversuche dürften über die

Frage, ob die scheinbare Entfernung einen Einfluß auf die disparative Tiefenlokalisation habe, entscheiden.

§ 29. I. Versuch, in welchem die Kernfläche bei gleichbleibender Konvergenz verschieden lokalisiert wird.

Der Versuch wurde in folgender Weise angestellt:

An einem horizontalen zur Frontalebene parallelen Glasstab wurden zwei Gruppen von je drei mit Gewichten belasteten Fäden mittels loser Schlingen so aufgehängt, daß, wenn die Gesichtslinien parallel und geradeaus gerichtet waren, jede Gesichtslinie auf den Mittelfaden einer der beiden Gruppen traf, wobei die Entfernung des Fadensystems vom Beobachter so gewählt werden muß, daß die Fäden trotz der Einstellung der Augen für ihren Fernpunkt hinreichend scharf erscheinen. (Die Mittelfäden müssen also um die Basallinie voneinander entfernt sein und symmetrisch zur Medianebene liegen.) Die Bilder der beiden Mittelfäden werden unter diesen Umständen verschmelzen. Die beiden Seitenfäden der einen (etwa der linken) Gruppe mögen eine beliebige Entfernung vom Mittelfaden haben; die Seitenfäden der anderen Gruppe können dann mittels der losen Schlingen leicht an dem Glasstabe so verschoben werden, daß ihre Bilder erstens mit den Bildern der linken Seitenfäden überhaupt verschmelzen, und dann, daß die so einfach gesehenen Seitenfäden mit dem Mittelfaden zusammen in einer mit der Frontalebene parallelen Ebene erscheinen. Die scheinbare Entfernung der Ebene, in welcher die drei Fäden liegen, ist dabei je nach Umständen veränderlich. Hielt ich nahe hinter die Fäden, etwa  $\frac{1}{2}$  m von meinen Augen entfernt, einen Schirm, so schienen die drei Fäden unmittelbar dem Schirme anzuliegen, also ebenfalls in einer Entfernung von beiläufig  $\frac{1}{2}$  m, weil ja der Schirm richtig lokalisiert wurde. Da die scheinbare Entfernung der Ebene eine ganz unbestimmte, oder besser gesagt, je nach Umständen variable ist, so gelingt es unter geeigneten Verhältnissen leicht, sie beträchtlich zu vergrößern. Nach Wegnahme des Schirmes lokalisierte ich die Ebene der drei Fäden in eine Entfernung von etwa 6 m. Diese Lokalisation wurde wesentlich durch folgenden Umstand hervorgerufen: das Fadensystem stand vor einem offenen Fenster; das nächste sichtbare Objekt war ein etwa 6 m entfernter Baum, dessen

dunkles Geäste teilweise in das Feld der drei Fäden hineinragte. Wo nun eben ein Ast den Hintergrund für die, ebenfalls dunklen Fäden bildete, schienen diese, da sie sich an jenen Stellen nicht abhoben, unterbrochen zu sein, und dieser Umstand erweckte die Vorstellung, als deckte der Ast die Fäden stellenweise, bezw. als lägen die Fäden hinter dem Aste (dessen Entfernung vom Fenster mir wohl bekannt war.) Gemäfs der größeren scheinbaren Entfernung schienen mir dabei die dünnen Zwirnsfäden etwa wie 1 cm dicke Eisenstäbe — unmittelbar hinter dem betreffenden Aste liegend. Sie zeigten aber keinerlei Abweichung von der Ebene. Und umgekehrt: wenn ich den Versuch damit begann, dafs ich die Fäden in dem Falle, wo ich sie in etwa 6 m Entfernung lokalisierte, so stellte, dafs sie in einer zur Frontalebene parallelen Ebene erschienen, und dann den Schirm vorhielt, so blieben sie wiederum in einer Ebene, obwohl sie mir nun auf dem Schirm, also in einer Entfernung von etwa  $\frac{1}{2}$  m, zu liegen schienen.

Die variable scheinbare Entfernung war in allen diesen Fällen, wie man sieht, nicht in Übereinstimmung mit dem Konvergenzgrade, da ja die Gesichtslinien fortwährend parallel standen, eine Stellung, die einem unendlich fernen Objekte entspricht. Übrigens gelingt der Versuch auch bei konvergenten Gesichtslinien, solange nicht die gleichzeitige Anspannung der Accomodation die Konturen der entfernten Objekte verschwimmen macht und so ein Beziehen der scheinbaren Lage der Fäden auf diese Objekte verhindert.

Der Versuch beweist, dafs — unter Voraussetzung konstanter Konvergenz — diejenigen Objekte, welche bei einer gewissen Entfernung der Kernfläche in diese lokalisiert werden, auch dann in dieselbe lokalisiert werden, wenn sich die Entfernung der Kernfläche selbst ändert. Man kann diesen Satz auch so ausdrücken: bei konstanter Konvergenz ist die Gestalt des Längshoropters unabhängig von der scheinbaren Entfernung des im Längshoropter Gelegenen.

II. Versuche, in welchen bei wechselnder Konvergenz die scheinbare Entfernung gleichbleibt oder in einem viel geringeren Intervall wechselt,

als es dem Wechsel der Konvergenz entsprechen würde.

Zur Anstellung der folgenden Versuche habe ich mich eines Apparates bedient, der — wie man sehen wird — im wesentlichen mit WHEATSTONES Spiegelstereoskop übereinstimmt.<sup>1</sup>

Auf der rechteckigen Marmorplatte  $M$  (vgl. die Tafel) sind die beiden Metallplatten  $H$ , welche die Gestalt von Kreis-sektoren haben, mittels der Schrauben  $Q$  befestigt, und zwar so, daß sie sich etwas gegeneinander verschieben lassen. Um die mit den Metallplatten fix verbundenen Axen  $O$  sind die Schienen  $P$  beweglich und kann deren jedesmalige Stellung an der Kreisteilung abgelesen werden. Die Nullpunkte der beiden Teilungen liegen in der verlängerten Verbindungslinie der beiden Axen  $O$ . Mit den Schienen sind die Gestelle  $D$  fest verbunden, welche ihrerseits die mittels der Schrauben  $E$  fixierbaren kleinen Planspiegel  $S$  tragen. Die Spiegel drehen sich also, wenn die Schienen gedreht werden, um denselben Winkel wie diese. Auf den Schienen sind die Gestelle  $V$  mit den rechtwinkligen Rahmen  $R$  in einer Schlittenführung verschiebbar. Die jeweilige Stellung kann an der auf den Schienen angebrachten Millimeterteilung abgelesen werden. An den Rahmen sind je vier Schraubenspindeln  $G$  angebracht, von denen jede unabhängig von der andern gedreht werden kann. Von den drei Kokonfäden  $A$ ,  $B$  und  $C$  sind die seitlichen ( $A$  und  $B$ ) an den oberen Schraubenspindeln mittels loser Schlingen (die natürlich im Tiefgang der Schrauben liegen) aufgehängt, ein Mal um die unteren Spindeln geschlungen und schließlichsch mit Gewichten belastet. Wird eine Schraube gedreht, so bewegt sich der Faden mit dem entsprechenden Ende längs des Rahmens weiter. Die jeweilige Stellung eines Fadens kann an den Fünftelmillimeterteilungen, die auf den horizontalen Stücken der Rahmen angebracht sind und ihren Nullpunkt in der Mitte derselben haben, abgelesen werden. Der Mittelfaden  $C$  ist nicht verschiebbar. Hingegen kann der Rahmen als ganzer in der Führung  $F$  verschoben werden.

Das Haploskop muß, ehe es zu Beobachtungen verwendet wird, in nachstehender Weise justiert werden:

<sup>1</sup> Der Apparat ist nach Herrn Prof. HERINGS Angaben vom Prager Universitätsmechaniker Herrn Rudolf Rothe gebaut worden. (Vergl. auch HERING in *Hermanns Handb.* III. Bd. I. T., pag. 393—94.)

1. Die beiden sektorenförmigen Platten, welche die Spiegel, Schienen und Rahmen tragen, müssen so gestellt werden, daß der Abstand der Axen  $O$  gleich ist der Verbindungslinie der Drehpunkte der Augen des jeweiligen Beobachters (der sogen. Grund- oder Basallinie).

2. Die beiden Spiegel müssen, wenn die Schienen auf dem Nullpunkt der Kreisteilung stehen, gegen die Medianebene (oder auch Frontalebene) um  $45^\circ$  geneigt sein, oder, was dasselbe ist: die Spiegel müssen, wenn beide Schienen auf dem Teilstrich 45 stehen, zur Medianebene parallel sein.

3. Wenn bei Nullstellung der Schienen der Beobachter seinen Kopf so stellt, daß die Augen lotrecht über die Axen  $O$  zu liegen kommen und nun mit parallel geradeaus gerichteten Gesichtslinien in die Spiegel blickt, so müssen die Bilder der beiden Mittelfäden  $C$  auf die beiden mittleren Längsschnitte fallen und daher einfach gesehen werden. Dies wird durch passende Verschiebung der Rahmen in der Führung  $F$  erzielt.

Wenn man, während man in der bezeichneten Weise in die Spiegel blickt, die Schienen und damit auch die Rahmen dreht, so müssen, da auch die Spiegel sich drehen, die Augen aus der Primärstellung in immer stärkere Konvergenz übergehen, vorausgesetzt, daß sie den einfach erscheinenden Mittelfaden dauernd fixieren, was übrigens ganz unwillkürlich vor sich geht. Man sieht leicht, daß die Summe der Winkel, um welche jede einzelne Schiene aus ihrer Nulllage gedreht wurde, den jeweiligen Konvergenzwinkel angiebt.

Bei den folgenden Versuchen kommt es nun wiederum darauf an, die Fäden so zu stellen, daß die drei Verschmelzungsbilder in einer zur Frontalebene parallelen Ebene erscheinen, und zwar natürlich dann, wenn die beiden Rahmen von den bezüglichen Spiegeln gleich weit abstehen (was an der auf den Schienen angebrachten Millimeterteilung ersichtlich ist.)

In der nebenstehenden Figur 6 ist die Versuchsanordnung schematisch veranschaulicht.  $N$  und  $N'$  sind die beiden Netzhäute,  $K$  und  $K'$  die beiden mittleren Knotenpunkte,  $S$  und  $S'$  die beiden (bei der Nullpunktstellung der Schienen unter  $45^\circ$  gegen die Frontalebene geneigten) Spiegel.  $C$  und  $C'$  sind die mit den Rahmen fix verbundenen,  $A$  und  $A'$ ,  $B$  und  $B'$  die mittels der Schraubenspindeln verstellbaren Fäden.

Die Versuche werden nun in folgender Weise angestellt:  
 Die Rahmen werden zunächst in eine beliebige, aber beiderseits gleiche Entfernung von den Spiegeln gestellt, die Schienen auf beiderseits denselben Grad der Teilkreise gesetzt, so daß, wenn die Bilder von  $C$  und  $C'$  verschmelzen, die Konvergenz eine symmetrische ist. Die Fäden  $B$  und  $B'$  werden in eine beliebige (gleichgültig, ob gleiche oder verschiedene) Entfernung von  $C$  bzw.  $C'$  gestellt. Während nun der Beobachter mit passender Konvergenz in die Spiegel blickt (also so, daß die Mittelfäden sich beiderseits auf dem mittleren Längsschnitt

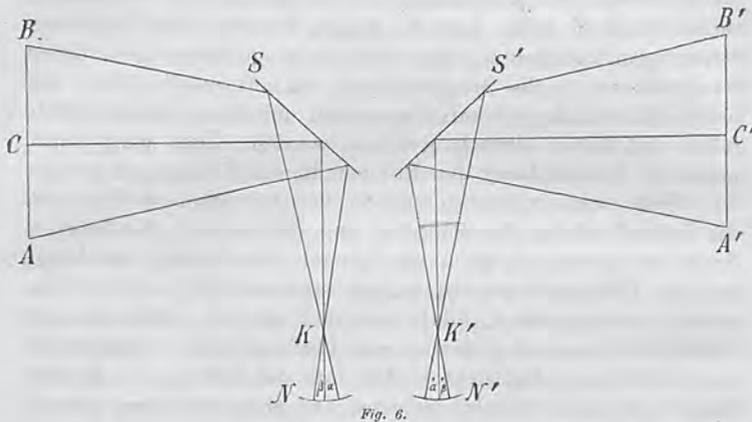


Fig. 6.

abbilden und daher einfach und lotrecht erscheinen), bewegt er mittels der Schraubenspindeln die Fäden  $A$  und  $A'$  so, daß die Bilder von  $A$  und  $B'$  verschmelzen und ebenso die Bilder von  $A'$  und  $B$  und daß weiter die nun einfach gesehenen Seitenfäden in einer durch den (ebenfalls einfach gesehenen) Mittelfaden gehenden, mit der Frontalebene parallelen Ebene erscheinen, oder — kurz gesagt — in die Kernfläche lokalisiert werden. Während nun der Beobachter, den Mittelfaden fixierend, in die Spiegel sieht, dreht er die Schienen symmetrisch um ihre Axen und achtet darauf, ob die drei Fäden fortfahren, in einer zur Frontalebene parallelen Ebene zu liegen, oder ob der Mittelfaden vor- bzw. zurücktritt. Man sieht, daß bei diesem Versuche die beiderseitigen Netzhautbilder ganz unverändert bleiben und sich nur der Konvergenzgrad ändert.

Die numerischen Werte der Abstände der Fäden voneinander und von den Spiegeln und der daraus sich ergebenden Gesichtswinkel sollen später mitgeteilt werden. (Siehe die Tabelle am Schlusse der Abhandlung). Hier aber sei sogleich bemerkt, dafs, wenn die Fäden bei einer bestimmten Konvergenz in einer zur Frontalebene parallelen Ebene erschienen, dies auch bei beliebiger Variierung der Konvergenz der Fall war, dafs also die Konvergenz keinen Einfluß auf die Lokalisation vor, in oder hinter die Kernfläche hatte.

§ 30. Eines Umstandes muß hier Erwähnung gethan werden, der einerseits der Variierung der Konvergenz engere Grenzen setzt, als dies vermöge des normalen Konvergenzintervalles der Fall wäre, und der andererseits scheinbare Ausnahmen des obigen Satzes nach sich zieht. Ich meine die physiologische Association der Konvergenz mit der Accommodation. Mit der Mehrung der Konvergenz geht bekanntlich eine Accommodation für die Nähe parallel, mit der Minderung ein Nachlassen derselben. Beim Sehen unter normalen Umständen ist diese Association sehr zweckmäfsig; für haplokopische Versuche (wie die hier beschriebenen) wirkt sie störend. Wenn die Fäden bei einer bestimmten Konvergenz scharf erscheinen, so werden sie bei einigermaßen erheblicher Mehrung oder Minderung der Konvergenz verschwommen, da die Accommodationsmuskulatur gleichzeitig angespannt bzw. entspannt wird, die Spiegelbilder der Fäden aber ihre Entfernung von den Augen nicht ändern. Bei Menschen mit normaler Accommodationsbreite ist also das Intervall, innerhalb dessen beim obigen Versuche die Konvergenz variiert werden kann, kein sehr großes. Mäfsige Myopie und geringe Accommodationsbreite, wie sie sich im Alter einstellt, geben die günstigsten Versuchsbedingungen. Auch kann man durch Einträufeln von Atropin die Accommodationsmuskulatur lähmen; dies ist für die Zwecke unseres Versuches nur bei (mäfsiger) Myopie zu empfehlen, da emmetropische oder hypermetropische Augen nach Atropinisierung die Fäden nie scharf sehen können.

Der genannte Umstand ist noch in anderer Beziehung von Wichtigkeit. Wenn man die Fäden bei einem Konvergenz- und dementsprechenden Accommodationszustand, bei welchem sie verschwommen erscheinen, in eine scheinbare Ebene ein-

zustellen sucht, so kann diese Einstellung ungenau werden. Ändert man nun die Konvergenz (und damit die Accommodation) so, daß scharfe Bilder entstehen, so macht sich diese Ungenauigkeit geltend, indem dann die Fäden nicht mehr notwendig in einer Ebene erscheinen. Man muß daher die Einstellungen bei passender Accommodation machen.<sup>1</sup>

§ 31. Für die theoretische Verwertung des Versuches ist es aber nicht hinreichend, zu wissen, daß Konvergenzänderungen keinen Einfluß auf die Lokalisation in Bezug auf die Kernfläche haben; es ist vielmehr wichtig, überdies festzustellen, was sich im Phänomene ändert, wenn die Konvergenz variiert wird.

Wenn man bei gleichbleibenden Netzhautbildern die Konvergenz vermehrt, indem man die Arme des Haploskopes und damit die Spiegel in passender Weise dreht, so gewinnt man den Eindruck, daß die (einfach gesehenen) Fäden näher rücken. Das Intervall, in welchem das Fadensystem seine scheinbare Entfernung wechselt, ist indessen um vieles kleiner, als es sein müßte, wenn die scheinbare Entfernung der jeweiligen Konvergenz entspräche. So ist sie bei parallelen Gesichtslinien weder unendlich groß (wie dies der Konvergenz 0 entsprechen würde), noch auch so groß, daß sie sich mit der scheinbaren Entfernung ferner Berge, der Sterne oder des Mondes vergleichen ließe. Ich kann nicht einmal sagen, daß mir die Fäden bei dem früher angestellten Versuche auch nur bis zu 1 m entfernt erschienen, selbst dann, wenn die Gesichtslinien etwas divergierten. Andererseits erscheint mir bei stärkster Konvergenz das Fadensystem bei weitem nicht so nahe, als es der Konvergenz entsprechend erscheinen müßte. Von beidem überzeugt man sich leicht, wenn man unmittelbar nach der Beobachtung mit dem Finger oder mittels eines Stabes die Stelle aus dem frischen Gedächtnis anzugeben sucht, in welcher die Fäden bei stärkster und schwächster Konvergenz zu liegen scheinen. Blickt man

<sup>1</sup> Es verhält sich hier ähnlich, wie bei Farbgleichungen. Diese bleiben bestehen, wenn auch die Beleuchtungsintensität geändert wird. Nichtsdestoweniger wird eine Gleichung, wenn sie bei einer Beleuchtungsintensität hergestellt war, für welche die Unterschiedsempfindlichkeit gering ist, im allgemeinen nicht bestehen bleiben, wenn Intensitäten angewendet werden, für welche die Unterschiedsempfindlichkeit eine wesentlich größere ist.

während der Konvergenzänderung in die Spiegel des Apparates, so entsteht der Eindruck des Näherrückens mit solcher Energie, daß man das Intervall, innerhalb dessen die Änderung der scheinbaren Entfernung vor sich geht, stark zu überschätzen geneigt ist: die Fäden scheinen beträchtlich näher zu rücken, befinden sich aber zum Schlusse in einer scheinbaren Entfernung, die von der ursprünglichen nur wenig abweicht. Derartige Widersprüche in der Deutung einer Empfindung sind ja auch anderwärts bekannt.

Doch dies nur nebenbei. Uns kommt es vor allem darauf an, daß, wenn die Konvergenz in den weitestmöglichen Grenzen geändert wird bei sehr geringer Änderung der scheinbaren Entfernung, die Lokalisation in Bezug auf die Kernfläche dabei keinerlei Änderungen erleidet.

§ 32. Immerhin erschien es als wünschenswert, Versuchsbedingungen einzuführen, unter welchen bei wechselnder Konvergenz die Lokalisation der Kernfläche selbst sich nicht bloß um wenig ändert, sondern geradezu konstant bleibt und überhaupt weniger unbestimmt ist, als unter den vorerwähnten Umständen. Zu diesem Zwecke wurden zunächst die belegten Spiegel durch unbelegte ersetzt (ich verwendete geschliffene Deckgläschen); Objekte (Schirme u. dgl.), die hinter dem Haplooskop standen, waren daher im durchfallenden Lichte sichtbar und konnten so einen Anhaltspunkt für die Lokalisation der im reflektierten Licht zugleich gesehenen Fäden geben. Wird dann hinter den Apparat ein Schirm gesetzt, so lokalisiert man die drei Fäden innerhalb eines sehr beträchtlichen Konvergenzintervalles doch immer auf den Schirm, dessen scheinbare Entfernung sich hierbei nicht ändert. Auch hier wieder erschienen die Fäden, wenn sie für eine bestimmte Konvergenz in eine Ebene gestellt waren, auch bei jeder andern Konvergenz in einer Ebene.

Da mir die Fäden jedoch, wenn die Konvergenz einen gewissen Grad überschritten hatte, doch nicht mehr auf dem dahinterstehenden Schirm erschienen, sondern vor demselben, brachte ich einige bekannte Motive der empirischen Lokalisation in Anwendung, um die Fadenbilder bei jeder Konvergenz in dieselbe Entfernung zu lokalisieren.

Zunächst brachte ich auf dem Schirm Objekte von be-

kannter Gröfse (es wurden Briefmarken verwendet) an, um mich einer bestimmten und unveränderlichen Lokalisation des Schirmes zu vergewissern. Damit diese Objekte nicht bei ungeeigneter Konvergenz in Doppelbilder zerfielen, wurde der eine der beiden Spiegel undurchsichtig gemacht, so dafs der Schirm mit den Briefmarken blofs monokular gesehen wurde. Ferner wurde je ein weißer Papierstreifen quer über jeden der beiden Rahmen gespannt, und zwar in gleicher Höhe, so dafs beiderseits korrespondierende Stücke der Fäden von den Streifen verdeckt und also unsichtbar gemacht würden. Auf den direkt und monokular gesehenen Schirm wurde ebenfalls ein horizontaler Papierstreifen geklebt in solcher Gröfse und Lage, dafs er sich mit den im reflektierten Licht gesehenen seitlichen Streifen deckte. Da nun die Fäden an der Stelle des Streifens unterbrochen waren, schienen sie durch den Streifen teilweise gedeckt und somit jedenfalls nicht vor demselben zu liegen; hinter den Schirm wurden sie — begreiflicherweise — auch nicht lokalisiert. Aus beiden Momenten resultierte nun der deutliche Eindruck, als lägen die Fäden unmittelbar auf dem Schirm, seien aber durch einen auf dem Schirm befestigten Papierstreifen zum Teil verdeckt. Auf diese Weise kann die Kernfläche sozusagen an eine bestimmte Stelle gebannt werden.

Die wechselnde Konvergenz hat unter solchen Umständen gar keinen Einfluß auf die Lokalisation der Kernfläche, namentlich dann nicht, wenn während des Konvergenzwechsels weggesehen wird, oder die Augen geschlossen werden, da die Veränderung selbst mit besonderer Energie sich der Empfindung aufzudrängen strebt.

Auch bei dieser Form des Versuches ändert die Konvergenz nichts an der Lokalisation in Bezug auf die Kernfläche; die Fäden bleiben, wenn sie bei irgend einem Konvergenzgrade in einer mit der Frontalebene parallelen Ebene erscheinen, auch bei beliebig veränderter Konvergenz in einer Ebene.

Die letzterwähnte Versuchsanordnung bildet das Gegenstück zu der pag. 36 f. beschriebenen. Während dort die scheinbare Entfernung der Fäden wechselt bei konstanter Konvergenz — bleibt hier die scheinbare Entfernung dieselbe bei wechselnder Konvergenz.

Sämtliche von HELMHOLTZ angezogenen Täuschungen über

die Entfernung von Objekten gehen auf einen der beiden Typen, oder auf eine Kombination beider zurück. Überall aber hat sich gezeigt, daß diese Täuschungen auf die disparative Tiefenlokalisierung ohne Einfluß sind.

§ 33. Indessen steht den mitgeteilten Resultaten noch ein von HELMHOLTZ angegebener Versuch entgegen, der in einfacher und schlagender Weise darzuthun scheint, daß die Lokalisation in Bezug auf die Kernfläche variiert, wenn die Konvergenz wechselt. Ich will den betreffenden Versuch mit HELMHOLTZ' eigenen Worten wiedergeben.

HELMHOLTZ sagt:<sup>1</sup>

„Da es sehr schwierig ist, außer durch Maschinen eine hinreichend genaue Übereinstimmung der vertikalen Linien in stereoskopischen Bildern hervorzubringen, habe ich Versuche über den Einfluß der Konvergenz noch in folgender Weise angestellt. Ich habe zwei rechtwinkelige Prismen nebeneinander befestigt, so daß ihre Querschnitte wie die rechtwinkligen Dreiecke in Fig. 193 (durch Fig. 7 dargestellt) liegen,

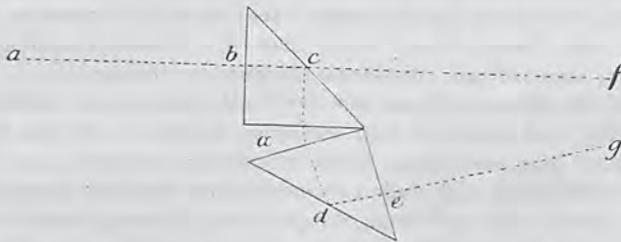


Fig. 7.

daß ihre Kanten einander parallel und zwei ihrer Kathetenflächen unter einem kleinen Winkel  $\alpha$  gegeneinander geneigt sind. Trifft der Strahl  $af$  bei  $b$  nahehin senkrecht auf eine Kathetenfläche solcher Prismen, so wird der Strahl zweimal bei  $c$  und  $d$  reflektiert, wie die Figur anzeigt, und tritt schließlich aus der letzten Fläche in der Richtung  $eg$  von seiner ersten Richtung aus um einen Winkel abgelenkt, der das Doppelte des Winkels  $\alpha$  beträgt. Wenn man in der angegebenen Weise durch ein solches Doppelprisma bei senkrechter Stellung seiner Kanten blickt, so sieht man genau dasselbe Netzhautbild, wie mit bloßem Auge, aber, um es zu sehen, muß man das Auge etwas mehr nach rechts oder links wenden, als es ohne das Prisma nötig wäre.“

„Blickt man durch ein solches Prisma nach drei parallelen vertikalen Fäden, die in einer Ebene sich befinden, und deren mittelster daher

<sup>1</sup> HELMHOLTZ, *Physiol. Optik*, pag. 657 f.

den unbewaffneten Augen ein wenig vor die Ebene der beiden anderen vorzutreten scheint, so muß man die Augen, je nachdem man die Fläche  $b$  oder  $e$  des Prismas ihm zukehrt, mehr konvergieren oder mehr divergieren lassen, als vorher, sieht aber genau dieselben Netzhautbilder. Im Falle die Divergenz vergrößert wird, erscheint der mittlere Faden noch stärker vortretend als bisher; im Falle die Konvergenz vermehrt wird, tritt er in die Ebene der anderen scheinbar zurück, oder sogar hinter dieselbe. Da die Prismenzusammenstellung eine ganz geringe telestereoskopische Wirkung hat, so bringe man für Konvergenz die Fläche  $e$  vor das rechte, für Divergenz  $b$  vor das rechte Auge; oder man bringe nacheinander beide Flächen vor das linke Auge; die telestereoskopische Wirkung des kleinen Apparates ist in den ersten beiden Fällen gleich, wo der Abstand der Gesichtspunkte durch die Prismen vergrößert wird, und ebenso in den letzteren beiden Fällen, wo dieser Abstand verkleinert wird.“

„Aus diesem Versuche folgt, daß dieselben Netzhautbilder die Vorstellung eines konkaven, ebenen oder konvexen Objektes hervorbringen, je nachdem die Konvergenz der Augen größer oder kleiner ist, daß also die Konvergenz bei solchen Objekten wohl beachtet wird.“

§ 34. In der That entstehen (wovon ich mich durch Wiederholung des Versuches überzeugt habe) die von HELMHOLTZ angegebenen Tiefeneffekte, wenn man die Prismenkombination in der beschriebenen Weise zur Anwendung bringt.

Trotz alledem scheint mir der Versuch durchaus nicht beweisend, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil bei Verwendung der erwähnten Prismenkombination nicht nur der Konvergenzgrad sich ändert, sondern auch das Netzhautbild des einen (bewaffneten) Auges ein anderes wird, was HELMHOLTZ irrümlicherweise in Abrede stellt. Auf diese Änderung des Netzhautbildes ist in Wahrheit das Vor- oder Zurücktreten des Mittelfadens zurückzuführen, wie sogleich zu zeigen versucht werden soll.

Die Lichtstrahlenbündel, welche von den drei Fäden ausgehen, erfahren beim Durchgang durch die Prismenkombination eine viermalige Brechung (entsprechend den vier Kathetenflächen) und eine zweimalige totale Reflexion (an den beiden Hypotenusenflächen). Wir wollen nun verfolgen, welche Änderungen die drei Fadenbilder bei der Brechung und bei der totalen Reflexion durchmachen, und welche Tiefeneffekte dabei zu erwarten sind, da doch im anderen (unbewaffneten) Auge keine Änderungen des Netzhautbildes eintreten.

a) Die Änderungen durch Brechung bestehen nur in einer proportionalen Vergrößerung der Abstände der seit-

lichen Fadenbilder vom mittleren Fadenbild. Wenn also beispielsweise die Seitenfäden vom Mittelfaden gleich weit entfernt waren, so sind sie nach der Brechung wieder gleich weit von ihm entfernt; nur hat die beiderseitige Entfernung zugenommen. Ständen nun die Fäden so, daß sie ohne die Prismen in einer mit der Frontalebene parallelen Ebene erschienen, so wird vermöge der Brechung das Bild im einen Auge symmetrisch vergrößert, während das Bild, welches das andere Auge erhält, gleichbleibt. In diesem Falle muß der eine der beiden Seitenfäden in gekreuzter, der andere in ungekreuzter Disparation gesehen werden; d. h., der eine muß vor, der andere hinter der Ebene des fixierten Fadens erscheinen. Die Fäden bleiben dabei zwar in einer Ebene, aber in einer Ebene, welche nicht mehr mit der Frontalebene parallel, sondern gegen diese geneigt ist.

Man kann dies deutlich sehen, wenn man, während man auf die drei vertikalen Fäden blickt, vor das eine Auge eine beträchtlich dicke planparallele Platte setzt; die Ebene, in der nunmehr die gesehenen Fäden liegen, erscheint um den Mittelfaden gedreht.

Auch mit Hilfe des früher erwähnten Haploskopes ist dies deutlich zu machen. Man braucht nur, wenn die Fäden so eingestellt sind, daß sie in einer zur Frontalebene parallelen Ebene erscheinen, den einen der beiden Rahmen dem zugehörigen Spiegel zu nähern und dadurch das Netzhautbild des einen Auges symmetrisch zu vergrößern: sofort dreht sich die Ebene der Fäden um den fixierten Mittelfaden als Axe.

Soweit es sich also um bloße Brechungen handelt, entsteht ein Tiefeneffekt nur in dem Sinne, daß die Objekte auf der einen Seite des fixierten Punktes in die Ferne rücken, die Objekte auf der anderen Seite in die Nähe; die Sehfläche neigt sich gegen die Kernfläche um eine vertikale, durch den Fixationspunkt gehende Axe.

Anders, wenn es sich um Reflexionen handelt.

b) Die Änderungen durch Reflexion. Die durch Spiegelung entstehenden Bilder von drei, z. B. in einer Geraden liegenden Punkte haben in ihrer Projektion auf die Netzhaut im allgemeinen nicht nur verschiedene, sondern auch disproportional verschiedene Abstände.

In Fig. 8 seien  $O$  und  $O'$  die mittleren Knotenpunkte der beiden Augen,  $A$ ,  $B$  und  $C$  drei in einer Ebene liegende

Punkte, in welchen die vertikalen Fäden die Blickebene schneiden (und zwar sei  $AB = BC$ ); das linke Auge sehe die Fäden direkt, vor dem rechten Auge befänden sich die Spiegel  $S_1$  und  $S_2$ , die zunächst miteinander parallel stehen sollen. Die Bilder, welche der Spiegel  $S_1$  von den Punkten  $A, B$  und  $C$  giebt, liegen dann in  $A', B'$  und  $C'$ . Der Spiegel  $S_2$  giebt von diesen Bildern die weiteren Bilder  $A'', B''$  und  $C''$ . Es verhält sich also so, wie wenn das Auge  $O$  drei Fäden in  $A'', B''$  und  $C''$  sähe. Die Figur zeigt bereits, daß die

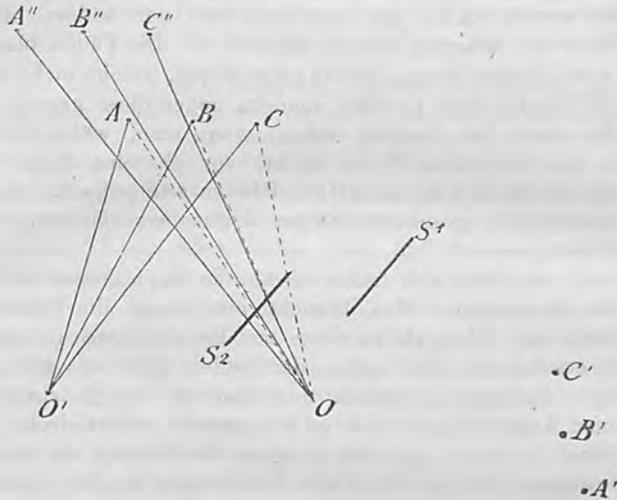


Fig. 8.

Distanzen  $A''B''$  und  $B''C''$  unter kleinerem Gesichtswinkel erscheinen, als die Distanzen  $AB$  und  $BC$ ; weiter aber sieht man, daß der Gesichtswinkel  $A''OB''$  gegenüber  $AOB$  stärker verkleinert ist, als  $\sphericalangle B''OC''$  gegenüber  $\sphericalangle BOC$ ; mit anderen Worten, daß die Gesichtswinkel keine proportionale Verkleinerung erfahren haben, sondern daß der der äußeren Netzhaut entsprechende Gesichtswinkel stärker verkleinert wurde, als der der inneren entsprechende. Im Auge  $O'$  haben die Gesichtswinkel keinerlei Veränderung erlitten.

Nun ist leicht zu ersehen, welche Tiefeneffekte hieraus resultieren müssen.

Vermöge der Verkleinerung der Gesichtswinkel für das rechte Auge überhaupt muß sich die durch die Seitenfäden gelegte Ebene gegen die Frontalebene neigen, und zwar so, daß sie links ferner erscheint, als rechts. Wie leicht ersichtlich, würden ja, wenn die drei Fäden in einer Ebene aufgestellt würden, deren rechte Seite dem Beschauer näher liegt, als die linke, die Gesichtswinkel für das rechte Auge kleiner sein müssen, wie für das linke.

Wichtiger aber ist das Moment der disproportionalen Verkleinerung der Gesichtswinkel. Wenn der Gesichtswinkel auf der äußeren Netzhaut des rechten Auges relativ verkleinert wird (wie in unserem Falle), so muß — *ceteris paribus* — der fixierte Punkt vor der Ebene der seitlichen Punkte erscheinen. Man sieht ja leicht, daß, wenn drei in einer Ebene gelegene Punkte binokular betrachtet werden und nun der mittlere Punkt dem Beschauer genähert wird, der der äußeren Netzhaut-hälfte entsprechende Gesichtswinkel sich gegenüber dem inneren verkleinert.

In dieser letzteren Beziehung erleidet (wie aus früher Gesagtem hervorgeht) der Versuch keine Änderung, wenn man anstatt der beiden Spiegel zwei rechtwinkelige Prismen verwendet, deren Hypotenusenflächen so stehen, wie die Spiegel  $S_1$  und  $S_2$  in der obigen Figur. Denn da die Brechungen nur proportionale Verkürzungen der Fadendistanzen zur Folge haben, so wird zwar die Neigung der durch die Seitenfäden gehenden Ebene gegen die Frontalebene eine andere sein, als wenn es sich (wie in der Figur) nur um Planspiegel handelt; die disproportionale Distanzänderung aber, welche durch die totalen Reflexionen herbeigeführt wird, wird im selben Sinne verlaufen, wie wenn man nur Spiegel anwendet: der Mittelfaden wird ebenfalls vortreten müssen. Man überzeugt sich davon leicht, wenn man die von HELMHOLTZ verwendete Prismenkombination (siehe pag. 45) mit der Fläche  $e$  vor das rechte Auge bringt und die Kathetenflächen parallel stellt (so daß  $d=0$  wird).

§ 35. Die beiden folgenden Figuren (Figg. 9 und 10.) veranschaulichen die Versuche, welche HELMHOLTZ mit der beschriebenen Prismenkombination angestellt hat. Auch hier sind wieder die Brechungen aus dem angeführten Grunde vernachlässigt und nur die Hypotenusenflächen gezeichnet, so,

wie wenn es sich nur um zwei gegeneinander geneigte Planspiegel handelte.

In Fig. 9 zeigen die punktierten Linien, unter welchem Gesichtswinkel die Distanzen  $AB$  und  $BC$  dem rechten Auge erscheinen würden, wenn es — bei Abwesenheit der Spiegel — direkt auf  $B$  blicken würde; der Winkel  $AOB$  ist dabei beträchtlich kleiner, als  $BOC$ . Werden die Spiegel  $S_1$  und  $S_2$  vorgesetzt, und blickt das rechte Auge auf die (zweiten) Spiegelbilder  $A'', B'', C''$ , so sind die Gesichtswinkel  $A''OB''$  und  $B''OC''$  nahe gleich, und außerdem sind sie beide größer, als

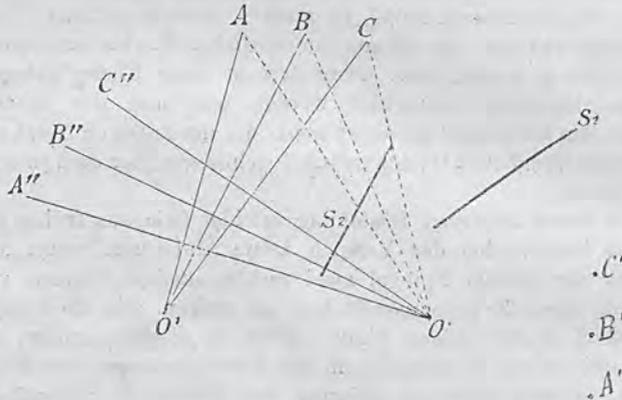


Fig. 9.

die homologen Winkel  $AOB$  und  $BOC$ . Wegen dieses letzteren Umstandes muß die Fläche, in der das binokulare Bild der drei Fäden liegt, zur Frontalebene geneigt erscheinen, und zwar so, daß die linke Seite der Fläche dem Beschauer näher erscheint, als die rechte. Weiter aber muß, da  $A''OB''$  gegenüber  $AOB$  stärker vergrößert ist, als  $B''OC''$  gegenüber  $BOC$ , der mittlere Faden hinter der Ebene der Seitenfäden erscheinen. In der That erscheinen die Fäden in einer gegen den Beschauer konkaven Fläche — gleichgültig, ob man nun Prismen oder Planspiegel anwendet. (In der Zeichnung ist die gegenseitige Neigung der Spiegel stark übertrieben im Interesse der Deutlichkeit.)

In Fig. 10 bewirken die Spiegel eine Verkleinerung der Gesichtswinkel des rechten Auges. Die Fläche, in der die

Punkte (oder Fäden) erscheinen, muß also links entfernter erscheinen als rechts. Außerdem aber ist der Gesichtswinkel auf der äußeren Netzhaut relativ stärker verkleinert; der mittlere Punkt (oder Faden) muß also vorspringen. Man sieht ja leicht, daß, wenn die drei Punkte ohne Prismen oder Spiegel angesehen würden, eine Verkleinerung des Gesichtswinkels auf der äußeren Netzhaut nur durch Annäherung des mittleren Punktes herbeigeführt werden könnte.

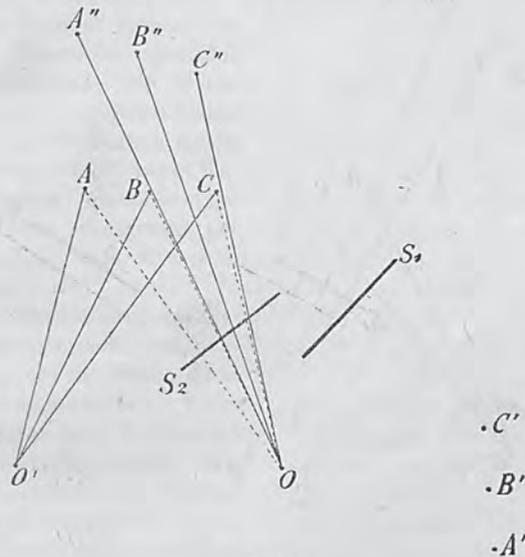


Fig. 10.

Die beiden eben angeführten Fälle sind aber gerade diejenigen, auf welche sich HELMHOLTZ an der citierten Stelle seiner Argumentation stützt. Es zeigt sich also, daß vermöge der totalen Reflexionen an den Hypotenusenflächen der Prismen in dem einen Netzhautbilde Änderungen gesetzt werden, welche die von HELMHOLTZ beobachteten Tiefeneffekte notwendig herbeiführen müssen. Auf diesen Änderungen des einen Netzhautbildes also, und nicht auf den (allerdings bestehenden) Wechsel der Konvergenz muß das Zurück- oder Vortreten des Mittelfadens zurückgeführt werden.

§ 36. Es ist nicht schwer, die Versuchsumstände so einzurichten, daß dasjenige Auge, vor welches die Prismen (oder Spiegel) gesetzt werden, dieselbe Stellung einnimmt, die es haben muß, wenn es direkt auf die Fäden sieht. Fig. 11 veranschaulicht einen solchen Fall.

Das rechte Auge muß, um den Punkt  $B''$  (das zweite Spiegelbild von  $B$ ) zu fixieren, dieselbe Stellung einnehmen,

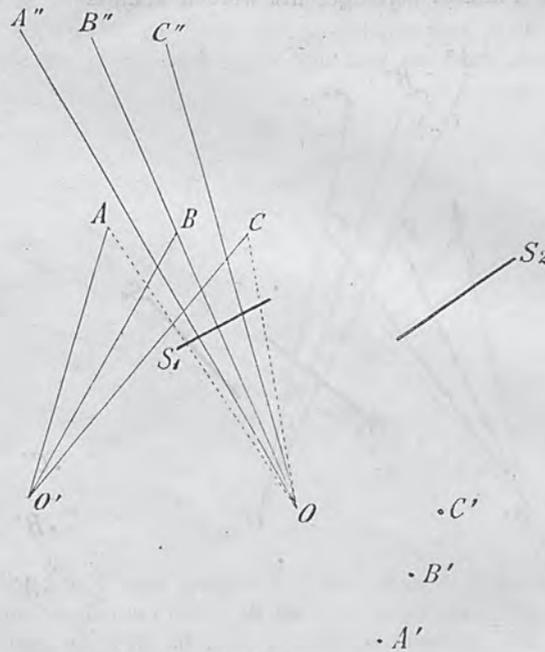


Fig. 11.

die es einnehmen müßte, um  $B$  zu fixieren. Aus der Zeichnung ist bereits ersichtlich, daß beide Gesichtswinkel verkleinert werden, der auf der äußeren Netzhaut aber mehr, als der auf der inneren. Erstlich müssen also die Punkte (oder Fäden) in einer Fläche erscheinen, die links weiter entfernt ist als rechts, und weiter muß der Mittelfaden vortreten, was durch den Versuch (mittels Prismen oder Spiegel) bestätigt wird. Hier war also ein Tiefeneffekt gegeben, ohne daß die Konvergenz irgend welche Änderung erlitt.

Fig. 12 zeigt eine Versuchsanordnung, bei welcher der Gesichtswinkel auf der äußeren Netzhaut des rechten Auges durch Anwendung zweier reflektierender Flächen relativ größer wird. Nach den früheren Erörterungen wird man sofort erwarten, daß die Fläche, in der die binokular gesehenen Objekte erscheinen, gegen den Beschauer konkav sein wird. Dies ist in der That der Fall, obwohl hierbei die Gesichtslinien weniger konvergieren (relativ divergieren), als wenn die Punkte  $A$ ,  $B$  und  $C$  direkt gesehen würden.

(Die Spiegel stehen bei diesem Versuche parallel. Verwendet man, wie HELMHOLTZ, zwei rechtwinkelige Prismen, so muß man sie so orientieren, daß zwei Kathetenflächen einander berühren, oder wenigstens parallel stehen, daß also  $\alpha$  in Fig. 7 = 0 ist.)

Wir dürfen also, das Gesagte zusammenfassend, behaupten, daß bei dem HELMHOLTZschen Versuch mit der Prismenkombination sich die Lokalisation in Bezug auf die Kernfläche nicht deshalb ändert, weil die

Konvergenz geändert wird, sondern deshalb, weil sich das Netzhautbild des einen Auges ändert, und daß die Änderung in der binokularen Tiefenlokalisierung aus jener einseitigen Änderung des Netzhautbildes gerade unter Voraussetzung stabiler Raumwerte deduciert und daher vorausgesagt werden kann.

Hiermit aber scheint das letzte Argument widerlegt, welches die Abhängigkeit der disparativen Tiefenlokalisierung von der Konvergenz und damit von der scheinbaren Entfernung des fixierten Punktes darzuthun suchte.

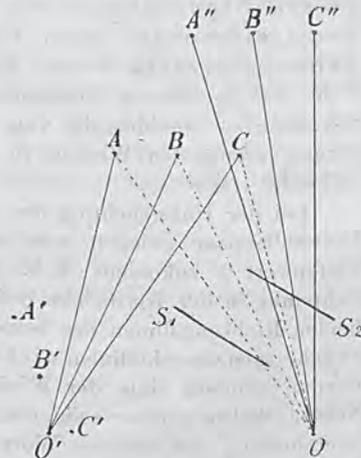


Fig. 12.

### V. Theoretische Konsequenzen.

§ 37. Wenn also ein Sehpunkt vor, in oder hinter der Kernfläche liegt, so ist diese seine Lokalisation (relativ zur Kernfläche), bei Ausschluß aller Erfahrungsmotive nur bedingt durch die Besonderheit der beiden Netzhautpunkte, auf welche die optischen Bilder des betreffenden Außenpunktes zu liegen kommen, mit anderen Worten: die Lokalisation eines Punktes relativ zur Kernfläche muß als physiologische Funktion eines bestimmten Netzhautstellenpaares aufgefaßt werden. In diesem Sinne können wir einem bestimmten Netzhautstellenpaare einen Raumwert zuschreiben und behaupten, daß dieser Raumwert ein stabiler sei, d. h. daß er diesem Netzhautstellenpaare ein für alle Male zukomme — unabhängig von dem (durch welche Ursachen immer veranlaßten) Wechsel in der Lokalisation der Kernfläche selbst.<sup>1</sup>

Bei der Untersuchung der weiteren Frage, wie ein Netzhautstellenpaar gelegen sein muß, damit ihm der stabile Tiefenwert 0 zukomme, d. h. damit sich der entsprechende Sehpunkt in der Kernfläche befinde, hat sich gezeigt, daß die beiden Richtungslinien des betreffenden Außenpunktes mit den zugehörigen Gesichtslinien nicht gleiche Winkel einschließen dürfen, sondern daß der Winkel auf der inneren (nasalen) Netzhauthälfte größer sein muß, als der auf der äußeren (temporalen), mit anderen Worten: daß die Breitenwerte auf der äußeren Netzhaut rascher wachsen, als auf der inneren.

Dieser letztere wichtige Satz, den bereits HERING<sup>2</sup> angenommen hatte, geht unter Voraussetzung stabiler Raumwerte mit Notwendigkeit aus der Thatsache hervor, daß der Längshoropter bei starker Konvergenz eine konkave, bei schwacher eine konvexe, und nur bei gewissen mittleren Konvergenzen eine ebene Fläche ist.

<sup>1</sup> Diese Sätze erleiden eine Einschränkung nur in Bezug auf höhen-disparate Punkte. Denn da, wie wir gesehen haben (vgl. pag. 25 ff.), die Höhendisparation überhaupt keinen Einfluß auf die Tiefenlokalisierung hat, so kann auch ein bleibender Wechsel der Höhendisparation betreffender Wechsel keinen Wechsel im Tiefenwert zur Folge haben.

<sup>2</sup> HERING, „Die Gesetze der binokularen Tiefenwahrnehmung“ im *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1865, pag. 161, ebenso in *Hermanns Handb. d. Physiol.* III 1, pag. 401 f.

§ 38. Die Annahme, daß die Breitenwerte auf der äußeren und inneren Netzhaut nach (in der oben beschriebenen Weise) verschiedenen Gesetzen zunehmen, erhält — worauf ebenfalls HERING hingewiesen hat — eine weitere Bestätigung durch eine Beobachtung KUNDTs.

KUNDT hat gefunden, daß, wenn man eine Strecke monokular zu halbieren sucht, hierbei ein konstanter Fehler in dem Sinne begangen wird, daß der auf der inneren Netzhaut sich abbildende Teil der Strecke zu groß ausfällt.<sup>1</sup> Ich habe diese Beobachtung KUNDTs mittels einer ähnlichen Versuchsanordnung nachgeprüft und für mich und einen anderen Beobachter bestätigt gefunden.

Diese Thatsache findet ihre Erklärung durch die oben gemachte Annahme, daß die Breitenwerte auf der äußeren Netzhaut rascher wachsen, als auf der inneren, d. h. daß zur Erzielung gleicher scheinbarer Breitenabstände auf der äußeren Netzhaut ein kleinerer Gesichtswinkel erforderlich ist, als auf der inneren.<sup>2</sup>

§ 39. Zum Schlusse mögen die Resultate einer Anzahl von messenden Versuchen mitgeteilt werden. Zuvor sei aber noch ein Wort über die individuellen Verschiedenheiten der Raumwerte gesagt.

<sup>1</sup> *Pogg. Ann.* 1863, pag. 134 f.

<sup>2</sup> Die Differenzen der Gesichtswinkel, die ich bei diesen Beobachtungen gefunden habe, sind von derselben Größenordnung (6 bis 20 Winkelminuten), wie die Differenzen, die sich bei der Bestimmung des Längshoropters mittels des Spiegelhaploskopes herausgestellt hatten (vgl. auch die Tabelle). Eine genaue Übereinstimmung ist natürlich nicht zu erzielen, da bei der monokularen Streckenteilung zu viele Schätzungsfehler unterlaufen, und außerdem Gewohnheiten und sonstige psychische Einflüsse die Resultate, wie sie sich aus der bloßen physiologischen Verschiedenheit der Breitenwerte ergeben müßten, undeutlich zu machen und zu modifizieren geeignet sind.

Vielleicht sind auf solche Fehlerquellen die gegenteiligen Angaben FISCHERS („Größenschätzungen im Gesichtsfeld“ in *Gräfers Archiv f. Ophthalm.* 37. Bd., 1. Abtl., pag. 109) zurückzuführen, der bei monokularen Streckenteilungen stets den äußeren Gesichtswinkel zu groß fand. Immerhin läßt sich — was FISCHERS Augen anlangt — auch an eine von der Norm abweichende Anordnung der Raumwerte denken, was sich dann in einer abweichenden Gestalt seines Längshoropters äußern müßte. Individuelle Verschiedenheiten in der Gestalt des Längshoropters bestehen ja jedenfalls. (Vgl. u. pag. 56 f.)

Wenn die Lokalisation in die Kernfläche von den fixen Raumwerten der Netzhautpunkte abhängt bezw. von dem Gesetze, nach welchem diese Raumwerte mit dem Abstände von der Längsmittellinie auf der äußeren und inneren Netzhaut wachsen, so ist eine absolute Gleichheit der Raumwerte bei verschiedenen Individuen, ja bei den beiden Augen eines und desselben Individuums schon von vornherein nicht wahrscheinlich. Dies wird auch durch die Erfahrung bestätigt. Schon HELMHOLTZ teilt mit, daß von seinen drei Mitbeobachtern sich jeder in einer anderen Entfernung vor den vertikalen Fäden aufstellen mußte, um sie in einer Ebene liegend zu sehen. Dies begreift sich leicht. Wenn die gleichen Breitenwerten entsprechenden Winkel auf der äußeren und inneren Netzhaut beim Beobachter *A* weniger voneinander verschieden sind, als beim Beobachter *B*, so wird *A* sich weiter von den Fäden entfernen müssen, als *B*. Wie man sieht, wäre der Grenzfall die völlige Gleichheit der gleichen Breitenwerten entsprechenden Winkel innen und außen; in dem Falle würden Objekte, um in der Kernfläche gesehen zu werden, im MÜLLERSchen Horopterkreise liegen und also immer konkav sein müssen; d. h. die Entfernung, in der das ebene Fadensystem eben erschiene, wäre theoretisch unendlich groß.

Aber nicht nur zwischen verschiedenen Beobachtern, auch zwischen den beiden Augen desselben Beobachters kommen derartige Unterschiede vor. Schon in der Halbierung von monokular gesehenen Strecken kommt dies zum Ausdruck. Bei mir z. B. ist die Differenz der beiden Gesichtswinkel im linken Auge größer als im rechten; bei einem anderen Beobachter (Hrn. Dr. M. SACHS, Assistenten am hiesigen physiologischen Institute) habe ich die Differenz im rechten Auge stärker gefunden; bei KUNDT sind die Differenzen für beide Augen ungefähr gleich. Wie zu erwarten, äußert sich eine derartige Verschiedenheit zwischen den beiden Augen eines Beobachters auch in der binokularen Lokalisation, und zwar in der Weise, daß eine Reihe von Objekten, um in der Kernfläche zu erscheinen, nicht symmetrisch zur Medianebene liegen darf, sondern daß die Objekte auf der einen Seite der Medianebene dem Beobachter näher liegen müssen, als die auf der anderen Seite.

Ich habe, um dies zu prüfen, mit den drei direkt gesehenen

Vertikalfäden außer der in § 14 erwähnten eine zweite Versuchsreihe gemacht, wobei ich nicht (wie bei der ersten) die Seitenfäden symmetrisch orientierte und den Mittelfaden in die Ebene zu stellen suchte, sondern den Mittelfaden fixierte und nun versuchte, die Seitenfäden so zu stellen, daß das System in einer zur Frontalebene parallelen Ebene erschien. Die Fäden standen dann erstens nicht in einer Ebene, sondern in einer krummen Fläche (wovon früher die Rede war), zweitens aber lag diese krumme Fläche nicht symmetrisch zur Medianebene, sondern war mir mit ihrer linken Seite jedesmal näher, als mit der rechten.

Analoge Unterschiede zeigten auch die pag. 38 ff. erwähnten Versuche am Spiegelhaploskop. Waren die auf den inneren Netzhauthälften sich abbildenden Fäden gleich weit von den bezüglichen Mittelfäden eingestellt, und suchte ich nun die auf den äußeren Netzhäuten sich abbildenden Fäden so zu stellen, daß das ganze binokular gesehene System in einer zur Frontalebene parallelen Ebene erschien, so mußten die letzteren Fäden nicht nur von ihren bezüglichen Mittelfäden weniger weit abstehen, als die auf den inneren Netzhäuten sich abbildenden, sondern es mußte auch die Entfernungsdifferenz für das linke Auge stets größer sein, als die für das rechte, eine Verschiedenheit der beiden Augen, wie sie sich im selben Sinne bei der monokularen Streckenhalbierung geltend gemacht hatte. (Eine unten mitzuteilende Tabelle wird ein beiläufiges Bild von der Verschiedenheit meiner Augen in Bezug auf die Raumwerte geben.)

## VI. Rückblick.

§ 40. Fassen wir den Inhalt der vorstehenden Abhandlung kurz zusammen, so dürfen wir folgendes behaupten:

1. Die Tiefenlokalisierung des binokular fixierten Punktes und damit der Kernfläche ist durch den Reiz (bezw. durch das Netzhautbild) nicht bestimmt, sondern von der Konvergenz und von einer Reihe variabler empirischer Motive abhängig.

2. Die Lokalisation aller anderen binokular einfach gesehenen Punkte in Bezug auf die Kernfläche hängt von der Disparation der Netzhautbilder ab und ist mithin bereits ein Moment der primitiven Empfindung (vgl. oben pag. 6 f.). Erfahrungsmomente bringen nicht erst die Tiefenbestimmtheit

hinzu, wohl aber können sie den bereits in der primitiven Empfindung gelegenen Tiefenwert modifizieren.

3. Die Lokalisation in Bezug auf die Kernfläche hängt nur von der Querdissipation, nicht von der Höhendissipation ab.

4. Wenn zwei Punkte der beiden Netzhäute einander so zugehören, daß das entsprechende einfache Sehobjekt in der Kernfläche liegt (den Tiefenwert 0 hat), so ist dies, soweit es sich um die Lokalisation der primitiven Empfindung handelt, immer und unter allen Umständen der Fall, gleichgültig, ob und wie sich die Lokalisation der Kernfläche selbst ändert. Der Raumwert, welcher einem solchen Paare von Netzhautpunkten zukommt, ist also in diesem Sinne stabil.

5. Die beiden Netzhautbilder, welche einem in die Kernfläche lokalisierten Objekte entsprechen, sind immer so gelegen, daß die Richtungslinie des auf der inneren Netzhaut gelegenen Bildpunktes mit der dazugehörigen Gesichtslinie einen größeren Winkel einschließt, als die Richtungslinie des auf der äußeren Netzhaut gelegenen Bildpunktes mit der ihr zugehörigen Gesichtslinie, wobei die Differenz dieser Winkel individuell verschieden ist.

6. Die angeführten Gesetze, denen die Lokalisation in Bezug auf die Kernfläche unterliegt, haben zur Folge, daß die binokular einfach gesehenen Objekte nicht im Durchschnittspunkt ihrer Richtungslinien gesehen werden; mit anderen Worten, daß der Ort der Sehobjekte im allgemeinen nicht übereinstimmt mit dem Ort der entsprechenden wirklichen Objekte. Diese Täuschung ist keine Täuschung über den Empfindungsinhalt, sondern nur über Form und Lage des wirklichen Objektes.

#### Anhang.

§ 41. Um dem Leser wenigstens an einem Beispiele ein Bild von dem Grade der Verschiedenheit der Winkel zu geben, welche jede der beiden Richtungslinien eines in der Kernfläche gesehenen Punktes mit der bezüglichen Gesichtslinie einschließen, füge ich eine Tabelle über die entsprechenden Werte bei, wie ich sie aus Versuchen mit dem pag. 38 beschriebenen Spiegelhapploskope für meine Augen ermittelt habe.

Mit Fig. 6 pag. 40 verglichen, giebt die 2. Kolumne die Distanz  $BC$  ( $= B'C'$ ) an; die 3. und 4. Kolumne die Distanzen  $AC$  resp.  $A'C'$ ; die 5. Kolumne den Winkel  $\alpha$  ( $= \alpha'$ ); die 6. und 7. Kolumne die Winkel  $\beta$  resp.  $\beta'$ . In der 8. Kolumne ist das Intervall angegeben, innerhalb dessen die Konvergenz geändert wurde, wobei die drei gesehenen Fäden (wie früher erwähnt) immer in einer zur Frontalebene parallelen Ebene lagen. Die Einstellung wurde an einem zwischen den zwei Extremen der Konvergenz gelegenen Punkte gemacht und dann die Konvergenz nach beiden Seiten geändert (vergl. pag. 41 f.). Die Vergleichung der 3. und 4. Kolumne, und ebenso der 6. und 7. giebt ein Bild von der pag. 56 f. erwähnten Verschiedenheit meiner Augen. Der Vergleich der 3. und 4. Kolumne mit der 2., und ebenso der 6. und 7. mit der 5. zeigt die Verschiedenheit der Breitenwerte auf der äußeren und inneren Netzhaut.

---

Zum Schlusse sei es mir gestattet, Herrn Prof. HERING für die vielfache Unterstützung, die er mir bei Ausführung der vorstehenden Arbeit hat zu teil werden lassen, meinen wärmsten Dank auszusprechen.

---

Tabelle. (Zu § 29, II.)

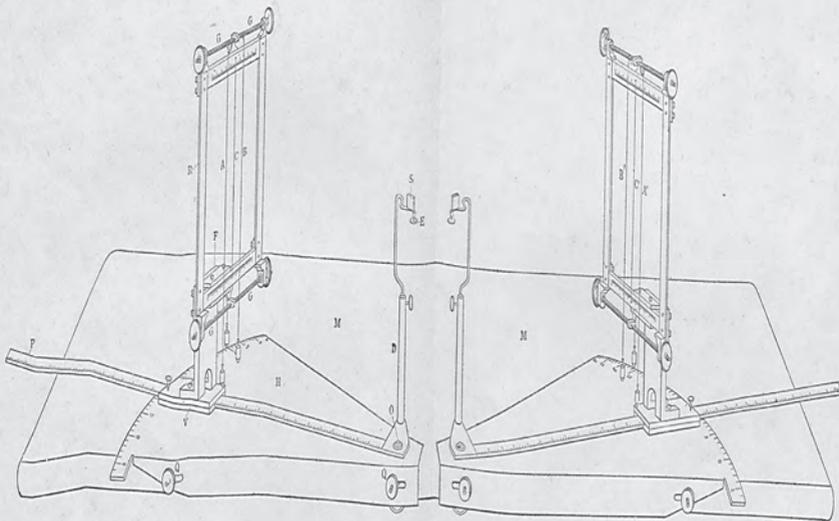
	Entfernung der Mittelstrahlen von den bezüglichen Drehpunkten.	Entfernung der auf den inneren Netzhautblättern abgebildeten Fiden von den Mittelstrahlen	Entfernung der auf den inneren Netzhautblättern abgebildeten Fiden von den Mittelstrahlen, und zwar		Größe jedes der beiden inneren Gesichtswinkel	Größe der äußeren Gesichtswinkel, und zwar		Grenzen, innerhalb deren die Konvergenz geändert wurde
			für das linke Auge	für das rechte Auge		für das linke Auge	für das rechte Auge	
I.	350	10	9,8	9,9	1° 30' 12"	1° 28' 24"	1° 29' 18"	— 8° bis + 17°
II.	210	15	14,55	14,8	3° 33' 41"	3° 27' 18"	3° 30' 51"	— 4° „ + 20°
III.	280	20	19,4	19,8	3° 40' 46"	3° 34' 10"	3° 38' 34"	— 6° „ + 18°
IV.	350	25	24,2	24,75	3° 45' 15"	3° 38' 4"	3° 43' 0"	— 8° „ + 16°
V.	420	30	29,25	29,6	3° 48' 20"	3° 42' 39"	3° 45' 18"	— 9° „ + 12°
VI.	330	25	24,6	24,75	3° 57' 41"	3° 53' 54"	3° 55' 19"	— 7° „ + 20°
VII.	230	30	28,7	29,4	6° 48' 57"	6° 31' 23"	6° 40' 50"	— 4° „ + 20°
VIII.	160	25	23,9	24,6	7° 27' 25"	7° 7' 57"	7° 20' 20"	0° „ + 28°
IX.	130	25	23,4	24,4	8° 49' 35"	8° 16' 10"	8° 37' 4"	+ 11° „ + 35°
X.	100	25	23,1	24,1	10° 48' 15"	10° 0' 2"	10° 25' 27"	+ 6° „ + 38°

Die Längennetze sind durchweg in Millimetern angegeben.

Druck der Verlagsanstalt und Druckerei A.-G. (vorm. J. F. Richter) in Hamburg.

*Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane.*

*Bd. V, Tafel I.*



*Verlag von Leopold Voss in Hamburg und Leipzig.*



- 3 Das Verhältnis von Accommodation und Konvergenz zur Tiefenlokalisation, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 7 (1894), 97-151.



---

Sonder-Abdruck aus  
„Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane“.  
Bd. VII.  
Verlag von Leopold Voss, Hamburg (und Leipzig).

---

(Aus dem physiologischen Institute der deutschen Universität zu Prag.)

## Das Verhältnis von Accommodation und Konvergenz zur Tiefenlokalisierung.

Von

Dr. FRANZ HILLEBRAND,  
Docenten der Philosophie an der Universität zu Wien.

(Mit 2 Figuren im Text.)

§ 1. Wenn man darnach fragt, wie (bei Ausschluß aller durch die Erfahrung gegebenen Lokalisationsmotive) die Tiefenbestimmtheit eines Sehdinges zu stande kommt und von welchen Gesetzen sie beherrscht wird, so hat man vor allem zwei Dinge zu unterscheiden, bezw. jene Frage in zwei Teilfragen zu zerfällen:

1. Wovon hängt der Tiefenwert des fixierten Punktes ab?

2. Nach welchen Gesetzen entstehen die Tiefenwerte aller nicht fixierten Objekte in Bezug auf das fixierte? D. h. wovon hängt es ab, daß ein nichtfixiertes Objekt ferner, gleich weit entfernt oder näher erscheint als der Fixationspunkt?

Die erste Frage richtet sich auf die Lokalisation des Kernpunktes und der Kernfläche (HERING), die zweite auf die Lokalisation in Bezug auf die Kernfläche. Es handelt sich also das eine Mal sozusagen um absolute, das andere Mal um relative Tiefenlokalisierung.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Diese Ausdrucksweise darf nicht mißverstanden werden. Die Lokalisation des Kernpunktes ist ja, insofern sie auf den eigenen Körper bezogen wird, auch eine relative, und nur insoweit die außerhalb des Kernpunktes gelegenen Punkte in ihrer Lokalisation auf diesen bezogen werden, kann man den Kernpunkt als absolut, die anderen Punkte als relativ lokalisiert bezeichnen. Vergl. dazu HERING, *Beiträge zur Physiologie*, 5. Heft, pag. 342.

In der Geschichte des Problems der Tiefenwahrnehmung ist es die letztere Frage gewesen, welche fast ausschließlich das Interesse des beteiligten Forscherkreises für sich in Anspruch genommen hat. Und in der That kann man sagen, daß die fundamentalen Gesetze, welche die Lokalisation relativ zur Kernfläche bestimmen, heute vollkommen klargelegt sind.

Wir wissen, daß, wenn sich ein Punkt auf zwei Stellen von identischer Sehrichtung abbildet, der entsprechende Sehpunkt in der Kernfläche erscheint, daß er aber vor oder hinter der Kernfläche erscheint, sobald die beiden Bilder auf querdisparate Netzhautstellen fallen, und zwar vor der Kernfläche, wenn die Disparation eine gekreuzte, hinter derselben, wenn sie eine ungekreuzte (gleichseitige) ist.

So sind denn die Bedingungen klargestellt, von denen die Lokalisation eines Punktes relativ zum fixierten abhängt (sofern nicht erfahrungsmäßige Motive der Lokalisation wirksam sind).

Nicht dieselbe Klarheit herrscht in Betreff der Gesetze, welche die Tiefenlokalisierung des Kernpunktes (und damit der Kernfläche) selbst bestimmen. Daß dieselbe in irgend einem Zusammenhang mit der Konvergenz der Gesichtslinien stehen müsse, ist ja klar, und in der That haben diejenigen, welche dieser Frage ihre Aufmerksamkeit zugewendet, hierin das bestimmende Moment für die Lokalisation des Kernpunktes gesehen. Aber wie jener Zusammenhang zu denken sei, darüber gehen die Ansichten von allem Anfang an auseinander. Die am meisten verbreitete Anschauung geht dahin, daß wir uns der Konvergenzänderung durch Muskelempfindungen (oder „Muskelgefühle“), also auf centripetalem Wege, bewußt werden, indem die Qualitäten dieser Empfindungen entweder selbst räumlich bestimmt oder aber mindestens von Raumbestimmungen associativ begleitet sind, in der Weise etwa, daß mit wachsender Intensität der Muskelempfindungen sich abnehmende Fernwerte verbinden. (Manche haben sich die Gelegenheit nicht entgehen lassen, auch hier wieder von „Schlüssen“ — und selbstverständlich von „unbewußten“ — zu sprechen.)

Nach der Ansicht Anderer ist der Zusammenhang zwischen Konvergenz und Lokalisation des Kernpunktes in der Weise zu denken, daß schon mit der Innervation zur Konvergenz eine entsprechende Raumempfindung (in diesem Falle eine

relative Nahempfindung) sofort mitgegeben und also central (nicht centripetal) erzeugt sei, und ebenso mit dem Nachlassen dieser Innervation, bezw. mit der antagonistischen Innervation (in welchem Falle eine relative Fernempfindung entsteht). Nach dieser Ansicht kommt es also nicht auf den Erfolg der Innervation an, der uns auf irgend welchem centripetalen Wege kund würde, sondern auf die Innervation selbst.

Indessen sind auch von diesem Standpunkte aus noch zweierlei Auslegungen des Lokalisationsvorganges möglich und in der Litteratur thatsächlich vertreten.

Man kann nämlich entweder annehmen, daß mit dem Innervationsakte an sich schon die Nähen- bezw. Fernempfindung gegeben sei, oder aber, daß dies der Fall sei, insofern jene Akte bereits durch eine Nähen- oder Fernvorstellung hervorgerufen worden sind, so daß also die Nähen- oder Fernvorstellung als das Primäre, die entsprechende Innervation aber als das Sekundäre anzusehen wären, ein Standpunkt, den — soviel ich weiß — HERING als der Erste eingenommen hat. Man muß sich demzufolge vorstellen, daß ein vor oder hinter dem fixierten gelegener Punkt dadurch, daß er in gekreuzten oder ungekreuzten Doppelbildern (bezw. in gekreuzter oder ungekreuzter Disparation) erscheint und sonach einen Nah- oder Fernwert besitzt, vermöge eben dieses Nah- oder Fernwertes, wenn er fixiert werden soll, einen Anreiz auf das entsprechende Bewegungscentrum ausübt und so die Art der Innervation bestimmt.

Diese theoretischen Überlegungen will ich jetzt verlassen und sogleich angeben, welcher Frage die folgende Untersuchung gewidmet ist. Die Beziehung, in welcher dieselbe zu den obigen Theorien steht, wird man bald erkennen.

§ 2. Wenn man zwei verschieden weit entfernte Punkte abwechselnd monokular fixiert, derart, daß der jeweils fixierte Punkt scharf gesehen wird, so können (qualitative Gleichheit der Lichter vorausgesetzt) die beiden Netzhautreize beide Male dieselben sein. Soll nun die verschiedene Tiefenlage der beiden Außenpunkte in der Empfindung zum Ausdruck gelangen, so kann dies (wenn wir einmal von der gleichzeitigen

Stellungsänderung des zweiten, vom Sehakte ausgeschlossenen Auges absehen) nur unter dem Einflusse des verschiedenen Accommodationszustandes geschehen, sei es, daß uns der jeweilige Accommodationszustand selbst über die Tiefenlage des einzelnen Sehpunktes unterrichtet, sei es, daß der Accommodationswechsel die Empfindung einer Entfernungsänderung hervorruft. Die Frage ist nun, ob eine solche Beziehung zwischen Accommodation und monokularer Tiefenlokalisation besteht oder nicht.

Über diesen Gegenstand liegt — so viel ich weiß — eine einzige Untersuchung vor, welche WUNDT ausgeführt und in seinen *Beiträgen zur Theorie der Sinneswahrnehmung* als dritte Abhandlung mitgeteilt hat.<sup>1</sup> Indessen scheinen mir weder die Versuche dieses Forschers völlig exakt und mit Ausschluß aller in Frage kommenden Fehlerquellen ausgeführt, noch auch die Schlüsse, die er aus ihnen zieht, sämtlich zwingend (worauf ich im Laufe dieser Untersuchung näher eingehen werde); und darum halte ich es nicht für überflüssig, die betreffende Frage einer neuerlichen sorgfältigen Prüfung zu unterwerfen, um so mehr, als WUNDT'S Resultate in die meisten physiologisch-optischen Kompendien Eingang gefunden haben und als feststehend angesehen werden, was sie meiner Meinung nach nicht durchwegs sind.

§ 3. Bevor ich an die Mitteilung der Versuche gehe, scheinen mir noch zwei Bemerkungen am Platze zu sein, von denen sich die erste auf eine genauere Präzision der Aufgabe, die zweite auf den Zusammenhang derselben mit den eingangs skizzierten Theorien bezieht.

Bei der Untersuchung, ob zwischen Accommodation und Tiefenlokalisation eine Beziehung besteht, muß es sich in erster Linie um die Bestimmtheit, nicht um die Richtigkeit der Lokalisation handeln. Das Wesentliche liegt ja in der Frage, ob uns die Accommodation überhaupt zu einer Tiefenempfindung verhilft, was wir daran erkennen würden, daß das Variieren der ersteren auch einen Wechsel der letzteren mit

<sup>1</sup> In der *Zeitschrift für rationelle Medicin* von HENLE und PFEUFFER, III. Reihe, VII. Bd., pag. 321 ff. Die 1869 erschienene Doktor-Dissertation von HILCKER, welche sich zur Aufgabe stellt, die Tiefenschätzung bei verschiedenen (normalen und anomalen) Refraktionszuständen zu untersuchen, ist, wie ich unten ausführen werde, leider unbrauchbar.

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung.* 101

sich führt. Es ist eine ganz andere und in Hinsicht auf diese Frage logisch sekundäre Untersuchung, ob die etwa durch die Accommodation veranlaßten Tiefenempfindungen richtig, d. h. mit den objektiven Entfernungsausmaßen übereinstimmend sind, eine Frage, die uns hier nicht beschäftigt.

§ 4. Was die Beziehung zu den früher erwähnten Theorien über die Lokalisation eines binokular fixierten Punktes anlangt, so wird dieselbe sofort klar, wenn man sich an die bekannte physiologische Association zwischen Accommodation und Konvergenz erinnert. Die allmähliche Anspannung der Accommodation beim Heranrücken eines monokular fixierten Punktes ist von einer Vergrößerung des Konvergenzwinkels begleitet, auch wenn das andere Auge vom Sehakt ausgeschlossen ist. Dies ist für unsere Frage von Bedeutung: sind nämlich Entfernungsunterschiede beim Accommodationswechsel erkennbar, so kann der Grund sowohl in der Accommodation selbst wie auch in der gleichzeitigen Konvergenz liegen (die Anhänger der Muskelgefühlstheorie haben dann die Auswahl zwischen Empfindungen von seiten der Binnenmuskulatur und solchen von seiten des äußeren Bewegungsapparates); leistet aber der Accommodationswechsel nichts dergleichen, dann ist implicite damit bewiesen, daß auch die Konvergenz einer solchen Leistung unfähig ist. Hierbei ist die Thatsache ohne Bedeutung, daß jene Beziehung zwischen Accommodation und Konvergenz nicht in der Weise eindeutig ist, daß einem bestimmten Konvergenzwinkel nur ein einziger, ganz bestimmter Accommodationszustand zugehörte, was bekanntlich nicht genau der Fall ist (relative Accommodationsbreite); und ebensowenig verschlägt es, daß durch Einführung besonderer Versuchsbedingungen und durch Übung die Lösung jener Association noch etwas weiter getrieben werden kann (RUETE, DONDERS).

§ 5. Da WUNDT auf diesen Punkt zu sprechen kommt, äußert er sich folgendermaßen:

„Man könnte . . . geneigt sein, das Accommodationsgefühl den äußeren Augenmuskeln zuzuschreiben, deren Bewegung gewöhnlich in inniger Verbindung mit den Accommodationsbewegungen steht, indem mit einem bestimmten Konvergenzwinkel der Sehachsen meistens diejenige Anpassung des Auges verbunden ist, die der Entfernung des Konvergenzpunktes entspricht. Hiergegen ist aber zu erinnern, daß erstens nach den Untersuchungen von VOLKMANN, DONDERS, CZERMAK u. a. jener

Zusammenhang jedenfalls sehr häufig fehlt, und dafs zweitens gerade in unseren Versuchen, in denen das eine Auge in immer gleicher Richtung durch eine Röhre sieht, während das andere geschlossen bleibt, der Einfluß der Konvergenzbewegungen wie überhaupt aller Augenbewegungen ganz und gar ausgeschlossen ist.<sup>1</sup>

Was nun zunächst die einschlägigen Arbeiten der drei obengenannten Forscher anlangt, so ist der Bericht WUNDTs nicht ganz vollständig und schließt nicht aus, dafs sich der Leser ein falsches Bild von ihren Resultaten macht. VOLKMANN (und übrigens vor ihm schon J. MÜLLER) hat nur angegeben, dafs, wenn er ein Auge auf einen gewissen Punkt accommodierte, während das andere verdeckt war, und nun plötzlich die Deckung entfernte, der betreffende Punkt anfänglich in nahe aneinanderliegenden Doppelbildern erschien — was nichts anderes beweist, als dafs einem gewissen Accommodationszustand nicht ein einziger Konvergenzgrad, sondern ein bestimmtes Intervall von Konvergenzen entspricht.<sup>2</sup> Die Versuche von DONDERS sind, wie schon CZERMAK<sup>3</sup> hervorhebt, unter

<sup>1</sup> A. a. O. pag. 339. Das unmittelbar anschließende Argument werde ich später berücksichtigen.

<sup>2</sup> Welcher Art die so entstehenden Doppelbilder sind (ob gekreuzt oder ungekreuzt), einen wie großen Abstand sie ferner voneinander haben, dies hängt sowohl von den (normalen oder anomalen) Refraktionsverhältnissen, als auch von der absoluten Accommodationsbreite des einzelnen Beobachters ab. Der Hypermetrope z. B. braucht zur Accommodation für die Nähe einen abnormen Kraftaufwand. Er wird daher (vermöge der erwähnten Association) das gedeckte Auge stärker einwärts wenden, als es der Lage des vom anderen Auge fixierten Punktes entspricht. Wenn die Deckung entfernt wird, so muß das nun binokular gesehene Objekt in ungekreuzten Doppelbildern erscheinen. Man sieht leicht, dafs die Distanz derselben (unter sonst gleichen Umständen) um so grösser sein muß, je stärker die Hypermetropie ist, bzw. wenn es sich um eines und dasselbe Individuum handelt, je näher der zu fixierende Punkt liegt. — Der umgekehrte Fall wird bei Myopie eintreten; und auch hier muß die Distanz der Doppelbilder um so grösser sein, je stärker die Myopie ist, bzw. — bei einem und demselben Individuum — je grösser die Entfernung des Fixationspunktes ist. In analoger Weise wird man die Wirkung von Accommodationsanomalien (z. B. der Presbyopie) auf Lage und Distanz der Doppelbilder ableiten können.

<sup>3</sup> Vgl. seine Abhandlung: Über den Zusammenhang zwischen der Konvergenz der Augenachsen und dem Accommodationszustand der Augen, 1854 und 55; wiederabgedruckt in den *Gesammelten Schriften von Joh. Nep. Czermak*. Leipzig 1879. I. Bd., 1. Abt., pag. 243 ff.

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 103*

künstlichen Umständen (Vorsetzen von Röhren und Linsen) gemacht, wie ja auch der Verschluss eines Auges eine Entfernung von den normalen Bedingungen des Sehens bedeutet. Derartige künstliche Bedingungen hat DONDERS nur eingeführt, um die Grenzen des Zusammenhanges zwischen Konvergenz und Accommodation, an dem er keineswegs zweifelte, zu bestimmen. Ja seine Untersuchungen über relative Accommodationsbreite würden von vornherein keinen Sinn haben, wenn ihm jene physiologische Association nicht festgestanden wäre.

Ähnliches gilt von CZERMAK. Dieser hat es (ohne künstliche Hilfsmittel) „durch anhaltende und anstrengende Übungen“ dahin gebracht, auf einen nahen Gegenstand zu accommodieren, dabei aber die Gesichtslinien in geringere Konvergenz zu bringen, als dem betreffenden Gegenstande entsprechen würde, während es ihm weder gelingt, bei unveränderter Accommodation für die Entfernung des Gegenstandes den Schnittpunkt der Gesichtslinien vor den Gegenstand fallen zu lassen,<sup>1</sup> noch auch bei richtiger Einstellung der Gesichtslinien auf den Gegenstand für einen jenseits desselben gelegenen Punkt zu accommodieren.<sup>2</sup> In der That hält auch CZERMAK an dem Gesetze von der Association zwischen Konvergenz und Accommodation fest. Und mit Recht. Denn wenn auch bei Anwendung künstlicher Mittel oder durch besondere Anstrengung und fortgesetzte Übung eine Lösung dieses Zusammenhanges bis zu einem gewissen Grade möglich ist, so ist doch damit keineswegs bewiesen, daß eine solche beim Sehen unter normalen Verhältnissen statthat. Für diese Fälle haben vielmehr nur die Beobachtungen von J. MÜLLER und VOLKMANN Geltung, und diese beweisen (wie schon erwähnt) nichts anderes, als daß jene Beziehung keine im strengen Sinne eindeutige genannt werden kann.

Nicht recht begreiflich aber ist es weiter, wie WUNDT behaupten kann, daß bei seinen Versuchen, „in denen das eine Auge in immer gleicher Richtung durch eine Röhre sieht, während das andere geschlossen bleibt, der Einfluß der Konvergenzbewegungen, wie überhaupt aller Augenbewegungen, ganz und gar ausgeschlossen ist“. Daß von einem Aus-

<sup>1</sup> A. a. O. pag. 252.

<sup>2</sup> A. a. O. pag. 255.

geschlossen sein nicht die Rede ist, davon kann sich jeder durch einen ganz einfachen Versuch überzeugen. Man halte in Armeslänge ein Fixationsobjekt, etwa eine Schreibfeder, vor das eine Auge, und zwar so, daß sich das Auge beim Fixieren in der Primärstellung befindet; man schliesse das andere Auge und lege einen Finger leicht auf das Lid. Rückt man nun das Fixationszeichen längs der Gesichtslinie immer näher und näher (indem man es etwa an einem passend gestellten Lineal verschiebt), so bleibt das fixierende Auge still stehen. Folgt man dabei mit der Accommodation, so kann man schon mit dem tastenden Finger die Einwärtswendung der vorgewölbten Cornea des geschlossenen Auges konstatieren; ein derartig rohes und unvollkommenes Hilfsmittel reicht schon hin, um die mit der Accommodation verbundene Konvergenz zu erkennen, und zwar, wie man sieht, in einem Falle, wo jener Zusammenhang jedes praktischen Wertes entbehrt.

Bekanntlich setzt der Augenarzt diesen Zusammenhang voraus, wenn er eine Motilitätsstörung aus der sogenannten Sekundärablenkung diagnostiziert. Der Patient wird dabei angewiesen, mit dem einen Auge einen nahen Gegenstand (etwa einen Finger) zu fixieren; das andere Auge wird so mit der Hand gedeckt, daß es das Fixationsobjekt nicht sehen kann, daß aber der Untersuchende dieses Auge zu beobachten vermag. Erfolgen nun beim abwechselnden Wegziehen und Vorhalten der Hand merkliche laterale Augenbewegungen („Einrichtungsdrehungen“), d. h. weicht das gedeckte Auge infolge der Deckung von der richtigen Einstellung irgend merklich ab, so wird daraus auf eine Motilitätsanomalie geschlossen.

§ 6. Wenn also im Folgenden die Leistung der Accommodation für die Tiefenlokalisierung untersucht werden soll, so ist dabei in dem oben (S. 101) bezeichneten Sinne implicite auch die Leistung der Konvergenz mit betroffen.

Aber noch mehr. Es läßt sich — glaube ich — auf Grund einer von HERING längst gepflogenen Überlegung<sup>1</sup> zeigen, daß es gar keinen anderen Weg, als den der monokularen Untersuchung giebt, um den Einfluß der bloßen Konvergenzbewegung auf die Tiefenempfindung zu prüfen, d. h. keinen

<sup>1</sup> Vgl. *Beiträge zur Physiologie*. 5. Heft. § 127: Von der Lage des Kernpunktes relativ zum Ich, pag. 343 ff.

anderen Weg, um das Moment der Konvergenz zu isolieren. Ich will dies sogleich deutlich zu machen versuchen.

Es sei im vollkommen verdunkelten Raume ein leuchtender Punkt gegeben; derselbe liege (der Einfachheit wegen) median und in der primären Blickebene und werde binokular fixiert. Dieser Punkt bewege sich nun (immer in der Median- und primären Blickebene) gegen den Beobachter, welcher den Punkt fortwährend fixiert. Der Beobachter erkennt die Richtung der Bewegung; es fragt sich nur, woraus er sie erkennt. Der Vorgang ist, wie schon HERING auseinandergesetzt hat, offenbar folgender: sobald der Punkt den Ort verläßt, in welchem sich die Gesichtslinien schneiden, bildet er sich sofort mit gekreuzter Disparation ab und bekommt dadurch einen relativen „Nahwert“, und dieser ist es, der den Anstoß zur Vermehrung der Konvergenz erteilt. Wir können uns die ganze Linie, die der Lichtpunkt bei seiner Bewegung durchmisst, in sehr kleine Elemente zerlegt denken. In jedem solchen „Näherungselement“ findet der eben beschriebene Vorgang statt: zuerst der Eintritt der (gekreuzten) Disparation und im Gefolge dieser die Innervation zu stärkerer Konvergenz. Tatsächlich werden diese Änderungen infinitesimal erfolgen, sobald nur permanent fixiert wird. Am Wesen der Sache ändert sich natürlich nichts, wenn das Objekt diskontinuierlich fixiert wird, in der Weise etwa, daß ein Objekt zu erscheinen aufhört und sogleich darauf ein näheres oder ferneres ins Gesichtsfeld tritt.

In diesen Fällen ist es also die Disparation auf der Doppelnetzhaute, welche die Nah- oder Fernempfindung verursacht. Auf dieser Disparation beruht bekanntlich die binokulare Stereoskopie, d. h. das Tiefensehen relativ zum fixierten Punkt.

Der vorstehende Versuch ist also nicht dazu geeignet, den Einfluß der bloßen Konvergenz (sei es nun der Konvergenzinnervation oder einer centripetalen Konvergenzempfindung) festzustellen; er ist nicht im stande, darüber zu entscheiden, wovon die Lokalisation des Kernpunktes abhängt, da der jeweilige Kernpunkt nicht unabhängig von seinem Vorgänger lokalisiert wird, mit anderen Worten da der augenblickliche Kernpunkt in Relation zu dem unmittelbar vorhergehenden Kernpunkt auf Grund derselben Motive lokalisiert wird, welche bei der simultanen Stereoskopie das Näher- oder Fernliegen eines Punktes relativ zum fixierten bestimmen.

Ob und mit welchem Grade von Empfindlichkeit Tiefenunterschiede auf Grund der Konvergenz allein empfunden werden, das läßt sich auf Grund derartiger Versuche keinesfalls ausmachen; denn hier kann die Konvergenz (weder im Sinne des Konvergenzaktcs, noch in dem einer von der Peripherie stammenden Konvergenzempfindung) unmöglich isoliert untersucht werden.

Diesen sehr wesentlichen Umstand hat WUNDT übersehen. Indem er die geringsten, noch sicher erkennbaren Entfernungsdifferenzen mit Hilfe eines bewegten Fadens erst monokular, dann binokular ermittelt, glaubt er die Verschiedenheiten der Resultate beider Versuchsreihen lediglich darauf zurückführen zu müssen, daß bei der binokularen Beobachtung Empfindungen von seiten der Recti externi und interni zu den beim monokularen Sehen maßgebenden „Accommodationsgefühlen“ hinzutreten,<sup>1</sup> während, wie erwähnt, das beide Fälle wesentlich unterscheidende Moment darin liegt, daß das eine Mal eine Disparation der Bilder gegeben ist, die im anderen Falle mangelt.

§ 7. Außer der viel größeren Unterschiedsempfindlichkeit findet WUNDT noch ein anderes Moment, durch welches sich die binokularen Beobachtungen von den monokularen unterscheiden: während er nämlich beim einäugigen Sehen konstatiert zu haben glaubt, daß die Unterscheidungsgrenze für die Annäherung geringer sei, als für die Entfernung, ergibt sich

<sup>1</sup> Vgl. die 4. Abhandlung der Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung in der *Zeitschr. f. rat. Medicin.* 3. Reihe, XII. Bd., pag. 145 ff. Einen viel weniger begreiflichen Fehler hat HILCKER (*Versuche über die Fähigkeit der Schätzung nach der Tiefendimension bei den verschiedenen Brechungszuständen der Augen, bei Sehschärfeherabsetzung und beim Fehlen des binokularen Schaktes*, Inaugural-Dissertation, Marburg 1889) begangen. Wenn Jemand den Einfluß der verschiedenen Brechungszustände auf die Tiefenlokalisation untersuchen will, dann ist doch gar keine Versuchsreihe vorhanden, die Beobachtungen binokular zu machen! Der erwähnte Autor hat dies (die Untersuchung Einäugiger abgerechnet) wirklich gethan. Wie wenig orientiert derselbe übrigens über die wesentlichsten Gesetze des Tiefensehens ist, zeigt sich auch darin, daß er bei Erwähnung der Bedingungen der binokularen Stereoskopie nur so anhangsweise die gekreuzten bez. ungekreuzten Doppelbilder erwähnt. „Ferner,“ heißt es pag. 24, „ist das verschiedene Verhalten der Doppelbilder, je nachdem von zwei Punkten der ferner gelegene oder näher gelegene Punkt fixiert wird, von Einfluß auf unsere Tiefenwahrnehmung.“ Und doch ist gerade dieser Umstand der wesentliche.

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 107*

ihm, daß diese Verschiedenheit beim zweiäugigen Sehen „gerade in jenen Distanzen, in denen sie bei monokularem Sehen am deutlichsten hervortrat, gar nicht vorhanden oder verschwindend klein“ ist. Daran schließt WUNDT folgende Bemerkung:

„Diese beiden wesentlichen Differenzen zwischen der Erkennung von Distanzunterschieden bei monokularem und bei binokularem Sehen erklären sich nur durch die Annahme, daß im letzteren Falle nicht die Accommodation, sondern die Konvergenzbewegungen oder vielmehr die mit ihnen verknüpften Muskelgefühle das Hilfsmittel zur Entfernungsbestimmung abgeben.“<sup>1</sup>

Indessen hätte WUNDT für keinen der beiden Unterschiede nötig gehabt, jene hypothetischen Muskelgefühle als Erklärungsprinzip heranzuziehen. Daß die größere Feinheit im Erkennen von Distanzunterschieden beim Binokularsehen auf der Wirkung der Disparation beruht (die ja beim Monokularsehen wegfällt), ist schon erwähnt worden. Weiter ist aber auch klar, daß die Disparation mit demselben Grade von Genauigkeit wirken muß, ob sie nun eine gekreuzte oder ungekreuzte ist, ob sich also der fixierte Punkt nähert oder entfernt. So leistet denn hier eine vera causa mindestens ebensoviel wie die bloß hypothetisch geforderten „Muskelgefühle“; welches Erklärungsprinzip dann den Vorzug verdient, darüber kann doch wohl kein Zweifel aufkommen.

(Ich will hier noch nicht weiter darauf eingehen, daß die Verschiedenheit der Unterscheidungsgrenzen für Annäherung und Entfernung beim Monokularsehen aller Wahrscheinlichkeit nach gar nicht besteht und der Schein ihrer Existenz nur auf gewisse Versuchsfehler zurückzuführen sein dürfte. Davon später.)

§ 8. Fassen wir die obige Darlegung kurz zusammen, so läßt sich folgendes sagen: um zu prüfen, was die bloße Konvergenz (sowohl im Sinne des Konvergenzakt, als auch etwaiger peripherer Konvergenzempfindungen) für die Tiefenlokalisierung leistet, dazu sind alle Versuche untauglich, bei denen beide Augen am Sehakt beteiligt sind, weil in diesem Falle immer das höchst empfindliche Reagens der Disparation zur Wirkung gelangt und somit der zu untersuchende Faktor

<sup>1</sup> A. a. O. pag. 160.

(die Konvergenz) prinzipiell nicht isoliert werden kann. Hingegen wird die verlangte Untersuchung ermöglicht durch monokulare Accommodationsversuche, insoweit eine physiologische Association zwischen Accommodation und Konvergenz besteht, was aber — sobald man nicht künstliche Lösungen absichtlich anstrebt — bis zu einem erheblichen und für die Untersuchung jedenfalls hinreichenden Grade der Fall ist.

Durch die vorstehenden Erörterungen habe ich die theoretische Bedeutung der folgenden Untersuchung klarstellen wollen, die sich zwar zunächst nur mit dem Einfluß der Akkommodation auf die Tiefenwahrnehmung beschäftigt, in ihren Konsequenzen aber notwendig über diese Frage hinausgreift. — Ich wende mich sogleich zu den Versuchen selbst.

§ 9. Wenn man den Einfluß der Accommodation auf die Tiefenwahrnehmung untersuchen will, so ist es selbstverständlich vor allem nötig, für den vollständigen Ausschluss aller anderen Lokalisationsmotive zu sorgen. Die Disparation fällt bei monokularen Versuchen ohnehin weg; aber auch alle sogenannten „empirischen“ Motive der Lokalisation müssen ferngehalten werden, wie z. B. Bekanntschaft mit der Größe des Objektes, Perspektive, Schattenverteilung u. dergl. m. Denn um die Lokalisation der primitiven Empfindung soll es sich handeln, nicht um die einer durch vorausgehende Erfahrungen modifizierten Empfindung.<sup>1</sup>

Um allen diesen empirischen Motiven zu entgehen, wurde folgende Versuchsanordnung in Anwendung gebracht, die in nebenstehender Figur 1 im Grundriß und in schematischer Weise dargestellt ist.

Auf der horizontalen Tafel  $T$  ist in  $a$  eine vertikale Achse angebracht, um welche die beiden der Platte aufliegenden Leisten  $b$  und  $b'$  drehbar sind. Mit diesen Leisten sind die 1 m langen und in Millimeter geteilten Maßstäbe  $m$  und  $m'$  im rechten Winkel fix verbunden. Die beiden parallelepipedischen Stücke  $p$  und  $p'$  lassen sich in einer Schlittenführung längs den Maßstäben verschieben und ist ihre jeweilige Stellung an der Millimeterteilung ablesbar. Die Stücke  $p$  und  $p'$  tragen

<sup>1</sup> Über die genauere Fassung dieser beiden Begriffe vergl. meine Abhandlung über „die Stabilität der Raumwerte auf der Netzhaut“ in dieser Zeitschrift Bd. V. S. 5 ff.

Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 109

in einer Einkerbung je einen vertikalen Holzrahmen, deren Grundrisse in der Zeichnung durch  $S$  und  $S'$  dargestellt sind. Auf der dem Beobachter zugekehrten Seite sind diese Rahmen mit schwarzen, ganz ebenen und gleichmäßigen Kartons überklebt, welche auf der Medianseite etwas über die Rahmen hinausragen. Diese überragenden Kanten sind haarscharf geschnitten, so daß keinerlei Details (Papierfasern oder Abweichungen von

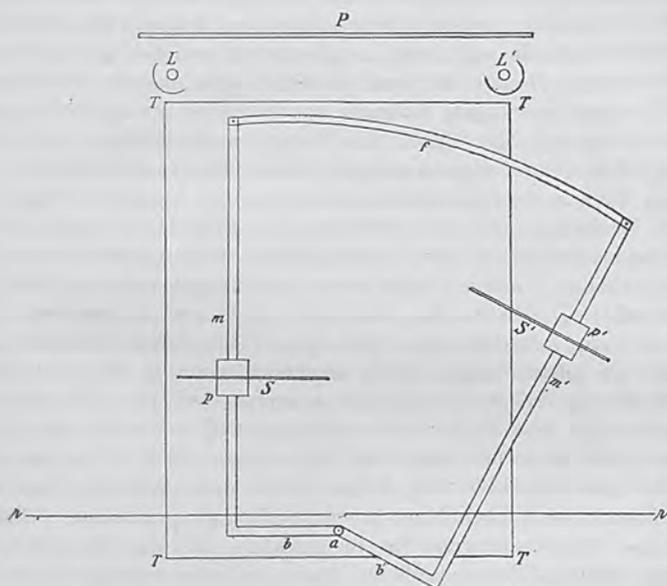


Fig. 1.

der geraden Linie) gesehen werden können.<sup>1</sup> Hinter dem Apparate steht die große weiße, mattgeschliffene Milchglasplatte  $P$ , welche von den beiden Lampen  $L$  und  $L'$  hell erleuchtet wird. Die Lampen sind von hohen halb offenen Eisenblechcylindern umgeben, die so orientiert werden, daß das Licht

<sup>1</sup> Die Kanten werden am besten mit schräg gehaltenem scharfen Skalpell geschnitten, so daß die Schnittfläche nicht senkrecht, sondern schräg gegen die große Kartonfläche steht, und zwar in dem Sinne, daß sie dem Beobachter abgewandt ist und dieser also eine möglichst vollkommen scharfe Kante sieht.

der Lampen nur auf die weiße Tafel fällt; im übrigen ist der Raum verdunkelt. Lotrecht über der Achse  $a$  ist ein kurzer (in der Figur nicht abgebildeter) Tubus angebracht, dessen vom Beobachter abgewandtes Ende durch ein oblonges Diaphragma von 1 cm Breite und 1,5 cm Höhe abgeschlossen ist. Der Tubus ist so orientiert, daß der mittlere Knotenpunkt des angelegten Auges vertikal über den Drehpunkt ( $a$ ) des ganzen Systems zu liegen kommt. Außerdem ist der große vertikale Pappschirm  $rr$  aufgestellt, der an passender Stelle ein Loch trägt, durch welches der Tubus herausragt. Denken wir uns zunächst etwa das rechtsseitige Schienensystem samt Rahmen und Schirm weg und das linksseitige in der durch die Figur versinnlichten Stellung befindlich; die vertikale scharfe Kante des Kartonschirmes  $S$  liegt dann in der Symmetrieebene des ganzen Apparates. Blickt der Beobachter durch den Tubus, so wird das oblonge Diaphragma zur Hälfte von dem schwarzen Kartonschirm optisch ausgefüllt, zur anderen Hälfte von der hellbeleuchteten Milchglastafel. Der Beobachter sieht also rechts von der Symmetrieebene ein hellerleuchtetes oblonges Feld, dessen linke Seite dann als scharfe gerade Linie erscheint, wenn er eben für die Entfernung des Kartonschirmes accommodiert ist. Da dieser Schirm auf dem Maßstabe verschiebbar ist, so kann man ihm vom jeweiligen Nahpunkt des Beobachters bis zu 1 m jeden beliebigen Abstand vom Auge geben und daher in diesem Intervalle jede beliebige Accommodation veranlassen. Die Größe des Diaphragmas ist so gewählt, daß der Beobachter keine weiteren Bestandteile des Apparates oder sonstige Objekte sehen kann. Bei der Kürze des Tubus erscheint der das Sehfeld abschließende (übrigens erheblich peripher gesehene) Rand des Diaphragmas natürlich infolge der Zerstreuungskreise mehr oder weniger verschwommen.

Der Rahmen mit dem schwarzen Karton kann nun kontinuierlich verschoben werden, während die Kante vom Beobachter bei ganz feststehendem Kopfe fixiert wird; man kann aber auch die fix verbundenen Schienen  $b$  und  $m$  so um die Achse  $a$  drehen, daß der ganze Karton aus dem Sehfeld des Beobachters verschwindet; in dieser Lage kann man dem Kartonschirm eine beliebige Stellung auf der Schiene  $m$  geben und ihn dann rasch in das Gesichtsfeld hineinschieben.

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 111*

Schließlich ist noch die gleichzeitige Verwendungsweise beider Schirme zu erwähnen. Die beiden Schienen  $m$  und  $m'$  lassen sich durch den Bogen  $f$  verkoppeln, dessen Größe so gewählt ist, daß die scharfen Kanten der beiden Schirme nie gleichzeitig im Gesichtsfeld erscheinen können, daß aber in dem Augenblick, in welchem die eine das Gesichtsfeld verläßt, die andere in dasselbe eintritt. Bei entsprechend rascher Verschiebung ist es auf diese Weise möglich, in äußerst kurzer Zeit an die Stelle der einen Kante die andere treten zu lassen, wobei natürlich jede in beliebige Entfernung vom Beobachter gebracht werden kann. Will man nur mit einer Kante experimentieren, so wird der Bogen  $f$  abgenommen und die Schiene, welche den anderen Schirm trägt, durch Drehung um die Achse  $a$  aus dem Gesichtsfeld gerückt (wie dies in der Figur angedeutet ist).

§ 10. Man sieht, daß bei dieser Versuchsanordnung alle Momente ausgeschlossen sind, welche auf die Tiefenlokalisierung irgend welchen Einfluß nehmen können, mit Ausnahme der Accommodation und der mit ihr trotz Verschluss des anderen Auges associierten Konvergenz. Vor allem kommt das störende Moment der Bildvergrößerung und -verkleinerung bei Annäherung und Entfernung nicht zur Wirkung, da die als Objekt dienende Trennungslinie der Breite nach ohne Ausdehnung ist, der Länge nach aber stets das ganze durch das Diaphragma begrenzte, immer gleich große Gesichtsfeld durchzieht und irgend welche Merkmale an dieser Trennungslinie nicht gegeben sind.

Dieses Moment ist es, durch welches mir die beschriebene Versuchsanordnung gegenüber der von WUNDT benutzten einen wesentlichen Vorzug zu haben scheint.

WUNDT blickt durch eine innen geschwärzte Röhre nach einem  $\frac{1}{2}$  mm dicken schwarzen Faden, der sich von einem gleichmäßig beleuchteten Hintergrund abhebt und beliebig verstellt werden kann. Bei einer Versuchsreihe wendet die Versuchsperson während der Verstellung des Fadens das Auge ab, bei einer anderen pendelt der Faden in der Medianebene, wobei der Beobachter den Faden fortwährend zu fixieren trachtet. In beiden Fällen muß die Vergrößerung und Verkleinerung des Bildes (wenn sie hinreichend groß ist) notwendig einen Anhaltspunkt für die Tiefenlokali-

sation geben. Indem ich ähnliche Versuche mit Anwendung eines feinen, straff gespannten Drahtes<sup>1</sup> anstellte, bin ich zu ganz anderen Resultaten gelangt als sie die später zu beschreibenden Versuche mit den Schirmkanten ergaben; in Fällen, in denen die Kantenversuche gar keine Wahrnehmung einer veränderten Tiefenlage ergaben, konnte eine solche bei Anwendung des Drahtes schon mit Sicherheit konstatiert werden.<sup>2</sup> Dies kann nur an der Gröfßenänderung des Netzhautbildes gelegen sein.

§ 11. Da WUNDT auf dieses Moment zu sprechen kommt, sagt er folgendes:

„Immer jedoch ist innerhalb der Accommodationsgrenzen die scheinbare Gröfße auf das Urteil über die relative Lage zweier Gegenstände von untergeordnetem Einflusse; bei weitem überwiegend ist hier der Einfluß der Accommodationsbewegungen selber.“<sup>3</sup> Und nach einigen Bemerkungen über das „Accommodationsgefühl“ fährt er zum Beweise für die eben citierte Behauptung fort wie folgt: „Eine Annäherung des Gegenstandes wird nämlich schon wahrgenommen, wenn die scheinbare Gröfße desselben sich noch gar nicht merklich verändert hat, so daß also die Accommodationsbewegung das einzige Moment ist, auf das jene Wahrnehmung möglicher Weise sich gründen kann.“<sup>3</sup>

Dieses Argument scheint mir aus folgendem Grunde unzutreffend: wenn sich das fixierte Objekt (hier der vertikale Faden) nähert, so wird doch jedenfalls das Netzhautbild gröfßer; gerade aber, wenn diese Zunahme des Netzhautbildes nicht als Zunahme der scheinbaren Gröfße des Gegenstandes empfunden wird, gerade dann muß sie als Abnahme der Entfernung empfunden werden. Es scheint, daß WUNDT hier die

<sup>1</sup> Dies ist immerhin noch eine etwas bessere Methode als die WUNDTsche. Denn bei den Fäden kommt nebst der Veränderung der Bildgröfße noch der Umstand hinzu, daß sie wohl nie ganz ohne unterscheidbare Details (abstehende Fasern, ungleichmäßige Dicke u. dergl.) sind, die durch ihr Deutlich- oder Undeutlichwerden, sowie insbesondere durch die Änderung ihrer scheinbaren Höhe (vgl. unten S. 117) weitere Anhaltspunkte für die Lokalisation liefern.

<sup>2</sup> Ob die Dicke des Fadens oder Drahtes von vornherein bekannt ist oder nicht, thut nichts zur Sache; es genügt ja, wenn es derselbe Faden (Draht) ist, der in verschiedenen Entfernungen beobachtet wird.

<sup>3</sup> *Beitr. z. Theor. d. Sinneswahrn.* 3. Artikel, a. a. O. pag. 325—26.

Begriffe „Größe des Netzhautbildes“ und „scheinbare Größe des Gegenstandes“ miteinander verwechselt, bzw. daß sich ihm an Stelle des ersteren der letztere einschleibt, ohne daß er sich davon genügend Rechenschaft giebt. Wenn sich das Netzhautbild nicht vergrößerte (was man durch entsprechende Verkleinerung des Objektes beim Näherschieben erreichen könnte, s. u.) und dennoch das Näherrücken des Objektes wahrgenommen würde, dann wäre der Schluß zuzugeben, daß dieses Näherrücken in irgend einer Weise unter dem Einfluß der Accommodation wahrgenommen sein muß. Aber aus der Tatsache, daß die scheinbare Größe sich nicht merklich verändert, muß die der WUNDRSchen Folgerung genau entgegengesetzte gezogen werden, daß nämlich die Wahrnehmung des Näherrückens ganz oder mindestens dem größten Teile nach auf die Vergrößerung des Netzhautbildes zurückzuführen ist und somit die Accommodationsbewegung keineswegs „das einzige Moment ist, auf das jene Wahrnehmung möglicher Weise sich gründen kann.“

Anmerkung. Man könnte versucht sein, dieser Widerlegung in folgender Weise zu begegnen und somit WUNDRS Standpunkt aufrecht zu erhalten:

Unter „scheinbarer Größe“, könnte man sagen, kann zweierlei verstanden werden: einmal die Größe des Sehdinges, ein anderes Mal die Größe des Netzhautbildes, bzw. des Gesichtswinkels (wie wenn ich sage: „Die scheinbare Größe des Vollmondes beträgt nahezu  $\frac{1}{2}$  Grad“). Die beiden Bedeutungen fallen nicht zusammen; auch ist die scheinbare Größe im Sinne der Größe des Sehdinges nicht allein abhängig von der scheinbaren Größe im Sinne der Größe des Netzhautbildes (oder Gesichtswinkels). In dem obigen Widerlegungsversuche — würde WUNDRS Verteidiger sagen — wird ohne weiteres angenommen, WUNDR habe unter scheinbarer Größe die Größe des Sehdinges verstanden; in diesem Falle wäre es freilich zuzugestehen, daß WUNDR aus dem Umstande, daß die scheinbare Größe sich noch nicht merklich geändert hat, nicht schließen durfte: also war es nur die Accommodation, welche uns über die Entfernungsänderung in Kenntnis gesetzt hat. Aber WUNDR hat unter scheinbarer Größe gar nicht die Größe des Sehdinges gemeint, sondern (in Übereinstimmung mit dem Sprachgebrauche der Physiker und Astronomen) die Größe des Gesichtswinkels, bzw. des Netzhautbildes. Wenn aber dies, dann bleibt sein (WUNDRS) Argument in Kraft: hat nämlich der Gesichtswinkel (bzw. das Netzhautbild) nur um so wenig zugenommen, daß die Zunahme untermerklich bleiben muß, dann kann sie weder als Zunahme der Größe, noch als Abnahme der Entfernung des Sehdinges gedeutet werden. Wenn nun trotz alledem eine Näherung sicher erkannt wurde, so hat WUNDR Recht, wenn er diese Wahrnehmung

lediglich auf Rechnung des veränderten Accommodationszustandes setzt.

Es kommt also alles darauf an, zu entscheiden, wie WUNDT den Ausdruck „scheinbare Gröfse“ in seiner Argumentation verstanden hat.

Ich hoffe aber zeigen zu können, daß WUNDT mit dem Terminus „scheinbare Gröfse“ hier nur die Gröfse des Sehdinges und nicht die des Gesichtswinkels, bezw. Netzhautbildes gemeint haben konnte. In mehrfacher Weise dürfte dies klar zu machen sein.

Zuvörderst will ich von der obigen Erörterung über das Erkennen von Distanzänderungen innerhalb des Accommodationsgebietes einen Augenblick absehen und zunächst diejenige Stelle in WUNDT'S Abhandlung in Betracht ziehen, in welcher er von der Tiefenlokalisation jenseits des Fernpunktes spricht (p. 324—25); der Sinn des Ausdruckes „scheinbare Gröfse“ wird sich schon aus dieser Stelle unzweifelhaft klarstellen lassen. WUNDT sagt: „Hängt man einen Faden jenseits des Fernpunktes auf und verschiebt denselben um verschiedene Entfernungen, so wird diese Verschiebung erst wahrgenommen, sobald dadurch der scheinbare Durchmesser des Fadens sich um ein Merkliches geändert hat.“ Das Netzhautbild muß sich also nicht überhaupt, sondern um ein Merkliches ändern. Aber in welcher Beziehung merklich? Merklich kann die Bildveränderung werden entweder indem man den Faden näher (weiter) lokalisiert, ihn aber für gleich dick hält (wobei also die Gröfse des Sehdinges sich nicht ändert), oder indem man ihn bei gleicher scheinbarer Entfernung für dicker (dünner) hält, oder schließlich indem er zugleich näher und dicker (ferner und dünner) erscheint. Da es sich bei WUNDT darum handelt, daß der Faden näher (ferner) lokalisiert wird, so bleiben von den obigen drei Fällen nur zwei übrig: der Faden scheint entweder gleich dick zu bleiben, sich aber zu nähern (entfernen), oder er scheint zugleich mit der Näherung dicker zu werden (mit der Entfernung dünner). Die Größenänderung des Netzhautbildes muß in beiden Fällen die Merklichkeitsgrenze überschritten haben, ob sie sich nun in der Empfindung durch gleichzeitige Größen- und Entfernungsänderung äußert oder bloß durch Entfernungsänderung, d. h. ob die psychische Wirkung der Änderung der Netzhautbildgröfse sozusagen aufgeteilt wird in die Gröfse und Entfernung des Sehdinges, oder ob sie nur in der Entfernung desselben zu Tage tritt. Wenn also überhaupt eine Änderung der scheinbaren Entfernung eintritt, so kann (jenseits des Fernpunktes) nur die Größenänderung des Netzhautbildes die Ursache sein, und man würde sich selbst widersprechen, wenn man sagte: Das Sehding ändert seine Entfernung, die Größenänderung des Netzhautbildes ist aber zu gering, um diese Entfernungsänderung zu erklären. Wenn also (jenseits des Fernpunktes) eine Entfernungsänderung erkannt wird, so kann die Änderung des Gesichtswinkels gar nicht untermerklich, d. h. hier psychisch wirkungslos gewesen sein, und es bedarf keiner weiteren experimentellen Untersuchung, ob doch die Winkeländerung eine hinreichend große war.

Innerhalb des Accommodationsgebietes wird nach WUNDT die Entfernungsänderung in verschiedener Weise erkannt, je nachdem es sich um Näherung oder Entfernung handelt. Daß für das Erkennen der An-

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisation. 115*

näherung das „Accommodationsgefühl“ maßgebend sei, lasse sich „sogar objektiv nachweisen“. Die Annäherung wird nach WUNDT schon wahrgenommen, wenn die scheinbare Größe des Gegenstandes „sich noch gar nicht merklich verändert hat“. „Anders,“ sagt WUNDT, „ist dies mit der Entfernung des Gegenstandes. Diese wird erst bemerkt, wenn der Gegenstand durch Weiterrücken eine sichtbare Verkleinerung seines Durchmessers erfahren hat.“ Beim Näherrücken wird also die Entfernungsveränderung schon bemerkt, ehe noch eine „sichtbare Vergrößerung des Durchmessers“ stattgefunden hat. Damit ist aber (ich verweise auf die obige Erörterung) nicht gesagt, daß die Vergrößerung des Netzhautbildes gar keinen Einfluß hatte. Somit bleibt die im Texte erhobene Einwendung gegen die Deutung, welche WUNDT seinen Versuchen zu teil werden läßt, in Kraft; es geht nicht an, den Standpunkt WUNDTs dadurch zu halten, daß man annimmt, er habe bei dem Worte „scheinbare Größe“ nur an die Größe des Netzhautbildes, bezw. Gesichtswinkels gedacht.

Auch eine andere Stelle läßt sich noch zum Beweise dessen beibringen. WUNDT sagt pag. 334: „Entfernt sich also von zwei Objekten das eine um eine so geringe Größe, daß sein scheinbarer Durchmesser sich nicht verändert etc. etc.“ Hier muß doch der „scheinbare Durchmesser“ soviel sein wie der Durchmesser des Sehdinges; denn der Gesichtswinkel oder die Größe des Netzhautbildes ändert sich selbstverständlich bei der geringsten Entfernungsänderung des Gegenstandes.

WUNDTs Tabelle der eben erkennbaren Entfernungsänderungen (pag. 330) ergibt, wenn man die Gesichtswinkel daraus berechnet, stellenweise so kleine Differenzen, daß es allerdings schwer wird, denselben bereits eine Wirkung auf die Größe der scheinbaren Entfernung zuzuschreiben (ergeben sich doch neben Differenzen von 20 bis 30 Winkelsekunden und darüber auch solche von bloß 8 bis 10 Sekunden), namentlich wenn der Vergleich kein simultaner, sondern ein successiver, durch kleine Pausen getrennt ist. Da aber bei Ausschluß jeder Bildgrößenänderung (z. B. bei Anwendung mathematischer Linien), wie wir sehen werden, Entfernungsunterschiede vom Ausmaße der WUNDTschen keineswegs erkannt werden und somit die Accommodation keineswegs die ihr von WUNDT zugeschriebene Rolle spielen kann, so bleiben zur Erklärung der Resultate, wie sie WUNDT erhalten hat, nur zwei Wege: entweder waren gewisse, die Lokalisation bestimmende Nebenumstände vorhanden, die WUNDT vielleicht übersehen hat (z. B. Merkpunkte, welche durch Fasern oder sonstige Unregelmäßigkeiten in den Fäden gegeben waren und durch ihre scheinbare Höhe über der Blickebene einen Anhaltspunkt zur Lokalisation boten, s. o.) — oder die Versuche waren ganz frei von derartigen Fehlern: dann aber bleibt nichts übrig, als anzunehmen, daß selbst jene sehr kleinen Gesichtswinkeldifferenzen doch schon hinreichend waren, um unser Urteil über die scheinbare Entfernung zu bestimmen.

Es ist mir keine Untersuchung über die kleinsten, eben merklichen Sehwinkelunterschiede bekannt. Bei der Kleinheit der absoluten Werte, um die es sich in unserem Falle handelt, müßte eine derartige Untersuchung, wenn anders sie über die Deutung der WUNDTschen Versuche

entscheiden soll, genau unter denselben Umständen gemacht werden wie die, welche WUNDT eingeführt hat, und über die wir aus der citierten Arbeit dieses Forschers nicht hinreichend unterrichtet werden. Die Beschaffenheit des Fadens, die Beleuchtungsverhältnisse, ein eventuell vorhandener (wenn auch geringer) Astigmatismus des beobachtenden Auges — diese und noch andere Umstände können die Werte der eben merklichen Schwinkelunterschiede hinreichend beeinflussen, um, wenn sie etwas geändert werden, andere Resultate zu liefern als die von WUNDT angegebenen.

Das scheint mir aber erwähnenswert, daß der kleinste zum Erkennen einer Ortsverschiedenheit erforderliche Gesichtswinkel bisher stets für größer gehalten wurde, als er es in der That ist. Als Minimalwert wird gewöhnlich 50 Sekunden bis 1 Minute angegeben. Wenn der kleinste Gesichtswinkel diesen Wert hat, dann erscheint es freilich ungläubwürdig, daß ein Gesichtswinkelzuwuchs von 10 bis 20 Sekunden schon merklich sein sollte. Indessen hat schon HELMHOLTZ bemerkt, daß in den bisherigen Versuchen, auf welchen diese Resultate beruhen, eine Fehlerquelle nicht ausgeschlossen sei, nämlich die Irradiation. Jenes Minimum von 50" giebt daher kein Maß für die Beschränktheit des Ortsinnes der Netzhaut. In neuester Zeit hat ERNST ANTON WÜLFING eine Arbeit „Über den kleinsten Gesichtswinkel“ (*Zeitschr. für Biologie*, XXIX. Bd., Neue Folge XI. Bd., pag. 199 ff.) veröffentlicht, in welcher er jene Fehlerquelle zu vermeiden sucht. Ohne hier weiter auf WÜLFINGS Untersuchungsmethode einzugehen, will ich nur erwähnen, daß der von ihm erzielte Minimalwert 10 bis 12 Winkelsekunden beträgt, also etwa den fünften Teil des gemeinlich angenommenen Wertes. WÜLFING hält es überdies für wahrscheinlich, daß bei Einführung noch günstigerer Beleuchtungsverhältnisse, als der von ihm angewandten, noch kleinere Werte sich ergeben würden, als die von 10–12 Winkelsekunden.

Für unsere Deutung der WUNDTschen Versuche sind WÜLFINGS Ergebnisse nicht unbedingt beweisend. Abgesehen nämlich von dem Umstande, daß es sich bei WÜLFING um simultane, bei den WUNDTschen Versuchen aber um successive Vergleiche handelt (wobei natürlich die Schnelligkeit der Succession sehr in Betracht kommt), hat sich WÜLFING — wie wir schon oben erwähnten — nicht die Aufgabe gestellt, zu untersuchen, um wieviel ein gegebener Gesichtswinkel wachsen oder abnehmen müsse, wenn der Unterschied eben erkennbar sein soll; vielmehr hat er den geringsten noch merklichen Lageunterschied zweier Ortsdaten zu ermitteln gesucht. Trotz alledem stehen seine Ergebnisse zu der Frage, welche uns hier beschäftigt, wie erwähnt, in Beziehung. Wäre nämlich, wie man gemeinlich angenommen hat, der Lageunterschied zweier Punkte erst dann eben erkennbar, wenn er einem Gesichtswinkel von 50–60" entspricht, dann sollte man meinen, der Zuwuchs (die Abnahme) zu einer bereits vorhandenen Distanz müßte mindestens jenen Wert von 50–60" haben, um als Zuwuchs (Abnahme) erkennbar zu sein. Der sozusagen absolut kleinste Gesichtswinkel kann ja als Zuwuchs zu dem Werte 0 aufgefaßt werden; erhält dieser Wert aber eine endliche Größe (bei WUNDT bis zu 4 Winkelminuten), dann müßte der eben merkliche

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 117*

Zuwuchs doch mindestens ebenso groß sein, als wenn der Winkel, zu welchem er hinzutritt, gleich 0 ist. Unter Voraussetzung des gewöhnlich als Minimum angenommenen Winkels von 50–60° wäre es aber unglücklich, daß Zuwüchse von der Größe der WUNDTSCHEN irgend merklich sein sollten. Der von WULFING gefundene Minimalwert läßt es hingegen nicht als widersprechend erscheinen, daß Zuwüchse, wie sie in WUNDTSCHEN Versuchen vorkommen, als Zuwüchse erkannt werden. Hierin liegt die Bedeutung, welche WULFINGS Resultate für unsere Deutung der WUNDTSCHEN Versuche besitzen.

(Beiläufig gesagt, ist der Gedanke mindestens nicht von vornherein abzuweisen, daß vielleicht für die Zu- und Abnahme des Gesichtswinkels bei Ausschluß aller anderen Lokalisationsmotive die Änderung der scheinbaren Entfernung ein feineres Reagens ist, als die Änderung der Sehgröße; doch soll dies nur als Vermutung ausgesprochen werden; experimentelle Untersuchungen über diese Frage liegen nicht vor.)

So dürfte sich denn doch die Verwendung von Objekten, die bei Näherung und Entfernung eine Veränderung der Bildgröße zulassen, als ein für die vorliegende Frage sehr bedeutender Versuchsfehler herausstellen.

§ 12. Beiläufig muß ich noch auf einen anderen Fehler zu sprechen kommen, der sich ergibt, wenn man nicht für völligen Ausschluß aller unterscheidbaren Details Sorge trägt, wie sich diese etwa bei Fäden, unscharf geschnittenen Kanten u. dergl. merkbar machen. Hier sind besonders diejenigen Versuche gemeint, in denen das Objekt während der Bewegung fixiert wird. Eine einzelne Woll- oder Papierfaser z. B., die nicht gerade in der primären Blickenebene liegt, ändert während der Bewegung des Objektes auch ihre scheinbare Höhe. Liegt ein solcher Merkpunkt z. B. über der Blickenebene, so steigt er bei Annäherung des Objektes scheinbar in die Höhe und sinkt bei Entfernung desselben. Infolge der tausendfältigen Erfahrung, die jedermann über derartige Phänomene im Leben macht, kann sich mit derartigen Höhenbewegungen sofort die Vorstellung einer Annäherung oder Entfernung associieren; die Gefahr voreiliger Schlüsse ist also auch hier gegeben.

Weiter ist darauf zu achten, daß alle Bewegungen des Kopfes während der Beobachtung vermieden werden, was vor allem durch unmittelbares Anlegen der Umgebung des Auges an die Ränder des Tubus zu erreichen ist. Bewegungen des Kopfes bedingen nämlich Schein-Verschiebungen der fixierten Kante relativ zum Rande des Diaphragmas, und diese Ver-

schiebungen werden größer, wenn die Kante ferner liegt. Auch dieser Umstand kann zum Anhaltspunkt für die Beurteilung der verschiedenen Tiefenlage des fixierten Objektes werden.

Nach Erörterung dieser wesentlichsten Fehlerquellen teile ich sogleich die erste Klasse der mit dem oben beschriebenen Apparate angestellten Versuche mit.

§ 13. Bei dieser ersten Klasse von Versuchen kommt es darauf an, das Objekt während seiner Bewegung in der Tiefendimension zu fixieren und der Bewegung mit der Accommodation zu folgen, wobei der Beobachter selbstverständlich weder weiß, wann die Bewegung beginnt und wann sie schließt, noch auch in welchem Sinne sie erfolgt, ob zu ihm hin oder von ihm weg. Der Beobachter wird aufgefordert, Beginn, Schluß und Richtung der Bewegung anzugeben. Hierbei dürfen die Grenzen der Accommodationsbreite des jeweiligen Beobachters natürlich nicht überschritten werden. Ja nicht nur dies; man darf auch nicht bis zum Nahpunkt herangehen, weil sich solche extreme Grade der Accommodation (und bei Emmetropen auch die damit parallel gehenden extremen Grade der Konvergenz) durch lästige Empfindungen verraten und so einen Faktor in die Untersuchung sich einmischen lassen, welcher der Frage fremd bleiben muß. Weiter hat man dafür zu sorgen, daß die Bewegung mit einer Geschwindigkeit erfolgt, die es dem Beobachter eben möglich macht, bequem mit der Accommodation zu folgen.

An dem S. 108 ff. beschriebenen Apparate wird also die Koppel  $f$  entfernt und der eine der beiden Schirme aus dem Gesichtsfeld gerückt, während der andere Schirm (bezw. die Schiene, auf der er sich bewegt) so gestellt wird, daß sich die scharfe Kante in der Symmetrieebene des Apparates bewegen kann. Die Ausgangsstellung ist dem Beobachter natürlich unbekannt.

§ 14. Den Moment des Beginnes und Schlusses der Bewegung auch nur einigermaßen richtig anzugeben, war keiner der fünf von mir untersuchten Personen möglich. Der Schirm war gewöhnlich längst (oft 20 cm und mehr) in Bewegung, ehe der Beobachter die entsprechende Angabe machte — sofern dies überhaupt geschah. In manchen Fällen wurde übrigens auch bei ruhender Kante Bewegung angegeben.

Was die Angaben über die Bewegungsrichtung anlangt,

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 119*

so fielen dieselben bei den verschiedenen Beobachtern verschieden aus.

Die Herren stud. med. A. SPRINGER und J. STRANSKY (beide Emmetropen) machen nahezu eben so viel falsche Angaben wie richtige, wobei die Verschiebung der Kante in dem Intervall zwischen 220 mm bis 1000 mm erfolgt. (Aus bereits dargelegten Gründen habe ich es vermieden, bis zum Nahpunkt zu gehen.) Eine Verschiedenheit in der Verteilung der richtigen und falschen Angaben, je nachdem die Kante genähert oder entfernt wurde, konnte ich nicht konstatieren. Herr Docent Dr. E. STEINACH, Assistent am hiesigen Physiol. Institute, machte unter 16 Beobachtungen 9 richtige Angaben und 5 falsche, in 2 Fällen ist er zweifelhaft. Ich bemerke hier nur, daß derselbe nach beendigter Bewegung der Aufforderung, sich zu äußern, nie sofort nachkommt, sondern regelmäßig längere Zeit verstreichen läßt, während welcher er unausgesetzt auf die nunmehr ruhende Kante hinsieht, sich also die Antwort vorher wohl überlegt und ohne Zweifel über den abgelaufenen Vorgang reflektiert.

Die Angaben der folgenden zwei Beobachter, des Herrn Dr. H. E. HERING, Assistenten am hiesigen Institute für experimentelle Pathologie, und des Herrn Dr. H. PERELES, ersten Assistenten an der Deutschen Augenklinik, verdienen deshalb besonderes Interesse, weil beide Herren sich unaufgefordert über die Art und Weise äußern, auf die sie zu ihren einzelnen Angaben geführt werden und namentlich darauf Gewicht legen, ob ihnen die Entfernungsänderung zu sinnlicher Anschaulichkeit kommt, oder ob sie sie irgendwie erschließen oder associieren, mit anderen Worten, ob sie die Änderung sehen oder ob sie nur von ihr wissen.

Unter 20 Beobachtungen, bei denen ich in dem verfügbaren Intervall Entfernungsänderungen vorgenommen habe, deren kleinste einer Dioptrien-Differenz von 0,5 und deren größte einer solchen von 4 entsprach, habe ich von Herrn Dr. PERELES 12 bestimmte Angaben erlangen können, während bei den übrigen 8 keine Distanzänderung angegeben wurde. Unter jenen 12 Angaben waren nur 4 richtige, und bei eben diesen 4 Angaben machte der Beobachter (ohne daß ich danach gefragt hätte) den Zusatz, er „erschließe“ hier die Bewegung, könne sie aber nicht im eigentlichen Sinne „sehen“.

Von Herrn Dr. H. E. HERING teile ich die Ergebnisse aus einer Reihe von 24 Beobachtungen mit, die derselbe angestellt hat, nachdem er durch 14 Tage fast täglich mindestens 1 Stunde solche und ähnliche Accommodationsversuche gemacht hatte, und daher eine erhebliche Übung hätte erlangen müssen, wenn anders bei diesen Versuchen von einer Übung überhaupt geredet werden kann.

Die untenstehende Tabelle, die ich nur als ein Beispiel aus einer größeren Versuchsreihe herausgreife, mag dem Leser ein Bild von der Leistungsfähigkeit der Accommodationsänderung für die Tiefenwahrnehmung geben. (Die Mitteilung der ganzen Serie von Versuchen würde an diesem Bilde nichts ändern.)

Grenzen der Verschiebung in Millimetern, bezogen auf den mittleren Knotenpunkt.	Angaben des Beobachters Herrn Dr. H. E. HERING.
470—370	Unbestimmt, vielleicht weiter.
370—470	Unbestimmt.
370—270	Vielleicht näher.
270—370	Unbestimmt.
470—320	Keine sichtbare Änderung.
320—470	" " "
220—370	" " "
370—220	" " "
570—370	" " "
370—570	" " " ; „erschlossen“: näher.
670—370	" " " "
370—220	" " " ; „erschlossen“: näher.
670—370	Vielleicht näher.
870—370	" " "
470—220	Keine sichtbare Änderung; „erschlossen“: näher?
220—470	" " " „erschlossen“: ferner?
370—190	Unbestimmt, vielleicht näher?
190—770	" " " "
370—270	Keine Änderung.
270—220	" "
220—370	" "
370—570	" "
570—370	" "
370—220	" "

Wie man sieht, war der Beobachter in den meisten Fällen überhaupt nicht im stande, Bewegung zu sehen, mit Bestimmtheit nicht ein einziges Mal. Die ab und zu vorkommende Be-

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 121*

merkung „erschlossen: näher (ferner)“ will sagen, daß der Beobachter den Ortswechsel zwar nicht gesehen, wohl aber die Überzeugung von einem solchen erlangt hat. Auf welche Weise dieselbe zu stande kommt, darauf will ich später eingehen, wie denn überhaupt die Deutung der bisherigen Versuche erst nach Mitteilung der zweiten Klasse von Beobachtungen versucht werden soll. Daß übrigens auch diese „erschlossenen“ Urteile nicht immer richtig sind, dafür giebt die Tabelle Zeugnis.

§ 15. Einiger Nebenumstände in den obigen Versuchsreihen möchte ich noch Erwähnung thun, weil sie für den Charakter dieser Versuche und für ihre Interpretation nicht ohne Bedeutung sind.

Es ist nämlich interessant zu sehen, von welch' entscheidendem Einfluß auf die Beurteilung von Tiefenänderungen alle Erfahrungsmotive sind, mögen sie auch in höchst indirekter Beziehung zur Tiefenanschauung stehen und zunächst gar nicht den Anschein von Fehlerquellen erwecken.

Ich habe schon erwähnt, wie mächtig wir von der Größenänderung des Netzhautbildes in unserem Urteil beeinflusst werden (weshalb mir die Anwendung von Fäden unbrauchbar erschien). Der folgende Versuch zeigt dies besonders schlagend. Ich habe bei parallel gestellten Schienen ( $m$  und  $m'$ ) des beschriebenen Apparates einen Rahmen mit Karton quer über die Schienen so gestellt, daß er von beiden Schlitten getragen und durch die Symmetrieebene des Apparates halbiert wurde. Der Karton verdeckte somit die Aussicht auf die Milchglas-tafel. In der Mittellinie des Kartons war in Augenhöhe ein AUBERTSches Diaphragma angebracht. Bei einer gewissen Öffnung desselben sieht der Beobachter ein quadratisches weißes Feld, ein Stück der hinten stehenden Milchglas-tafel. Er weiß nicht, daß er es mit einer Öffnung zu thun hat, die der Untersuchende kleiner und größer machen kann. Läßt man nun den Kartonschirm fest stehen und verkleinert bzw. vergrößert das Diaphragma, so erhält der Beobachter den deutlichen Eindruck der Entfernung bzw. Annäherung, obwohl die Accommodation (und Konvergenz) sich durchaus nicht ändert. Ja, wenn man den Schirm kontinuierlich näher rückt und zugleich das Diaphragma verkleinert, aber nicht proportional der Näherung, sondern erheblich stärker, so daß also der

Gesichtswinkel kleiner und kleiner wird, so entsteht trotz größerer Anspannung der Accommodation dennoch der Eindruck des Fernerrückens. Und umgekehrt kann man es durch überproportionale Vergrößerung des Diaphragmas leicht dahin bringen, daß der Eindruck der Näherung entsteht, trotzdem der Schirm in Wirklichkeit entfernt und also die Accommodation entspannt wird. Man sieht daraus, daß, selbst wenn die Accommodation für die Wahrnehmung der Tiefenänderung von Einfluß sein sollte, sie jedenfalls ein Moment ist, welches durch das empirische Motiv der Bildgrößenänderung stets besiegt wird.

Auf den Einfluß, den unterscheidbare Details durch die Veränderung ihrer scheinbaren Höhenlage auf unser Urteil ausüben, wurde ebenfalls bereits hingewiesen; desgleichen auf die parallaktischen Verschiebungen bei lateralen Bewegungen des Kopfes.

Aber noch viel ferner liegende Momente wurden in unseren Versuchen gelegentlich als Anhaltspunkte verwendet:

Der Schlitten, in welchen der Schirm samt Karton eingefügt ist, macht bei seiner Verschiebung auf der Holztafel ein Geräusch, das natürlich an Stärke zu- bzw. abnimmt, je nachdem er genähert oder entfernt wird. Dieses Geräusch wurde nun zum Anhaltspunkt für das Urteil über Annäherung oder Entfernung, so daß ich anfangs manchmal Versuchsreihen erhielt, in denen nahezu gar kein Fehler vorkam. Bei verstopften Ohren fielen die Resultate ganz anders aus. Ich habe folgenden Gegenversuch gemacht: Der Schirm, dessen Kante fixiert werden sollte, blieb ruhig stehen; der Schlitten des anderen, gar nicht im Gesichtsfelde gelegenen Schirmes wurde aber verschoben, nur um die bekannten Geräusche zu erzeugen; in der That fiel das Urteil entsprechend dem stärker oder schwächer werdenden Geräusch aus. Aus diesem Grunde habe ich bei den mitgeteilten Versuchen entweder die Ohren des Beobachters verschlossen, oder aber vermittels des zweiten Schlittens fortwährende Geräusche erzeugt, die schließlic den Beobachter veranlassen, sich doch nicht mehr an dieses Kriterium zu halten.

Wie sehr das Urteil in den beschriebenen Versuchen von ganz accessorischen Momenten abhängig ist, dafür mag ein Zwischenfall Zeugnis geben, den ich nicht unerwähnt lassen will.

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 123*

Herr stud. med. STRANSKY sollte in einem Versuche der vorerwähnten Reihe angeben, in welcher Richtung die Bewegung der Kante erfolge. Ich rückte dieselbe allmählich in die Ferne, und als ich sie bereits über einen halben Meter hinausgerückt hatte, fragte ich den Beobachter, ob er noch im stande sei, für das Objekt zu accommodieren, worauf ich die Antwort erhielt, es sei „wohl noch möglich, aber mit Schwierigkeiten verbunden.“ Während der weiteren Entfernung der Kante wiederholte ich die Frage mehrmals; als die Kante eine Entfernung von 700 mm erreicht hatte, meinte der Beobachter, es sei bereits sehr schwierig, mit der Accommodation zu folgen, er habe das deutliche Gefühl starker Anstrengung. Auf die Frage, für wie groß er die Entfernung beiläufig halte, bekam ich die Antwort: „höchstens 8—10 cm“. Natürlich war das Erstaunen des Beobachters nicht gering, als ich ihn dann hinter den deckenden Schirm führte und ihn die wirkliche Anordnung sehen liefs.

Offenbar war Herr STRANSKY durch meine Fragen irreführt worden. „Ob er noch gut accommodieren könne,“ diese Frage konnte für ihn, den Emmetropen, doch nur eine vernünftige Veranlassung darin haben, daß man ihm eine immer stärkere Anspannung der Accommodation zumutete; und dieser Umstand war hinreichend, in ihm die Überzeugung zu erwecken, daß das fixierte Objekt in fortwährender Näherung begriffen sei. Es ist jedenfalls interessant, daß hier ein Moment ausschlaggebend wird, welches mit der sinnlichen Empfindung gar nichts zu thun hat. Beim Binokularsehen würde man eine derartige Verführung zum Irrtum umsonst versuchen. Aber noch ein Moment scheint mir hier beachtenswert. Wenn Herr STRANSKY angiebt, er habe das „Gefühl der Anstrengung“, während er thatsächlich die Accommodation immer mehr entspannt, so braucht man, glaube ich, nicht gleich daran zu denken, daß er sich ein solches Gefühl blofs eingebildet habe. Das längere Festhalten der Blickrichtung ist in der That ermüdend, selbst wenn das Objekt sich nicht nähert, sondern stehen bleibt oder sich langsam entfernt. Dazu kommt natürlich noch die psychische Ermüdung, die ja notwendig eintritt, wenn man einem gewissen Ziele (hier dem fortwährenden Scharfsehen) die gespannteste Aufmerksamkeit zuwendet. Nur mag der vorerwähnte Fall zeigen, daß diese „Anstrengungsgefühle“

wenig vertrauenerweckende Anhaltspunkte für die Tiefenlokalisation sind.

Die Fälle von Täuschung durch Geräusche oder durch irreführende Fragen erwähne ich wegen ihrer symptomatischen Bedeutung. Ein anschauliches Empfindungsdatum (wie etwa die Tiefenlage auf Grund von Disparationen der Netzhautstellen) würde sich durch derartige Faktoren nicht überwinden lassen. Ja selbst wenn sich Rannempfindungen bloß associativ an Muskelgefühle anschließen, müßten wir eine solche Association schon wegen ihrer enormen Häufigkeit (sie würde ja auftreten, so oft wir im Leben die Accommodation wechseln) notwendig für so fest halten, daß an eine Überwindung durch eine unpassende Frage, ein störendes Geräusch u. dergl. gar nicht zu denken wäre.

§ 16. Zu den bisher beschriebenen Versuchen muß eine Reihe anderer ergänzend hinzutreten, wenn zur Entscheidung unserer Frage das genügende Thatfachenmaterial vorhanden sein soll. Was leistet die Accommodation für die Tiefenwahrnehmung, wenn der zu fixierende Gegenstand seine Entfernung so rasch ändert, daß wir nicht im stande sind, mit der optischen Anpassung zu folgen? Der Fall ist gegeben, wenn wir das Objekt rascher verschieben, als die Änderung der Accommodation erfolgt, aber natürlich auch dann, wenn wir zwei Objekte in verschiedener Entfernung benutzen und das zweite in dem Augenblick erscheinen lassen, in welchem das erste verschwindet. Man könnte denselben Zweck damit zu erreichen meinen, daß man den Beobachtenden gleichzeitig zwei verschieden entfernte Objekte (etwa die zwei Kanten in unserem Apparate) sehen und ihn die relative Entfernung wenigstens der Richtung nach beurteilen läßt. Indessen wäre diese Anordnung des Versuches nicht fehlerfrei. Abgesehen nämlich davon, daß hier ein mehrmaliges Übergehen der Accommodation vom einen zum anderen Objekt ermöglicht wäre, was aus später zu erwähnenden Gründen besser ausgeschlossen bleibt, kann noch das folgende Moment einen Anhaltspunkt für die Lokalisation geben:

Wenn das Auge für einen bestimmten Punkt eingestellt ist, so erscheinen nähere oder fernere Punkte (wenn sie nicht innerhalb der Accommodationslinie liegen) in Zerstreuungskreisen, die natürlich größer werden, je größer die Entfernung vom

fixierten Punkt ist." Bekanntlich wachsen aber die Zertreuungskreise diesseits und jenseits des fixierten Punktes mit dem Abstände von demselben nicht gleich rasch, sondern diesseits rascher als jenseits, was — abgesehen von der entsprechenden Änderung der Pupillenweite — aus einfachen dioptrischen Überlegungen hervorgeht und sich durch CZERMAKS bekannten Versuch gut demonstrieren läßt. Diese verschiedene Größe der Zertreuungskreise kann möglicherweise für die Beurteilung der Entfernung bestimmend werden. Es ist dazu vielleicht nicht nötig, daß die Versuchsperson von dieser optischen Tatsache Kenntnis habe und beim Versuche physikalische Überlegungen anstelle (was durch geeignete Wahl der Beobachter leicht auszuschließen wäre); vielmehr könnte vielleicht die reiche Erfahrung, die jeder Sehende über dieses Verhalten hat, genügen, eine rein gewohnheitsmäßige Association von Näher- oder Fernvorstellungen mechanisch herbeizuführen. Zu diesem nicht sehr ins Gewicht fallenden, aber der Sicherheit wegen dennoch zu vermeidenden Versuchsfehler kommt noch die Gefahr eines weiteren. Bei gleichzeitigem Erscheinen beider Objekte werden die parallaktischen Verschiebungen bei eventuell unruhiger Haltung des Kopfes sehr eindringlich und verhelfen sofort zu einer richtigen Beurteilung der relativen Lage. So verursacht, gleichviel ob das nähere oder fernere Objekt fixiert wird, die geringste Rechtsdrehung des Kopfes eine scheinbare Verschiebung des ferneren Objektes nach rechts. Aus dieser Scheinbewegung wird sofort erkannt, daß dasselbe ferner liegt als das andere. Aus diesen Gründen gebührt der Vorzug denjenigen Versuchen, in welchen nicht beide Objecte gleichzeitig sichtbar sind, sondern das erste Objekt verschwindet, sobald das zweite auftritt.

§ 17. Für die folgenden Versuche ist die Anordnung wieder die S. 111 beschriebene. Die beiden Schienen werden durch den Bogen  $f$  verkoppelt und so gestellt, daß die scharfe Kante des einen Kartonschirmes in der Symmetrieebene des Apparates liegt, in welchem Falle die andere Kante außerhalb des Gesichtsfeldes liegt. Der Beobachter blickt durch den Tubus und giebt an, wann er die eine Kante vollkommen scharf sieht. Hierauf wird das verkoppelte Schienensystem möglichst rasch so verschoben, daß nunmehr die zweite Kante unmittelbar nach dem Verschwinden der ersten in die Symmetrieebene

rückt. Der Beobachter hat anzugeben, ob ihm die zweite Kante näher, gleich weit oder ferner erscheint, bzw. ob er kein bestimmtes Urteil abzugeben im stande ist. Die Entfernungen der Schirme vom Beobachter, sowie dessen Aussage werden notiert. Selbstverständlich muß jede längere Versuchsreihe durch mehrfache Pausen unterbrochen werden, da sehr leicht Ermüdung der Augen und allgemeine psychische Ermüdung eintritt.

Im Folgenden werde ich für die einzelnen Beobachter nicht die ganzen Versuchsserien mitteilen, sondern nur die kleinsten Entfernungsintervalle angeben, welche mit Sicherheit oder wenigstens mit verschwindender Fehlerzahl erkannt worden sind. In Parenthese füge ich den, den einzelnen Entfernungen entsprechenden Accommodationszustand, in Dioptrien (D.) ausgedrückt, bei, bzw. die den einzelnen Intervallen entsprechenden Dioptriendifferenzen.

(Um die Übersicht über das Ausmaß der bei den folgenden Versuchen erforderten Accommodationen zu erleichtern, habe ich, wie man sehen wird, ausschließlich Entfernungen in Anwendung gebracht, denen immer ein Vielfaches einer halben Dioptrie entspricht.)

I. Herr Dr. H. E. HERING (linkes Auge, Myopie von 1,5 D., normale Sehschärfe). Grenzen der Untersuchung waren 200 mm und 660 mm. Beim Übergang von der Nähe zur Ferne wird mit Sicherheit nur das Intervall 200—400 (5 D — 2,5 D.) (Dioptriendifferenz 2,5) erkannt. Erhielt die nähere Kante eine grössere Entfernung als 200 mm, so war innerhalb der Accommodationsbreite dieses Beobachters kein Intervall mehr zu finden, das derselbe mit Sicherheit erkannt hätte. Bei 250 mm Entfernung der näheren Kante (also entsprechend 4 D.) hätte die entferntere Kante offenbar einen Abstand von über 660 mm haben, d. h. sie hätte jenseits des Fernpunktes dieses Beobachters liegen müssen. Innerhalb der Accommodationsbreite war also nur das Intervall 200—400 als sicher erkennbares aufzufinden.

Anders liegt die Sache beim Übergang von der Ferne zur Nähe. Hier wird fast ohne Fehler erkannt:

660—330 (1,5 D. — 3 D.; Diff. 1,5),

500—290 (2 D. — 3,5 D.; Diff. 1,5),

290—200 (3,5 D. — 5 D.; Diff. 1,5).

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 127*

Für diesen Beobachter ist also die Unterscheidung bei der Annäherung innerhalb engerer Grenzen möglich, als bei der Entfernung.

II. Herr SPRINGER (Emmetrop, normale Sehschärfe). Versuchsintervall 250 mm — 1000 mm. Beim Übergang von der Nähe zur Ferne werden fast ohne Fehler erkannt die Intervalle

250—500 (4 D. — 2 D.; Diff. 2),

290—660 (3,5 D. — 1,5 D.; Diff. 2).

Steht die nähere Kante weiter als 290 mm, so läßt sich innerhalb der durch den Apparat gegebenen Grenzen kein sicher erkennbares Intervall mehr ausfindig machen.

Beim Übergang von der Ferne zur Nähe wird fast ohne Fehler erkannt das Intervall

660—290 (1,5 D. — 3,5 D.; Diff. 2).

Bei dem Intervall

500—250 (2 D. — 4 D.; Diff. 2)

überwiegen bereits die falschen Angaben.

Kleinere als die angeführten Intervalle werden sowohl bei Annäherung als bei Entfernung nicht erkannt; doch überwiegen die Fehler entschieden im Falle der Annäherung.

Bei diesem Beobachter stellt sich also das zur Unterscheidung erforderliche Intervall geringer heraus für die Entfernung als für die Annäherung.

III. Herr J. STRANSKY (Emmetrop, normale Sehschärfe). Versuchsintervall 200 m — 1000 mm.

Beim Übergang von der Nähe zur Ferne wurden selbst beim größten Intervall (200—1000) noch nahezu ebensoviel falsche wie richtige Angaben gemacht. Beim Übergang von der Ferne zur Nähe wurden noch ziemlich sicher erkannt die Intervalle:

500—290 (2 D. — 3,5 D.; Diff. 1,5),

330—250 (3 D. — 4 D.; Diff. 1),

290—200 (3,5 D. — 5 D.; Diff. 1,5).

Bei diesem Beobachter ist also die Unterscheidung für Annäherung innerhalb viel engerer Grenzen möglich als für Entfernung, bezw. es besteht im letzteren Falle vielleicht überhaupt kein Intervall, in welchem die Richtung der Entfernungsänderung mit Sicherheit erkannt würde.

IV. Herr Dr. WEISS, Assistent an der 2. deutschen internen Klinik in Prag. Myopie des linken (zur Beobachtung ver-

wendeten) Auges von  $2\frac{1}{4}$  Dioptrien; Sehschärfe normal. Seit dem dritten oder vierten Lebensjahre besteht im rechten Auge eine Hornhautmakel. Der Beobachter vermag mit diesem Auge Finger in ca. 1 m Entfernung zu zählen. Da er mit diesem Auge natürlich unter keinen Umständen scharf sieht, so ist er des Mittels der Netzhautdisparationen nie teilhaftig; für die Tiefenlokalisierung verhält er sich also wie ein Einäugiger. Den HERINGSchen Fallversuch hat er zum letzten Male im Vorjahre ausgeführt; dabei hielten sich richtige und unrichtige Angaben das Gleichgewicht, mit anderen Worten: es fehlt ihm die Fähigkeit, auf Grund der Disparationen oder Doppelbilder nach der Tiefe zu lokalisieren.

Herr Dr. WEISS war früher an der Deutschen Augenklinik thätig. Auf meine Anfrage teilt er mir mit, daß er beim Ophthalmoskopieren schon geringgradige Hypermetropien diagnostizieren könne, ohne Konvexlinsen vorzusetzen, sondern bloß mit Hilfe willkürlicher Accommodationsanspannung. Dergleichen gelingt es ihm nach seiner Angabe leicht, ohne Fixationspunkt die Accommodation zu entspannen oder zu verstärken.

Die Untersuchung dieses Beobachters ist für unsere Zwecke von höherem Interesse. Da derselbe keinen binokularen Sehakt hat, der ihm zur binokularen Tiefenwahrnehmung brauchbare Disparationen (bezw. Doppelbilder) liefert und damit die Möglichkeit binokularer Stereoskopie bietet, ist er im täglichen Leben darauf angewiesen, andere Lokalisationsmittel in Anwendung zu bringen und seine Aufmerksamkeit in höherem Grade auf diese zu richten, als dies Individuen mit integrem binokularem Sehakt nötig haben. Natürlich werden dabei die sogenannten empirischen Lokalisationsmotive die Hauptrolle spielen; der Beobachter wird auf Perspektive, Schattenverteilung, partielle Deckung u. dergl. m. genauer zu achten und diese Mittel daher ausgiebiger zu verwerten haben. Wo aber diese fehlen oder nicht hinreichen, dort kann man voraussetzen, daß er auch die Accommodation zu Rate zieht. Jedenfalls wird er sich dieses Mittels häufiger bedienen als wir, die wir an den Disparationen und Doppelbildern viel feinere Reagentien auf Tiefenunterschiede besitzen. In der That zeigen die sogleich mitzuteilenden Werte, daß dieser Beobachter das Moment der Accommodationsänderung viel besser ausnützt als die andern.

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung.* 129

Das Intervall der Beobachtungen lag zwischen 200 mm und 500 mm.

Beim Übergang von der Nähe zur Ferne konnte der Beobachter noch folgende Intervalle richtig beurteilen:

- 200—250 (5 D. — 4 D.; Diff. 1),
- 220—290 (4,5 D. — 3,5 D.; Diff. 1),
- 250—330 (4 D. — 3 D.; Diff. 1),
- 290—400 (3,5 D. — 2,5 D.; Diff. 1).

Bei kleineren Intervallen als den angeführten beginnen bereits die Fehlangaben. So kommen bei

- 250—290 (4 D. — 3,5 D.; Diff. 0,5)

auf 4 richtige Fälle schon 2 falsche; bei

- 290—330 (3,5 D. — 3 D.; Diff. 0,5)

auf 7 richtige Angaben 3 falsche.

Beim Übergang von der Ferne zur Nähe müssen im allgemeinen größere Intervalle in Anwendung gebracht werden, wenn die Richtung der Entfernungsänderung erkannt werden soll. Beim ersten, zweiten und dritten der obigen Intervalle werden, wenn die entferntere Kante zuerst ins Gesichtsfeld tritt, ganz überwiegend falsche Angaben gemacht. Hingegen werden richtig erkannt die Intervalle

- 400—290 (2,5 D. — 3,5 D.; Diff. 1),
- 290—200 (3,5 D. — 5 D.; Diff. 1,5).

Bei diesem Beobachter ist also das zur Unterscheidung nötige Intervall für die Annäherung größer als für die Entfernung.

V. HILLEBRAND. (Myopie von 1,5 D.; normale Sehschärfe.)  
Versuchsintervall 660 mm bis 200 mm.

Nach einer ausgiebigen Übung (14 Tage mit täglich mindestens 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>stündiger Beobachtung) habe ich es dahin gebracht, Intervalle, denen eine Differenz von 1 Dioptrie entspricht, durchweg richtig zu beurteilen, und zwar sowohl beim Übergang von der Nähe zur Ferne, wie auch umgekehrt. Ich beurteile die Richtung der Entfernungsänderung fehlerfrei bei der Intervallreihe

- 200 — 250 — 330 — 500 — 660,<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Das letzte Intervall (500—660) entspricht nur einer Differenz von einer halben Dioptrie. Daß es dennoch sicher erkannt wurde, beruht wohl darauf, daß in 660 mm Distanz mein Fernpunkt liegt. Das Objekt befindet sich somit hart an der Grenze des deutlichen Sehens.

sowohl in dieser Anordnung, als auch in der umgekehrten; kleinere Differenzen vermag ich nicht mehr fehlerfrei zu beurteilen.

Bei mir läßt sich eine Verschiedenheit der Unterscheidungsgrenze, je nachdem es sich um Annäherung oder Entfernung handelt, nicht konstatieren.

§ 18. Noch ist der wichtigste Teil der vorliegenden Arbeit zu erledigen: die Deutung der beschriebenen Versuche. Sie ist übrigens durch die eingangs gepflogenen theoretischen Erörterungen wesentlich vorbereitet.

Zunächst ergeben die Versuche, in welchen der Beobachter das Objekt während seiner Bewegung fixiert und ihm mit der Accommodation folgt,<sup>1</sup> dafs eine (centripetale) Muskelempfindung entweder überhaupt nicht existiert oder mindestens, wenn sie wirklich existierte, über die Tiefenlage des fixierten Objektes keinen Aufschluß giebt. Noch einmal will ich betonen, dafs es sich nicht darum handelt, ob richtig d. h. mit der Wirklichkeit übereinstimmend lokalisiert wird, sondern nur darum, ob ein gewisser Accommodationszustand eine bestimmte Tiefenempfindung, und ob die kontinuierliche Änderung der Accommodation eine Änderung der Tiefenempfindung veranlaßt.

Dieses letztere ist nun bei den eben erwähnten Versuchen ganz sicher nicht der Fall, sofern nur der Beobachter beständig richtig accommodiert und — was wir ja stets voraussetzen müssen — sämtliche erfahrungsmässigen Motive der Tiefenlokalisierung vollständig ausgeschlossen sind. Selbstverständlich sind die extremsten Grade der Accommodation (und damit zugleich der Konvergenz) ausgeschlossen, jene Grade, bei welchen schon im äufseren Bewegungsapparat Zerrungen vorkommen, welche als lästig empfunden werden.

Wie schon erwähnt, erledigt sich damit zugleich die Frage, ob uns von seiten der interni und externi tiefenbestimmende Muskelempfindungen zukommen, im negativen Sinne.

<sup>1</sup> Diese Bedingung ist sehr wesentlich. Wenn man der bewegten Kante nicht einfach mit der Accommodation folgt, sondern während der Bewegung probeweise die Accommodation willkürlich entspannt oder anspannt und darauf achtet, was für Wirkungen damit auf die Schärfe des Bildes ausgeübt werden, dann läßt sich die Bewegungsrichtung leicht ermitteln. Es treten dann die Bedingungen der zweiten Versuchsklasse ein, deren Resultate wir unten genauer diskutieren werden.

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 131*

Wenn nun unter diesen Umständen die Bewegung eines Objektes nach der Tiefe nie gesehen und meistens auch nicht erkannt werden kann, so fragt sich doch, wie es denn in der zweiten Klasse unserer Versuche möglich war, hinreichend große Tiefenunterschiede dennoch mit Sicherheit oder wenigstens mit verschwindend geringer Fehlerzahl zu erkennen.

Wie erinnerlich, wurde bei diesen Versuchen das zuerst fixierte Objekt rasch durch ein zweites von anderer Entfernung ersetzt und so die Möglichkeit eines kontinuierlichen Folgens der Accommodation ausgeschlossen: das zweite Fixationsobjekt mußte zunächst in Zerstreuungskreisen erscheinen und konnte sich erst nachträglich scharf abbilden. Für jeden Beobachter hat sich nun ein Entfernungsintervall finden lassen, bei welchem er die Richtung des Tiefenunterschiedes mit Sicherheit erkennt.

In welchem Umstände muß nun die Ursache gesucht werden, warum bei diesem abrupten Wechsel Tiefenunterschiede erkannt werden, während sie bei passend kontinuierlichem Wechsel verborgen bleiben?

Soviel steht fest, daß die Zerstreuungskreise, in denen das zweite Objekt erscheint, keinen Hinweis darauf geben, ob dasselbe näher oder ferner liegt,<sup>1</sup> und daher auch nicht bestimmen können, in welcher Richtung der Accommodationsapparat in Tätigkeit gesetzt, ob er angespannt oder entspannt werden soll. Der Vorgang wird vielmehr folgender sein: Das zweite Objekt tritt auf und wird unscharf gesehen; in dem Bestreben des Deutlichsehens beginnt der Beobachter seine Accommodation nach einer der beiden möglichen Richtungen (also z. B. für die Nähe) zu ändern; war die Richtung dieser Änderung die passende, so werden die Zerstreuungskreise kleiner und verschwinden endlich ganz, der Gegenstand wird scharf gesehen; war sie aber unpassend (spannt er z. B. die

<sup>1</sup> Unter Umständen kann der in solchen Versuchen Geübte wohl aus der besonderen Beschaffenheit der Zerstreuungskreise, wie z. B. aus etwaigen Polyopien, aus der durch die chromatische Abweichung entstehenden Färbung u. dergl. einen Schluß auf die Tiefenlage machen. Das sind aber Mittel, die nur in Ausnahmefällen und besonders bei solchen wirksam werden, welche die Verschiedenheit der Zerstreuungsbilder, je nachdem sie Objekten diesselts oder jenseits des fixierten Punktes angehören, zufällig beachtet oder absichtlich ihre Aufmerksamkeit darauf gelenkt haben.

Accommodation an, während das Objekt ferner liegt), dann wird das Bild nur noch undeutlicher, und der Beobachter merkt alsbald, daß er den verkehrten Weg gegangen war und umlenken müsse; er giebt also die entgegengesetzte Innervation und gelangt so zum gewünschten Ziele. (Daß der Vorgang sich in dieser Weise abspielen müsse, ist schon von vornherein sehr plausibel; ich werde indessen diese Auslegung später noch durch zeitmessende Versuche zu erhärten trachten.)

Nun weiß man aber bei willkürlich intendierter Accommodationsänderung, in welchem Sinne man die Änderung vorgenommen hat. (Im gewöhnlichen Falle dürfte diese Kenntnis schon dadurch gegeben sein, daß die Accommodationsänderung unter der Leitung einer in der Phantasie auftretenden Nähen- bzw. Fernvorstellung erfolgt. Siehe unten S. 133. Nur bei besonderer, planmäßiger Übung kann eine derartige Leitung vielleicht erspart werden.) Ob ferner die Änderung eine passende war oder nicht, dies erkennt man aus dem Größer- resp. Kleinerwerden der Zerstreungskreise; und diese zwei Daten reichen hin, um zu erkennen, ob man es mit einem näher- oder fernergelegenen Objekte zu thun hat. Die Richtung des Tiefenunterschiedes wird also hier durch eine Art Ausprobierens erkannt.<sup>1</sup>

Ähnlich wird auch der Vorgang zu denken sein in den wenigen Fällen, in welchen bei bewegtem Objekt und stets folgender Accommodation (erste Versuchsklasse) die Richtung der Verschiebung mit Sicherheit erkannt wird. Wenn der Beobachter in einzelnen Fällen einen bewußten Impuls z. B.

<sup>1</sup> Aus dieser Deutung des Vorganges wird auch klar, warum Tiefenunterschiede leichter erkannt werden, wenn die beiden Objekte sich nicht in ihrem Auftreten ablösen, sondern durch einige Zeit simultan im Gesichtsfelde vorhanden sind. In diesem Falle nämlich wird es dem Beobachter möglich, jenes Ausprobieren mehrmals zu wiederholen und sich so größere Sicherheit zu verschaffen. Bei bloß einmaligem Wechsel der Accommodation genügt z. B. ein Mangel an Aufmerksamkeit, um die Beobachtung resultatlos zu machen, während man im anderen Falle durch Wiederholung des Vorganges den Fehler wieder gut machen kann. Ebenso kann man Fehler, die durch unpassende Umkehr der Accommodation (siehe darüber unten S. 135 f.) oder durch unwillkürliche Accommodationsänderungen (vergl. S. 134 f.) entstehen, durch öftere Wiederholung des Versuches korrigieren. — Daß übrigens das gleichzeitige Vorhandensein beider Objekte einen Versuchsfehler konstituiert, ist bereits oben (S. 124 f.) ausgeführt worden.

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung.* 133

im Sinne der Anspannung giebt und dabei sieht, ob er das Deutlichsehen damit fördert oder schädigt, dann mag er die Richtung der Bewegung sicher erkennen. Wenn er dies nicht thut, so entstehen beim ersten Moment des Undeutlichwerdens (d. h. sobald der Gegenstand die Accommodationslinie überschritten hat) unwillkürliche Schwankungen in der Accommodation, die passende Phase dieser Schwankung erhält sich, weil sie dem Scharfsehen und damit unserer Absicht dient, und setzt sich automatisch fort — auf diese Weise aber wird die Richtung nicht erkannt.

Was die Willkürlichkeit der Accommodationsänderung anlangt, so unterscheidet sich der beschriebene Vorgang wesentlich von dem Falle, in welchem man ein Objekt scharf zu sehen trachtet, von dem man weiß, ob es näher oder ferner liegt als das zuvor fixierte. Denn diesfalls ist ein willkürlicher Akt nur in dem Sinne gegeben, daß der Gegenstand des Wollens das Deutlichsehen ist und mit diesem Willensakt bei Kenntnis der Tiefenlage die passende Accommodationsinnervation mechanisch verbunden und nicht selbst Gegenstand des Willens ist. Man will nicht accommodieren; man will deutlich sehen, und die Anspannung, bezw. Entspannung tritt ungewollt ein, sobald man von der Tiefenlage des Objektes Kenntnis hat. Anders im vorigen Falle, wo kein Hinweis gegeben ist, ob das zu fixierende Objekt näher oder ferner liegt. Wenn hier überhaupt ein willkürlicher Akt vorliegt, dann kann dies nur in dem Sinne gedacht werden, daß zwar das letzte Ziel ebenfalls das Deutlichsehen des Verschwommenen ist, daß hingegen eine Änderung des Accommodationszustandes hiermit nicht ungewollt und sozusagen mechanisch verbunden ist, sondern als ein intendierter Akt gesetzt wird,<sup>1</sup> wie man ein Mittel wählt, um eines Zweckes willen, wenn dieses Mittel auch — wie es in unserem Falle geschehen kann — sich nachträglich als ein verfehltes erweist.

<sup>1</sup> Wahrscheinlicher ist es mir allerdings, daß auch hier wenigstens eine Raumvorstellung in der Phantasie vorausgeht und die Accommodation (sowie Konvergenz) unter der Direktive dieser Phantasievorstellung geändert wird. So dürfte ja auch der Vorgang sein, wenn man im absolut dunklen Raum Konvergenz und Accommodation in willkürlicher Weise ändert. Es scheint, daß auch hier eine Nähen- oder Fernvorstellung in der Phantasie vorausgeht. In dieser Weise dürfte also der Vorgang der „willkürlich intendierten Accommodation“ zu fassen sein.

Die hier in Frage kommende zweite Klasse von Versuchen, in welchen der Wechsel der Entfernungen so rasch vor sich geht, daß die Accommodation nicht zu folgen vermag, ließen sich für sich genommen allerdings aus einem, übrigens sehr unvollkommen entwickelten, Muskelsinne erklären; es wäre denkbar, daß wir von der Accommodationsänderung (bei genügendem Ausmaße derselben) auf centripetalem Wege Kenntnis hätten, wobei wir freilich annehmen müßten, daß uns erst sehr bedeutende Muskelaktionen zum Bewußtsein kämen, entsprechend den großen Distanzunterschieden, die zwischen den beiden Objekten notwendig waren, um die Richtung des Unterschiedes sicher zu erkennen.

Diese Annahme ist aber, wie erwähnt, durch die erste Klasse von Versuchen, bei welchen die Accommodation folgen konnte, gänzlich ausgeschlossen, während die Hypothese, daß die Entfernungsänderung nur auf Grund der willkürlich intendierten Accommodationsänderung erkannt wird, beiden Versuchsklassen gerecht wird.

§ 19. Zwei Fragen sind indessen noch zu erledigen: erstens, woher kommen die falschen Angaben, wenn der Entfernungsunterschied eine gewisse, übrigens individuell verschiedene Größe nicht erreicht? Und dann: woher kommt es, daß eben bei diesen zu geringen Unterschieden die richtigen und falschen Angaben sich nicht immer ungefähr das Gleichgewicht halten, sondern daß bei manchen Beobachtern die Zahl der falschen Angaben beträchtlich überwiegt?

Zunächst ist sicher, daß nach Entfernung des ersten Fixationsobjektes die für dasselbe nötig gewesene Accommodation nicht festgehalten, sondern ganz unwillkürlich geändert wird, und zwar wird sie beim Auftreten des zweiten Objektes sicher nicht immer entspannt, sondern oft auch stärker angespannt. Da hier die Accommodationsänderung keine willkürlich intendierte ist und wir uns infolgedessen derselben nicht bewußt werden, erkennen wir die Richtung des Entfernungsunterschiedes nicht, und zwar auch dann nicht, wenn jene unwillkürliche Änderung der Accommodation zufällig im passenden Sinne verläuft und natürlich bei erreichter völliger Schärfe des Bildes Halt macht.

Es ist aber leicht einzusehen, daß das Ausmaß der unwillkürlichen Accommodationsänderung ein beschränktes ist. Darin

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 135*

scheint mir der Grund zu liegen, warum die Entfernungsdifferenz in unseren Versuchen eine gewisse (und zwar individuell verschiedene) Größe erreichen muß, wenn die Angaben durchweg richtig ausfallen sollen. Denn erst dann, wenn die Entfernungsdifferenz jene Größe überschreitet, die noch im Bereiche der unwillkürlichen Accommodationsänderung liegt, ist zur völligen Bildschärfe ein willkürlich intendierter Innervationsakt erforderlich; und nur auf Grund eines solchen Aktes sind wir im stande, die Richtung des Entfernungsunterschiedes zu erkennen.

Man könnte an dieser Auslegung der zweiten Versuchsklasse Anstand nehmen, wenn man sie mit der Deutung der ersten vergleicht. Der folgende Einwand hat einen gewissen Schein für sich. Man könnte sagen: bei kontinuierlicher Vergleichung des Objektes wurde für jene (weitaus überwiegende) Reihe von Fällen, in denen die Richtung der Verschiebung nicht erkannt wurde, angenommen, daß die nicht intendierte Accommodationsänderung, falls sie die passende ist, sich automatisch fortsetze. Bei sprunghaftem Wechsel (zweite Versuchsklasse) soll — wie schon früher erörtert — die passende Accommodation bei kleinen Intervallen ebenfalls eine nichtintendierte sein und erst bei größeren eines bewußten Impulses bedürfen. Warum setzt sich denn aber jene unwillkürliche Accommodationsänderung, wenn sie passend ist, nicht auch hier „automatisch“ fort? Dies — wird der Gegner sagen — wäre doch konsequenterweise anzunehmen. Dann aber wäre nicht einzusehen, warum für das Erkennen des Entfernungsunterschiedes ein größeres Intervall geeigneter sein soll als ein kleineres. Sowohl kleine wie große Accommodationsänderungen wären ja dann „nicht intendiert“.

Jene Inkonsequenz, gegen die sich dieser Einwand richtet, ist indessen nur eine scheinbare.

Wenn die unwillkürliche Accommodationsänderung dem Sinne nach passend ist, braucht sie es noch nicht entfernt dem Ausmaße nach zu sein, d. h. sie braucht nicht tatsächlich das Deutlichsehen zur Folge zu haben. Es ist aber keine unwahrscheinliche Annahme, daß sie sich nur dann automatisch fortsetzt, wenn das gewünschte Ziel (die Deutlichkeit des Bildes) auch vollkommen erreicht wird. Dies ist der Fall bei kontinuierlichem Wechsel, es ist aber nicht der Fall

bei sprungweisem Wechsel, sofern nur der Sprung eine gewisse Gröfse überschritten hat. Ein kontinuierlicher Wechsel kann sozusagen aus infinitesimalen Sprüngen bestehend gedacht werden. Eine zufällig passende Schwankungsphase in der Accommodation führt also sofort zur völligen Deutlichkeit, und auf Grund dieses Umstandes wird die entsprechende Innervation automatisch fortgesetzt. Ist aber der Wechsel der Entfernung diskontinuierlich, so wird bei genügender Gröfse des Sprunges eine unwillkürliche Accommodationsschwankung vermöge ihres zu geringen Ausmafses noch nicht zum Deutlichsehen, sondern nur zu einer Verkleinerung der Zerstreuungskreise führen. Unter der Annahme nun, daß die unwillkürliche Schwankung nur dann automatisch fortgesetzt wird, wenn sie sowohl dem Sinne als auch dem Ausmafs nach entsprechend ist, wird es erklärlich, daß bei Sprüngen, die eine gewisse Gröfse überschreiten, ein willkürlicher und daher bewußter Impuls nötig ist, um deutlich zu sehen, und daß erst in diesem Falle die Richtung der Entfernungsänderung erkannt wird. In dieser Weise scheint mir der obige Einwand lösbar.

Daß der eben noch sicher erkennbare Distanzunterschied durchwegs bei der Entfernung ein größerer sein müsse als bei der Annäherung, wie dies nach WUNDT'S Angaben der Fall sein soll, habe ich nicht konstatieren können; vielmehr haben die obigen Versuche gezeigt, daß für gewisse Beobachter (Herr SPRINGER und Herr Dr. WEISS) die eben erkennbare Entfernungsdifferenz für die Entfernung eine kleinere ist, als für die Näherung. Es ist daher auch die Erklärung WUNDT'S, „daß wir es hier nur mit einem Specialfall des allgemeinen Gesetzes zu thun haben, dem zufolge nur die aktive Zusammenziehung gewisser Muskeln von einem an die Bewegung gebundenen Gefühle begleitet ist, während dem Nachlaß der Zusammenziehung, der Erschlaffung niemals ein Muskelgefühl folgt“<sup>1</sup> gegenstandslos, weil die Thatsache nicht besteht, die auf diese Weise erklärt werden soll.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> A. a. O. pag. 326.

<sup>2</sup> Auch die andere Behauptung WUNDT'S, „daß innerhalb der Accommodationsweite beim Näherrücken des Gegenstandes der Durchmesser desselben auf die Unterscheidungsgrenze ohne Einfluß ist, während dieser Einfluß beim Fernerrücken ebenso merkbar wird wie bei allen Entfernungsschätzungen jenseits des Fernpunktes“, scheint mir

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 137*

(Wenn es sich nicht um dieselbe Strecke handelt, die einmal im Sinne der Entfernung, dann in dem der Annäherung von der Accommodation durchlaufen wird, sondern wenn von einem bestimmten Ausgangspunkt aus die Größe des eben erkennbaren Intervalles diesseits und jenseits dieses Punktes bestimmt werden soll, dann ist allerdings (und WUNDT hat ganz richtig darauf hingewiesen) die jenseits gelegene Strecke notwendig größer als die diesseits gelegene. Dies hat seinen Grund einfach darin, daß bei gegebener Objektgröße der Gesichtswinkel und damit die Bildgröße nicht proportional der Entfernung wächst, sondern langsamer als diese. Beim Fernerrücken muß also das Objekt eine größere Strecke durchlaufen als beim Näherrücken, wenn der Gesichtswinkel und damit das Netzhautbild sich in einem Falle um ebensoviele verkleinern soll, als es sich im anderen vergrößert. Also nur in diesem Sinne kann man sagen, daß für die Entfernung der eben erkennbare Distanzunterschied größer ist, als für die Annäherung, und nicht, wenn es sich um eine und dieselbe Strecke handelt, die einmal im Sinne der Näherung, das andere Mal im Sinne der Entfernung durchgemessen wird.)

§ 20. Die zweite Frage, welche wir oben stellten, war diese: Woher kommt es, daß, wenn der Distanzunterschied kleiner ist, als der mit Sicherheit erkennbare, sich häufig die richtigen und falschen Angaben nicht beiläufig das Gleich-

unhaltbar. Mindestens entbehrt sie jedes Beweises. Sie wäre nur dann richtig, wenn unabhängig von ihr die folgenden zwei Thatsachen feststünden, 1. daß die Unterscheidungsgrenze für die Annäherung allgemein eine geringere ist als für die Entfernung, und 2. daß das Muskelgefühl bei der Annäherung eine Rolle spielt, während es bei der Entfernung überhaupt fehlt. Die erstere Behauptung ist empirisch nicht erweisbar; die zweite würde erst feststehen, wenn wir bereits wüßten, daß bei der Entfernung die Verkleinerung des Bildes ohne Einfluß ist. Wenn daher WUNDT in der Verschiedenheit der Unterscheidungsgrenze für Annäherung und Entfernung ein Argument dafür sieht, „daß innerhalb der Accommodationsgrenzen das Näherrücken der Objekte aus den Accommodationsbewegungen erschlossen wird“, so kann ich hierin nur einen Cirkelbeweis erblicken. (Vgl. dazu oben S. 112 ff.)

Von vornherein ist es übrigens schon höchst unwahrscheinlich, daß die Verkleinerung der Netzhautbilder unser Urteil über die Tiefe bestimmen, die gleich rasche Vergrößerung aber ohne Einfluß auf die Lokalisation sein soll. Wie man diese Annahme plausibel machen soll, ist nicht abzusehen.

gewicht halten, sondern dafs bei einem gewissen Sinne der Bewegungsrichtung (z. B. beim Übergang von der Nähe zur Ferne) die falschen oft stark überwiegen? Nicht durchweg ist dies der Fall, wohl aber ist bei einzelnen Beobachtern unverkennbar die Tendenz vorhanden, bei noch nicht sicher erkennbaren Distanzunterschieden das zweite Objekt beständig für näher oder beständig für ferner zu halten als das erste, und daher bei der Entfernung überwiegend falsche Angaben zu machen, während die Annäherung in der gröfseren Zahl der Fälle richtig beurteilt wird. Eine sichere und abschließende Antwort auf diese Frage vermag ich nicht zu geben; es können individuelle Eigentümlichkeiten und Gewohnheiten das Urteil mit besonderer Leichtigkeit bestimmen, wenn im Sehakt selbst keine zwingende Veranlassung zur Lokalisation liegt. Hingegen scheint mir doch ein Moment von Bedeutung, auf dessen Beachtung ich durch eine gelegentliche Bemerkung eines Beobachters geführt worden bin. Ein Beobachter äufserte sich einmal dahin, dafs er beim Auftreten eines neuen Objektes von unbekannter (relativer) Tiefenlage meistens zuerst die Accommodation etwas anspanne. Wenn diese Innervation willkürlich und passend ist, dann ist es begreiflich, dafs der Beobachter richtig urteilt. Ist sie aber unpassend, und ist der Distanzunterschied nicht grofs, so ist es mir nicht unwahrscheinlich, dafs dann Accommodationsveränderungen vor sich gehen, auf die nicht selbst die Willensintention gerichtet war, sondern die nur als Folge des Strebens nach Deutlichkeit auftreten. Wenn unsere früher erörterte Ansicht richtig ist, dann ist aber nur die intendierte Accommodationsbewegung für das Urteil bestimmend. War also die erste Änderung der Accommodation die einzige intendierte, so wird das Urteil über die Tiefenänderung nur durch diese bestimmt. Setzen wir nun den Fall, ein Beobachter habe die Gewohnheit, allemal zuerst die Accommodation anzuspannen, so wird es begreiflich, dafs, wenn das zweite Objekt ferner liegt als das erste, die Angaben überwiegend falsch ausfallen und nicht, wie man zunächst erwarten könnte, richtige und falsche Angaben sich ungefähr das Gleichgewicht halten. Es ist aber weiter begreiflich, dafs ein solches Überwiegen der falschen Fälle nur bei gewissen Beobachtern vorkommt, bei anderen wieder nicht; denn es ist eine individuelle Gewohnheit, beim Auftreten eines neuen Gegenstandes, über

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 139*

dessen Tiefenlage man nicht unterrichtet ist, zunächst immer die Accommodation anzupsannen. Selbstverständlich kann es ebensogut vorkommen, daß nach der ersten auch eine zweite Accommodationsbewegung willkürlich eingeleitet wird und sich dann das Urteil über die Tiefenlage nicht nach der ersten, sondern nach einer späteren (intendierten) Accommodationsinnervation richtet, in welchem Falle dann die Angabe trotz einer etwa bestehenden Gewohnheit, zunächst für die Nähe (Ferne) zu accommodieren, dennoch richtig ausfallen kann. Warum letzteres bei großen Distanzunterschieden eher der Fall ist als bei kleinen, wurde bereits besprochen. (Vgl. S. 135 f.)

§ 21. Daß bei unbekannter Richtung des Tiefenunterschiedes zwischen zwei nacheinander auftretenden Objekten eine Art Ausprobierens vermittels der Accommodation stattfindet, haben wir früher als den mit größter Wahrscheinlichkeit anzunehmenden Vorgang supponiert. Es giebt jedoch ein mittelbares Kriterium für die Richtigkeit dieser Annahme, das der Beobachtung direkt zugänglich gemacht werden kann: die zur Accommodation nötige Zeit.

Wenn für ein bestimmtes Objekt accommodiert wird und nun plötzlich ein zweites Objekt ins Gesichtsfeld tritt, von dem man zunächst nicht weiß, ob es vor oder hinter dem ersten gelegen ist, so haben wir angenommen, daß wir in dem Bestreben, scharf zu sehen, irgend eine Accommodationsänderung vornehmen, die passend oder unpassend sein kann, und daß im letzteren Falle mindestens eine einmalige Umkehr in der Accommodationsbewegung eintritt. Dies muß sich nun notwendig in der zur richtigen optischen Einstellung nötigen Zeit verraten. Es ist zu erwarten, daß bei gleichen Distanzen diese Zeit bald größer, bald kleiner ausfallen wird, je nachdem man sogleich die richtige Innervation getroffen hat oder nicht. Und weiter muß man erwarten, daß, wenn der Beobachter darüber unterrichtet wird, ob das zu erwartende zweite Objekt vor oder hinter dem ersten erscheinen wird, die Accommodationszeiten auf keinen Fall so große Werte annehmen, wie dann, wenn man über die Tiefenlage vorher nicht orientiert ist.

Die folgenden Versuche haben nur den Zweck, die besprochenen Zeitverhältnisse zu prüfen, nicht aber absolute Maße für die Accommodationsdauer zu gewinnen. Unter-

suchungen, welche den letzteren Zweck verfolgen, müßten mit viel feineren Mitteln der Zeitmessung ausgeführt werden; sie lagen um so weniger in meinem Plane, als dieser Gegenstand bereits durch die Arbeiten von VIERORDT, AEBY und BARRET näher untersucht worden ist.

§ 22. Unsere Versuchsanordnung ist durch die nebenstehende schematische Darstellung (Fig. 2) versinnlicht.

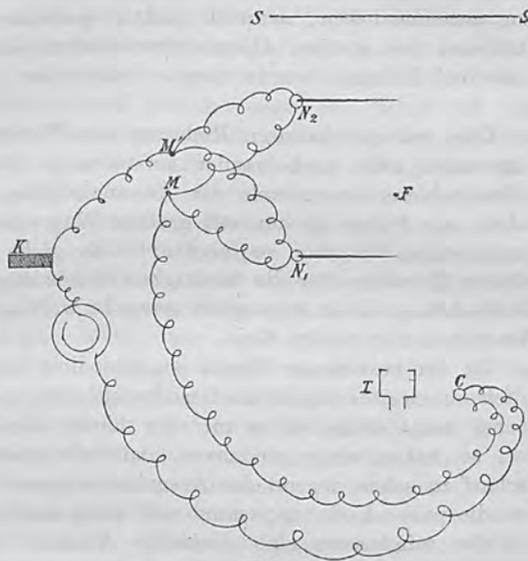


Fig. 2.

Der Beobachter blickt durch den Tubus  $T$  auf den vertikalen schwarzen Faden  $F$ , der sich von dem beleuchteten weissen Schirm  $S$  deutlich abhebt.

$N_1$  und  $N_2$  sind Gestelle, welche je eine Nadel tragen. Diese Nadeln können vertikal gestellt werden und befinden sich diesfalls außerhalb des durch den Tubus begrenzten Gesichtsfeldes; durch Entfernung einer Hemmungsvorrichtung können sie mittelst einer Spiralfeder in die horizontale Lage geschwungen werden; sie liegen alsdann in der primären Blickebene und reichen mit ihren Spitzen bis hart an die Symmetrieebene des Apparates (in welcher Ebene der vertikale Faden liegt). Die

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung.* 141

Nadeln sind ferner von verschiedener Dicke und ihre Entfernungen vom Beobachter so gewählt, daß, wenn dieser auf den Faden accommodiert, beide Nadeln in gleich großen Zerstreuungsbildern erscheinen, so daß man aus dem undeutlichen Bilde nicht ersehen kann, ob dasselbe von der vorderen oder hinteren Nadel herrührt. Damit aber auch die durch die chromatische Abweichung bedingte Verschiedenheit in der Färbung der Zerstreuungskreise der vorderen und hinteren Nadel keinen Hinweis auf die Tiefenlage gebe, habe ich vor den Tubus ein grünes Glas gesetzt, welches also vorwiegend Strahlen mittlerer Wellenlänge durchläßt.<sup>1</sup>

Bei den folgenden Versuchen stellt der Beobachter auf den Vertikalfaden ein, während beide Nadeln in Vertikalstellung sind und daher nicht gesehen werden. In einem gegebenen Moment löst ein Gehülfe die Hemmung an einem der beiden Nadelapparate, die betreffende Nadel schnell in die Horizontal-lage und tritt damit ins Gesichtsfeld; sie wird in einem Zerstreuungsbilde gesehen, und der Beobachter hat die Aufgabe, so rasch, als es ihm möglich ist, auf die Nadelspitze zu accommodieren. Nun soll die Zeit gemessen werden, welche von dem Augenblick des Auftretens der Nadel bis zu demjenigen Moment verläuft, in welchem die Nadel scharf gesehen wird. Diese Messung wird durch folgende Einrichtung bewerkstelligt:

Die Nadelapparate sind in einen Stromkreis eingeschaltet; wenn die Nadeln in die horizontale Lage fallen, schließen sie einen Kontakt. In diesem Stromkreise liegt außer den Nadelapparaten die rotierende Trommel *K* mit einem elektromagnetischen Signalschreiber und der Schlüssel *C*; derselbe ist mit einem federnden Taster versehen, in der Weise, daß der Strom geschlossen ist, solange der Beobachter den Taster niederhält und beim Wegziehen des Fingers sofort unterbrochen wird. In *M* und *M'* teilt sich der Strom in die beiden Zweige, die zu den beiden Nadelapparaten führen; er wird geschlossen, wenn auch nur eine der beiden Nadeln sich in der Horizontal-lage befindet. — Der Vorgang bei der Beobachtung spielt sich in folgender Weise ab:

<sup>1</sup> Die Entfernung des Fadens vom mittleren Knotenpunkt des Beobachters betrug 250 mm, die der näheren Nadel 175 mm, der fernerer 480 mm.

Der Beobachter blickt durch den Tubus und accommodiert auf den Faden, während er gleichzeitig den Taster des Schlüssels niederhält. Dabei stehen beide Nadeln vertikal, also in einer Stellung, in der sie unsichtbar sind und den Kontakt nicht schliessen; der Strom ist also unterbrochen. Sobald eine der Nadeln in die Horizontallage einschnellt, schliesst sich der Strom, und der Elektromagnet zieht den Schreiber an sich. Sobald nun der Beobachter die Nadel scharf sieht, läßt er den Taster los und unterbricht dadurch den Strom, der Schreiber an der Trommel wird wieder losgelassen. Vermittels einer gleichzeitigen Zeitmarkierung läßt sich alsdann mit einer für den vorliegenden Zweck mehr als hinreichenden Genauigkeit die Zeit an der Trommel ablesen, welche zwischen dem Moment des Einspringens der Nadel in die horizontale Lage und demjenigen verlaufen war, in welchem der Taster vom Beobachter losgelassen wurde.<sup>1</sup>

Die Versuche werden unter zwei verschiedenen Bedingungen angestellt: bei der einen Versuchsreihe wird dem Beobachter nicht gesagt, welche von den beiden Nadeln in das Gesichtsfeld einspringen wird, ob die vor oder die hinter dem Faden gelegene. Bei der zweiten Versuchsreihe wird er jedesmal darauf vorbereitet, welche Nadel erscheinen wird, so daß er weiß, in welchem Sinne er die Accommodation zu ändern hat.

§ 23. Im Folgenden teile ich die Ergebnisse tabellarisch mit, die ich aus meinen und des Herrn Dr. PERELES' Beobachtungen gewonnen habe.

<sup>1</sup> Wie schon erwähnt, kommt es mir hier nicht darauf an, absolute Mafse für die Accommodationszeiten zu gewinnen. Die Zeitwerte, welche in der oben angegebenen Weise erhalten werden, sind auch nicht als solche anzusehen. Nur ein Teil (allerdings der größte) der so gemessenen Zeit wird von der Veränderung des Accommodationszustandes in Anspruch genommen; ein zweiter Teil verläuft vom Scharfsehen bis zur Kontaktöffnung (Reaktionszeit), ein dritter endlich von der Kontaktöffnung bis zu jenem Moment, in welchem der Elektromagnet den Schreiber losläßt (er kann als konstant betrachtet werden). Für bloße Zeitvergleiche, wie sie hier gemacht werden, sind diese Zuwächse ohne Belang. Dies ist trotz der Inkonzanz der Reaktionszeit selbst für den variablen Fehler der Fall, weil uns selbst dieser nicht seinem absoluten Ausmaße nach, sondern nur insofern interessiert, als er bei gewissen Versuchsumständen größer, bei anderen kleiner ausfällt (s. u.).

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 143*

I. Tabelle der Accommodationszeiten in Sekunden.

(Beobachter: HILLEBRAND.)

Bei unbekannter Lage des zweiten Objektes		Bei bekannter Lage des zweiten Objektes	
Für die Nähe I.	Für die Ferne II.	Für die Nähe III.	Für die Ferne IV.
0,63	0,72	0,30	0,71
0,67	0,79	0,30	0,75
0,67	0,84	0,30	0,76
0,70	0,88	0,40	0,76
0,70	0,92	0,40	0,80
0,75	0,95	0,44	0,80
0,75	1,00	0,45	0,81
0,75	1,05	0,45	0,88
0,81	1,14	0,45	0,95
0,84	1,18	0,45	0,96

II. Tabelle der Accommodationszeiten in Sekunden.

(Beobachter: Herr Dr. HUGO PERRELES.)

Bei unbekannter Lage des zweiten Objektes		Bei bekannter Lage des zweiten Objektes	
Für die Nähe I.	Für die Ferne II.	Für die Nähe III.	Für die Ferne IV.
0,96	1,11	0,69	0,85
1,00	1,41	0,72	0,88
1,18	1,44	0,76	0,96
1,19	1,44	0,80	0,96
1,22	1,55	0,81	1,00
1,31	1,58	0,84	1,00
1,32	1,66	0,84	1,08
1,37	1,85	0,88	1,24
1,41	1,92	0,92	1,42
1,42	1,96	1,00	1,56
1,72	(2,66)	1,08	—
2,24	—	1,08	—

(Die eingeklammerte Zahl 2,66 fällt so offenbar aus der Reihe, daß man hier jedenfalls eine zufällige Störung des Beobachters als Grund annehmen muß.)

Die Bedeutung der Zahlen in den einzelnen Kolumnen ist durch die entsprechenden Überschriften klar. Die Werte sind

der Übersichtlichkeit halber (aufsteigend) geordnet. In den Versuchen selber sind die Fälle, in denen die Nadel näher, und diejenigen, in denen sie ferner liegt als der Faden, selbstverständlich in buntem Durcheinander gegeben, während die Tabelle beide Reihen trennt.

§ 24. Vor allem fällt in die Augen, daß die III. und IV. Kolumne erheblich kleinere Werte zeigt, als die I. beziehungsweise die II. Bei mir liegen die für die Accommodation auf die nähere Nadel erfordernden Zeiten dann, wenn ich über die Lage der Nadel unterrichtet war, zwischen 0,30 und 0,45\* (III. Kol.), dann, wenn ich über die Lage in Unkenntnis war, zwischen 0,63 und 0,84 (I. Kol.); bei Herrn Dr. PERELES im ersteren Falle zwischen 0,69 und 1,08, im zweiten zwischen 0,96 und 2,24. War die zweite Nadel ferner als der Faden, so liegen für mich die Werte im Falle der Kenntnis zwischen 0,71 und 0,96, im Falle der Unkenntnis zwischen 0,72 und 1,18; für Herrn Dr. PERELES bei Kenntnis der Lage zwischen 0,85 und 1,56, bei Unkenntnis derselben zwischen 1,11 und 1,96.

Die Accommodationszeiten sind also im Durchschnitt wesentlich größer, wenn der Beobachter nicht weiß, ob das neuauftretende Objekt vor oder hinter dem bereits fixierten liegt, als wenn er davon Kenntnis hat.

Weiter zeigen die Tabellen, daß, wenn man von der Lage des zweiten Objektes weiß, die Accommodationszeiten bei den verschiedenen Versuchen weniger untereinander abweichen, d. h. sich in einem relativ kleineren Intervall bewegen, als wenn man von der relativen Lage des zweiten Objektes keine Kenntnis hat. Man vergleiche z. B. Kolumne II und IV in der I. Tabelle. Das Intervall, in dem sich die Zeitwerte bewegen, ist bei unbekannter Lage des zweiten Objektes (Kol. II) 0,46, bei bekannter Lage (Kol. IV) nur 0,25. Der Vergleich der I. mit der III. Kolumne zeigt einen Unterschied im selben Sinne (wenn auch geringerer Ausmaße): für Kolumne I beträgt der Spielraum 0,21, für Kolumne III 0,15. Sehr auffallend ist er auch bei der I. und III. Kolumne der II. Tabelle (Dr. PERELES): in der I. Kolumne beträgt das Intervall 1,24, in der III. Kolumne nur 0,39. Geringer ist die Differenz für die II., resp. IV. Kolumne, nämlich 0,85 und 0,71.

Der Grund dieses Verhaltens ist nach den früheren Erörterungen klar. Wenn die Lage des zweiten Objektes unbekannt

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 145*

ist, kommen ja ebenso passende wie unpassende Innervationen vor; bei unpassenden wird natürlich, da mindestens ein einmaliger Wechsel in der Innervation stattfinden muß, eine gröfsere Zeit erforderlich sein. Weifs aber der Beobachter, ob das zweite Objekt vor oder hinter dem ersten erscheinen wird, dann befindet er sich nie in der Lage, eventuell unpassend zu innervieren; die Zeitwerte werden also untereinander notwendig mehr übereinstimmen, als im anderen Falle.

Noch eines Umstandes muß hier Erwähnung gethan werden. Wenn der Beobachter das eine Mal weifs, das andere Mal nicht weifs, ob das zweite Objekt vor oder hinter dem ersten erscheinen werde, so befindet er sich in doppelter Hinsicht beide Male in verschiedener Lage und wird mit seiner Accommodation in doppelter Hinsicht verschieden verfahren. Erstlich wird er bei unbekannter Lage des Objektes einmal passend, ein anderes Mal unpassend innervieren und letzterenfalls mehr Zeit brauchen (worauf schon hingewiesen wurde); dann aber wird bei bekannter Lage des Objektes — ganz abgesehen davon, dafs hier kein Zeitverlust durch unpassende Innervation vorkommt — auch deswegen weniger Zeit in Anspruch genommen werden, weil, sobald man sich über Ziel und Richtung der auszuführenden Bewegung klar ist, diese mit gröfserer Energie einsetzt und daher rascher vollzogen wird, als wenn man sich über die Zweckmäfsigkeit des gewählten Mittels gänzlich im unklaren befindet, wie etwa ein Mensch, der im Finstern geht oder mit den Händen nach etwas greifen will.

Es wäre aber irrig, anzunehmen, dafs, sobald sich für die Accommodationszeit bei unbekannter Lage des Objektes gröfsere Werte ergeben, als bei bekannter Lage, dieses Überwiegen lediglich durch den letzterwähnten Umstand veranlafst werde (wenn derselbe auch ohne Zweifel mitwirkt). Ein Blick auf die Tabellen wird uns darüber belehren. In Tabelle I überwiegen sämtliche Werte der I. Kolumne (0,63 bis 0,84) über die Werte der III. Kolumne (0,30 bis 0,45); aber nichts Ähnliches ergibt der Vergleich der II. mit der IV. Kolumne. Nicht weniger als sechs Werte der II. Kolumne (0,72 bis 0,95) fallen in das Intervall der IV. (0,71 bis 0,96). Dasselbe Verhalten zeigt sich, wenn wir in der II. Tabelle die II. mit der IV. Kolumne vergleichen; die ersten fünf Werte der II. Kolumne (1,11 bis 1,55) fallen in das Intervall der IV. (0,85 bis 1,56).

Würden die Zeitverschiedenheiten bei bekannter und bei unbekannter Lage nur dadurch zu erklären sein, daß man bei Unklarheit über die Zweckmäßigkeit des Mittels weniger energisch innerviert, dann wäre nicht einzusehen, warum bei unbekannter Lage des Objektes ein Mal sämtliche Werte größer sind, als die bei bekannter Lage (Tab. I, Kol. I und III), ein anderes Mal aber ein Teil der einen Werte in das Intervall der anderen hineinfällt (z. B. Tab. I, Kol. II und IV). Wir müssen vielmehr annehmen, daß eben jenes Ausprobieren mittels der Accommodation statthat, und daß weiter habituelle Gewohnheiten bestehen, etwa beim Neuauftreten eines Objektes von unbekannter Lage die Accommodation vorwiegend nach einer bestimmten Richtung zu ändern, also etwa vorwiegend zu entspannen. Bei mir ist letzteres offenbar der Fall. Jetzt wird es erklärlich, warum, wenn das zweite Objekt näher liegt, ohne daß der Beobachter davon weiß, in allen Fällen mehr Zeit in Anspruch genommen wird, als wenn er davon weiß — warum aber, wenn es ferner liegt, bei Unbekanntheit mit diesem Datum oft nicht mehr Zeit zur Accommodation benötigt wird, als bei Bekanntheit mit demselben. Dies ist natürlich, sobald der Beobachter die Gewohnheit hat, wenn er nicht weiß, wie er die Accommodation ändern soll, sie zunächst immer zu entspannen.

§ 25. Ein Rückblick auf den Gang und die Resultate unserer Untersuchung ergibt folgendes:

Die Frage, ob und in welcher Weise die Accommodation den Tiefenwert des fixierten Punktes, d. i. des augenblicklichen Kernpunktes des Sehraumes, bestimmt, ist von der anderen Frage, welchen Einfluß nämlich die Konvergenz der Gesichtslinien auf die Tiefenlokalisation hat, in praxi nicht trennbar — wegen des bekannten, zwischen Accommodation und Konvergenz bestehenden Zusammenhanges. Wenn alle sog. empirischen Motive der Lokalisation (so namentlich die Änderung der Bildgröße) ausgeschlossen sind und man einem nach der Tiefe sich bewegenden Objekt mit der Accommodation folgt, wobei die Bewegung so rasch vor sich gehen kann, daß jenes Folgen eben noch bequem möglich ist, so ist man nicht im stande, mit Sicherheit anzugeben, ob sich das Objekt genähert oder entfernt hat — sofern nur nicht die extremsten Grade der Nähe in Anwendung gebracht und dadurch lästige Empfindungen

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 147*

erzeugt werden. Wir haben aus dieser Thatsache geschlossen, daß uns sog. Muskelempfindungen über die Tiefenlage des fixierten Punktes nicht unterrichten, und zwar (aus dem früher angeführten Grunde) weder Empfindungen, die von der Binnenmuskulatur des Auges, noch solche, die von den äußeren Augenmuskeln herrühren. — Wir haben weiter gesehen, daß, wenn das Fixationsobjekt plötzlich seine Tiefenlage ändert, so daß das Folgen der Accommodation unmöglich gemacht wird, für jeden unserer Beobachter sich ein Distanzunterschied finden ließe, von dem an er mit Sicherheit erkennt, ob der Wechsel im Sinne der Näherung oder der Entfernung vor sich gegangen ist. Es hat sich gezeigt, daß dieses Erkennen nur dadurch möglich wird, daß der Beobachter willkürlich zur Anspannung resp. Entspannung der Accommodation innerviert und dadurch, daß er aus dem Effekte sieht, ob er eine passende oder unpassende Innervation gesetzt hat, erkennt, ob die Distanzänderung eine Näherung oder eine Entfernung war. Es erwies sich also der bewußte Willensimpuls als das für das Erkennen der relativen Entfernung Entscheidende. Weiter hat die Selbstbeobachtung und die spontane Äußerung anderer Beobachter ergeben, daß auch in den letztgenannten Fällen, in welchen die Richtung des Tiefenwechsels fehlerlos angegeben wird, die größere oder geringere Entfernung nicht anschaulich in der Empfindung gegeben ist, nicht also in der Art, wie beim binokularen Sehen die auf der Disparation der Netzhautstellen beruhenden Tiefenunterschiede als Momente der anschaulichen Empfindung auftreten. Wir erinnern uns diesbezüglich der übereinstimmenden Aussagen aller Mitbeobachter, sie „wüßten“ zwar, daß das zweite Objekt näher, bzw. ferner liege, als das erste, könnten aber nicht behaupten, daß sie dies eigentlich „sähen“, Aussagen, die psychologisch von hoher Bedeutung sind. Schliesslich haben wir für die Annahme, daß in den letztgenannten Fällen die Tiefenunterschiede durch eine Art Ausprobierens mit Hilfe der Accommodation erkannt werden, den empirischen Nachweis zu liefern gesucht durch Versuche über die zur Accommodation nötige Zeit.

§ 26. Von der vorstehenden Untersuchung, deren Resultate wir soeben angegeben, wird vermutlich der negative Teil, der, welcher sich gegen die Existenz eines sog. Muskelsinnes richtet oder mindestens behauptet, daß, wenn ein solcher

existiert, er für die Tiefenwahrnehmung ohne jeden Einfluß ist, am meisten Anstoß erregen. Wenn auch hervorragende Forscher, wie z. B. HERING, sich längst in derselben negativen Weise über diesen Gegenstand ausgesprochen haben, so haben dennoch die „Muskelgefühle“ und insonderheit die „Konvergenzgefühle“ nicht aufgehört, in den Theorien der räumlichen Wahrnehmung eine hervorragende Rolle zu spielen. Der Grund dieser Erscheinung ist jedem klar, der die Geschichte jener Theorien kennt. Die sog. „empiristische“ Richtung, welche die Qualitäten des Gesichtssinnes ursprünglich als raumlos und unlokalisiert denkt und die räumlichen Daten erst auf dem Wege der Erfahrung an die Qualitäten sich assoziieren läßt, kann eines fein abgestuften Systems von Muskelempfindungen nicht entbehren. In der That sind diesen Muskelempfindungen Funktionen zugemutet worden, die voraussetzen, daß ihre graduelle Abstufung an Feinheit mindestens den Raumsinn der Netzhaut erreicht.

Wenn sich diesen Suppositionen gegenüber nun herausstellt, daß z. B. das „Konvergenzgefühl“ gar nicht besteht, mindestens aber die Funktion eines Associationsbandes für Raumdaten gar nicht hat (geschweige denn, daß es etwa selbst einer anschaulichen räumlichen Bestimmung teilhaftig wäre), so ist damit allen jenen Konstruktionen das Fundament entzogen. In Ansehung der theoretischen Tragweite, welche die Leugnung der Bedeutung etwaiger Muskelgefühle für die optische Lokalisierung ohne Zweifel besitzt, ist es vielleicht nicht ganz überflüssig, darauf hinzuweisen, daß andere längst vorliegende Beobachtungen zu demselben Ergebnisse führen. Für die allgemeine Frage macht es dabei natürlich nichts aus, ob diese Beobachtungen sich gerade auf die Konvergenzbewegungen oder auf irgend welche andere, nicht symmetrisch assoziierte Augenbewegungen beziehen.

§ 27. Wenn man die Augen willkürlich seitwärts (etwa nach rechts) wendet, so bleiben die Objekte des Sehfeldes bekanntlich in Ruhe, obwohl sich ihre Bilder auf der Netzhaut verschieben. Es findet also für die Bewegung, die wegen der Bildverschiebung statthaben sollte, eine vollkommene Kompensation statt. Diese Erscheinung, für sich allein betrachtet, ließe eine Erklärung mit Hilfe von Muskelempfindungen zu; man könnte annehmen, daß uns die Bewegung des Bulbus

*Das Verhältnis von Accommodation u. Konvergenz zur Tiefenlokalisierung. 149*

durch Empfindungen von seiten der Augenmuskel (in unserem Beispiel des linken rect. int. und rechten rect. ext.) bekannt werde, und daß wir hiermit die durch die Bildverschiebung hervorgerufene Vorstellung einer Bewegung kompensieren.

Diese Erklärung wird aber sofort hinfällig, wenn wir uns an die bekannten Scheinbewegungen und Lokalisationsfehler erinnern, die bei Augenmuskelparalysen typisch auftreten. Bei einer rechtsseitigen Abducenslähmung will der Patient einen rechts gelegenen Gegenstand fixieren;<sup>1</sup> dabei tritt eine energische Scheinbewegung nach rechts ein. Aufgefordert, etwa mit einem Bleistift rasch nach dem zu fixierenden Objekt zu stoßen, stößt der Patient rechts daran vorbei. Hier ist die obige Erklärung unmöglich. Das gelähmte Auge hat sich nicht bewegt, eine Muskelempfindung konnte nicht auftreten, weil der rect. ext. tatsächlich nichts geleistet hat. Die Netzhautbilder haben sich auch nicht der gewollten Bewegung entsprechend verschoben. Woher also die Scheinbewegung und woher der Fehler beim Stoßen auf den Gegenstand?

Die (übrigens bekannte) Erklärung dieses Phänomens geht wieder von dem Falle aus, in welchem das normale Auge bei einer Blickbewegung keine Verschiebung der Objekte sieht. Nehmen wir an, die Kompensation der scheinbaren Bewegung, welche der Verschiebung der Netzhautbilder an sich entsprechen würde, sei nicht durch Muskelempfindungen veranlaßt, sondern durch den bewußten Impuls zur Rechtswendung, so erledigt sich hiermit der normale und der pathologische Fall. Im normalen Falle bewegen sich die Netzhautbilder so, daß die Objekte weiter nach links lokalisiert werden müßten; vermöge der bewußten Innervation wird der ganze Sehraum nach rechts dislociert. Ist nun das Ausmaß beider Dislokationen dasselbe, so tritt im Phänomen gar keine Bewegung auf. Im Falle der Abducenslähmung wird nun zwar keine Muskelkontraktion ausgeführt, aber sie wird nichtsdestoweniger intendiert, es findet also die Dislokation des ganzen Sehraumes nach rechts statt, die Netzhautbilder bleiben aber unverrückt, und somit besteht hier der kompensierende Faktor, ohne daß ein Vorgang da wäre, welcher kompensiert werden könnte; daher die scheinbare Rechtsdrehung des Sehraumes

<sup>1</sup> Wir wollen annehmen, nur mit dem rechten Auge.

und in ihrem Gefolge die unpassende Handbewegung, wenn ein Objekt getroffen werden soll.

Die analogen Erscheinungen sind für Augenmuskelparalysen typisch.<sup>1</sup>

Eine weitere hierher gehörige Beobachtung verdanke ich einer brieflichen Mitteilung Hrn. Prof. HERINGS. Im Dunkelzimmer sei nichts sichtbar, als ein hinreichend heller Lichtpunkt; der Beobachter stelle sich so, daß dieses Fixationsobjekt ihm zur Seite liegt, beispielsweise zu seiner Rechten, und zwar in der Weise, daß er es durch die stärkste Rechtswendung der Augen nur eben noch fixieren kann. Zwingt sich der Beobachter zur dauernden Fixation, so fängt der Lichtpunkt sehr bald an, eine Scheinbewegung nach rechts zu machen, und dies um so auffallender, je länger der Beobachter die Fixation fortzusetzen sucht. Das Phänomen erklärt sich analog dem früher beschriebenen. Die starke Anstrengung bei jener extremen Rechtswendung hat sehr bald Ermüdung zur Folge; die Kontraktion des externus entspricht nicht mehr der Intention des Beobachters, und der Muskel verhält sich gegenüber dem Willen wie ein paretischer.

§ 30. Leicht zu beobachten ist es übrigens, daß man im Dunkelraume und beim Mangel eines Fixationspunktes die Augenstellung oft unwillkürlich wechselt, ohne davon etwas zu wissen. Ich habe dies deutlich sehen können an dem Funken, der beim Durchgang eines Kontaktpendels durch die Quecksilberkuppe entsteht (wobei ich mich ebenso wie die Kontaktuhr im Dunkelzimmer befand). Nach einigen Durchgängen gelingt es leicht, den Funken einmal zu fixieren; bemüht man sich nun, diese Augenstellung beizubehalten, damit das nächste Funkenbild wieder auf die Stellen des deutlichsten Sehens falle, so gelingt dies nie für eine nur etwas längere Reihe von Durchgängen. Die Augen vermögen die einmal eingenommene

<sup>1</sup> Das beschriebene Verhalten von Individuen mit Augenmuskelparalysen hat MACH am normalen Auge künstlich herbeigeführt. Er dreht die Augen möglichst weit nach links und drückt an die rechten Seiten der Augäpfel zwei große Klumpen von ziemlich festem Glaserkitt gut an. Der Versuch, rasch nach rechts zu blicken, gelingt dann nur sehr unvollkommen, und es tritt eine ausgiebige Scheinbewegung der Objekte in der Richtung nach rechts ein. (Vergl. *Beitr. z. Anal. d. Empf.* S. 37.)

Stellung nicht beizubehalten. Das Merkwürdige an der Erscheinung aber ist, daß der Funke in sehr ausgedehntem Maße seinen scheinbaren Ort wechselt; er springt bald um einige Centimeter höher, dann wieder weiter links oder rechts über. Besonders die Höhenunterschiede waren auffallend.<sup>1</sup> (Sie erklären sich übrigens leicht aus dem Umstande, daß das Pendel sehr hoch aufgehängt war und die zur Fixierung nötige Blickhebung für die Dauer einige Anstrengung erforderte, bzw. nicht lange beibehalten werden konnte.) Die Verschiebung des Funkenbildes auf der Netzhaut wurde also hier auf eine Ortsveränderung des äußeren Objektes bezogen, während sie thatsächlich nur Folge einer Augenbewegung war: die letztere war also unbewußt geblieben, sonst hätte dieser Effekt nicht eintreten können.

Die erwähnten Beobachtungen mögen nur als eine kleine Auswahl von Beispielen gelten, durch die ich zeigen wollte, daß uns Muskelempfindungen auch über Augenbewegungen, die nicht gerade den Konvergenzgrad betreffen, keinerlei Aufschluß geben.

Zum Schlusse erlaube ich mir, Herrn Prof. EWALD HERING für so manchen wertvollen Rat, den er mir bei Ausführung der obigen Untersuchung gegeben, meinen aufrichtigsten Dank zu sagen. Und nicht zum wenigsten danke ich auch den in der Abhandlung genannten Herren für die Sorgfalt und Ausdauer, mit der sie mich durch ihre Beobachtungen zu unterstützen so freundlich waren.

---

<sup>1</sup> Kleine Ortsunterschiede haben bei solchen Kontakten in Wirklichkeit statt, da die Quecksilberkuppe wegen der ungleichen Oxydbildung an ihrer Oberfläche variable Widerstände liefert. Die oben erwähnten Scheinbewegungen haben aber dieses Ausmaß weit überschritten, sie sind also in der That Scheinbewegungen.



- 4 Zur Lehre von der Hypothesenbildung, in: Sitzungsberichte der Philosophisch-Historischen Klasse der Akademie der Wissenschaften in Wien 134, VI. Abhandlung. Wien 1896.



## VI.

## Zur Lehre von der Hypothesenbildung.

Von

**Dr. Franz Hillebrand,**

a. ö. Professor der Philosophie an der Universität in Wien.

**I. Einleitung.**

§ 1. In unserem der Metaphysik so abholden Zeitalter dürfte kaum eine Erscheinung so sehr auffallen wie die Thatsache, dass sich in jeder exacten Wissenschaft die Tendenz fühlbar macht, ihre erkenntnisstheoretischen Grundlagen einer neuerlichen Revision zu unterziehen und sozusagen vor dem Weiterbauen noch einmal auf die Fundamente einen prüfenden Blick zu werfen und ihre Tragfähigkeit zu untersuchen. Hie mit hängt eine zweite Thatsache zusammen, die — auf den ersten Anblick wenigstens — fast noch mehr in Verwunderung setzt: nicht wie früher sind es die berufsmässigen Erkenntnisstheoretiker, die solcher Forschung sich widmen und sich etwa eine systematische Darstellung des Gesamtgebietes der Erkenntnisstheorie zur Aufgabe machen; vielmehr ist die Erkenntnisstheorie zerfallen in einzelne Erkenntnistheorien, entsprechend den Sonderbedürfnissen der einzelnen Wissensgebiete; und an die Stelle des berufsmässigen, ausserhalb der Einzeldisciplinen stehenden Erkenntnisstheoretikers sind die Vertreter jener Einzeldisciplinen selbst getreten, und jeden von ihnen sehen wir ausschliesslich an dem Theile der Erkenntnislehre arbeiten, der im Besonderen seinem Specialfach zugehört. So sehen wir — um nur einige Beispiele anzuführen — einen Chemiker wie Ostwald um die Feststellung der constitutiven Merkmale des Begriffes ‚Real‘ sich bemühen, dem Ursprung des Begriffes ‚Substanz‘ nachgehen, ihn durch

Angabe der unbedingt nöthigen Merkmale präcisiren, den Begriff Energie definiren und ihre letzten, irreduciblen Gattungen namhaft machen und was derlei grundlegende Verrichtungen mehr sind.<sup>1</sup> Wir sehen schon früher einen Physiker wie Mach mit der Entwicklungsgeschichte der Mechanik beschäftigt in der offenbaren Tendenz, hier nicht einfach historische Daten in chronologischer Folge zu registriren, sondern die wahren empirischen Quellen auch für diejenigen primitivsten mechanischen Begriffe und Gesetze aufzusuchen, von denen uns nach den üblichen Darstellungen der Lehrbücher die ersteren immer wie bloß terminologische Festsetzungen, die letzteren wie bloß deductiv aus der Analyse jener gewonnenen Wahrheiten erscheinen. Vieles, was ‚selbstverständlich‘, d. h. analytisch gewonnen erschien, zeigt sich hiebei abhängig von ganz bestimmten Erfahrungen, freilich oft von so alltäglichen und hundertfach gehäuften, dass das instinctiv für wahr Gehaltene den Eindruck des Selbstverständlichen erwecken konnte. Die Anweisung, die einst David Hume gegeben hatte, für jeden auch noch so abstracten und complicirten Begriff die ‚Sensationen‘ anzugeben, aus welchen er gewonnen wurde, finden wir bei Mach auf das Strengste befolgt; denn auch die vermeintlich blossen Rechnungsausdrücke (wie ‚lebendige Kraft‘) haben, wenn sie auch nicht der unmittelbare Ausdruck eines empirischen Datums sind, doch in gewissen Relationen derartiger Data ihre letzte Quelle. Wir finden Mach weiter bemüht, die Aufgabe jeder Naturforschung scharf zu präcisiren, indem er den Begriff ‚Naturerklärung‘ genau definirt und in dem ‚Princip der Oekonomie‘ die oberste und allgemeinste Forschungsregel aufzustellen sucht. Weiter sehen wir, um ein drittes Beispiel zu erwähnen, auch Helmholtz mit den erkenntnistheoretischen Grundlagen der mannigfachen von ihm beherrschten und fortgebildeten Wissenszweige beschäftigt; so wenn er nach allgemeinen Kriterien für die ursprünglich in der Sinneswahrnehmung gelegenen und für die erst durch Erfahrung erworbenen Daten forscht; ebenso, wenn er in den Grundlagen der Geometrie

<sup>1</sup> Vgl. Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie, Leipzig 1893, II. Bd., I. Theil, 1. und 2. Capitel; ferner desselben Autors Antrittsvorlesung, Die Energie und ihre Wandlungen, Leipzig 1888.

die empirischen Momente herauszufinden und von den analytischen zu sondern trachtet.

§ 2. Gerade die Thatsache nun, dass die Erkenntnistheorie in dieser Weise aufgelöst worden und Theil für Theil in die Hände derjenigen übergegangen ist, welche auch das entsprechende Erkenntnissmateriale beherrschen, gibt noch für einen anderen Umstand Zeugnis. Die Revision der erkenntnistheoretischen Grundlagen hat aufgehört bloß um ihrer selbst willen Gegenstand des Interesses zu sein, sie wird vielmehr als Bedürfnis der Forschungspraxis gefühlt, sie soll bestimmt sein, der positiven Einzelforschung die leitenden Principien zu geben und ihre Grenzen zu bestimmen; die Erkenntnistheorie zeigt sich als eine eminent verwerthbare Wissenschaft, nicht mehr als eine Speculation, der sich der Naturforscher zwar gelegentlich aus Liebhaberei zuwendet, der er aber — soweit er Naturforscher ist — vollkommen entzogen kann, da seine Forschung von ihren Ergebnissen, ob sie nun so oder anders ausfallen, in keiner Weise tangirt wird. Beispiele werden dies deutlich machen. Ich glaube kaum, dass die Frage, ob im Begriff ‚Ursache‘ ein aus unseren Willensacten abstrahirtes Element gelegen sei oder ob Ursache (wie Mill meint) einfach so viel heisse wie unveränderliches und unbedingtes Antecedens — ich glaube kaum, dass diese Frage einem Physiker bei der Arbeit im Laboratorium je einmal ernstlich irritirt hat; ich glaube kaum, dass auch nur eine physikalische Untersuchung anders ausfallen würde, ob im Causalitätsgesetz das Wort ‚Ursache‘ den Mill’schen, den Kant’schen oder sonst irgend einen Sinn hat. Ich zweifle sehr daran, dass die Entscheidung der ehemaligen Streitfrage, ob die Sätze der Mathematik analytische oder synthetische Urtheile a priori sind, auf den Gang auch nur einer einzigen mathematischen Untersuchung Einfluss genommen hat. Die Frage aber, ob die Annahme einer atomistischen Constitution der Materie (vorausgesetzt, dass sie mit keiner Erscheinung im Widerspruch steht) bloß den Werth einer Hilfsvorstellung, eines leitenden oder heuristischen Principes hat, oder aber, ob sie zu der Gewissheit von etwas thatsächlich Bestehendem erhoben werden kann, diese Frage ist etwas, woran der Naturforscher als solcher in allerhöchstem Masse interessirt sein muss. Die Frage ferner, ob die Annahme einer

dreidimensionalen Mannigfaltigkeit, falls sie den Ansprüchen der Chemie genügt, bloß den Charakter eines zweckmässigen Forschungsmittels an sich trägt, oder ob sie zu bestimmten Vermuthungen über thatsächliche Verhältnisse führt, diese Frage kann auf die concrete Einzelforschung unmöglich ohne gewichtigen Einfluss sein.

Unbeschadet der inneren Bedeutung, die den zuerst genannten Fragen zweifellos zukommt, kann denn doch die höhere Wichtigkeit der zuletzt genannten Probleme nicht gut in Abrede gestellt werden.

Darin, dass gewisse erkenntnisstheoretische Untersuchungen aus dem Bedürfniss der Einzelforschung hervorgegangen sind, liegt die Erklärung jener eigenthümlichen Erscheinung unserer Tage, dass die Vertreter jener Disciplin zum grösseren Theil unter den Naturforschern zu suchen sind. Wenn wir aber gerade von dieser Seite und gerade bei Gelegenheit erkenntnisstheoretischer Forschungen so manches bittere Wort über die Metaphysik (der ja die Erkenntnisstheorie als einer ihrer Theile zugehört) zu hören bekommen, ja wenn wir bei solchen Gelegenheiten den Ausdruck ‚Metaphysik‘ oder gar den allgemeineren ‚Philosophie‘ geradezu als eine Bezeichnung des Tadels gebraucht finden, dann mögen wir uns an den Ausspruch Pascal's erinnern:

‚Se moquer de la philosophie, c'est vraiment philosopher.‘

§ 3. Die folgende Untersuchung ist einer jener erkenntnisstheoretischen Fragen gewidmet, die, abgesehen von dem Interesse, das sie um ihrer selbst willen beanspruchen dürfen, auch für den Gang naturwissenschaftlicher Forschung (ich möchte sagen: für die logische Technik der Naturforschung) von grosser Wichtigkeit sind. Sie beschäftigt sich mit der Theorie der Hypothesenbildung, indem sie einen Beitrag zur Lehre von den Bedingungen liefern will, denen eine wissenschaftlich berechnete Hypothese genügen muss. Von den Regeln, in welchen diese Bedingungen ausgesprochen werden, sind einige längst klar formulirt und allgemein anerkannt, wie z. B. die Regel, dass man *ceteris paribus* die weniger complicirte Hypothese der complicirteren vorziehen soll; oder die, dass diejenige Hypothese den Vorzug verdient, aus welcher die in Frage stehende

Thatsache mit grösserer Wahrscheinlichkeit folgt, oder — wie man auch sagt — welche die Thatsache ‚leichter‘ erklärt.

Es gibt aber in der Hypothesenlehre einen unklaren und strittigen Punkt, eine Regel, über deren Auslegung sowohl als auch über deren Giltigkeit in der einen oder anderen Auslegung Zweifel und Meinungsverschiedenheit herrschen. Das ist die Regel, nur solche Hypothesen zuzulassen, welche eine ‚vera causa‘ zum Gegenstande haben.

Welchen Sinn diese Regel haben kann festzustellen, und welches das Bereich ihrer Giltigkeit ist zu untersuchen, das soll die Hauptaufgabe der folgenden Erörterungen sein; manche scheinbar fernerliegende Untersuchungen, wie z. B. die über einige Grundsätze der Mechanik, über den Begriff ‚Kraft‘ in der Mechanik u. dgl., werden in ihrem Zusammenhang mit dem eigentlichen Thema klar werden.

§ 4. Die Vorschrift, zur Naturerklärung nur *verae causae* zu verwenden, findet sich zuerst bei Newton. In seinen Principien hat er eine Anzahl ‚*regulae philosophandi*‘ aufgestellt, von denen die erste lautet:

‚*Causas rerum naturalium non plures admitti debere, quam quae et verae sint et earum phaenomenis explicandis sufficient.*‘

Aber — schon Whewell hat sich darüber beklagt — eine genauere Formulirung dieser Regel, vor Allem eine Definition des Ausdruckes ‚*verae causae*‘ suchen wir vergebens. Und auch das vielcitirte ‚*Hypotheses non fingo*‘ kann erst durch eine Definition dieses terminus einen verständlichen und unzweideutigen Sinn bekommen. J. St. Mill ist der Ansicht, dass Newton's Lichttheorie ‚ein auffallendes Beispiel von der Verletzung seiner eigenen Regel war‘.<sup>1</sup> Bei einem Forscher wie Newton werden wir uns zu der Annahme einer derartigen Inconsequenz nicht ohne zwingende Gründe entschliessen; es wird die Frage berechtigt sein, ob nicht vielmehr jene erste Forschungsregel missverstanden worden und ihre Verletzung eine bloß scheinbare war.

Die Frage nach Sinn und Geltung dieser Regel ist noch immer eine offene. Hoffentlich trägt die folgende Untersuchung einigermaßen zur Klärung bei.

<sup>1</sup> Syst. der ded. und ind. Logik, Buch III, Cap. XIV, § 4.

§ 5. Um die folgenden Ueberlegungen nicht durch Excuse unterbrechen zu müssen, will ich eine Bemerkung über den Begriff der Hypothese im Allgemeinen und eine über den Begriff der ‚vorläufigen Hypothese‘ gleich hier vorausschicken.

Eine Hypothese ist ein Urtheil, welches wir darum für wahr halten, weil wir erkennen, dass ein anderes Urtheil, welches uns als sicher gilt, aus ihm mit Nothwendigkeit oder mit Wahrscheinlichkeit folgt. Das ist die allgemeinste Definition des Begriffes ‚Hypothese‘; sie ist mit den divergentesten Standpunkten vereinbar, welche in der Hypothesenlehre eingenommen werden können, weil sie noch gar keine weiteren Bedingungen enthält ausser die selbstverständliche und von Allen zugestandene, dass zwischen dem Suppositum und der in Frage stehenden Thatsache irgend ein erkannter Zusammenhang bestehen müsse. Causale Ausdrücke sind absichtlich vermieden, schon um den Begriff nicht unnöthiger Weise auf ursächliche Hypothesen einzuschränken.

Der Charakter der blossen Vermuthung, der in dem Begriff ‚Hypothese‘ liegt, reducirt sich auf zwei Eigenschaften, die schon in der obigen Definition involvirt sind: erstens darauf, dass ein Urtheil (im Allgemeinen) nicht bloß aus einem einzigen anderen, sondern aus verschiedenen anderen folgen kann; und zweitens darauf, dass ein Urtheil aus einem anderen nicht nur mit Sicherheit, sondern nach Umständen auch bloß mit einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit folgen kann.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Man könnte meinen, dass hier nicht zwei verschiedene Momente vorliegen: wenn das Urtheil  $a$  nicht bloß aus dem Urtheil  $x$ , sondern auch aus  $y$ ,  $z$  folgen könne, dann sei eben der Rückschluss gerade auf  $x$  ein blosser Wahrscheinlichkeitsschluss, und somit sei der erste Umstand auf den zweiten reducirt. Richtig ist nun, dass die Mehrheit begründender Urtheile jedem einzelnen eine bloß wahrscheinliche Gültigkeit ertheilt; aber ausser dieser Wahrscheinlichkeit kommt noch eine zweite in Betracht. Es kann sein, dass, wenn  $x$  gilt,  $a$  mit Nothwendigkeit daraus folgt; dann ist die blosser Wahrscheinlichkeit von  $x$  nur eine Folge des Vorhandenseins von Concurrencyhypothesen ( $y$ ,  $z$ ); es kann aber auch sein, dass, wenn  $x$  wirklich gilt,  $a$  nur mit Wahrscheinlichkeit aus ihm folgt. Diesfalls würde  $x$  auch ohne Concurrencyhypothesen bloß wahrscheinlich sein. Natürlich können im einzelnen Falle auch beide Momente vereinigt gegeben sein.

§ 6. Von der Hypothese im oben definirten Sinne unterscheidet sich sehr wesentlich das, was man vorläufige Hypothese nennen kann. Ein jedes Gesetz, ob deductiv oder inductiv gewonnen, wird zuerst ‚vorläufig angenommen‘, ehe es bewiesen wird. Eine vorläufige Hypothese ist nichts Anderes als ein Forschungsmotiv, und ihrem psychologischen Charakter nach ist sie kein wirklich gefälltes, sondern ein bloß vorgestelltes Urtheil. Die Auffindung jedes Gesetzes geht (wie man schon oft bemerkt hat) in dieser Weise vor sich; der psychologische Process spielt sich nicht so ab, wie es etwa nach dem Schema mancher mathematischen Deduction den Anschein haben könnte; vielmehr ist das Resultat immer schon in gewisser Weise anticipirt — natürlich nicht in der Weise, dass das resultirende Urtheil schon früher gefällt wird, wohl aber in der Weise, dass es schon früher vorgestellt wird und man sich von diesem vorgestellten Urtheil leiten lässt. Wie wäre es sonst möglich, dass Einer unter den heterogenen Kenntnissen, die er bisher aufgesammelt hat, gerade diejenigen auswählt, die ihm als Beweisgründe für das später zu bewahrheitende Gesetz dienen?

Aehnliches gilt bei jedem Experiment. Man braucht dabei noch nicht an diejenigen Experimente zu denken, von denen schon in Folge früherer Untersuchungen feststeht, dass sie auf ein präcise gestelltes Problem die Antwort geben (z. B. eine Alternative entscheiden) müssen; auch wenn gar keine deductive Vorbereitung dieser Art vorliegt und sozusagen ein blosses Tatonnement gemacht wird, muss irgend eine ‚vorläufige Hypothese‘ den Anlass geben, dass gerade diese Versuchsbedingung eingeführt, gerade diese Veränderliche wirklich variirt wird.<sup>1</sup>

Eine vorläufige Hypothese ist also kein Urtheil, das wirklich geglaubt wird, sie braucht nicht einmal eine berechtigte Vermuthung einzuschliessen; sie ist — um es noch einmal zu sagen — ein Forschungsmotiv. Dass diese vorläufigen Hypothesen mit den eigentlich sogenannten Hypothesen (wie sie oben definirten wurden) nichts zu thun haben, dafür gibt besonders der Umstand Zeugniß, dass die ersteren auch auf solchen Gebieten ihren berechtigten Platz finden, in welchen

<sup>1</sup> Vgl. J. St. Mill, Syst. der ded. und ind. Logik, Buch III, Cap. XIV, § 5.

Hypothesen im eigentlichen Sinne gar nicht vorkommen. So bei Beschreibungen, seien sie nun analytischer Natur oder nicht; wenn es sich um die Beschreibung des Fallphänomens handelt, so ist die ‚Annahme‘, dass die Geschwindigkeit proportional der Zeit wächst, nur eine vorläufige Hypothese, d. h. lediglich ein Motiv, die gleichen Zeiten zugehörigen Räume zu messen und daraufhin zu prüfen, ob sie mit den Quadraten der Zeit wachsen oder nicht; eine Hypothese in der eigentlichen Bedeutung hat hier überhaupt keinen Platz, weil sie keinen Sinn hat. In den mathematischen Wissenschaften wird dies noch deutlicher. Wer unter bestimmten Voraussetzungen zwei Flächengebilde gerade auf die Gleichheit ihres Inhaltes hin untersucht und nicht auf ihre Congruenz oder auf sonstige Beziehungen, der muss sich von der ‚vorläufigen Hypothese‘ ihrer Inhaltsgleichheit leiten lassen, um gerade nach den Bedingungen dieser Relation zu forschen. Aber Hypothesen im eigentlichen Sinne haben hier wie überhaupt in den mathematischen Wissenschaften keinen Platz.<sup>1</sup>

Es ist auch nützlich zu beachten, dass vorläufige Hypothesen an gar keine logischen Regeln gebunden sind. Von ‚Wahr‘ und ‚Falsch‘ ist auf diesem Gebiete, d. h. auf dem Gebiete bloß vorgestellter Urtheile, überhaupt nicht die Rede. Nur um ‚Tauglich‘ oder ‚Untauglich‘ kann sich’s hier handeln; ob aber das Eine oder das Andere, darüber lässt sich im Vorhinein nichts sagen, das entscheidet erst der Effect; die Logik hat damit nichts zu schaffen.

Diese Bemerkungen voranzuschicken halte ich für sehr nothwendig, damit nicht gegen die späteren Erörterungen, die sich (wenn nicht das Gegentheil ausdrücklich bemerkt ist) nur mit den Hypothesen im eigentlichen, oben definirten Sinne beschäftigen, Einwände erhoben werden, welche sich bloss auf die Betrachtung der vorläufigen Hypothesen gründen.

§ 7. Mit der Frage nach der Definition des Begriffes ‚vera causa‘ und mit der weiteren Frage nach den Gründen, die für eine derartige Einschränkung in der Freiheit der Hypothesenbildung sprechen, hat sich am eingehendsten der eng-

<sup>1</sup> Vgl. dazu auch Ernest Naville, *La logique de l'hypothèse*, Paris 1880, p. 6.

lische Logiker J. St. Mill beschäftigt. Ich will daher, ehe ich meinerseits eine Lösung dieser Fragen versuche, die Ansichten Mill's darstellen und einer genaueren Prüfung unterziehen. Wir werden dadurch auf den späteren Lösungsversuch in mannigfacher Weise vorbereitet werden.

## II. J. St. Mill's Lehre von den Eigenschaften einer berechtigten Hypothese.<sup>1</sup>

§ 8. J. St. Mill's schickt eine Definition des Begriffes ‚Hypothese‘ voraus, mit welcher unsere oben gegebene (vgl. p. 6) wesentlich identisch ist. Soweit es nur auf die Merkmale in dieser Definition ankommt, gibt es, wie Mill mit Recht betont, ‚für Hypothesen keine anderen Grenzen als die der menschlichen Einbildungskraft‘. Damit aber eine Hypothese auch wissenschaftlich berechtigt sei, müssen noch gewisse, unsere Phantasiethätigkeit einschränkende Bedingungen erfüllt sein.

„... wir können,“ sagt Mill, „wenn es uns beliebt, um einen Grund für irgend eine Wirkung anzugeben, uns eine Ursache von völlig unbekannter Art ersinnen, die nach einem ebenso fictiven Gesetze wirkt. Allein da Hypothesen dieser Art nichts von der Scheinbarkeit besitzen würden, die denjenigen zukommt, welche sich durch Analogie an bekannte Naturgesetze anreihen, und überdies auch nicht dem Bedürfniss genügen würden, welches willkürlich ersonnene Hypothesen gewöhnlich befriedigen sollen, dass sie es uns nämlich möglich machen, uns eine dunkle Erscheinung in dem Lichte einer gewohnten vorzustellen, so hat es wahrscheinlich in der Geschichte der Wissenschaften nie eine Hypothese gegeben, bei der beide Bestandtheile, das Agens selbst und das Gesetz seiner Wirksamkeit, fictiver Natur waren. Entweder die Erscheinung, die man als die Ursache hinstellt, ist wirklich, aber das Gesetz, nach dem sie wirken soll, bloß angenommen; oder die Ursache ist fingirt, aber man setzt voraus, dass sie ihre Wirkungen

<sup>1</sup> Vgl. dazu Syst. der ded. und ind. Logik, Buch III, Cap. XIV, übersetzt von Th. Gomperz.

nach Gesetzen hervorbringt, die denen irgend einer bekannten Classe von Erscheinungen ähnlich sind.'

Nachdem Mill darauf hingewiesen hat, dass Hypothesen, bei denen sowohl das Agens ein novum ist als auch dessen Wirkungsweise, in der Geschichte der Wissenschaften sich schwerlich auffinden lassen, und dass sonach die blossе Eigenschaft einer Hypothese, die deductive Ableitung einer beobachteten Erscheinung (d. i. also ihre ‚Erklärung‘) zu ermöglichen, für die Legitimität derselben offenbar als nicht hinreichend betrachtet wird, geht er nun seinerseits daran, zu untersuchen, wie denn jene weitere Bedingung zu formuliren sei, welcher eine Hypothese noch überdies genügen muss.

Mill geht von folgendem Gedanken aus: Die Hypothese will einen Ersatz für eine Induction bieten; sie muss daher jedenfalls diejenige Prüfung bestehen, welche auch eine correcte Induction besteht; d. h. was sich aus ihr deductiv ergibt, muss sich empirisch verificiren lassen, gerade so wie dasjenige, was man aus einem inductiv gewonnenen Gesetze deductiv ableitet, sich durch die Erfahrung muss bewahrheiten lassen. Zu den Forderungen aber, denen die Hypothese genau ebenso genügen muss wie die Induction, muss für die Hypothese noch eine neue hinzutreten. Denn wenn für die Hypothese wie für die Induction nur das Kriterium der gelungenen Verification massgebend wäre, so würde man damit die Thatsache, dass im Falle der Induction das Gesetz unmittelbar aus der Erfahrung gewonnen ist (was ja bei der Hypothese nicht zutrifft), für erkenntnistheoretisch vollkommen irrelevant erklären, was doch offenbar nicht angeht. Damit ist nicht nur nachgewiesen, dass die Hypothese noch um eine Bedingung mehr zu erfüllen haben muss als die Induction, sondern es ist zugleich eine Art erkenntnistheoretisches Mass für diese neue Bedingung gewonnen. Ihre Erfüllung muss nämlich einen vollen Ersatz bieten für das, was der Hypothese im Vergleiche zur Induction abgeht: für die empirische Grundlage. Worin erblickt nun Mill diesen vollen Ersatz? Die unmittelbare Antwort lautet: die Verification der Hypothese muss so beschaffen sein, dass sie einer vollständigen Induction gleichkommt. Aber wann thut sie dies? Mill erwidert: dann, wenn die Gewissheit vorliegt, dass kein anderes als eben das hypothetisch angenommene

Gesetz zu dem richtigen (d. h. mit der Erfahrung übereinstimmenden) Ergebniss führen kann. Eine Verification dieser Art bietet in der That ein volles Aequivalent für die mangelnde empirische Grundlage.

Ist diese Bedingung aber auch erreichbar? Dies ist die zweite Frage, die sich Mill vorlegt. Er beantwortet sie bejahend, indem er zuerst die theoretische Möglichkeit nachweist, dann aber an Beispielen zeigt, wie diese Möglichkeit bei manchen naturwissenschaftlichen Hypothesen realisirt worden ist.

Die allgemeine Beantwortung der Frage: wie kann die Gewissheit gewonnen werden, dass ausser dem supponirten Gesetze kein anderes die Verification zulässt? lautet: durch eine Verification, die nach dem Kanon der Differenzmethode erfolgt. Wenn von dem Complexe  $ABC$  von Antecedentien  $C$  das supponirte Element bedeutet, wenn ferner  $abc$  das durch die Erfahrung verificirte complexe Ereigniss ist, und wenn ich schliesslich zeigen kann, dass aus  $AB$  allein oder aus  $AB$  im Vereine mit irgend einem anderen Element als  $C$  (z. B. mit  $D, E, F, G \dots$ ) nur Ereignisse deducirt werden können, in welchen  $c$  nicht vorkommt, sei es dass das deducirte Ereigniss  $ab$  heisst oder  $ab$  im Vereine mit einem anderen Element als  $c$  (z. B.  $d, e, f, g \dots$ ) — dann weiss ich, dass  $C$  nicht nur supponirt werden kann, sondern einzig und allein supponirt werden muss.

Ein Beispiel sieht Mill in Newton's Annahme einer ‚Centralkraft‘. Die Planeten im Vereine mit dieser Centralkraft (berichtet Mill) stellen den einen der beiden von der Differenzmethode geforderten Fälle dar, die Planeten ohne Centralkraft den anderen; aus der ersteren Annahme geht deductiv die empirisch erwiesene Thatsache der von den Radienvectoren in gleichen Zeiten beschriebenen gleichen Räume hervor; aus der zweiten ergibt sich irgend ein anderes Verhalten, welches bestimmt wird durch die besondere Annahme, die man an Stelle der Annahme einer Centralkraft macht, ein Verhalten aber, aus dem sich jedenfalls die im zweiten Kepler'schen Gesetze ausgesprochene Thatsache nicht deduciren lässt.

§ 9. Nun geht Mill noch um einen Schritt weiter. Er stellt sich die Frage: wann besteht denn die Möglichkeit, bei der Bildung einer Hypothese die Differenzmethode anzuwenden?

Er will also für das Kriterium einer legitimen Hypothese (Anwendbarkeit der Differenzmethode) selbst noch weitere Kriterien gewinnen (wenn nicht hinreichende, dürfen wir dazusetzen, so doch nothwendige). Da der nun folgende Schritt für den Standpunkt, welchen Mill in der Hypothesenlehre einnimmt, von entscheidender Bedeutung ist, will ich, statt zu referiren, lieber unserem Autor selbst das Wort lassen. Nachdem er davon gesprochen, dass wir nur durch die Differenzmethode die Gewissheit erlangen können, dass gerade das supponirte Antecedens und kein anderes der Verification theilhaftig werden könne, fährt er folgendermassen fort:

„Nun scheint es mir, dass wir diese Gewissheit nicht erlangen können, sobald die in der Hypothese angenommene Ursache eine unbekante Ursache ist, die wir nur ersinnen, um *a* zu erklären. Wenn wir blos das genaue Gesetz einer bereits ermittelten Ursache zu bestimmen oder das besondere Agens, welches in Wahrheit die Ursache ist, unter verschiedenen Agentien derselben Art heraus zu erkennen suchen, von denen wir bereits wissen, dass eines oder das andere die Ursache ist, dann können wir die negative Instanz gewinnen. Eine Untersuchung, welcher von den Körpern des Sonnensystems durch seine Anziehung irgend eine besondere Unregelmässigkeit in der Bahn oder der Umlaufszeit eines Trabanten oder Kometen verursacht, wäre ein Fall der zweiten Art. Die Untersuchung Newton's war einer der ersten Art. Hätte man nicht schon vorher gewusst, dass Planeten durch irgend eine Kraft, die gegen das Innere ihrer Bahn hinstrebt, daran gehindert werden, sich in geraden Linien zu bewegen, wengleich die genaue Richtung zweifelhaft war, oder hätte man nicht schon gewusst, dass diese Kraft in einem oder dem anderen Verhältniss zunimmt, sobald die Entfernung abnimmt, und abnimmt, sobald diese zunimmt, so würde Newton's Beweis nicht schlusskräftig gewesen sein. Da jedoch diese Thatsachen schon feststanden, so war der Kreis zulässiger Annahmen auf die verschiedenen möglichen Richtungen einer Linie und die verschiedenen möglichen Zahlenverhältnisse zwischen den Variationen der Entfernung und den Variationen der Anziehungskraft beschränkt; nun war es bei diesen ein Leichtes, darzuthun, dass verschiedene Voraussetzungen nicht zu identischen Ergebnissen führen könnten.“

Die Differenzmethode hält also Mill in zwei Fällen für anwendbar: einmal, wenn die Ursache bereits anderweitig ermittelt ist und es sich nur um das ‚genaue Gesetz‘ ihrer Wirksamkeit fragt; dann aber, wenn es sich darum handelt, aus einem Kreise von Agentien, welcher, wie wir sicher wissen, das wahre Agens enthält, dieses letztere herauszufinden.

Obwohl wir uns hier streng an den Wortlaut der Ausführungen Mill's gehalten haben, dürfte hiemit doch nicht die letzte und endgiltige Meinung dieses Forschers wiedergegeben sein.

Etwas später sagt er nämlich resumierend:

„Es scheint daher ein Erforderniss einer wahrhaft wissenschaftlichen Hypothese zu sein, dass sie nicht ewig Hypothese zu bleiben bestimmt, sondern so beschaffen ist, dass sie durch die Vergleichung mit beobachteten Thatsachen entweder bestätigt oder entkräftet wird. Dieses Erforderniss wird erfüllt, sobald man bereits weiss, dass die Wirkung von eben der angenommenen Ursache abhängt, und die Hypothese es nur mit der genauen Art dieser Abhängigkeit zu thun hat, mit dem Gesetz der Veränderung der Wirkungen, je nach den Veränderungen in der Grösse oder in den Beziehungen der Ursache.“

Und wieder etwas später heisst es:

„Aber damit dies der Fall sein kann (sc. damit die Annahme mit den Erscheinungen übereinstimmen kann), halte ich es, sobald die Hypothese mit einem ursächlichen Verhältniss zu thun hat, für nothwendig, dass die angenommene Ursache nicht nur eine wirkliche Erscheinung, etwas in der Natur wirklich Existirendes sei, sondern dass man auch bereits wisse, dass sie auf die Wirkung einen Einfluss irgend einer Art ausübe oder wenigstens ausüben könne. In jedem anderen Falle ist es kein Beweis für die Wahrheit der Hypothese, dass wir die wirklichen Erscheinungen aus ihr herzuleiten vermögen.“

Hier fällt sofort auf, dass, während früher eine alternative Forderung aufgestellt wurde (nämlich: entweder müsse bekannt sein, dass das hypothetisch Angenommene die wahre Ursache sei, welchen Falls dann nur das ‚genauere Gesetz‘ ihrer Wirkungsweise zu bestimmen sei — oder es müsse feststehen, dass von einer gewissen Gruppe von Agentien Eines

die wahre und wirkliche Ursache sei, welchen Falls dann die Aufgabe entstehe, dieses herauszufinden), nunmehr eine einzige, aber zusammengesetzte Forderung erhoben wird, die Forderung nämlich, dass wir wissen, dass das angenommene Agens wirklich existire und dass es auf die in Frage stehende Erscheinung Einfluss habe oder wenigstens Einfluss haben könne, wobei dann nur mehr die Aufgabe übrig bleibt, die ‚genaue Art dieser Abhängigkeit‘ festzustellen.

Dass die Forderung, sofern sie in der letztgenannten Form gestellt wird, mit jener früheren alternativen Forderung nicht einfach identisch ist, leuchtet sofort ein. Besteht ein Zusammenhang zwischen der früheren und späteren Forderung? Oder zeigt sich eine logische Lücke in Mill's Gedankengang? Von der Beantwortung dieser Frage wird es abhängen, welchen Sinn Mill dem Ausdruck *vera causa* unterlegt, und ob er das Recht hat, das Vorhandensein einer *vera causa* in diesem Sinne als eine nothwendige Bedingung jeder berechtigten Hypothese anzusprechen.

§ 11. Es wird sich fragen, ob die von Mill zuletzt (an den beiden citirten Stellen) erhobene Forderung vielleicht die gemeinsame Voraussetzung für jedes der beiden Glieder bildet, aus denen jene frühere alternative Forderung besteht.

Die erste der beiden Bedingungen, die Mill in seiner Alternative gestellt, die nämlich, dass die Ursache bereits ermittelt sein muss, ist — bei etwas veränderter Ausdrucksform — nahezu identisch mit der schliesslich gestellten Forderung, das Agens müsse bekannt sein und die thatsächliche oder wenigstens mögliche Einflussnahme auf die fragliche Erscheinung. Denn wenn man die Ursache bereits anderweitig ermittelt haben muss, so liegt ja darin involvirt, dass das supponirte Ding, Ereigniss u. dgl. bekannt sei, und dass weiters feststehe, dass es auch in einer causalen Beziehung zur fraglichen Erscheinung stehe. Nur der Zusatz ‚oder (einen Einfluss) wenigstens ausüben können‘ stellt sich als eine Erweiterung dar. Das erste Glied der Alternative liegt also mindestens in jener endgiltigen Forderung implicite enthalten.

Wie verhält es sich nun mit dem zweiten Gliede? Die Hypothese, heisst es, ist auch dann berechtigt, wenn wir wissen, dass von einer bestimmten Gruppe von Agentien Eines die

wahre Ursache sein muss. Hier ist zwar die Existenz des supponirten Ereignisses bekannt, da es ja Eines aus einer Gruppe von bekannten Ereignissen ist. Aber, da wir bei der Bildung der Hypothese (also vor ihrer Verification) nicht wissen, welches Ereigniss wir als die wahre Ursache bevorzugen sollen, haben wir der Bedingung offenbar nicht genügt, dass die (wirkliche oder mögliche) Einflussnahme des supponirten Ereignisses bereits bekannt sei. Wenn nun schon die Annahme einer disjunctiven Ursachengruppe hinreicht, um die Differenzmethode anzuwenden (und auf letzteres Kriterium kommt es doch nach Mill an), dann scheint Mill mehr als nöthig zu fordern, wenn er die Bedingung stellt, es müsse ein Ereigniss als Ursache supponirt werden, von dem wir bereits wissen, dass es die fragliche Erscheinung beeinflusse oder beeinflussen könne. Ein Ereigniss, das bekannt ist, und von welchem ferner feststeht, dass es auf eine causal zu erklärende Erscheinung Einfluss nehmen kann — ein solches Ereigniss erst ist nach Mill's Meinung eine vera causa. So sehen wir, dass mit der oben erwähnten Discrepanz zwischen den einzelnen Aufstellungen Mill's nichts Geringeres in Frage gestellt wird als der erkenntnistheoretische Werth der vera causa, sofern diese nämlich zu einer allgemeinen und nothwendigen Bedingung jeder berechtigten Hypothese gemacht wird.

§ 12. Die Lösung der Schwierigkeit wird sich indessen, wie ich hoffe, finden lassen. Allerdings dürfte sich dabei der Weg sozusagen von selbst anbahnen, welcher zu einer schliesslichen Ablehnung des wichtigsten Theiles in Mill's Hypothesenlehre führen wird.

Das als Ursache angenommene Ding oder Ereigniss soll also etwas Bekanntes sein, und die Möglichkeit seiner Einflussnahme auf die in Frage stehende Erscheinung soll ebenfalls unabhängig von der Hypothese feststehen.<sup>1</sup> Es fragt sich hie-

<sup>1</sup> Ich sehe hier von dem naheliegenden Bedenken ab, dass der Hypothese dann überhaupt nichts mehr zu thun übrig bleibt. Denn ‚das genauere Gesetz der Wirksamkeit herausfinden‘ (nach Mill das eigentliche Geschäft der Hypothese) heisst gar nichts Anderes als die gesammte Erscheinung richtig beschreiben. ‚Erscheinung‘ heisst ja dann nicht mehr blos ‚das zu Erklärende‘, sondern dieses im Vereine mit der ‚Ursache‘, da die letztere ja festgestellt, und zwar ‚als Ursache‘ fest-

bei natürlich: wie sind diese Bedingungen realisirbar? Unter welchen Voraussetzungen können uns diese Kenntnisse unabhängig von der Hypothese zu Theil werden?

Anmerkung. Den Fall, das wir diese Erkenntniss in deductiver Weise aus bereits bestehenden Gesetzen erwerben, lasse ich hier absichtlich ausser Acht; denn in letzter Linie wird sich eine solche Deduction doch wieder auf inductiv gewonnene Sätze oder auf Hypothesen stützen müssen. Die Berücksichtigung einer solchen deductiven Zwischenoperation würde unsere Betrachtung nur verwickelter machen, ohne an dem Wesen der Sache irgend etwas zu ändern. Es handle sich also der Einfachheit wegen um Kenntnisse, die uns ohne Deduction aus irgend anderwärts bekannten Gesetzen zu Theil werden.

Dass gerade das Ereigniss *A* dasjenige ist, dem wir eine Einflussnahme auf die fragliche Erscheinung zuschreiben (und dessen genaues Wirkungsgesetz wir dann durch das Mittel der Hypothese zu eruiren suchen), dies kann, wie wir hörten, auf stringente Weise nur durch die Differenzmethode ermittelt werden. Nun kann aber die Differenzmethode im vorliegenden Falle nur dann zum gewünschten Ziele führen, wenn der Kreis der möglichen Annahmen ein endlicher ist, und wenn wir über eine erschöpfende Kenntniss dieser in ihrer Zahl beschränkten, einander disjunctiv coordinirten Annahmen verfügen. Denn wenn mich gar nichts dazu veranlasst das die Erscheinung bestimmende Element in dieser oder jener Gruppe von Antecedentien zu suchen, mit anderen Worten, wenn ich einer unermesslichen Zahl möglicher Annahmen gegenüberstehe, dann

---

gestellt sein muss. Wenn eine Anzahl von Lichtbrechungserscheinungen gegeben sind, und wenn ich weiss, dass dieselben durch eine Verschiedenheit in der Dichte der Medien veranlasst sind, dann vermag ich in dem Satze, dass der Quotient aus dem Sinus des Einfallswinkels in den Sinus des Brechungswinkels eine Constante ist, schlechterdings nichts Hypothesisches mehr zu erblicken. Es ist dieser bekannte Satz einfach die richtige Beschreibung einer Gruppe von Thatsachen. Die Gesetze der Hypothesenbildung würden auch dann nicht in Wirksamkeit treten, wenn sich mehrere richtige Beschreibungen finden liessen. Hier ist der Punkt, wo das von Mach so energisch vertretene Oekonomieprincip allein massgebend sein kann. Die sparsamste Beschreibung verdient den Vorzug, ohne dass damit gesagt sein soll, dass nicht auch eine weniger sparsame Beschreibung richtig sein kann. Zwischen zwei richtigen Beschreibungen kann nicht wieder das Kriterium der Richtigkeit entscheiden; wohl aber das der Zweckmässigkeit.

kann ich erstens die Differenzmethode gar nicht anwenden und würde zweitens, selbst wenn ich sie anwenden könnte, zu keinem brauchbaren Resultate gelangen. Ich könnte sie nicht anwenden, wurde soeben gesagt. Warum nicht? Bin ich denn selbst bei einer unbestimmten Anzahl von Antecedentien nicht im Stande, das zu prüfende Element in Gedanken wegzulassen und nachzusehen, ob sich aus dem Reste die fragliche Erscheinung noch immer deduciren lässt oder nicht, oder das zu prüfende Element vielleicht sogar experimentell zu beseitigen und zu ermitteln, ob die zu erklärende Erscheinung dadurch alterirt wurde? Gewiss ist dies möglich. Aber was (bei einem unbeschränkten Kreis von Antecedentien) nicht möglich ist, das ist: eine Garantie zu erlangen, dass alle übrigen Antecedentien ungeändert geblieben sind. Das ist aber eine unumgängliche Bedingung für die Anwendung der Differenzmethode. — Wir haben weiter behauptet, die Differenzmethode würde, selbst wenn ihrer Anwendbarkeit das vorige Argument nicht entgegenstände, doch zu keinem Resultate führen. Warum dies? Aus dem naheliegenden Grunde, weil es bei unbeschränkter Auswahl gegen alle vernünftige Vermuthung wäre, dass man auf dasjenige Antecedens verfällt, dessen Weglassung oder Aenderung eine Aenderung der zu untersuchenden Erscheinung zur Folge hat. Ich setze hiebei im strengsten Sinne eine unbeschränkte Auswahl von Antecedentien voraus; eine Beschränkung würde schon durch jede Präsumption gegeben sein, die sich etwa für das eine oder andere Antecedens vorfände.

Die beiden genannten Uebelstände fallen natürlich weg, sobald wir es mit einem beschränkten und daher übersehbaren Kreise von Antecedentien zu thun haben, wie sich das der Leser leicht klar machen kann.

Die obige Ueberlegung zeigt, dass sich Mill, indem er an zwei verschiedenen Stellen die Bedingungen einer berechtigten Hypothese verschieden darstellt, dennoch keiner sachlichen Inconsequenz schuldig gemacht hat dadurch, dass er etwa an der einen Stelle weitergehende Forderungen gestellt hätte als an der anderen. Indem er nämlich in der letzten Fassung neben dem Bekanntsein der Existenz der Ursache auch noch die Kenntniss fordert, dass das supponirte Er-

eigniss auf die fragliche Erscheinung einen Einfluss ausübe (oder ausüben könne), wiederholt er hiermit im Wesentlichen das erste Glied der früheren Alternative. Nun hat sich uns aber gezeigt, dass zur Realisirung der in dieser Weise ausgesprochenen Forderung das zweite Glied der Alternative (Erkenntniss, dass die wahre Ursache in einem bestimmten Kreise bekannter Ereignisse zu suchen sei) eine unerlässliche Vorbedingung ist. Hiemit wären beide Forderungen vom Standpunkte Mill's wenigstens als berechtigt dargethan, nur ihre alternative Gegenüberstellung (das ‚Entweder—Oder‘) lässt sich nicht aufrechterhalten. Das erste Glied setzt das zweite voraus, und darum ist die wahre logische Beziehung (im Sinne Mill's) in folgender Weise herzustellen:

Damit eine Hypothese logisch berechtigt und mehr als eine vorläufige Muthmassung sei, ist es nicht hinreichend, dass sich aus ihr die zu erklärende Erscheinung deductiv ableiten lasse; vielmehr muss die Existenz der zur Erklärung herangezogenen Thatsache, sowie deren tatsächliche oder mögliche Einflussnahme auf das fragliche Ereigniss auch unabhängig von der Fähigkeit zu erklären festgestellt werden können. Beides muss mindestens in letzter Linie auf empirischem Wege geschehen. Die Bedingung dafür aber ist (wegen der nothwendigen Anwendung der Differenzmethode) die, dass man unabhängig von der Hypothese mit Bestimmtheit wisse, dass die wahre Ursache in einem gewissen allseits bekannten und daher nothwendigerweise auch endlichen Kreise von Antecedentien zu suchen sei. Die Erfüllung dieser letzteren Bedingung würde zwar für sich allein schon genügen, um eine Hypothese zu einer berechtigten zu machen, aber — genauer besehen — doch nur dadurch, dass sie uns zur unabhängigen Erkenntniss von der Einflussnahme einer bekannten Thatsache auf die zu erklärende führt, mit anderen Worten, dass sie die Erfüllung der ersten Bedingung ermöglicht. So ist also die Kenntniss, dass man die Ursache unter einer endlichen Gruppe von Vorgängen zu suchen habe, einerseits eine unerlässliche Bedingung jeder berechtigten Hypothese, andererseits bleibt sie aber immer sozusagen eine Bedingung zweiter Ordnung (oder — wenn man den Ausdruck vorzieht — eine ‚entferntere Bedingung‘), insoferne sie es erst möglich macht, die Einflussnahme eines bestimmten Vorganges auf den zu er-

klärenden festzustellen. Die Erfüllung dieser Bedingungen muss sozusagen ausserhalb der Hypothese stattfinden; die Hypothese selbst hat sich mit nichts Anderem zu beschäftigen als mit der präcisen Fassung des Wirkungsgesetzes.

§ 13. Nach dieser Darstellung würde es den Anschein haben, als setze Mill dem wissenschaftlichen Fortschritt unübersteigliche Schranken; und auch der weitere Vorwurf scheint sich sofort zu erheben, dass in der thatsächlichen Praxis der Hypothesenbildung Vorsichten der angegebenen Art meistens gar nicht beobachtet worden sind.

Beiden Bedenken begegnet Mill, indem er betont, dass Hypothesen, welche nicht vom Anfang an die genannten Kriterien erfüllen, nicht schon deswegen abzulehnen seien. Nur dürfen solche Hypothesen nicht von der Art sein, dass schon von vornherein keine Aussicht auf eine künftige unmittelbar empirische Bewährung vorhanden ist, mit anderen Worten: jene oben aufgestellten Bedingungen müssen nicht thatsächlich erfüllt werden, wir müssen aber erkennen, dass sie nicht unerfüllbar sind. ‚Es ist gewiss nicht nothwendig,‘ sagt er, ‚dass die Ursache, die wir angeben, eine bereits bekannte Ursache sei; wie könnten wir sonst jemals zur Kenntniss einer neuen Ursache gelangen? Aber was an dem Grundsatz richtig ist, ist dies, dass die Ursache, wenn sie uns auch nicht früher bekannt war, doch die Möglichkeit bieten muss, es nachträglich zu werden, dass sich ihr Dasein entdecken und ihr Zusammenhang mit der ihr zugeschriebenen Wirkung beweisen lassen muss, auf Grund selbstständiger Beweismittel.‘ Er fügt aber sogleich hinzu: ‚Die Hypothese weist uns, indem sie uns Beobachtungen und Versuche an die Hand gibt, den Weg, der zu jenen selbstständigen Beweismitteln führt, wenn diese überhaupt zu erreichen sind, und solange sie nicht erreicht sind, sollte die Hypothese für nicht mehr zählen als für eine Muthmassung.‘ Das Verfahren des Naturforschers, nicht nur für eine bekannte Ursache alle von vornherein möglichen Wirkungsgesetze nach und nach durchzuprüfen, sondern auch (bei mangelnder Kenntniss der wahren Ursache) alle möglichen bloß angenommenen Thatsachen als Ursachen zu supponiren und eine nach der anderen auf ihren Erklärungswerth zu prüfen — dieses Verfahren lässt Mill durchaus zu Recht bestehen, aber nur als

methodologisches Hilfsmittel, welches den Charakter des Vorläufigen an sich trägt, und zwar so lange an sich trägt, als nicht der directe und von der Hypothese unabhängige Nachweis für die thatsächliche Existenz und Einflussnahme der betreffenden Thatsache erbracht ist. Die cartesianischen Wirbel sind ihm daher von allem Anfang an eine nothwendig abzuweisende Hypothese, weil wir niemals hoffen durften, in den Besitz eines Mittels zu gelangen, „die Wirklichkeit der Wirbel als einer Thatsache der Natur dem Prüfstein der Beobachtung in entscheidender Weise zu unterwerfen“.

Die Lichtätherhypothese besteht die Prüfung des englischen Logikers nicht so schlecht wie Descartes' Wirbel. Die Aetherhypothese erfüllt zwar nach seiner Meinung die Bedingungen einer wissenschaftlich berechtigten Hypothese durchaus nicht, da jene „selbstständigen (d. h. ausserhalb der Hypothese gelegenen) Beweismittel“ auch hier fehlen und somit keine vera causa vorliegt; aber während die Wirbel des Cartesius schon von vornherein als einer künftigen directen Bewährung unfähig angesehen werden mussten, sei eine derartige Bewährung in Betreff des Lichtäthers nicht als unmöglich zu betrachten. Mill denkt sich, es könnte durch allmählig anwachsende Verzögerung in der Bewegung der Himmelskörper (wie solche beim Enke'schen Kometen thatsächlich beobachtet worden ist) die Existenz eines kosmischen Mediums erwiesen werden; dadurch aber würde die Aetherhypothese „einen beträchtlichen Schritt vorwärts zum Charakter einer vera causa gethan haben“; gleichwohl wäre noch Manches zu thun, um den Aether wirklich zu einer vera causa zu machen, so wäre vor Allem die Identität jenes widerstehenden Mediums mit dem Medium der Lichtfortpflanzung zu erweisen u. dgl. m. Kurz gesagt: der Lichtäther ist nach Mill's Ansicht keine vera causa, kann aber vielleicht dereinst zu einer solchen werden.

Als Beispiel einer logisch durchaus correcten Hypothese finden wir unter Anderem die Hypothese von der natürlichen Zuchtwahl angeführt. Eine Zuchtwahl im Sinne Darwin's findet wirklich statt, und sie ist thatsächlich im Stande, Wirkungen von der Art der geforderten hervorzubringen, d. h. eine Entwicklung im Sinne der zweckmässigen Anpassung zu veranlassen. Damit sind die Bedingungen einer berechtigten Hypo-

these erfüllt, und es ist nur mehr ‚eine Frage des Grades‘, ob die Hypothese ausreicht oder nicht. Darwin hat also, wenn wir Mill glauben dürfen, der Forderung nach einer vera causa im strengsten Sinne Genüge geleistet.

### III. Kritische Betrachtungen über die Lehre J. St. Mill's.

§ 14. Vor Allem erhebt sich die Frage: was ist zu halten von jenem allgemeinen Beweis für die Berechtigung, eine vera causa im definirten Sinne zu fordern? Die speciellen Beispiele wollen wir vorderhand bei Seite lassen.

Hier fällt nun beim ersten Blick auf, dass, wenn Mill's Argumentation zutreffend ist, dasjenige, was man gemeiniglich Hypothese nennt, strenge genommen gänzlich ausgeschlossen werden muss. Beschränken wir uns einmal auf sogenannte causale Hypothesen; Mill hat ja vorzüglich diese im Auge, und die Anwendung auf Hypothesen anderer Art lässt sich leicht finden. Wir wissen, will ich annehmen, dass Eines von *A, B, C, D* die Ursache des beobachteten Vorganges *M* sein muss (ich sehe vorläufig davon ab, woher wir diese Kenntniss nehmen). Wenn ich nun — die Differenzmethode anwendend — nach und nach *A, B, C, D* ausschliesse und erst beim Ausschluss von *D* die Erscheinung *M* wegfallen oder sich ändern sehe, und wenn ich nun auf Grund dessen *D* als die Ursache (oder wenigstens Mitursache) von *M* anspreche, habe ich dann etwas Anderes gethan als aus einer Wahrheit eine andere deducirt? Was berechtigt uns hier noch von einer Hypothese zu reden? Hier fehlt ja gerade dasjenige Moment, welches der Hypothese den Charakter einer blossen Vermuthung gibt und welches (wie p. 6 auseinandergesetzt wurde), darin besteht, dass die erkannte Wahrheit sich nicht bloss aus einem einzigen supponirten Urtheil deduciren lasse — oder dass sie wenigstens aus diesem bloss mit Wahrscheinlichkeit deducirt werden könne. Ist denn der Vorgang, den Mill hier im Auge hat, ein anderer als derjenige, welcher uns in jeder mathematischen Ableitung, in jedem richtigen Syllogismus vor Augen tritt? Dass es sich hier gerade um ursächliche Verhältnisse handelt, das ist ein Umstand, der schon in der Materie der Prämissen gelegen

und für die formale Charakterisirung des logischen Processes ganz gleichgiltig ist. Dass man ferner vor Anwendung der Differenzmethode den einzelnen möglichen Ursachen *A, B, C, D* mit gleicher Unkenntniss gegenübersteht und nun bei der Prüfung jede einzelne annahmsweise als Ursache ansieht, um sie dann dem entscheidenden Experiment oder der entscheidenden Beobachtung zu unterwerfen, das macht weder die Methode noch das Ergebniss zu etwas Hypothetischem; es zeigt, dass hier ebenso gut wie in der Mathematik jedem neuen Beweise eine ‚vorläufige Hypothese‘ vorangeht; wir haben aber schon gesehen (vgl. p. 7), dass diese etwas generell Anderes sind als Hypothesen im erkenntnisstheoretischen Sinne. Wenn wir aber auf dem angegebenen Wege *M* als die wahre Ursache erkannt haben und nun das ‚genauere Gesetz ihrer Wirkung‘ ausfindig machen wollen, was liegt da Anderes in unserer Absicht, als einen beobachteten Vorgang richtig zu beschreiben? Es ist möglich, dass wir uns auch hiebei ‚vorläufiger Hypothesen‘ bedienen, d. h. in diesem Falle, dass wir verschiedene Beschreibungen versuchen; es ist möglich und kommt thatsächlich oft genug vor, dass wir, um zu einer richtigen Beschreibung zu gelangen, darnach trachten müssen, die Ursache quantitativ oder sonstwie verändert zu sehen, sei es dass wir sie eigenmächtig ändern (wie beim Experiment), sei es dass wir abwarten, ob sie sich nicht ohne unser Zuthun ändert (wie bei der Beobachtung im engeren Sinne); es kann sein, dass wir erst auf diese Weise zu einem ‚Gesetz der Wirkung‘ gelangen. Wo man aber hier eine Hypothese entdecken will, dass vermag ich nicht zu erkennen.

Deduction und Beschreibung, aus diesen Elementen und aus sonst keinen besteht das, was man nach Mill allein als eine berechnete Hypothese ansehen darf.

§ 15. Damit ist gegen Mill noch nichts bewiesen; es kann ja wahr sein, dass eine Hypothese, die sich nicht in Deduction und Beschreibung vollständig auflösen lässt, immer ein unberechtigtes Urtheil ist, dem ein Werth nur zukommt als Wegweiser zur Wahrheit und auch dies nur möglicherweise.

Aber es bleibt noch fraglich, ob wir auf keinem anderen als auf dem von Mill bezeichneten Wege zu einem berechtigten

Urtheil gelangen, und weiter, ob denn gerade dieser eine Weg auch wirklich gangbar ist.

Wenden wir uns der zweiten Frage zu. Dass die Erscheinung  $M$  nur durch eine der Ursachen  $A$ ,  $B$ ,  $C$  oder  $D$  hervorgerufen sein kann, wird hier einfach vorausgesetzt und dann in der früher erwähnten Weise weiter argumentirt. Aber man wird mit Recht fragen: wie komme ich denn zu der Erkenntniss, dass nur  $A$ ,  $B$ ,  $C$  oder  $D$  die Erscheinung  $M$  erzeugt haben kann? Diese Frage muss beantwortet werden, sonst arbeitet man vielleicht mit einem blos fictiven Fall. Wenn ich blos weiss, dass  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  existirt, so reicht das natürlich nicht hin; es existiren noch ungezählte andere Dinge. Dass ich gerade jene vier Realitäten heraushebe, dafür kann ein vernünftiger Grund nur dann bestehen, wenn ich weiss, dass nur sie  $M$  hervorbringen können. Hierin liegt Zweierlei involvirt: einmal, dass alle übrigen Antecedentien mit Ausnahme von  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  ohne Einfluss auf  $M$  sind; dann aber, dass  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ , jedes einzeln betrachtet, wenigstens die Fähigkeit, das Vermögen (oder wie man das sonst nennen mag) hat,  $M$  hervorzubringen.

§ 16. Bleiben wir gleich beim zweiten Punkt. Eine ‚Fähigkeit‘, ein ‚Vermögen‘ ist bekanntlich nicht unmittelbar zu constatiren, sondern nur aus etwas Wirklichem zu erschliessen, wie ja der Ausdruck: ‚ $\alpha$  hat die Fähigkeit  $\beta$  zu erzeugen‘ nur den Sinn haben kann: ‚ $\alpha$  erzeugt wirklich  $\beta$ , sobald gewisse andere Mitbedingungen  $\gamma$ ,  $\delta$  . . . vorhanden sind‘. Derartige Erfahrungen, welche erst das Recht geben, den einzelnen Antecedentien gewisse Fähigkeiten zuzuschreiben, müssen also (um auf unseren allgemeinen Fall überzugehen) in Betreff der Antecedentien  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  schon vorliegen. Diese Erfahrungen haben somit die Form:  $A$  bringt, sobald die Mitbedingungen  $\alpha_1 \beta_1 \gamma_1$  . . . vorhanden sind, thatsächlich eine Erscheinung von der Art von  $M$  hervor.  $B$  thut dasselbe, sobald die Mitbedingungen  $\alpha_2 \beta_2 \gamma_2$  . . . vorhanden sind;  $C$ , sobald die Mitbedingungen  $\alpha_3 \beta_3 \gamma_3$  . . . realisirt sind und ähnlich bei  $D$ .

Einschaltungsweise sei bemerkt, dass diese Mitbedingungen, die ich hier mit griechischen Buchstaben bezeichnet habe, nicht nothwendig selbstständige Realitäten neben  $A$ , beziehungsweise  $B$ ,  $C$ ,  $D$  sein müssen, sondern dass sie auch Variable einer und derselben Realität sein können, welchen

Falls dann auch  $A$ , beziehungsweise  $B, C, D$  blosse Variable sind. So kann  $A$  Bewegung bedeuten,  $\alpha_1$  Beschleunigung,  $\beta_1$  Gleichförmigkeit der Beschleunigung u. dgl. Man wird später sehen, dass diese Bemerkung nicht unwichtig ist.

Man sieht auch, dass man Existenz und Wirkungsfähigkeit nicht (wie Mill es wenigstens in der Hypothesenlehre thut) als zwei gesonderte Kategorien auffassen darf; wenn  $A$  besteht und ausserdem  $\alpha_1 \beta_1 \gamma_1 \dots$  besteht, dann tritt  $M$  ein<sup>1</sup> — so heisst die thatsächliche Erfahrung, wenn man sie klar und unzweideutig ausspricht; die ‚Wirkungsfähigkeit‘ von  $A$  mit Bezug auf  $M$  ist aufgelöst in die Möglichkeit des Zusammenbestehens von  $A$  mit  $\alpha_1 \beta_1 \gamma_1$  etc. Damit ist schon erwiesen, dass es mindestens ein höchst unglücklicher Ausdruck, vielleicht aber auch ein sachlicher Irrthum war, wenn Mill das Vorhandensein eines Agens und dessen mögliche Einflussnahme auf die in Frage stehende Erscheinung wie zwei generell verschiedene Bedingungen einer Hypothese hinstellt.

§ 17. In dem Gesagten liegt schon eine wichtige Consequenz, die sich aber ohne Weiteres gegen Mill wendet. Wenn nämlich in unserem Beispiele, wo der Kreis der Hypothesen auf die Ursachen  $A, B, C, D$  eingeschränkt ist, nur die Existenz und die mögliche Einflussnahme von  $A, B, C, D$  auf  $M$  schon vor der Hypothese durch ‚selbstständige Beweismittel‘ dargethan sein muss, so heisst das — in die Sprache eines gesunden Positivismus übersetzt —: die Existenz der bezüglichen Mitbedingungen ( $\alpha_1 \beta_1 \gamma_1 \dots$ ), ( $\alpha_2 \beta_2 \gamma_2 \dots$ ), ( $\alpha_3 \beta_3 \gamma_3 \dots$ ), ( $\alpha_4 \beta_4 \gamma_4 \dots$ ) braucht noch nicht erwiesen zu sein,<sup>1</sup> nnnr gegen die Möglichkeit derselben darf nichts vorliegen. Wenn aber weiter durch die Differenzmethode etwa  $A, B$  und  $C$  ausgeschlossen wird und blos  $D$  übrig bleibt, so heisst das selbstverständlich: die früher blos mögliche Wirksamkeit von  $D$  mit Bezug auf die fragliche Erscheinung  $M$  ist nunmehr zu einer thatsächlichen erhoben worden, und das heisst weiter: es ist die berechtigte Ueberzeugung entstanden, dass ausser  $D$  (dessen Existenz schon vor der Hypothese feststehen musste) auch noch die Mitbedingungen  $\alpha_4 \beta_4 \gamma_4 \dots$  wirklich existiren.

<sup>1</sup> Man darf das auch gar nicht fordern; sonst würde es sich ja nicht um eine Hypothese handeln, sondern lediglich um die Wiederholung einer Erscheinung, deren Gesetz bereits bekannt ist.

Habe ich nun, fortwährend nach den Vorschriften Mill's verführend, nicht gerade das gethan, was Mill so sehr verpönte? Habe ich nicht um der blossen Erklärung der Erscheinung  $M$  willen die Existenz von Realitäten (nämlich  $\alpha_4\beta_4\gamma_4\dots$ ) supponirt, die sich auf Grund gar keiner sogenannten ‚selbstständigen Beweismittel‘ darthun liess? Ich glaube, man kann nicht anders als beide Fragen bejahen. Die Vorschriften Mill's bergen einen Widerspruch in sich, so dass derjenige, welcher sie consequent zu befolgen strebt, sie nothwendigerweise übertreten muss.

§ 18. Aber man wird vielleicht entgegen: jene Mitbedingungen  $\alpha_4\beta_4\gamma_4\dots$  werden nicht blos um der Erklärung von  $M$  willen supponirt, also blos der Hypothese zu Liebe und ohne dass ihre Existenz durch selbstständige Beweismittel dargethan wäre; vielmehr musste (und dies wird eben vorausgesetzt) die Erkenntniss vorangegangen sein, dass  $D$  nur im Verein mit diesen Mitbedingungen eine Erscheinung von der Art von  $M$  hervorrufen kann; indem also hier zur Erklärung von  $M$  ausser  $D$  auch noch  $\alpha_4\beta_4\gamma_4\dots$  supponirt wird, wird gar kein novum angenommen, sondern Etwas, dessen Existenz schon von früher her bekannt war — und somit wäre Alles wieder in der schönsten Uebereinstimmung mit den Vorschriften Mill's, nur dass die Kenntniss von der Wirkungsfähigkeit sich auflöst in die Kenntniss von der Existenz gewisser Realitäten.

Ich glaube aber nicht, dass auf diese Weise dem vorigen Argument seine Beweiskraft genommen werden kann.

Es mag auf Grund früherer Erfahrungen feststehen, dass  $D$ , nur wenn die Mitbedingungen  $\alpha_4\beta_4\gamma_4$  realisirt sind, eine Erscheinung von der Art von  $M$  hervorruft; aber der neue Fall (der, in welchem wir für  $M$  eine Ursache suchen) ist doch nicht einfach identisch mit der früheren Erfahrung, sonst läge ja gar kein Grund vor, eine Hypothese zu bilden! Ich behaupte in diesem neuen Fall auf Grund der Differenzmethode, dass  $\alpha_4\beta_4\gamma_4\dots$  hic et nunc vorhanden sind, nicht dass sie einmal vorhanden waren zu einer anderen Zeit und vielleicht auch an einem anderen Ort; in diesem ‚hic et nunc‘ liegen allein schon zwei völlig neue Mitbedingungen, und somit ist wirklich ein novum supponirt worden. Wenn ich blos darnach frage, ob Etwas völlig neu oder aber bereits empirisch constatirt ist, dann

ist in diesem Sinne eine Substanz mit bisher unbekanntem Merkmalen gerade so gut ein novum wie eine Substanz mit bekannten Merkmalen, aber an einem Orte, den sie bisher nicht eingenommen. Warum man bei der Hypothesenbildung den ersten Fall anders behandelt als den zweiten, das geht aus den später zu entwickelnden wahren Principien der Hypothesenlehre hervor, aus denen Mill's aber keineswegs.

Es dürften übrigens Ort und Zeit gar nicht die einzigen nova sein, mit denen eine auch den Vorschriften Mill's genügende Hypothese arbeitet. Schon der Umstand, dass es erst der Hypothese überlassen werden soll, das 'genauere Gesetz' der Wirkungsweise ausfindig zu machen, gibt dafür Zeugnis. Wenn es sich bloß darum handelte, einen Ursachencomplex zu supponieren, der uns nach allen seinen Variablen (Raum- und Zeitlage ausgenommen) völlig bekannt ist, dann ist eben das Wirkungsgesetz auch schon bekannt, und es könnten nur etwa die besonderen Constanten neu sein; Constanten sind es aber nicht, welche das Gesetz einer Wirkung bestimmen. In diesem Punkte scheint mir Mill gegen sich selbst Zeugnis zu geben.

Mill's Argumentation leidet an einem sehr gewöhnlichen Fehler: an einer einseitigen Berücksichtigung gewisser Variablen, derart, dass zwei Erscheinungen, welche nur diese Variablen gemeinsam haben, darum auch schon für gleich gehalten werden.

§ 19. Aber noch von einer anderen Seite lässt sich Mill's Verfahren angreifen. Von dem disjunctiven Ursachencomplex  $A, B, C, D$  muss nicht nur bekannt sein, dass jedes einzelne Glied die Fähigkeit hat, auf  $M$  einzuwirken (diesen Punkt haben wir eben abgehandelt), er muss vielmehr auch die Zahl der Möglichkeiten erschöpfen, d. h. es muss schon bekannt sein, dass keines der übrigen Antecedentien  $E, F, G, H \dots$  auf die Erscheinung  $M$  Einfluss nehmen kann. Wie kommt nun dieses Erkenntnis zu Stande? Man darf (wenigstens vom Standpunkte Mill's) nicht sagen, sie käme zugleich und durch dieselben Mittel zu Stande, durch welche die Erkenntnis entsteht, dass von dem Complex  $A, B, C, D$  gerade  $D$  die wahre Ursache ist, also dadurch, dass gerade beim Ausschluss von  $D$  die Erscheinung  $M$  wegfällt oder eine andere wird. Diese Me-

thode ist ja, wie wir gesehen haben, nur einwandfrei bei einer beschränkten Zahl bekannter Antecedentien. Aber eben damit diese Zahl beschränkt sei (hier auf  $A, B, C, D$ ), muss man schon früher wissen, dass von den etwaigen weiteren Antecedentien  $E, F, G, H \dots$  keines als Ursache in Frage kommen kann. Die Frage, wie denn die Sonderung der Gruppen  $A, B, C, D$  und  $E, F, G, H \dots$  zu Stande kommt, führt uns schliesslich in ein Stadium der Untersuchung, in welchem die ‚Wirkungsfähigkeit‘, die ‚Möglichkeit der Einflussnahme‘ nicht bereits vorher festgestanden sein kann, sondern schon um des blossen Erklärungswerthes willen angenommen werden muss.

Dieses letztere Bedenken lässt sich in eine Form bringen, die das Gewicht des Argumentes noch fühlbarer macht. In der Reihe derjenigen wissenschaftlichen Hypothesen, die auch die Prüfung Mill's bestehen, muss doch eine die erste gewesen sein; genauer genommen muss es viele solcher ersten Hypothesen geben, weil es wegen der Heterogenität der Forschungsgebiete nicht eine, sondern viele Reihen von Hypothesen geben muss. Können derartige erste Hypothesen im Sinne Mill's legitimirt werden? Mill hat die Frage gelegentlich gestreift (vgl. Logik, Buch III, Cap. XIV, § 4 am Ende). Er meint, solche absolut neue Hypothesen seien als vorläufige Muthmassungen wohl erlaubt, sie müssten aber zur wissenschaftlichen Berechtigung schliesslich doch selbstständig erwiesen werden, d. h. offenbar die von ihm aufgestellten Bedingungen erfüllen. Mir scheint nun, dass dies gar nicht möglich ist, und zwar einfach darum, weil, um die Differenzmethode im Sinne Mill's anzuwenden, das supponirte Agens schon aus einer solchen Gruppe von Agentien genommen sein muss, von denen wir bereits wissen, dass sie die fragliche Erscheinung beeinflussen können. Immer ist also die Möglichkeit einer Causalbeziehung schon vorausgesetzt, und zwar ‚Möglichkeit‘ nicht in dem Sinne, dass bloß kein Grund für die Unmöglichkeit vorliegt, sondern in dem Sinne, dass wir einen positiven Beweis für die Möglichkeit besitzen — um mich aristotelisch auszudrücken: Möglichkeit nicht bloß im Sinne des *δυνατόν*, sondern im Sinne des *δυναμίει ὄν*. Eine solche mögliche Einflussnahme ist aber (ich verweise auf früher Gesagtes) nur aus einer wirklichen zu erschliessen. Mithin führen

Mill's Vorschriften einerseits nothwendig zu einem regressus in infinitum bei der Hypothesenbildung, wie sie andererseits die Berechtigung einer ersten Hypothese unmöglich machen.

§ 20. Es wird gut sein, nunmehr an den Zusammenhang kurz zu erinnern, der zwischen den soeben gepflogenen Erörterungen und der Frage nach der Berechtigung, für jede Hypothese eine vera causa zu fordern, besteht. Mill war davon ausgegangen, dass eine Hypothese erst dann zu einer wissenschaftlich berechtigten wird, wenn sich nicht blos die fragliche Erscheinung deductiv aus ihr ergibt, sondern erst, wenn sich zeigen lässt, dass sie sich nur aus ihr und aus keiner anderen ergibt. Er hatte die Anwendbarkeit der Differenzmethode zum Kriterium gemacht. Weiter hatte er geschlossen: die Differenzmethode ist aber anwendbar, wenn ich schon weiss, dass das angenommene ‚Agens‘ existirt und auf die fragliche Erscheinung Einfluss nehmen kann (diese beiden Momente machen die vera causa aus) und nur das genauere Wirkungsgesetz erst festgestellt werden muss — oder wenn bekannt ist, dass unter einer bestimmten Anzahl von Realitäten eine die wahre Ursache sein muss. Wir haben nun gezeigt, dass diese beiden Bedingungen in Wahrheit nicht unabhängige Glieder einer Alternative sind, sondern dass die erste nur realisirt werden kann mit Hilfe der zweiten, d. h. wir haben es als Vorbedingung für die Aufstellung einer vera causa erkannt, dass sie ein Glied einer endlichen Gruppe von Antecedentien sei, von der wir schon wissen, dass sie die wahre Ursache in sich enthalten muss. Nun haben wir untersucht, auf welche Art diese Vorbedingung verwirklicht werden kann. Da sind wir denn nun zu dem Ergebniss gelangt, dass diese vorbedingende Erkenntniss nicht ohne Verletzung der vera causa-Vorschrift (wie ich sie kurz nennen will) erlangt werden kann, und daraus dürfen wir vor Allem schliessen, dass Mill für die Berechtigung bei der Bildung legitimer wissenschaftlicher Hypothesen ganz allgemein eine vera causa zu fordern keinen stichhältigen Beweis vorzubringen vermocht hat.

§ 21. Aber noch ein weitergehender Schluss ist erlaubt. Wenn die Forderung einer vera causa nur durch das Kriterium der Differenzmethode bedingt ist, dann ist nicht nur Mill's

Beweis für die Berechtigung dieser Forderung widerlegt, es ist vielmehr auch der positive Beweis erbracht, dass man diese Forderung als allgemein gültige gar nicht stellen darf, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil sich unter den Vorbedingungen für die thatsächliche Anwendung der Differenzmethode ein logischer Schritt vorfindet, der darin besteht, dass man das Vorhandensein von Theilursachen (selbstständige Realitäten oder Variable einer Realität) annimmt bloß zu Erklärungszwecken und ohne dass ein vorheriger selbstständiger Nachweis auch nur möglich wäre.

Aber — wird man fragen — lässt sich die Forderung einer *vera causa* nur in der von Mill versuchten Weise plausibel machen oder lässt sich der Nachweis noch von anderen Seiten her führen, so dass bei Mill vielleicht nur der Beweis, nicht aber das zu Beweisende hinfällig wird?

Offenbar wird es hier auf die Beantwortung zweier Fragen ankommen. Erstens: ist es sicher, dass eine berechtigte Hypothese nur nach dem Kanon der Differenzmethode gebildet werden darf? Und zweitens: kann man nur auf Grund der Bejahung dieser Frage eine *vera causa* fordern, oder auch dann, wenn die erste Frage sich negativ erledigen sollte?

§ 22. Der erkenntnistheoretische Werth der Differenzmethode lässt sich dadurch charakterisiren, dass ihr Ergebniss genau eben so sicher ist wie die Erfahrungen, auf welche sie angewendet wurde; die Sicherheit des Ergebnisses ist von derselben Ordnung und von demselben Charakter wie die der Prämissen, ähnlich wie beim Syllogismus. Von den (vier oder, nach anderer Zählung, fünf) inductiven Methoden, deren erschöpfende Darstellung anerkanntermassen ein bleibendes Verdienst Mill's bildet, hat nur die Differenzmethode diese Eigenschaft, und mit Recht gibt ihr Mill den Vorrang vor allen anderen. Ich will in Kürze den hauptsächlichsten Grund dieser Bevorzugung angeben, wobei ich die Bekanntschaft mit den Mill'schen Methoden selbstverständlich voraussetze. Diejenigen Methoden, welche unmittelbar auf das Erfahrungsmateriale anwendbar sind, d. h. welche nicht die vorherige Anwendung anderer Methoden bereits voraussetzen (wie die „Methode der Rückstände“), reduciren sich eigentlich auf zwei: die Methode

der Uebereinstimmung und die Differenzmethode.<sup>1</sup> Bei der Methode der Uebereinstimmung kommt es bekanntlich darauf an, mindestens zwei Fälle der fraglichen Erscheinung zu gewinnen, die von der Art sind, dass die bezüglichen Antecedentiengruppen nur in Bezug auf ein einziges Antecedens übereinstimmen, in Bezug auf alle sonstigen aber differiren. Nun zeigt sich leicht (und Mill hat dies ganz richtig ausgeführt), dass dieser übereinstimmende Umstand nicht nothwendig in causalem Zusammenhang mit der fraglichen Erscheinung stehen muss, sondern dass er ebensogut eine ständige Begleiterscheinung sein kann, indem z. B. er sowohl wie die fragliche Erscheinung von einem dritten, uns weiter ganz unbekanntem Umstand als von ihrer gemeinsamen Ursache abhängen oder sonst wie. ‚Die Uebereinstimmungsmethode‘, sagt Mill,<sup>2</sup> ‚führt uns nur . . . zu Gleichförmigkeiten, die entweder nicht ursächliche Gesetze sind, oder bei denen die Frage der Ursächlichkeit zunächst unerledigt bleiben muss.‘

Der Differenzmethode, und ihr allein, haftet diese Unvollkommenheit nicht an. Sie allein muss als diejenige Methode angesehen werden, welche einen ursächlichen Zusammenhang zwischen zwei Erscheinungen mit ebenderselben Sicherheit constatiren lässt, mit welcher die Erscheinungen selbst constatirt worden sind.

Wie wir gehört haben, verlangt Mill, dass eine Hypothese das vollkommene Aequivalent für eine einwandfreie Induction bilde. Aber während uns bei der Induction die Gruppe der Antecedentien und der zu erklärende Thatsachencomplex beide empirisch gegeben sind und wir blos zu untersuchen haben, welches Element des einen Complexes einem bestimmten Elemente des anderen causal zuzuordnen ist, ist uns bei der Hypothese Ein Element der Antecedentiengruppe zunächst nicht empirisch gegeben, es wird blos supponirt und liefert so (zu-

<sup>1</sup> Man sieht leicht, dass die sogenannte ‚Methode der Begleitveränderungen‘ nur ein Specialfall der Differenzmethode ist. Denn ob ein Umstand ausgeschlossen wird dadurch, dass man ihn ganz wegfällen lässt, oder dadurch, dass an seine Stelle in continirlichem Wechsel andere Umstände treten (d. h. dass er sich verändert), das kann an dem Princip der Methode nichts ändern.

<sup>2</sup> Syst. d. ded. u. ind. Logik, Buch III, Cap. VIII, § 3.

sammen mit den übrigen empirischen Elementen dieser Gruppe) lediglich die für die Differenzmethode nöthige positive Instanz; nun ist noch die negative Instanz zu gewinnen, mit anderen Worten: man muss zeigen, dass, wenn das Suppositum nicht existirt, die erfahrungsmässige Wirkung ausbleiben müsste. Die Thatsache, dass man neben der positiven auch eine negative Instanz braucht, macht es, wie wir Mill auseinandersetzen hörten, erforderlich, dass das hypothetisch Angenommene nicht dem directen Nachweis unzugänglich sein darf. Dies wird aus folgender Ueberlegung (die ich in etwas veränderter Form, aber durchaus im Sinne Mill's wiedergebe) klar: wenn von der supponirten complexen Ursache ( $ABC$ ) alle Elemente unbekannt sind, dann kann ich nie sicher sein, ob nicht die Supposition einer ganz anderen Ursache ( $MNO$ ) dieselben Dienste leistet; denn der Fall, dass ( $ABC$ ) später einmal durch eine Induction nach der Differenzmethode als die wahre Ursache erwiesen wird, kann nicht eintreten, weil die Differenzmethode zwei Instanzen fordert, die in allen Elementen bis auf ein einziges übereinstimmen. Die später zu erhoffende Induction muss  $AB$  schon zu ihrem empirischen Besitz rechnen können, sonst gewinnt sie nie die beiden Instanzen  $ABC$  und  $AB - \text{Nicht } C$ . Zu der Zeit, wo diese Induction noch nicht vorliegt, sondern einstweilen erst eine Hypothese, muss wenigstens feststehen, dass  $AB$  nicht für alle Zukunft unerweisbar und somit die Hoffnung auf inductive Bewährung schon von vornherein gänzlich ausgeschlossen ist. Daher musste  $AB$  eine vera causa in dem Sinne sein, dass seine Existenz feststand, und  $C$ , welches die Einflussnahme auf die fragliche Erscheinung bedeutet, musste wenigstens als möglich feststehen.

Wir haben früher gezeigt, dass diese Bedingungen nicht erfüllbar sind, wenn man nicht der vera causa-Vorschrift schon in einem früheren Stadium der Beweisführung zuwiderhandelt. Der tiefere Grund dieses inneren Widerspruches wird nun ganz klar.

Hätte Mill blos verlangt, dass in dem Stadium, in welchem die Hypothese gebildet wurde, gegen die Möglichkeit einer späteren, nach dem Kanon der Differenzmethode vor sich gehenden Induction kein Gegengrund vorliege, dann hätte ihm ein (versteckter) innerer Widerspruch nicht vorgeworfen

werden können. Aber er verlangte mehr. Nicht das genügt ihm, dass kein Beweis für die Unmöglichkeit einer späteren Induction vorliege — er fordert einen positiven Beweis für die Möglichkeit einer späteren Induction, und dies schon vor Bildung der Hypothese; und erst darin liegt das Verlangen nach einer vera causa involvirt. Wer blos verlangt, dass gegen die Möglichkeit einer späteren Induction nichts vorliege, der kann sich im Stadium der Hypothesenbildung auch mit einem völligen novum zufrieden geben, weil und insofern es nicht ausgeschlossen ist, dass dieses novum einmal bekannt werde und dann für die künftige Induction die gewünschten zwei Instanzen möglich mache. Wir brauchen also die Frage einstweilen gar nicht zu untersuchen, ob Mill ein Recht hatte, von einer Hypothese zu verlangen, dass sie nicht immer Hypothese bleibe, sondern sich einmal inductiv bewähren lassen müsse; wir dürfen diesen Standpunkt sogar gelten lassen und trotzdem bestreiten, dass hiezu eine vera causa erforderlich war.

Nun ist aber folgendes argumentum a fortiori zweifellos erlaubt: wenn der strengste Anspruch, den man überhaupt an eine Hypothese stellen kann, dass sie nämlich die Möglichkeit bieten müsse, in der Zukunft zu der Sicherheit eines nach der exactesten Inductionsmethode bewährten Naturgesetzes erhoben zu werden, ich sage, wenn dieser strengste Anspruch nicht einmal im Stande war, die Forderung einer vera causa zu legitimiren, dann kann diese Forderung von gar keinem Standpunkte aus als allgemein berechtigt erwiesen werden.

Was allein in jenem Anspruch involvirt liegt, das ist das Verbot, eine Realität zu supponiren, die ihrer Natur nach eines empirischen Nachweises für alle Zeiten unfähig ist, von der man also schon im Stadium der Hypothese sicher weiss, dass sie nie Gegenstand eines inductiven Verfahrens werden kann. Das allein hätte Mill von seinem Standpunkte aus verlangen dürfen.

§ 23. So viel zur Kritik der allgemeinen Argumente, welche Mill für seine Hypothesenregel vorbringt. Von der Anwendung auf specielle Fälle zu sprechen könnten wir uns füglich ersparen, wenn hier nicht ein traditionelles und tief eingebürgertes Missverständniss zu berichtigen wäre, welches

für die richtige Würdigung sowohl unserer bisherigen kritischen Bemerkungen, als auch der späteren positiven Aufstellungen eine beständige Gefahr bildet. Es ist unter den Logikern allmählig ein fester Brauch geworden, die Lehre von der Hypothese nicht abzuschliessen, ohne auf die ‚Gravitationshypothese‘ gewissermassen als auf den Typus dieser Art logischer Verrichtungen hinzuweisen. Namentlich pflegt man diese ‚Hypothese‘ als ein markantes Beispiel der Erfüllung jener Vorschrift hinzustellen, die man kurz als die Regel der vera causa bezeichnen kann.

Ich will nun von denjenigen Logikern ganz absehen, welche meinen, bei der Aufstellung der allgemeinen Gravitation handle es sich um die ‚Uebertragung‘ eines für terrestrische Erscheinungen gefundenen Gesetzes auf kosmische Bewegungen, und welche die Regel der vera causa dadurch erfüllt glauben, dass die ‚Kraft‘, welche für die Planetenbewegungen als ‚wirkend‘ supponirt wird, mit Hinblick auf die terrestrischen Fallerscheinungen, als etwas schon Bekanntes angesehen werden müsse. Eine sachlich und historisch so verkehrte Anschauung bedarf keiner Widerlegung; dass die Aufstellung eines Gesetzes der Planetenbewegungen eine Sache für sich ist und mit etwaigen Beziehungen, die zwischen den Constanten dieser Bewegungen und der Schwerebeschleunigung bestehen mögen, gar nichts zu thun hat, das sind Dinge, über die ein Logiker schon unterrichtet sein muss, wenn er den Anspruch darauf machen will ernst genommen zu werden. Die Entdeckerlegenden, die sich natürlich auch an Newton's Namen geknüpft haben, kümmern uns nicht weiter. Von J. St. Mill will ich ausdrücklich hervorheben, dass er diesem (fast unbegreiflichen) Irrthum niemals verfallen ist; er hat zwischen den zwei wissenschaftlichen Schritten, um die es sich hier handelt, streng unterschieden. Trotzdem sehen wir auch ihn die wissenschaftliche Hauptleistung Newton's im Gebiete der Mechanik als Zeugniß hinstellen für die Vorschriften, denen er eine legitime Hypothese unterworfen glaubt. Er erblickt in Newton's Untersuchung über die Planetenbewegungen einen Fall, in welchem es sich blos darum handelt, ‚das genaue Gesetz einer bereits ermittelten Ursache zu bestimmen‘; das Moment der vera causa liege in der Kenntniss, ‚dass Planeten durch irgend eine Kraft, die

gegen das Innere ihrer Bahn hinstrebt, daran verhindert werden, sich in geraden Linien zu bewegen' (die Richtung dieser Kraft ist zunächst unbekannt), und zweitens in der Kenntniss, dass die Grösse dieser Kraft in irgend einer (zunächst ebenfalls ganz unbekannt) Weise abhängig sei von der Entfernung. Für beide Sätze musste man selbstständige Beweisgründe besessen haben, sonst würde Newton's Beweis nicht schlusskräftig gewesen sein'.

Mir scheint auch diese Ansicht gänzlich verfehlt zu sein.

Es ist nicht sehr verlockend, nun noch einmal die Entdeckung des Gravitationsgesetzes vom erkenntnisstheoretischen Standpunkte aus zu beleuchten, nachdem diese Frage von den Logikern schon usque ad nauseam behandelt worden ist. Da es ihnen aber (wenigstens nach meiner Ueberzeugung) bisher noch immer nicht gelungen ist, Newton's wissenschaftliche That erkenntnisstheoretisch richtig zu charakterisiren und namentlich ihre Beziehung zur Hypothesenlehre sachlich und historisch einwandfrei festzustellen, so bleibt auch mir nichts übrig, als diesen viel besprochenen Gegenstand noch einmal in Angriff zu nehmen, umso mehr als sich dabei die Gelegenheit bieten wird, einige für die Erkenntnisstheorie wichtige Bemerkungen über die Principien der Mechanik zu machen und ein paar in viele physikalische Lehrbücher eingedrungene Fundamentalirrhümer richtigzustellen.

#### IV. Erkenntnisstheoretische Bemerkungen über die Gravitations-,Hypothese' und den Begriff ,Kraft' in der Mechanik.

§ 24. Wir haben die Behauptung Mill's erwähnt, es müsse schon vor der Aufstellung des Gravitationsgesetzes bekannt sein, dass die Planeten durch irgend eine gegen das Innere der Bahn strebende Kraft daran verhindert werden, sich in geraden Linien zu bewegen, und weiter müsse ebenfalls schon vorher feststehen, dass die Grösse dieser Kraft irgendwie von der Entfernung abhängt. Für beide ,Vorbedingungen' hat sich Mill die Frage nicht vorgelegt, wie sie einzig und allein auf logisch correcte Weise erworben werden konnten.

In Betreff der ersten hat Mach — dort, wo er über Huyghens' Leistungen im Gebiete der Mechanik spricht<sup>1</sup> — den Weg klar und deutlich angegeben:

„Hat man einmal die Galilei'sche Erkenntniss, dass die Kraft eine Beschleunigung bestimmt; in sich aufgenommen, so ist es unvermeidlich, jede Abänderung einer Geschwindigkeit, und folglich auch jede Abänderung einer Bewegungsrichtung (weil diese durch drei zu einander senkrechte Geschwindigkeitscomponenten bestimmt ist) auf eine Kraft zurückzuführen.“

In dem so definirten Kraftbegriff liegt zweierlei: eine terminologische Festsetzung und eine Erfahrung. Die terminologische Festsetzung besteht darin, dass man dasjenige, was eine Bewegung bestimmt, ‚Kraft‘ nennt; das zweite Moment, das erfahrungsmässige und nicht conventionelle, besteht darin, dass der bewegungsbestimmende Umstand (= die Kraft) eine Beschleunigung bestimmt. Diese Erkenntniss ist nur empirisch zu erlangen, sie lässt sich keinesfalls durch blosser Analyse des Kraftbegriffes gewinnen, nicht aus ihm ‚herausphilosophiren‘. Mach sagt darum richtig, Galilei habe diese Definition ‚erschaut‘, und er weist, um klar zu zeigen, dass hier keine analytische und sozusagen selbstverständliche Wahrheit vorliege, mit Recht darauf hin, dass Temperaturdifferenzen, die doch auch Veränderungen erzeugen, nicht Ausgleichbeschleunigungen, sondern Ausgleichsgeschwindigkeiten bestimmen.<sup>2</sup>

Es wird sich nun darum handeln, klar zu machen, wie man sich dieses ‚Erschauen‘ des Kraftbegriffes zu denken habe, mit anderen Worten, welches die nothwendigen und hinreichenden empirischen Bedingungen für die Bildung dieses Begriffes sind. Darauf kommt aus folgendem Grunde sehr viel an: es liegt die Meinung nahe, dass hier eine an bestimmten terrestrischen Erscheinungen gemachte Erfahrung (eben die, welche im Galilei'schen Kraftbegriff involvirt liegt) nunmehr auf die Planetenbewegungen ‚übertragen‘ werde; auf letzterem Gebiete würde dieselbe dann bloß als Hypothese figuriren und somit

<sup>1</sup> ‚Die Mechanik in ihrer Entwicklung.‘ 2. Auflage, Leipzig 1889, p. 146.

<sup>2</sup> A. a. O., p. 130.

die Aufstellung einer Centrakraft ebenfalls hypothetisch sein.<sup>1</sup> Es wird sich also fragen, wie man den Galilei'schen Kraftbegriff gewinnen kann, und darnach wird sich entscheiden lassen, ob es Fälle gibt, in welchen man diesen Begriff anwendet, ohne ihn aus diesen Fällen selbst ‚erschaut‘ zu haben, sondern indem man den anderwärts gewonnenen Begriff erst in diese neuen Fälle hineinträgt. Es wird sich, sage ich, entscheiden, ob es sich so verhält, oder ob alle Fälle, in denen man den Galilei'schen Kraftbegriff anwendet, so beschaffen sind, dass man denselben aus ihnen selbst gewinnen konnte. Der Leser wird schon jetzt begreifen, in welchem Zusammenhang diese Frage mit der Hypothesenlehre steht — ich will aber späteren Ueberlegungen nicht vorgreifen.

§ 25. Galilei geht aus von der Beobachtung fallender Körper. Zunächst galt es diese Beobachtung richtig zu beschreiben, und Mach sieht es mit Recht als einen gewaltigen Fortschritt, ja man kann sagen als den ersten Schritt zur Begründung einer wissenschaftlichen Dynamik an, dass Galilei nicht fragt: warum fallen die schweren Körper, sondern wie fallen sie?<sup>2</sup> Die Antwort, welche Galilei gibt, dass nämlich die Geschwindigkeit proportional der Zeit zunehme, ist selbstverständlich nichts Anderes als die richtige Beschreibung der fraglichen Erscheinung. Von einer Hypothese ist keine Rede, wenn auch dieser richtigen Beschreibung mehrere vorläufige Annahmen vorausgegangen waren und sie selbst zunächst die Gestalt einer vorläufigen Hypothese hatte — wissen wir doch, dass es Galilei zuerst mit der Annahme versucht hat, dass die Geschwindigkeiten proportional mit den Fallräumen wachsen. Ich verweise auf das, was ich früher (p. 7) über ‚vorläufige Hypothesen‘ gesagt habe. Dass die Erscheinung eine ‚terrestrische‘ ist, ist hier ganz gleichgiltig; würde eine ihr gleichende Erscheinung am Himmel sich vorfinden, so würde dieselbe ebenso beschrieben werden können — nur mit veränderter Beobachtungstechnik.

<sup>1</sup> Dass man demzufolge hierin ein werthvolles Beispiel für eine Hypothese wird sehen wollen, welche die Bedingung der vera causa erfüllt, sieht der Leser leicht ein.

<sup>2</sup> A. a. O., p. 118.

Sind wir nun durch die so erlangte Kenntniss des Fallphänomens unweigerlich zu einem bestimmten Kraftbegriff gezwungen? Offenbar nein! Wir könnten in diesem Stadium die ‚Kraft‘ als etwas Geschwindigkeitsbestimmendes, und wir könnten sie zweitens als etwas Beschleunigungsbestimmendes auffassen. Vermöge der ersten Auffassung würde sich die Kraft fortwährend ändern, vermöge der zweiten würde sie constant sein.

Man muss sich darüber klar sein, dass in dieser Phase der Untersuchung der eine Weg genau so viel für sich hat wie der andere.

Die Verkenntung dieses Umstandes kann unter Anderem zu einem Irrthum führen, den Mach mit Recht verwirft indem er sagt: „Es wäre ein Anachronismus und gänzlich unhistorisch, wollte man die gleichförmig beschleunigte Fallbewegung, wie dies mitunter geschieht, aus der constanten Wirkung der Schwerkraft ableiten. „Die Schwere ist eine constante Kraft, folglich erzeugt sie in jedem gleichen Zeitelement den gleichen Geschwindigkeitszuwachs, und die Bewegung wird eine gleichförmig beschleunigte.“ Eine solche Darstellung wäre deshalb unhistorisch und würde die ganze Entdeckung in ein falsches Licht stellen, weil durch Galilei erst der heutige Kraftbegriff geschaffen worden ist.“<sup>1</sup> Das getadelte Raisonement ist aus eben dem Grunde, den Mach kurz angedeutet hat, nicht nur als historisches, sondern auch als logisches Hysteron-Proteron anzusehen. Wenn man hier durch die ‚constante Kraft der Schwere‘ den fortwährenden Geschwindigkeitszuwachs ‚erklären‘ will, so muss Folgendes bedacht werden: direct wissen wir nichts von jener constanten Kraft; wenn wir sie als von constanter Grösse und stetiger Wirkung denken, so involviret das die Voraussetzung, dass die ‚Kraft‘ nicht etwas Geschwindigkeits-, sondern etwas Beschleunigungsbestimmendes ist. Man setzt also zur Erklärung eine constante Kraft voraus und stattet diese Kraft mit einem Merkmal aus, in welchem die zu erklärende Erscheinung identisch (wenn auch mit anderen sprachlichen Ausdrücken) wiederholt wird: es liegt das vor, was Comte eine ‚metaphysische Erklärung‘ genannt hat.

<sup>1</sup> A. a. O., p. 129 f.

Die Fallerscheinungen nöthigen uns also noch keineswegs, den Kraftbegriff im Sinne Galilei's zu definiren.<sup>1</sup>

§ 26. Anders aber steht es schon mit denjenigen Erscheinungen, in welchen (wie ich mich vorläufig kurz und in bewusster Weise unlogisch ausdrücken will) die Schwerkraft zusammen mit einer momentanen Kraft auf einen Körper wirkt, wie dies z. B. beim verticalen Wurf nach aufwärts oder abwärts oder beim schiefen Wurf der Fall ist. Um logisch correct vorzugehen, müssen wir auch diesen Erscheinungen völlig voraussetzungslos gegenüberreten und ihnen nicht schon fertige Begriffe entgegenbringen, die erst mit Rücksicht auf die fraglichen Erscheinungen selbst gebildet werden können.

Es mag vielleicht von einem gewissen didaktischen Nutzen sein (obzwar ich auch dies bezweifle), den Wurf aus der Zusammensetzung zweier Bewegungen zu ‚erklären‘, von denen die eine vermöge einer constant wirkenden Kraft (der Schwerkraft) gleichförmig beschleunigt, die andere vermöge einer momentanen Kraft gleichförmig ist. Der logisch correcte Weg ist damit auf keinen Fall bezeichnet; man erkennt leicht, dass auch hier ein Hysteron-Proteron vorliegt.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ja man kann sagen, dass es von vornherein unseren Denkgewohnheiten mehr entsprechen würde, die Kraft als etwas Geschwindigkeitsbestimmendes anzusehen und eine constante Kraft, statt (wie wir es jetzt thun) für eine gleichförmig beschleunigte, vielmehr für eine gleichförmige Bewegung zu supponiren. Das Trägheitsgesetz (welches im Galilei'schen Kraftbegriff in seiner Gänze enthalten ist) hat ja ohne Frage für den, der es zum ersten Male aussprechen hört, etwas Auffallendes, d. h. seinen bisherigen Denkgewohnheiten Zuwiderlaufendes.

<sup>2</sup> Man findet dasselbe in der Mehrzahl der physikalischen Lehrbücher. Damit wird nur erreicht, dass sich der Lernende gleich vom Anfang an ganz falsche Vorstellungen von der Natur unserer physikalischen Kenntnisse macht. Was speciell die Mechanik anlangt, so führen Fehler von der Art des bezeichneten nicht selten dahin, dass man diese Wissenschaft allmählig für völlig constructiv ansieht und den Umstand ganz aus den Augen verliert, dass man es hier schliesslich auch mit nichts Anderem als mit einer empirischen Wissenschaft zu thun hat. Ich glaube, dass die Hauptschuld an diesem Uebelstande in dem Heranbringen von gewissen fertigen Begriffen liegt, die sich mit einer scheinbaren Nominaldefinition einführen, während ihrer Bildung in Wahrheit ein empirischer Thatbestand zu Grunde liegt und häufig gerade derjenige, den sie scheinbar aus Nichts construiren helfen sollen.

Wir haben gesagt, der Galilei'sche Kraftbegriff sei aus der blossen Fallerscheinung nicht zu gewinnen, er könne aber beispielsweise aus den Wurfbewegungen gewonnen werden. Wir wollen das nunmehr im Einzelnen zeigen.

Folgende Erfahrung muss als bereits gemacht und also bekannt vorausgesetzt werden: Wenn ein Körper durch irgend einen Umstand bestimmt wird, eine Bewegung zu machen, die ihn nach dem Orte  $A$  führt, und dann eine solche, die ihn von  $A$  nach  $B$  führt, so gelangt dieser Körper auch dann nach  $B$ , wenn die beiden bewegungsbestimmenden Umstände nicht successive eintreten (sich sozusagen ablösen), sondern wenn sie gleichzeitig vorhanden sind. Und dies gilt für jede noch so kleine Zeit.

Diese Erfahrung kann gemacht werden, und ich setze sie bei allen späteren Erörterungen als gemacht voraus. Ebenso setze ich die richtige Beschreibung des Fallphänomens voraus.<sup>1</sup>

Betrachten wir nun an erster Stelle den verticalen Wurf nach aufwärts, und zwar das ganze Phänomen, vom ersten Moment des Steigens bis zum letzten Moment der Abwärtsbewegung, also bis zum Eintritt der Ruhe.

Wir wollen zuerst zusehen, wie die Beschreibung ausfällt, wenn wir unter Kraft etwas Geschwindigkeitsbestimmendes verstehen, und wollen dabei Schritt für Schritt und völlig voraussetzungslos zu Werke gehen, d. h. der Erscheinung mit physikalischer Unwissenheit entgegentreten.<sup>2</sup> An das Vorhandensein einer einzigen Kraft, die aber mit der Zeit irgendwie abnimmt entsprechend der abnehmenden Geschwindigkeit beim Steigen, lässt sich — wenn man das Phänomen in toto beschreiben will — nicht denken, das wäre nur denkbar, wenn der Körper an seinem höchsten Punkt in Ruhe bliebe. Wir müssen also zwei Kräfte annehmen, die entgegengesetzte Richtung haben und von denen die Grösse der einen constant ist, die der anderen fortwährend (und zwar proportional der Zeit)

<sup>1</sup> Wir werden übrigens später sehen, dass die letztere unter Umständen sogar entbehrt werden kann.

<sup>2</sup> Angenommen sind hier und in der Folge nur die beiden obigen Erfahrungen: die Kenntniss der Fallerscheinung und das früher formulirte Unabhängigkeitsgesetz.

wächst. (Das ist jedenfalls die einfachste Beschreibung, sofern die Kraft als ein geschwindigkeitsbestimmender Umstand angesehen wird.)

Dass hier natürlich kein Trägheitsgesetz gilt, brauche ich kaum zu erwähnen. Nun steht man aber bei dieser Art zu beschreiben der Thatsache völlig rathlos gegenüber, dass der Körper von einem gewissen Augenblick an geradeso fällt wie ein anderer Körper, der, auf gleichem Niveau ruhend, seiner Unterstützung beraubt wurde. Nicht das ist unverständlich, dass der Körper überhaupt fällt, da ja die zunehmende Kraftcomponente schliesslich zu einer solchen Grösse anwachsen kann, dass sie in Betreff der Bewegungsrichtung den Ausschlag gibt gegenüber einer gegensinnigen constanten Kraft. Aber dass eine Bewegung eintritt, die ausschliesslich von der einen der beiden Kraftcomponenten bestimmt wird, dass also diese eine wirkt ohne dass ihre Wirksamkeit durch eine andere Kraft modificirt (hier also verringert) wird, das ist unter der Voraussetzung, dass beide Kräfte geschwindigkeitsbestimmende Umstände sind, ganz und gar unverständlich. Darum ist eine Beschreibung dieser Erscheinung in ihrer Totalität mittels dieses Kraftbegriffes unmöglich. Es bleibt nur übrig, die Kraft als etwas Beschleunigungsbestimmendes zu definiren und daher eine Kraft anzunehmen, die gewirkt hat, und eine, die constant fortwirkt. Natürlich ist hiemit implicite das Beharrungsgesetz eingeführt.

Interessant ist, dass die sozusagen zusammengesetzte Erscheinung, wie sie beim verticalen Wurf nach aufwärts gegeben ist, nunmehr auch auf die blosse Fallerscheinung Licht wirft. Die Beschreibung mittels des Galilei'schen Kraftbegriffes passt für beide Phänomene in ihrer Zusammensetzung (Wurf) und zugleich für das eine, wenn es allein auftritt (Fall). Wir sind also dahin gelangt, auch die Fallerscheinung mittels des Galilei'schen Kraftbegriffes zu beschreiben, während früher, als diese Erscheinung noch allein und für sich zu beschreiben war, die Wahl vollkommen freistand, ob man den Galilei'schen oder einen anderen Kraftbegriff anwenden wollte.

In dieser Phase der Ueberlegung würde übrigens jenes früher (p. 37) verpönte Raisonement über die Summirung von Geschwindigkeiten kein Hysteron-Proteron mehr sein; es wäre

aber — wie man sieht — nunmehr gänzlich überflüssig. Man thut darum gut, dasselbe ganz und für immer ausser Gebrauch zu setzen.

§ 27. Was den schiefen Wurf anbelangt, so lässt sich derselbe freilich am raschesten discutiren, wenn man den soeben gefundenen Kraftbegriff als real begründet voraussetzt und ihn nun auch auf diese Erscheinung anwendet. Man kann ferner auch so verfahren, dass man den verticalen Wurf als Grenzfall des schiefen auffasst, beziehungsweise als Mittelfall zwischen den positiven und negativen Elevationen (wenn man den ersten Quadranten des rechtwinkligen Coordinatensystems als positiv, den zweiten als negativ bezeichnet). Man nimmt diesfalls das Continuitätsprincip zu Hilfe und schliesst, dass, wenn im Falle des verticalen Wurfes die Kraft als beschleunigungsbestimmend aufgefasst werden muss, dies nothwendig auch beim schiefen Wurf statthaben muss.

Es handelt sich aber darum, zu zeigen, dass man hier keinerlei ‚Uebertragung‘ eines anderswoher gewonnenen Begriffes nöthig hat, sondern dass man auch ohne weitere theoretische Voraussetzung zu demselben Kraftbegriff gelangen kann. Man braucht nur die Erfahrung in Anspruch zu nehmen, dass die Endgeschwindigkeit der verticalen Bewegungscomponente, welche der schief geworfene Körper erreicht, dieselbe ist, welche er erlangt, wenn er auf den höchsten Punkt seiner Bahn gebracht und von dort fallen gelassen wird. Es finden hier analoge Ueberlegungen statt wie früher. Wenn die Kraft etwas Geschwindigkeitsbestimmendes wäre, dann ginge wieder jede einheitliche Beschreibung, d. h. jede Beschreibung des Totalphänomens verloren, und zwar in noch eclatanterer Weise als beim verticalen Wurf. Man würde nämlich zu der sonderbaren Paradoxie gelangen, dass unter dieser Voraussetzung zwar die Gestalt der Bahn, nicht aber die Verticalgeschwindigkeit an jedem ihrer Punkte verständlich wäre. Wenn ich die Kraft als geschwindigkeitsbestimmend definire, so muss ich den in der Parabel sich bewegenden Körper als unter dem Einfluss zweier Kräfte stehend ansehen, von welchen die eine constant ist, die andere (die ‚Schwerkraft‘) proportional der Zeit zunimmt. Dieses sind die hinreichenden und nothwendigen Voraussetzungen, um die parabolische Bahn zu erklären oder, wie wir

besser sagen, die hinreichenden und nothwendigen Begriffe zur Beschreibung des Vorganges mit blosser Rücksicht auf die (parabolische) Gestalt der Bahn. Dann sind aber die thatsächlichen Verticalgeschwindigkeiten unverständlich. Dass in jedem Punkte des absteigenden Parabelastes die Geschwindigkeit der verticalen Componente so gross ist wie die eines Körpers, der vom Scheitelpunkt bis zum Niveau des betreffenden Parabelpunktes frei fällt, wäre nicht zu begreifen, da sich dann die eine Kraftcomponente als völlig wirkungslos erweisen würde. Nur der Galileische Kraftbegriff ist hier zur Beschreibung tauglich. Um diesen Begriff aus der Betrachtung des schiefen Wurfes zu gewinnen, war also nichts Anderes nothwendig als die Betrachtung dieses Phänomens selbst nach dessen verschiedenen unmittelbar wahrnehmbaren Eigenschaften (Gestalt der Bahn und jeweilige Geschwindigkeit), ferner die Erfahrung des freien Falles und die empirische Kenntniss des Unabhängigkeitsgesetzes.<sup>1</sup> Es ist für spätere Zwecke nützlich zu bemerken, dass auch die Kenntniss der Anfangsbedingungen gänzlich überflüssig ist. Es ist unnöthig zu wissen, dass man den (geworfenen) Körper eine Zeit lang gewaltsam zu einer gewissen Bahn und zu einer gewissen Geschwindigkeit gezwungen und ihn dann ‚sich selbst überlassen hat‘; es braucht kein Werfender sichtbar zu sein.

Ja wir dürfen noch um einen Schritt weiter gehen: es wird sich zeigen, dass wir eine von den vorausgesetzten Erfahrungen sogar entbehren können.

Die Thatsache der parabolischen Bahn hat dazu genöthigt, von den beiden Theilbewegungen, aus denen wir uns die thatsächliche Bewegung zusammengesetzt denken, die eine als

<sup>1</sup> Die ‚verticale Geschwindigkeitscomponente‘ ist selbstverständlich kein aus einer Hypothese resultirender Begriff. Es handelt sich dabei blos um die geometrische Projection eines Bahnstückes auf eine verticale Ebene. Die reale Bedeutung dieser Vorstellung wird durch das Unabhängigkeitsgesetz garantirt. Wenn man eine directe empirische Ermittlung der verticalen Geschwindigkeitscomponente wünscht, so würde diese gegeben sein durch den Druck, den der schief fallende Körper ausübt, wenn er auf eine horizontale Ebene auftrifft. Man müsste diesfalls bei den zu vergleichenden Erscheinungen für die Constanz der Masse sorgen. Indessen ist eine empirische Ermittlung unnöthig, sobald nur das Unabhängigkeitsgesetz erfahrungsgemäss feststeht.

gleichförmig, die andere als gleichförmig beschleunigt anzusehen und die Richtung der gleichförmig beschleunigten Bewegungscomponente als vertical abwärts zu denken. Nun braucht — wie leicht ersichtlich — nicht erst die Erfahrung gemacht zu werden, dass die verticale Endgeschwindigkeit dieser Bewegungscomponente so gross ist wie die Endgeschwindigkeit eines vom Parabelsichel frei fallenden Körpers; denn die verticale Bewegungscomponente ist ja identisch mit der Bewegung des vom Scheitel frei fallenden Körpers: welche Endgeschwindigkeit aber bei gegebener Weglänge ein Körper hat, wenn seine Geschwindigkeit proportional mit der Zeit wächst, ist, insofern man eine gewisse Constante ( $g$ ) kennt, analytisch bestimmbar. Die Grösse dieser Constanten aber kann uns hier gleichgiltig sein, da sie der Voraussetzung nach dieselbe ist, ob die verticale Bewegung isolirt (wie beim Fall) oder in Complication (wie beim Wurf) auftritt. Somit ist die vorausgehende Beschreibung der Fallerscheinung für die Discussion der Wurfbewegung entbehrlich, nur die Parabelform der Bahn und das Unabhängigkeitsgesetz müssen bekannt sein. Darnach aber wird sich an allen unseren Ueberlegungen, die wir an den schiefen Wurf geknüpft haben, insoweit sie uns dazu geführt haben, die Kraft als etwas Beschleunigungsbestimmendes anzusehen, gar nichts ändern, wenn wir die betreffende Beobachtung nicht an einer terrestrischen Erscheinung gemacht hätten, sondern wenn uns am Himmel eine analog verlaufende parabolische Bewegung unterkommen würde.

Es scheint mir sehr wichtig, das zu bemerken, damit man endlich jenen den ganzen methodologischen Charakter der Mechanik verkennenden Standpunkt aufgibt, als handle es sich bei der Beschreibung ‚kosmischer‘ Bewegungen nothwendig um eine ‚Uebertragung‘ dessen, was man im Gebiete der ‚terrestrischen‘ Erfahrung kennen gelernt hat. Wer noch nicht im Besitze des einzig der Erfahrung genügenden Kraftbegriffes ist, der würde ihn mit derselben zwingenden logischen Nothwendigkeit aus den kosmischen wie aus den terrestrischen Erfahrungen gewinnen. Principiell stehen sich beide Gebiete gleich. Daraus aber folgt, dass man jene sozusagen bloß historische ‚Uebertragung‘ nicht als eine erkenntnisstheoretische ansehen und die Sache nicht so darstellen darf, als bringe man etwas,

was in einem Gebiete als Thatsache feststeht, in ein anderes als blossе Hypothese.

§ 28. Die Kreisbewegung stellt sich bekanntlich als kein principiell neuer Fall mehr dar. Es sind nur besondere Werthe der Constanten nöthig, damit die parabolische Wurfbewegung in die Kreisbewegung übergeht. Daher nöthigt auch die Kreisbewegung zu derselben Definition des Kraftbegriffes; auch hier liegt also keine ‚Uebertragung‘ einer Erfahrung und somit keine Hypothese vor.

Ich will den Leser nicht bei allzu bekannten Dingen unnöthig aufhalten und will daher auch nicht darauf eingehen, wie aus einer Kreisbewegung durch blossе Aenderung der Constanten eine elliptische Bewegung mit einer gegen einen Brennpunkt gerichteten ‚Centralkraft‘ werden kann.<sup>1</sup> Das aber — meine ich — ist jetzt einleuchtend, dass der Begriff der Kraft als eines Umstandes, der Beschleunigung bestimmt, nicht hypothetisch, sondern mit zwingender Nothwendigkeit auch auf diese Fälle Anwendung findet — und weiter, dass dieser Begriff und die in ihm eingeschlossene Erfahrung ebenso aus der Wurfbewegung wie aus der kreisförmigen oder aus der elliptischen Bewegung gewonnen werden kann. Und da wir weiter eingesehen haben, dass wir zu diesem Kraftbegriff auch dann gelangen, wenn wir von den Anfangsbedingungen der betreffenden Bewegung nichts wissen, und auch dann, wenn das Ausmass der Beschleunigung nicht mit dem Ausmass der Beschleunigung irgend einer anderen bereits bekannten Bewegung verglichen wird, so ergibt sich, dass dieser Kraftbegriff und die in ihm enthaltene empirische Thatsache unmittelbar aus der Bewegung des Mondes um die Erde oder der Erde um die Sonne, kurz aus jeder planetarischen Bewegung genommen werden kann.

§ 29. Die in diesem Kraftbegriff enthaltene Erfahrung involvirt also (wie schon früher bemerkt) die Existenz einer Centralkraft, mit anderen Worten sie charakterisirt die Bewe-

<sup>1</sup> Die correctere Folge wäre die, von der Wurfbewegung direct zur elliptischen Bewegung überzugehen und die Kreisbewegung als einen Specialfall der elliptischen darzustellen. Für unsere Zwecke, da es sich nur um die Art der Gewinnung des Kraftbegriffes handelte, ist diese Ordnungsfrage irrelevant.

gung als Centralbewegung. Diese Thatsache nun zusammen mit der unmittelbar beobachtbaren Thatsache, dass die Bahn eine Kegelschnittslinie ist, reicht vollkommen hin, um das bekannte Beziehungsgesetz zwischen Beschleunigung und Entfernung aufzustellen. Es liegt also weder in der Richtung der Beschleunigung, noch in der Abhängigkeit ihrer Grösse von der Entfernung etwas Hypothetisches, vielmehr sind beide Feststellungen Sache der blossen Beschreibung.<sup>1</sup> Sind nun die augenblicklichen Richtungen der Beschleunigung durch blosser Beschreibung festgestellt, dann ist auf demselben Wege auch die Einheit und der Ort des Schnittpunktes gegeben. Dass sich in diesem Schnittpunkt ein Körper befindet, den man demgemäss als Gravitationscentrum bezeichnet, ist selbstverständlich Sache der Beobachtung.

§ 30. Wenn also die Frage aufgeworfen wird, wo denn in der von Newton aufgestellten Beziehung zwischen Kraft und Entfernung<sup>2</sup> das Moment des Hypothetischen gelegen sei, so

<sup>1</sup> Mill hat den wahren Sachverhalt gänzlich verkannt, wenn er den Weg, auf dem wir zur Erkenntniss der Centralkraft, sowie denjenigen, auf dem wir zur Erkenntniss der Beziehung zwischen Beschleunigung und Entfernung gelangen, sozusagen in je zwei Etappen getheilt denkt, von denen die eine in einer beiläufigen Kenntniss besteht, die andere in der strengen Präcisirung dieser beiläufigen Kenntniss. (Vgl. oben p. 12.) Von einer derartigen Theilung in zwei Stufen kann aber gar keine Rede sein. Wir gelangen nicht zuerst zur Erkenntniss einer gegen das Innere der Bahn gerichteten Kraft, um dann deren ‚genauere Richtung‘ festzustellen; vielmehr gelangen wir (in der angedeuteten Weise) sogleich zur genauen Richtung der Beschleunigung. Und ebenso erkennen wir nicht zuerst, dass irgend eine Beziehung zwischen Beschleunigung und Entfernung besteht, um dann erst die Function zu bestimmen, sondern wir gelangen mit einem einzigen Schritt zur Erkenntniss, dass eine solche Beziehung besteht und zugleich von welcher Art sie ist. Damit aber fallen alle Consequenzen, die Mill aus diesem Beispiel einer legitimen ‚Hypothese‘ für die Hypothesenlehre überhaupt gezogen hat.

<sup>2</sup> Von der Beziehung zwischen Kraft und Masse wird hier absichtlich nicht gesprochen. Die Aufstellung dieser Beziehung sagt nur, dass beim Vorhandensein von mehr als zwei Körpern noch eine weitere Constante in Betracht kommt — und weiter definirt sie diese Constante. Der Name ‚Masse‘ ist eine — übrigens ganz irrelevante — Sache der Nomenclatur. Von einer ‚quantitas materiae‘ u. dgl. ist bei diesem Begriff natürlich gar keine Rede.

lautet die Antwort: Nirgends! Es liegt eine blosser Beschreibung vor, und daher ist zur Bildung von Hypothesen gar kein Anlass gegeben.

Der vielcitirte Ausspruch Newton's ‚Hypotheses non fingo‘, an dem die Logiker allerlei Interpretationskünste geübt haben, heisst ganz einfach und ohne unnöthige Künstelei: ‚Ich mache keine Hypothesen‘, sc. weil ich die Thatsachen bloss beschreibe. Fragen wie die, ob nicht ein anderes Gesetz das richtigere sei — Fragen, die bei jeder wirklichen Hypothese principiell gestattet sein müssen — haben hier überhaupt keinen vernünftigen Sinn.

Mit der Thatsache, dass hier und in der Mechanik überhaupt gar keine Hypothesen bestehen, scheint mir nun aufs Engste jene erste regula philosophandi zusammenzuhängen, in welcher der kritische Ausdruck ‚vera causa‘ vorkommt. Wo es sich bloss um Beschreibungen handelt, dort liegt es in der Natur der Sache, dass das Bedingende (= der bestimmende Umstand) ebenso ein empirisch gegebenes Phänomen ist wie das Bedingte: Beides muss erkenntnistheoretisch gleichwerthig sein, d. h. es muss aus einer Quelle derselben Art stammen und denselben Grad von Sicherheit haben, das Bedingende muss in demselben Sinne ein ‚verum‘ sein, wie es das Bedingte ist. Das und nichts Anderes ist offenbar gemeint, wenn man in der Mechanik nur ‚verae causae‘ zulassen will. Somit hat Newton, indem er diese Forderung aufstellt, dasselbe gemeint, was wir heute meinen, wenn wir die Beschreibung der Bewegungen als Aufgabe der Mechanik bezeichnen. Es ist nur eine durch die Entwicklung der positivistischen Erkenntnistheorie bedingte grössere Präcision im Ausdruck, wenn wir heute in der Mechanik den Terminus ‚Ursache‘ ganz fallen lassen; ein neuer Gedanke liegt gegenüber der Newton'schen Regel (wenn sie nur richtig verstanden wird) nicht vor. Die Behauptung, dass in der Mechanik nur verae causae Platz finden, steht und fällt also mit der Berechtigung jenes anderen Ausspruches ‚Hypotheses non fingo‘. Beide Aussprüche aber dürfen nicht aus ihrem ursprünglichen Zusammenhang herausgerissen werden; sie stehen in einem Werk über Mechanik und beziehen sich auf mechanische Forschungen. Ob in anderen Forschungsgebieten Hypothesen zulässig sind, oder ob es sich

überall nur um Beschreibungen handelt, darüber sagt Newton gar nichts. Daher erscheint es mir höchst unpassend, wenn J. St. Mill in Newton's optischer Theorie ein ‚auffallendes Beispiel von der Verletzung seiner eigenen Regel‘ sehen will. Und noch unpassender ist es natürlich, jene erste regula philosophandi zu einer Regel für die Hypothesenbildung zu machen, da sie doch offenbar nur auf Gebieten gilt, wo überhaupt keine Hypothesen vorkommen. In Newton's Principien wird man vergebens nach Aufklärung in Sachen der Hypothesenlehre suchen.

Ebensowenig ist natürlich in der zweiten Leistung Newton's, die von der ersten als völlig unabhängig gedacht werden muss, eine Hypothese enthalten. Dass die Beschleunigung, welche den Planeten und Satelliten zukommt, von derselben Art ist wie die terrestrische Schwerebeschleunigung, dass z. B. das dem Monde zukommende  $g$  demselben Gesetze genügt, zufolge dessen auch das  $g$  an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche ein verschiedenes ist, und dass die empirisch bestimmte Constante dieses Gesetzes für die terrestrischen Fallerscheinungen ebenso passt wie für die Mondbewegung, das ist keine Hypothese und war auch nie eine; es handelt sich dabei gar nicht mehr um ein neues Gesetz, sondern nur um die Constatirung der quantitativen Uebereinstimmung von Constanten.

Von der psychologischen Seite her kann man diese zweite That Newton's mit Mach ganz richtig als eine ‚Phantasieleistung‘ bezeichnen. Sofern man gerade die psychologische Seite dieser Entdeckung im Auge hat, kann man ja von einer ‚Uebertragung‘ eines auf anderem Gebiete gefundenen Verhaltens reden, aber nur nicht von einer Uebertragung in dem Sinne, in welchem eine anderwärts bekannte Ursache einer Erscheinung nun für eine neue Erscheinung hypothetisch angenommen wird. Mach hat ohne Zweifel Recht, wenn er sagt: ‚Wahrscheinlich war es . . . das Princip der Continuität, welches auch bei Galilei so Grosses geleistet hat, das ihn (sc. Newton) zu dieser Entdeckung geführt hat. Er war gewohnt, und diese Gewohnheit scheint jedem wahrhaft grossen Forscher eigen zu sein, eine einmal gefasste Vorstellung auch für Fälle mit modificirten Umständen soweit als möglich festzuhalten, in den

Vorstellungen dieselbe Gleichförmigkeit zu bewahren, welche uns die Natur in ihren Vorgängen kennen lehrt.<sup>1</sup> Natürlich darf diesem Principe nur die Rolle eines leitenden Gedankens zugeschrieben werden; beweisende Kraft kommt ihm nicht zu. Es ist im strengsten Sinne ein heuristisches Princip.

§ 31. Hiemit dürfte die erkenntnistheoretische Stellung, welche den beiden grössten Entdeckungen Newton's zuzuweisen ist, hinreichend charakterisirt sein. In Bezug auf die Frage, welche Forderungen eine wissenschaftlich berechnete Hypothese erfüllen muss, im Besonderen, ob die Forderung einer *vera causa* sich plausibel machen lässt und wie diese Forderung präcisirt werden muss — in Bezug auf alle diese Fragen hat uns die Untersuchung der Gravitationslehre auch nicht die mindeste Aufklärung geboten. Aber es musste im Einzelnen gezeigt werden, in welche Gattung intellectueller Thätigkeit die Auffindung und der Nachweis der allgemeinen Gravitation gehört.<sup>2</sup> Das ist in sich betrachtet schon nicht werthlos; es hat aber erhöhte Bedeutung für denjenigen, der an eine Untersuchung der Gesetze der Hypothesenbildung geht und dem in der Literatur an allen Orten Regeln begegnen, welche vermeintlicher Weise der Gravitationstheorie schlechthin auf den Leib geschnitten sind, während sich zeigt, dass das, was man solchergestalt geradezu als den Typus einer legitimen Hypothese ansieht, in Wahrheit mit Hypothesen gar nichts zu thun hat. Diese Bemerkung gilt, wie ich leider sagen muss, auch gegenüber Mill, der uns den Weg, welchen Newton bei seinen grossen mechanischen Entdeckungen gegangen ist, sozusagen als den idealen Weg des Hypothesenbildners vorführt. Man muss endlich einmal aufhören die Regeln der Hypothesenbildung an solchen Beispielen studiren zu wollen, in denen sie gar nicht verwirklicht sind.

<sup>1</sup> A. a. O., p. 177.

<sup>2</sup> Dass dieser Nachweis eine *descriptive* Leistung ist, diese Wahrheit gehört noch immer nicht zu dem festen geistigen Besitzstand der Philosophen. Der Grund dafür dürfte darin liegen, dass man diese Leistung gewöhnlich nicht in ihre elementaren logischen Schritte auflöst und an jedem einzelnen seinen lediglich *descriptiven* Charakter nachweist, wie das oben versucht worden ist.

**V. Ueber die wahren Quellen, aus denen die Hypothesenregeln abgeleitet werden müssen, und über die genaue Fassung dieser Regeln mit Rücksicht auf jene Quellen.**

§ 32. Mill war bei seinen Ausführungen über die Bedingungen einer legitimen Hypothese wesentlich durch den Gedanken geleitet, dass dieselbe an Erkenntnisswerth einer vollständigen Induction gleichkommen müsse. Nun haben wir aber gesehen, dass die Forderung, es müsse schon im Stadium der Hypothesenbildung die Garantie für die Möglichkeit einer künftigen inductiven Bewährung gegeben sein, in dieser allgemeinen Fassung unmöglich erfüllt werden kann. Naturgemäß erhebt sich jetzt die Frage: wenn sich dem Forschenden mehr als eine Hypothese bietet und keine von ihnen die Garantie für die Möglichkeit einer künftigen inductiven Bewährung in sich trägt, muss er sich dann gegenüber allen in gleichem Masse ablehnend verhalten oder ist auch hier noch eine Bevorzugung der einen vor der andern möglich und gerechtfertigt? Nun scheint mir selbst ein Verfechter des Mill'schen Hauptkriteriums die Möglichkeit zugeben zu müssen, dass der Forschende jenen Schritt zur inductiven Bewährung von der einen Hypothese eher erwarten wird als von der anderen, und zwar muss dies ebenso der Fall sein können, wenn beiden Hypothesen *verae causae* zu Grunde liegen, als wenn dies bei keiner der beiden der Fall ist. So wird er die complicirtere Hypothese der einfacheren vorziehen; oder er wird derjenigen Hypothese den Vorrang zusprechen, aus welcher die fragliche Erscheinung mit Nothwendigkeit folgt, gegenüber derjenigen, bei welcher dies nur wahrscheinlicher Weise der Fall ist. Kurz: wir sehen hier Ueberlegungen über den Werth von Hypothesen platzgreifen, welche sich gar nicht auf die Frage der späteren inductiven Bewährung beziehen, also gar nicht auf das Fundamental-kriterium Mill's.

Diese Ueberlegungen haben (um es noch einmal zu sagen) mit der *vera causa* nichts zu thun; sie können ebensogut statthaben, wenn von den concurrirenden Hypothesen jede die

Bedingung der vera causa erfüllt, wie wenn man von keiner weiss, ob sie dies thut.

§ 33. Man sieht leicht — und dies ist oft genug hervorgehoben worden — dass diese Ueberlegungen dem Wahrscheinlichkeitscalcul angehören und die daraus entspringenden Regeln ihre Berechtigung nur diesem Calcul entnehmen.<sup>1</sup> Die Wahrscheinlichkeitstheoretiker haben denn auch längst die für die Logik der Hypothese geltenden Gesetze formulirt. Uns erübrigt hier nur diejenigen unter ihnen, welche in unmittelbarer Beziehung zum Problem der vera causa stehen, in Erinnerung zu bringen, um dann durch Discussion derselben gewisse Anwendungen auf die Technik der Forschung zu gewinnen; principiell Neues haben wir hier nicht vorzubringen.

Hier kommt nun vor Allem ein Gesetz in Betracht, welches schon Laplace als das ‚Fundamentalprincip‘ desjenigen Zweiges der mathematischen Analyse des Zufalls bezeichnet hatte, der ‚im Zurückgehen von den Ereignissen auf die Ursachen besteht‘. Es ist dies das sechste Princip nach der Anordnung, welche Laplace den Grundgesetzen der Wahrscheinlichkeitstheorie gegeben hat. Er hat dasselbe in folgender Weise formulirt:<sup>2</sup> ‚Jede der Ursachen, denen ein beobachtetes Ereigniss zugeschrieben werden kann, lässt sich mit um so mehr Wahrscheinlichkeit voraussetzen, je wahrscheinlicher es ist, dass

<sup>1</sup> So nimmt beispielsweise die Regel, *ceteris paribus* die einfachere Hypothese der complicirteren vorzuziehen, ihre Berechtigung aus zwei Sätzen: 1. aus dem Satze, dass die Wahrscheinlichkeit eines aus zwei von einander unabhängigen Ereignissen zusammengesetzten Ereignisses gleich ist dem Producte aus den Wahrscheinlichkeiten der beiden Theilereignisse, und 2. aus dem Satze, dass das Product zweier echter Brüche kleiner ist als jeder der beiden Factoren. Die obige Regel gilt auch nur in dem Sinne und in dem Ausmass, als sie dem ersten dieser zwei Sätze entspricht. Man sieht dies am deutlichsten aus Folgendem: wenn die ‚complicirtere‘ Hypothese nicht die einfachere in sich schliesst, oder wenigstens eine Hypothese in sich schliesst, welche gleich wahrscheinlich ist wie die ‚einfachere‘, dann ist die Regel durchaus nicht gültig. Und ebensowenig ist sie gültig, wenn die Complication durch Theilvoraussetzungen entsteht, welche von den übrigen nicht unabhängig sind. Man sieht: die Regel kann nur exact gefasst werden, wenn sie Begriffe des Wahrscheinlichkeitscalculs in sich aufnimmt.

<sup>2</sup> Vgl. ‚Philos. Versuche über die Wahrscheinlichkeiten‘, deutsch von Norbert Schwaiger, Leipzig 1886, p. 14.

unter Voraussetzung der Existenz dieser Ursache das Ereigniss stattfinden wird; die Wahrscheinlichkeit der Existenz irgend einer dieser Ursachen ist also ein Bruch, dessen Zähler die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses ist, wie sie sich aus dieser Ursache ergibt, und dessen Nenner die Summe der gleichen Wahrscheinlichkeiten bezüglich aller Ursachen ist; wenn diese verschiedenen Ursachen, a priori betrachtet, ungleich wahrscheinlich sind, so muss man statt der aus jeder Ursache sich ergebenden Wahrscheinlichkeit des Ereignisses das Product dieser Wahrscheinlichkeit mit der Möglichkeit dieser Ursache selbst verwenden.<sup>4</sup>

Anmerkung. In terminologischer Beziehung ist zur Vermeidung von Missverständnissen eine Bemerkung über den Sinn beizufügen, den das Wort ‚Ursache‘ in diesem Zusammenhange haben muss. An eine ‚wirkende Ursache‘ darf, wenn man dem obigen Principe keine unnöthige Einschränkung geben will, keineswegs gedacht werden. Vollkommen einwandfrei scheint mir A. Meyer<sup>1</sup> den Begriff ‚Ursache‘ (soweit er in der Wahrscheinlichkeitsrechnung zur Anwendung kommt) analysirt zu haben. Er äussert sich hierüber (p. 165) wie folgt:

„Die Umstände, welche an der Hervorbringung eines Ereignisses theilnehmen,<sup>2</sup> sind entweder constant oder stetig veränderlich.

„Die ersten, welche man als Chancen des Ereignisses zu bezeichnen pflegt, können bekannt oder unbekannt sein, sie sind entweder einer genauen Berechnung fähig oder lassen nur eine annäherungsweise Schätzung zu.

„Die Umstände der zweiten Art sind der Rechnung völlig unzugänglich.

„In der Wahrscheinlichkeitsrechnung bezeichnet man die Umstände der ersten Art oder die Chancen als Ursachen der Ereignisse, während man die Gesamtheit der veränderlichen Umstände Zufall nennt.<sup>4</sup>

Sonach lässt sich für die vorliegenden Zwecke das Wort ‚Ursache‘ durch das Wort ‚Hypothese‘ ersetzen (wie dies z. B. auch bei A. Meyer geschieht). Von einer Einschränkung auf ‚causale Hypothesen‘ im engeren Sinne ist natürlich nicht die Rede.

§ 34. Betrachten wir kurz den ersten Theil dieses Principes. Es sei ein Ereigniss gegeben, welches die Ursachen  $u_1, u_2, u_3 \dots u_i \dots u_n$  haben kann; die Wahrscheinlichkeiten, mit welcher das Ereigniss aus jeder einzelnen Ursache folgt

<sup>1</sup> ‚Vorlesungen über Wahrscheinlichkeitsrechnung‘, deutsch bearbeitet von Emanuel Czuber, Leipzig 1879.

<sup>2</sup> Wir werden (noch etwas vorsichtiger) das Wort ‚Hervorbringung‘ vermeiden und sagen: ‚Die Umstände, von welchen der Eintritt eines Ereignisses abhängt, oder durch die er bestimmt wird . . .‘

(jede einzelne als gewiss vorausgesetzt), seien bezüglich  $w_1, w_2, w_3 \dots w_i \dots w_n$ . Dann ist die Wahrscheinlichkeit der Existenz einer bestimmten Ursache, z. B. der Ursache  $u_i$ , die wir mit  $W_i$  bezeichnen wollen:

$$W_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n}$$

Aus dieser Formel ergibt sich unmittelbar, dass, wenn auch aus einer bestimmten Ursache (z. B.  $u_i$ ) das Ereigniss mit Sicherheit folgen würde ( $w_i = 1$ ), die Existenz dieser Ursache im Allgemeinen doch nicht gewiss, sondern nur wahrscheinlich wäre:  $W_i < 1$ .

Das ist der wahre Grund, warum man eine Hypothese nicht bloß um ihres Erklärungswerthes willen als erwiesen ansehen darf. Nur in dem Falle, wo  $w_1, w_2, w_3 \dots w_n$  mit Ausnahme von  $w_i$  den Werth 0 annehmen, wäre  $W_i = 1$ . Dieser Fall ist praktisch ohne Bedeutung; Hypothesen, aus denen die Erscheinung überhaupt gar nicht folgt, werden ja von vornherein von der Concurrenz ausgeschlossen; nur so viel ist allerdings möglich, dass die Wahrscheinlichkeit, mit welcher alle übrigen Ursachen die Erscheinung zur Folge haben, ausserordentlich klein wird, ja unter jeden angebbaren Werth sinkt, oder — wie man sich nicht sehr passend ausdrückt — sich nur um eine unendlich kleine Grösse von der Null unterscheidet. Diesfalls würde sich dann  $W_i$  um eine Grösse von 1 unterscheiden, die ebenfalls unter jeden angebbaren Werth sinkt; mit anderen Worten die Existenz von  $u_i$  wäre physisch sicher.

§ 35. Wir haben noch den zweiten Theil des obigen Principes zu besprechen; er kommt für unser Problem besonders in Betracht.

In die vorige Formel für  $W_i$  sind nur diejenigen Wahrscheinlichkeiten eingegangen, mit welchen das fragliche Ereigniss aus den einzelnen Ursachen folgen würde, die letzteren als gewiss vorausgesetzt. Der allgemeinere Fall ist aber offenbar der, dass die einzelnen Ursachen abgesehen von ihrer Beziehung zur fraglichen Erscheinung schon im Vorhinein verschieden wahrscheinlich sind (verschiedene ‚vorgängige Wahrscheinlichkeit‘ haben), wie es z. B. bei einer völlig unbekanntem, aber endlichen Menge von Objecten schon von vornherein wahr-

scheinlicher ist, dass ihre Zahl eine ungerade, als dass sie eine gerade sei u. dgl. Für diesen allgemeineren Fall ist jedes  $w$  noch mit der ‚absoluten‘ (‚vorgängigen‘) Wahrscheinlichkeit der entsprechenden Ursache zu multipliciren. Seien diese absoluten Wahrscheinlichkeiten bezüglich jeder einzelnen Ursache der Reihe nach

$$a_1, a_2, a_3 \dots a_i \dots a_n,$$

so nimmt die obige Gleichung die Form an:

$$W_i = \frac{a_i w_i}{a_1 w_1 + a_2 w_2 + a_3 w_3 + \dots + a_n w_n},$$

und man sieht, dass sie für den Specialfall:

$$a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n$$

die frühere einfachere Form annimmt.

Auf die Frage der vera causa angewendet ergibt sich Folgendes:

Gesetzt, es befände sich unter den angenommenen Ursachen eine einzige, die entweder individuell oder blos der Art nach bereits erfahrungsgemäss bekannt wäre,<sup>1</sup> alle anderen wären in jeder Hinsicht nova, dann wäre, wie klein auch die Wahrscheinlichkeit sein mag, mit welcher das Ereigniss aus dieser bekannten Ursache folgt (wenn sie nur eine endliche Grösse besitzt), diese bekannte Realität mit Gewissheit als die Ursache der Erscheinung anzusprechen (immer vorausgesetzt, dass die Zahl der möglichen Hypothesen erschöpft ist). In diesem Falle wäre also ihr Charakter als vera causa schlechterdings ausschlaggebend.

§ 36. Bedenken wir aber genauer, was dazu gehört, damit dieser Fall verwirklicht werde. Es wird hier angenommen, dass alle mitconcurrirenden Hypothesen die vorgängige (oder absolute) Wahrscheinlichkeit 0 haben; das tritt aber nur ein, wenn

<sup>1</sup> Diese Unterscheidung bezieht sich auf die beiden Fälle: 1. dass etwas wirklich Existirendes als Ursache aufgestellt wird, und 2. dass etwas einem wirklich Existirenden in bestimmt definirter Weise Aehnliches angenommen wird. Das Letztere ist z. B. der Fall, wenn man etwas Bekanntes, aber quantitativ über das empirische Ausmass Gesteigertes, annimmt.

ausser derjenigen Hypothese, welche eine vera causa enthält, nur solche Hypothesen mitconcurriren, welche ein novum im strengsten Sinne enthalten, denn nur dann ist die vorgängige Wahrscheinlichkeit = 0. Das Phlogiston war eine derartige Hypothese und ebenso der horror vacui.<sup>1</sup> Man darf aber nicht etwa den Lichtäther hieherrechnen; denn von den Eigenschaften, die man ihm zutheilt, ist durchaus nicht jede ein novum. Dreidimensionale Medien, die transversal schwingen und deren Schwingungen jede beliebige Lage zur Fortpflanzungsrichtung haben können, sind nichts Unbekanntes, wenn auch beim Lichtäther das Moment des Imponderablen und die Nothwendigkeit, ihn unelastisch zu denken, neu hinzukommt (wir werden später sehen, wie sich die Erkenntnisstheorie zu derartig neuen Variablen verhält).

Sobald das Suppositum nicht etwas schlechterdings Neues ist, sobald also seine vorgängige (oder absolute) Wahrscheinlichkeit auch nur irgend einen endlichen Werth hat, ist es möglich, dass es in der Concurrrenz mit einer vera causa-Hypothese sogar den Sieg davonträgt, wovon man sich mit Hilfe der früheren Formel leicht überzeugen kann.

§ 37. Ich will das sogleich an einem Specialfall erläutern. Gesetzt, es concurriren nur zwei Hypothesen; die eine enthalte eine vera causa in jeder Beziehung und habe daher die vorgängige Wahrscheinlichkeit = 1, die andere sei zwar nicht in allen ihren Theilen, aber doch nach einigen oder sogar nach den meisten ein novum, es sei ihre vorgängige Wahrscheinlichkeit also zwar nicht = 0, aber doch sehr klein — wir wollen sie  $\frac{1}{x}$  nennen — sie habe aber das Phänomen mit Sicherheit zur Folge, während die vera causa (deren vorgängige Wahrscheinlichkeit demnach = 1 ist) es nur mit  $\frac{1}{y}$  Wahr-

<sup>1</sup> Hierin liegt also der wahre Grund, warum man die ‚Erklärungen‘ durch qualitates occultae, überhaupt die ‚metaphysischen Erklärungen‘ im Sinne Comte's verwerfen muss. Es ist interessant zu sehen, dass man die eine Wahrscheinlichkeitsformel nur nach bestimmten Richtungen hin (d. h. durch bestimmte Specialannahmen in Betreff der Werthe  $w$  und  $a$ ) zu discentiren braucht, um alle und jede Regel zu gewinnen, die in Betreff der Hypothesen im Allgemeinen aufgestellt werden kann.

scheinlichkeit zur Folge hat. Dann ist die Wahrscheinlichkeit der a priori viel unwahrscheinlicheren Hypothese

$$\frac{\frac{1}{x} \cdot 1}{\frac{1}{x} \cdot 1 + 1 \cdot \frac{1}{y}}$$

die der vera causa-Hypothese

$$\frac{1 \cdot \frac{1}{y}}{\frac{1}{x} \cdot 1 + 1 \cdot \frac{1}{y}}$$

Ist zufällig  $x = y$ , dann hat keine Hypothese vor der anderen etwas voraus. Sobald aber  $x < y$  und daher  $\frac{1}{x} > \frac{1}{y}$ , kommt gerade die vera causa-Hypothese in Nachtheil. Concurriren mit ihr mehr als eine Hypothese und erklären diese Mitconcurrenten die Erscheinung mit Sicherheit, so wird sogar für  $x = y$ , und selbst wenn  $x$  bis zu einem gewissen Grade grösser ist als  $y$ , die Wahrscheinlichkeit der vera causa-Hypothese unter den Werth  $\frac{1}{2}$  sinken, wie das leicht aus der Formel ersichtlich ist.

§ 38. Nehmen wir nun den Fall an, es würden nur solche Hypothesen zugelassen, welche die Erscheinung mit Nothwendigkeit zur Folge haben (Mill hat immer nur diesen Fall im Auge, aber er thut Unrecht daran, alle anderen zu ignoriren), oder es erklärten alle Hypothesen die Erscheinung mit derselben Wahrscheinlichkeit. Dann fällt natürlich die Wahrscheinlichkeit, mit welcher die Erscheinung aus den einzelnen Hypothesen folgt (die sogenannte ‚relative Wahrscheinlichkeit‘), aus der Formel weg und nur die vorgängigen Wahrscheinlichkeiten bleiben in derselben zurück. Unsere frühere Gleichung heisst dann

$$W_i = \frac{a_i}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}$$

Ist nun  $a_i$  die vorgängige Wahrscheinlichkeit der (einzig vorhandenen) vera causa-Hypothese, während alle übrigen  $a$  sehr geringe Werthe haben, dann kann wieder der Fall eintreten, dass die Wahrscheinlichkeit der vera causa-Hypothese sogar

kleiner als  $\frac{1}{2}$  wird, sofern nur die Summe der vorgängigen Wahrscheinlichkeiten aller anderen Hypothesen grösser als 1 wird. Man wird diesfalls die vera causa-Hypothese zwar jeder anderen, einzeln betrachtet, vorziehen; aber man darf die anderen eben nicht einzeln betrachten, und wird daher der vera causa-Hypothese, weit entfernt, sie als sicher anzusehen, unter Umständen nicht einmal den Werth  $\frac{1}{2}$  zusprechen können.

Wir haben uns soeben absichtlich auf den Fall beschränkt, dass die einzelnen Hypothesen in Betreff ihres Erklärungswerthes einander gleichstehen, indem sie z. B. alle die Erscheinung mit Sicherheit erklären. Wir haben das gethan, um den stillschweigenden Voraussetzungen Mill's möglichst nahe zu kommen. Und trotzdem hat sich gezeigt, dass die einzige vera causa-Hypothese unter Umständen nicht einmal zur Wahrscheinlichkeit  $\frac{1}{2}$  erhoben werden kann. Mill hatte also, abgesehen von der erwähnten keineswegs gerechtfertigten Beschränkung, einen weiteren Umstand ganz ausser Auge gelassen: die Anzahl der concurrirenden Hypothesen.

Wenn im vorigen Falle die vera causa-Hypothese mit einer einzigen anderen concurrirt, dann ist an der überwiegenden Wahrscheinlichkeit der ersteren kein Zweifel (obwohl von einer Gewissheit auch dann noch nicht die Rede ist); bei wachsender Anzahl der Concurrent-Hypothesen können sich aber, wie wir gesehen haben, die Verhältnisse ganz anders gestalten.

Wie erwähnt, gelten diese Ueberlegungen nur für den Fall, dass die mit einer vera causa-Hypothese mitconcurrirenden Hypothesen eine endliche vorgängige Wahrscheinlichkeit besitzen, dass die Ursachen also nicht völlige nova sind. Wir haben nur davor gewarnt, eine hypothetische Ursache, die nicht aus lauter bekannten Elementen besteht, deshalb schon als ein novum anzusehen, und haben ausdrücklich betont, dass z. B. die Lichtätherhypothese nicht hieher zu rechnen sei.

§ 39. Gehen wir nun aber um einen Schritt weiter. Denken wir uns, von den in Frage kommenden Hypothesen habe jede ein völliges novum zum Gegenstande. Falls nur eine vera causa-Hypothese vorhanden ist, trägt sie, wie wir hörten, eben dadurch den Sieg über alle anderen davon. Wie aber, wenn gar keine derartige Hypothese mitconcurrirt?

Die Lösung ergibt sich von selbst: die vorgängige Wahrscheinlichkeit verschwindet einfach aus der Formel. Wir erhalten den schon erwähnten Specialfall:

$$W_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$$

(Oder, was auf dasselbe hinausläuft: der Ausdruck

$$\frac{a_i w_i}{a_1 w_1 + a_2 w_2 + \dots + a_n w_n}$$

ergibt unter der Voraussetzung, dass

$$a_1 = a_2 = a_i = \dots = a_n = 0,$$

nach  $a$  differenzirt, die obige Formel.)

Das heisst nun mit anderen Worten: wenn man zur Erklärung einer Erscheinung nur über solche Hypothesen verfügt, von denen jede ein völliges novum zum Gegenstande hat, wenn also keine einzige vera causa-Hypothese vorliegt, dann wird die Wahrscheinlichkeit der einzelnen Hypothese nur mehr durch ihren Erklärungswerth bestimmt.

So wäre denn ein Fall gefunden, in welchem eine Hypothese durch den Mangel einer vera causa überhaupt nicht beeinträchtigt wird.

Wie anderwärts, so müssen wir aber auch hier darauf bedacht sein, ob der Fall, mit dem wir operiren, nicht am Ende bloß fictiver Natur ist. Es erhebt sich nämlich sofort die Frage, ob bei der wissenschaftlichen Forschung die Bedingungen, unter welchen die vorgängige Wahrscheinlichkeit aus der Betrachtung verschwindet, auch thatsächlich eintreten können. Dass der Forschende mehrere Hypothesen bildet, von denen keine eine vera causa zum Gegenstande hat, das kann unmöglich genügen; es könnte ihm ja gerade unter den möglichen Hypothesen diejenige entgangen sein, welche eine bereits anderwärts bekannte Realität supponirt und gegenüber welcher alle sonst erdachten Hypothesen sofort ausser Betracht kommen müssten. Die bloße Möglichkeit, dass in der Formel wieder ein  $a$ -Werth auftreten könnte, müsste unser Vertrauen in die bisher bevorzugte Hypothese aufs Aeusserste erschüttern.

Wie aber sollen wir eine Garantie erlangen, dass wir den Kreis möglicher Hypothesen erschöpft haben? Man könnte an die Einführung eines neuen Wahrscheinlichkeitsfactors denken. Wie wahrscheinlich ist es, dass sich ausser den von mir gebildeten Hypothesen noch eine weitere Hypothese aufstellen lässt, und zwar eine vera causa-Hypothese? Ohne Frage würde sich auf diese Weise principiell eine Corrective finden lassen; aber es ist ebenso unzweifelhaft, dass uns zur Bildung dieses Factors schlechterdings gar keine Daten zu Gebote stehen. Man muss also diesen Versuch fallen lassen.

Der wahre Ausweg bietet sich an einer anderen Stelle. Wenn es nämlich Fälle gibt, bei welchen es schon in der Natur des Problems liegt, dass eine vera causa nicht gefunden werden kann, dann sind wir wirklich in jener Lage, in welcher die vorgängige Wahrscheinlichkeit aus der Betrachtung verschwindet.

§ 40. Solche Fälle gibt es aber. Wer nach der physischen Ursache einer Empfindung sucht, kann was immer für Hypothesen bilden — es ist sicher, dass keine von ihnen eine vera causa enthalten kann.<sup>1</sup> Was thatsächlich gegeben ist, das sind Empfindungen; und es wäre absurd zu glauben, eine physische Realität, die als Ursache eines bestimmten Empfindungscomplexes supponirt wird, könne irgend einmal, früher oder später, sich als etwas Anderes denn wieder als Ursache von Empfindungen uns kundgeben, wir könnten ihrer unmittelbar habhaft werden, da sie doch schon der Voraussetzung nach nicht in den Kreis dessen gehört, was uns in unmittelbarer Erfahrung gegeben ist. Der erste Schritt, den wir über die Daten der inneren Wahrnehmung hinaus machen, scheint also immer eine Hypothese zu sein, welche die Forderung der vera causa nicht erfüllt und nicht erfüllen kann — aber glücklicher Weise ohne Schaden für ihren Erkenntnisswerth.

<sup>1</sup> Von dem Momente der Analogie sehe ich hier vorläufig ab. Trotz der vollständigen Heterogenität der Gebiete des Physischen und Psychischen sind nämlich Aehnlichkeiten in den Verhältnissen gleichwohl möglich. In Betreff der Elemente aber muss eine physische Hypothese (im obigen Sinne) nothwendig ein novum enthalten. Es ist nützlich, diesen Fall isolirt zu untersuchen. Dort, wo Analogien mit ins Spiel kommen, geht in die  $a$ -Werthe noch ein besonderer Factor mit ein.

In seinem System der Logik hat Mill die letzte Consequenz aus seiner Hypothesenlehre nicht gezogen, wohl aber finden wir sie in seinem Buche über Hamilton's Philosophie.<sup>1</sup> Nichts Anderes — wird dort gelehrt — dürfe man ausserhalb der eigenen psychischen Phänomene annehmen als ‚groups of permanent possibilities of sensations‘, Gruppen von beharrenden Empfindungsmöglichkeiten; dies und nichts Anderes seien die eigentlichen Realitäten (‘the very realities‘). Ich will hier nicht weiter verfolgen, zu welchen höchst bedenklichen Positionen eine derartige These führen muss, wie z. B. dass unsere Sensationen ‚Darstellungen, Erscheinungen oder Wirkungen‘ (‘representations, appearances or effects‘) dieser Realitäten seien, dass man also eine wirkende Möglichkeit würde zulassen müssen — nur darauf will ich hinweisen, dass diese merkwürdige Lehre als eine Consequenz desjenigen Standpunktes aufgefasst werden muss, den ihr Urheber in Sachen der Hypothesenbildung eingenommen hat.

§ 41. Nun wird man billig folgende Frage erheben: wenn schon der erste Schritt, den wir über die Grenzen unserer psychischen Phänomene hinausmachen, eine Hypothese ohne vera causa ist, kann denn dann eine Hypothese überhaupt jemals eine vera causa zum Gegenstande haben? Treibt uns nicht die Consequenz dazu, diese Frage schlechtweg zu verneinen?

Wir werden sogleich sehen, wie die Behauptung zu verstehen ist, dass schon unsere ersten transsubjectiven Hypothesen (wie man sie kurz nennen kann) sämtlich keine vera causa zum Gegenstande haben können.

Von dem, was man gemeiniglich Hypothese nennt, stellt sich, wie wir gesehen haben, Manches als blosser Beschreibung heraus, und zwar als Beschreibung gewisser Empfindungsthat-sachen oder Erscheinungen im ursprünglichen Sinne des Wortes. Ein Gesetz wie das auf die Grösse des Brechungswinkels bezügliche hat auch für den strengsten Phänomenalisten einen durchaus guten Sinn, desgleichen das Fallgesetz und viele andere.

<sup>1</sup> ‚An Examination of Sir William Hamilton's Philosophy etc.‘, ein Werk, das — obwohl nicht minder bedeutungsvoll als des Verfassers mit Recht hochgeschätzte Logik — bis heute noch nicht ins Deutsche übersetzt ist. Für unsere Frage vgl. namentlich das XI. und XII. Capitel.

Wenn nun auch gar kein Element unserer Empfindungen in die transsubjectiven Hypothesen übertragen werden kann, den letzteren also in diesem Sinne keine *verae causae* zu Theil werden können, so ist es doch ganz gut möglich, Verhältnisse von Elementen, wie wir sie innerhalb des Kreises unserer Empfindungen constatiren, auf jenes ausserhalb desselben gelegene Gebiet zu übertragen. Auch wer einen Beweis für die Existenz eines objectiven Raumes für unmöglich hält, wird mit Hinblick auf die sichtbare Fallerscheinung die Annahme machen dürfen: hier besteht ausserhalb des Empfindungsgebietes eine Variable, welche dem Quadrate der Zeit proportional geht. Was in Betreff der Elemente gilt, gilt nicht auch in Betreff ihrer Verhältnisse. Eine transsubjective Hypothese muss also zwar neue Elemente, sie kann aber bekannte Verhältnisse zum Gegenstand haben; letzterenfalls ist also das Suppositum wenigstens zum Theile der Art nach bekannt und diesem Theile nach als *vera causa* anzusehen.

§ 42. Wenn wir es mit dem Begriff *vera causa* ernst nehmen, wenn wir ihn definiren als Etwas, dessen Existenz uns der Species nach sicher steht, dann sind mit dem eben erwähnten Fall die Möglichkeiten erschöpft, in welchen die ersten transsubjectiven Hypothesen eine theilweise *vera causa* enthalten können.

Man kann aber von einer *vera causa* noch in einem anderen, weniger strengen und sozusagen relativen Sinne sprechen. Ich will an einem Beispiel auseinandersetzen, was damit gemeint ist. Wenn ich die Annahme mache, dass sich die Erde wie ein magnetischer Körper verhält, so kann diese Annahme auch dann gemacht werden, wenn ich in Betreff der mir bekannten magnetischen Körper nicht weiss, worin eigentlich die Natur des magnetischen Zustandes besteht. Für viele auf den Erdmagnetismus bezügliche Untersuchungen kann diese letztere Frage auch ganz irrelevant sein. Nicht darauf kommt es dann an, eine Hypothese zu bilden über die wahre Natur des Erdmagnetismus, sondern über die Beziehungen gewisser (der sogenannten erdmagnetischen) Erscheinungen zu den — weiter nicht bekannten — Erscheinungen, die wir im Laboratorium an magnetisirten Körpern beobachten. Wenn man nun trotzdem die Annahme, die Erde verhalte sich als

Magnet, für eine vera causa hält, so ist klar, dass damit nur eine vera causa secundärer Art gemeint sein kann. Dies geht schon aus dem Umstande hervor, dass eine derartige Hypothese uns in keiner Weise über die wahre Natur des betreffenden äusseren Vorganges Aufklärung verschafft, ja dass sie dies gar nicht einmal beabsichtigt. Das Ziel, welches dabei angestrebt wird, ist in der That ein ganz anderes: es soll blos eine möglichst umfassende und dabei möglichst sparsame Beschreibung von Vorgängen erreicht werden, die unserer Erfahrung unmittelbar zugänglich sind. In Betreff solcher Hypothesen möchte ich die Charakteristik, die Mach, sowohl was ihre Ziele als was ihre Mittel anlangt, gegeben hat, vollinhaltlich unterschreiben. Dem Standpunkte Mach's ist es eigen, dass er das Ziel der Naturerforschung in der Beschreibung der unmittelbar sicheren Erfahrungen<sup>1</sup> und dass er das Princip dieses Beschreibens in der möglichsten Oekonomie erblickt.<sup>2</sup> Es handelt sich also hier nur um eine innere Ordnung, welche in das erfahrungsmässig Gegebene gebracht werden soll. Von der Natur des Zieles hängt, wie überall, die der Mittel ab. Soll nur ökonomisch beschrieben werden, dann kann selbstverständlich auch das Wort ‚Erklärung‘ nur den Sinn haben, dass eine Erscheinung als Specialfall eines empirisch bekannten Verhaltens

<sup>1</sup> Es darf nicht übersehen werden, dass darunter nur Daten der inneren Wahrnehmung gemeint sein können. Was gesehen, gehört etc. wird, steht nur als Gesehenes, als Gehörtes etc. unmittelbar fest. Der vorgestellte Inhalt gehört aber in das Bereich der inneren Wahrnehmung, wie z. B. der Schraum, der Fühlraum Bestandtheile der inneren Wahrnehmung sind.

<sup>2</sup> Eine Aehnlichkeit dieses Standpunktes mit dem Berkeley's, die man in Betreff Mach's manchmal behaupten hört, kann ich beim besten Willen nicht finden. Aeussere Realitäten leugnet Mach ebensowenig, wie er sie behauptet (während doch Berkeley das Erstere gethan hat, die Existenz Gottes abgerechnet). Vielmehr hält Mach das ganze transsubjective Gebiet für ausserhalb jeder wissenschaftlichen Erörterung liegend. Ob mit Recht oder nicht, das ist eine andere (sachliche) Frage; aber in Betreff des historischen Momentes glaube ich, dass eine derartige gewaltsame Analogisirung nur auf Kosten der Präcision beider ‚Standpunkte‘, des Berkeley'schen wie des Mach'schen, unternommen werden kann. Mach hat diese vermeintliche historische Beziehung denn auch im Anhang zur 2. Auflage seiner Geschichte der Mechanik (p. 487) ausdrücklich abgelehnt.

erwiesen wird; und kann dies auf directem Wege nicht geschehen, dann wird der indirecte betreten in Gestalt einer Hypothese, d. h. die Zugehörigkeit der einen Erscheinung zu einem Kreise anderer wird vorerst supponirt und die Consequenzen dieser Supposition empirisch geprüft. Dieses Ziel kann selbstverständlich nur erreicht werden, wenn die Erklärungsmittel selbst empirische sind; die Aufgabe, in einen Kreis von Erscheinungen Ordnung zu bringen, nöthigt nicht nur nicht diesen Kreis zu überschreiten, sondern es wäre dies auch ein ganz sinnloses Beginnen. Bei diesem Unternehmen gibt es also — der Natur der Sache wegen — gar keine andere als eine vera causa; aber diese ist eine Erscheinung wie die zu erklärende, beide sind Daten der inneren Wahrnehmung oder in letzter Instanz aus solchen gewonnen.

Die Sache steht aber sofort anders, wenn es gilt, über das physische Antecedens eines Empfindungsdatums eine Hypothese zu bilden, also eine transsubjective Hypothese; sowie die erste Hypothese dieser Art sich nicht an die Bedingung der vera causa zu halten braucht, kann und darf eine Hypothese über eine zweite Erscheinung, welche sich als Specialfall der ersten herausstellt, an jene Bedingung ebenfalls nicht gebunden sein. Eine Hypothese über die erdmagnetischen Erscheinungen muss daher mindestens ebensoviel nova in sich aufnehmen wie die Hypothese über die Natur der Erscheinungen, die wir an magnetisirten Körpern im Laboratorium beobachten (eventuell aber auch mehr).

Wenn aber Jemand sagt: du darfst überhaupt keine transsubjectiven Hypothesen machen; es muss dir genügen, eine Erscheinung als zu einer Gruppe anderer Erscheinungen zugehörig zu erweisen — dann kann man nur mit dem Hinweise auf die einschlägigen Ergebnisse des Wahrscheinlichkeitscalculs antworten, wodurch diese Selbstbeschränkung sich als gänzlich willkürlich und weder durch die Gesetze der Logik, noch durch die besondere Natur des Falles gerechtfertigt herausstellt.

Hiemit wäre unser Problem im Wesentlichen erledigt. Als allgemeingiltige Forderung — das dürfte jetzt feststehen — darf die einer vera causa nicht erhoben werden; in welchen besonderen Fällen sie dennoch berechtigt ist, ist gezeigt worden. Die Grundsätze, welche für beide Fälle massgebend gemacht

werden müssen, sind dargelegt und begründet worden. Nur in Betreff ihrer Anwendung auf specielle Probleme sind noch einige Bemerkungen am Platze.

§ 43. Sowohl für die Auffindung als auch für die Prüfung von Hypothesen scheint mir die Regel von besonderem Nutzen, jede Hypothese in ihre letzten Elementarhypothesen zu zerlegen und diese zuerst getrennt zu behandeln. Unter einem Element einer Hypothese verstehe ich aber nicht bloß die Annahme einer Theilrealität, die auch für sich bestehen könnte, sondern die Annahme jeder letzten, d. h. nicht weiter zerlegbaren Variablen. So sehe ich, wenn eine Bewegung hypothetisch behauptet wird, die Annahme einer bestimmten Geschwindigkeit als besondere Theilhypothese an neben der Annahme der Bewegungsrichtung; die Annahme einer bestimmten Beschleunigung als besondere Theilhypothese neben der Annahme einer gewissen Anfangsgeschwindigkeit u. dgl. m. Nun scheint es mir von grösster Wichtigkeit für die Bildung der Hypothese, dieselbe allmählig aus Elementarhypothesen aufzubauen, für die Prüfung aber sie wieder in dieselben zu zerlegen und jede Elementarhypothese für sich dem Calcul zu unterwerfen.<sup>1</sup>

§ 44. Vorerst eine kurze Bemerkung über den zweiten Punkt, die Prüfung. Es sei eine Variable der Hypothese der Gattung nach in der Erfahrung bekannt, bei einer zweiten Variablen sei dies nicht der Fall. Der Wahrheitswerth der einen muss nun, wie aus früheren Betrachtungen genugsam einleuchtet, nach ganz anderen Grundsätzen beurtheilt werden als der der anderen. In Betreff der zweiten Elementarhypothese kann es sich vielleicht herausstellen, dass sie nur mit solchen Hypothesen zu concurriren hat, welche ebenfalls nova zum Gegenstande haben; in Betreff der ersten liegen vielleicht Concurrzhypothesen vor, die von vornherein (,vorgängig<sup>c</sup>) ganz verschieden wahrscheinlich sind. Für das eine Element wird dann das Moment der ,vorgängigen Wahrscheinlichkeit' aus der Betrachtung verschwinden und ihre schliessliche Wahrscheinlichkeit (als Erklärungsmittel) von endlicher, ja vielleicht

<sup>1</sup> Die Zusammensetzung unterliegt dann nur der Forderung, keinen inneren Widerspruch zu enthalten.

von sehr beträchtlicher Wahrscheinlichkeit sein. Für das zweite Element ist dies vielleicht auch der Fall, jedenfalls aber nur mit Einrechnung seiner vorgängigen Wahrscheinlichkeit. Werden auf diese Weise beide Elemente getrennt geprüft, so kann für das Compositum unter Umständen eine sehr starke Präsumption sich ergeben. Das ist auch die einzig richtige Art der Behandlung. Die zusammengesetzte Hypothese unzerlegt zu prüfen, würde zu folgenden, logisch durchaus verwerflichen Consequenzen führen: eine zusammengesetzte Annahme in toto betrachtet ist schon dann ein novum, wenn auch nur eine Variable ein novum ist. Eine vollkommen unelastische Materie z. B. wäre unter diesem Gesichtspunkt ein novum, wenn sie auch Eigenschaften hat (wie die dreidimensionale Ausdehnung und die Schwere), die uns sonst hinreichend bekannt sind. Dürfte man eine solche Hypothese in toto prüfen (was wir jetzt annehmen wollen), so wäre ihre vorgängige Wahrscheinlichkeit Null; sie würde also, falls sich nur irgend eine Concurrencyhypothese findet, deren vorgängige Wahrscheinlichkeit eine endlich grosse ist, sofort ausser Betracht zu setzen sein — während sie bei getrennter Behandlung ihrer Elemente eine überwiegende Wahrscheinlichkeit erlangen kann. — Es wäre von Nutzen, wenn Hypothesen wie die vom Lichtäther nur immer unter dem Gesichtspunkte dieser methodologischen Vorschrift beurtheilt würden.

§ 45. Aber auch für die Bildung der Hypothese, sagten wir, sei eine derartige Sonderung wichtig, insoferne als es sich empfehle, dieselbe Stück für Stück aus Elementarhypothesen aufzubauen. Es wird nämlich auf diese Weise einem Fehler gesteuert, der bei der Hypothesenbildung nur allzu leicht unterläuft: ich meine den Fehler, (wenigstens in versteckter Weise) mehr anzunehmen, als die Erklärung der in Frage stehenden Erscheinung unbedingt fordert, eine Realität anzunehmen, die mehr Eigenschaften hat, als man ihr lediglich um des Erklärungswerthes willen beizulegen braucht. Wenn es sich z. B. als nöthig erweist, dem Suppositum eine Variabilität nach den drei Raumdimensionen zuzuschreiben, so schleicht sich allzuleicht der Begriff ‚Materie‘ ein und mit ihm der Begriff des Gravitations nach irgend einem Centrum; und wenn dann Gründe vorhanden sind, das Suppositum als nicht gravi-

tirend zu denken, so drängt sich ebenso leicht das Bedenken auf, man habe hier eine aller Erfahrung zuwiderlaufende Annahme gemacht. Aber wer heisst uns denn dort, wo nichts Anderes als dreidimensionale Ausdehnung gefordert wird, sogleich an Materie im mechanischen Sinne denken, d. h. die erforderlichen Daten um etliche nicht erforderliche willkürlich vermehren? Wer sich die Regel beständig vor Augen hält eine Hypothese aus wahrhaft letzten, d. h. nicht in weitere Variable zerlegbaren Elementarhypothesen allmähig aufzubauen und jeden neuen Zuwachs sofort darauf zu prüfen, ob er auch wirklich nur aus einem Baustein und nicht aus mehreren besteht, der schützt sich gegen Willkürlichkeiten, die nachträglich so oft zu Widersprüchen und Enttäuschungen führen. Wer vorsichtig ist und nicht mehr supponirt als unbedingt nöthig, der wird sich hüten, von Transversalschwingungen des Lichtäthers zu sprechen; er wird es bei periodischen Veränderungen bewenden lassen, die ähnliche Verhältnisse wie transversale Schwingungen haben, d. h. diesen nicht gleich, sondern bloß analog sind. Mehr kann nicht verlangt werden. Eine ‚Gleichgewichtslage‘ z. B. kann bei einer periodischen Veränderung auch dann vorhanden sein, wenn dieselbe in keiner Ortsänderung und daher in keiner ‚Schwingung‘ besteht; nur bekommt das Wort ‚Gleichgewichtslage‘ einen viel allgemeineren Sinn und wird dann vielleicht besser durch ein Wort wie ‚Mittelzustand‘ ersetzt.

§ 46. Man möchte es für selbstverständlich halten, dass eine Hypothese nicht mehr enthalten darf, als zur Erklärung unbedingt erforderlich ist; und dennoch glaube ich, dass vielleicht gegen keine Regel häufiger verstossen worden ist als gerade gegen diese. Dafür muss ein besonderer Grund vorliegen, der aber unschwer anzugeben ist.

Für denjenigen, welcher eine Hypothese allmähig aus letzten Elementarhypothesen aufbaut und keine einzige zulässt, die sich nicht als unentbehrlich erweist, ist das, was er in dieser Weise supponirt, nichts Anderes als ein Complex von Eigenschaften (Merkmalen, Bestimmungen, Variablen oder was man sonst für eine Bezeichnung wählen mag); in Folge dessen darf es ihm gar nicht darauf ankommen, ob diese Eigenschaften — nach Analogie unserer sonstigen Erfahrungen

beurtheilt — zusammen eine individualisirte Realität ausmachen, oder ob sie zur Individualisirung nicht hinreichen und daher ein blosses Abstractum geben. Wenn die zu erklärende Erscheinung es erforderlich macht, eine periodische Veränderung in einer dreidimensionalen Mannigfaltigkeit anzunehmen, dann darf eben nicht mehr als dieses supponirt werden, und die Thatsache, dass die Art dieser Mannigfaltigkeit völlig unbestimmt ist und daher das Suppositum als auf vielerlei Art realisirbar gedacht werden kann (wovon die ‚Räumlichkeit‘, die ‚Schwingung‘ u. dgl. nur ein specieller, willkürlich gewählter Fall ist), darf keine Veranlassung geben, in Betreff der Zahl der Elementarhypothesen weniger sparsam zu sein. Selbstverständlich meinen wir nicht, dass man an die Existenz nichtindividualisirter, d. h. unbestimmter Realitäten glauben soll, was ja ein Widerspruch wäre; aber man soll sozusagen den Raum für weitere individualisirende Bestimmungen nicht willkürlich ausfüllen, sondern (wenigstens vorläufig) freilassen. Nun liegt aber nichts näher und ist nichts psychologisch begreiflicher als eine Verletzung gerade dieser Regel. Sie kann in bewusster und absichtlicher Weise stattfinden, wenn man die mangelnde Kenntniss individualisirender Bestimmungen verwechselt mit der Behauptung, dass thatsächlich keine Individualisation da sei, und die Absurdität des letzteren Umstandes auf den ersteren überträgt; sie unterläuft aber viel häufiger in völlig unabsichtlicher Weise nach den Gesetzen der gewohnheitsmässigen Association. Es ist ja nichts natürlicher als eine Bestimmung, welche sich in einer Hypothese als nothwendig erweist, gerade so individualisirt zu denken, wie sie im Gebiet unserer phänomenalen Erfahrungen am häufigsten auftritt. Wer möchte sich darüber wundern, dass die abstracte Annahme einer periodischen Veränderung sofort das viel weniger abstracte Gewand einer räumlichen Bewegung (einer ‚Schwingung‘) anlegt? Und wem wird es auffällig erscheinen, dass die ‚Schwingung‘, welche — wenn auch weniger abstract als die ‚periodische Veränderung‘ — denn doch noch immer ein Abstractum ist, sogleich zur Schwingung eines Stoffes wird, der alle Eigenschaften hat, die wir sonst der ‚Materie‘ zuzuthemen pflegen? Lehnt sich doch unser Geist sichtlich dagegen auf auch nur ein Merkmal, wie z. B. die Schwere, aus jenem Complex weg-

zulassen und so von der Bahn des Gewohnten abzuweichen. Ein psychologischer Zwang ist es, der, wie vielfach anderwärts, so auch hier der logischen Regel zuwiderläuft.

§ 47. Diese Ueberlegung führt uns nun zu dem so vielfach missverstandenen, weil schlecht oder gar nicht definierten Begriff der Hilfsvorstellung oder des heuristischen Principes.

Ein heuristisches Princip ist nichts Anderes als eine über Gebühr specialisirte Hypothese. Man kann dies auch so ausdrücken: ein heuristisches Princip ist immer dann gegeben, wenn sich in einem Complex von Elementarhypothesen auch nur eine findet, die durch die Besonderheit der zu erklärenden Erscheinung nicht unbedingt erfordert wird. Solche Ueberschreitungen des unbedingt Erforderlichen werden in den Naturwissenschaften am häufigsten in dem Sinne gemacht, dass man dort, wo lediglich Gleichheit der Verhältnisse, also Analogie, verlangt wird, diese Gleichheit auch auf die Elemente selbst überträgt. Wer periodische Veränderungen supponirt, die den aus der Erfahrung bekannten Transversalschwingungen analog sind, bleibt auf dem Boden der legitimen Hypothese; wer aber geradezu von Transversalschwingungen selbst spricht, der sollte sich stets gegenwärtig halten, dass er diese Annahme nur als heuristisches Princip ansehen darf und jeden Augenblick bereit sein muss, das Moment der Räumlichkeit preiszugeben. Gar Vieles, was sich als Hypothese ausgiebt, dürfte, an diesem strengen Massstab gemessen, sich als Gleichniss herausstellen.

Ueber den Nutzen, den solche Gleichnisse gewähren, wäre es überflüssig auch nur ein Wort zu verlieren; was hierüber bemerkt zu werden verdient, ist längst und zu wiederholten Malen von berufenerer Seite gesagt worden. Nur einem weitverbreiteten Irrthum über die erkenntnistheoretische Stellung, welche solche Gleichnisse einnehmen, möchte ich noch entgegenreten. So unrichtig es nämlich ist, ein derartiges Gleichniss, eine derartige ‚Hilfsvorstellung‘ oder wie man es sonst nennen mag, für eine berechnete Hypothese zu nehmen, so sehr hat man sich aber auch vor dem entgegengesetzten Fehler zu hüten, der darin besteht, dass man darin gar keinen Ausdruck für etwas Thatsächliches, sondern bloß eine Hilfe für die For-

schung erblickt. Ein Theil eines solchen Gleichnisses ist ja eine legitime Hypothese und bezieht sich daher auf (direct nicht erkennbare) Thatsachen; es wäre aber ungerechtfertigt, lediglich um jenes Plus von Annahmen willen, welche aus der Hypothese ein blosses Bild machen, nun auch den Grundstock von berechtigten Elementarhypothesen auf das Niveau einer blossen Hilfsvorstellung herabzudrücken. Eine Parabel erzählt keine Thatsachen, aber sie gibt doch Verhältnisse wieder, die den factischen Verhältnissen gleichen.

Auf die Gefahr hin, den Vorwurf auf mich zu ziehen, dass ich der Metaphysik gegenüber nicht die übliche ablehnende Haltung einnehme, muss ich somit behaupten, dass einer legitimen und daher nicht über Gebühr specialisirten Hypothese selbst dann, wenn sie ihrer Natur nach bestimmt sein sollte, in alle Zukunft Hypothese zu bleiben, deswegen nicht die blosse Function eines heuristischen Hilfsprincipes zukommt, sondern dass sie uns über thatsächlich Bestehendes mit Wahrscheinlichkeit unterrichten kann, sofern sie nur im Uebrigen in Uebereinstimmung mit den Regeln der Probabilitätslehre gebildet ist. Verdient doch schon der Umstand Beachtung, dass alle Regeln über die Zweckmässigkeit von solchen ‚Hilfsvorstellungen‘ sich decken mit Gesetzen der Wahrscheinlichkeitslehre. Die letztere belehrt uns aber nicht über blosse heuristische Zweckmässigkeiten; sie lehrt uns vielmehr, das Vertrauen in Urtheile über Thatsächliches richtig abschätzen.

§ 48. Und noch eine Nutzenanwendung bietet sich dar. Man hat sich mit Recht gegen die so ausserordentlich verbreitete Ansicht gewendet, welche eine mechanische Erklärung als das letzte Ziel jeder Naturerforschung hinstellt.<sup>1</sup> In unseren obigen Ueberlegungen dürfte der tieferliegende Grund zu finden sein, warum sich jeder vorsichtige und gewissenhafte Erkenntnistheoretiker dieser Tagesmeinung gegenüber ablehnend verhalten muss. Eine mechanische Hypothese im Gebiete der Wärmelehre z. B. ist nothwendig eine solche, die wir als ‚über Gebühr specialisirt‘ bezeichnet haben, sie enthält immer ein unnöthiges Plus von Elementarhypothesen. Nun kann eine Hypothese von

<sup>1</sup> Vgl. ‚Die Mechanik in ihrer Entwicklung‘, V. Capitel: ‚Beziehungen der Mechanik zu anderen Wissensgebieten‘.

dieser Art als leitender Faden für die Forschung von grossem Werthe sein: aber das wird doch Niemand ernstlich behaupten wollen, dass unser letztes Forschungsziel Hypothesen sein müssten, die überflüssige Mehrannahmen in sich enthalten.

Erfreulicher Weise macht sich gerade in dieser Richtung wieder ein gesünderer und — ich möchte sagen — nüchtererer Zug geltend. Im Jahre 1872 noch konnte Du Bois-Reymond in seiner berühmt gewordenen Rede ‚Die Grenzen des Naturerkennens‘ an die Spitze seiner Betrachtungen den Satz stellen: ‚Naturerkennen . . . ist Zurückführen der Veränderungen in der Körperwelt auf Bewegungen von Atomen . . . oder Auflösung der Naturvorgänge in Mechanik der Atome.‘ Konnte dieser Satz schon damals nicht auf ausnahmslose Zustimmung rechnen, so war doch die Majorität der Naturforscher noch im Banne der all-mechanistischen Auffassung. Heute dürfte dieser Satz unter dem Titel eines selbstverständlichen und keines Beweises bedürftigen vor einem Publicum von Naturforschern und Aerzten nicht mehr ausgesprochen werden. Auf der einen Seite würden diejenigen Protest erheben, welche nur Beschreibung von Phänomenen zulassen wollen; auf der anderen Seite diejenigen, welche zwar Aussagen über transcendente Realitäten gelten lassen, aber neben der mechanischen noch mehrfache andere coordinirte Energieformen als letzte und irreducible anerkennen, d. h. als solche, die zwar in erkennbar gesetzmässige Beziehungen zu einander treten können, nicht aber als solche, von denen sich die eine auf die andere ‚zurückführen‘ lässt. Der letztere Standpunkt dürfte — sofern unsere früheren Erörterungen richtig waren — der vorsichtigste und darum der richtige sein. Vielleicht gelingt es auch in dem weiten Kreise der für Naturforschung interessirten Laien, dem mechanistischen Chauvinismus die verdiente Würdigung zu verschaffen. Dabei mag für die Logik das Verdienst abfallen, dass jene für die ganze Naturforschung fundamentalen Gesichtspunkte von Problemen abhängen, welche diese wenig geachtete Disciplin stellt, und von Lösungen, die nur sie zu bieten im Stande ist.



- 5 In Sachen der optischen Tiefenlokalisierung, in: Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 16 (1898), 71-151.



---

Sonder-Abdruck aus  
„Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane“.  
Bd. XVI.  
Verlag von Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

---

## In Sachen der optischen Tiefenlokalisierung.

Von

Dr. FRANZ HILLEBRAND,

ord. Professor d. Philosophie an der Universität in Innsbruck.

(Mit 1 Figur.)

### I. Das Objekt der Kontroverse und der gegenwärtige Stand derselben.

In den Jahren 1859 und 1861 hat WUNDT<sup>1</sup> eine Reihe von Untersuchungen veröffentlicht, welche den Einfluss von Akkommodation und Konvergenz auf die Tiefenlokalisierungen zum Gegenstande haben. Was die Bedeutung der Akkommodation für das Tiefensehen anlangt, so dürfte WUNDT wohl der Erste gewesen sein, der dieselbe einer systematischen Prüfung unterwarf; über die Bedeutung der Konvergenz waren zwar schon vor WUNDT etliche Versuche gemacht worden, aber — soviel mir bekannt — meistens unter Bedingungen, welche eine simultane Stereoskopie und somit eine relative Lokalisation eines Objektes im Verhältniss zu einem andern nicht ausschlossen — wie das immer der Fall ist, sobald ausser dem fixirten Objekt noch ein anderes unterscheidbares Objekt im Gesichtsfeld vorhanden ist. Die Resultate WUNDT's haben denn auch in die meisten physiologischen, ophthalmologischen und psychologischen Compendien Eingang gefunden.

---

<sup>1</sup> Zuerst erschienen in der *Zeitschr. f. rationelle Medizin* von HENLE u. PFEUFFER, III. Reihe, Bd. VII und XII; wiederabgedruckt in „*Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung*“, Leipzig und Heidelberg 1862.

Mir schienen diese Untersuchungen in mehrfacher Beziehung nicht einwandfrei zu sein. Ich habe aus diesem Grunde im Jahre 1893 die Frage nach der Bedeutung von Akkommodation und Konvergenz für die Tiefenlokalisation von Neuem in Angriff genommen und die Ergebnisse dieser Untersuchung im VII. Bande dieser Zeitschrift veröffentlicht.<sup>1</sup> Wie ich kurz erwähnen will, bestanden meine wesentlichsten methodischen Abweichungen von WUNDT erstens darin, dass ich Binokularversuche prinzipiell ausschloss (aus Gründen, die ich unten noch einmal in Erinnerung bringen werde) und zweitens darin, dass ich als Fixationsobjekte nur solche Gegenstände wählte, welche nach der einen Dimension sich stets über den ganzen erleuchteten Theil des Gesichtsfeldes erstreckten, nach den anderen Dimensionen aber schlechterdings ohne Ausdehnung waren, so dass also ein Näher- oder Fernerrücken des Objektes auf keinen Fall eine Aenderung des scheinbaren Durchmessers (und damit der scheinbaren Grösse) zur Folge haben konnte und daher ein Erkennen des Näher oder Ferner auf Grund dieses Kriteriums (sc. der Bildgrössenveränderung) jedenfalls gänzlich ausgeschlossen war. Ebenso war für Ausschluss parallaktischer Verschiebungen durch etwa unterscheidbare Details, sowie überhaupt für den Ausschluss aller sonstigen sog. empirischen Lokalisationsmotive strenge Sorge getragen. Auf diese Weise glaubte ich von sämtlichen Lokalisationsmotiven, die man überhaupt als für die Tiefendimension maassgebend erachten konnte, nur mehr die Akkommodationsänderungen und die mit diesen, vermöge der bekannten physiologischen Assoziation, verknüpften Konvergenzänderungen bewahrt zu haben. Der Erfolg dieser Versuche konnte von vornherein nur in einer von den folgenden zwei Arten ausfallen: entweder wurden die Entfernungsänderungen des Fixationsobjektes erkannt oder sie wurden nicht erkannt; ersterenfalls würden, wie ich damals auseinandersetzte, die Versuche nicht entschieden haben, ob die Akkommodationsänderung allein oder die gleichzeitig mit ihr stattfindende Konvergenzänderung allein die Grundlage für das Erkennen der Distanzänderung abgaben, eben weil die Konvergenz auch bei Ausschluss des andern Auges vom Sehakt sich dennoch mit der Akkommodation gleich-

<sup>1</sup> „Das Verhältniss von Akkommodation und Konvergenz zur Tiefenlokalisation“, *diese Zeitschr.* Bd. VII, S. 97—151.

zeitig mitändert. Diesfalls würden also die Versuchsergebnisse einer doppelten Interpretation fähig gewesen sein. Würden aber die Versuche entgegengesetzt ausfallen, d. h. würde sich zeigen, dass Entfernungsänderungen des Objektes nicht erkannt werden, dann war — so sagte ich mir — die Frage sowohl für die Akkommodations- als auch für die Konvergenzänderungen im negativen Sinne entschieden.

Thatsächlich haben nun meine damals angestellten Versuche dieses negative Resultat ergeben. Auf Grund von Ueberlegungen, auf die ich noch später eingehend zu sprechen kommen werde, glaubte ich mich darum zu dem Schlusse berechtigt, dass eine Tiefenwahrnehmung auf Grund centripetaler Muskelempfindungen, sei es, dass diese von der Akkommodationsmuskulatur, sei es, dass sie von der äusseren Augenmuskulatur herrühren, überhaupt nicht existire.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind inzwischen von zwei Psychologen geprüft und bestritten worden: im Jahre 1895 von E. T. DIXON<sup>1</sup>, und sodann erst kürzlich von MAXIMILIAN ARBER<sup>2</sup>. Beide Herren haben meine Versuche wiederholt und deren unmittelbare Ergebnisse — von graduellen Abweichungen abgesehen — bestätigt gefunden; keiner von ihnen hat sich aber mit meinen Schlussfolgerungen befreunden können, vielmehr halten Beide daran fest, dass man Tiefenunterschiede auf Grund centripetaler Muskelempfindungen wahrnehmen könne. Indessen geht ARBER in seiner Opposition viel weiter als DIXON; nicht nur die Schlussfolgerungen hält er für verfehlt; vielmehr scheint ihm meine ganze Versuchsmethode von vornherein ungeeignet zur Erledigung der Frage, der sie dienen sollte. Hatte ich als Objekte Kanten gewählt, also Begrenzungslinien, die nach der Breite schlechterdings ausdehnungslos waren, so kehrt ARBER wieder zu den Fäden zurück, die er allerdings möglichst dünn wählt. Hatte ich Binokularversuche prinzipieller Bedenken wegen von vornherein ausgeschlossen, so experimentirt ARBER seinerseits sowohl binokular als monokular. Hatte ich grundsätz-

<sup>1</sup> „On the Relation of Accommodation and Convergence to our Sense of Depth“ im „*Mind*“ New Series Vol. IV. S. 195—212.

<sup>2</sup> Ueber die Bedeutung der Akkommodations- und Konvergenzbewegungen für die Tiefenwahrnehmung“ in WUNDER'S *Philos. Studien* XIII. Bd. S. 116—161 und S. 222—304.

lich nur successive Vergleiche zugelassen, so hält es ARRRER wieder nicht für überflüssig ihnen auch noch Simultanvergleiche zuzugesellen. Ja nicht einmal der Boden der allgemeinen logischen Methodenlehre ist uns Beiden gemeinsam: während ich gemeint hatte, der Einfluss der Akkommodation (und Konvergenz) sei am Besten zu studiren, wenn man nicht allein auf diejenigen Fälle achtet, in welchen die Akkommodation mit andern notorischen Lokalisationsmotiven zusammen besteht, sondern vor Allem auf diejenigen, in welchen die Akkommodation künstlich isolirt wird, da es doch gar kein Interesse hat sonstige Mitursachen, von denen schon anderwärts bekannt ist, dass sie Tiefenvorstellungen auslösen können, mit der Akkommodation zusammenwirken zu lassen und so jedenfalls Ergebnisse zu schaffen, von denen es nicht sicher ist, ob sie nicht auf Rechnung jener Mitursachen allein zu setzen sind — während ich also auf Grund solcher Ueberlegungen auf möglichste Isolirung der Akkommodation ausgegangen war, greift ARRRER dieses Vorgehen schon an der Wurzel an. „Es ist also,“ sagt er S. 303 „nicht nothwendig, um die Leistung nur eines Motivs kennen zu lernen, alle übrigen auszuschliessen, ja, es ist sogar irrig, zu meinen, dass man auf diesem Wege zu besserer Erkenntniss gelangen könne, denn die einzelnen Motive sind niemals für sich allein wirksam, sondern nur in Gemeinschaft mit andern. Die Untersuchungen im Laboratorium haben es doch mit Fragen zu thun, die dem wirklichen Bewusstseinsleben entnommen sein sollen; diese Untersuchungen werden aber nothwendig werthlos werden, oder doch nur als negative Ergänzung zu andern in Betracht kommen können, wenn darin Bedingungen geschaffen werden, die mit dem wirklichen Leben schlechterdings nichts mehr gemeinsam haben.“

Ich bin nun freilich der Ansicht, dass, wenn man psychische Erscheinungen unter Bedingungen stellt, welche von den normalen Bedingungen des gewöhnlichen Lebens so weit wie nur immer abweichen, man es doch noch immer mit Fragen des „wirklichen“ Bewusstseinslebens zu thun hat; auch glaube ich, dass sich die Naturforscher bestens bedanken würden, wenn man ihnen die künstliche Isolirung der einzelnen Theilursachen einer Erscheinung verwehren würde mit der Motivirung, sie schafften hier Bedingungen, „die mit dem wirklichen Leben schlechterdings nichts mehr gemeinsam haben.“ Doch will ich späteren

kritischen Bemerkungen nicht vorgreifen; ich wollte dem Leser nur ein beiläufiges Bild von der Divergenz der Ansichten meines Kritikers und der meinigen entwerfen, um damit die Weitläufigkeit der folgenden Entgegnung zu rechtfertigen.

Neues Thatfachenmateriale — das will ich gleich jetzt bemerken — werde ich nicht beibringen. ARREER und DIXON haben bei Wiederholung meiner Versuche die unmittelbaren Ergebnisse derselben bestätigt gefunden — abgesehen von einigen graduellen Abweichungen; hier wäre also eine weitere Häufung von Versuchen ziemlich bedeutungslos. Weiter hat besonders ARREER ein nicht unbedeutliches Material an neuen Versuchen beigebracht, deren Bedingungen von den meinigen nach verschiedenen Seiten hin abweichen. So scheint es mir denn förderlich, ehe man an weitere Variationen der Versuchsumstände geht, vorerst einmal nachzusehen, was sich aus den schon vorhandenen Versuchen erschliessen lässt. Dabei wird sich die Gelegenheit finden neben der Kritik der beiden genannten Arbeiten auch in der positiven Lösung des einen oder andern, auf die Tiefenlokalisierung bezüglichen Problems einen Schritt weiter zu machen. Namentlich hoffe ich in die Frage nach der Lokalisation des „Kernpunktes“ und der „Kernfläche“ einige Klärung zu bringen und so den gegenüber HERING so oft erhobenen Vorwurf, dass seine Theorie nur den relativen Lokalisationen Rechnung trage, während derjenige Punkt, relativ zu welchem alle andern Ortsbestimmungen erfolgen sollen, in seiner Lokalisation ganz unbestimmt sei und somit sein ganzes Raumsystem in der Luft hänge, als einen bloß scheinbaren und durch Missverständnisse verursachten darzuthun.

Zunächst aber wende ich mich zu derjenigen Kritik, welche ARREER an meiner Versuchsordnung geübt hat. Sie bezieht sich hauptsächlich auf zwei Momente:

1. auf die Anwendung solcher Fixationsobjekte, die beim Wechsel der Entfernung keine Aenderung des scheinbaren Durchmesser zulassen; und

2. auf den prinzipiellen Ausschluss aller binokularen Versuche, der von mir als wesentlich behauptet von ARREER aber verworfen worden ist.

Im Anschluss an Punkt 1 will ich auch die Frage erörtern, ob Fixationsobjekte von der Art wie sie ARREER angewendet

(Fäden) überhaupt eine eindeutige Interpretation der Versuche zulassen.

Ich habe bei meinen Versuchen Begrenzungslinien zwischen zwei Flächen als Objekte benützt. Die eine Hälfte des Gesichtsfeldes wird durch einen schwarzen Kartonschirm gebildet, dessen vertikale, das Gesichtsfeld halbirende Kante scharf geschnitten ist, so dass an ihr gar kein Detail zu sehen ist; der Schirm ist nach der Tiefe verschiebbar. Die andere Hälfte bildet eine matte weiße Glastafel, die durch zwei Lampen gleichmässig beleuchtet ist und ebenfalls keine Details erkennen lässt; sie ist weiter entfernt als der bewegliche Schirm und steht fest. Die Umgrenzung des Gesichtsfeldes ist gegeben durch einen kurzen Tubus, dessen Kontur wegen der sehr geringen Entfernung vom Auge unter allen Umständen stark verwaschen erscheint.<sup>1</sup>

Bei der einen Versuchsreihe wird der Schirm bei fortwährend fixirendem Blicke so verschoben, dass die Akkommodation ohne Schwierigkeit folgen kann. Bei der zweiten Versuchsreihe ist die Aenderung der Entfernung keine kontinuierliche sondern eine abrupte. Dabei werden zwei Schirme angewendet, ein linker und ein rechter, und zwar in der Weise, dass in dem Augenblicke, in welchem z. B. der linke Schirm aus dem Gesichtsfeld verschwindet, der rechte in dasselbe eintritt. Die vertikale Grenzlinie des zweiten Schirmes nimmt genau die Stelle ein, welche vorhin die des ersten innegehabt hatte. Die Einrichtung ist so getroffen, dass der Wechsel der Schirme mit einem plötzlichen Ruck erfolgen kann.

Bei der ersten Versuchsanordnung (kontinuierliche Verschiebung) konnte keiner der Beobachter die Entfernungsänderung mit Sicherheit erkennen, selbst wenn die grössten, innerhalb der individuellen Akkommodationsbreite der einzelnen Beobachter möglichen, Exkursionen gemacht wurden. Beginn und Ende der Bewegung konnte keiner der Beobachter richtig angeben; über die Richtung der Bewegung wurde in der Mehrzahl der Fälle das Urtheil ganz zurückgehalten, wenn aber Urtheile abgegeben wurden, so sehr oft falsche.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Näheres über die Versuchseinrichtung findet man in der citirten Abhandlung S. 108 ff.

<sup>2</sup> Genauerer in der citirten Abhandlung S. 118 ff.

In der zweiten Versuchsreihe (abrupter Wechsel zweier Kanten) unterlagen die Ergebnisse grösseren individuellen Verschiedenheiten; doch ist aus allen Beobachtungen zu erkennen gewesen, dass hier die Bedingungen für die Beurtheilung des Ferner und Näher entschieden günstigere waren als bei kontinuierlicher Aenderung der Distanz. So konnten Entfernungsunterschiede, die einer Differenz von 1 Dioptrie entsprachen, von manchen Beobachtern konstant und mit Sicherheit erkannt werden.<sup>1</sup>

Nun hat ARRRER bereits die Versuchsanordnung als prinzipiell verfehlt angegriffen.

Sein Gedanke ist, kurz gesagt, der: die Lokalisation des Objektes B relativ zum Objekte A ist nur möglich, wenn die absolute Lokalisation von A in bestimmter und anschaulicher Weise vor sich geht. „... ich meine, wo der Beobachter, sei es aus was immer für einem Grunde, nicht dazu gelangt sich eine solche anschauliche Vorstellung von der Distanz eines Objektes zu bilden, er auch nicht erkennen kann, ob eine ihm später gezeigte Distanz grösser oder geringer ist als eine unmittelbar vorher angeschaute.“<sup>2</sup>

In meinen Versuchen — so geht das Argument weiter — ist nun tatsächlich kein Anhaltspunkt für eine absolute Lokalisation der ersten Kante in bestimmter und anschaulicher Weise gegeben: also darf man schon von vornherein nicht verlangen, dass die zweite Kante relativ zur ersten richtig lokalisiert werden kann. Meine Resultate konnten daher nur negativ ausfallen und mein Schluss, dass wir Tiefenunterschiede nicht auf Grund von Muskelempfindungen erkennen können, war also unberechtigt. Er wäre berechtigt gewesen, wenn ich für Umstände gesorgt hätte, die eine bestimmte absolute Lokalisation des ersten Objektes würden möglich gemacht haben.

„Wie sollte da aber,“ so fragt ARRRER, „eine relative Tiefenschätzung möglich sein, wenn der Beobachter überhaupt keine bestimmte Vorstellung von der Entfernung der ersten Kante hat?“ (S. 285.)

Die „Akkommodationsbewegungen und -empfindungen konnten nicht schon allein zum Schätzen der Tiefe verhelfen, weil

<sup>1</sup> Näheres darüber in der citirten Abhandlung S. 126 ff.

<sup>2</sup> a. a. O. S. 258 und an zahlreichen anderen Stellen.

es an einer bestimmten und anschaulichen Tiefenvorstellung fehlte, innerhalb deren sie eine eindeutige Rolle spielen konnten.“ (S. 292.)

Angenommen, es knüpften sich an die Akkommodations- bzw. Konvergenzempfindungen Tiefenvorstellungen, so seien diese Empfindungen — meint ARBER — für sich allein doch nicht im Stande solche Tiefenvorstellungen associativ wachzurufen; es gehörten dazu noch „gewisse charakteristische Eigenschaften des Objektes selbst,“ Eigenschaften, die eben bei meiner Versuchsanordnung fehlten. „Ein isolirter Punkt oder eine mathematische Linie aber ist in diesem Sinne kein Objekt.“ (S. 296.)

Die Ueberlegungen, welche mich zu meiner Versuchsanordnung veranlassten, enthielten, so meint ARBER, „psychologisch Unmögliches“. Man müsse nämlich bedenken, dass jede Art von Tiefenlokalisation selbstverständlich relativ zum vorstellenden Subjekt stattfinden müsse, und dass ferner in der Vorstellung, welche lokalisiert werden soll, diejenigen Raumwerthe bereits enthalten sein müssen, die ihre Lokalisation bedingen. „Welche Raum-, vor allem Tiefenwerthe besitzt aber eine mathematische Linie auf dem mittleren Längsschnitte nur einer Netzhaut? Keine andern als Null. Und um dieses Null zu lokalisieren, fehlt dann jedes Motiv. Auch der bewusste Wille vermag es nicht, denn hier fehlt ihm erst recht eine Vorstellungsgrundlage.“ (S. 298.)

ARBER hat durch die Aussagen, welche seine Versuchspersonen über ihr Verhalten sowohl bei binokularen als auch monokularen Beobachtungen machten, seine Behauptung von der Abhängigkeit der relativen Lokalisation von der absoluten auch empirisch zu rechtfertigen versucht. Ehe ich aber darauf sowie auf die oben citirten Bemerkungen kritisch eingehe, will ich einige Worte über den Begriff der unbestimmten Lokalisation vorausschicken.

## II. Ueber den Begriff „Unbestimmte Lokalisation“.

Wenn im absolut leeren Gesichtsfeld etwa ein Faden von unbekannter Dicke und ohne unterscheidbare Details oder eine Kante (wie in meinen Versuchen) sichtbar wird, und wenn ein andermal ein ebensolches Objekt (Faden, Kante) in einem mit

allen möglichen Objekten erfüllten Sehfeld, etwa im Studierzimmer, erscheint, so bemerkt Jedermann, dass ihn der ganze Vorstellungskomplex im zweiten Fall sofort in Stand setzt, ein bestimmtes (ob richtiges oder unrichtiges ist hier gleichgültig) Urtheil über die Tiefenlage des betreffenden Objektes abzugeben, dass er aber im ersten Falle sich dazu nicht in gleichem Maasse befähigt fühlt. Dieser unmittelbar bemerkbare Unterschied zwischen beiden Situationen ist es, den der Beobachter mit den Worten charakterisirt, das Objekt sei im einen Falle bestimmt zu lokalisiren, im andern nicht. Ich will dazufügen, dass dieses Bewusstsein der Unbestimmtheit sowohl bei monokularer als auch bei binokularer Betrachtung vorhanden sein kann, dass es aber im ersteren Falle ungleich eindringlicher ist. WUNDT z. B. hat dies in beiden Fällen beobachtet und ARNER stimmt in Betreff der monokularen Beobachtung WUNDT zu,<sup>1</sup> während er für die binokularen Versuche der Ansicht zuneigt, dass die absolute Lokalisation eine bestimmte sei (a. a. O. S. 232). Doch wie dem auch immer sei, uns interessirt im Augenblick nur die Frage, was der Ausdruck „unbestimmt lokalisiren“ überhaupt für einen Sinn hat. Zu sagen, ein Sehobjekt habe eine Tiefenlage, aber keine bestimmte, das wäre ein offener Nonsens, dessen sich übrigens ARNER nicht schuldig gemacht hat. Auch das kann man vernünftigerweise nicht sagen, dass ein solches Sehobjekt gar keine Tiefenlage habe. ARNER meint zwar, wie ich oben erwähnt habe, eine mathematische Linie, auf dem mittleren Längsschnitt eines Auges sich abbildend, habe den Tiefenwert Null und könne daher nicht lokalisirt werden. Ich glaube aber, dass selbst ARNER das nicht in dem Sinne verstanden wissen wollte, dass diese Vorstellung schlechterdings gar keine Beziehung zur dritten Dimension des Sehraums habe. Denn schon das unmittelbare Urtheil, dass sie diesseits des beleuchteten Hintergrundes liege, involvirt eine solche Beziehung zur dritten Dimension. Und auch wenn man einen einzelnen Faden monokular betrachtet (was ARNER gegenüber meinen Kantenversuchen für die bessere Versuchsanordnung hält), so mag man über seine absolute Entfernung noch so sehr im Unklaren sein, die Beziehung zur dritten Dimension

<sup>1</sup> Vgl. seine Abhandlung S. 135.

liegt doch vor, dass man ihn jedenfalls vor oder in die Hintergrundfläche, niemals aber jenseits derselben lokalisiert.

ARRER gegenüber könnte ich auch ein *argumentum ad hominem* ins Feld führen: bei meinen monokularen Kantenversuchen war es, wenn die Kanten abrupt gewechselt wurden, möglich, bei hinreichend grossem Entfernungsunterschied mit Sicherheit anzugeben, ob die zweite Kante vor oder hinter der ersten gelegen sei. Wenn es nun wahr ist, was ARTER sagt, dass ein relatives Distanzurtheil nur möglich sei, wenn man sich eine bestimmte Vorstellung von der absoluten Entfernung der ersten Kante macht, dann darf man schliessen: wo die relative Entfernung mit Sicherheit erkannt wurde, dort musste die erste Kante auch mit Bestimmtheit lokalisiert worden sein. Ich betone aber, dass ich dieser letzteren Erwägung nur den Werth eines *argumentum ad hominem* beilege.

Was man in Wahrheit meint, wenn man von einer „unbestimmten Lokalisation“ spricht, ist, dass die gesammten äusseren Bedingungen nicht hinreichen, um dem Sehobjekt ein bestimmtes Ortsdatum nach der dritten Dimension zu verschaffen, entweder überhaupt oder innerhalb gegebener Grenzen. Es liegt kein durch die äusseren Bedingungen bestimmter Zwang vor, eine mathematische Linie, die sich auf dem mittleren Längsschnitt einer Netzhaut abbildet in sonst leeren Gesichtsfeld in diese oder in jene Entfernung zu lokalisieren. Darin stimme ich mit ARTER überein und auch in der Definition des Begriffes „bestimmte Lokalisation“ sind wir einig, insofern auch ARTER dort von einer solchen spricht, wo „die Entfernungsvorstellung eine von gleichen äusseren Bedingungen bestimmte und nicht von Fall zu Fall wechselnde ist“ (a. a. O. S. 232).

Wo aber die äusseren Bedingungen zu einer bestimmten Tiefenlokalisierung nicht hinreichen, dort ist den verschiedensten inneren Bedingungen vollkommen freier Spielraum gelassen. Die Tiefenvorstellung kann dann von einem Momente zum anderen wechseln; in jedem einzelnen Momente ist sie wohl eine bestimmte, sie ist aber keine konstante, wie dies dort der Fall ist, wo sie durch die Gesammtheit der Reizverhältnisse (äussere Bedingungen) ein für alle Mal gegeben ist und daher nicht wechseln kann, so lange die äusseren Bedingungen dieselben bleiben. Das ist es eigentlich, was man unter „unbestimmter Lokalisation“ versteht. Derartige Tiefenvorstellungen sind u. A. auch der Willkür in hohem Maasse unterworfen, eben

weil die äusseren Bedingungen gar keine bestimmte Lokalisation erzwingen. Beobachtungen dieser Art kann man bei haplo-skopischen Versuchen jeden Augenblick machen. Bietet man in einem Spiegelhaploskope den beiden parallel gerichteten Augen je ein System feiner vertikaler Fäden, die sich von gleichmässigen weissen Hintergründen ohne unterscheidbare Details abheben, so kann man sich das Verschmelzungsbild weiter und näher vorstellen, obzwar die Augen in Ruhe waren, kein scheinbarer Durchmesser sich verändert hat, kurz alle äusseren Eigenschaften der Reize dieselben geblieben sind. Verwendet man unbelegte Glasspiegel, die in durchfallenden Lichte einen Hintergrund von bekannter Entfernung (aber auch ohne Merkmale) sehen lassen, so kann man auf diese Weise das Verschmelzungsbild auf diesem Hintergrund „projizieren“; und wenn die Entfernung dieses Hintergrundes auf Verlangen des Beobachters in bestimmter Weise geändert wird, so kann man auch das Verschmelzungsbild in jeder Weise seine Entfernung wechseln lassen. Bildet ein Stück reinen Himmels den Hintergrund, so kann man das Bild auch auf den Himmel „projizieren“. Bei derartigen Aenderungen bemerkt man auch, dass sich die scheinbaren lateralen Abstände der Fäden des ganzen System mitändern und dass die scheinbare Dicke der Fäden sich dementsprechend mitändert, so dass sie z. B. bei einer solchen Projektion auf den gleichmässigen Himmel wie dicke Drähte aussehen u. dergl. m. Und doch sind alle physiologischen Momente, die nur irgend auf die Tiefenvorstellung Bezug haben können, dieselben geblieben: die Netzhautbilder haben weder ihre Grösse noch ihre Lage geändert, an den Disparationsverhältnissen war nichts geändert (bezw. es waren überhaupt keine Disparationen da, wenn das ganze Fadensystem in einer zur Frontalebene parallelen Ebene erschien), die Akkommodation war dieselbe und die Konvergenz war unverändert.

Man wende nicht ein, dass durch den verschiedenen Hintergrund eine Aenderung in den äusseren Verhältnissen eingetreten sei. Gleichmässig beleuchtete Flächen ohne unterscheidbare Details bieten ja keinen Hintergrund, der einen physiologischen Anlaß zu einer bestimmten Tiefenlokalisierung abgäbe. Dasjenige, was macht, dass ich das Faden-Verschmelzungsbild in eine bestimmte Entfernung lokalisire, ist nicht das Sehen, dass der Hintergrund eine bestimmte Distanz habe, etwa 5 m

entfernt sei, sondern bloss das Wissen, dass er diese Entfernung habe, also ein Umstand, der nicht zu den äusseren Reizbedingungen gehört, sondern nur durch die Phantasievorstellung von einer gewissen Entfernung für die Lokalisation des Faden-Verschmelzungsbildes maassgebend wird.

Es gelingt übrigens auch bei unverändertem Hintergrund das Verschmelzungsbild variabel zu lokalisieren, je nachdem man sich von demselben (willkürlich) diese oder jene Entfernungsvorstellung machen will. Natürlich wird dieser Effekt aber erleichtert, wenn man sich vorher über die Lage des Hintergrundes im Zimmer orientiert und erst dann an das Haploskop tritt. Wesentlich ist nur, dass man während der haploskopischen Beobachtung durch keine äussere Bedingung zu einer bestimmten Lokalisation des Hintergrundes gezwungen ist.

So viel, glaube ich, darf man also mit Sicherheit behaupten: was man gewöhnlich unbestimmte Lokalisation nennt, ist thatsächlich nichts anderes als eine Lokalisation, welche durch keine Besonderheit des äusseren Reizes bestimmt ist. Sie ist bloss von centralen Bedingungen abhängig und kann daher bei konstanten äusseren Reizbedingungen variabel sein, sobald nur jene centralen Bedingungen variabel sind. In jedem einzelnen Moment ist sie aber eine bestimmte; der Ausdruck „unbestimmt“ sollte ersetzt werden durch den Ausdruck „variabel bei konstanten äusseren Bedingungen“. Bleibt man aber bei dem herkömmlichen Terminus „unbestimmte Lokalisation“, so soll man sich wenigstens bewusst sein, dass damit kein deskriptives, sondern ein auf Entstehungsursachen bezügliches, also genetisches Merkmal der Empfindung gemeint ist.

ARRER meint, die Ueberlegung, welche mich zu meiner Versuchsanordnung veranlasste, sei „von vornherein gänzlich verfehlt“, sie trage „psychologisch Unmögliches“ in sich (S. 298). Und warum? Weil „in der Vorstellung, welche lokalisiert werden soll, diejenigen Raumwerthe bereits enthalten sind und sein müssen, die ihre Lokalisation bedingen“, eine mathematische Linie aber unter den angegebenen Verhältnissen den Tiefenwerth Null besitze.

Der erste Satz ist so, wie ihn ARER ausspricht, falsch. Wenn die „Raumwerthe“ in der Vorstellung „enthalten“ sind, dann sind sie phänomenale Eigenschaften der Vorstellung selbst; dann aber „bedingen“ sie nicht den (scheinbaren) Ort des

Vorstellungsinhaltes, sondern sie sind sein scheinbarer Ort. Wenn ich sage: in einem Schallphänomen ist dessen Intensität „enthalten“, dann kann ich mit „Intensität“ nur eine bestimmte Eigenschaft dieses Schallphänomens selbst meinen (und nicht etwa seiner Ursache), und ich darf nicht mehr sagen, das Laut oder Leise sei durch diese bestimmte Intensität „bedingt“, weil ja das Laut oder Leise eben diese Intensität ist. Versteht nun ARER unter „Raumwerth“ hier ein phänomenales Datum der Vorstellung selbst (d. h. also ihren scheinbaren Ort), dann ist die Behauptung, eine lokalisirte Vorstellung müsse ihre Raumwerthe „in sich enthalten“ zwar richtig, aber eine reine Tautologie, aus der man kein Argument machen kann.

Meint aber ARER unter „Raumwerth“ eine Eigenschaft, die nicht der Vorstellung selbst, sondern ihren äusseren Bedingungen zukommt (etwa der Lage des Netzhautbildes, dem Konvergenz- oder Akkommodationsgrad u. dergl.), dann ist es erstens gar nicht „von vornherein“ verfehlt zu sagen, dass die Lokalisation einer Vorstellung auch noch von andern Momenten als bloß von jenen äusseren Bedingungen abhängen kann, m. a. W., dass die Raumwerthe der äusseren Bedingungen der Vorstellung die Lokalisation der Vorstellung selbst nicht immer eindeutig zu bestimmen brauchen; und zweitens ist eine derartige Behauptung weit entfernt von vornherein verfehlt zu sein, vielmehr ein Ausdruck für zahlreiche Erfahrungen, von denen gewiss auch ARER die eine oder andere kennen wird. Ich habe oben auf einige derselben aufmerksam gemacht. Ich will noch hinzufügen, dass das monokulare Invertiren perspektivischer Zeichnungen ebenfalls hierher gehört, wobei die bloße Absicht hinreicht, dieselbe Kante oder denselben Eckpunkt nach vorn oder nach rückwärts zu lokalisiren, während sämtliche periphere physiologische Bedingungen konstant bleiben. In der Zeichnung selbst, bezw. in ihrem Netzhautbild liegt gar kein Motiv, den betreffenden Eckpunkt so oder anders zu lokalisiren. In diesem Sinne könnte ARER ebenfalls sagen, er habe den Tiefenwerth Null, und um dieses Null zu lokalisiren, fehle jedes Motiv. „Auch der bewusste Wille vermag es nicht, denn hier fehlt ihm erst recht eine Vorstellungsgrundlage“ (S. 298).

*Anmerkung.* Ich verstehe überdies die Begründung „denn hier fehlt etc.“ nicht recht. Verlangt ARER, dass diese „Vorstellungsgrundlage“, schon ehe sich der Wille auf sie richtet, einen bestimmten scheinbaren Ort habe? Das

wohl kaum; denn wenn sie schon vorher durch äussere Bedingungen bestimmt lokalisiert war, dann hat der Wille hier überhaupt nichts mehr zu thun. Oder gehört der bestimmte (scheinbare) Ort noch nicht zu jener „Vorstellungsgrundlage“? Nun, dann bringt ihn eben die vom Willen geleitete Phantasie hinzu, oder — genauer ausgedrückt — der Wille wählt von den verschiedenen scheinbaren Orten, welche vermöge der unzureichenden äusseren Bedingungen alle gleich möglich sind, einen bestimmten aus. Der Vorgang ist hier um nichts räthselhafter als alle jene bekannten Fälle, in welchen die sog. sekundären oder „empirischen“ Lokalisationsmotive wirksam sind. Wenn ich ein ebenes Liniensystem (monokular) als perspektivische Darstellung eines dreidimensionalen Gebildes „auffasse“, wenn ich eine Ecke ferner, eine andere näher lokalisiere, so liegt in den gesammten äusseren Bedingungen nichts, was mich gerade zu dieser Lokalisation veranlasste. Das Bild selbst kann unendlich vieler perspektivischer Interpretationen fähig sein. Dass gerade die eine thatsächlich stattfindet, das ist eine Folge centraler Bedingungen, nämlich der Nachwirkung, welche frühere ähnliche, aber dreidimensionale Vorstellungsbilder nun auch auf die gegenwärtige Vorstellung ausüben, die von Seiten der äusseren Reizbedingungen nach der dritten Dimension nicht bestimmt ist. Wer niemals eine geradlinig begrenzte und nach drei Dimensionen sich erstreckende Figur gesehen hätte (was natürlich nur durch die Wirkung der Disparation möglich ist), würde bei monokularer Betrachtung einer zweidimensionalen perspektivischen Zeichnung eines solchen Körpers auch nie zu einer Lokalisation nach der Tiefe veranlasst sein. Ist also in diesem Falle die Wirkung vorhergegangener Tiefenvorstellungen auf die Lokalisation einer neuauftretenden, von Seite der äusseren Bedingungen bloss nach zwei Dimensionen bestimmten Vorstellung ausser allem Zweifel, dann sehe ich nicht ein, welche Schwierigkeiten es machen soll, zu begreifen, dass jene Bestimmtheit nach der dritten Dimension nicht unter Umständen auch willkürlich herbeigeführt werden kann. In den Fällen der „empirischen Lokalisation“ (wie sie genannt zu werden pflegen — wozu u. a. auch die Lokalisation auf Grund der Perspektive gehört) ist eine vorhergegangene Tiefenvorstellung auf die neuauftretende Vorstellung wirksam, indem sie dieser letzteren, die ihrerseits durch die äusseren Reizbedingungen noch keine Tiefenbestimmtheit hat, eine solche Bestimmtheit nach der Tiefe ertheilt — und zwar geschieht das ohne Einfluss des Willens, lediglich auf Grund einer Aehnlichkeitsassociation. Wenn ich mir nun in einem anderen Falle eine bestimmte Tiefe willkürlich vorstelle, warum sollte dann diese willkürlich vorgestellte Tiefe nicht denselben Einfluss auf eine neue Vorstellung haben können, wenn dieselbe von Seiten der äusseren Bedingungen noch kein bestimmtes Tiefendatum erhalten hat? Sind einmal vorhergegangene Tiefenvorstellungen auf solche nachfolgende Vorstellungen, die von Seite der äusseren Bedingungen keine bestimmte Tiefenlage erhalten, derart wirksam, dass sie diese leergelassene Variable auszufüllen vermögen, dann, meine ich, dürfte es ganz gleichgiltig sein, ob dieser reproduzierte Tiefenwerth mit oder ohne Einfluss des Willens aufgetreten und auf die neue Vorstellung in der angegebenen Weise wirksam ist.

Ich stütze meine Ansicht also nur auf zwei Punkte: erstens darauf, dass in allen Fällen, in welchen „empirische Lokalisationsmotive“ wirksam sind, die unbestimmte Tiefenlage eines neuen Objektes durch Tiefenvorstellungen früherer Sehobjekte zu einer bestimmten gemacht werden kann — und zweitens darauf, dass man frühere Tiefenvorstellungen unter Umständen auch willkürlich reproduzieren kann. Wollte ARBER die erste Behauptung leugnen, dann müsste er die Wirksamkeit aller sog. empirischen Lokalisationsmotive in Abrede stellen, was er sich wohl überlegen wird. Wollte er die zweite Behauptung leugnen, dann müsste er behaupten, dass der Wille niemals einen Einfluss auf die Reproduktion ausüben kann. Einen dritten Ausweg kann ich nicht finden.

### III. Möglichkeit einer „relativen“ Lokalisation bei mangelnder Bestimmtheit der „absoluten“.

Fragen wir uns nun, ob und in welchem Sinne man sagen kann, eine relative Lokalisation eines Objektes  $B$  in Beziehung zu  $A$  könne nur stattfinden, wenn  $A$  selbst bestimmt lokalisiert ist (wobei ich hier unter Lokalisation immer Tiefenlokalisierung verstehe). Das Eine ist sicher: wenn  $B$  näher oder ferner erscheint als  $A$ , dann muss  $A$  irgend eine bestimmte Stelle in der Tiefendimension einnehmen, so sicher als nicht ein Ding grösser sein kann als ein anderes, wenn nicht Beide irgend eine bestimmte Grösse haben, oder ein Ding wärmer als ein anderes, wenn nicht beide irgend einen bestimmten Wärmegrad besitzen. Aber darum handelt sich's in der vorliegenden Kontroverse nicht. Die Frage ist vielmehr die, ob  $A$ , wenn  $B$  relativ zu ihm soll lokalisiert werden können, einen durch die äusseren Bedingungen eindeutig bestimmten (scheinbaren) Ort einnehmen müsse. Wir haben ja gehört, dass ARBER nur dann von einer „bestimmten Lokalisation“ spricht, wenn das Sehobjekt bei ungeänderten äusseren Bedingungen stets denselben (scheinbaren) Ort einnimmt. In diesem Sinne des Wortes behaupte ich nun, dass eine Lokalisation des zweiten Objektes relativ zum ersten auch dann stattfinden kann, wenn das erste nicht bestimmt lokalisiert wird, verahre mich aber zugleich gegen die mögliche Missdeutung, dass ein Sehobjekt überhaupt einen unbestimmten scheinbaren Ort einnehmen könne (vgl.

oben S. 79). Meine obige Behauptung ist erstens widerspruchsfrei, denn sie sagt nicht, dass, wenn *B* relativ zu *A* lokalisiert wird, dieses *A* gar keine bestimmte Tiefenlage einzunehmen brauche — es ist aber gar nicht inkonvenient anzunehmen, dass die Tiefenlage von *A* durch die Gesamtheit der äusseren Bedingungen nicht bestimmt zu sein brauche, ja dass sie beim Wechsel der inneren (psychischen) Bedingungen ebenfalls wechseln könne, ohne dass das *B* dadurch gehindert wäre eine bestimmte relative Lage zu *A* zu haben, ja vielleicht sogar immer dieselbe relative Lage.

Aber nicht nur denkbar und widerspruchsfrei ist diese Annahme, sie wird auch noch durch zahlreiche Beobachtungen als thatsächlich zutreffend erwiesen.

WUNDT hat bei der Beschreibung seiner monokularen Versuche über den Einfluss der Akkommodation (wobei er vertikale Fäden als Objekte benützt) angegeben, es lasse sich über die Entfernung des ersten Fadens „nicht das geringste bestimmen“,<sup>1</sup> und doch zeigt uns seine Tabelle die Grenzwerte, jenseits welcher die relative Lage des Vergleichsfadens zum Beobachter sicher erkannt wurde. ARNER findet die Beschreibung, welche WUNDT von seinen monokularen Versuchen giebt, auch für seine eigenen Versuche zutreffend (S. 135); ich muss also annehmen, dass auch ARNER und seine Mitbeobachter den Normalfaden nicht bestimmt lokalisieren konnten; und doch finden sich für jeden seiner Beobachter — gerade wie bei WUNDT — Grenzwerte, jenseits deren die relative Lokalisation des Vergleichsfadens vollkommen gelang. ARNER hält zwar die Behauptung aufrecht, dass „eine relative Entfernungsschätzung kaum möglich“ sei, so lange der Beobachter kein Urtheil über die absolute Entfernung des Normalfadens habe, fügt aber hinzu: „Nur wenn der Faden um so viel verschoben wird, dass eine deutliche Veränderung seines scheinbaren Durchmessers erkannt wird, schliesst der Beobachter auf eine Verschiebung nach der Tiefe; manchmal wird diese gesehen, weit öfters aber nur erschlossen“ (S. 135—136).

Nun will ich sogleich bemerken, dass es für die Frage, ob zur relativen Lokalisation eine bestimmte absolute Entfernungsvorstellung des ersten Objektes nothwendig ist, ganz irrelevant

<sup>1</sup> Beiträge S. 107.

ist, durch welche Mittel die relative Lokalisation erreicht wird. Ob uns die Zunahme der Bildgrösse das Näherrücken erkennen lässt, ob dies (im Falle binokularer Versuche) durch Netzhautdisparation beziehungsweise durch gekreuzte Doppelbilder oder ob es durch was immer für eine Ursache geschehe — sobald das Näherrücken sicher erkannt wird, die absolute Lokalisation des ersten Eindruckes aber unbestimmt ist, ist jener allgemeine Satz ARREB'S, dass die relative Lokalisation von der Bestimmtheit der absoluten abhängig sei, widerlegt, und es bleibt dann ARREB überlassen zu zeigen, warum jene Abhängigkeit, die in so vielen anderen Fällen nicht besteht, gerade für meine monokularen Versuche mit mathematischen Linien gefordert werden soll.

Ich will nun noch ein paar weitere Thatsachen gegen jenen Satz ARREB'S vorbringen.

Wenn man die Versuchsanordnung so wählt, wie ich das bei meinen Akkomodationsversuchen gethan habe (vgl. oben S. 76), wo also eine vertikale Grenzlinie zwischen einer beleuchteten und einer unbeleuchteten Fläche als Objekt benützt wird, und wenn man nun, statt monokular zu beobachten (wie ich es damals gethan) das Objekt binokular betrachtet und es während seiner kontinuierlichen Verschiebung fortwährend binokular fixirt (also Akkomodation und Konvergenz fortwährend anpasst), dann erkennt man die geringsten Verschiebungen durch den unmittelbaren sinnlichen Eindruck, obwohl die Ausgangsstellung durchaus nicht nach ihrer absoluten (scheinbaren) Entfernung bestimmt war: man kann sich die Kante, ehe sie verschoben wird, näher oder ferner vorstellen (vgl. darüber unten S. 88 f.), das ändert nichts an der Bestimmtheit ihrer relativen Lokalisation, sobald sie sich zu bewegen beginnt. Die Ursache dieser feinen relativen Lokalisation hat schon HERING in der Disparation der Netzhautbilder gesehen (worüber später); und in der That muss Einen der ungeheure Unterschied, der bei sonst gleichen Versuchsbedingungen zwischen den Ergebnissen der binokularen und monokularen Beobachtung besteht,<sup>1</sup> zu dem Gedanken hinführen, dass die Feinheit der binokularen Lokalisation weder auf der Konvergenz noch auf der Akkomodation beruhe. Doch ist diese letztere Frage augenblicklich ganz gleichgültig: genug,

<sup>1</sup> Ueber die Unfähigkeit zu jeder relativen Lokalisation bei monokularer Beobachtung habe ich oben S. 76 berichtet.

dass man Aenderungen der Entfernung mit ausserordentlicher Sicherheit sehen und erkennen kann, ohne dass die Lokalisation für die Ausgangsstellung eine unveränderliche zu sein braucht.

Eine weitere Beobachtung habe ich schon in der Abhandlung über Akkommodation und Konvergenz nebenher erwähnt.<sup>1</sup> Ich habe das durch die Konturen des Tubus begrenzte Gesichtsfeld durch einen schwarzen Schirm vollständig abgeschlossen. In dem Schirm war ein AUBERT'sches Diaphragma angebracht und hinter dem Schirm stand die gleichmässig beleuchtete Milchglas tafel. Bei einem bestimmten Stand des Diaphragmas sieht der Beobachter also ein helles Quadrat mit scharfen Rändern, ist aber natürlich nicht im Stande dieses Quadrat der Tiefe nach bestimmt zu lokalisiren. Auch weiss der Beobachter nicht, dass der Experimentator die Grösse dieses Quadrates ad libitum verändern kann. Wenn nun das Diaphragma vergrössert oder verkleinert wurde bei konstanter Stellung des Schirmes, so fiel das Urtheil des Beobachters mit aller Bestimmtheit auf Näherung bzw. Entfernung aus, woraus man ersieht, dass hier die Bildgrösse entscheidend war. Mit aller sinnlichen Deutlichkeit meint man das Quadrat (das aber thatsächlich seine Entfernung nicht ändert) sich nähern bzw. entfernen zu sehen, obzwar seine Ursprungslage den Beobachter nicht zu einer bestimmten Lokalisation nöthigt.

Eine andere hierher gehörige Erscheinung habe ich bei einer früheren Gelegenheit einmal beschrieben.<sup>2</sup> Ich habe damals zu anderen Zwecken eine haploskopische Vorrichtung benützt, die im Wesentlichen mit dem WHEATSTONE'schen Spiegelstereoskop identisch war, jedoch mit einigen Modifikationen, die HERING angegeben hat.<sup>3</sup> Die beiderseitigen Objekte bildeten in meinen Versuchen je drei vertikale Kokonfäden; dieselben konnten den bezüglichen Spiegeln nach Belieben genähert oder von ihnen entfernt werden. Ausserdem war die Einrichtung getroffen, dass die Spiegel mitsammt dem zugehörigen Fadensystemen um je eine Achse so drehbar waren, dass die Augen zu jeder beliebigen

<sup>1</sup> *Diese Zeitschr.* Bd. VII, S. 121f.

<sup>2</sup> „Die Stabilität der Raumwerthe auf der Netzhaut“, *diese Zeitschrift* Bd. V, S. 42f.

<sup>3</sup> Ueber die genauere Einrichtung vgl. die vorhin citirte Abhandlung, *diese Zeitschr.* Bd. V, S. 38, sowie die Tafel am Schlusse der Abhandlung.

Konvergenz genöthigt werden konnten. Stellt man nun die zwei Fadensysteme so ein, dass das Verschmelzungsbild in einer zur Frontalebene parallelen Ebene liegt und wählt man dabei z. B. parallele Augenstellung (also Konvergenz = 0), so fühlt man sich zu keiner eindeutigen, bestimmten Lokalisation des Verschmelzungsbildes genöthigt; man kann sich dasselbe innerhalb gewisser Grenzen als näher oder ferner gelegen vorstellen, die Lokalisation ist also in dem oben (vgl. S. 80) angegebenen Sinne eine unbestimmte zu nennen. Dreht man nun die Spiegel und damit zugleich auch die Fadensysteme so um ihre bezüglichen Achsen, dass die Augen, um das Verschmelzungsbild zu erhalten, zu immer stärkerer Konvergenz übergehen müssen, während man die ganze Zeit hindurch die betreffenden Mittelfäden fixirt, so entsteht mit aller sinnlichen Deutlichkeit der Eindruck, dass das Verschmelzungsbild an den Beobachter heranrückt und zugleich werden die lateralen Distanzen, die die einzelnen Fäden zu einander haben, immer kleiner und kleiner. Man muss den Versuch selbst machen, wenn man sich davon überzeugen will, dass die scheinbare Bewegung der Fäden gegen den Beobachter zu mit jenem Grade sinnlicher Anschaulichkeit erfolgt, wie er beim Sehen von Bewegungen nur überhaupt erreicht werden kann.<sup>1</sup> An diesem Versuche ist aber noch ein zweites Moment von Interesse. Wenn man mit der Drehung der Spiegel (und damit auch der Fadensysteme) aufhört und damit auch das Näherrücken des Verschmelzungsbildes sein Ende erreicht hat, und wenn man nun auf die Endstellung als solche seine Aufmerksamkeit richtet, so bemerkt man, dass nunmehr diese Endstellung gerade so wie die Anfangsstellung zu keiner bestimmten Tiefenlokalisierung nöthigt; ja man hat durchaus nicht den Eindruck, dass die scheinbare Endstellung von der Anfangsstellung so weit abweicht, als die während der Konvergenzänderung gesehene Näherung des Verschmelzungsbildes es verlangen würde. Ich erinnere mich des sonderbaren Eindruckes, den dieser Versuch beim ersten Male macht. Die sinnlich anschauliche Näherung der Fäden, glaubt man, müsse zu einer Endstellung führen, die in ebenso zwingender Weise ab-

<sup>1</sup> Meiner Ansicht nach beruht diese Anschaulichkeit auf den Wirkungen der Disparation der Netzhautstellen. Doch ob darauf oder auf einem andern Umstande, das ist für unsere augenblickliche Frage gleichgiltig.

solut lokalisiert sein müsste und deren absolute Entfernung von der Entfernung der Anfangsstellung doch in dem Maass differiren müsste, als dies dem scheinbaren Ausmaasse der inzwischen mit aller Deutlichkeit gesehenen Annäherungsbewegung entspricht. Aber der Versuch zeigt eben das Gegentheil. Man darf also keineswegs behaupten, „dass ohne anschauliche Vorstellung von der absoluten Entfernung des Objektes auch relative Verschiebungen nicht erfolgreich beurtheilt werden können.“<sup>1</sup>

Indessen hat ARBER einige experimentelle Beweise für die von ihm so entschieden betonte Abhängigkeit der relativen von der absoluten Lokalisation zu erbringen versucht, auf die ich nunmehr zu sprechen komme.

Ueber die Versuchsanordnung ARBER's ist Genaueres in seiner Abhandlung (S. 132 ff.) zu finden. Hier erwähne ich nur, dass als Objekte zwei Fäden von je 0,22 mm dienten. Die Aufhängepunkte beider Fäden waren schon vor Beginn jedes Versuches in der jedesmal gewünschten Weise eingestellt und ihre Entfernungen gemessen, ferner das Pendeln der Fäden durch eine sinnreiche Einrichtung (Lothe aus Stahl und kleine Magnete) vermieden. Hatte der Beobachter auf den Normalfaden eingestellt (monokular oder binokular), so schloss er die Augen und währenddessen wurde der Normalfaden aus dem Gesichtsfelde entfernt und der Vergleichsfaden eingestellt; nunmehr wurde der Beobachter aufgefordert die Augen wieder zu öffnen, er sah dann bloss den Vergleichsfaden. Die besonderen Werthe für die Annäherungs- und Entfernungsschwellen für monokulare und binokulare Versuche sind in den betreffenden Tabellen nachzulesen. Die monokularen Schwellenwerthe sind um Vieles kleiner als ich sie bei meinen Kantenversuchen gefunden habe; binokulare Versuche habe ich aus prinzipiellen Gründen nicht gemacht — worüber später.

Uns interessiren jetzt vor Allem diejenigen Aeusserungen der ARBER'schen Versuchspersonen, in welchen dieser Beweise für die Abhängigkeit der relativen von der absoluten Lokalisation erblicken will, und zwar beziehen sich die folgenden Angaben immer auf Binokularversuche. Eine der Versuchspersonen (Herr Dr. THIÉRY) antwortete auf die Frage, worauf er sein relatives Tiefenurtheil gründe, bald, er erkenne den Tiefen-

<sup>1</sup> ARBER a. a. O. S. 260.

unterschied aus der „Deutlichkeit und Dicke des Fadens“, bald aber, die Ursache sei nicht angebar, aber die Sicherheit des Urtheils „durch sinnliche Evidenz des Eindrucks verbürgt“, dann setzte er wieder zu allen diesen Antworten ein „vielleicht“ hinzu. Diese erstmaligen Versuche ergaben aber „unbrauchbare Resultate“ und überdies waren auch die Angaben des Beobachters über die Art seines Verfahrens — wie man sieht — sehr schwankend und liessen keine bestimmte Deutung zu. Grösseres Gewicht legt ARNER den Auskünften desselben Beobachters bei, nachdem sich bei demselben allmählich eine bestimmte Praxis festgesetzt hatte und seine Versuche nunmehr viel bessere Resultate lieferten. THIÉRY'S Angaben muss ich hier ausführlich mittheilen (a. a. O. S. 223 ff.). In der Zeit, in welcher die Normaldistanz gegeben ist, bemüht sich Herr Dr. THIÉRY, sich vor Allem „eine Vorstellung von der Entfernung des Fadens zu bilden“, nebenbei achtet er auch auf die Dicke und Deutlichkeit desselben. „Sofort ersichtlich“ sei es, dass der Normalfaden zwischen Hintergrund und Blickrohr „so zu sagen in der Luft schwebt“. Die scheinbare Entfernung sei dabei eine bestimmte, sie verändere sich bei mehrmaligem Hineinblicken in das Blickrohr nicht. Diese Entfernung, gab Herr THIÉRY an, müsse er „in der Vorstellung behalten, wenn er mit dem Gefühle objektiver Sicherheit ein Urtheil über die Vergleichsdistanz haben sollte.“ Um nun die Normaldistanz leichter im Gedächtniss zu behalten, bediente sich der Beobachter des folgenden Kunstgriffes: er „konstruirte sich in der Phantasie ein Dreieck, dessen Basis in seinen Augen lag, dessen Seiten die sichtbaren Enden des Tubus tangirten und durch dessen Spitze der herabhängende Faden ging. Diese Vorstellung war es jetzt, die Herr THIÉRY in der Pause während der Verrückung des Fadens im Gedächtniss festzuhalten suchte.“ Trat dann der Vergleichsfaden ins Gesichtsfeld, so erkannte der Beobachter seine relative Lage entweder sofort oder er gab sein Urtheil erst nach einiger Zeit ab. Letzterenfalls war er weniger sicher und wurde um so unsicherer, je länger er mit dem Urtheil zögerte.

Die Methode, den absoluten Abstand des Normalfadens mittelst phantasirter Figuren im Gedächtniss festzuhalten, kehrte auch bei den übrigen vier Beobachtern wieder, nur dass jeder in seiner Weise diese oder jene Figur in das Gesichtsfeld hineinphantasirte.

Die Probe aufs Exempel war in gewisser Weise dadurch gegeben, dass drei weitere Versuchspersonen (die Herren Dr. KIESOW, USSOW und TAYLOR) derartige Hilfsmittel der absoluten Lokalisation, wie es die beschriebenen Phantasiefiguren waren, nicht anwendeten, dadurch aber auch zu einem „verzweifelten Durcheinander falscher Urtheile“ gelangten (a. a. O. S. 258 ff.). Herr USSOW wurde gefragt, ob er das Urtheil über die relative Entfernung des zweiten Fadens aus der Vergleichung der beiden, ihm successive dargebotenen Entfernungen erhalte oder sonstwie. Die Antwort lautete: er versuche zwar so zu verfahren, eigentlich gelinge es ihm aber nie; er sehe den Normalfaden zwar in einer bestimmten Entfernung, nach Verschluss der Augen werde aber das Bild „immer verwaschener“, er habe dann keine rechte Vorstellung mehr von der Entfernung desselben und „am allerwenigsten wenn er die Vergleichsdistanz zum Anschauen bekomme“ (S. 259). Und ähnlich erklärte Herr Dr. KIESOW, „wenn er den Faden in der Vergleichsdistanz sehe, so wisse er eigentlich nicht mehr, wie weit der erste in der Normaldistanz war.“ Schliesslich motivirte Herr TAYLOR die Schwierigkeit des Entfernungsvergleiches mit der „Unbestimmtheit“ beider Distanzen.<sup>1</sup> Sobald aber ARER dem letzterwähnten Beobachter mitgetheilt hatte, wie die ersten fünf Beobachter mittels Phantasiefiguren die Normaldistanz im Gedächtniss zu behalten wussten und nun auch Herr TAYLOR von diesem Verfahren Gebrauch machte, gelang auch die relative Beurtheilung der Entfernung viel sicherer und bei bedeutend kleineren objektiven Entfernungsdifferenzen.<sup>2</sup> Bei grossen Distanzen des Normalfadens oder auch bei längerer Verzögerung des Urtheils scheinen auch andere Kriterien (besonders die Fadendicke) massgebend gewesen zu sein. Bei rasch erfolgendem Urtheil — und gerade dann war die Lokalisation

<sup>1</sup> S. 259. Beiläufig gesagt verstehe ich nicht recht, wie ARER glauben konnte, er müsse aus dieser Antwort entnehmen, „dass sich Herr TAYLOR doch irgendwie eine bestimmtere Vorstellung von der Normaldistanz im Gedächtniss aufbewahre.“ Aus der Erklärung eines Beobachters, er könne etwas nicht bestimmt lokalisiren, schliesst man gewöhnlich nicht, dass er es doch „bestimmter“ lokalisiren könne. Doch das mag ein Lapsus sein, den ich darum nicht weiter urgiren will.

<sup>2</sup> ARER hat die Ergebnisse beider Versuchsarten (ohne und mit Hilfsfigur) in der Tabelle S. 260 zusammengestellt.

am sichersten — fiel aber jedenfalls jener durch Phantasiefiguren erzielten Lokalisation des Normalfadens die Hauptrolle zu.

Es fragt sich nun, wie bei so erfolgter absoluter Lokalisation des Normalfadens die relative Lokalisation des Vergleichsfadens zu Stande kam. Uns interessiren natürlich vor Allem die Fälle, in welchen das Urtheil über die relative Lage des Vergleichsfadens sofort und ohne Zögern abgegeben wurde, nicht nur weil die Urtheile in diesen Fällen „in der weit überwiegenderen Zahl“ richtig waren, sondern auch weil jedes solche Urtheil „als unmittelbar gewiss, der Eindruck als sinnlich evident“ bezeichnet wurde (S. 239), während bei längerer Verzögerung weder das eine noch das andere der Fall war. In jenen ersteren, für die Frage wichtigeren Fällen konnten die Beobachter zwar anfänglich keine bestimmte Auskunft über ihr Verfahren geben; nach längerer Uebung aber „bemerkte bald der Eine, bald der Andere, dass ihm das Dreieck oder Rechteck, das er im Gedächtniss behielt, und in das ihm die Entfernungsvorstellung der Normaldistanz eingegangen war, beim Anblick des zweiten Fadens fast plötzlich die Form veränderte, länger und schmaler oder kürzer und breiter erschien (240). Von Bedeutung scheint es mir nun weiter, dass, wie ARKER ausdrücklich hervorhebt, das relative Entfernungsurtheil in den beschriebenen Fällen nicht dadurch zu Stande kommt, dass sich der Beobachter zuerst eine Vorstellung von der neuen Distanz bildet, „um sie dann mit der im Gedächtniss aufbewahrten zu vergleichen; im Gegentheil war die Aufmerksamkeit so stark als möglich auf die Gedächtnissvorstellung gerichtet, eben so sehr aber bereit auf einen neuen Eindruck überzugehen, um nun, so zu sagen plötzlich, den Unterschied beider wahrzunehmen (S. 239).

Diese bisherigen Thatsachen scheinen mir nun für den Satz, dass die Möglichkeit einer relativen Tiefenlokalisierung von der Bestimmtheit der absoluten abhängt, gar nichts zu beweisen. Wenn wir ohne jede Zuthat von Hypothese oder theoretischer Deutung den Thatbestand herauschälen, wie er sich durch das unmittelbare Zeugnis der Selbstbeobachtung seitens der Versuchspersonen ARKER's ergibt, so lässt sich derselbe so ausdrücken: wo ohne Ueberlegung mit Sicherheit zutreffende Urtheile über die relative Entfernung abgegeben wurden, dort

mussten jene erwähnten Phantasiefiguren in Anwendung gebracht werden, und zwar sowohl für den Normal- als auch für den Vergleichsfaden.

Zunächst erhebt sich nun folgende Frage: war jenes Phantasie-Dreieck, durch dessen Spitze der Normalfaden lief, die nothwendige Bedingung um diesen Normalfaden überhaupt in einer bestimmten Entfernung zu sehen, oder war es nur die nothwendige Bedingung um den scheinbaren Ort des Normalfadens, derauch ohne jenes Hilfsdreieck ein bestimmter gewesen wäre, im Gedächtniss aufzubewahren? Aus beiden Hypothesen würde sich ja die Nothwendigkeit solcher Hilfsfiguren für das relative Entfernungsurtheil ergeben. Nach der Darstellung, die ARRET von Herrn THIÉRY's Aussagen giebt, muss man sich wohl für das zweite Glied der obigen Alternative entscheiden. „Um aber die Entfernung leichter zu behalten, verfuhr er (THIÉRY) so etc.“<sup>1</sup>. „Diese Vorstellung (sc. von der Hilfsfigur) war es jetzt, die Herr THIÉRY in der Pause während der Verrückung des Fadens im Gedächtniss festzuhalten suchte“<sup>2</sup>. Herr Ussow ferner, der zu jenen drei Beobachtern gehörte, die nichts über Hilfsfiguren berichteten und deren Protokolle jenes „verzweifelte Durcheinander falscher Urtheile“ aufwiesen, berichtete trotzdem, er sehe den Faden in einer „bestimmten Entfernung“, solange er durch das Blickrohr schaue; nach dem Verschlusse des Tubus aber (oder der Augen) wurde das wahrgenommene Bild immer verwaschener, er habe dann „keine rechte Vorstellung von der Entfernung des angeschauten Objektes, und am allerwenigsten wenn er die Vergleichsdistanz zum Anschauen bekomme“ (S. 259). Sonach scheint die erwähnte Hilfsfigur keine Bedingung für die bestimmte Lokalisation des Normalfadens, sondern nur für das gedächtnismässige Aufbewahren und Festhalten dieser Lokalisation gewesen zu sein. Ich will nun zunächst wieder in Er-

<sup>1</sup> Und ehe er noch von diesem Mittel das Gedächtniss zu unterstützen spricht, giebt er schon an, es sei für das Doppelange „sofort ersichtlich“, dass der Faden zwischen Blickrohr und Hintergrund schwebe, seine Entfernung sei eine bestimmte, die sich bei mehrmaligen Hineinblicken in den Tubus nicht ändere. Von der Hilfsfigur spricht er erst dort, wo er über das Mittel zur gedächtnismässigen Aufbewahrung Auskunft geben will (S. 224).

<sup>2</sup> S. 224. Vgl. dazu auch S. 239 und 259—60.

innerung bringen, dass der Begriff „unbestimmte Lokalisation“ nur dann einen Sinn und nur dann auch eine reale Bedeutung hat, wenn man damit eine Lokalisation meint, für deren eindeutige Bestimmtheit die gesammten peripheren physiologischen Bedingungen nicht hinreichen (siehe oben S. 80), so dass also, wenn die inneren Bedingungen variabel sind, auch die Lokalisation eine variable sein wird. Gehört — um nur ein Beispiel zu wählen — die willkürliche Reproduktion irgend einer früheren Entfernungsvorstellung zu jenen inneren Bedingungen, dann ist die Lokalisation der neuen Vorstellung auch eine willkürliche, wechselt also, je nachdem man diese oder jene Entfernungsvorstellung willkürlich reproduziert. Die Lokalisation ist dann zwar in jedem Augenblicke eine bestimmte, aber sie ist (oder kann sein) für verschiedene Augenblicke eine verschiedene, und nur diese Inkonstanz meint man, wenn man von „unbestimmter Lokalisation“ redet — wie ich das oben auseinandergesetzt habe. Wie man sich in solchen Fällen die relativen Lokalisationen zu denken hat, geht eigentlich schon aus den obigen Versuchen (S. 87f.) hervor; ich will dies aber hier genauer erörtern.

Man kann in einem zweifachen Sinne von einer relativen Lokalisation sprechen. In einem uneigentlichen Sinne spricht man davon dann, wenn sowohl *A* als auch *B* unabhängig von einander, d. h. jedes für sich absolut lokalisiert wird und auf Grund dieser zweifachen absoluten Lokalisation das Urtheil gefällt wird, die Entfernung von *B* sei kleiner (oder grösser) als die von *A*. Im eigentlichen Sinne aber spricht man von relativer Lokalisation dann, wenn *B* unmittelbar näher oder ferner erscheint als *A*, ohne dass vorher dem *B* (unabhängig von *A*) ein bestimmter Ort angewiesen worden wäre, also ohne dass die relative Lage von *A* zu *B* erst auf Grund ihrer beiden absoluten Lagen erkannt worden wäre. Sei die absolute Entfernung von *A* . . . . *a*, die von *B* . . . . *b*, und die Differenz = *c*, also

$$a - b = c.$$

Dann ist im Falle der uneigentlich sogenannten „relativen Lokalisation“ *a* und *b* das unmittelbar Gegebene, *c* das „Erschlossene“, auf Grund von *a* und *b* Beurtheilte; im Falle der eigentlich sogenannten relativen Lokalisation ist aber *a* und *c* das unmittel-

bar Gegebene, und man kann dann auf  $b$  „schliessen.“ Die binokulare Stereoskopie auf Grund der Disparation oder der Doppelbilder ist ein Fall dieser letzteren Art: die Lokalisation jedes Punktes geschieht unmittelbar relativ zum Kernpunkt, gleichgiltig wo dieser gelegen sei. Dies ist eine allbekannte und feststehende Thatsache<sup>1</sup>. Wenn nun in Fällen der eigentlich sogenannten relativen Lokalisation, derjenige Punkt, relativ zu welchem alle anderen Punkte lokalisiert werden, eine variable („unbestimmte“) Lokalisation hat, dann bleibt die relative Lokalisation aller anderen Punkte als relative konstant, d. h. sie ändert sich „absolut“ nur nach Maassgabe derjenigen Aenderung, die der Kernpunkt erfährt; ist dieser z. B. willkürlich variabel, so sind auch alle anderen Punkte indirekt derselben Willkür unterworfen.

Solche unmittelbare relative Lokalisationen finden z. B. statt, wenn das Vergleichsobjekt gleichzeitig mit dem Normalobjekt gegeben ist und auf Grund der (gekreuzten oder ungekreuzten) Disparation vor oder hinter demselben gesehen wird, oder wenn nur ein Objekt vorhanden ist, das sich aber kontinuierlich nähert oder entfernt — das „Sehen von Bewegungen“ ist ja ein unmittelbarer Akt, es geschieht nicht durch Vergleichung zweier Stellungen, einer gegenwärtigen und einer im Gedächtniss aufbewahrten. Auch wenn das zweite Objekt ohne Zwischenpause, unmittelbar auf das erste folgt, ist eine solche relative Lokali-

<sup>1</sup> Auch ARER anerkennt dieselbe gelegentlich. Wo er von dem Unterschiede der binokularen von den monokularen Simultanversuchen spricht, sagt er mit Bezug auf die ersteren: „Dort nimmt jener (sc. Beobachter) sofort und unmittelbar wahr, welcher der Fäden der weitere und welcher der nähere ist; er giebt sich über die absolute Entfernung derselben zunächst gar keine Rechenschaft und abstrahirt gänzlich von seinem übrigen Gesichtsraum; seine Aufgabe ist wie von selbst gelöst, so wie er die Objekte gleichzeitig ansieht. Unmittelbarer kann man Tiefenunterschiede nicht erkennen als hier geschieht“ (S. 267). Das ist gewiss ganz richtig. Wie kann man aber nach einem solchen Zugeständniss noch an dem allgemeinen Satze festhalten, dass „ohne anschauliche Vorstellung von der absoluten Entfernung des Objektes auch relative Verschiebungen desselben nicht erfolgreich beurtheilt werden können“? Sollte ARER diesen Satz nicht allgemeingelten lassen, dann ist es an ihm zu zeigen, warum man ihn bei der Deutung der einen Versuche heranziehen darf, bei der der anderen aber nicht.

sation möglich (wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man die succesiven Kantenversuche binokular anstellt). Ich werde später noch einmal darauf zu sprechen kommen, dass in allen genannten Fällen die Disparation der Netzhautbilder die Ursache dieser unmittelbaren relativen Lokalisation abgiebt, was aber für den Augenblick gleichgiltig ist.

So einfach wie die eben angegebenen Fälle sind aber die Beobachtungen, über die wir ARTER berichten hörten, keineswegs. Zwar handelt es sich auch bei ARTER um einen unmittelbar relativen Vergleich, hebt er doch eigens hervor, dass der Beobachter sich nicht zuerst eine Vorstellung von der neuen Distanz gebildet habe, „um sie dann mit der im Gedächtniss aufbewahrten zu vergleichen“ (S. 239); aber was bei ARTER neu hinzukommt, ist, dass der Ausgangspunkt dieses Vergleichs (d. h. also das eine der beiden Vergleichsdaten) überdies noch als identisch erkannt werden muss mit einem früheren, gedächtnismässig aufbewahrten Datum, und blos zu diesem letzteren Zwecke werden jene Hilfsfiguren benützt. Ich könnte *B* relativ zu *A* unmittelbar lokalisieren, wenn mir z. B. Beide gleichzeitig gegeben wären, oder wenn *B* durch kontinuierliche Veränderung aus *A* entstünde; ist nun aber eine leere Zwischenzeit zwischen Beiden, die ein Aufbewahren im Gedächtniss nöthig macht, dann werde ich zu irgend welchen Mitteln greifen, um mir nach dieser Zwischenzeit ein *A'* zu verschaffen, das mit dem früheren *A* identisch ist und relativ zu welchem ich nunmehr das *B* ebenso unmittelbar lokalisieren kann, wie ich es relativ zu *A* selbst würde lokalisirt haben, wenn eben dieser unmittelbare Vergleich nicht durch die Zwischenpause unmöglich gemacht wäre. Nun ist aber sofort ersichtlich, dass weder *A* noch *A'* eine durch die gesammten peripheren Bedingungen eindeutig bestimmte Lokalisation zu haben brauchen, sofern nur dafür gesorgt wird, dass sie beide dieselbe Lokalisation haben; der indirekte Vergleich von *B* mit *A* wird dann ebenso bestimmt und ebenso richtig ausfallen wie der direkte zwischen *B* und *A'*. Nun kann Eines der Mittel, um sich über die identische Lokalisation von *A* und *A'* zu vergewissern, auch darin bestehen, dass man dem *A* eine bestimmte und unveränderliche Lokalisation verschafft und durch Anwendung genau derselben Mittel auch die Lokalisation von *A'* fixirt; aber dann war es nicht die absolute Bestimmtheit von *A* und *A'*, die den

indirekten Vergleich von  $A$  mit  $B$  ermöglichte, sondern nur die Identität der Entfernung des  $A$  mit der des  $A'$  — in ARREER'S Falle also die Identität jener Dreieckspitze, durch die der erste Faden lief, als er sichtbar war, mit jener Dreieckspitze, welche während der Pause im Gedächtniss festgehalten wurde<sup>1</sup>.

ARREER wird vielleicht sagen, das sei eine willkürliche Auslegung: er lege Gewicht darauf, dass uns jenes Hilfsdreieck eine bestimmte Lokalisation des Normalfadens möglich mache, ich aber betone, dass Alles nur auf die Identität jener Dreieckspitze vom letzten Moment der Sichtbarkeit des Normalfadens bis zum ersten der Sichtbarkeit des Vergleichsfadens ankomme — meine Auslegung sei also eine blosse „Denkmöglichkeit“.

Ich würde darauf antworten: die Identität beider Lokalisationen, der früheren und der in der Phantasie festgehaltenen, muss unter allen Umständen vorhanden sein, wenn das Urtheil über den Entfernungsunterschied richtig ausfallen soll. Was aber die Bestimmtheit der Lokalisation anlangt, so würden die Versuche ARREER'S, wenn sie allein und sonst keine Erfahrungen bekannt wären, noch nicht entscheiden, ob dieselbe für den Vergleich nöthig ist oder nicht. So lange uns aber die Fälle simultaner und binocularer Stereoskopie auf Grund der Disparation der Netzhautbilder ein sicheres Zeugniß dafür geben, dass die relative Tiefenlage aller Punkte in Beziehung auf den fixirten sich nicht ändert, wie immer und durch was für Mittel immer die Lokalisation des fixirten Punktes (und damit des ganzen

<sup>1</sup> Folgender Vergleich wird die Sache noch deutlicher machen: Die meisten Menschen sind nicht im Stande einem einzeln gehörten Tone ( $b$ ) seine Stellung in der Tonreihe richtig anzuweisen; Viele von diesen vermögen aber mit aller Sicherheit anzugeben, welchen Abstand derselbe von einem gleichzeitig gehörten zweiten Tone  $a$  habe, von dem sie aber auch nicht wissen, welche Stelle er in der Tonreihe einnimmt. Gesetzt den Fall, es verlaufe nun zwischen dem Hören von  $a$  und dem von  $b$  eine gewisse Zeit, dann wird ein richtiges Distanzurtheil nur abgegeben werden können, wenn man im Stande ist, den früher gehörten Ton  $a$  im Gedächtniss aufzubewahren. Das unmittelbare Distanzurtheil bezieht sich dann auf  $b$  im Verhältniss zu  $a'$  (wo ich unter  $a'$  die dem vergangenen Tone  $a$  entsprechende Phantasievorstellung verstehe). Die Richtigkeit des Urtheils hängt dann für denjenigen, der überhaupt ein unmittelbares Intervallgefühl hat, nur von der Gleichheit des  $a$  mit  $a'$  ab; welche Stellung  $a$  und  $a'$  in der Tonreihe haben, braucht der Beurtheiler gar nicht zu wissen.

Systems) geändert werden mag — solange dürfen wir von den beiden möglichen Interpretationen seiner (ARRER's) Versuche diejenige nicht wählen, welche im Gesetz involvirt, das durch die unzweifelhaften Versuche auf dem Gebiete der simultanen Binokular-Stereoskopie ganz und gar widerlegt ist.

Anmerkung. Beiläufig gesagt sind beim Festhalten des in der Phantasie konstruirten Dreieckes zweierlei Methoden den Vergleichsfaden relativ zu lokalisiren möglich. Man kann erkennen, dass der Vergleichsfaden nicht durch die Dreiecksspitze läuft, sondern vor oder hinter derselben; man beurtheilt dann die relative Lage zweier Raumgebilde, von denen das eine in der Phantasie, das andere in der Empfindung gegeben ist. Phantasirt man dann ein neues Dreieck hinein, dessen Spitze nun im Vergleichsfaden liegt, so wird dasselbe länger oder kürzer erscheinen, je nachdem der Vergleichsfaden ferner oder näher liegt als der Normalfaden. Das neue Dreieck wird aber beim Näherliegen des Vergleichsfadens auch breiter erscheinen können, weil dann die Ränder des Tubus in grösseren Zerstreuungskreisen erscheinen, als wenn der Vergleichsfaden um ebenso vieles hinter den Normalfaden gestellt worden wäre. Das wäre die eine Weise, wie man sich die Funktion des Hilfsdreieckes denken könnte; sie würde zu den Aussagen über die Formveränderung des Dreieckes (S. 240) recht gut passen.

Man könnte sich die Sache aber noch auf eine andere Art zurechtlegen. Es hat viel für sich, die Leistung jener Hilfsfigur blos in der Fixirung der ursprünglichen Konvergenz zu erblicken. Bleibt nämlich die Konvergenz bis zum Auftreten des Vergleichsfadens dieselbe wie beim Anblick des Normalfadens, dann muss der Vergleichsfaden mit derselben Disparation bezw. in denselben Doppelbildern (sowohl dem Sinne als dem Ausmaasse nach) erscheinen, als wenn er gleichzeitig mit dem Normalfaden sichtbar wäre; er muss also sofort näher oder ferner erscheinen, je nachdem die Disparation eine gekreuzte oder ungekreuzte war, bezw. je nachdem die Doppelbilder ungleichnamig oder gleichnamig waren — gerade wie bei der simultanen Stereoskopie. Die Aussagen mancher Beobachter, dass ihnen der Entfernungsunterschied „sinnlich evident“ erscheine, legen die letzterwähnte Erklärung sehr nahe. Diesfalls bestände also die unmittelbare Leistung der Hilfsfigur nicht einmal darin, eine frühere Entfernungsvorstellung zu konserviren; die unmittelbare Wirkung wäre also überhaupt keine psychische, sie läge nur in der Erhaltung gleicher physiologischer Versuchsbedingungen, nämlich der gleichen Konvergenz.

Schliesslich könnten auch beide Vorgänge kombinirt auftreten; die Disparation würde dann schon im ersten Momente die Vorstellung der grösseren Nähe oder Ferne erwecken, dadurch einen Anstoss zur entsprechenden Konvergenzänderung geben, und wenn diese erfolgt ist, würde die Aenderung des in der Phantasie konstruirten Hilfsdreieckes das Urtheil über die relative Entfernung noch unterstützen.

Ob nun der Vorgang bei den Versuchspersonen ARREr's in der einen oder anderen Art verlaufen ist, oder ob vielleicht bei dem Einen in dieser

beim Anderen in jener Art, darüber habe ich kein Urtheil. An der obigen Kritik (im Texte) würde das auch nichts ändern; höchstens würde die eine Auslegung, der zu Folge die Hilfsfigur blos zur Erhaltung des Konvergenzgrades diene, meinen Standpunkt noch mehr stützen; denn diesfalls wäre nicht einmal die gedächtnismässige Erhaltung eines psychischen Datums (nämlich einer Entfernungsvorstellung) sondern blos die Fixirung einer physiologischen Versuchsbedingung (sc. des Konvergenzgrades) das Maassgebende.

Selbstverständlich hängen derartige Versuche von der individuellen Güte der optischen Phantasie ab. Wenn Einer eine Entfernungsvorstellung (mit oder ohne Hilfsfigur) nicht unverändert in der Phantasie festhalten kann, wenn sie sich z. B. erheblich verkleinert, dann bezieht er die Vergleichsdistanz auf eine ganz andere als auf die Normaldistanz. Kann er sich nun gar in der Phantasie ein Raumdatum überhaupt nicht vorstellen<sup>1</sup>, dann fehlt natürlich die für jede Relation nöthige Zweizahl der Elemente. Es wäre dann wohl eine solche Versuchsanordnung vorzuziehen, in welcher die beiden Objekte einander fast unmittelbar ablösen, wie das bei meinen Versuchen bewerkstelligt werden konnte.<sup>2</sup>

Ich gehe nun zu einem zweiten Beweisversuch ARRRER's über, in Betreff dessen ich mich mit Hinblick auf die vorangegangenen Erörterungen viel kürzer fassen kann. Der Beweisversuch stützt sich auf monokulare Beobachtungen, die ARRRER theils bei successivem Wechsel der Objekte, theils bei gleichzeitiger Sichtbarkeit derselben angestellt hat (die Feinheit des relativen Entfernungsurtheils war im letzteren Falle etwas grösser).

ARRER findet, dass beim simultanen Vergleich „die Ausbildung einer Entfernungsvorstellung von bestimmter Form, wie sie dort (sc. beim successiven Vergleich) erfordert wurde, unnöthig war, wesshalb denn auch Herr KIESOW (und auch Herr USSOW, wie ich mich leider nur in einem Versuche überzeugen konnte) unter diesen Bedingungen relative Tiefenunterschiede erkennen und schätzen konnte.“<sup>3</sup> Und er fährt fort: „Dass natürlich auch bei diesen Versuchen (sc. den simultanen) der Beobachter eine Vorstellung von der absoluten Entfernung des Objectes hatte, ist sicher und nicht zu vermeiden, diese ver-

<sup>1</sup> Dies scheint bei Herrn Dr. KIESOW der Fall gewesen zu sein. Vgl. S. 259.

<sup>2</sup> Vgl. *Zeitschr. f. Psychol.* Bd. VII, S. 111.

<sup>3</sup> S. 267. Wie erinnertlich, konnten die beiden genannten Herren bei successivem Vergleiche Tiefenunterschiede nicht erkennen.

hält sich aber nicht anders als jene unbestimmte, weil unanalysirte, die er auch bei den Gedächtnissversuchen hatte.“

Was nun bestenfalls durch diese Gegenüberstellung der simultanen und successiven Versuche bewiesen ist, läuft darauf hinaus, dass man bei den successiven Versuchen die Vorstellung, die man sich von der Entfernung des Normalfadens macht, unverändert im Gedächtniss behalten muss, wenn ein erfolgreicher Vergleich möglich sein soll.<sup>1</sup> So viel würde ich ARRRER auch ohne weiteren Beweis zugeben haben. Dass es hier aber nur auf die Identität der ursprünglichen Vorstellung mit der gedächtnissmässig erhaltenen ankommt und dass diese Identität auch bestehen kann, wenn die Versuchsumstände keine eindeutig bestimmte Lokalisation des Normalfadens bedingen, das ist oben ausführlich erörtert worden; ich hätte die obigen Erwägungen hier nur einfach zu wiederholen.

Uebrigens ist aus der ARRRER'schen Beschreibung seiner Successiv-Versuche deutlich zu ersehen, dass es auf die Bestimmtheit der Lokalisation als solcher gar nicht ankommt. Er versichert zwar, ohne ein bestimmtes Urtheil über die Entfernung des Normalfadens sei eine „relative Entfernungsschätzung kaum möglich“ (S. 135), unmittelbar darauf aber heisst es: „Nur wenn der Faden um so viel verschoben wird, dass eine deutliche Veränderung seines scheinbaren Durchmessers erkannt wird, schliesst der Beobachter auf eine Verschiebung nach der Tiefe; manchmal wird diese gesehen, weit öfters aber nur erschlossen.“ Ob nun das Mittel, die relative Entfernung zu beurtheilen, die scheinbare Fadendicke oder ein anderer Umstand war, das ist jetzt gleichgiltig: jedenfalls konnte die Verschiebung nach der Tiefe manchmal gesehen, häufiger erschlossen werden auch ohne ein bestimmtes Urtheil über die absolute Entfernung des Normalfadens. Und weiter berichtet ARRRER: „Erst allmählich, aber immerhin relativ schnell, manchmal innerhalb einer Versuchsreihe von 10—20 Einzelversuchen lernt der Beobachter die Einstellungen

<sup>1</sup> Bei simultanem Vergleich fällt dieses Moment selbstverständlich weg. Dass der Beobachter — sagt ARRRER S. 265 ganz richtig — bei simultanem Vergleich „nicht bemüht ist, sich eine Entfernungsvorstellung von so bestimmter Form zu bilden und in der Weise zu analysiren wie dort (sc. bei den successiven Versuchen) ist begreiflich genug, da ihm beide Entfernungen, die er zu vergleichen hat, gleichzeitig gegeben sind.“

des Objektes in verschiedenen Entfernungen unterscheiden, zunächst noch unbestimmt nach ihrer absoluten Entfernung, aber jede folgende relativ zur vorangehenden“ (S. 136).

Soviel über die ersten beiden Beweisversuche ARBER's. Zur völligen Ueberzeugung des Gegners hält übrigens der Autor beide Beweisversuche nicht für hinreichend (S. 260 und 268); wir wenden uns daher sofort zum „letzten und endgiltigen Beweis.“

ARBER hat meine Versuche mit mathematischen Linien (scharf geschnittenen Kanten) wiederholt. Bei kontinuierlicher Aenderung der Entfernung und stets folgender Akkommodation erkannten seine fünf Versuchspersonen sofort, dass sie „Tiefenverschiebungen überhaupt nicht erkennen können“ (S. 280). Bei abruptem Wechsel fand zwar auch ARBER Intervalle, die fast ausnahmslos richtig erkannt wurden (und zwar sind dieselben kleiner als die meinigen); er nimmt aber Anstand daran, die Versuche so zu erklären wie die analogen Fadenversuche, weil hier die Aussagen der Beobachter zeigen, dass sie die verschiedensten sekundären Kriterien benützt hatten: das Grösser- oder Kleinersein der Zerstreungskreise, die grössere oder kleinere Zeit, die zur neuen Einstellung der Akkommodation erforderlich war, kleine Blickschwankungen, Erschütterungen der Kante, wenn sie plötzlich ins Gesichtsfeld gerückt wurde und dergl. m. Ich stimme ARBER zu, wenn er bei Erwähnung dieser sekundären Hilfsmittel sagt: „Es könnte so gleich von vorneherein bei entfernterer Lage der zweiten Kante eine richtige Entfernungsakkommodation eingeleitet werden“ (S. 289).

Im Wesentlichen sind die Kantenversuche bei ARBER analog ausgefallen wie bei mir und DIXON. Dass ARBER mit meiner Interpretation derselben nicht einverstanden ist und warum, darauf komme ich später zu sprechen. Uns interessirt im Augenblick nur jener oben versprochene „endgültige Beweis“, dass man ohne bestimmte absolute Lokalisation des Normalobjektes auch die relative Lokalisation des Vergleichsobjektes nicht zu Stande bringen könne. Sucht man nun nach jenem versprochenen Beweise, so findet man nichts anderes als die Thatsache, dass jene Kantenversuche eben wirklich jene geringen Erfolge in der relativen Lokalisation ergeben haben. Verschiedene, manchmal

recht abenteuerliche<sup>1</sup> Gründe werden für die Unmöglichkeit einer absoluten Lokalisation der Normalkante angegeben — die Tatsache, dass dieselbe keine bestimmte ist, habe ich übrigens nie geleugnet. Dass aber diese unbestimmte Lokalisation der Normalkante die Ursache der Misserfolge bei der relativen Lokalisation der Vergleichskante war — dafür soll eben das Misslingen der Kantenversuche den Beweis abgeben (S. 285, 292—93, 296 und 298). Ich begreife schwer, wie es ARNER entgehen konnte, dass er hier eine typische *petitio principii* begeht. Ich hatte aus den negativen Erfolgen solcher Versuche, in denen bloß die Akkommodation und Konvergenz geändert wurden, geschlossen, dass centripetale Akkommodations- resp. Konvergenzempfindungen an der Tiefenlokalisierung nicht beteiligt sein können, und habe daher nach einer andern Erklärung gesucht. ARNER antwortet: deine Versuche sind prinzipiell verfehlt, weil deine Versuchsbedingungen so gewählt sind, dass man das Normalobjekt seiner absoluten Entfernung nach nicht bestimmt lokalisieren konnte. Und wenn ich nun frage, woher man denn weiß, dass bei einer unbestimmten absoluten Lokalisation auch eine relative nicht möglich sei, antwortet ARNER: das zeigen ja deine eigenen Versuche! „Wie sollte da aber eine relative Tiefenschätzung möglich sein, wenn der Beobachter überhaupt keine bestimmte Vorstellung von der Entfernung der ersten Kante hat?“ (S. 293). Wenn also ARNER die negativen Ergebnisse meiner Kantenversuche zu einem Argument für seine Behauptung macht, dass ein relatives Entfernungsurtheil nur möglich sei bei bestimmter absoluter Lokalisation, so setzt er bereits voraus, dass meine Ansicht, der zu Folge jene negativen Ergebnisse sich aus der Unfähigkeit erklären, Tiefenunterschiede mit Hilfe von Muskelempfindungen zu erkennen, falsch sei. Aber gerade über diese letztere Frage streiten wir ja.

So sieht also jener „endgiltige Beweis“ aus und auf Grund einer solchen „Beweisführung“ glaubt sich ARNER zu dem Urtheil berechtigt, dass eine Versuchsordnung, die alle Lokalisationsmotive bis auf die Akkommodation und Konvergenz ausschließt, zur Untersuchung des Einflusses eben dieser beiden letzteren Umstände auf die Tiefenlokalisierung ungeeignet sei! (S. 293).

<sup>1</sup> Siehe unten.

ARRER beschwert sich auch über gewisse technische Gebrechen, von denen meine Versuchsanordnung nicht frei sein soll. So sei die starke Irradiation der hellen Fläche, die wegen des grossen Helligkeitsunterschiedes nicht beseitigt werden könne, insofern störend, als desshalb die Kante immer ein „verwaschenes Objekt“ bleibe und darum die Akkommodation unsicher werde (S. 280). Dem lässt sich aber doch leicht abhelfen; man macht einfach den hellen Hintergrund nicht allzu lichtstark. ARREER wird doch nicht behaupten wollen, dass man auf eine Grenzlinie überhaupt nie scharf akkommodiren könne, sonst müsste er auch glauben, dass man ein Objekt überhaupt nie scharf sehen kann, da doch „ein Objekt scharf sehen“ so viel heisst wie „dessen Begrenzungslinien scharf sehen“. Wenn es also überhaupt möglich ist, Konturen scharf zu sehen, so wird man wohl auch in den besprochenen Versuchen die Beleuchtungsverhältnisse so gestalten können, dass das möglich wird, was man im täglichen Leben jeden Augenblick verwirklicht findet, nämlich das scharfe Bild einer Kontur. Es ist ARREER's Sache, wenn er das nicht erreicht hat; die Versuchsanordnung, wie ich sie angegeben habe, ist daran ganz unschuldig.

Noch weniger verständlich ist es mir, wenn ARREER sich über meine Versuchsanordnung in folgender Weise äussert: „Als Objekt wird ihm (sc. dem Beobachter) die Grenzlinie zwischen dem dunklen und dem hellen Theil seines Gesichtsfeldes geboten. Ist das aber ein Objekt? War es vor Allem auch das wirkliche Objekt der Beobachter? Mancher von ihnen, mit dem Apparat noch nicht bekannt, hielt beim ersten Hineinsehen in das Blickrohr die beleuchtete Fläche für das Objekt und den schwarzen Theil des Gesichtsfeldes für das Dunkel des Dunkelzimmers. Es wurde dann der sichtbare Theil der beleuchteten Glasplatte für näher gehalten als der dunkle Schirm, von dem der Beobachter nichts wusste. Man wird mir sagen, solche Täuschungen beweisen nichts ausser ihrer Möglichkeit; und dann hat man dem Beobachter zu sagen, dass ihm als Objekt eben jene Farbengrenze zu dienen habe. Letzteres ist aber nicht möglich, denn es müsste dann diese Grenze unabhängig von den Objekten bestehen, unabhängig von ihnen lokalisiert werden können. Die Grenze eines Objektes, sofern sie eben als Grenze des Objektes oder der Objekte aufgefasst wird, wird aber mit den Objekten selbst lokalisiert. Nun giebt es kein Mittel, bei scharfer Akkommodation auf die Grenze zweier Flächen, die gleichmässig in der Farbe und absolut allein im Gesichtsfelde unterscheidbar sind,<sup>1</sup> diese irgendwie bestimmt zu lokalisieren“ (S. 293—94). Es soll nicht möglich sein, dass dem Beobachter eine Farbengrenze als Objekt diene, weil die Grenze dann unabhängig von den Objekten bestehen und unabhängig von ihnen lokalisiert werden müsste? Meint der Verf. mit dem „als Objekt dienen“ nur soviel wie „scharf gesehen werden“? Dann verstehe ich die Begründung nicht; denn das Scharfsehen einer Linie kann doch nicht davon abhängen, ob man diese Linie lokalisieren kann und wie — das Scharfsehen ist doch eine rein physikalische Angelegenheit des dioptrischen Apparates. Ver-

<sup>1</sup> Verf. scheint also doch die S. 280 bestrittene Möglichkeit einer scharfen Akkommodation auf eine Grenzlinie jetzt wieder gelten zu lassen.

steht aber der Verf. den Satz, die Farbengrenze könne nicht als Objekt dienen, so, dass er damit sagen will, sie könne nicht bestimmt lokalisiert werden — dann gebe ich zwar die Thatsache zu, aber nicht die Begründung („denn es müsste dann diese Grenze unabhängig von den Objekten bestehen, unabhängig von ihnen lokalisiert werden können“). Wann immer wir scharfbegrenzte Objekte lokalisieren, lokalisieren wir die Objekte nach ihren Grenzen und nicht die Grenzen nach den Objekten, wie sehr wir auch die Ueberzeugung haben mögen, dass die Grenze nichts unabhängig von dem Begrenzten Bestehendes sein kann. Wenn wir z. B. eine begrenzte Fläche auf Grund der Netzhautdisparation lokalisieren, so ist es die Disparation der Grenzen der beiden Halbbilder, welche eine unmittelbare Fern- oder Nahvorstellung hervorruft, nicht die gleichmässige Ausfüllung der beiden Flächenhalbbilder, die ja, gerade wenn man von den Grenzen absehen könnte, gar keine Disparation erzeugen könnten. Das Primäre ist demnach die Lokalisation der Grenze, das Sekundäre die des Begrenzten. Es ist demnach falsch zu sagen, dass man in meinen Versuchen die Grenzlinie der beiden Sehfeldd hälften deshalb nicht bestimmt lokalisieren könne, weil man die beiden Flächen, durch welche die Grenze gebildet wird, nicht bestimmt lokalisieren kann.

Einen weiteren Versuchsfehler will DIXON<sup>1</sup>, dem ARBER beistimmt (a. a. O. S. 288), bei den Versuchen mit kontinuierlicher Verschiebung der Kante gefunden haben: DIXON meint, der Akkommodations- und Konvergenzwechsel sei bei diesen Versuchen zu sehr abgestuft („too gradual“) und darum sei die Distanzänderung nicht zu erkennen, „geradeso wie ein Vater das Heranwachsen seiner eigenen Kinder nicht bemerken, hingegen überrascht sein wird von dem Wachstum anderer Leute.“ Der Vergleich ist nicht sehr glücklich. Die Kinder wachsen bekanntlich nicht schnell genug um ihr Grösserwerden sehen zu können; ihre Grössenänderung wäre nur in dem Sinne „too gradual“ als sie zu langsam ist. Bei Darstellung meiner Versuche habe ich aber eigens erwähnt, es müsse dafür Sorge getragen werden, „dass die Bewegung mit einer Geschwindigkeit erfolgt, die es dem Beobachter eben möglich macht, bequem mit der Akkommodation zu folgen.“<sup>2</sup> Würden die Kinder so rasch wachsen, dass man der Erhebung ihrer Köpfe eben noch bequem mit dem Blicke folgen könnte, dann — meine ich — würde auch der eigene Vater so etwas von Wachstum merken! Wenn man die Geschwindigkeit der Akkommodationsänderung so weit steigert, dass man eine stetige Schärfe des Bildes gerade noch erreichen kann, und wenn man dabei die Distanz des Objektes vom Fernpunkt bis in die Nähe des Nahpunktes ändert, dann müsste doch endlich einmal die Akkommodation jene Rolle in der Tiefenwahrnehmung auch wirklich spielen, die man ihr vielfach vindicirt.

<sup>1</sup> *Mind*, 1895, S. 204.

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. Psychol.* Bd. VII, S. 118.

IV. Einfluss der willkürlich intendirten  
Akkommodationsänderung auf das Urtheil über  
Näher und Ferner.

Ich komme zu den Einwänden, welche ARBER gegen die Deutung, die ich meinen Versuchen gegeben, erhoben hat. Da mir die negativen Resultate der ersten Versuchsreihe (kontinuierliche Aenderung der Distanz bei fortwährendem Folgen der Akkommodation) zu beweisen schienen, dass centripetale Empfindungen, sei es von der Binnenmuskulatur, sei es von den äusseren Augenmuskeln, für die Tiefenvorstellung keinesfalls etwas leisten können, erhob sich die Frage, woher es denn komme, dass man bei abruptem Wechsel der Distanz doch bis zu einem gewissen Grade Entfernungsunterschiede richtig beurtheilen kann. Ich glaubte dieser Erscheinung durch die Annahme gerecht zu werden, dass der Beobachter durch willkürlich intendirte Akkommodationsänderung ermittle, ob die Anspannung oder die Entspannung der Akkommodation zum Deutlichsehen des Vergleichsobjectes führe. Darnach wäre nicht die erfolgte, sondern die willkürlich intendirte Akkommodationsänderung der Anhaltspunkt für unser Tiefenurtheil; es fände sozusagen ein Ausprobiren statt, indem der Beobachter versucht, ob er mittels einer willkürlichen Anspannung oder Entspannung das Deutlichsehen des Vergleichsobjectes fördert bzw. erreicht. Mit dieser Annahme harmonirte u. A. auch der Umstand, dass die Beobachter, auch wo sie richtig urtheilten, die Angabe machten, dass sie keine anschauliche Vorstellung von der Entfernungsänderung erhielten, also nicht in der Weise, wie dies bei binokularen Versuchen vermöge der Disparation der Fall sei.<sup>1</sup>

Da ARBER auf diesen Erklärungsversuch zu sprechen kommt, äussert er sich darüber wie folgt: „Wie steht es aber um diese Erklärung, vor Allem worauf stützt sie sich? In der früher ausgeführten Form nur auf eine Denkmöglichkeit. Aus HILLEBRAND'S Abhandlung ist kaum zu entnehmen, dass ihm auch nur ein Beobachter den Vorgang so beschrieb, wie er ihn er-

<sup>1</sup> Vgl. meine Abhandlung S. 147.

klärt. Oder sollte er irgendwie unterbewusst geschehn? Dies ist nach der Erklärung ausgeschlossen, da die Innervation immer eine bewusst gewollte sein müsste, um für das Erkennen etwas zu leisten. Auch in den Aussagen der Beobachter bei DIXON und bei mir ist nichts enthalten, was die HILLEBRAND'sche Erklärung stützen könnte" (S. 285).

Lassen wir zunächst einmal den Einwand bei Seite, dass die Beobachter nichts darüber angaben, auf welchem Wege sie zu ihrem Urtheil gelangt waren — ich komme später darauf zurück; eine blosse „Denkmöglichkeit“ war meine Erklärung durchaus nicht. Abgesehen von den später zu erwähnenden zeitmessenden Versuchen und abgesehen von den früher erwähnten Angaben meiner Versuchspersonen, dass ihnen die Distanzänderungen, auch wenn sie sie richtig erkannten, doch niemals anschaulich waren, war mir bei meiner Erklärung vor Allem die Thatsache maassgebend, dass bei kontinuierlicher Aenderung der Distanz (erste Versuchsreihe) weder das Vorhandensein noch die Richtung der Distanzänderung erkannt werden konnte, obwohl hier die Akkommodationsänderung unter mindestens ebenso guten Bedingungen die Tiefenvorstellung hätte beeinflussen müssen wie in der zweiten Versuchsreihe. Ich habe in meiner Abhandlung ausdrücklich betont, dass die Versuche mit abruptem Distanzwechsel, wenn sie allein und für sich betrachtet werden, sich durch Muskelempfindungen auch erklären liessen, dass aber diese Erklärung sofort unmöglich wird, wenn man zugleich auf die negativen Ergebnisse bei kontinuierlicher Distanzänderung achtet.<sup>1</sup> ARBER hätte daraus ersehen können, dass meine Annahme durchaus keine blosse „Denkmöglichkeit“ war. Auch für die wenigen Fälle, in denen bei kontinuierlicher Aenderung der Entfernung die Richtung erkannt wurde, nahm ich an, es müsste hier der Beobachter nicht einfach mit der Akkommodation gefolgt sein, sondern dieselbe willkürlich geändert, bald angespannt bald entspannt und zugleich darauf geachtet haben, ob er das Scharfsehen dadurch fördere oder schädige.<sup>2</sup> Es war mir nicht uninteressant bei DIXON eine direkte Bestätigung dieser Annahme zu finden. Während nämlich DIXON's übrige Versuchspersonen die Richtung der kontinuierlichen

<sup>1</sup> Vgl. meine Abhandlung S. 134.

<sup>2</sup> Meine Abhandlung S. 130 und 132–33.

Verschiebung ebensowenig erkennen konnten wie die meinigen, war doch ein Beobachter (der Bruder des Autors, Herr T. T. Dixon) darunter, der die Richtung auffallend gut erkannte; aber er bediente sich dabei nach seiner eigenen Angabe eines Kunstgriffes („trick“), indem er nämlich die Akkommodation nicht folgen liess, sondern absichtlich sistirte, sie dann aber nach einer der beiden möglichen Richtungen willkürlich veränderte und daraus erkennen konnte, welche Aenderung das Deutlichsehen förderte.<sup>1</sup>

ARRER nimmt weiter Anstoss daran, dass jenes von mir angenommene willkürliche Ausprobiren von keinem meiner Beobachter so beschrieben worden sei, ja dass sie überhaupt nichts davon erwähnten; das Gegentheil sei aber zu erwarten, da die Innervation meiner eigenen Ansicht zufolge eine bewusst gewollte sein müsse.

Auch hierin sehe ich nichts Auffälliges. Wenn alle bewussten Kriterien des Distanzurtheils desswegen, weil sie bewusst sind, von den Beobachtern auch richtig beschrieben werden müssten, dann könnten wir Beide, ARREER und ich, uns die meisten unserer Versuche und sämtliche daran geknüpfte Diskussionen ersparen. Da sowohl die Akkommodationsempfindungen wie auch die willkürliche Innervation (wie ich sie annehme) etwas Bewusstes sein müssen, so brauchten wir jeden unserer Beobachter bloß einen Verschiebungsversuch (kontinuierlich oder abrupt) machen zu lassen, um ihn dann einfach zu fragen: urtheilst du hier auf Grund der Akkommodationsempfindung oder auf Grund einer willkürlichen Innervation? Die Sache wäre äussert einfach, wir ersparten uns jedenfalls alle Interpretationsarbeit. Weil sie aber thatsächlich nicht so einfach ist und weil in dem Vorhandensein der inneren Wahrnehmung keineswegs involvirt liegt, dass das so Wahrgenommene richtig analysirt und beschrieben werden müsse, ja nicht einmal dass alle seine Theile auch bemerkt werden müssen,<sup>2</sup> haben sowohl ARREER als ich den Weg indirekter Beweise betreten.

<sup>1</sup> DIXON a. a. O. S. 189.

<sup>2</sup> Wäre doch sonst die ganze deskriptive Psychologie mit einem Schlage erledigt; jeder müsste mit derselben Untrüglichkeit, mit der er einen Vorgang innerlich wahrnimmt, ihn auch analysiren und beschreiben können. Es gäbe keine Meinungsverschiedenheiten und die deskriptive Psycho-

Beiläufig erinnere ich daran, dass ich es schon in meiner citirten Abhandlung bei Erwähnung der willkürlich intendirten Akkommodation als den wahrscheinlicheren Vorgang bezeichnet habe, dass die unmittelbare Wirkung des Willens eine Entfernungsvorstellung in der Phantasie sei und dass sich die Akkommodation dann unter der Direktive dieser Phantasievorstellung ändere (a. a. O. S. 133).

Anmerkung. Gegen die Ansicht, dass der bewusste Willensimpuls hier das Entscheidende sei, bemerkt ARBER u. A.: „Das wirkliche Kriterium, wonach die Tiefenunterschiede erschlossen wurden, ist das Undeutlichsehen der Kante, und der bewusste Willensimpuls, von jenem Undeutlichsehen selbst herkommend, nur das Mittel zur Interpretation dieses Kriteriums“ (S. 287—88). Darauf antworte ich: das Undeutlichsehen der Kante kann nur ein Kriterium dafür sein, dass die Kante entweder näher oder ferner liegt, da sie ja in beiden Fällen in Zerstreuungskreisen erscheint. Da es sich bei der relativen Tiefenlokalisierung aber eben darum handelt, sich für eine von den beiden Möglichkeiten, Näher oder Ferner, zu entscheiden, so kann gerade das Undeutlichsehen kein Kriterium sein und der bewusste Willensimpuls kann eben wegen dieser Zweideutigkeit nicht vom Undeutlichsehen „herkommen“. Ich kann nicht in abstracto das Anspannen oder Entspannen intendiren, sondern nur das Eine oder das Andere. Wenn ARBER den bewussten Willensimpuls „das Mittel zur Interpretation dieses Kriteriums“ (sc. des Deutlichsehens) nennt, so ist das ein Spiel mit Worten: es kommt lediglich darauf hinaus, dass ARBER ein Mittel, welches uns zur Entscheidung zwischen den beiden möglichen Bedeutungen eines zweideutigen Kriteriums verhilft, nicht mehr mit dem Namen eines „Kriteriums“, sondern mit dem eines „Interpretationsmittels“ belegt. Ueber die Nomenklatur will ich nicht streiten; wer von uns Beiden aber hier einen „voreiligen Schluss“ gemacht hat, möge der Leser entscheiden. ARBER fährt fort: „Der Inhalt dieses Schlusses ist aber auch psychologisch leer, denn ein Willensimpuls muss eine Vorstellungsgrundlage haben, er muss sich ferner auf etwas beziehen. Seine Grundlage ist das undeutliche Bild der Kante, sein Zweck das Deutlichsehen, die Verbindung beider und die Schlussfolgerung sind logische Vorgänge. Also auch nach dieser Seite ist nicht er (ARBER meint den Willensimpuls) es, der das Erkennen der relativen Tiefenunterschiede bedingt“ (S. 288). Darauf ist Aehnliches zu

logie wenigstens wäre ein Reich des ewigen Friedens. — ARBER wird wohl zugeben, dass die, die Klangfarbe bestimmenden Obertöne nichts „Unbewusstes“ sind. Würde aber daraus folgen, dass man das Phänomen eines Klanges darum auch schon richtig müsste analysiren, d. h. die Partialtöne angeben können, dann hätte es nicht so langer Zeit bedurft, um die Thatsache der verschiedenen Klangfarben zu erklären. Jeder, der einen Flönton von einem Geigenton zu unterscheiden wusste, hätte uns ohne Weiteres darüber Aufschluss geben können.

erwidern wie oben. Ich will einmal zugeben, dass der letzte Zweck das Deutlichsehen der Vergleichskante sei.<sup>1</sup> Da ich aber nicht wissen kann, ob ich diesen Zweck durch Anspannen oder Entspannen der Akkommodation erreiche (die Zerstreuungskreise sind ja zweideutig), so versuche ich es mit dem einen und mit dem andern — der unmittelbare Gegenstand des Willens ist also das Anspannen resp. Entspannen; und wenn auch der letzte Zweck das Deutlichsehen ist, so gründet sich unser Entfernungsurtheil doch nicht darauf, dass das Deutlichsehen erreicht wurde, sondern darauf, wie es erreicht wurde, ob durch Anspannen oder Entspannen des Akkommodationsapparates. Warum der Inhalt eines solchen „Schlusses“ „psychologisch leer“ sein soll, weiss ich nicht.

Ich komme zu einem weiteren Einwand, den ARRRER gegen meine Deutung der Kantenversuche erhoben hat.

Um die Annahme, dass bei abruptem Wechsel der Objekte ein Ausprobiren mittels willkürlicher Akkommodationsänderung stattfindet, weiter zu stützen, habe ich Versuche über die zur Akkommodation nöthige Zeit gemacht, und zwar einmal in der Weise, dass der Beobachter wusste, ob das zweite Objekt näher oder ferner liegt als das erste, in einer zweiten Reihe aber so, dass der Beobachter davon keine Kenntniss hatte. Ueber die Versuchsordnung ist das Nähere in meiner Abhandlung zu finden<sup>2</sup>; hier nur so viel: das Fixationsobjekt war ein vertikaler Faden im leeren Gesichtsfeld; vor und hinter demselben konnte je eine feine Nadel mittels einer Federrichtung so in das Gesichtsfeld geschneilt werden, dass sie, in der Blickebene (horizontal) liegend, mit ihrer Spitze bis hart an die Symmetrieebene des Apparates reichte (in welcher Ebene der vertikale Faden lag). Die Nadeln waren verschieden dick und ihre Entfernungen vom Faden so gewählt, dass, wenn der Beobachter auf den Faden einstellte, beide Nadeln in gleich grossen Zerstreuungskreisen erschienen; man konnte also aus der Undeutlichkeit des Bildes nicht erkennen, ob dasselbe von der vorderen oder hinteren Nadel herrührte<sup>1</sup>. Die messenden Versuche

<sup>1</sup> Strenge richtig ist nicht einmal dies; der letzte Zweck, den der Beobachter im Auge hat, ist das Erkennen der relativen Entfernung. Er sucht ihn zu erreichen mittels einer erfolgreichen (d. h. das Deutlichsehen erzielenden) Akkommodationsänderung.

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. Psychol.* Bd. VII, S. 140 ff.

<sup>3</sup> Auch die verschiedene chromatische Färbung der Zerstreuungskreise wurde beseitigt.

haben nun hauptsächlich zweierlei ergeben: erstens, dass bei unbekannter Lage der Nadel die Akkommodationszeiten im Durchschnitt beträchtlich grösser sind als bei bekannter Lage; zweitens, dass die Zeiten unter einander viel grössere Verschiedenheiten zeigen, wenn man die Lage der Nadel nicht kennt. Beides schien mir ein indirekter Beweis für die vermuthete Thatsache, dass beim Uebergang der Akkommodation von einem Objekt zu einem andern, dessen relative Lage zum ersteren man nicht kennt, eine Art Ausprobirens der Akkommodationsrichtung stattfindet. Namentlich waren mir die grösseren Abweisungen vom Mittel beweisend: denn selbstverständlich wird, wenn man zufällig die passende Akkommodationsänderung einleitet, das Ziel rascher erreicht sein als wenn man die Akkommodation zunächst unpassend ändert (z. B. anspannt, während die Nadel ferner liegt) und dann — durch das Wachsen der Zerstreuungskreise veranlasst — eine entgegengesetzte Aenderung einleiten muss.

An diese Deutung meiner Zeitmessungen schliesst nun ARREER folgende Bemerkung an: „Zugegeben alles das, so vermag ich doch nicht einzusehen, wie diese Resultate für die in Rede stehende Erklärung (sc. die Erklärung meiner Kantenversuche bei abruptem Wechsel) sprechen sollen. Mit diesen Versuchen ist höchstens dargethan, dass ein Ausprobiren in der Akkommodation bis zu ihrer richtigen Einstellung im Allgemeinen stattfinden kann. Fand aber eine solche (soll wohl heissen „ein solches“, sc. Ausprobiren) in den Versuchen, die dadurch erklärt werden sollen, auch wirklich statt? Ein subjektiver Beweis, so sahen wir, fehlt dafür, ein objektiver Beweis wäre aber nur dann erbracht, wenn Zeitaufnahmen über die Akkommodationseinstellung bei diesen Versuchen selbst vorliegen, und diese mit jenen ersteren irgend welche Uebereinstimmung aufweisen würden“ (S. 286). Ich hätte also die Akkommodationszeiten bei denjenigen Versuchen selbst messen sollen, in welchen die relative Lokalisation einer Kante zu einer andern untersucht wurde, so glaubt ARREER. Ich frage aber: worin besteht denn der Unterschied zwischen den beiden Versuchsumständen, bzw. zwischen den Situationen, in denen sich der Beobachter das eine und das andere Mal befindet? Hier und dort geht er von der Einstellung auf ein bestimmtes Objekt aus (bei den Lokalisationsversuchen ist das Objekt eine Kante, bei

den Zeitmessungen ein Faden); hier und dort wird ihm plötzlich ein zweites Objekt gezeigt, das zunächst in Zerstreuungskreisen erscheint; hier und dort weiss er weder durch die Zerstreuungskreise noch durch irgend einen sonstigen Anhalt etwas darüber, ob das zweite Objekt näher oder ferner liegt als das erste; in beiden Fällen sucht er ferner das zweite Objekt scharf zu sehen. In beiden Fällen sind also alle Umstände, die für die Akkommodation irgend in Betracht kommen können, dieselben. Wenn sich beim Uebergang der Akkommodation auf die nähere oder fernere Nadel jene oben beschriebenen Zeitverhältnisse ergaben, so kann ich mir nicht im Entferntesten einen Grund denken, warum jene Verhältnisse andere werden sollten, wenn man statt der Nadeln Kanten und statt des Fixationsfadens eine Fixationskante in Anwendung bringt; dann haben wir aber eben dieselben Versuchsbedingungen, wie ich sie bei den Lokalisationsversuchen eingeführt habe mit der einzigen Ausnahme, dass bei diesen letzteren Versuchen das erste Objekt beim Auftreten des zweiten verschwindet, während bei den Zeitmessungen das erste Objekt (der Faden) nicht entfernt wurde. Dieser Unterschied ist aber durchaus gleichgiltig; denn im Augenblick, in welchem die Nadel sichtbar wird, ist die Aufmerksamkeit und die Thätigkeit der Akkommodation nur auf diese gerichtet, mit dem Faden hat der Beobachter gar nichts mehr zu schaffen, ebenso wie wenn er gar nicht mehr da wäre.

Ich habe bei den Zeitmessungen die drei Entfernungen: 175 cm (nähere Nadel), 250 cm (Faden) und 480 cm (fernere Nadel) benützt; natürlich hätte ich nebstdem auch alle jene Intervalle durchprobiren können, welche bei den Lokalisationsversuchen mit den Kanten in Anwendung kamen. Aber was für ein Grund lässt sich ersinnen, warum die konstatierten Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Zeitmessung bei bekannter und bei unbekannter Lage des zweiten Objektes nicht bestehen sollten, wenn man statt der erwähnten drei andere Distanzen wählt z. B. die bei den Kantenversuchen benützten, solange man nur überhaupt das Bereich der Akkommodationslinie überschreitet? Die absoluten Zeitwerthe würden gewiss andere werden, aber auf diese kam es ja überhaupt nicht an. ¶ Wenn also die Resultate der Zeitmessungsversuche (unter den oben angegebenen Umständen) sich am besten durch die Annahme eines „Ausprobirens“ verstehen lassen, so ist diese Annahme eben dadurch

auch für die Kantenversuche plausibel gemacht und zwar mit demselben Grade von Wahrscheinlichkeit. Jedenfalls wäre es ARREER's Sache gewesen zu zeigen, welcher Unterschied in den beiderseitigen Versuchsbedingungen es verbietet die einen Versuche analog zu interpretieren wie die andern.

Unter der Devise „Hilf was helfen kann!“ steht aber unverkennbar der folgende „Einwand“, der sich wiederum gegen die Ansicht kehrt, dass in meinen Versuchen der Entfernungsunterschied durch willkürlich intendirte An- und Entspannung der Akkommodation erkannt werde: nehmen wir an, meint ARREER, die Vergleichskante sei weiter entfernt als die Normalkante, und der Beobachter leite eine willkürliche Entspannung der Akkommodation ein (also eine zufällig passende Aenderung), so entsteht die Frage: „Wird er das Deutlichsehen unbedingt fördern müssen?“ Und ARREER antwortet: „Nur in dem einen Falle, wenn er mit der Akkommodation nicht über das Ziel hinauschiessst. Dies wäre aber ohne Weiteres möglich, und der Beobachter kehrt nun mit der Akkommodation um, fördert jetzt vielleicht das Deutlichsehen und schätzt näher, trotzdem die Kante weiter war, und zwar weiter als das Ausmaass der unwillkürlichen Akkommodationsänderung betrug. Darauf kam es an“ (S. 286—87).

Der Fall, von dem ARREER ausgeht (dass die willkürliche Akkommodationsänderung über's Ziel schieesse) ist zwar direkt durch gar keine Erfahrung bezeugt, er ist auch von vornherein nicht wahrscheinlich, weil man nicht recht einsieht, warum Jemand, der — blos von dem Streben geleitet einen fernerer Gegenstand scharf zu sehen — seine Akkommodation entspannt, dieser willkürlichen Aenderung nicht auch ebenso willkürlich ein Ende setzen sollte, [wenn er sein Ziel (das Scharfsehen) erreicht hat. Es hat recht wenig für sich einen solchen Fall zu fingieren und ich könnte hier mit grösserem Rechte ARREER eine Vorlesung über „blosse Denkmöglichkeiten“ halten. Aber immerhin ganz ausgeschlossen ist es nicht, dass die willkürliche und passende Akkommodationsänderung über's Ziel schieesst; bei geringen Entfernungsunterschieden und sehr energischer Innervation (bezw. Innervationsnachlass) könnte das vielleicht einmal eintreten. Nehmen wir diesen Fall also als verwirklicht an, so müsste der Beobachter doch während der — über das gewünschte Ziel hinausgehenden — Akkommodationsänderung sehen, dass die

anfänglichen Zerstreungskreise immer kleiner werden, dann gänzlich verschwinden und schliesslich wieder zu wachsen beginnen (letzteres, sobald die Akkommodation über ihr Ziel hinausgegangen ist). Ich habe nie behauptet, dass die willkürliche Akkommodationsänderung allein es sei, auf der das Tiefenurtheil beruht; vielmehr habe ich fortwährend betont, dass zur willkürlichen Aenderung der Akkommodation noch die unmittelbare Wahrnehmung kommen müsse, dass man mittels derselben das Deutlichsehen gefördert oder geschädigt habe. Wenn nun Einer mit der willkürlichen Akkommodationsänderung auch über's Ziel schießt, so hat er doch gesehen, dass er bis zum Beginne des Exzesses das Deutlichsehen fortwährend förderte und sogar erreichte, und darauf konnte er sein Urtheil ebensogut gründen, wie wenn er nicht über's Ziel geschossen hätte. ARER hat Sorge, man werde nach dem Ueberschreiten des Zieles mit der Akkommodation umkehren, also nach der exzessiven Entspannung wieder eine Anspannung einleiten und nun — diesem letzteren Impulse entsprechend — das zweite Objekt für näher halten. Ich frage aber: warum wechselt der Beobachter in diesem Falle den Akkommodationsimpuls überhaupt? Doch offenbar nur deswegen, weil er die Zerstreungskreise, nachdem sie abgenommen haben, nun wieder grösser werden sieht. Hat ihn also dieser Umstand zur Umkehr veranlasst, dann wird er die grössere Entfernung des Vergleichsobjektes erst recht richtig beurtheilen müssen, weil er nicht nur den Exzess seiner ersten Innervation durch das Anwachsen der bereits verschwundenen Zerstreungskreise als Exzess erkennen wird, sondern überdies noch durch die willkürliche Umkehr und die gleichzeitige Wiederabnahme der Zerstreungskreise sozusagen die Probe auf's Exempel gemacht sieht. ARER hätte Folgendes bedenken sollen: wenn der Beobachter durch die willkürliche Umkehr der Akkommodation zu einem falschen Urtheil veranlasst wird, so wird er es doch nur deswegen, weil er die Zerstreungskreise abnehmen sieht; warum soll er dann aber bei der ersten (passenden) Akkommodationsänderung, die ebenfalls zum Schwinden der Zerstreungskreise führt, nicht zum richtigen Entfernungsurtheil veranlasst werden? ARER acceptirt also hier das Prinzip der willkürlichen Akkommodationsänderung für die Akkommodation, die zu einem falschen Urtheil führt, und mir will er<sup>3</sup> vorwerfen, dass ich dasselbe Prinzip für diejenige Akkommodation anwende, die zu

einem richtigen Urtheil führt. Ob durch Einwände von dieser Qualität meine „ganze Erklärung als ungenügend, um nicht zu sagen unbrauchbar“ erwiesen wird, das zu beurtheilen überlasse ich getrost dem Leser.

#### V. Ueber die Verwendung von Objekten, die ihren scheinbaren Durchmesser ändern.

In Kürze will ich noch auf die Frage zu sprechen kommen, ob die Verwendung von Fäden als Fixationsobjekte, selbst wenn sie wie bei ARBER bloss 0,22 mm dick sind, wirklich keinen Versuchsfehler konstituiert. Vor Allem: wenn man bei Anwendung von Fäden *ceteris paribus* erheblich bessere Urtheile über die relative Entfernung erzielt als bei Anwendung mathematischer Linien<sup>1</sup>, so muss die Ursache der verschiedenen Resultate doch in demjenigen Umstand gesucht werden, durch den allein die beiden Versuchsanordnungen sich von einander unterscheiden, also darin, dass das Fixationsobjekt das eine Mal eine endliche (wenn auch noch so geringe) Breite hatte, das andere Mal aber die Breite Null. Wodurch sonst ist aber der Einfluss der Breite überhaupt verständlich als durch die merkliche Breitenänderung bei Verschiebung des Fadens? ARBER wird vielleicht auch hier wieder sagen: der Unterschied erklärt sich daraus, dass es bei den Fäden eher möglich ist das Normalobjekt absolut zu lokalisiren als bei den Kanten; die absolute Lokalisation sei aber eine Bedingung der relativen.

Obwohl nun diese letztere Abhängigkeit gewiss nicht besteht (siehe die obigen Erörterungen S. 85 ff.), so will ich sie ARBER für den Augenblick einmal zugeben. Ich frage dann aber: warum gelingt denn die absolute Lokalisation eines Fadens besser als die einer Kante? Die blosse Thatsache einer Aus-

<sup>1</sup> Man vergleiche ARBER's Tabellen S. 141—42 (Anwendung von Fäden) mit der Tabelle S. 282 (Anwendung von Kanten), so wird man für die beiden Tabellen gemeinsamen, Beobachter (FRUIT, TAWNEY und THIÉRY) sehr beträchtliche Unterschiede finden.

dehnung nach der Breite würde hier nichts erklären, weil dasselbe Bild von einem ferneren und dickeren wie von einem näheren und dünneren Faden herrühren kann. Es bleibt also gar nichts anderes übrig als sich vorzustellen, dass der Normalfaden (der ja in allen Versuchen derselbe war) näher oder ferner lokalisiert wurde je nachdem sein scheinbarer Durchmesser von einem Versuch zum andern merklich grösser oder kleiner war. Die sogenannte „absolute“ Lokalisation wäre dann auch nur eine relative, relativ nicht innerhalb eines und desselben Versuches, sondern von einem Versuch zum andern. Man könnte also, um den Einfluss der scheinbaren Dicke auszuschliessen, nur zweierlei thun: entweder man verwendet Normal- und Vergleichsfäden von verschiedener Dicke, so dass der Beobachter nie weiss, welche Fäden vom Experimentator augenblicklich gewählt wurden — oder man verwendet Objekte, die gar keine Dicke haben: der letztere und sicherere<sup>1</sup> Weg ist von mir eingeschlagen worden.

ARBER's Versuchspersonen haben zwar mehrfach selbst die scheinbare Fadendicke für merkbar veränderlich erklärt<sup>2</sup>, ja der Verf. bezeichnet den scheinbaren Durchmesser mitunter selbst als eines der Lokalisationsmittel (S. 224 u. 225); aber trotzdem hält er dieses Kriterium nicht für „objektiv bedingt“ (S. 225) und daher die betreffenden Aussagen der inneren Wahrnehmung nicht für fähig „objektiv“ bestätigt zu werden (S. 145). Nun will ich nicht weiter darauf eingehen, wie bedenklich es ist, dem Zeugnis der inneren Wahrnehmung dort, wo es sich nicht etwa um Deutung oder Analyse sondern um das unmittelbare Konstatieren des psychisch Erlebten handelt, eine „objektive“ Korrektur entgegenzustellen; ich will nicht näher ausführen, dass in Fällen, wo das direkte Zeugnis der inneren Wahrnehmung unseren Schlüssen aus „objektiven“ Daten widerspricht, sofort diese letzteren und nicht die Aussage der inneren Wahrnehmung angezweifelt werden müssen; vielmehr will ich sogleich untersuchen, wie es denn mit jenen „objektiven“ Gründen aussieht, denen zu Liebe man trotz innerer Wahrnehmung an eine psychisch

<sup>1</sup> Sicherer ist er darum, weil bei Anwendung verschieden dicker Fäden die dickeren sehr leicht unterscheidbare Einzelheiten erkennen lassen können, wodurch also wieder ein Versuchsfehler eingeführt wäre.

<sup>2</sup> Vgl. z. B. S. 140, 145, 224, 225.

wirksame Aenderung der scheinbaren Fadendicke nicht soll glauben dürfen. Ich habe in meiner citirten Arbeit auf einen Aufsatz von E. A. WÜLFING „über den kleinsten Gesichtswinkel“<sup>1</sup> hingewiesen, in welchem dieser Autor als Minimalwerth des Gesichtswinkels, unter dem zwei Lichteindrücke noch eben unterschieden werden können, 10 bis 12 Winkelsekunden angiebt. Darauf beruft sich nun ARBER; er rechnet für die monokulare Versuchstabelle eines Beobachters die Differenzen der Gesichtswinkel, unter welchen Normal- und Vergleichsfaden erscheinen, und findet, dass sich diese Differenzen in dem Intervall zwischen 12" und 1" bewegen (S. 139); daraus schliesst er auf die Unzulässigkeit der Annahme, „es hätte die scheinbare Dicke des Fadens bei diesen Versuchen eine Rolle gespielt“ (S. 140).

WÜLFING hat sich folgender Versuchsanordnung bedient: er benützt einen feinen ( $\frac{1}{3}$  mm breiten) hellen Spalt, dessen untere Hälfte parallel mit sich selbst verschoben werden kann, ähnlich wie die Theilstriche eines Nonius gegen die des Maassstabes verschoben werden können. WÜLFING kann eine Verschiebung von 0,1 mm noch auf 2 m Entfernung erkennen, was einen Gesichtswinkel von 10" ergiebt (a. a. O. S. 201). Analoge Versuche mit Nonien (schwarze Theilstriche auf weissem Karton) zeigten, dass eine Verschiebung von 0,056 mm auf 1 m Entfernung noch erkennbar war, was einen Gesichtswinkel von 12" ergiebt (S. 201). WÜLFING fügt bei: „Bei günstigeren Beleuchtungsverhältnissen, d. i. bei Linien, die sich besonders scharf von ihrem Grunde abheben, würde man als Grenze der Wahrnehmbarkeit wahrscheinlich einen noch kleineren Gesichtswinkel erhalten (S. 201).

Es fällt nun in die Augen, dass WÜLFING's Resultate nicht ohne Weiteres auf Beobachtungen über successive Entfernungsänderung anwendbar sind, was ich seiner Zeit selbst betont habe<sup>2</sup>. Bei WÜLFING's Versuchen waren die beiden Objekte gleichzeitig vorhanden; damit ist schon gesagt, dass die Irradiation nicht gänzlich ausgeschlossen sein kann, obzwar sie natürlich viel weniger zu bedeuten hat als wenn man nach der alten Methode zwei Lichtpunkte benützt. Die Irradiations-

<sup>1</sup> *Zeitschrift für Biologie*, XXIX. Bd., der neuen Folge XI. Bd., S. 199 ff.

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. Psychol.* Bd. VII, S. 116.

kreise des Noniustheilstrichs und des Maassstabtheilstrichs können freilich nur mit ihren einander zugekehrten Enden ineinander greifen, aber man kann darum doch nicht sagen, sie griffen gar nicht ineinander. Ferner wird die Fähigkeit auf derartig feine Objekte noch in 1 bis 2 m Entfernung vollkommen scharf einzustellen sicherlich eher abhanden kommen als man die letzte Grenze in der Feinheit des Ortssinnes der Netzhaut erreicht hat; die sphärische Abweichung und der geringste etwa vorhandene Astigmatismus würden überdies Zerstreuungskreise erzeugen, die bei so extrem feinen Versuchen nothwendig in Betracht zu ziehen wären. Das Missliche ist nun dies: wenn man durch eine bedeutende Helligkeitsdifferenz zwischen Linie und Grund die dioptrischen Zerstreuungskreise abzuschwächen sucht (und sie werden ja dann durch Kontrast abgeschwächt), so verhilft man gerade damit der physiologischen Irradiation zu grösserem Einfluss und kommt so von der Scylla in die Charibdis. Ich bezweifle übrigens sehr, ob man bei simultanen Versuchen über den kleinsten Gesichtswinkel überhaupt alle Fehlerquellen gänzlich wird ausschliessen können.

Es ist also nicht nur möglich, sondern vernünftiger Weise sogar zu erwarten, dass die Feinheit des Ortssinnes der Netzhaut eine grössere ist als wie sie sich bei wie immer gearteten Simultanversuchen herausstellt. Bei successiven Versuchen würden, wie man leicht ersieht, die oben erwähnten Mängel weniger oder gar nicht wirksam sein; die Zerstreuungskreise an sich würden ja die Merklichkeit der Bildgrössenänderung nicht beeinträchtigen, da es durch die Succession der Bilder unmöglich gemacht wird, dass zwei Zerstreuungskreise ineinanderfliessen — und dasselbe gilt von den Irradiationskreisen<sup>1</sup>. Somit ist es durchaus nicht unwahrscheinlich, dass bei successiven Versuchen unter günstigen Umständen ein Gesichtswinkel zur Unterscheidung zweier Punkte hinreichen kann, bei welchem der Simultanversuch noch kein Urtheil auf Zweifelhait er giebt.

<sup>1</sup> Auf Seite der Successiv-Versuche bliebe nur der Nachtheil zu verzeichnen, den die Unverlässlichkeit des Gedächtnisses mit sich bringt. Ihn abzuschätzen, dazu fehlt jedes Mittel; wohl aber besteht er gewiss nicht bei kontinuierlicher Verschiebung des Objektes und stetiger Fixation; und wahrscheinlich besteht er nicht bei abruptem Wechsel, sobald das zweite Objekt unmittelbar nach Verschwinden des ersten in's Gesichtsfeld tritt.

Auch auf folgenden Umstand habe ich seiner Zeit<sup>1</sup> bereits hingewiesen: bei Diskussion der Versuche über relative Entfernungsschätzung handelt es sich nicht um den kleinsten merklichen Gesichtswinkel sondern um die kleinste merkliche Gesichtswinkeldifferenz. Die Merkbarkeit einer solchen Gesichtswinkeldifferenz kann sich nun entweder in einer merkbaren Sehgrössensänderung bei konstanter Entfernung äussern oder in einer merkbaren Entfernungsänderung bei konstanter Sehgrösse und schliesslich kann sie ihre Wirkung nach diesen beiden Seiten hin sozusagen auftheilen, d. h. sie kann eine Grössen- und Entfernungsänderung zur Folge haben, Beides aber in geringerem Maasse als wenn einmal die Entfernung für sich allein, das andere Mal die Sehgrösse für sich allein beeinflusst worden wäre. Wir wissen nicht, welcher von diesen drei möglichen Fällen wirklich statthat. Also selbst in den Fällen, wo die Beobachter nichts über eine scheinbare Zu- oder Abnahme der Fadendicke berichteten, könnte ihr blosses Urtheil über Näher oder Ferner auf der Aenderung des Netzhautbildes begründet sein; ja wir müssen das in denjenigen Fällen sogar annehmen, wo zwar Versuche mit Fäden, nicht aber solche mit mathematischen Linien (bei sonst ganz gleichen Bedingungen) zu einer Erkenntniss des Tiefenunterschiedes führten<sup>2</sup>. Nach all' dem kann ich nicht zugeben, dass man einen Einfluss der Bildgrösse auf die scheinbare Entfernung immer dort nicht für „objektiv“ begründet halten dürfe, wo die Gesichtswinkeldifferenzen kleiner sind als die WÜLFING'schen Werthe (nämlich 10"—12"). Hingegen muss ich daran festhalten, dass die Versuche mit (noch so feinen) Fäden immer zweideutige Resultate ergeben müssen, während Versuche mit mathematischen Linien auch von dem fernsten Verdachte des erwähnten Versuchsfehlers frei sind. ARER's Versuchsordnung

<sup>1</sup> Vgl. meine Abhandlung S. 117.

<sup>2</sup> Gelegentlich giebt übrigens ARER selbst zu, dass Veränderungen des Durchmessers „auch dort möglicher Weise von Einfluss sein konnten, wo es zu einer klaren und bewussten Wahrnehmung dieser Veränderung nicht kam“ (S. 302). So viel ich verstehe, meint hier ARER diejenigen Fälle, in welchen Aenderungen des Durchmessers nicht als Aenderungen der Sehgrösse, sondern als solche der scheinbaren Entfernung aufgefasst wurden. Wenigstens habe ich es an der Stelle meiner Abhandlung, die ARER hier citirt (nämlich S. 113 ff.) so gemeint.

scheint mir gegenüber der meinigen daher nur als ein Rückschritt.

#### VI. Ueber die Unverwendbarkeit binokularer Versuche.

Ich will nun auf eine andere, prinzipiell noch wichtigere Differenz zwischen meinen und ARBER's Versuchsmethoden eingehen. Sie betrifft die Frage, ob man die Versuche über den Einfluss von Akkommodation und Konvergenz auf die Tiefenlokalisation auch binokular anstellen dürfe oder ob sich nur monokulare Versuche dazu eignen. Durch Ueberlegungen, welche HERING schon vor langer Zeit angestellt hat<sup>1</sup>, veranlasst, habe ich mich gegen die Zulässigkeit binokularer Versuche entschieden<sup>2</sup> — im Gegensatz zu ARBER. Ich will diese Ueberlegungen kurz in Erinnerung bringen. Gesetzt, ein binokular fixirter Punkt im leeren Gesichtsfeld (und bei Ausschluss aller empirischen Lokalisationsmotive) fange an sich dem Beobachter zu nähern und er thue dies (der Einfachheit wegen) median und in der primären Blickebene. Der Beobachter soll nicht wissen, wann die Bewegung beginnt und in welchem Sinne sie erfolgt. Dann wird sich Folgendes ereignen: der Punkt bildet sich sofort nachdem er seinen Platz verlassen hat auf Netzhautstellen von gekreuzter Disparation ab, und zwar ist diese Disparation erfahrungsgemäss viel früher wirksam als der Punkt das Gebiet der CZERMAK'schen Akkommodationslinie überschritten hat, also viel früher, als er durch Zerstreuungskreise seine Ortsänderung verräth. Es ist kein denkbarer Grund vorhanden, warum die Konvergenz sich vom ersten Moment der Bewegung an sogleich dem Sinne und dem Ausmaasse nach so ändern sollte, dass der Punkt sich immer auf den Stellen des deutlichsten Sehens abbildete und es daher nie zu einer Disparation käme. Die erste physiologische Bedingung also, die sich bei

<sup>1</sup> Vgl. *Beiträge zur Physiologie*, Heft V, S. 343 ff.

<sup>2</sup> Vgl. meine Abhandlung S. 104 ff.

diesem Versuche ändert, kann in gar nichts Anderem bestehen als darin, dass die beiden Halbbilder, die zu Beginn auf identische Netzhautstellen fielen, nunmehr auf Stellen von gekreuzter Disparation fallen. Dass diese letztere aber die Vorstellung geringerer Entfernung unmittelbar zur Folge hat, das ist eine der sichersten Erkenntnisse, die wir in der Theorie des räumlichen Sehens überhaupt besitzen. Man wende nicht ein, dass diese Thatsache nur aus solchen Beobachtungen gewonnen sei, in welchen die beiden Objekte, das fernere und nähere, gleichzeitig im Gesichtsfeld gegeben sind und dass daher schon ohne Blickbewegung die Vorstellung verschiedener Entfernung (vermöge der Disparation) ermöglicht werde. Ein solcher Einwand würde den wesentlichsten Umstand übersehen: bei der Annäherung nur eines Punktes nämlich hat ja der Beobachter erst dann einen Anlass seine Konvergenz zu ändern, wenn die beiden Halbbilder sich bereits merklich auf den beiden Netzhäuten verschoben haben; diese Merklichkeit äussert sich aber bekanntlich in nichts anderem als in der Zu- oder Abnahme der scheinbaren Entfernung. Somit ist der Beobachter des einen bewegten Punktes wesentlich in derselben Lage, wie derjenige, der einen ruhigen Punkt fixirt und dem während dieser Fixation ein zweiter (näherer oder fernerer) Punkt sichtbar gemacht wird, dessen Disparation gerade jenes Minimum erreicht, das zu einem stereoskopischen Effekt eben noch hinreicht.

Diese, wie bemerkt, schon von HERING angestellten Ueberlegungen waren es, die mich zur prinzipiellen Ausschliessung binokularer Versuche veranlasst haben.

Auf die ARER'schen Binokularversuche sind indessen diese Ueberlegungen nicht ohne Weiteres anwendbar, und zwar aus folgendem Grunde: das Erkennen der kleinsten Entfernungsdifferenzen auf Grund der Disparation setzt, sobald man die Versuche successiv anstellt, voraus, dass in dem Augenblick, in welchem die objektive Entfernung um das merkliche Disparations-Minimum geändert wird, die der ersten Entfernung entsprechende Konvergenzstellung nicht geändert werden kann; nur in diesem Falle kann die successive Beobachtung denselben Vortheil aus der Disparation ziehen wie die simultane. Diese Voraussetzung ist aber nur garantirt, entweder wenn der Entfernungswechsel ein kontinuierlicher ist oder aber wenn bei abruptem Wechsel das erste Objekt so unmittelbar vom zweiten abgelöst wird,

dass man an eine während dieser Aenderung statthabende Konvergenzschwankung nicht denken kann — wie dies bei meinen Versuchen der Fall war. Bei den Versuchen aber, die ARBER mit seinem Fadenapparat angestellt hat, vergeht zwischen dem Verschwinden des ersten und dem Sichtbarwerden des zweiten Objektes so viel Zeit, als der Experimentator braucht, um den ersten Faden aus dem Gesichtsfeld fortzuschaffen und den zweiten einzustellen; und während dieser Manipulation hält der Beobachter die Augen geschlossen (S. 134). Nun steht es ausser jedem Zweifel, dass der Beobachter während dieses Intervalles die ursprüngliche Konvergenzstellung nicht genau bewahren kann; ja der Verschluss der Augen und somit der Mangel jedes optischen Anhaltspunktes bieten der Bewahrung des Konvergenzgrades noch besondere Schwierigkeiten. Mag nun ein solcher Beobachter auch immer zu dem Hilfsmittel einer in der Phantasie vorgestellten Hilfsfigur (siehe oben S. 91) greifen, um mittels derselben den ursprünglichen Konvergenzgrad wiederherzustellen, so wird ihm das schon wegen der Intervention des Gedächtnisses niemals genau gelingen. Bedenkt man nun den sehr geringen Werth, den ein objektiver Entfernungsunterschied zu haben braucht um eine für die Tiefenwahrnehmung bereits hinreichend wirksame Disparation zu ergeben, so wird sofort klar, dass bereits eine sehr kleine Konvergenzschwankung bezw. ein sehr geringer Fehler des Gedächtnisses hinreichen muss, um die Leistungsfähigkeit der Disparation abzuschwächen, sie ganz zu vernichten oder sie geradezu zu einer Fehlerquelle zu machen. Gesetzt z. B., der zweite Faden liege um das Disparationsminimum näher als der erste, so würde bei genauer Erhaltung des Konvergenzgrades ein richtiges Urtheil über die Lage des zweiten Fadens relativ zum ersten noch eben möglich sein. Nehmen wir nun an, die Konvergenz habe sich bis zum Erscheinen des zweiten Fadens gerade um jenes Distanzminimum vergrössert, so bildet sich der zweite Faden auf identischen Stellen ab; hat sich aber die Konvergenz noch stärker vergrössert, dann erscheint der zweite Faden in gleichnamiger Disparation und wird deshalb als ferner beurtheilt, obwohl er objektiv näher war. Analoge Ueberlegungen haben statt, wenn die Konvergenz sich während der Zwischenzeit verkleinert. Auf diese Weise wird es begreiflich, dass die Binokularversuche in der Weise, wie sie von ARBER's Beobachtern angestellt waren, in ihren Re-

sultaten nur geringe Unterschiede gegenüber den monokularen Versuchen erkennen liessen (vgl. S. 149 ff.), weil eben der Hauptvorteil, den die binokulare Beobachtung gewähren könnte (nämlich vermöge der Disparation) durch die Unmöglichkeit einer strengen Bewahrung des Konvergenzgrades ganz oder theilweise paralysirt wurde, so dass sich die Situation der binokularen Beobachtung nicht mehr wesentlich von der der monokularen unterscheidet.

Diesen Erwägungen gemäss werden wir von Binokularversuchen, die unter den ARKER'schen Bedingungen angestellt werden, zweierlei zu erwarten haben: erstens, dass die sinnliche Anschaulichkeit, welche für das, durch Disparation erfolgende, Tiefensehen überhaupt charakteristisch ist, sich auch hier wieder vorfinde<sup>1</sup> und daher die Urtheile den Charakter des unmittelbar Sicherem und prompt Erfolgenden haben und sich dadurch von den unbestimmten, zögernden und schwankenden Urtheilen der monokularen Beobachtung unterscheiden; zweitens werden wir aber erwarten, dass in Folge der Unmöglichkeit den Konvergenzgrad genau zu bewahren diese, mit dem Gefühl der Sicherheit und Anschaulichkeit abgegebenen Urtheile häufig falsch sein können, so dass sie in Bezug auf Bestimmtheit einen beträchtlichen, in Bezug auf Richtigkeit einen geringen, oder vielleicht gar keinen Vorrang vor den monokularen Beobachtungen besitzen. Und gerade das ist es, was ARKER selbst über die Beziehung der binokularen zu den monokularen Versuchen angiebt. Hören wir seine eigenen Worte: „Der Hauptunterschied der Ergebnisse besteht ferner nicht, oder nicht hauptsächlich, in den feineren Unterschieds-

<sup>1</sup> ARKER anerkennt wiederholt — und zwar mit Recht — die „plastisch gänzlich verschiedenen Eindrücke“ der binokularen Beobachtung gegenüber der monokularen. (Vgl. z. B. S. 250.) Er hält mit Recht auch daran fest, dass dieser Unterschied unmittelbar im Sehakt selbst begründet sein müsse, spricht bei dieser Gelegenheit auch von dem Einfluss des „doppelten Halbbildes“, womit doch nur die Disparation gemeint sein kann. Aber die unmittelbare Konsequenz, dass eben diese Disparation Alles das zu leisten vermag, was man etwaigen Muskelempfindungen zuschreiben könnte, und dass daher binokulare Versuche gar keinen Schluss auf die lokalisatorischen Leistungen von Muskelempfindungen gestatten und somit von vornherein auszuschliessen sind, diese Konsequenz hat ARKER mit Unrecht zu ziehen versäumt.

strecken bei binokularem Sehen, sondern weit mehr in der Leichtigkeit, grösseren Sicherheit und Schnelligkeit, mit denen sie, im Gegensatz zu dem monokularen, erkannt wurden“ (S. 251).

Zusammenfassend lässt sich also sagen: ARNER's Binokularversuche unterliegen den Einwänden, welche man gegen Binokularversuche überhaupt erheben muss, sofern dieselben die Frage sollen entscheiden helfen, welche Rolle die Muskelempfindungen bei der Tiefenlokalisierung spielen — sie unterliegen dem Einwand, dass sie ein notorisch äusserst feines Reagens (die Disparation) nicht ausschliessen. Und weiter: dass dieses letztgenannte Reagens speziell in ARNER's Versuchen nicht denjenigen Grad von Leistungsfähigkeit aufweist, den wir sonst an ihm zu beobachten gewohnt sind, das beruht auf einer Besonderheit der ARNER'schen Versuchsmethode, welche für eine genaue Wiederherstellung des ursprünglichen Konvergenzgrades keine Gewähr bietet. Aus den angegebenen Gründen scheinen mir sämtliche Binokularversuche ARNER's überflüssig.

## VII. Die binokulare Lokalisation des „Kernpunktes“.

Bis jetzt war vorwiegend von Lokalisationsänderungen bzw. relativer Lokalisation die Rede. Es fragt sich nun, auf welche Weise wir einen Punkt für sich und ohne Beziehung zu einem andern lokalisieren. Man bezeichnet das vielfach als „absolute Lokalisation“ — ein terminus, der nicht frei von Missverständnissen ist, wie wir später sehen werden. Ich ziehe es vor von einer Lokalisation des „Kernpunktes“ (HERING) zu sprechen und verstehe unter „Kernpunkt“ den scheinbaren Ort, den der mit den beiden Netzhautcentren gesehene Punkt im Sehraum einnimmt und relativ zu welchem die Lokalisation aller anderen Punkte des Sehraumes erfolgt. Der Kernpunkt ist also ein scheinbarer (phänomenaler) Ort; begrifflich fällt er nicht zusammen mit dem wirklichen Ort, der durch den Schnittpunkt der Gesichtslinien gegeben ist;

dass die beiden Punkte auch thatsächlich sehr häufig nicht koincidiren, dafür giebt u. A. die allbekannte Beobachtung Zeugniß, dass das haploskopische Vereinigungsbild zweier, mit den Netzhautcentren gesehener Punkte oder Vertikallinien auch dann, wenn die Gesichtslinien parallel gerichtet sind, durchaus nicht unendlich fern erscheint, sondern (mit individueller Verschiedenheit natürlich) in einer Entfernung von wenigen Metern gesehen wird,<sup>1</sup> wobei aber, wie schon früher erwähnt, auch diese Lokalisation keine „bestimmte“ d. h. bei gegebenen peripheren Bedingungen unveränderliche ist.

Was nun die „absolute“ Lokalisation bei monokularer Beobachtung anlangt, so sind eigentlich alle Forscher, die darüber Versuche angestellt haben, einig, dass diese Lokalisation keine bestimmte sei.<sup>2</sup> Denkt man an die bekannte Verknüpfung der Konvergenz mit der Akkommodation, so würden diese Versuche für sich schon beweisen, dass uns ein bestimmter Zustand des Akkommodations- und des äusseren Bewegungsapparates zu keiner bestimmten Lokalisation veranlasst. Das würde für sich genommen noch nichts gegen die lokalisatorische Leistungsfähigkeit der Muskelempfindungen beweisen, weil man sagen könnte, dass nur Veränderungen nicht aber Zustände des Muskelapparates überhaupt psychisch wirksam sind.

Ueber die binokulare Lokalisation des fixirten Punktes selbst herrscht nicht die gleiche Einigkeit. Bei einäugiger Betrachtung kann man den Faden ebenso gut als schwarzen Strich auf dem weissen Hintergrund sehen wie anderswo, vorausgesetzt, dass seine Dicke nicht bekannt ist, dass er keine Details unterscheiden lässt und dass er nicht so nahe steht, dass das Akkommodiren mit einer lästigen Empfindung von Anstrengung verbunden ist. Ueber die Bestimmtheit der absoluten Lokalisation bei binokularer Beobachtung aber weichen die Angaben der einzelnen Forscher von einander ab. WUNDT hebt, wie auch ARNER wieder berichtet (S. 229), hervor, dass die Lokalisation unter diesen Umständen nicht nur unrichtig, sondern auch unbestimmt sei. Auch HELMHOLTZ hält das Gefühl der Konvergenz für „ziemlich unsicher

<sup>1</sup> Vgl. auch meine Abhandlung „Die Stabilität der Raumwerthe auf der Netzhaut“, *Zeitschr. f. Psychol.* Bd. V, S. 42.

<sup>2</sup> So auch WUNDT (*Beiträge* S. 107), dem ARNER (a. a. O. S. 135) beipflichtet.

und ungenau“ weshalb wir unter Umständen „ziemlich bedeutenden Täuschungen“ ausgesetzt seien.<sup>1</sup> Auch HERING steht auf Seite der unbestimmten Lokalisation, insoferne er (wie wir sehen werden) das eventuelle Vorhandensein einer bestimmten Erwartung, den Gegenstand nahe oder fern zu sehen, für ein die Lokalisation bestimmendes Moment hält, in einer Weise, auf die wir alsbald zu sprechen kommen. DONDERS vertritt zwar die Ansicht, dass die Konvergenzempfindungen nicht nur ein bestimmtes, sondern auch ein richtiges Entfernungsurtheil ermöglichen; doch sind, wie ARNER richtig bemerkt, seine Versuche nicht beweisend; und zudem berichtet DONDERS selbst, dass er bei den ersten Versuchen die Distanz gewöhnlich überschätzt und „einige Zeit“ gebraucht habe, „um völlig von allem dem zu abstrahiren, was die Vorstellung von einer grösseren Entfernung erregen könnte.“<sup>2</sup> Zu erwähnen ist noch, dass auch über die Richtigkeit der Lokalisation die Ansichten auseinandergehen; WUNDT unterschätzt die Entfernung, HELMHOLTZ überschätzt sie, DONDERS beurtheilt sie nach genügender Uebung „vollkommen genau“.

ARNER selbst steht zwar auf der Seite der Bestimmtheit der absoluten Lokalisation; auf das Zeugniß der inneren Erfahrung gestützt meint er annehmen zu dürfen, „dass die Entfernungsvorstellung eine von gleichen äusseren Bedingungen bestimmte und nicht von Fall zu Fall wechselnde“ sei (S. 232); er theilt auch einzelne Aeusserungen seiner Versuchspersonen mit, denen zu Folge es „sofort ersichtlich“ sei, dass der Faden zwischen dem Hintergrunde und dem Blickrohre „so zu sagen in der Luft schwebe“ (S. 223), und dass der Beobachter bei beliebig wiederholtem Hineinsehen in das Blickrohr die bestimmte Entfernung immer wieder erkannte (S. 224). Erinnern wir uns aber jener Hilfsmittel, welche ARNER's Beobachter anwendeten um eine Entfernungsvorstellung im Gedächtniss zu fixiren, Hilfsmittel, die in hinzugedachten (hineinphantasirten) geometrischen Figuren bestanden (vgl. oben S. 91), so wird man mit der Annahme kaum fehlgehen, dass für die Unveränderlichkeit der Entfernungsvorstellung jene Hilfsmittel alle in schon hinreichende Gewähr bieten

<sup>1</sup> *Physiol. Optik*, 2. Aufl., S. 795.

<sup>2</sup> GRAEFÉ'S *Archiv f. Ophthalm.*, Bd. XIII, S. 22.

und daher ein Lokalisiren mittels der Konvergenzempfindungen sich hier wenigstens als eine überflüssige Annahme erweist.

Wie schon oben erwähnt, müssten die Konvergenzempfindungen, falls sie uns beim binokularen Versuche zu einer bestimmten absoluten Lokalisation verhelfen sollten, dies nothwendiger Weise auch beim monokularen Versuche thun — wegen der bekannten Verknüpfung von Akkommodation und Konvergenz; sie thun es aber im letzteren Falle nicht und zwar nach dem übereinstimmenden Zeugniß Aller, die diese Frage untersucht haben und zu denen auch ARNER gehört. Die Konsequenz, scheint mir, liegt dann auf der Hand.

Indessen ist nicht zu verkennen, dass die absolute Lokalisation beim Binokularsehen entschieden weniger labil ist als bei monokularer Betrachtung. Das geht nicht nur aus dem geringeren Werth des variablen Fehlers hervor, es ergibt sich auch aus der Selbstbeobachtung innerhalb eines und desselben Versuches: wie immer nämlich die Ergebnisse mehrerer Versuche untereinander abweichen mögen (und sie thun das bei verschiedenen Forschern in verschiedenem Grade), die Selbstbeobachtung beim einzelnen Versuche zeigt unzweifelhaft, dass es nicht in dem Maasse in unserem Belieben liegt, wohin wir den Faden lokalisiren wollen, wie dies für den einäugigen Versuch gerade charakteristisch ist; bei binokularer Betrachtung hat vielmehr auch die absolute Lokalisation etwas Zwingenderes als bei monokularer.

Die Erklärung, die HERING von dem Vorgang der „absoluten“ Lokalisation mit zwei Augen gegeben hat, scheint mir den genannten Verhältnissen durchaus zu genügen. Ich will sie hier nochmals in Erinnerung bringen, ferner zeigen, wie sie auch der Thatsache der individuellen Verschiedenheit in der absoluten Lokalisation (WUNDT, HELMHOLTZ, DONDEES) mit Leichtigkeit gerecht werden kann, und sie schliesslich gegen die scheinbaren Einwände ARNER's und Anderer vertheidigen.

HERING denkt sich den Vorgang bei der „absoluten“ Lokalisation eines Objektes (z. B. eines Fadens) im sonst leeren Gesichtsfeld und bei Ausschluss aller empirischen Lokalisationsmotive folgendermaassen: der Beobachter tritt an den Versuch heran entweder a) mit parallelen Gesichtslinien, oder b) mit Gesichtslinien von einer bestimmten Konvergenz. Im Falle a) erscheint der Faden in gekreuzten Doppelbildern, welche ein ge-

wisses „Nahegefühl“ erwecken, und zwar wird eine Vorstellung von um so grösserer Nähe erweckt, je weiter die Doppelbilder von einander entfernt sind. Dieses „Nahegefühl“ hat unmittelbar eine Innervation von Seiten des motorischen Centrums im Sinne einer Mehrung der Konvergenz zur Folge. Die Doppelbilder rücken dadurch einander näher; solange sie aber überhaupt bestehen, besteht auch der physiologische Anreiz zur weiteren Konvergenzvermehrung, und das geht so lange fort, bis Doppelbilder und Disparation verschwinden und damit auch der Anreiz zur weiteren Mehrung der Konvergenz entfällt. Der Faden wird also im Falle a) näher erscheinen, als wenn er sich schon beim ersten Blick auf identischen Netzhautstellen abgebildet hätte.

Tritt man aber schon mit der Erwartung an den Versuch heran, es befinde sich das Objekt in der Nähe (Fall b), so wird man schon von vornherein die Augen in eine gewisse Konvergenz gebracht haben, die aber im Allgemeinen der tatsächlichen Entfernung des Fadens nicht entsprechen, sondern zu gross oder zu klein sein wird. Ersterenfalls erscheint der Faden in gleichnamigen Doppelbildern, welche eine Fernvorstellung hervorrufen und auf das motorische Centrum als Anreiz zur Verminderung der Konvergenz wirken; letzterenfalls erscheint der Faden in gekreuzten Doppelbildern, welche eine Nähenvorstellung hervorrufen und eine Innervation im Sinne einer Konvergenzvermehrung veranlassen.

Nach dieser Auslegung ist also die gewöhnlich als „absolut“ bezeichnete Lokalisation zurückgeführt auf die anderwärts wohl bekannten Erscheinungen der relativen Lokalisation mittels Doppelbilder bzw. mittels Disparation; nur erfolgt diese Lokalisation nicht relativ zu einem gesehenen, sondern relativ zu einem in der Phantasie vorgestellten Objekt, von dessen Vorstellung diejenige Konvergenz geleitet wird, mit der man an den Versuch herantritt; blos im Falle anfänglicher Parallelstellung braucht eine solche Ortsvorstellung nicht vorangegangen zu sein; denn um die Gesichtslinien parallel zu stellen, dazu bedarf es nicht der leitenden Vorstellung eines unendlich fernen Objektes, es genügt vielmehr, den Bewegungsapparat einfach gar nicht zu innervieren.

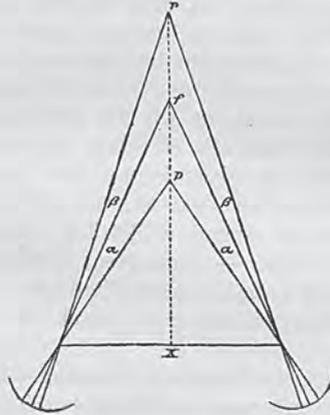
Die Parallelstellung zu Anfang des Versuches dürfte wohl der gewöhnlichere Fall sein; wenn man aber schon mit der Vermuthung eines nahen Objektes und daher mit konvergenter

Stellung an den Versuch herangeht, dann sehe ich gar nichts Bedenkliches in der Annahme HERING's, dass diese Konvergenz rein mechanisch von der Ortsvorstellung in der Phantasie veranlasst werde. Wenn Jemand ein Objekt fixirt und wenn nun ein zweites Objekt ins Gesichtsfeld tritt, welches z. B. in gekreuzter Disparation sich abbildet und daher sofort näher gesehen wird, so löst die blosser Absicht, nunmehr das zweite Objekt zu fixiren, eine entsprechende Konvergenzbewegung aus: nicht die Konvergenzvermehrung ist hier der Gegenstand des Willensaktes, sondern das Deutlichsehen ist es; das Streben nach direkter Fixation zusammen mit der Wahrnehmung, dass das zu fixirende Objekt näher (ferner) liegt, das sind die beiden psychischen Faktoren, welche die Konvergenzbewegung nach Richtung und Ausmaass bestimmen und so zu sagen reflektorisch auslösen; von einem direkt auf den Akt des Konvergirens gerichteten Willen kann in diesen Fällen nicht die Rede sein, wengleich man der Bequemlichkeit wegen von einer „intendirten Konvergenz“ u. dergl. reden kann — eine Ausdrucksweise, die solange unschädlich ist, als es sich etwa bloss darum handelt, den oben beschriebenen Vorgang solchen Fällen gegenüberzustellen, in denen sich die Konvergenz ohne jedes (auch indirekte) Zuthun des Willens ändert. — Wenn nun ein als näher oder ferner gesehener Ort ohne Zweifel eine entsprechende Konvergenzänderung rein mechanisch auslösen kann, so sehe ich gar nichts Befremdliches in der Annahme, dass auch ein bloss in der Phantasie vorgestellter Ort eine solche Aenderung zur Folge hat, gerade so wie die mit dem blossen Anblick einer Speise in der Phantasie associirte Geschmacksqualität den Hungrigen zu erhöhter Absonderung des Parotidensekretes zu veranlassen im Stande ist. Wer sich darauf einübt, im Dunklen oder bei geschlossenen Augen willkürlich zu konvergiren, wird bemerken, dass er dies — wenigstens anfänglich — nur mit Hilfe eines in der Phantasie vorgestellten Ortes zu Wege bringt, so z. B. bei extremer Konvergenz durch die Vorstellung der eigenen Nasenspitze.

Man könnte gegen HERING's Auffassung folgendes Bedenken erheben: tritt man mit parallelen Gesichtslinien an den Versuch, so erzeugen die Doppelbilder eine Nähenvorstellung, die quantitativ durch die grössere oder kleinere Distanz der Doppelbilder bestimmt ist, man lokalisirt gewissermaassen relativ zu einem

unendlich fernen Objekt; waren aber die Gesichtslinien anfänglich schon konvergent, konvergirten sie z. B. stärker als es der Lage des Objektes entspricht, so erwecken die Doppelbilder eine Fernvorstellung, die quantitativ auch wieder durch ihre Distanz bestimmt wird, man lokalisiert also relativ zu demjenigen, in der Phantasie vorgestellten Ort, von dessen Vorstellung eben die ursprüngliche Konvergenzstellung geleitet war. Sollte man da — so würde der Einwand lauten — nicht glauben, dass die Lokalisation in beiden Fällen genau dieselbe sein müsse? Wenn wirklich die Doppelbilder das Lokalisationsmotiv sind, dann muss es zu dem nämlichen absoluten Resultate führen, ob ich relativ zu einem als fern, oder relativ zu einem als nahe vorgestellten Ort lokalisiere; denn der Variabilität des willkürlichen Ausgangspunktes steht ja die Distanz der Doppelbilder und der Sinn derselben (gekreuzt bezw. ungekreuzt) kompensierend gegenüber. Aus HERING's Auffassung würde also gerade das nicht folgen, was dieser Forscher aus ihr folgert, nämlich die Variabilität der absoluten binokularen Tiefenlokalisierung.

Dieser Einwand lässt sich von zwei Seiten her widerlegen. Erstens: Nehmen wir an, der Beobachter gehe an den Versuch mit der Nähenvorstellung  $x p$  (vgl. die Figur) und seine Gesichtslinien



linien schnitten sich wirklich (genau entsprechend dieser Nähenvorstellung) in  $p$ , dann wird der Faden  $f$  in gleichnamige Doppel-

bilder zerfallen, deren Distanz durch die beiden Winkel  $\alpha$  bestimmt ist; von der Grösse dieser Winkel hängt es ab, wie weit  $f$  hinter den eingezeichneten Ort  $p$  lokalisiert wird. Nehmen wir nun an, der Beobachter ginge ein anderes Mal mit der Entfernungsvorstellung  $xr$  an den Versuch und dieser eingezeichnete Ort  $r$  liege um ebensoviel hinter  $f$  als früher  $p$  vor  $f$  gelegen war ( $rf = pf$ ); dann wird die Distanz der Doppelbilder und somit die relative Nähenvorstellung von  $f$  bestimmt sein durch die Grösse der Winkel  $\beta$ . Nun sieht man ohne Weiteres, dass

$$\alpha > \beta$$

Also wird der Faden im zweiten Falle nicht um so vieles vor  $r$  lokalisiert werden als er im ersten hinter  $p$  lokalisiert wurde. Somit ist es für die Lokalisation von  $f$  nicht gleichgültig, ob man mit einer Nähen- oder Fernvorstellung an den Versuch herantritt.<sup>1</sup>

Zweitens: wir haben bisher angenommen, dass die Konvergenz, welche durch einen in der Phantasie vorgestellten Ort angeregt wird, mit dieser Ortsvorstellung genau harmonisirt. Schon unter dieser Voraussetzung erwies sich der obige Einwand gegen HERING's Auffassung von der „absoluten“ Lokalisation als unhaltbar. In erhöhtem Maasse wird dies der Fall sein, wenn wir bedenken, dass jene Voraussetzung thatsächlich gar nicht zutrifft. Die Annahme, dass der Beobachter, von einer in der Phantasie bestehenden Ortsvorstellung geleitet, schon mit einer bestimmten Konvergenz an den Versuch herantrete, besagt ja noch lange nicht, dass jener anfängliche Konvergenzgrad dieser in der Phantasie bestehenden Ortsvorstellung genau entsprechen müsse. Wir sind trotz aller etwa bestehenden Uebung nicht im Stande bei Ausschluss der optischen Kontrolle (also

<sup>1</sup> Die obige Erwägung zeigt, dass und warum unsere Tiefenwahrnehmung, soweit sie auf Disparation und Doppelbilder beruht, eine Grenze haben muss. Vgl. dazu HELMHOLTZ, *Physiol. Opt.*, 2. Aufl., S. 791. Das Gesetz, welches den Werth dieser Grenzdistanz als Funktion erstens der Basallinie und zweitens des geringsten monokular wahrnehmbaren Unterschiedes zweier Orte darstellt, hat kürzlich FR. WÄCHTER („Ueber die Grenzen des telestereoskopischen Schens“, *Sitzungsber. d. Wiener Akademie, mathem.-naturw. Classe*, 1896, Bd. CV, S. 856 ff.); ausfindig gemacht. Näheres über diese, für die Theorie der Tiefenwahrnehmung bedeutungsvolle Abhandlung findet der Leser in meiner Anzeige derselben im vorliegenden Bande dieser Zeitschrift (unten S. 155).

etwa im Dunkelzimmer) unsere Gesichtslinien in Konvergenzstellungen zu bringen, die bestimmten vorgestellten Entfernungen genau entsprechen; wir können im Dunkelzimmer nicht ad libitum auf 30, 40, 50 cm Entfernung konvergieren, wenn wir uns diese Entfernungen auch vorstellen können. Hierher gehört auch die Thatsache, dass man nach dem Verschwinden des Fixationsobjektes gar nicht im Stande ist die Konvergenz auch nur für kurze Zeit festzuhalten, eine Thatsache von der ich nicht recht weiss, wie sich die Anhänger der Muskelempfindungstheorie mit ihr abfinden werden. Man fixire die median in beliebiger Entfernung vorgehaltene Bleistiftspitze binokular, verdecke nun die beiden Augen für  $\frac{1}{2}$  bis 1 Sekunde mit der Hand, bzw. schiebe ein Papierblatt zwischen Augen und Bleistift und bemühe sich während dieser kurzen Dunkel-Pause die anfängliche Konvergenz zu erhalten; man wird sich von dem Misslingen leicht überzeugen durch die Doppelbilder, in welche der Bleistift zerfällt, sobald man die deckende Hand oder das deckende Papierblatt wieder entfernt. Man sieht aus alledem, dass die Leitung der Konvergenz durch eine in der Phantasie bestehende Ortsvorstellung nur eine ganz ungenaue und so zu sagen beiläufige ist.

Die Anwendung dieser Erfahrung auf die erwähnte Objektion ist klar. Wenn der Beobachter an den Versuch mit einer Nähenvorstellung herantritt, seine anfängliche Konvergenz aber dieser Nähenvorstellung nicht genau entspricht, dann ist die Distanz der Doppelbilder, in welche der gesehene Faden zerfällt, grösser oder kleiner als sie es sein würde, wenn die Konvergenz dieser anfänglichen Nähenvorstellung genau entsprochen hätte; mithin muss auch die Lokalisation des Fadens relativ zu dem in der Phantasie vorgestellten Ort zu weit oder zu nahe ausfallen, sie kann also nicht harmoniren mit derjenigen Lokalisation, die sich ergeben würde, wenn der Beobachter mit parallelen Gesichtslinien an den Versuch herangetreten wäre.

Hieraus ergibt sich nun auch der Grund, warum die absolute binokulare Tiefenlokalisierung so bedeutenden individuellen Verschiedenheiten unterliegt. Erstens nämlich muss es, wie schon Hering hervorgehoben hat, einen Unterschied machen, ob der Beobachter ohne Innervation des äusseren Muskelapparates an den Versuch geht oder ob er durch eine Nähenvorstellung schon von vornherein zu einer gewissen Konvergenz veranlasst

wird. Zweitens wird es individuellen Eigenthümlichkeiten unterliegen, inwieweit und in welchem Sinne die anfängliche Konvergenz von dieser Nähenvorstellung abweicht. Es ist mir wahrscheinlich, dass die Gewohnheit des Einzelnen beim Lesen und Schreiben das Buch oder Papierblatt in einer gewissen Entfernung zu halten und überhaupt bei der Betrachtung eines Gegenstandes eine gewisse Distanz zu bevorzugen (Dinge, die wieder von den individuellen Eigenthümlichkeiten der Refraktion und Akkommodation abhängen) auf jene ursprüngliche Konvergenz bestimmend wirkt. Aus derartigen individuellen Gewohnheiten erklärt es sich ganz leicht, dass der eine Forscher die absolute Entfernung stets unterschätzt (WUNDT), während sie der andere überschätzt (HELMHOLTZ) und sie ein dritter ungefähr richtig beurtheilt (DONDEES); es erklärt sich daraus aber auch die That- sache, dass die Richtung des Fehlers innerhalb der verschiedenen Urtheile eines und desselben Beobachters eine gewisse Konstanz zeigt, so dass der einzelne Beobachter die Entfernung nicht das eine Mal zu gross das andere Mal zu klein taxirt, sondern stets zu gross oder stets zu klein.

Ich gehe nun zu den Einwänden über, welche ARBER gegen HERING's Auffassung von der „absoluten“ Lokalisation mit zwei Augen erhoben hat.

ARBER sagt S. 234: „Zunächst ist es das von HANSEN GRUT sogen. „Nahebewusstsein“, was die Entfernungsvorstellung bestimmt, und sodann das Netzhautbild als Mittel zur relativen Entfernungsschätzung. Sollte aber der Beobachter von allem dem nichts bemerken? Die Aussagen aus der inneren Wahrnehmung meiner Beobachter enthalten nichts dergleichen; ohne aber diese zu berücksichtigen, dürfte in der Psychologie eine Erklärung irgend eines Vorganges nicht zulässig sein.“

Darauf antworte ich mit folgender Gegenfrage: angenommen, der Vorgang der „absoluten“ Lokalisation spiele sich wirklich so ab, wie HERING ihn beschreibt, welche Phasen dieses Vorganges sind es denn, über die wir eine Nachricht aus der inneren Wahrnehmung erwarten müssen, ohne (wie ARBER meint) eine solche zu erhalten? Der Beobachter geht a) mit parallelen Gesichtslinien an den Versuch. Zur Parallelstellung ist, wie oben erwähnt, keine Fernvorstellung erforderlich, es ist dazu aber auch keine Innervation und daher auch keine Absicht nöthig, da die Parallelstellung durch das natürliche Muskel-

gleichgewicht besorgt wird. Die innere Wahrnehmung kann uns also über diese erste Phase schon *ex hypothesi* nichts berichten. Gehen wir zur zweiten Phase: durch die gekreuzten Doppelbilder entsteht irgend eine Nähenvorstellung. Dass überhaupt irgend eine Nähenvorstellung entsteht, das sagt uns wirklich die innere Wahrnehmung; denn dass der Gegenstand in irgend einer Entfernung gesehen wird, das behaupten ja auch die Anhänger der Muskelempfindungstheorie. Dass diese Entfernungsvorstellung aber auf Grund der Doppelbilder erfolgt (wie HERING meint), darüber kann uns ja die innere Wahrnehmung gar nichts berichten, liegt doch die physiologische Ursache eines psychischen Phaenomens der Natur der Sache nach ausserhalb des Bereiches der inneren Wahrnehmung. Die Menschheit hat lange gewusst, dass sie Objekte näher oder ferner sieht, ehe die Physiologen die Wirksamkeit der Disparation und der Doppelbilder erkannt haben. Gehen wir zu HERINGS dritter Phase: die so entstandene Nähenvorstellung regt das Bewegungszentrum automatisch zur Vermehrung der Konvergenz an. Wenn HERING Recht hat, diesen Vorgang als automatischen anzusehen, dann kann er ja gar nicht Gegenstand der inneren Wahrnehmung sein. Angenommen b) der Beobachter vermute einen nahen Gegenstand und gehe daher mit einer, durch eine bestimmte Nähenvorstellung veranlassten Konvergenz an den Versuch. Diesfalls zeigt die innere Wahrnehmung das Vorhandensein einer solchen Vermutung und damit auch — da ja eine Vermuthung sich auf etwas richten muss — eine bestimmte Entfernungsvorstellung in der Phantasie. Mehr kann man aber gerade vom Standpunkt der HERING'schen Auffassung der inneren Wahrnehmung nicht zumuthen; denn dass diese antizipirte Nähenvorstellung sogleich auch eine gewisse Konvergenz auslöst, das geschieht ja gerade nach der Anschauung HERING's auf rein mechanischem Wege, kann also nicht ins Gebiet der inneren Wahrnehmung fallen. Der weitere Verlauf des Falles b ist analog dem Falle a, weshalb die obigen Erwägungen hier *mutatis mutandis* zu wiederholen sind. — Zusammenfassend müssen wir sagen: in dem Vorgang der „absoluten“ Lokalisation, wie ihn HERING beschreibt, findet sich kein Stadium, in Betreff dessen wir eine berechtigter Weise zu erwartende Nachricht aus der inneren Wahrnehmung vermissen würden. ARBER's Meinung aber, dass ohne Berücksichtigung der inneren Wahrnehmung in der

Psychologie keine Erklärung zulässig sei, ist — in dieser Allgemeinheit ausgesprochen — gänzlich verfehlt, da doch die zur „Erklärung“ psychischer Vorgänge hundertfach herangezogenen rein physiologischen Antecedentien eben um dieses ihres Charakters willen von der inneren Wahrnehmung ausgeschlossen sein müssen.

Für bei Weitem besser durchdacht halte ich das zweite Argument, welches ARRFER gegen HERING's Auffassung von der „absoluten“ Lokalisation ins Feld führt. Es hat folgenden Wortlaut:

„Es erhebt sich ferner ganz allgemein ein Einwand gegen diese Theorie, dem gegenüber sie um eine Antwort verlegen sein dürfte, nämlich: wodurch ist die Entfernungsvorstellung, die die Sehachsen zur Konvergenz bringt, von allem Anfang her bedingt? Es ist leicht einzusehen, dass das sogen. Nahebewusstsein nicht nur ein hochentwickeltes Raumbewusstsein voraussetzt, sondern auch im Allgemeinen eine Kenntniss der Oertlichkeit, in der man sich befindet. Wo diese beiden Bedingungen nicht zu treffen — und man braucht da nicht weit in die Kindheit zurückzugehen, der Fall ist durch künstliche Hülfe, was die Ausscheidung der Ortskenntniss anlangt, auch bei Erwachsenen möglich — so dürfte man vergeblich nach der obigen Theorie fragen: durch was wird hier die absolute Entfernungsvorstellung und die durch sie hervorgerufene Konvergenzeinstellung bedingt? Man kann hier nicht antworten: durch erfahrungsmässige Motive, die im schlimmsten Falle durch willkürlich falsche Augenstellungen selbst hervorgerufen werden, denn ihre Interpretation setzt ja die Tiefenwahrnehmung bereits voraus“ (S. 234—35).

In der That: wer (wie HERING) die primäre Quelle jeder Tiefenwahrnehmung in der Disparation bezw. in den Doppelbildern gegeben sieht und wer zugiebt, dass Disparation und Doppelbilder uns nur zu einer Lokalisation relativ zum Kernpunkt verhelfen, der darf — so scheint es — die Lokalisation des Kernpunktes selbst nicht wiederum von dem Momente der Disparation bezw. der Doppelbilder abhängig machen, ohne sich im Kreise zu drehen. Setzen wir eine vollentwickelte Tiefenwahrnehmung schon als gegeben voraus, dann macht es allerdings keine Schwierigkeit mit HERING zu sagen: in jedem neuen Falle vollzieht sich die Lokalisation des Kernpunktes selbst als eine blos relative, relativ nämlich zu einem vorgestellten Ort, der seiner-

seits die ursprüngliche Konvergenzstellung beherrscht und daher das zu fixierende Objekt anfänglich in gekreuzten oder gleichnamigen Doppelbildern und daher (wenn wir uns genau ausdrücken wollen) nicht nahe oder fern, sondern näher oder ferner erscheinen lässt — wobei diese Komparative eben ausdrücken sollen, dass auch die sogen. „absolute“ Lokalisation des Kernpunktes nach HERING nur eine relative sein kann. Es hat, sage ich, keine Schwierigkeit sich die Sache so vorzustellen — aber immer unter der Voraussetzung, dass ein vollentwickeltes System von Tiefenvorstellungen bereits gegeben sei; sonst wüsste man ja nicht, woher Einer jene Entfernungsvorstellung nehmen soll, mit der er an den neuen Fall herantritt und durch welche seine anfängliche Konvergenz bestimmt wird. Man wird aber — und diesen Standpunkt scheint mir ARBER mit Recht einzunehmen — sofort fragen: wie ging es denn zu, als ein solches fertiges System von Tiefenvorstellungen noch nicht da war? Wie wurde denn damals lokalisiert, als das Doppelauge zum ersten Male auf ein reelles Objekt konvergierte? Konnte es damals zu einer Lokalisation des Kernpunktes in der von HERING angegebenen Weise kommen, da doch von früher her noch gar keine Tiefenvorstellung da sein konnte, relativ zu welcher man den Kernpunkt lokalisierte? In diesem Stadium, wo man auf frühere Raumvorstellungen *ex hypothesi* noch nicht rekurriren kann, bliebe nichts übrig als die übrigen Objekte relativ zum Kernpunkt lokalisiert zu denken und — den Kernpunkt relativ zu den übrigen Objekten: das *punctum fixum* würde dann gänzlich fehlen, man würde (scheint es) bei jeder versuchten Ausflucht zu anderen und womöglich noch grösseren Absurditäten kommen, so etwa — um jener höchst bedenklichen Wechselseitigkeit in der relativen Lokalisation zu entgehen — zu der Annahme, dass der fixierte Punkt gar nicht lokalisiert sei, alle anderen aber relativ zu ihm lokalisiert würden.

Ich erwähne dieser letzteren Annahme (die ich mir ohne Weiteres als absurd zu bezeichnen erlaube), weil man gelegentlich Psychologen, Physiologen oder Physiker findet, die, von der ganz verschwommenen Vorstellung einer „allgemeinen Relativität“ geleitet, wirklich nicht übel Lust haben, den ganzen scheinbaren Raum als einen Inbegriff von Relationen aufzufassen, die zwischen raumlosen d. h. unlokalisierten Elementen bestehen, wie wenn ein Ton lauter sein könnte als ein anderer, während

keiner von ihnen eine Intensität besitzt, oder ein Mensch hungriger als eine anderer, während keiner von Beiden Hunger hat.<sup>1</sup>

Die Schwierigkeit, welche der Auffassung HERING's dadurch anzuhaften scheint, dass dieselbe konsequent zur Annahme einer wechselseitigen Relativität der Tiefenlokalisierung führt, ist denn auch längst gefühlt und betont worden. Im Jahre 1873 hat ihr STUMPF<sup>2</sup> in folgender Weise Ausdruck verliehen: „Hingegen muss vom nativistischen Standpunkt aus, so wie er bisher sich als nothwendig erwies, ein anderes Bedenken gegen HERING's Positionen erhoben werden. Wir finden hier nur die Tiefenrelationen der einzelnen wahrgenommenen Punkte unter sich berücksichtigt. Die Tiefengefühle, welche von den seitlichen Netzhautpunkten ausgelöst werden, bedeuten nur die Erhebung der gesehenen Punkte über den Nullpunkt. Die Netzhautmitten haben das Tiefengefühl 0, d. h. keines. In Folge dessen schwebt die ganze Kernfläche sozusagen in der Luft, sie hat gar keinen Ort. Denken wir uns, die Netzhäute beständen nur aus den Centralgruben, so würde nach HERING Tiefe und dritte Dimension nicht empfunden. Diese Tiefe 0 ist bedenklich etc. etc.“ Und etwas später: „Für diesen Tiefenwerth des Kernpunktes und damit für die absoluten Entfernungen überhaupt fehlt es nun, da sie nicht anerkannt werden, in HERING's Theorie natürlich auch an physischen Bedingungen etc.“

Ich habe Erwägungen dieser Art, wie ich gestehen muss, lange Zeit hindurch für schlagend und unwiderlegbar gehalten; hier schien mir, ebenso wie STUMPF und jüngst wieder ARBER, der wunde Punkt in HERING's Theorie zu liegen. Diejenigen, welche Ortsvorstellungen aus Muskelempfindungen entstehen lassen, schienen mir wenigstens darin im entschiedenen Vortheil, dass sie zur Lokalisation des Kernpunktes nicht die nämlichen Momente (Disparation und Doppelbilder) heranziehen mussten, von welchen die Lokalisation relativ zum Kernpunkt bedingt ist, dass sie also das punctum fixum gewissermaassen aus

<sup>1</sup> Die ehemals sehr beliebte Definition des Raumes als des „Nebeneinanders der Dinge“, der Zeit als des „Nacheinanders der Dinge“ ist als Worterklärung einwandfrei, als Begriffsanalyse aber ein unverzeihliches Hysteron-Proteron.

<sup>2</sup> „Ueber den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung“, Leipzig 1873, S. 195–96.

einer anderen Quelle bezogen. Bedenklich war mir nur immer die Produktion von Tiefenvorstellungen durch solche Empfindungen, die, wie die Muskelempfindungen, doch unleugbar *blos intensiv abgestuft* sind. Denn auch an ein *Assoziieren* von eigentlich optischen Tiefenvorstellungen an die verschiedenen Empfindungen von Muskelspannung ist nicht zu denken, weil jene, aus der *Disparation* stammenden Tiefenvorstellungen ihrer Natur nach *relative* sind (ausgedrückt durch die Worte „näher, ferner als der Kernpunkt“) und daher, wenn sie selbst an Muskelempfindungen *assoziiert* würden, immer wieder ein *neues punctum fixum* verlangen würden, auf welches der so assoziierte *relative Ort* bezogen werden müsste.

In dieser Verlegenheit habe ich den obigen Einwand gegen *HERING's* Theorie auf's Neue geprüft und ihn, so *plausibel* er mir früher erschienen war, bei *genauerem Zusehen* als *gänzlich verfehlt* erkannt, verfehlt wegen *falscher Fragestellung*. Ich hoffe einen *einwandfreien Beweis* liefern zu können, dass *HERING's* Auffassung der „*absoluten*“ *binokularen Tiefenlokalisation* von jeder *logischen Inkonvenienz* frei ist, indem ich zeigen zu können glaube, dass man die *Lokalisation* des *Kernpunktes* auf dieselben *Motive* (*Disparation* und *Doppelbilder*) zurückführen kann, auf welche auch die *Lokalisation* *relativ zum Kernpunkt* zurückgeführt wird — ohne sich eines *Zirkelschlusses* schuldig zu machen.

Setzen wir also voraus, ein *normales Doppelauge* *konvergiere* in einem mit den verschiedensten *Objekten erfüllten Raum* auf den *median gelegenen Punkt* *a*; nehmen wir weiter an, dies sei der *erste binokulare Sehakt* dieses *Doppelauges*, bezw. wenn es nicht der *erste* ist, *abstrahieren* wir *künstlich* von allen *lokalisatorischen Erwerbungen*, die etwa auf *frühere binokulare Sehakte* zurückzuführen wären. Nehmen wir schliesslich als *zugestanden* an, dass *wenigstens relative Lokalisationen*, d. h. hier *Lokalisationen relativ zum fixirten Punkte*, schon in diesem *Anfangsstadium* zu *Stande* kommen können durch die *Wirksamkeit* der *Disparation* und der *Doppelbilder*. Es sollen *b, c, d, e, f . . . . n* *Punkte* des *wirklichen Raumes* sein, die der *Reihe* nach immer *näher und näher* dem *Beobachter* liegen. Ob dieselben in der *Medianebene* liegen oder nicht, ist hier *gleichgiltig*; sofern sie es nicht thun, kommt es uns ja hier nur auf die *Tiefenkomponente* ihres *Raumdatums* an. Die *aller-*

nächsten Objekte werden hier natürlich unter den sichtbaren Theilen des eigenen Körpers zu suchen sein. Von den Punkten  $b, c, d, e, f \dots n$  wird jeder folgende in grösserer Disparation bezw. in weiter von einander abstehenden (natürlich stets gekreuzten) Doppelbildern erscheinen als der vorhergehende: durch dieses Mehr oder Minder an Disparation (bezw. Halbbilderdistanz) ist die relative Tiefenlage jedes Einzelnen von den Punkten  $b$  bis  $n$  zu jedem anderen Punkte dieser Reihe bestimmt (wobei ich von dem fixirten Punkte  $a$  absichtlich noch nicht spreche). Am allerstärksten wird die Distanz der Doppelbilder natürlich für Theile des eigenen Körpers sein, soweit derselbe dem ruhenden Doppelauge sichtbar ist, z. B. bei etwas gesenkter Blickebene für die Détails unserer Kleidung in der Bauchgegend, bei stärker gesenkter Blickebene für die Détails unserer unteren Extremitäten, in jeder Stellung aber für den sichtbaren Theil der Nase. Es ist ferner offenbar logisch gleichbedeutend, ob ich sage:  $n$  (und dieses  $n$  soll jetzt einen sichtbaren Punkt des eigenen Körpers bedeuten) hat einen Nahwerth gegenüber  $g$  (wo  $g$  irgend einen Aussenpunkt in der obigen Reihe  $a \dots n$  bedeutet), oder ob ich sage:  $g$  hat einen Fernwerth gegenüber  $n$ . Dasselbe wird gelten für  $f$  relativ zu  $g$ ,  $e$  relativ zu  $f$  u. s. w. Es wird aber auch gelten für  $a$  (dem fixirten Punkt) relativ zu  $b$ ; auch hier werden wir die Sätze „ $b$  hat einen Nahwerth relativ zu  $a$ “ und „ $a$  hat einen Fernwerth relativ zu  $b$ “ als äquivalent ansehen müssen. In der That: wenn wir das Dasein einer gekr. Disparation von  $b$  für die physiologische Ursache des Nahwerthes der Empfindung  $b$  relativ zu  $a$  ansehen, was hindert uns, die Relation umkehrend, zu sagen: das Fehlen der Disparation für  $a$  ist die Ursache des Fernwerthes der Empfindung  $a$  relativ zu  $b$ ? Und statt  $b$  könnte man ebensogut  $c, d \dots$  und schliesslich  $n$  setzen, welches eine sichtbare Stelle des eigenen Körpers bezeichnet. Es wird sich nur mehr fragen, welche von den beiden Darstellungen die sachgemässe ist, ob diejenige, derzufolge der eigene Körper relativ zum fixirten Punkt lokalisiert wird, oder die umgekehrte, derzufolge der fixirte Punkt relativ zum eigenen Körper lokalisiert wird. Nun steht es ausser Frage, dass die zweite Darstellung die sachlich zutreffende ist. Denn wenn ich von einer „absoluten“ Lokalisation des Kernpunktes spreche, so meine ich damit nicht eine Lokalisation, die sich auf den wirklichen

Raum bezieht, sondern auf den Sehraum. Wenn ich sage, diese „absolute“ Lokalisation sei eine bestimmte, so meine ich damit nicht, dass die Lokalisation des Kernpunktes übereinstimmen oder wenigstens in eindeutiger Beziehung stehen müsse mit dem realen Ort im Aussenraum, in welchem sich die Gesichtslinien schneiden. Es fällt ja Niemandem ein, zu verlangen, dass ein median gelegener Ort von 1 m Abstand dem Beobachter anders erscheinen müsse, wenn sich der letztere an verschiedenen Orten der Erdoberfläche befindet. Sobald dies zugegeben wird, ist auch weiter zugegeben, dass die „absolute“ Lokalisation des Kernpunktes in Wahrheit gar keine absolute ist, sondern offenbar eine Lokalisation relativ zum eigenen Körper. Daraus folgt wieder sofort, dass es eine Verkehrung des wahren Sachverhaltes ist<sup>1</sup>, wenn ich sage: der eigene Körper (soweit sichtbar) werde relativ zum Kernpunkt lokalisiert und das „Um wie viel näher?“ hänge von der Distanz der Halbbilder ab; man sollte vielmehr sagen: der Kernpunkt wird relativ zum eigenen Körper in die Ferne lokalisiert und das „Wie weit in die Ferne?“ hängt ab von der Differenz der Doppelbilddistanzen, wobei die Doppelbilddistanz für den Kernpunkt natürlich = 0 ist. Diese letztere Ausdrucksweise erscheint mir aus dem Grunde als die korrektere, weil sie die Tiefenbeziehung des Kernpunktes zum eigenen Körper als blossen Spezialfall des allgemeineren Satzes darstellt, dass der Tiefenunterschied zweier beliebiger Punkte immer von der Differenz der Doppelbilddistanzen abhängt; ist der eine der beiden Punkte zufällig der Kernpunkt, so nimmt seine Doppelbilddistanz den speziellen Werth Null an. Für die jenseits des Kernpunktes gelegenen Punkte müssen wir dann der Doppelbilddistanz das entgegengesetzte Vorzeichen geben.

Man wende nicht ein: wie kann der eigene Körper (soweit er sichtbar ist) zum fixen Ausgangspunkt der Tiefenlokalisierung gemacht werden, da seine Halbbilder doch bald weiter, bald weniger weit voneinander entfernt sind, je nachdem man eben auf einen fernerer oder näheren Punkt konvergirt? Man darf diesen Einwand nicht erheben, weil es ja nicht auf die absolute Grösse der Doppelbilddistanz der eigenen Körpertheile ankommt, sondern

<sup>1</sup> Allerdings eine, die im Interesse der physiologischen Darstellung liegt, wie wir bald sehen werden.

nur auf die Differenz, die zwischen dieser Doppelbilddistanz und irgend einer anderen besteht, wobei diese andere für den Fall des fixirten Punktes den speziellen Werth 0 annimmt.

Aus dieser Darstellung geht hervor, dass es nicht nothwendig ist für die Lokalisation des Kernpunktes irgend andere physiologische Motive in Anspruch zu nehmen als für alle andern, ausserhalb der Kernfläche gelegenen Punkte; man reicht mit dem Momente der Disparation (bezw. der Doppelbilder) aus, hat also nicht nöthig für die Lokalisation des Kernpunktes die hypothetischen Muskelempfindungen heranzuziehen. Ja noch mehr: wenn die Lokalisation jedes Punktes nur von der Differenz abhängt, die zwischen der Distanz seiner beiden Halbbilder und der Distanz der Halbbilder sichtbarer Theile des eigenen Körpers besteht, so ist es ja von vornherein höchst unwahrscheinlich, dass für den einzigen Spezialfall, in welchem die Doppelbilddistanz = 0 wird, mit einem Male die Muskelempfindungen das maassgebende Moment sein sollten — was ja ein krasses Durchbrechen des Kontinuitätsprinzipes bedeuten würde.

Eine empirische Verifikation der eben dargelegten Auffassung muss Jeder erkennen, der darauf geachtet hat, wie verschieden die Situationen sind, wenn man ein Mal durch Röhren, Okulardiaphragmen, Spalte u. dergl. sich den Anblick eigener Körpertheile entzieht, ein anderes Mal aber keine solchen anormalen Umstände einführt. Die Fehler, welche HELMHOLTZ und WUNDT bei der Taxirung der Entfernung oder beim Stossen nach dem Fixationsobjekt gemacht haben, beweisen zwar nichts gegen die Bestimmtheit der Lokalisation des Kernpunktes; aber die Unrichtigkeit dieser Lokalisation muss doch in den besonderen Versuchsumständen ihren Grund haben, da wir unter normalen Verhältnissen auch bei Mangel aller sekundären Lokalisationsmotive einen Gegenstand sehr wohl mit Finger oder Stift zu treffen verstehen. Die Anomalie dürfte hier wesentlich in dem Ausschluss des eigenen Körpers aus dem Gesichtsfeld und somit im Wegfall des normalen Ausgangspunktes unserer Tiefenlokalisierung gelegen sein; und die Thatsache, dass die Fehler dem Sinne nach verschieden sind bei verschiedenen

Beobachtern (HELMHOLTZ, WUNDT), passt sehr wohl zu HERING's Meinung, der zu Folge sich die einzelnen Beobachter individuell verschiedene Ausgangspunkte (in der Form reproduzierter Tiefenvorstellungen) wählen, wie oben (S. 132f.) ausgeführt worden ist. Wie die Anhänger der Muskelempfindungstheorie sich den Einfluss solcher Röhren, Diaphragmen oder Spalte zurechtlegen mögen, lässt sich schwer denken.

Der Haupteinwand gegen HERING's Theorie, dass dieselbe nämlich von der Lokalisation des Kernpunktes (Kernfläche) gar keine oder nur eine auf einen Zirkel hinauslaufende Erklärung geben könne, scheint somit erledigt. Es fragt sich, welchem Missverständniss dieser Einwand seine hohe Scheinbarkeit verdankt. Mir scheint nun dieses Missverständniss wesentlich in dem Doppelsinn zu liegen, welcher dem Satze anhaftet: „der Fixationspunkt ist der Nullpunkt der Tiefenlokalisation.“ Dieser Satz ist dann richtig, wenn man mit ihm den Sinn verbindet: der Fixationspunkt ist dadurch ausgezeichnet, dass diesseits von ihm jede Zunahme der Doppelbilddistanz eine Vermehrung der Nähe, jenseits von ihm jede Zunahme der Doppelbilddistanz eine Verminderung der Nähe (Vermehrung der Entfernung) zur Folge hat. Man kann das auch so ausdrücken: damit ein Sehobjekt bei ruhender Konvergenz nach und nach alle möglichen Entfernungen vom Beobachter ohne Umkehr durchlaufe, muss sich in den physiologischen Ursachen dieser verschiedenen Entfernungen (nicht in den Entfernungsvorstellungen selbst, also nicht in den psychischen Daten) eine Variable stetig so ändern, dass ihr Werth einen Umkehrpunkt (Nullpunkt) durchläuft; diese Variable ist die Doppelbilddistanz und sie erreicht ihren Nullpunkt dann, wenn das bewegte Objekt den Schnittpunkt der Gesichtslinien passirt. Daraus folgt — und das ist es, was immer übersehen wird —, dass nur die physiologische Ursache der phänomenalen (ins Bewusstsein fallenden) Entfernungsänderung einen Nullpunkt hat, und nicht die (phänomenale) Entfernungsänderung selbst. Wenn bei ruhender Konvergenz ein äusseres Objekt sich von mir immer mehr und mehr entfernt, so macht auch der vorgestellte (phänomenale) Ort eine Aenderung durch, die nur in einem Sinne, also ohne Umkehr erfolgt, und nur das physiologische Zwischenglied (die Doppelbilddistanz) durchläuft einen Nullpunkt. Sofern also eine gar nicht ins Bewusstsein

fallende Variable einen Nullpunkt hat und sofern der Kernpunkt als ein Punkt des Sehraumes definiert wird, darf man auf keinen Fall sagen: der Kernpunkt hat den Tiefenwerth Null; im Sehraum giebt es überhaupt keinen Nullpunkt und kein Plus oder Minus, ebensowenig als man bei stetiger Intensitätszunahme einer Kälteempfindung sagen darf, diese Empfindung passire einen Nullpunkt, weil der Kälte erregende Körper etwa den Nullpunkt unserer Temperaturskala passirt hat. Spricht man lediglich von phänomenalen Tiefenbestimmungen, dann kann man von jedem beliebigen Punkt (nicht bloss vom Kernpunkt) konventionell festsetzen, dass man alles diesseits Gelegene „nahe“ nennt, alles jenseits Gelegene „fern“; aber in der Natur der Erscheinungen selbst ist das nicht begründet, in Bezug auf mich (meinen Körper) ist jeder Punkt „fern“, nur der eine mehr, der andere weniger. Für mancherlei physiologische Darstellungen, so z. B. gerade für die Darstellung der „relativen“ Lokalisation durch Disparation, kann es ganz unschädlich sein, sich jener ungenauen Ausdrucksweise zu bedienen und in übertragenem Sinne dem Kernpunkt eine Eigenschaft zuzusprechen, die gar nicht ihm, sondern seinem physiologischen Antecedens zukommt; handelt es sich aber gerade um das Problem der Lokalisation des Kernpunktes, dann wird jene übertragene Redeweise zur Quelle fortwährender Irrthümer.

Wenn STUMPF sagt: „Denken wir uns, die Netzhäute beständen nur aus den Centralgruben, so würde nach HERING Tiefe und dritte Dimension nicht empfunden“, so gebe ich das ohne Weiteres zu, aber nicht desshalb, weil in dem fingirten Falle diejenige Netzhautstelle übrig bleibt, die auch im normalen Falle nur die Tiefenvorstellung 0 (d. h. gar keine) liefern würde, sondern deshalb, weil hier die ganze Reihe von Orten wegfällt, die, mit den sichtbaren Theilen meines Körpers beginnend, die Verbindung zwischen mir und dem Kernpunkt herstellt, oder (wie man sich kurz ausdrücken kann) weil nichts da ist, relativ zu welchem der Kernpunkt lokalisiert werden könnte. Hält man einmal an dem Gedanken fest, dass jede Tiefenlokalisierung relativ zum eigenen Körper stattfindet und dass jedes Mehr oder Minder an Entfernung physiologisch nur in der Differenz zweier Doppelbilddistanzen begründet ist, dann versteht es sich von selbst, dass dort, wo es überhaupt nur zu einer

einzigsten Empfindung kommen kann (wie in dem fingirten Falle isolirter Foveae), eine Tiefenvorstellung nicht möglich sein kann.

Giebt man nun zu, dass in der oben dargestellten Weise ohne Voraussetzung eines bereits vorhandenen Raumsystems bloss auf Grund der Disparation und der Doppelbilder die sämtlichen Punkte des Sehraumes ihre Tiefenbestimmtheiten erhalten können, dann wird man ohne Zweifel zugeben müssen, dass wir von diesem Besitz auch in reproduktiver Weise Gebrauch machen können. In Fällen also, wo künstliche Bedingungen das normale Zustandekommen einer Tiefenvorstellung verhindern, wie z. B. wenn im leeren Gesichtsfeld ein Faden von unbekannter Dicke erscheint und von unserem Körper nichts sichtbar ist, dort wird man mit HERING auf frühere normale Fälle von Lokalisation rekurriren und reproduzirte Tiefenvorstellungen unter Umständen zum Ausgangspunkt für derartige Lokalisationen machen dürfen, wodurch ARRRER's oben angeführtes Gegenargument seine Beweiskraft verliert.

#### VIII. Berichtigung eines Missverständnisses, die drei „Raumgefühle“ HERING's betreffend.

Ein weiteres, weniger belangreiches Missverständniss von Seiten ARRRER's habe ich noch richtig zu stellen. ARRRER nimmt Anstoss an den drei „Raumgefühlen“ HERING's, dem Breiten-, Höhen- und Tiefengefühle; diese drei Raumgefühle, aus denen HERING — ARRRER zu Folge — die Raumempfindung eines Netzhautpunktes „komponirt“<sup>1</sup> sein lässt, seien unmittelbar nicht wahrnehmbar, überdies scheine auch jede Andeutung für ihre Existenz zu fehlen (a. a. O. S. 238). Ausserdem aber seien die Begriffe Breiten-, Höhen- und Tiefengefühl nur entstanden „durch Umsetzung von Breiten-, Höhen- und Tiefenwerthen

<sup>1</sup> ARRRER S. 303.

auf der Netzhaut in psychologische Thatsachen“; HERING's Anhänger hätten nur Verhältnisse, die „auf der objektiven Seite der Forschung“ erkannt seien, in eine „bequeme psychologische Sprache“ umgesetzt und daher nichts Anderes ausgesagt, als was auf dieser „objektiven Seite der Forschung“ ohnehin schon erkannt worden sei (a. a. O. S. 238).

Was nun ARER's Meinung betrifft, dass HERING jede Raumspezies aus drei Gefühlen „komponirt“ sein lasse, von welchen Gefühlen man nichts entdecken könne, so ist diese Ungereimtheit erst durch ARER, nicht aber durch HERING entstanden. Ein Element, das einer  $n$ -fach ausgedehnten Mannigfaltigkeit angehört, ist eben dadurch nach  $n$ -Richtungen relativ bestimmt, wie z. B. die Lage eines Punktes in einer Ebene durch die Abstände von den zwei Achsen eines Coordinatensystems bestimmt ist. Damit wird aber nicht gesagt, dass jene zwei Beziehungen wie zwei Merkmale aufzufassen seien, die man in der Vorstellung dieses Punktes selbst entdecken müsste, da doch klar ist, dass sie ihm nur zukommen mit Beziehung auf die Gesamtheit der Punkte dieser Ebene. Anders hat auch HERING seine drei „Raumgefühle“ nicht verstanden. Zu fordern, dass man die drei Raumgefühle (ihr Vorhandensein vorausgesetzt) als Bestandstücke der einzelnen Raumpfindung erkennen müsste, da die letztere doch aus den ersteren „komponirt“ sei, das hätte in der That ebensoviel Sinn, als wenn Einer verlangen würde, die genaue Analyse eines menschlichen Individuums müsse erkennen lassen, dass dasselbe Vater, Schwager und Oheim sei. ARER müsste konsequent auch daran Anstoss nehmen, dass WUNDT jede Gesichtsvorstellung hinsichtlich ihrer räumlichen Eigenschaften aus zwei Faktoren bestehend denkt: erstens aus der Orientirung der einzelnen Elemente zu einander und zweitens aus der Orientirung zum vorstellenden Subjekt, und dass WUNDT ausdrücklich erklärt, schon die Vorstellung eines einzigen Lichtpunktes enthalte diese beiden Faktoren.<sup>1</sup>

ARER hat aber auch Unrecht, wenn er meint, HERING sei bei Statuirung seiner drei „Raumgefühle“ nicht von der Analyse des psychologischen Thatbestandes ausgegangen, sondern

<sup>1</sup> WUNDT, Grundr. d. Psych., Leipzig 1896, S. 137.

habe gewisse physikalische Verhältnisse einfach in eine bequeme psychologische Sprache umgesetzt und damit nichts mehr ausgesagt, als was schon auf Seite jener physikalischen Verhältnisse erkannt worden sei. Der Ausgangspunkt aller auf die optische Lokalisation bezüglichen Ueberlegungen musste für Jedermann, und daher auch für HERING die psychologische Thatsache bilden, dass unsere Gesichtsempfindungen eine dreifache räumliche Variabilität zeigen und dass sie dies auch dann thun, wenn alle sekundären („empirischen“) Lokalisationsmotive und ferner auch alle Augenbewegungen ausgeschlossen sind (Fallversuch). Es handelte sich nun darum, für die psychologische Variabilität nach drei Dimensionen eine ebenfalls dreidimensionale Variabilität auf physiologischem Gebiete zu finden. Im psychophysischen Prozesse (wenn wir dieses Wort in der von FECHNER präzisirten Bedeutung verstehen) kann man eine solche Variabilität nicht finden, man kann sie in denselben nur hypothetisch hineinbringen, weil wir vom psychophysischen Prozesse überhaupt nur das sekundär aussagen können, was uns primär die psychologische Analyse gezeigt hat. Eine „Erklärung“ kann also durch den Rekurs auf den „psychophysischen Prozess“ überhaupt nicht gegeben werden. In dem äusseren Reiz (wenn ich darunter den physikalischen Vorgang bis zum Beginn des physiologischen Stadiums verstehe) kann die Erklärung auch nicht gesucht werden, weil wir recht wohl wissen, dass physikalische Variable beim Umsatz in den physiologischen Vorgang verschwinden können, wie z. B. der physikalische Unterschied zwischen homogenem und polychromatischem, zwischen polarisirtem und nicht polarisirem Lichte physiologisch bedeutungslos werden kann. Es bleibt also zur Erklärung dessen, was die psychologische Analyse ergibt, nur der terminale Reiz über. Da bot nun die flächenhafte Ausdehnung der Netzhaut ein willkommenes Mittel, wenigstens für zwei Dimensionen der psychischen Mannigfaltigkeit ein physiologisches Korrelat zu finden. Für die dritte, auf psychischem Gebiete konstatarite Veränderlichkeit (die nach der Tiefe) war die Grundlage im terminalen Vorgang nicht so leicht zu finden; sie ergab sich aber, sobald man erkannte, dass ein Punkt  $a$  der einen Netzhaut nicht bloss wenn er mit dem Punkte  $a'$  der anderen Netzhaut zugleich gereizt wird, eine örtlich einfache Empfindung zur Folge hat, sondern dass dieser Punkt  $a$  mit den Punkten eines

ganzen Bezirkes (des „korrespondirenden Empfindungskreises“ nach PANUM) der anderen Netzhaut gleichzeitig gereizt noch immer örtlich einfache Empfindungen ergibt. Hierdurch war eine dritte physiologische (und zwar terminale) Variabilität gewonnen. Der haploskopische Versuch ergab leicht, dass diese physiologische Variation psychisch eine Ortsverschiedenheit nach einer dritten Richtung zur Folge habe.

Der Weg, den HERING und vor ihm PANUM und JOH. MÜLLER eingeschlagen hatten, hat also seinen Ausgang in der psychologischen Analyse genommen und die „Raumwerthe“, welche den Netzhautpunkten zugeschrieben werden, werden ihnen nur beigelegt mit Rücksicht auf die räumliche Variabilität der Empfindung, welche als das Primäre auf psychologischem Gebiete schon feststand — nicht umgekehrt, wie dies ARTER den Anhängern der HERING'schen Auffassung ohne jeden Grund zumuthet.

ARTER hat den Vorwurf, dass HERING und seine Anhänger, statt von der psychologischen Analyse vielmehr von physikalischen Verhältnissen ausgegangen seien und diese nur in eine bequeme psychologische Sprache umgesetzt hätten, offenbar gar nicht konsequent durchdacht; sonst müsste ihm (von meinen obigen Bemerkungen abgesehen) auch noch folgender Umstand aufgefallen sein: ein Punkt *a* der einen Netzhaut verschmilzt<sup>1</sup> nicht bloss mit einer Reihe querdissparater, sondern auch mit einer solchen längsdissparater Punkte. Die objektiven Zuordnungsverhältnisse wären also darnach angethan, eine Variabilität nach vier Dimensionen zu ergeben. Aber weder HERING noch seinen Vorgängern und Anhängern ist es eingefallen, von einem 4-dimensionalen Gesichtsraum zu reden — einfach weil die psychologische Analyse nur drei Dimensionen zeigt. Wären wirklich, wie ARTER glaubt, nur solche „auf der objektiven Seite der Forschung erkannte Verhältnisse in eine bequeme psychologische Sprache“ umgesetzt worden, dann

<sup>1</sup> Ich sage hier der Kürze halber „zwei Netzhautpunkte verschmelzen“, um den unbequemen Ausdruck zu vermeiden „zwei Netzhautpunkte haben die Eigenschaft, dass, wenn sie gleichzeitig gereizt werden, eine örtlich einfache Empfindung entsteht“.

wäre die Konsequenz eines 4-dimensionalen Sehraumes unvermeidlich gewesen.

IX. Ueber eine nothwendige Voraussetzung aller  
„empiristischen“ Raumtheorien.

Zum Schlusse muss ich noch auf ein Bedenken zu sprechen kommen, das sich gegen jede Theorie erhebt, welche die primäre Quelle der Raumvorstellungen in Muskelempfindungen erblicken will. Ich habe an anderer Stelle<sup>1</sup> schon darauf hingewiesen, dass jede derartige Theorie eine graduelle Abstufung der Muskelempfindungen voraussetzen muss, die an Feinheit mindestens den Raumsinn der Netzhaut erreicht. Man mag was immer für eine Ansicht über die Natur der Lokalzeichen haben, jedenfalls sind sie nur Zeichen für Orte und nicht Ortsempfindungen selbst. Um diese Zeichen als Orte zu deuten, dazu ist natürlich ein System von anderen Empfindungen nöthig, die man sich meistentheils als Muskelempfindungen denkt. Die Lokalzeichen mögen nun so fein wie immer abgestuft sein — unser fertiges Raumsystem das wir nun einmal besitzen, kann in Bezug auf den Grad seiner Differenzirung nicht bloss von dem Differenzirungsgrade der Lokalzeichen abhängen, sondern es muss zugleich abhängen von dem Differenzirungsgrad derjenigen Empfindungen, vermittels deren wir die Lokalzeichen „auslegen“, nämlich der Muskelempfindungen; würden diese letzteren weniger differenzirt sein, so würde uns der denkbar höchste Differenzirungsgrad der Lokalzeichen nichts nützen, unser fertiges Raumsystem könnte an Feinheit das System der Muskelempfindungen nicht übertreffen. Man erlaube mir folgendes Gleichniss: angenommen, es käme Einer auf den Gedanken, die Instrumente eines Orchesters nicht „nach dem Gehör“ (und zwar nach dem des feinsten musikalischen Ohres) abzustimmen, sondern nach den besten physikalischen (also objektiven) Methoden, sodass also die Fehler

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. Psychol.* Bd. VII, S. 148.

gewiss weniger als eine Schwingung betrügen — würde dann unser musikalisches Ohr von dem Spiel dieses Orchesters mehr befriedigt sein als beim üblichen Verfahren des Stimmens? Die Frage wird Jedermann verneinen; und auf die Frage nach dem Grunde wird Jedermann sagen: was nützt uns eine Herabsetzung der Stimmungsfehler, wenn unser Ohr, längst ehe die physikalische Genauigkeitsgrenze erreicht ist, schon keine Fehler mehr zu erkennen vermag? Was würde uns die feine physikalische Differenzirung nützen, da unser Ohr viel früher die Grenze der Differenzirung erreicht? Die Anwendung auf das Verhältniss von Lokalzeichen und Muskelempfindungen liegt auf der Hand. Es ist aber ebenso bekannt, dass, sobald wir die optische Kontrolle (beim Blinden die Hautsinnes-Kontrolle) ausschalten, unsere Bewegungen (auch die Augenbewegungen) eine geradezu enorme Einbusse an Feinheit der Abstufung erleiden, was doch nicht möglich wäre, wenn die uns vom Muskelsinn zukommenden Nachrichten die feine Differenzirung des ausgebildeten optischen Raumsystems besäßen.<sup>1</sup> Man braucht (neben hundert anderen Beispielen) nur die Ergebnisse solcher Tiefenschätzungen<sup>1</sup>, die mit Ausschluss der Netzhautdisparation vollzogen wurden, mit denjenigen zu vergleichen, die mit Hilfe der Disparation ausgeführt wurden.

Gegenüber diesem Bedenken, das ich in meiner vorerwähnten Arbeit schon angedeutet habe, bemerkt ARBER Folgendes:

„Man hat der hier vertretenen Theorie vorgeworfen, sie nehme Muskelempfindungen an, »denen Funktionen zugemuthet werden, die voraussetzen, dass ihre graduellen Abstufungen an Feinheit mindestens den Raumsinn der Netzhaut erreichen« (HILLEBRAND). Gewiss, sie thut dies mehr oder weniger. Aber wenn man diesen Einwand erhebt, möge man sich auch Folgendes überlegen: Erstens, wie würde es um unsere Fähigkeit, Raumverhältnisse zu unterscheiden, stehen, auch wenn sich diese aus Funktionen und Verhältnissen auf der Netzhaut erklären liessen, wenn dem Raumsinn derselben nicht ein ebenso fein abgestufter Bewegungsmechanis-

<sup>1</sup> Es müssten also bei Ausschluss der optischen Kontrolle Bewegungen im Ausmaasse von 10 bis 12 Winkelsekunden durch den Muskelsinn erkannt werden! Nun denke man aber an die groben, mehrere Grade betragenden Blickschwankungen, die uns im Dunkelzimmer gänzlich verborgen bleiben und so u. A. auffallende Täuschungen über die Lage periodischer Entladungsfunken verursachen — worauf ich schon früher aufmerksam gemacht habe (*Zeitschr. f. Psychol.* Bd. VII, S. 150f.).

mus zur Seite stünde? Und zweitens, ob es wirklich schwerer ist zu denken, es entspreche einem so fein abgestuften Bewegungsmechanismus ein ebenso fein abgestuftes System von Muskelempfindungen, als es zu denken ist, dass jedem Netzhautpunkt eine Raumpfindung zukommt, die, abgesehen von ihrem Gesichtsinhalt, noch aus drei verschiedenen „Gefühlen“ komponirt ist“

Was den zweiten Punkt anlangt, so will ich mit Niemandem darüber rechten, ob ein solches fein abgestuftes System von Muskelempfindungen „schwerer zu denken“ sei oder nicht; aber das ist gerade der Fehler jener Muskelempfindungstheorien, dass sie nur immer auseinandersetzen, wie man sich „denken“ kann, dass die räumliche Wahrnehmung entstanden sei, anstatt die Erfahrung zu fragen, ob wir denn wirklich beim Ausschluss der optischen Kontrolle ebenso genau über die Stellung unserer Gesichtslinien informirt werden wie bei Wirksamkeit dieser Kontrolle, eine Frage, die entschieden zu verneinen ist.

Von den drei verschiedenen „Raumgefühlen“ ist schon oben (S. 145) bemerkt worden, dass es Niemandem eingefallen ist, sie als phänomenale Eigenschaften der Raumpfindung anzusehen, sondern dass damit nur gesagt ist, dass die einzelne (einfache und nicht weiter aus Bestandtheilen „komponirte“) Raumpfindung ein Element in einer dreifach ausgedehnten Mannigfaltigkeit sei.

Was aber das erste Bedenken ARRRER's anlangt („wie würde es um unsere Fähigkeit, Raumverhältnisse zu unterscheiden, stehen, auch wenn sich diese aus Funktionen und Verhältnissen auf der Netzhaut erklären liessen, wenn dem Raumsinn derselben nicht ein ebenso fein abgestufter Bewegungsmechanismus zur Seite stünde?“), so hat ARRRER auch hier wieder das punctum saliens in meiner Argumentation nicht erfasst. Nicht die feine Abstufung der Bewegungen selbst habe ich bestritten, sondern die feine Abstufung der Empfindungen von diesen Bewegungen, d. i. hier der Muskelempfindungen. Es würde — darin hat ARRRER Recht — schlecht stehen um unser Vermögen, Raumverhältnisse zu unterscheiden, wenn wir nicht im Stande wären, Augenbewegungen auszuführen, die so minimal sind, wie die kleinsten optisch erkennbaren Ortsunterschiede — und in der That können wir dies auch. Damit ist aber nur gesagt, dass wir unter der Leitung des Raumsinns der Netzhaut, also bei Vorhandensein der optischen Kon-

trolle unsere Augenbewegungen so fein abstufen können, nicht aber, dass auch beim Ausschluss der Netzhaut sich jene kleinsten Augenbewegungen nach Richtung und Ausmaass durch Muskelempfindungen verrathen müssen. Einen fein abgestuften Bewegungsmechanismus besitzen, heisst noch nicht über ein ebenso fein abgestuftes System von Muskelempfindungen verfügen — so sicher als „Bewegen“ noch nicht heisst „die Bewegung empfinden“.

---



- 6 Theorie der scheinbaren Grösse bei binocularem Sehen, in: Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse 72, Wien 1902, 255-307.



THEORIE  
DER  
SCHEINBAREN GRÖSSE BEI BINOCULAREM SEHEN

VON  
DR. FRANZ HILLEBRAND,  
PROFESSOR DER PHILOSOPHIE AN DER UNIVERSITÄT IN INNSBRUCK.

*Mit 17 Textfiguren.*

BESONDERS ABGEDRUCKT AUS DEM LXXII. BANDE DER DENKSCHRIFTEN DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN  
CLASSE DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.



WIEN 1902.  
AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI  
IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,  
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.



THEORIE  
DER  
SCHEINBAREN GRÖSSE BEI BINOCULAREM SEHEN

VON  
DR. FRANZ HILLEBRAND,  
PROFESSOR DER PHILOSOPHIE AN DER UNIVERSITÄT IN INNSBRUCK.

Mit 17 Textfiguren.

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 20. JUNI 1901.

I. Capitel.

Einleitende Bemerkungen. Definitionen und Fragestellung.

§ 1. Nach dem in Physik und Astronomie herrschenden Sprachgebrauche versteht man unter scheinbarer Grösse eines Gegenstandes die Grösse seines Netzhautbildes oder, da diese letztere unmittelbar von dem Winkel bestimmt wird, den die, zweien Grenzpunkten des Gegenstandes zugehörigen, im mittleren Knotenpunkte des Auges sich schneidenden Richtungslinien mit einander bilden, auch den Winkel, den diese beiden Richtungslinien einschließen — den sogenannten Gesichtswinkel oder Sehwinkel. So gefasst, gehört dieser Begriff durchaus der geometrischen Optik an. Wenn man statt des viel klareren Ausdruckes »Gesichtswinkel« das Wort »scheinbare Grösse« gebraucht, und damit einem dioptrischen Begriffe einen psychologischen Beigeschmack gegeben hat, so ist das unter der Voraussetzung geschehen, dass uns Objecte dann und nur dann als gleich groß erscheinen, wenn ihre Netzhautbilder (beziehungsweise Gesichtswinkel) gleich groß sind, und dass bei ungleichen Netzhautbildern (beziehungsweise Gesichtswinkeln) ein Object dann  $n$ -mal größer oder kleiner als ein anderes erscheint, wenn sein Gesichtswinkel  $n$ -mal größer oder kleiner ist. Diese Voraussetzung trifft nur dann zu, wenn die Entfernungsunterschiede der verglichenen Objecte keine Rolle spielen, entweder weil sie überhaupt nicht da sind (also bei gleich weit entfernten Objecten) oder weil sie physiologisch unwirksam sind (wie bei den Gestirnen) oder schließlich weil es sich überhaupt nicht um einen Reiz und eine physiologische Angriffsfläche, sondern etwa bloß um ein Linsensystem und einen Schirm handelt, der das Bild aufängt.

Hillebrand.

1

19150  
19150  
19150

§ 2. Dass in allen anderen Fällen die Größe, in der uns ein Gegenstand erscheint, nicht bloß durch seine »scheinbare Größe« im Sinne des Gesichtswinkels bestimmt wird, ist längst bekannt: Hering hat das schon betont, desgleichen Götz Martius, v. Kries und Andere. Der Ausdruck »scheinbare Größe« ist daher schlecht gewählt und sollte umso mehr vermieden werden, als er neben jenem geometrisch-optischen heute von zahlreichen Autoren in rein psychologischem Sinne gebraucht wird, wie wenn man sagt: der Mond hat am Horizonte eine andere »scheinbare Größe« wie im Zenith, womit natürlich nicht der Gesichtswinkel gemeint ist.

Dazu kommt, dass unter »scheinbarer Größe« ab und zu noch etwas Drittes verstanden wird, nämlich die Größe, die wir dem wirklichen Objecte auf Grund des unmittelbaren Eindruckes, aber verschieden von ihm, zuschreiben — wie z. B. wenn wir von einer Straße sagen (also urtheilen), sie sei überall gleich breit, obwohl der unmittelbare Eindruck der ist, dass sie nach der Ferne schmaler wird, allerdings nicht in dem Maße, in welchem das Netzhautbild der ferner gelegenen Theile an Größe abnimmt.

Hering hat diese drei Begriffe klar gesondert, für die scheinbare Größe im physikalischen Sinne diesen Namen beibehalten und davon die »Sehgröße« und die »geschätzte Größe« unterschieden. Die Definitionen und ihre reale Bedeutung ersieht man aus der folgenden Äußerung: »Unter scheinbarer Größe hat man bald die geschätzte Größe, bald auch die Größe des Netzhautbildes oder den Gesichtswinkel (die Kleifung) verstanden. Die Sehgröße ist von beiden verschieden. Hält man z. B. ein quadratisches Papier horizontal vor sich hin, so dass seine Ränder parallel der Medianebene, beziehungsweise der Frontalebene liegen, und fixiert ungefähr seine Mitte unocular, so sieht man dasselbe nicht genau quadratisch und horizontal. Vielmehr zeigen der rechte und linke Rand des Sehdinges eine schwache Convergenz und der fernere Rand ist etwas kürzer als der nähere; zweitens liegt der fernere Rand etwas höher als der nähere. Im Netzhautbilde des Quadrates convergieren die seitlichen Ränder unvergleichlich stärker, und der fernere Rand ist viel kürzer als der nähere. Das Verhältnis der Größen des fernen und nahen Randes ist also am Sehdinge ein anderes als am Netzhautbilde und wieder ein anderes am wirklichen Dinge. Die unrichtige Form des Sehdinges hindert aber nicht, zu urtheilen, dass das entsprechende Außending ein quadratisches ist, und demnach den fernen Rand ebenso groß zu schätzen als den näheren. Dieses Beispiel zeigt uns also den Unterschied zwischen sogenannter scheinbarer Größe, Sehgröße und geschätzter oder gedachter Größe« (Hermann's Handb. d. Physiologie, III. Bd., 1. Theil, S. 512).

Von der Unterscheidung dieser drei Begriffe wird im Folgenden vielfach Gebrauch gemacht werden. Der eben erwähnten Terminologie aber werde ich mich nicht durchaus anschließen, vielmehr den geometrisch-optischen Begriff des Gesichtswinkels auch »Gesichtswinkel« nennen, die »Sehgröße« Hering's, d. h. die Ausdehnung des Empfindungsinhaltes im Sehraume als »scheinbare Größe«, die dem Außending auf Grund seines optischen Eindruckes zugeschriebene wirkliche Größe — im Einklange mit Hering — als »geschätzte Größe« bezeichnen.

§ 3. Würde die scheinbare Größe (in dem für den künftigen Gebrauch eben festgesetzten Sinne der Hering'schen »Sehgröße«) nur dem Gesichtswinkel proportional sein, so müssten zwei in Wirklichkeit gleich große, aber verschieden entfernte Lateralstrecken  $a$  ein scheinbares Größenverhältnis haben, welches, wenn die Entfernungen  $e_1$  und  $e_2$  heißen, durch den Quotienten

$$\frac{\text{arc } \frac{a}{e_1}}{\text{arc } \frac{a}{e_2}}$$

ausgedrückt wäre.

Dies trifft schon bei monocularer Betrachtung nicht zu, wie Hering<sup>1</sup> betont hat. Die Hand, welche ich in 8 Zoll Entfernung vor ein Auge halte, sieht eben so groß aus, wie die, welche ich aus

<sup>1</sup> Beitr. z. Physiol., Leipzig 1861, I. Heft, S. 14.

16 Zoll Entfernung betrachte. Die Verhältnisse sind bei Versuchen dieser Art freilich durch mannigfache Erfahrungsmotive compliciert; wir werden gelegentlich sehen, dass man bei möglichster Ausschaltung derselben dem Falle, dass die scheinbare Grösse monocular bloß durch den Gesichtswinkel bestimmt wird, sehr nahe kommen kann (vgl. unten S. 52 [306]).

Bei binocularer Betrachtung aber — und um diese vor allem handelt sich's mir in der folgenden Untersuchung — ist von einer Proportionalität zwischen scheinbarer Grösse und Grösse des Netzhautbildes, so lange nicht die Entfernungen der Gegenstände vom Auge ein sehr beträchtliches Maß erreichen, keine Rede; erst bei sehr großen Entfernungen wird Proportionalität erreicht.

§ 4. Götz Martius hat 1889 eine Untersuchung über diese Frage veröffentlicht<sup>1</sup> und dem Hauptresultate derselben folgenden Ausdruck gegeben: »Die Vergleichsgrösse, welche einer gegebenen Grösse bei verschiedenen Entfernungen gleich erscheint, wächst mit der Entfernung stetig, aber sehr langsam«. Er hat ferner gefunden, dass auch die absolute Grösse des Normalobjectes nicht gleichgiltig ist; vielmehr hat sich gezeigt, dass bei constantem Entfernungsunterschiede zwischen Normal- und Vergleichsobject der (wirkliche) Grösßenunterschied zwischen beiden mit der absoluten Grösse des Normalobjectes wachsen muss, wenn beide Objecte gleich groß erscheinen sollen<sup>2</sup>. Wie gering die tatsächliche Vergrößerung des fernerer Objectes sein musste, um scheinbare Größengleichheit zu ergeben, möge man aus einigen der genannten Abhandlung entnommenen Durchschnittswerten ersehen: ein Stab von 20 cm Länge aus 50 cm Entfernung betrachtet, schien eben so groß wie ein zweiter Stab von 21·92 cm Länge, der aber 575 cm vom Beobachter entfernt war. Bei denselben zwei Entfernungen wurde ein Stab von 1 m und ein anderer von 110 cm Länge gleich groß gesehen. Rechnet man die entsprechenden Gesichtswinkel aus, so ergibt sich, dass im ersten Falle die beiden gleich groß erscheinenden Stäbe unter den Winkeln von 22° 37' 11" und 2° 11' 2" gesehen wurden, im zweiten Falle unter den Winkeln von 90° und 10° 55' 40", also enorme Unterschiede.

v. Kries<sup>3</sup> ist zu ähnlichen Ergebnissen gelangt. Stellte er sich z. B. die Aufgabe, auf einer Ebene zwei Punkte zu markieren, welche den aus dem Gedächtnisse reproducirten Abstand von 50 mm haben sollten, so fiel das Resultat eben so gut aus, wenn die Ebene in constanter, als wenn sie in wechselnder Entfernung von ihm situiert war; der Fehler wurde letzterenfalls nicht größer, er war zu Anfang sogar kleiner. Die durch den Entfernungswechsel bedingte Änderung des Gesichtswinkels hatte also in diesem Versuche gar keinen Einfluss auf die scheinbare Grösse.

v. Kries hat ferner versucht, auf Flächen von verschiedener Entfernung Strecken anzugeben, die unter demselben Gesichtswinkel erscheinen sollten wie eine Strecke von 5 cm in 30 cm Entfernung (eine Strecke, die er in dieser Entfernung schon vielfach zu Versuchen verwendet hatte, deren Gesichtswinkel ihm also hätte geläufig sein müssen). Er stand dieser Aufgabe aber »ganz rathlos« gegenüber und machte »Fehler von enormem Betrage«. Wer es versucht, auf einer nahe gelegenen Ebene eine Strecke aufzutragen, die unter gleichem Gesichtswinkel erscheinen soll wie der Vollmond, wird das bestätigen können. Diese und ähnliche Erfahrungen haben v. Kries zu dem, ohne Zweifel berechtigten, Schlusse veranlasst, dass der Schwinkel bei Größenschätzungen nur »implicite« sich geltend mache, dass er »nicht unmittelbar für das Bewusstsein verwertet« werden könne.

Die Versuche der genannten Forscher haben nur das negative Resultat ergeben, dass bei verschiedener Entfernung die Gesichtswinkel verschieden sein müssen, wenn die scheinbare Grösse dieselbe bleiben soll. Nach welchem Gesetze aber der Gesichtswinkel sich mit der Entfernung ändert, wenn die

<sup>1</sup> »Über die scheinbare Grösse der Gegenstände und ihre Beziehung zur Grösse der Netzhautbilder« in Wundt's Philos. Studien, Bd. V, S. 601—617.

<sup>2</sup> Ibid., p. 609.

<sup>3</sup> »Beiträge zur Lehre vom Augenmaße« in den »Beitr. z. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg.«, H. v. Helmholtz als Festgedächtnis zu seinem siebenzigsten Geburtstage dargebracht, Hamburg und Leipzig 1891, S. 14 ff. des Sonderabdruckes.

scheinbare Größe constant bleibt, darüber ist nichts bekannt. Aufgabe der vorliegenden Untersuchung ist die Ermittlung dieses Gesetzes — immer unter Voraussetzung binocularer Beobachtung und bei unveränderlicher Blickenebene<sup>1</sup>.

## II. Capitel.

### Versuche über scheinbaren Parallelismus nach der Tiefe verlaufender Geraden.

§ 5. Ich bin nun zunächst daran gegangen, mir sozusagen in groben Umrissen ein Bild von den Änderungen des Gesichtswinkels bei constanter scheinbarer Größe zu verschaffen. Dass es bei derartigen Versuchen nicht so ganz leicht ist, sich den Sinn der Aufgabe stets klar zu halten, der darin besteht, dass man lediglich auf den unmittelbaren Größeneindruck achtet, darauf hat schon Götz Martius hingewiesen<sup>2</sup>, und ich kann das bestätigen. Nur allzuleicht mischt sich eine Reflexion über die wirklichen Größenverhältnisse (d. h. über die »geschätzten Größen«) mit ein, über die wir ja auf Grund der scheinbaren Größenverhältnisse ein Urtheil haben, da die Beziehung zwischen beiden durch die vielfachen Erfahrungen des täglichen Lebens sehr gut eingeübt ist und da uns zudem in der Praxis fast ausschließlich die wirklichen Größenverhältnisse interessieren, so dass wir die scheinbaren nur als Mittel zur Urtheilsbildung über die wirklichen verwenden, während wir in unseren Versuchen uns nur mit den ersteren beschäftigen, über die letzteren gar nicht reflectieren sollen<sup>3</sup>. Ich habe nun zur ersten Orientierung eine Versuchsordnung gewählt, bei der es viel leichter ist, sein Augenmerk ganz der scheinbaren Größe zuzuwenden und sich jeder Reflexion über die geschätzten Größen, d. h. also über die wirklichen Größenverhältnisse zu enthalten.

Steht man zwischen den Schienen eines auf größere Entfernung ohne Krümmung verlaufenden Eisenbahngleises und blickt auf irgend einen fernen Punkt des Bahndammes, so erscheinen bekanntlich die Schienen nach der Ferne convergent. Das ist bisher gemeinlich als die Folge des immer kleiner werdenden Gesichtswinkels angesehen worden, unter welchem die zwischen den Schienen gedachten Lothe erscheinen, ähnlich wie man die scheinbare Convergenz der zwei Baumreihen einer Allee oder der Reihen von Laternenpfehlen in einer geraden Straße entstanden dachte. Dem aufmerksamen Beobachter wird freilich auch bei diesem alltäglichen Phänomen der folgende Umstand nicht entgangen sein: die ihm sehr nahe liegenden Partien des Schienenstranges erscheinen nicht als gegen ihn divergente Gerade, sondern als Curven, die ihre Convexität der Medianebene zuwenden; im weiteren Verlaufe wird die Krümmung schwächer und verliert sich dann ganz, die Schienen erscheinen gerade oder nahezu gerade, scheinen gegen die Ferne allerdings noch immer zu convergieren, aber sehr schwach; diese schwache Convergenz behalten sie bei bis in die Gegend, in der das Bild undeutlich wird und man daher überhaupt kein Urtheil mehr hat.

Diese Thatsache wird übersehen, wenn man, wie das gewöhnlich geschieht, das Augenmerk nur auf die entfernteren, nicht auch auf die naheliegenden Partien des Schienenstranges richtet. Dann erhält sich auch die ohnehin so plausible Gesichtswinkeltheorie.

<sup>1</sup> Auf die Complicationen, welche sich ergeben, wenn man der Blickenebene verschiedene Neigungen ertheilt, werde ich hier gar nicht eingehen. Ich verweise dies bezüglich auf die interessanten Versuche von Oskar Zoth (»Über den Einfluss der Blickrichtung auf die scheinbare Größe der Gestirne und die scheinbare Form des Himmelsgewölbes« in Pflüger's Archiv, Jahrg. 1899, Bd. 78, p. 363 ff.), der, auf den fruchtbringenden Gedanken verfallen ist, die verschiedene scheinbare Größe verschieden hoch gelegener Objecte hänge von der Neigung der Blickenebene, nicht gegen die (unveränderliche) Horizontal-Coordinatebene des wirklichen Raumes, sondern gegen die (mit der Kopfstellung veränderliche) Horizontal-Coordinatebene des Kopfes ab. Nachträglich erfahre ich aus einer zweiten, soeben erschienenen Arbeit Zoth's (Pflüger's Archiv, Bd. 88, p. 214), dass schon Gauss eine dahinzielende Andeutung gemacht hat, die aber Zoth, als er die ersterwähnte Abhandlung schrieb, noch nicht gekannt hat.

<sup>2</sup> A. u. O., p. 305.

<sup>3</sup> Götz Martius *ibid.*

Aber die Sache gestaltet sich anders, wenn man die Erscheinung im Laboratorium nachahmt und sich nicht mit der Auskunft begnügt, dass das Phänomen durch die Gesichtswinkelabnahme dem Sinne nach erklärt werden könne — wenn man sich vielmehr fragt, ob diese Erklärung auch dem Ausmaße nach, also quantitativ der Erscheinung gerecht wird.

Stellt man die Schienen durch schwarze Fäden dar, die über eine weiße, horizontale, genügend lange Tischplatte laufen, so scheinen sie natürlich auch zu convergieren, wenn man sie tatsächlich parallel stellt. Macht man aber die Gegenprobe, gibt man also den Fäden eine Stellung, in welcher sie parallel erscheinen, so divergieren sie zwar in Wirklichkeit nach der Ferne; aber diese Divergenz entspricht auch nicht annähernd einer Constanz der Gesichtswinkel, unter denen die verschiedenen queren Abstände der beiden Fäden gesehen werden. Wenn es auf die Gesichtswinkel ankäme, müsste die tatsächliche Divergenz der parallel erscheinenden Fäden eine sehr viel größere sein, wie aus den später mitzutheilenden Zahlenwerten ersichtlich sein wird.

§ 6. Bevor ich über die Versuchsanordnung in ihren Einzelheiten und über die Versuchsergebnisse berichte, will ich nur erwähnen, dass die Einstellung auf scheinbarem Parallelismus ungleich leichter ist, als die Aufgabe, eine einzelne, in einer frontal parallelen Ebene gelegene Linie einer gegebenen Linie gleichzumachen, die in einer anderen Entfernung liegt. Das kann möglicherweise daher kommen, dass wir es bei der Einstellung zweier in die Tiefe verlaufender Linien auf scheinbarem Parallelismus eigentlich mit einem Continuum von derartigen Einzelversuchen zu thun haben und dass die kontinuierliche Vermittlung gegenüber einem Vergleiche discontinuierlicher Entfernungen eine Erleichterung der Aufgabe bedeutet.

Dass der scheinbare Parallelismus nach der Tiefe verlaufender Linien identisch ist mit der scheinbaren Größengleichheit aller zwischen diesen beiden Linien senkrecht zur Symmetrielinie gezogenen Geraden, daran kann nicht gezweifelt werden. Überlegungen über die Art, wie man den geometrischen Begriff des Parallelismus definieren soll, haben in dieser rein physiologischen Angelegenheit keinen Platz. So zweifelhaft es ist, ob der geometrische Begriff des Parallelismus durch die Gleichheit der senkrechten Abstände definiert werden darf, so sicher ist es, dass der physiologische Parallelismus oder, wenn man will, der Parallelismus nach dem unmittelbaren optischen Eindrucke gerade aus diesem Merkmale, und zwar nur aus diesem constituirt wird. Wer zwei Gerade als parallel sieht, denkt gar nicht daran, ob sie sich in beliebiger Verlängerung schneiden oder nicht, er sieht den Parallelismus an den Stücken, die ihm optisch vorliegen — in seinem Bewusstsein zeigt sich nichts von einer in der Phantasie vollzogenen Verlängerung dieser optischen Gebilde; was er also sieht, kann nichts anderes sein als die Gleichheit der senkrechten Abstände. Ich mache diese Bemerkung, damit nicht ein mit der Geschichte des »Parallelentheorems« vertrauter Leser sich zu einem erkenntnistheoretischen Einwande angeregt fühle, der hier, wo wir es nicht mit der Theorie der »geometrischen Axiome«, sondern mit unseren unmittelbaren Anschauungen zu thun haben, an die unrichtige Stelle käme. Der Begriff der Symmetrie — um auf ein Analogon hinzuweisen — lässt sich geometrisch ganz scharf definieren; aber nur einige Specialfälle des Symmetrischen im geometrischen Sinne sind auch physiologische Symmetrien, d. h. werden auch als Symmetrien gesehen<sup>1</sup>.

§ 7. Die Versuchsanordnung war folgende: der Beobachter sitzt an der Schmalseite eines 4 m langen, 1 m breiten, rechteckigen Tisches PPPP (vgl. Fig. 1), dessen Platte mit weißem Zeichenpapier bespannt ist; seine Augen liegen 18.5 cm lothrecht über der einen Schmalkante. Er blickt durch einen gegen die Tischplatte etwas geneigten leeren (d. h. von Prismen und Linsen befreiten) Stereoskopenkasten; ein Carton verschließt die dem Beobachter abgewandte Seite des Kastens; aus dem Carton ist ein Fenster ausgeschnitten derart, dass dem Beobachter gerade der Ausblick bis zum entfernten Ende der Tischplatte

<sup>1</sup> Vgl. dazu M s c h, Beiträge zur Analyse der Empfindungen. Jena 1886, p. 44 ff.

ermöglicht ist; die etwa seitlich noch sichtbaren Gegenstände des Zimmers liegen bereits so peripher, dass sie die Beobachtung nicht stören. Über die Tischplatte sind drei schwarze Fäden  $AB, CD, EF$  gespannt; der mittlere, unverschiebbare  $AB$  verbindet die Mittelpunkte der beiden Schmalkanten und liegt zugleich in der Medianebene des Beobachters; er dient hauptsächlich zur Festhaltung der symmetrischen Convergenz, indem bei Versuchen mit ruhendem Blicke sein ferner Endpunkt  $B$  als Fixationsmarke benützt wird, während bei Versuchen mit bewegtem Blicke der ganze Faden die Bahn angibt, längs welcher der Blickpunkt wandern muss, wenn die Convergenz symmetrisch bleiben soll. Die beiden Seitenfäden sind mit ihren Enden  $D$  und  $F$  an der fernen Schmalkante der Tischplatte so befestigt, dass diese Enden zu beiden Seiten des Mittelfadenendes  $B$  liegen und von diesem gleich weit entfernt sind. Die dem Beobachter zugewendeten Enden  $C$  und  $E$  der an der nahen Schmalkante mit Gewichten belasteten Seitenfäden hält der Beobachter mit je einer Hand fest und kann so die Seitenfäden in beliebige Convergenz oder Divergenz bringen. Der Versuch wird so gemacht, dass der Beobachter durch die Öffnung des Stereoskopkastenentweder nach dem fernen Ende des Mittelfadens blickt und dieses fixiert oder den Blick längs des Mittelfadens hin und her schweifen lässt und nun mit den Händen die Seitenfäden in eine solche Stellung bringt, dass sie ihm miteinander und mit dem Mittelfaden parallel zu laufen scheinen.

Fig. 1.



Jede Reihe bestand aus zehn Einzelversuchen, die alternierend so gemacht wurden, dass der Beobachter das ein mal von einer sehr stark merklichen scheinbaren Convergenz, das ander mal von einer sehr stark merklichen Divergenzstellung ausging. In Betreff der Messung ist Folgendes zu bemerken: der Abstand der fernen Fadenenden  $DF$  ist willkürlich gewählt und für jede Versuchsgruppe constant; der Abstand der nahen Enden  $CE$  an derjenigen Schmalkante des Tisches, an welcher der Beobachter sitzt, wurde nicht abgelesen, sondern statt dessen der Abstand zweier solcher homologen Fadenpunkte  $M$  und  $N$ , die dem Beobachter noch deutlich sichtbar waren; diese Stellen waren durch einen Querschnitt (in Fig. 1 punktiert) ein für allemal fixiert. Dieser Querschnitt war vom Beobachter  $490\text{ mm}$  weit entfernt (natürlich mit Einrechnung des verticalen Abstandes der Augen von der Ebene des Tisches); die beiden Fadenenden standen  $4004\text{ mm}$  vom Beobachter ab. In den folgenden Tabellen sind diese beiden Werte, weil sie für alle Versuche constant blieben, nicht eigens angeführt. Im übrigen bedeutet  $G$  den Abstand  $DF$ , also sozusagen die Größe des fernsten Objectes, wenn man den Versuch als ein Continuum von Vergleichen verschiedener Größen in verschiedenen Entfernungen auffasst;  $g$  bedeutet den Abstand  $MN$ , d. h. den Abstand, den die Fäden an einer  $490\text{ mm}$  vom Beobachter entfernten Stelle hatten. Jede Zahl in dieser Columnne ist das Mittel aus mindestens zehn Einzelversuchen. Die daneben, in der Columnne  $MF$  stehende Zahl gibt den mittleren variablen Fehler für diese zehn Einstellungen an. Die Werte in der nächsten Columnne  $\alpha$  geben den Winkel an, den die beiden parallel erscheinenden Fäden in Wirklichkeit mit einander bildeten. Ferner gibt  $\varphi$  den Gesichtswinkel an, unter welchem der ferne Abstand  $G (= DF)$ ,  $\varphi$  den Gesichtswinkel, unter welchem der nahe Abstand  $g (= MN)$  gesehen wird. In den Versuchen, deren Resultate in den folgenden Tabellen verzeichnet sind, ließen die Beobachter den Blick längs der Mittellinie (durch den mittleren fixen Faden ersichtlich gemacht) beliebig auf- und abschweifen. Versuche, die ich mit fixierendem Blicke gemacht habe, hier aber nicht eigens mittheile, haben ergeben, dass sich die Werte — wenigstens bei dieser Versuchsanordnung — nicht merklich ändern. Die linearen Maße sind in Millimetern angegeben.

[261]

Scheinbare Grösse bei binocularem Sehen.

7

Tabelle I.

(Beobachter: Hillebrand.)

$G$	$g$	$MF$	$\alpha$	$\varphi$	$\psi$
390	214°5	3'7	2° 51' 46"	5° 34' 34"	24° 41' 32"
390	209°0	6'1	2 57 2	5 34 34	24 4 40
320	171°9	3'1	2 24 52	4 34 36	19 53 50
290	163°0	4'2	2 4 14	4 8 52	18 53 10
266	157°3	6'3	1 46 20	3 48 18	18 14 14
266	152°0	5'2	1 51 32	3 48 18	17 37 58
266	150°0	6'5	1 53 28	3 48 18	17 24 16
222	130°5	3'9	1 29 30	3 10 34	15 10 12
178	118°0	5'0	0 58 42	2 32 48	13 43 52
178	118°0	5'2	0 58 42	2 32 48	13 43 52
150	106°7	5'4	0 42 22	2 8 46	12 25 40
120	89°2	2'2	0 30 8	1 43 0	10 24 4
100	82°8	3'2	0 16 50	1 25 50	9 39 32

Tabelle II.

(Beobachter: Czermak.)

$G$	$g$	$MF$	$\alpha$	$\varphi$	$\psi$
441	208°0	4'6	2° 58' 0"	6° 18' 16"	23° 57' 56"
390	206°4	9'2	2 59 34	5 34 34	23 47 12
390	206°0	13'0	2 59 58	5 34 34	23 44 30
320	182°2	4'0	2 14 48	4 34 36	21 3 52
290	168°5	5'5	1 58 50	4 8 52	19 30 42
275	166°5	13'2	1 46 8	3 56 1	19 19 4
266	159°9	4'3	1 43 48	3 48 18	18 32 2
266	154°2	5'7	1 49 22	3 48 18	17 53 2
222	137°4	2'5	1 22 46	3 10 34	15 59 42
186	110°8	3'0	1 13 32	2 39 40	12 54 3
178	113°2	4'6	1 3 24	2 32 48	13 10 40

Tabelle III.

(Beobachter: Radakovič.)

<i>G</i>	<i>g</i>	<i>MF</i>	$\alpha$	$\varphi$	$\psi$
390	206·4	17·1	2° 59' 34"	5° 34' 34"	23° 47' 12"
390	199·2	9·1	3 6 36	5 34 34	22 58 44
320	185·9	5·3	2 11 10	4 34 36	21 28 56
290	180·8	5·0	1 46 50	4 8 52	20 54 20
266	167·1	12·5	1 36 44	3 48 18	19 21 12
226	163·2	2·4	1 40 34	3 48 18	18 54 34
222	149·6	1·9	1 10 40	3 10 34	17 21 30
178	130·5	8·9	0 46 28	2 32 48	15 10 12
178	125·3	5·8	0 51 34	2 32 48	14 34 20

Tabelle IV.

(Beobachterin: Silvia Hillebrand.)

<i>G</i>	<i>g</i>	<i>MF</i>	$\alpha$	$\varphi$	$\psi$
390	176·6	8·0	3° 28' 42"	5° 34' 34"	20° 27' 10"
390	170·5	3·9	3 29 46	5 34 34	19 44 20
320	171·1	4·9	2 25 38	4 34 36	19 48 26
290	164·3	2·7	2 2 56	4 8 52	19 2 4
266	139·7	4·1	2 3 32	3 48 18	16 13 34
222	119·6	3·9	1 40 10	3 10 34	13 54 56
178	104·8	4·8	1 11 36	2 32 48	12 12 28
178	95·4	4·5	1 20 48	2 32 48	11 7 12
150	109·7	2·5	0 39 26	2 8 46	12 46 26

§ 8. Ich habe die Versuche, wie man sieht, gehäuft; die Tabellen sind auf Grund von etwa  $4\frac{1}{2}$  Hundert Einstellungen entworfen, ungerechnet die vielen Versuche, welche jeder der vier Beobachter anfänglich zum Zwecke bloßer Einübung machen musste und die in den obigen Tabellen nicht mitgeteilt sind. Diese Häufung mag auf den ersten Blick überflüssig erscheinen. Sie ist es indessen durchaus nicht. Wer nach einem Gesetze sucht, dem sich bei Gleichheit der scheinbaren Größe die Änderung des Gesichtswinkels unterordnet, muss sich ohne Zweifel erst die Überzeugung verschaffen, dass solche Größenvergleiche überhaupt eine hinreichende Regelmäßigkeit erkennen lassen, und zwar nicht nur innerhalb der Versuchsreihen eines und desselben Beobachters — denn hier könnten individuelle

Gewohnheiten entscheidend sein — sondern zwischen den Versuchsergebnissen verschiedener Beobachter. Erst wenn derartige Regelmäßigkeiten in zahlreichen Versuchen zulage treten, erst dann hat es einen Sinn, nach Erklärungsgründen zu forschen. Ich sehe den Wert jener oben tabellarisch verzeichneten Versuche nicht so sehr in den Zahlen selbst als vielmehr in ihrer Übereinstimmung — und diese ist, wie man sieht, sehr befriedigend.<sup>1</sup>

§ 9. Die Zahlenwerte (für  $g$  und das damit zusammenhängende  $\alpha$  und  $\psi$ ) sind für eine Theorie der scheinbaren Grösse aus folgendem Grunde nicht entscheidend; es liegt im Wesen unserer Versuchsanordnung, dass die Linien, welche die Empfindung paralleler Geraden hervorrufen, auch in Wirklichkeit (zwar nicht parallele, aber doch) gerade Linien sind — es handelt sich ja um gespannte Fäden. Das ist aber eine willkürliche und (wie wir sehen werden) tatsächlich nicht zutreffende Annahme: Linien, welche den Eindruck von parallelen Geraden machen, müssen in Wirklichkeit gekrümmt sein. Die Krümmung ist (ich verweise auf Späteres) freilich nur in den dem Beobachter sehr nahe liegenden Partien von nennenswertem Betrage, sie wird nach der Ferne zu bald so schwach, dass man sie ohne Schaden vernachlässigen kann; nichtsdestoweniger sind die so ermittelten Werte im ganzen zur Gewinnung einer Theorie nicht geeignet. Die Methode hat nur den Wert, dass sie in verhältnismässig kurzer Zeit zahlreiche Bestimmungen zu machen gestattet und daher auch bald entscheiden lässt, ob hier überhaupt eine erkennbare Gesetzmäßigkeit besteht oder nicht. Die später mitzutheilenden Versuche mit alleearig angeordneten Verticalfäden sind von dem Einwande frei, der soeben gegen die bisherigen Versuche erhoben wurde; sie sind aber so umständlich, dass, wenn man sie ebenso zahlreich machen wollte wie diese, ein außerordentlicher Zeitaufwand erforderlich wäre.

Sieht man von den dem Beobachter nächstgelegenen Fadenpartien ab (jenen Partien, die stark gekrümmt sein müssten, um den Eindruck von Geraden hervorzurufen, und die daher bei gespannten Fäden umgekehrt gekrümmt erscheinen), dann können die mitgetheilten Versuche als ein angenäherter Ausdruck für das Verhalten des Gesichtswinkels bei gleicher scheinbarer Grösse aber variabler Entfernung angesehen werden, weil, wie erwähnt, die Krümmung, welche die Fäden im weiteren Verlaufe haben müssten, sehr schwach sein würde.

§ 10. Die Tabellen zeigen nun vor allem, dass von einer Constanz des Gesichtswinkels gar keine Rede sein kann: man vergleiche nur die einzelnen Werte von  $\varphi$  mit den daneben stehenden Werten von  $\psi$ . Die Lage der parallel erscheinenden Fäden kommt vielmehr dem wirklichen Parallelismus beträchtlich näher, obwohl sie auch diesen nicht erreicht, wie die Werte von  $\alpha$  zeigen. Dass diese letzteren Werte immer kleiner werden (die wirkliche Stellung der Fäden sich also dem Parallelismus immer mehr nähert) je kleiner  $G$  wird, ist selbstverständlich; denn im Grenzfalle  $G = 0$  müsste ja auch  $g = 0$  werden.<sup>2</sup>

§ 11. Zu den vorstehenden Versuchen habe ich noch eine Bemerkung hinzuzufügen: Die Beobachtungen wurden nicht mit fixierendem, sondern mit beliebig längs des Medianfadens auf- und abschweifendem Blicke gemacht. Man wird fragen, ob die Ergebnisse bei Fixation des Blickes andere gewesen wären. Ich habe hierüber vergleichende Versuche angestellt: bei Benützung gespannter Horizontalfäden hat sich kein Unterschied zwischen beiden Methoden constatieren lassen.

Ich bin nun nicht der Meinung, dass die beiden Methoden wirklich gleichwertig seien; spätere Versuche (mit anderer Anordnung) werden vielmehr zeigen, dass ganz beträchtliche Größendifferenzen zum Vorschein kommen, wenn man einmal fixiert, ein andermal den Blick wandern lässt; aber in auffallendem Grade zeigen sich diese Unterschiede doch nur in den dem Beobachter nächst gelegenen Partien, also

<sup>1</sup> Die für meine Frau (Tabelle IV) geltenden Werte  $g$  und  $\psi$  sind durchwegs etwas kleiner; die Ursache davon liegt in der beträchtlich kleineren Pupillardistanz der Beobachterin; der Zusammenhang dieser beiden Momente wird aus der später zu entwickelnden Theorie ersichtlich werden.

<sup>2</sup> Vgl. dazu auch Götz Martius a. a. O., p. 809.

Hilfsbrand:

dort, wo die Fäden gekrümmt sein müssten, um den Eindruck paralleler Geraden zu machen. Da dies nun bei der gegenwärtigen Versuchsanordnung nicht erreichbar war, so sind jene nächst gelegenen Partien ohnehin immer fehlerhaft eingestellt, ob der Blick wandert oder nicht; daher ist hier keine Gelegenheit, die Wirkung dieses Unterschiedes zu constatieren.

Anmerkung. Eine interessante Beobachtung ergab sich bei den Einstellungen, die Herr Dr. Radakovič zu machen die Güte hatte, eine Beobachtung, auf welche er spontan aufmerksam gemacht hat. Dieser Beobachter hat (bei wanderndem Blick und sonst durchaus gleichen Versuchsumständen) die ihm gestellte Aufgabe abwechselnd nach zwei verschiedenen Methoden behandelt: das eine Mal suchte er zuerst eine scheinbar convergente, hierauf eine scheinbar divergente Fadenstellung und wählte dann eine Zwischenstellung, die ihm weder convergent noch divergent erschien — die Versuche in der obigen Tabelle sind nach dieser Methode gemacht, ihre Ergebnisse stimmen mit denen der anderen Beobachter überein. Bei anderen Versuchsreihen hingegen war das Verfahren dieses: der Beobachter fixiert zunächst eine fern gelegene Stelle, merkt sich den scheinbaren Abstand der Seitenfäden an dieser Stelle und sucht nun an einer unmittelbar darauf fixierten nahen Stelle den Abstand der Seitenfäden ebenso groß zu machen wie jenen. Je nach dem einen oder anderen Verfahren fallen nun die Werte sehr verschieden aus. Hier mögen einige Beispiele folgen.

Tabelle V.

G	g I	g II
178	130·5	170·6
	125·3	165·9
266	167·1	212·2
	163·2	207·8
390	206·4	269·3
	199·2	268·4

Die Buchstaben G und g haben die gleiche Bedeutung wie in unseren früheren Tabellen. g I ist nach der ersten, g II nach der zweiten der beiden soeben erwähnten Methoden gewonnen. Jede Zahl in der 2. und 3. Columne stellt einen Mittelwert aus zehn Beobachtungen dar. Wie man sieht, liefert die zweite Methode beträchtlich größere Werte für g; d. h. die Fadenstellung kommt dem wirklichen Parallelismus näher als bei der ersten (auch von den übrigen Beobachtern angewandten) Methode.

Nun sollte man freilich glauben, es könne keinen Unterschied machen, ob jemand als Kriterium des unmittelbar empfundenen Parallelismus zweier Geraden den Umstand benützt, dass ihm dieselben weder zu convergieren noch zu divergieren scheinen, oder ob er die scheinbare Gleichheit zweier senkrechter Abstände, eines nahen und eines fernen, zum Kennzeichen macht, umso mehr, als ja (wie früher einmal bemerkt) der physiologische Parallelismus in nichts anderem besteht, als in der unmittelbar wahrgenommenen Gleichheit der senkrechten Abstände an verschiedenen Stellen des Verlaufes. Ich kann mir das abweichende Verhalten bei Anwendung der zweiten Methode (successiver Vergleich zweier Lateralabstände) nicht anders erklären als dadurch, dass sich der Beobachter hier entweder gar nicht die ihm zugemuthete Aufgabe stellt, sondern an ihrer Stelle eine andere, nämlich die, die Fäden in wirkliche Parallelstellung zu bringen, oder aber, dass er Einstellungen macht, die zwischen beiden Aufgaben, scheinbarer und wirklicher Parallelstellung, irgendwie die Mitte halten. Die Werte für g II, welche dem G = 178 entsprechen, nämlich 170·6 und 165·9, ergeben nahezu wirkliche Parallelstellung; die Werte für g II, welche einem G = 266, beziehungsweise = 390 entsprechen, machen den Eindruck eines Compromisses zwischen scheinbarem und wirklichem Parallelismus. Thatsache ist, dass dem Beobachter die nach der zweiten Methode eingestellten Fäden nicht parallel erschienen. In den Versuchsbedingungen war gar kein Unterschied; vor allem wurde bei beiden Methoden nicht fixiert, sondern mit dem Blick von der fernsten bis zu einer sehr nahen Stelle gewandert; worauf sonst soll man nun die Verschiedenheit der Ergebnisse zurückführen, als auf eine Veränderung in der Stellung der Aufgabe selbst? Ich würde diese Auslegung für mehr als eine bloße Vermuthung allerdings nur dann halten, wenn für alle drei Größen von G das g II dem G so nahe stünde, wie dies für G = 178 der Fall ist. Ich gestehe, dass mich die Auffassung, der zufolge wir es zum Theile mit einem Compromisse zwischen der Erfüllung zweier verschiedener Aufgaben und daher mit Mittelwerten zu thun haben, nicht sehr befriedigt — ich kann nur keine bessere ausfindig machen. Der Gang der Hauptuntersuchung wird übrigens dadurch nicht berührt.

Die Vermuthung, wie die zweite, von Herrn Dr. Radakovič angewendete Methode zu deuten sei, hat mich zu einer kleinen Versuchsreihe veranlasst, durch welche ich mir ein Urtheil darüber bilden wollte, ob und in welchem Maße es möglich sei, zwei nach

der Tiefe verlaufende Gerade in wirkliche Parallelstellung zu bringen, mit anderen Worten ihnen jene scheinbare Convergenzstellung zu geben, die erfahrungsgemäß dem wirklichen Parallelismus entspricht.<sup>1</sup>

Für  $G = 178$  hat sich mir als Wert von  $g$  ergeben:

Tabelle VI.

177
172
189
166
173
164
167
179
182
173

174.2

Der Mittelwert stimmt also ziemlich gut mit der Forderung überein. Subjectiv war übrigens ein Gefühl einer gewissen Unsicherheit unverkennbar.

§ 12. Schließlich mögen einige Werte folgen, welche aus Versuchen mit gelähmter Accommodationsmusculatur gewonnen sind, bei sonst gleichen Versuchsumständen; sie sind für die späteren theoretischen Betrachtungen nicht ganz ohne Wert. Ich habe in beide Augen Homatropin eingeträufelt und hierauf links mit  $-1D$ , rechts mit  $-2D$  corrigiert, so dass ich bei Fixation der fernen Fadenenden diese und noch ein beträchtliches Stück des näheren Verlaufes hinreichend scharf sehen konnte. Es ergaben sich folgende Werte:

Tabelle VII.

$G$	$g$	$MP$	$\alpha$
390	204.1	7.9	3° 1' 50"
266	152.3	3.2	1 51 14
178	115.4	3.0	1 1 14

Ein Vergleich dieser Werte mit den entsprechenden der Tabelle I auf S. 7 [261] zeigt, dass die Lähmung des Accommodationsapparates ohne Einfluss auf die Versuchsergebnisse war.

### III. Capitel.

#### Versuche über scheinbaren Parallelismus von Ebenen, welche durch alleoartig angeordnete Verticalfäden dargestellt sind.

§ 13. Die bisherigen Versuche haben an zwei Fehlern gelitten. Erstens (davon war schon die Rede) involviert die Anwendung gespannter Fäden die Voraussetzung, dass die Empfindung von parallel

<sup>1</sup> Da wir den Grad der scheinbaren Convergenz bei tatsächlichem Parallelismus aus den Erfahrungen an Schienensträngen, Baumalleen, Häuserreihen etc. kennen, so wird es möglich sein, annäherungsweise denjenigen Grad scheinbarer Convergenz herbeizuführen, der jenen Erfahrungen zufolge dem wirklichen Parallelismus entspricht. Ich wollte durch die kleine Versuchsreihe ermitteln, mit welcher Annäherung das gelingt.

nach der Tiefe verlaufenden Geraden durch wirkliche Gerade müsse erzeugt werden können. Diese Voraussetzung ist willkürlich und, wie sich zeigen wird, unberechtigt. Zweitens schließt die Erhebung der Augen über die Tischplatte (sie betrug etwa 18 cm) und die damit verbundene Neigung der Blickebene gegen den Horizont einen, wenn auch in seinem Betrag kleinen Versuchsfehler ein. Betrachtet man zwei in der Nähe des Beobachters gelegene senkrechte Fadenabstände (also zwei Querlinien, die den Schmalkanten des Tisches parallel laufen), so ist der Unterschied ihrer Entfernungen vom Beobachter infolge der Erhebung des Kopfes über die Tischplatte viel geringer als er sein würde, wenn die Augen in der Ebene der Tischplatte lägen. Die Einrechnung des verticalen Abstandes der Augen von der Platte beseitigt diesen Fehler nicht, wie sich das aus einer einfachen geometrischen Überlegung ergibt. Um beide Fehler zu vermeiden, habe ich eine Anordnung gewählt, welche eine Baumallee nachahmt, u. zw. so, dass die die Stelle der Bäume vertretenden Verticalfäden beliebig verstellbar sind.

Im einzelnen war die Versuchsanordnung die folgende: 70 cm über der schon in den vorigen Versuchen verwendeten Tischplatte (4 m lang, 1 m breit) laufen 2 starke Holzlaten von je 4 m Länge parallel mit den Längskanten der Tischplatte. Diese Laten tragen in regelmäßigen Abständen von je 40 cm Ösen; durch je zwei einander gegenüberliegende Ösen ist ein Glasstab gesteckt, der also parallel mit der Schmalseite des Tisches läuft. An jedem dieser Glasstäbe sind mittels loser Schlingen zwei schwarze Fäden aufgehängt und an ihren unteren Enden mit Gewichten belastet, welche behufs Dämpfung der pendelnden Bewegung in Glycerin eintauchen. Im ganzen sind 9 Stäbe und daher 9 Fadenpaare angebracht, welche folgende Entfernungen von den lotrecht über der einen Schmalkante des Tisches befindlichen Augen des Beobachters hatten: 600, 1000, 1400, 1800, 2200, 2600, 3000, 3400, 3800 mm. Unmittelbar vor dem Kopf des Beobachters steht ein verticaler schwarzer Schirm, aus welchem in Augenhöhe ein horizontaler Schlitz von 25 cm Breite und 1·5 cm Höhe ausgeschnitten ist; der Beobachter kann so weder die oberen, noch die unteren Enden der Verticalfäden sehen. Auf der entgegengesetzten Schmalseite des Tisches steht ein gut beleuchteter weißer Schirm (3 m breit, 1 m hoch). Ich habe, beiläufig bemerkt, diese und auch alle anderen Versuche stets bei künstlicher Beleuchtung gemacht; es lassen sich so alle lästigen Schatten vermeiden und überdies kann man auf diese Weise ohne Mühe die Versuchsbedingungen genau constant halten.

§ 14. Stellt man nun jene 9 Fadenpaare so ein, dass sie zwei in Wirklichkeit parallele, symmetrisch zur Medianebene gelegene Reihe bilden, und blickt man durch den Schlitz auf ein am fernem weißen Schirm median und in Augenhöhe befestigtes Fixationszeichen, so fällt neben dem allbekannten Eindruck des Convergiens nach der Ferne noch der Umstand sehr stark auf, dass die beiden Fadenreihen nicht in zwei (gegen den Beschauer divergenten) Ebenen erscheinen, sondern in Flächen, deren entferntere Partien zwar von Ebenen kaum recht zu unterscheiden sind, deren nähere aber eine beträchtliche scheinbare Krümmung zeigen mit der Convexität gegen die Medianebene, eine Krümmung, die gegen den Beobachter zu immer stärker wird — ein Beobachter hat die Schnittlinien dieser beiden scheinbaren Flächen mit der Blickebene ganz passend mit dem Längsschnitt eines Trompetenrohres verglichen. Außerdem fällt auf, dass, wenn man den Blick ad libitum wandern lässt, sei es in der Medianebene oder längs der beiden Fadenreihen, jene scheinbare Krümmung zwar auch noch besteht, aber in merklich geringerem Grade als bei Fixation einer fernem Marke.

Nunmehr handelt es sich darum, die Fäden so zu stellen, dass sie in zwei zur Mediane parallelen Ebenen zu liegen schienen, also in Wirklichkeit in krummen Flächen liegen, die ihre Concavität der Mediane zukehren.

Ich werde der Kürze wegen in Hinkunft das Wort »scheinbare Allee« oder kurzweg »Allee« für die Gesamtheit der gesehenen Verticallinien gebrauchen, wenn diese in scheinbaren medianparallelen Ebenen liegen, und ich werde weiter den Ausdruck »Allee-Curven« für diejenigen krummen Linien gebrauchen, in welchen die Fußpunkte der Verticalfäden in Wirklichkeit liegen, wenn die Fäden scheinbar eine »Allee« bilden.

Das fernste, nach meiner Zählung 9. Fadenpaar (3800 mm Distanz vom Beobachter) erhält einen willkürlich gewählten Lateralabstand  $G$  (ich habe abwechselnd die Größen 600, 390, 266 gewählt); die näheren Fadenpaare muss ein Gehilfe nach den Wünschen des Beobachters einstellen, welch'letzterer ruhig, den Kopf an den Stirnhalter gelehnt, vor dem Schirm sitzt. Die Einstellung, vom 8. Fadenpaar beginnend und mit dem 1. schließend, geschieht zunächst in roher Form und erst, wenn die Fäden beiläufig den Eindruck machen, in parallelen Ebenen zu liegen, werden die nöthigen kleinen Verbesserungen angebracht.

Damit sich der Leser ein Bild von den Ergebnissen dieser Versuche mache, soll hier die Aufstellung einer einzelnen (für mich geltenden) Allee durch eine verjüngte Zeichnung (Fig. 2) veranschaulicht werden. Die Zahlen auf der rechten Seite geben die Entfernung der einzelnen Fadenpaare vom Beobachter an, die Zahlen auf der linken Seite der Zeichnung bedeuten die Lateralabstände jedes einzelnen Fadenpaares<sup>1</sup>.

In der folgenden Tabelle VIII sind im ganzen 7 solche (mit fixierendem Blicke — Fixationspunkt in der Mitte des fernsten Fadenpaares — aufgestellte) Alleen mitgetheilt. Die Buchstaben H., Cz., R. bedeuten die Namen der Versuchspersonen (Hillebrand, Prof. Dr. Czermak, Privatdocent Dr. Radakovič). Die Zahlen in der 3.—9. Columne geben die Lateralabstände der einzelnen Fadenpaare an.

Tabelle VIII.

Nummer des Fadenpaares	Entfernung vom Beobachter	$G = 390$			$G = 266$			$G = 178$
		H.	Cz.	R.	H.	Cz.	R.	H.
IX.	3800	390	390	390	266	266	266	178
VIII.	3400	374	375	385	262	259	258	170
VII.	3000	362	363	380	258	248	248	166
VI.	2600	348	346	365	250	236	237	164
V.	2200	328	331	354	240	225	224	160
IV.	1800	311	308	345	232	205	209	156
III.	1400	281	288	318	214	186	197	144
II.	1000	245	251	276	191	156	171	129
I.	600	202	196	205	160	130	134	112

Maße in Millimetern.



Die Lateralabstände des fernsten (IX.) Fadenpaares  $G$  ist willkürlich gewählt; sie beträgt in einer Versuchsgruppe 390 mm, in einer zweiten 266 mm, in einer dritten 178 mm; mit anderen Worten, die Lateralabstände von 390—266—178 mm in 3800 mm Entfernung fungiert als Normalobject, 202 mm die Lateralabstände der übrigen 8 Fadenpaare gleichgemacht werden. Für die Normaldistanz  $G = 178$  theile ich nur die für mich geltenden Werte der übrigen (gleich groß erscheinenden) Fadenpaare mit: bei so schmalen Alleen ist die Einstellung nämlich sehr schwierig, weil die geringste

<sup>1</sup> Dass die Fußpunkte nicht auf geraden Linien liegen, wird man aus dem bloßen Anblicke der Zeichnung — ohne Benützung des Lineals — nur mit Mühe ersehen. Man darf die physiologische Wirksamkeit der Krümmung aber nicht unterschätzen: denn sobald man die Allee so stellt, dass die Fußpunkte in Geraden liegen, macht sich eine entgegengesetzte Krümmung in sehr auffallendem Maße geltend.

Blickschwankung zu falschen Verschmelzungen führt. Es kann dann z. B. ein Halbbild eines dem 5. Paare angehörigen Fadens mit einem solchen des 6. oder 7. Paares verschmolzen werden; und wenn dies einmal geschieht, dann bleiben die Gesichtslinien wie festgebannt in ihrer falschen Stellung und statt einer Allee sieht man ein buntes Durcheinander von Verticalfäden, das natürlich experimentell gar nichts bedeutet und sofort in ein anderes Durcheinander übergeht, wenn die Augen zufällig wieder in eine andere falsche Stellung gerathen. Wer sich ja mit stereoskopischen Versuchen befasst hat, kennt diese Situationen zur Genüge. Außerdem will ich noch bemerken, dass auf die Werte für das I. (600 mm entfernte) Fadenpaar nicht viel Gewicht zu legen ist: die Fäden bilden sich hier bereits so stark peripher ab, dass die Einstellung ungenau wird. In späteren Versuchen habe ich darum dieses Fadenpaar ganz weggelassen und mit dem 1000 mm entfernten begonnen.

Um nun eine Vorstellung von der Rolle zu ermöglichen, die der Gesichtswinkel bei diesen Versuchen spielt (was uns ja vorläufig am meisten interessiert), habe ich aus den drei für mich geltenden Reihen der vorigen Tabelle (3., 6. und 9. Columnne) die Gesichtswinkel gerechnet und sie in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die Bedeutung der einzelnen Columnnen ist ohne Weiteres klar.

Tabelle IX.  
(Beobachter Hillebrand.)

Numer des Fadenpaares	Entfernung vom Beobachter	G = 390 Gesichts- winkel	G = 266 Gesichts- winkel	G = 178 Gesichts- winkel
IX.	3800	5° 52' 30"	4° 0' 33"	2° 41' 0"
VIII.	3400	6 17 46	4 24 47	2 51 51
VII.	3000	6 54 20	4 55 28	3 10 10
VI.	2600	7 39 34	5 30 18	3 36 46
V.	2200	8 31 34	6 17 40	4 9 55
IV.	1800	9 52 30	7 22 28	4 57 45
III.	1400	11 27 42	8 44 28	5 53 17
II.	1000	13 58 5	10 54 38	7 22 52
I.	600	19 6 38	15 11 22	10 39 52

§ 15. Wie erwähnt, wurde bisher durchwegs mit fixierendem Blicke beobachtet; das Fixationszeichen befand sich median in der Entfernung des fernsten Fadenpaares in Augenhöhe. Wenn man aber dem Beobachter in Betreff der Blickrichtung keinerlei Beschränkung auferlegt, ihm also überhaupt keine Anweisung gibt, wie er seine Gesichtslinien dirigieren soll, dann pflegt jeder Beobachter den Blick bald längs der einen, bald längs der anderen Fadenreihe schweifen zu lassen und namentlich pflegt er die bereits vollendete Einstellung in dieser Weise zu überprüfen; während der Einstellung selbst aber fixiert er regelmäßig denjenigen Faden, der eben eingestellt werden soll und vergleicht den lateralen Abstand des einzustellenden Fadenpaares mit den bereits eingestellten entfernteren Paaren, namentlich mit dem nächstferneren. Macht man nun die Versuche in dieser Art, also mit zwangloser Lage des Blickpunktes, so sind die durch die beiden Fadenreihen gelegten Flächen zwar ebenfalls nach der Ferne divergent und zeigen ebenfalls (namentlich in den nahe gelegenen Partien) eine Concavität gegen die Medianebene, beides aber in merklich geringerem Grade als bei Fixation des Allee-Endes. Dies zeigt die folgende Tabelle, deren Werte mit den homologen der Tabelle VIII zu vergleichen sind.

Tabelle X.

Nummer des Fadenpaares	Entfernung vom Beobachter	G = 390			G = 266		
		H.	Cz.	R.	H.	Cz.	R.
IX.	3800	390	390	390	266	266	266
VIII.	3400	387	382	385	263	265	264
VII.	3000	383	372	375	260	258	259
VI.	2600	379	363	367	253	254	251
V.	2200	364	359	361	247	250	244
IV.	1800	349	352	353	245	248	240
III.	1400	333	337	333	236	240	230
II.	1000	312	323	296	219	232	224
I.	600	269	283	276	205	217	204

§ 16. Außerdem habe ich noch einige Versuchsreihen gemacht, bei welchen der Fixationspunkt ebenfalls wechselte, aber nicht beliebig, sondern in bestimmt vorgeschriebener Weise, und zwar so, dass er immer mitten zwischen das jeweils einzustellende Fadenpaar zu liegen kam. In einer Schlittenführung (das Genaue der Einrichtung ist hier gleichgültig) war eine verticale Stricknadel mit geschwärtzter Spitze so verschiebbar, dass ihre Bahn in der Medianebene und ihre Spitze in Augenhöhe lag. Nachdem, wie früher, die Fäden wieder in zwei wirklich parallelen Ebenen angeordnet waren (Abstand 390 mm), wurde die Marke zwischen die Fäden des VIII. Paares gerückt, worauf dessen Fäden eingestellt wurden; der Vorgang wiederholt sich nun beim VII., VI. etc. Paare. In der folgenden Tabelle XI sind zwei derartige Reihen mitgeteilt. Wie man sieht, liegen die Werte zwischen den bei Fixation des Allee-Endes (Tab. VIII) und den bei zwangloser Blickwanderung (Tab. X) gewonnenen: die Krümmung der durch die zwei Fadenreihen gelegten Flächen ist nicht so stark wie bei Fixation des Endpunktes und nicht so schwach wie bei zwanglosem Wandern; sie steht aber dem ersteren Falle etwas näher als dem letzteren.

Tabelle XI.

Nummer des Fadenpaares	Entfernung vom Beobachter	G = 390	
		H.	Cz.
IX.	3800	390	390
VIII.	3400	378	379
VII.	3000	366	362
VI.	2600	350	345
V.	2200	332	333
IV.	1800	309	317
III.	1400	285	298
II.	1000	252	272
I.	600	219	227

## IV. Capitel.

## Scheinbare Größe und wirkliche Entfernung.

§ 17. Ich will vorläufig absehen von denjenigen Verschiedenheiten in den Versuchsergebnissen, die mit der verschiedenen Bewegung des Fixationspunktes, beziehungsweise mit der ruhenden Lage desselben zusammenhängen; sie werden ihre Erklärung später finden. Zunächst soll nur der allen Versuchen gemeinsame Typus zur Grundlage weiterer Überlegungen gemacht werden. Wo es sich um Zahlenbeispiele handelt, werde ich die Versuche mit Fixation des Allee-Endes (Tab. VIII u. IX) zugrunde legen.

Was man aus den bisherigen Versuchen unmittelbar entnehmen kann, ist das Folgende: der objectiv constante Entfernungsunterschied zweier auf ihre scheinbare Größe zu vergleichenden Objecte hat auf diesen Vergleich einen verschieden großen Einfluss, je nachdem die beiden Objecte dem Beobachter näher oder ferner liegen. Liegen die Objecte dem Beobachter sehr nahe, dann müssen zur Erzielung gleicher scheinbarer Größe die Gesichtswinkel viel mehr von einander verschieden sein als wenn die Objecte bei gleichem Entfernungsunterschiede weit vom Beobachter ab liegen. Das lehrt ein Blick auf die Tabelle IX. Der Entfernungsunterschied je zweier benachbarter Fadenpaare ist constant (er beträgt 40 cm). Vergleicht man den Unterschied zwischen den Gesichtswinkeln des 1. und 2. Fadenpaars mit dem Unterschiede der Gesichtswinkel des 8. und 9., so ergibt sich, dass im ersten Falle ein Unterschied von etwa  $5^{\circ} 19' 0''$  gegen  $13^{\circ} 58' 5''$ , im zweiten ein solcher von bloß  $25'$  ( $6^{\circ} 17' 40''$  gegen  $5^{\circ} 52' 30''$ ) zur Erzielung gleicher scheinbarer Größe nöthig war. Würde man noch weiter in die Ferne gehen, als dies bei unserer Versuchsanordnung möglich war, so würden die Unterschiede der Gesichtswinkel immer kleiner und kleiner werden. Dass sie schließlich ganz verschwinden, ist bekannt: die scheinbaren Größen sehr ferner Objecte, wie der Gestirne, hängen nur mehr vom Gesichtswinkel ab, Entfernungsunterschiede wie die zwischen dem Monde und irgend einem Fixsterne spielen überhaupt keine Rolle mehr.

Für die Gesichtswinkeltheorie ist die Entfernung eines Gegenstandes überhaupt nur ein physikalisches Datum, das zusammen mit einem zweiten (nämlich der wirklichen Größe des Gegenstandes) den Gesichtswinkel bestimmt; wenn ein Gegenstand seine Entfernung ändert, zugleich aber seine Größe so ändern würde, dass der Gesichtswinkel constant bliebe, so würde nach dieser Theorie die Entfernungsänderung gar keinen Einfluss auf die scheinbare Größe haben: die lichtempfindliche Platte weiß nichts davon, ob die chemische Veränderung auf einer ihr angehörigen Strecke  $AB$  von einer ruhenden und constant großen Lichtquelle herrührt oder von einer sich entfernenden, die sich aber gleichzeitig entsprechend vergrößert. Für ein Auge kann man es unter Anwendung besonderer Cautelen dahin bringen, dass nur der Gesichtswinkel die scheinbare Größe beeinflusst, die Entfernung also nur die Bedeutung hat, dass sie zusammen mit der wirklichen Größe den Gesichtswinkel bestimmt. Beim binocularen Sehen ist dies aber erst in sehr großer Entfernung der Fall: da freilich spielen die Entfernungen bloß die Rolle, dass sie den Gesichtswinkel mitbestimmen, also ein Datum mitbestimmen, das allerdings physiologisch wirksam ist, dessen Componenten (Größe und Entfernung) aber nicht jede für sich eine physiologische Separatwirkung haben, sondern nur eine einheitliche Wirkung (Gesichtswinkel), aus denen die Componenten nicht mehr zu erkennen sind. Handelt es sich aber um Entfernungen, die eine bestimmte Größe nicht überschreiten, dann ist die Sachlage eine andere: Entfernungsunterschiede werden gesehen, sie haben eine gesonderte physiologische Wirkung, der ein selbständiges Bewusstseinsdatum (eben der gesehene Entfernungsunterschied) entspricht neben jener anderen Wirkung, nämlich der, den Gesichtswinkel mitzubestimmen. Es kann also eine etwaige Entfernungs Zunahme nicht mehr, wie in früherem Falle durch entsprechende Zunahme der wirklichen Größe compensiert werden: denn eine solche Compensation könnte nur in der Erhaltung des constanten Gesichtswinkels bestehen — da aber die Entfernungsänderung auch als solche gesehen wird, so bleibt die physiologische Wirkung eben nicht constant trotz Erhaltung des Gesichtswinkels.

Die Versuche haben aber weiter gezeigt, dass dieses Verhalten sich bei wachsender absoluter Entfernung immer mehr und mehr jenem Falle nähert, in welchem der Gesichtswinkel allein die scheinbare Grösse bestimmt und Entfernungsänderungen überhaupt nicht mehr als solche gesehen werden: die Tabellen zeigen ja bei wachsender Entfernung eine immer schwächere Gesichtswinkelabnahme; jenseits einer gewissen Grenze würde sie überhaupt aufhören.

§ 18. Nun liegt der folgende Gedanke, der die Basis für die weiteren Untersuchungen abgibt, ohne Zweifel außerordentlich nahe: ein und derselbe objectiv<sup>e</sup> Entfernungsunterschied erweist sich nicht nur für die scheinbare Grösse, sondern bekanntlich auch für die scheinbare Entfernung als sehr verschieden wirksam, je nach der absoluten Entfernung der Objecte: 400 *mm* wirklicher Entfernungsunterschied sind physiologisch viel wirksamer, wenn das eine Object 600, das andere 1000 *mm* vom Beobachter entfernt ist, als wenn die Entfernung des einen 10 *m*, die des anderen 10·4 *m* beträgt. Nun ergibt sich folgende Frage: beruht vielleicht die verschiedene Wirkung, welche ein objectiv constanter Entfernungsunterschied bei wechselnder absoluter Entfernung auf die scheinbaren Grössen ausübt, darauf, dass dieser objectiv constante Entfernungsunterschied einen sehr verschiedenen physiologischen Entfernungsunterschied bedingt, je nachdem die absolute Entfernung vom Beobachter größer oder kleiner ist? Ist also nicht vielleicht die verschiedene physiologische Tiefenwirkung das Primäre, die verschiedene physiologische Grössenwirkung das Secundäre? Hat m. a. W. ein objectiver Entfernungsunterschied von einer gewissen Grösse bei Wechsel der absoluten Entfernungen darum und in dem Maße einen verschiedenen Einfluss auf die scheinbaren Grössen der Vergleichsobjecte, weil und in welchem Maße er auf den scheinbaren Entfernungsunterschied derselben einen verschiedenen Einfluss hat? Sollten diese Fragen zu bejahen sein, dann wird sich ein Gesetz der scheinbaren Grösse für binoculares Sehen leicht entwickeln lassen.

## V. Capitel.

### Scheinbare und wirkliche Entfernung.

§ 19. Wir haben also jetzt experimentell zu ermitteln, wie sich der scheinbare (physiologische) Entfernungsunterschied zum wirklichen verhält; und das wird sich am leichtesten erreichen lassen, wenn wir für wechselnde absolute Tiefenlage zu ermitteln suchen, welcher objectiv<sup>e</sup> Entfernungsunterschied erforderlich ist, um einen ebenmerklichen scheinbaren Entfernungsunterschied zu erzeugen.

Es liegt kein principiell<sup>e</sup> Bedenken vor, zur Erreichung des genannten Zieles die Methode der ebenmerklichen Unterschiede zu verwenden. Dass ebenmerkliche Unterschiede nicht als gleich zu betrachten sind — dieser Haupteinwand gegen Fechner's Ableitung des psychophysischen Gesetzes, der Maßformel etc. ist auf unseren Fall nicht anwendbar. Der Tiefenabstand zweier Punkte *A* und *B* wird unmittelbar wahrgenommen, nicht mittelbar als die Differenz zweier Entfernungen, nämlich der Entfernung, die *A* von mir hat, und der Entfernung, die *B* von mir hat. Nicht um die Wahrnehmung des Grössenunterschiedes zweier Strecken handelt sich hier, sondern um die Wahrnehmung des Ortsunterschiedes zweier Punkte, welcher Ortsunterschied sofort durch die Disparation, beziehungsweise die Doppelbilder gegeben ist, in die der eine Punkt zerfällt, wenn der andere fixiert wird, wie ich das an anderer Stelle<sup>1</sup> ausgeführt habe.

Wenn also die Tiefenstrecke *AB* (genauer der empfundene Ortsunterschied *AB*) gar nicht als Zuwachs zu einer anderen, etwa zu der Entfernung, die *A* von mir hat, wahrgenommen wird, dann kann man nicht sagen: zwei ebenmerkliche Unterschiede *AB* und *CD* von verschiedener absoluter Entfernung könnten doch verschiedenen Empfindungswert besitzen mit Rücksicht auf die verschiedenen Werte der Grössen, denen sie zuwachsen; denn es handelt sich gar nicht um Zuwächse zu Strecken, sondern um locale Unterschiede von Punkten. Es ist gerade so, wie wenn ich auf einem Maßstabe zu einem gegebenen Punkte einen zweiten ebenmerklich von ihm verschiedenen aufsuchen sollte und wenn ich diese Aufgabe einmal mit Bezug auf den Theilstrich 13, ein andermal mit Bezug auf den Theilstrich 27 als Ausgangspunkt lösen wollte: das Ebenmerkliche wird hier nothwendig gleichmerklich sein. Man darf also die hier gestellte Aufgabe, bei verschiedenen absoluten Entfernungen ebenmerkliche Tiefenunterschiede zu finden, nicht jenen Aufgaben

<sup>1</sup> In Sachen d. opt. Tiefenlocalisation, Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg., Bd. XVI, S. 96 f. Hülsherrst.

zuzählen, in denen z. B. nach dem Augenmaße zwei Strecken einander gleich gemacht oder zu einer Strecke eine eben merklich größere gesucht werden soll, Aufgaben, bei denen die Größen der verwendeten Strecken bekanntlich die Größe des eben merklichen Zuwachses wesentlich beeinflussen. Der Schein der Gleichartigkeit beider Aufgaben wird begünstigt durch die Thatsache, dass auch in unseren Versuchen der, einen eben merklichen Tiefenunterschied erzeugende, Abstand zweier Punkte um so größer werden muss, je größer die absolute Entfernung ist — was die scheinbare Analogie von Grund- und Zusatzgewichten etc. wachrufen kann. Aber mit Unrecht. Ein eben merklicher Tiefenabstand *A B* muss mit wachsender absoluter Entfernung größer werden, nicht weil er als Zuwachs empfunden wird, sondern weil er, wenn er gleich bliebe, mit wachsender absoluter Entfernung einen immer kleineren Netzhautreiz darstellen würde. Ein Zusatzgewicht von 10 g übt physikalisch immer denselben Druck auf die Haut aus, ob es zu 100 g oder 1000 g zuwächst; wenn es also das einmal eine andere Empfindungswirkung hat als das andoeremal, so muss man allerdings sagen, derselbe Reiz (sc. ein statischer Druck von 10 g) wirkt anders, wenn er zu einem schon vorhandenen Reiz von 100 g hinzukommt, als zu einem von 1000 g. Aber ein Tiefenabstand von 10 mm ist bei einer absoluten Entfernung von 100 mm überhaupt ein anderer terminaler Reiz als in einer solchen von 1000 mm, muss also für wachsende Entfernung größer gemacht werden, um überhaupt denselben terminalen Reiz (d. h. Reiz auf der Netzhaut gemessen) zu repräsentieren. Und wenn er, wie sich zeigt, zur Erzielung eines eben merklichen Tiefenabstandes gerade so wachsen muss, dass er immer denselben terminalen Reiz erzeugt, so ist damit gesagt, dass ein eben merklicher Ortsunterschied in verschiedenen absoluten Entfernungen durch einen constanten terminalen Reiz erzeugt wird; und das allein würde schon beweisen, dass ein solcher Abstand nicht als Zuwachs zur Entfernung eines seiner Punkte vom Beobachter darf angesehen werden.

Ein Umstand darf aber hier nicht übersehen werden: bei Versuchen über eben merkliche Entfernungsunterschiede ist zu erwarten (mindestens darf das Gegentheil nicht von vornherein angenommen werden!), dass, wenn man mit strenger Fixierung des Normalobjectes beobachtet, die mehr oder weniger periphere Lage des Vergleichsobjectes nicht gleichgiltig sein wird. Sicher wird man einer etwaigen Gesetzmäßigkeit im Zu- oder Abnehmen der eben merklichen Tiefenunterschiede leichter auf die Spur kommen, wenn man dafür sorgt, dass bei Fixation des Normalobjectes das Vergleichsobject sich nicht einmal mehr einmal weniger peripher abbildet, sondern dass es stets in gleichem Maße indirect gesehen wird. Würde das Normalobject etwa immer in der Medianebene liegen, das Vergleichsobject aber in einer zur Medianebene parallelen, links oder rechts von ihr gelegenen Ebene, so würde dasselbe, je nähere absolute Positionen man im Versuche anwendet, umso indirecter gesehen; und wenn sich nun eine verschiedene Unterschiedsempfindlichkeit für verschiedene absolute Entfernungen ergibt, so wird man zunächst nicht wissen, wie weit dies auf Rechnung der verschiedenen absoluten Entfernung oder wie weit es auf Rechnung der immer periphereren Lage des Vergleichsobjectes zu setzen ist.

Ich habe also zunächst eine Versuchsreihe so gemacht, dass sich das Vergleichsobject bei allen Positionen möglichst in gleichem Maße peripher abbildet; und weiter habe ich getrachtet, diese periphere Lage möglichst klein zu machen. Bildet sich so das Vergleichsobject nahezu central ab, so erzielt man dadurch überdies einen geringeren variablen Fehler, also eine größere Zuverlässigkeit der Resultate.

Die Versuchsanordnung war folgende: auf der schon früher benützten 4 m langen, 1 m breiten Tischplatte war eine Schlittenführung so angebracht, dass eine verticale, frontalparallele schwarze Wand (*A C* in Fig. 3) von 1 m Breite und 60 cm Höhe in dieser Führung dem Beobachter beliebig genähert oder von ihm entfernt werden konnte, und zwar, wie man aus der Zeichnung ersieht, so, dass die eine der beiden verticalen Kanten dieser Wand (nämlich die, deren Fußpunkt in der Figur mit *A* bezeichnet ist) stets in der Medianebene *M P* liegt; sie gibt ein genau lineares Beobachtungsobject ab. Zum Zwecke ruhiger Fixierung trägt sie in Augenhöhe einen kleinen hervorragenden Zeiger. Eine zweite, ebenso beschafene Wand *B D* ist ebenfalls in einer Schlittenführung verschiebbar; ihre verticale Kante *B* bewegt sich in der zur Medianebene etwas gedrehten Ebene *M Q*. Im Zwischenraume zwischen den beiden Vertical-

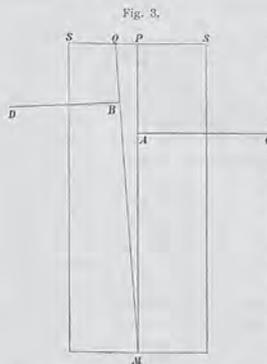


Fig. 3.

kanten *A* und *B* ist das Stück *PQ* des transparenten, von rückwärts beleuchteten Schirmes *SS* sichtbar und dieses Stück wird bei Verschiebung der Kanten nahezu unter gleichem Gesichtswinkel gesehen, so dass sich also, wenn *A* fixiert wird, *C* immer in nahezu gleichem Maße peripher abbildet.

Ich habe nun die linke Wand und damit auch die Kante *B* nach und nach in jene Entfernungen vom Beobachter gebracht, in welchen bei den Alléversuchen die einzelnen Fadenpaare standen, also: 3800, 3400, 3000, 2600, 2200, 1800, 1400, 1000 *mm*. Für jede einzelne dieser Entfernungen habe ich die rechte Wand *A B* in eine solche Stellung gebracht, dass mir die Kante *A* eben merklich näher erschien als die Kante *B*. An dem die Wand *A C* tragenden Schlitten war eine Schnur angebracht, deren eines Ende ich bei der Beobachtung in der Hand hielt; ich konnte so die Wand *A C* allmählich so weit an mich heranziehen, dass die Kante *A* eben merklich näher erschien als *B*. In der folgenden »Tabelle der Disparationsminima« enthält die erste Columne die Entfernung der Normalkante *B* vom Beobachter, die zweite Columne die dazu

Tabelle XII. Disparationsminima.

Beobachter: Hillebrand.

Entfernung der Normalkante	Entfernung der Vergleichskante	Winkel $\alpha$	Winkel $\beta$	Differenz $\alpha - \beta$
3800	3730	89° 31' 3"	89° 30' 30"	33"
3400	3341	89 27 38	89 27 4	34
3000	2954	89 23 19	89 22 45	34
2600	2564	89 17 41	89 17 6	35
2200	2175	89 10 0	89 9 25	35
1800	1783	88 58 53	88 58 18	35
1400	1388	88 41 26	88 40 45	41
1000	994.4	88 10 2	88 9 24	38

Längenmaß in Millimetern.

Fig. 4 a.



Fig. 4 b.



Fig. 4 c.



gehörige Entfernung der Vergleichskante *A*, in welcher diese eben näher erschien als *B*. Der Winkel  $\alpha$  (3. Columne) ist der von der Richtungslinie von *B* und der Basallinie eingeschlossene Winkel für das linke

Auge; Winkel  $\beta$  ist der von der Richtungslinie der Vergleichskante  $A$  und der Basallinie eingeschlossene Winkel (siehe Fig. 4 c). In der letzten Columnne ist die Differenz dieser beiden Winkel angegeben. Sie kann, wie sich sogleich ergeben wird, als ein Maß für das Minimum der physiologisch wirksamen binocular Parallaxe gelten. Es seien nämlich (vgl. Fig. 4 a)  $K_1$  und  $K_2$  die beiden mittleren Knotenpunkte,  $A$  die median gelegene, fixierte Kante,  $B$  die eben merklich entfernter erscheinende Vergleichskante, von der ich zunächst annehmen will, dass sie in der Gesichtslinie des rechten Auges liege. Dann ist die binoculare Parallaxe (die hier wegen der Ebenmerklichkeit des Entfernungsunterschiedes natürlich ein Minimum ist) durch den Winkel  $A K_1 B$  gemessen, der eben die Differenz der beiden, von den Richtungslinien  $A K_1$  beziehungsweise  $B K_1$  mit der Basallinie gebildeten Winkel darstellt. Liegt die Vergleichskante, wie in Fig. 4 b median, wie die Normalkante, so stellt der Winkel  $A K_1 B$  die halbe Parallaxe dar. In unserer Versuchsordnung ist  $B$  um ein Weniges aus der Medianebene nach links gedreht, also etwa so, wie dies in Fig. 4 c dargestellt ist. Die Parallaxe ist diesfalls  $\sphericalangle A K_1 B + \sphericalangle A K_2 B$ . In der obigen Tabelle ist mit  $\alpha$  der Winkel  $B K_1 K_2$ , mit  $\beta$  der Winkel  $A K_1 K_2$  bezeichnet; daher bedeutet  $\alpha - \beta$  den Winkel  $A K_1 B$  — also (wegen der nicht genau medianen Lage von  $B$ ) etwas mehr als die halbe Parallaxe. Nun ergibt sich aus der besprochenen Versuchsordnung, dass die Kante  $B$  sich immer gleich stark peripher abbildet; es ist also mit dem Winkel  $A K_1 B$  immer auch der andere, ihn zur ganzen Parallaxe ergänzende Winkel  $A K_2 B$  gegeben. Hat also der Winkel  $A K_1 B$  ( $= \alpha - \beta$ ) für die verschiedenen in der Tabelle angegebenen Positionen der beiden Kanten einen constanten Wert, dann ist die Parallaxe constant. In unseren Versuchen ist aber die Parallaxe wegen der Ebenmerklichkeit des Entfernungsunterschiedes jedesmal ein Minimum und dieses Minimum hat in der That, wie ein Blick auf die 5. Columnne der Tabelle zeigt, einen constanten Wert.

Die Versuche, welche der Tab. XII zugrunde liegen, haben, wie hier ausdrücklich hervorgehoben werden soll, nur die Aufgabe zu entscheiden, ob das Disparationsminimum constant oder variabel ist, nicht aber, welchen absoluten Größenwert dieses Disparationsminimum hat. Zur Beantwortung der letzteren Frage ist die Versuchsmethode viel zu roh; hier müssten Versuche mit den feinsten haploskopischen Methoden gemacht werden. Selbstverständlich kommen auch die Werte für  $(\alpha - \beta)$  in der 5. Columnne nur rücksichtlich ihrer Constantz in Betracht; ihr absoluter Betrag hat weiter keine Bedeutung, schon darum nicht, weil jenes  $(\alpha - \beta)$  nicht die halbe Disparation darstellt, sondern etwas größer ist als diese. Für die Frage nach der Constantz des Disparationsminimums ist die Methode vollkommen brauchbar.

Das Gesetz also, in welchem das Wachsen der eben merklichen Entfernungsunterschiede mit den absoluten Entfernungen implicite enthalten ist, lässt sich so aussprechen: bei constant peripherer Lage des Vergleichsobjectes ist für beliebige absolute Entfernungen des fixierten Objectes der eben merkliche Entfernungsunterschied dadurch bestimmt, dass die Differenz der beiden, je durch die Gesichts- und Richtungslinie gebildeten Winkel (die ja das Maß für die Disparation oder Binocularparallaxe darstellt) einen constanten Wert behält.

§ 20. In Fig. 5 ist das Anwachsen der eben merklichen Entfernungsunterschiede dargestellt für den Fall, dass das fixierte und das Vergleichsobject beide in der Medianebene liegen.  $K_1$  und  $K_2$  sind die beiden mittleren Knotenpunkte. Von  $K_2$  aus sind eine Reihe von Geraden bis zur Medianlinie gezogen in der Weise, dass je zwei benachbarte Geraden denselben Winkel einschließen. Denken wir uns den links von der Medianlinie gelegenen Theil der Figur symmetrisch zum rechts gelegenen ausgeführt, so können wir jedes Paar sich schneidender Geraden als Gesichtslinienpaar betrachten, d. h. wir können uns den Blickpunkt nach und nach in all' die einzelnen Schnittpunkte auf der Medianlinie verlegt denken. Ist nun der constante Winkel  $\varphi$  das halbe Disparationsminimum, dann bedeuten die einzelnen Abschnitte auf der Medianlinie die eben merklichen Tiefenunterschiede, die sich ergeben, wenn der Blickpunkt nach und nach in die einzelnen Schnittpunkte verlegt wird. Die Zeichnung veranschaulicht das allmähliche Wachsen der eben merklichen Entfernungsunterschiede beim Wachsen der absoluten Entfernungen unter der (thatsächlich zutreffenden) Voraussetzung eines constanten Disparationsminimums.

Ist  $a$  die halbe Basallinie,  $\varphi$  das halbe Disparationsminimum, bezeichnet man ferner mit  $\alpha$  den die Lage des Blickpunktes charakterisierenden halben Convergenzwinkel, mit  $y$  ( $= OB$ ) die Entfernung desjenigen Punktes  $B$ , der ebenm $\ddot{u}$ rklich ferner erscheint als der fixierte Punkt  $A$ , so ist

$$y = \frac{a}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi)}$$

Beil $\ddot{a}$ ufig bemerkt, geht aus dieser Gleichung ein schon von W $\ddot{a}$ chter<sup>1</sup> aufgefundenes Gesetz als Specialfall hervor. Es ist n $\ddot{a}$ mlich f $\ddot{u}$ r  $\alpha = \varphi$  offenbar  $y = \infty$ . Das heisst: wenn der Fixationspunkt in einer Entfernung liegt, in welcher eine Strecke von der Gr $\ddot{o}$ sse der eigenen Basallinie unter einem Gesichtswinkel erscheinen w $\ddot{u}$ rd $\ddot{e}$ , der dieselbe Gr $\ddot{o}$ sse hat wie das Disparationsminimum selbst, dann gibt es keinen Punkt, der entfernter erscheinen kann als der fixierte; mit anderen Worten: in dieser Converg $\ddot{e}$ nzstellung w $\ddot{u}$ rd $\ddot{e}$  jeder, wie immer gro $\ddot{u}$ se Zuwachs an thats $\ddot{a}$ chlicher Entfernung physiologisch unwirksam sein. Hiemit ist also eine principielle Grenze der binocularen Stereoskopie gegeben.

(W $\ddot{u}$ rde ich, den Werten der obigen Tabelle entsprechend, das halbe Disparationsminimum mit 35' annehmen, so w $\ddot{u}$ rde f $\ddot{u}$ r meine Pupillardistanz (64 mm) die Entfernung von 543 m als Grenze der binocularen Stereoskopie anzusehen sein. Thats $\ddot{a}$ chlich wird diese Entfernung gr $\ddot{o}$ s $\ddot{e}$ r sein, weil das Disparationsminimum sicher kleiner ist als 35'.)

VI. Capitel.

Zusammenhang zwischen scheinbarer Gr $\ddot{o}$ sse und scheinbarer Entfernung.

§ 21. Wir sind darauf ausgegangen, nach einer Beziehung zwischen den beiden Thatsachen zu suchen, erstens, dass die scheinbaren Entfernungsunterschiede mit wachsenden absoluten Entfernungen abnehmen (oder, was dasselbe ist, dass die wirklichen Entfernungsunterschiede mit wachsenden absoluten Entfernungen immer gr $\ddot{o}$ s $\ddot{e}$ r werden m $\ddot{u}$ ssen, wenn sie gleich gro $\ddot{u}$  erscheinen sollen) — und zweitens, dass mit wachsenden absoluten Entfernungen die Gesichtswinkel zweier Objecte von gleicher scheinbarer Gr $\ddot{o}$ sse einander immer n $\ddot{a}$ her kommen (wie dies die All $\ddot{e}$ versuche zeigen).

Ich werde diese Beziehung an einem Schema darstellen, das den thats $\ddot{a}$ chlichen Verh $\ddot{a}$ ltnissen sehr n $\ddot{a}$ he



<sup>1</sup> Über die Grenzen des telestereoskopischen Sehens, Wiener Sitzber. math.-naturw. Cl. 1896, Bd. CV, S. 856 ff; vgl. ferner meine Anzeige dieser Arbeit in der Zeitschr. f. Psych. u. Phys. d. Sinnesorg., Bd. XVI, S. 165.

kommt, ohne sie aber ganz zu erreichen. Gewisse später zu besprechende Complicationen bringen es mit sich, dass die experimentellen Resultate sich mit der sogleich folgenden idealisierten Darstellung nicht genau decken.

Bekanntlich ist auch die Horoptertheorie auf eine gewisse vereinfachende Schematisierung der tatsächlich bestehenden Verhältnisse angewiesen. So macht der mathematische Horopter vor Allem eine Voraussetzung, die, wie wir wissen, tatsächlich nicht zutrifft, nämlich die Voraussetzung der functionellen Homogenität der Netzhaut: Reize, die gleichen Gesichtswinkel entsprechen, werden als extensiv gleichwertig angesehen, auf welche Netzhautregionen auch immer sie applicirt werden; so existirt z. B. ein Unterschied zwischen Nasen- und Schläfenseite der Netzhaut für den mathematischen Horopter nicht, während er beim empirischen eine bedeutende Rolle spielt. Eine Horoptertheorie würde aber kaum entstanden sein, wenn man diesen und noch manch' anderen Complicationen, wie sie tatsächlich in der Natur gegeben sind, schon vom Anfang an hätte Rechnung fragen wollen und sich nicht zu vorläufigen Vereinfachungen verstanden hätte. Die Verhältnisse des empirischen Horopters sind gar nicht unter einem Gesichtspunkte zu begreifen, wenn man sie nicht als Abweichungen vom idealisierten Horopter auffasst, und zwar nicht bloß wegen der hohen Complication, welche die Berücksichtigung aller empirischen Momente mit sich bringen würde, sondern auch darum, weil viele derselben in ihrer Variation gar keine mathematisch-gesetzmäßige Formulierung zulassen. Wer wollte z. B. behaupten, dass die Abnahme der räumlichen Unterscheidempfindlichkeit vom Netzhautcentrum gegen die Peripherie sich als eine (wenn auch complicirte) »Function« der Winkelentfernung mißse darstellen lassen? Organische Gebilde lassen sich solche Gesetzmäßigkeiten nicht aufzwingen. Man muss also zum Schema greifen, selbst wenn man die sämtlichen complicierenden Umstände qualitativ kennt.

Von den complicierenden Momenten (das sei gleich hier bemerkt) habe ich Eines von vornherein, wenn auch nicht völlig ausgeschlossen, so doch in seiner Bedeutung möglichst herabgedrückt — nämlich die vom Centrum gegen die Peripherie hin beträchtlich abnehmende Feinheit des Tiefensinnes. Wenn man die Unterschiedschwelle für periphere Tiefenwahrnehmung in der Weise untersucht, wie ich das oben für nahezu centrale Lage des Normal- und Vergleichsobjectes beschrieben habe, so überzeugt man sich leicht, dass das Disparationsminimum um so größere Werte erhält, je excentrischer die Objecte liegen (worüber ich eine umfangreiche Versuchsreihe gemacht habe). Um diese Abnahme der Tiefenempfindlichkeit, für welche ein Gesetz nicht bekannt ist, nach Möglichkeit auszuschließen, habe ich der Rechnung nur solche Versuchsreihen zugrunde gelegt, bei welchen immer der jeweils einzustellende Faden der Allée fixirt und mit dem nächst ferneren auf den scheinbaren Lateralabstand verglichen wurde. Es wurde also mit »lateral wanderndem Blicke« beobachtet<sup>1</sup>. Stellt man eine Allée mit fixierendem Blicke ein (der Fixationspunkt liege z. B. in der Entfernung des fernsten Fadenpaares), so liegen die Bilder der nahen Fadenpaare so peripher, dass die bereits erhebliche Minderung der Tiefenempfindlichkeit das Versuchsergebnis schon merklich beeinflusst, ja (aus den oben angegebenen Gründen) für die theoretische Verwertung untauglich gemacht. Man muss also trachten, möglichst mit einer und derselben Netzhautarea zu beobachten und das geschieht annähernd (wenn auch nicht genau) dadurch, dass man immer denjenigen Faden fixirt, den der Gehilfe eben einstellen soll<sup>2</sup>.

§ 22. Einige dieser Versuche mit »lateral wanderndem Blicke« sind bereits in Tab. X mitgetheilt worden. Dort handelte sich's aber bloß darum zu zeigen, erstens, dass die Gesichtswinkel gleich groß erscheinender Objecte sehr verschieden sein können, und zweitens, dass diese Verschiedenheit mit wachsender absoluter Entfernung abnimmt, sich also der Gleichheit nähert. Für die nünmehr zu entwickelnde Theorie sind diese Versuche vor allem zu wenig zahlreich. Außerdem aber bedarf die Theorie gewisser Winkelwerte, welche aus den empirischen Werten der Entfernung und der wirklichen Größe, sowie des Augenabstandes erst gerechnet werden müssen.

Ich werde daher neben den schon in Tab. X angeführten Allée-Einstellungen (die hier wiederholt werden) noch eine weitere Anzahl solcher Einstellungen mittheilen, und zwar jede einzelne Allée in einer eigenen Tabelle und werde den beobachteten Werten (Lateralabstand der einzelnen Fadenpaare und

<sup>1</sup> Von den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen kommen also nünmehr nur die in Tab. X, p. 15 [269] mitgetheilten in Betracht, während die Beobachtungen mit fixierendem Blicke von nun an ausgeschlossen bleiben.

<sup>2</sup> Nicht genau, weil der zum Vergleiche herangezogene Nachbarfaden immerhin excentrischer liegt, wenn man die näheren als wenn man die ferneren Fäden einstellt.

[377]

Scheinbare Grösse bei binocularem Sehen.

23

Abstand derselben vom Beobachter) gewisse aus ihnen berechnete Winkelwerte beifügen, über deren Bedeutung ich jetzt an der Hand der Fig. 6 Aufschluss geben will.

Es seien  $K_1$  und  $K_2$  die beiden mittleren Knotenpunkte,  $O$  der Halbierungspunkt der Basallinie  $P, P_1, P_2$  seien die Fußpunkte dreier Fäden einer (bei wanderndem Blicke aufgestellten) Allée; ihre Entfernungen von der Basallinie seien  $OA, OB, OC$  wobei  $AB = BC$  (in unseren Versuchen = 40 cm). Von jedem der drei Punkte  $P, P_1, P_2$  sind die Richtungslinien zu den beiden Knotenpunkten  $K_1$  und  $K_2$  gezogen. Die Winkel, die die Richtungslinien mit der Basallinie einschließen, heißen für das rechte Auge  $\alpha$ , für das linke  $\vartheta$ . Der Unterschied zweier auf einander folgender  $\alpha$  heiße  $\mu_1, \mu_2, \dots$  der zweier auf einander folgender  $\vartheta$  heiße  $\nu_1, \nu_2, \dots$ . Die Winkel  $\lambda, \lambda_1, \lambda_2, \dots$ , welche die Richtungslinien je eines Alléepunktes mit einander bilden, sind gleich den Differenzen der entsprechenden  $\alpha$  und  $\vartheta$ . Die Bedeutung der einzelnen Columnen in den folgenden Tabellen ist damit erklärt. In der vorletzten Columnne ist das Verhältnis je zweier zusammengehöriger  $\nu$  und  $\mu$  angegeben: welche theoretische Bedeutung dieser Quotient hat, wird sich bald zeigen. Von der Differenz  $\alpha - \vartheta = \lambda$  (letzte Columnne) wird erst später Gebrauch gemacht werden.



Tabelle XIII.

Beobachter: Hillebrand (900).

Nummer des Fadenpaares	Entfernung vom Beobachter	Lateralabstand	$\alpha$	$\mu$	$\vartheta$	$\nu$	$\frac{\nu}{\mu}$	$\lambda$
I	1000	454	78° 57' 57"	2° 37' 25"	75° 28' 46"	3° 33' 55"	1' 359	3° 29' 11"
II	1400	478	81 35 22	1 28 25	79 2 41	2 1 13	1' 371	2 32 41
III	1800	502	83 3 47	1 1 13	81 3 54	1 22 28	1' 347	1 59 53
IV	2200	520	84 5 0	0 40 32	82 26 22	0 55 27	1' 368	1 38 38
V	2600	541	84 45 32	0 32 3	83 21 49	0 43 5	1' 344	1 23 43
VI	3000	558	85 17 35	0 22 33	84 4 54	0 30 59	1' 374	1 12 41
VII	3400	579	85 40 8	0 17 49	84 35 53	0 24 32	1' 377	1 4 15
VIII	3800	600	85 57 57		85 0 25			0 57 32
							Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1' 363$	

Tabelle XIV.

Beobachter: Hillebrand (600).

Nummer des Faden-paares	Entfernung vom Beobachter	Lateralidistanz	$\alpha$	$\mu$	$\delta$	$\frac{\nu}{\mu}$	$\lambda$	
I	1000	433	79° 4' 34"	2° 36' 48"	75° 35' 13"	3° 33' 23"	3° 29' 21"	
II	1400	473	81 41 22	1 22 25	79 8 36	1 361	2 32 46	
III	1800	502	83 3 47	0 55 1	81 3 54	1 399	1 59 53	
IV	2200	528	83 58 48	0 40 10	82 20 13	1 387	1 38 35	
V	2600	551	84 38 58	0 32 22	83 15 18	0 55 5	1 372	1 23 40
VI	3000	569	85 11 20	0 24 47	83 58 39	0 43 21	1 339	1 12 41
VII	3400	587	85 39 58	0 18 19	84 35 24	0 33 14	1 335	1 4 34
VIII	3800	600	85 57 57		85 0 25	0 25 1	1 366	0 57 32
						Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1.366$		

Tabelle XV.

Beobachter: Hillebrand (800).

I	1000	308	83° 2' 39"	1° 41' 29"	79° 27' 47"	2° 41' 16"	1' 590	3° 34' 52"
II	1400	322	84 44 8	0 59 28	82 9 3	1 33 22	1 570	2 35 5
III	1800	333	85 43 36	0 36 24	83 42 25	0 58 10	1 598	2 1 11
IV	2200	346	86 20 0	0 25 50	84 40 35	0 41 2	1 589	1 39 25
V	2600	358	86 45 50	0 20 42	85 21 37	0 31 52	1 540	1 24 13
VI	3000	367	87 6 32	0 14 20	85 53 29	0 22 52	1 596	1 13 3
VII	3400	379	87 20 52	0 11 46	86 16 21	0 18 32	1 575	1 4 31
VIII	3800	390	87 32 38		86 34 53			0 57 45
						Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1.579$		

Tabelle XVI.

Beobachter: Hillebrand (800).

I	1000	312	82° 55' 54"	1° 34' 53"	79° 21' 10"	2° 34' 39"	1' 630	3° 34' 44"
II	1400	333	84 30 47	0 57 37	81 55 49	1 31 31	1 588	2 34 58
III	1800	349	85 28 24	0 37 34	83 27 20	0 59 19	1 579	2 1 4
IV	2200	364	86 5 58	0 26 2	84 26 39	0 41 11	1 582	1 39 19
V	2600	379	86 32 0	0 25 24	85 7 50	0 36 32	1 438	1 24 10
VI	3000	383	86 57 24	0 19 26	85 44 22	0 27 57	1 438	1 13 2
VII	3400	387	87 16 50	0 14 53	86 12 19	0 21 40	1 456	1 4 31
VIII	3800	390	87 31 43		86 33 59			0 57 44
						Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1.530$		

Tabelle XVII.

Beobachter: Hillebrand (266).

Nummer des Fadenpaares	Entfernung vom Beobachter	Latradialdistanz	$\alpha$	$\mu$	$\delta$	$\nu$	$\frac{\nu}{\mu}$	$\lambda$
I	1000	207	35°54'37"	0°56'30"	82°17' 0"	1°57'56"	2'087	3°37'37"
II	1400	218	36 51 7	0 31 26	84 14 56	1 5 53	2'096	2 36 11
III	1800	229	37 22 33	0 20 18	85 20 49	0 42 49	2'059	2 1 44
IV	2200	239	37 43 21	0 16 23	86 3 38	0 31 40	1'933	1 39 43
V	2600	246	37 59 44	0 12 35	86 35 18	0 23 49	1'893	1 24 26
VI	3000	252	38 12 19	0 8 7	86 59 7	0 16 42	2'058	1 13 12
VII	3400	261	38 20 26	0 8 13	87 15 49	0 15 1	1'828	1 4 37
VIII	3800	266	38 28 39		87 30 50			0 57 49
Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1'993$								

Tabelle XVIII.

Beobachter: Hillebrand (266).

I	1000	219	35°34' 6"	0°54'59"	81°50'47"	1°56'17"	2'097	3°37'19"
II	1400	230	36 29 5	0 38 13	83 53 4	1 12 34	1 899	2 36 1
III	1800	245	37 7 18	0 29 48	85 5 38	0 51 47	1'748	2 1 40
IV	2200	247	37 37 6	0 18 0	85 57 25	0 33 16	1'848	1 39 41
V	2600	253	37 55 6	0 12 39	86 30 41	0 23 52	1'887	1 24 25
VI	3000	260	38 7 45	0 11 41	86 54 33	0 20 15	1'733	1 13 12
VII	3400	263	38 19 26	0 9 13	87 14 48	0 16 2	1'740	1 4 38
VIII	3800	266	38 28 39		87 30 50			0 57 49
Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1'850$								

Tabelle XIX.

Beobachter: Czermak (600).

I	1000	474	78°28'11"	2°45'34"	74°53'26"	3°43'15"	1'348	3°34'45"
II	1400	498	81 13 45	1 41 34	78 36 41	2 15 8	1'330	2 37 4
III	1800	513	82 55 19	1 2 43	80 51 49	1 24 34	1'349	2 3 30
IV	2200	531	83 58 2	0 44 52	82 16 23	1 0 13	1'342	1 41 39
V	2600	547	84 42 54	0 33 33	83 16 36	0 44 53	1'338	1 26 18
VI	3000	562	85 16 27	0 21 40	84 1 29	0 30 24	1'403	1 14 58
VII	3400	585	85 38 7	0 20 44	84 31 53	0 27 38	1'333	1 6 14
VIII	3800	600	85 58 51		84 59 31			0 59 20
Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1'349$								

Hillebrand.

Tabelle XX.

Beobachter: Czermak (390).

Nummer des Faden- paares	Entfernung vom Beobachter	Lateraldistanz	$\alpha$	$\mu$	$\theta$	$\nu$	$\frac{\nu}{\mu}$	$\lambda$
I	1000	314	82°55'53"		79°14'33"			3°41'20"
II	1400	331	84 35 37	1°39'44"	81 55 48	2°41'15"	1'617	2 39 49
III	1800	338	85 40 41	1 5 8	83 35 49	1 40 1	1'535	1 44 56
IV	2200	350	86 18 25	0 37 40	84 35 57	1 0 8	1'597	1 42 28
V	2600	360	86 45 51	0 27 26	85 19 0	0 43 3	1'569	1 26 51
VI	3000	370	87 5 59	0 20 8	85 50 37	0 31 37	1'570	1 15 22
VII	3400	377	87 22 53	0 16 54	86 16 22	0 25 45	1'524	1 6 31
VIII	3800	390	87 33 32	0 10 39	86 33 59	0 17 37	1'654	0 59 33
							Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1'581$	

Tabelle XXI.

Beobachter: Czermak (390).

I	1000	323	82°40'40"		78°59'39"			3°41' 1"
II	1400	337	84 28 19	1°47'39"	81 48 31	2°48'52"	1'568	2 39 48
III	1800	352	85 27 30	0 59 11	83 22 2	1 34 11	1'591	2 4 48
IV	2200	359	86 11 30	0 44 0	84 28 41	1 5 59	1'500	1 42 49
V	2600	363	86 43 53	0 32 23	85 17 3	0 48 22	1'493	1 26 50
VI	3000	372	87 4 50	0 20 57	85 49 30	0 32 27	1'549	1 15 20
VII	3400	382	87 20 22	0 15 32	86 13 53	0 24 23	1'570	1 6 29
VIII	3800	390	87 32 38	0 12 16	86 33 6	0 19 13	1'566	0 59 32
							Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1'548$	

Tabelle XXII.

Beobachter: Czermak (200).

I	1000	233	85°15'20"		81°31'30"			3°43'50"
II	1400	240	86 26 37	1°11'17"	83 45 57	2°14'17"	1'884	2 40 50
III	1800	248	87 6 23	0 39 46	85 0 55	1 15 8	1'889	2 5 28
IV	2200	250	87 36 18	0 29 55	85 53 30	0 52 35	1'758	1 42 48
V	2600	254	87 55 48	0 19 30	86 28 43	0 35 13	1'806	1 27 5
VI	3000	258	88 10 1	0 14 13	86 54 32	0 25 49	1'816	1 15 29
VII	3400	265	88 19 27	0 9 26	87 12 48	0 18 16	1'936	1 6 39
VIII	3800	266	88 29 34	0 10 7	87 29 56	0 17 8	1'694	0 59 38
							Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1'826$	

Tabelle XXIII.

Beobachter: Radakovič (800).

Nummer des Paden-paares	Entfernung vom Beobachter	Lateraldistanz	$\alpha$	$\mu$	$\delta$	$\nu$	$\frac{\nu}{\mu}$	$\lambda$
I	1000	410	80° 4' 25"		76° 46' 31"			3° 17' 54"
II	1400	450	82 4 14	1° 59' 49"	79 40 37	2° 54' 6"	1' 453	2 23 37
III	1800	474	83 26 23	1 22 9	81 33 45	1 53 8	1' 377	1 52 38
IV	2200	514	84 6 32	0 40 9	82 34 3	1 0 18	1' 502	1 32 29
V	2600	541	84 42 54	0 36 22	83 24 26	0 50 23	1' 385	1 18 28
VI	3000	595	85 11 20	0 28 26	84 3 11	0 38 45	1' 363	1 8 9
VII	3400	584	85 35 37	0 24 17	84 35 24	0 32 13	1' 326	1 0 13
VIII	3800	600	85 56 9	0 20 32	85 2 12	0 26 48	1' 305	0 53 57
							Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1' 387$	

Tabelle XXIV.

Beobachter: Radakovič (390).

I	1000	275	83° 51' 51"		80° 29' 28"			3° 22' 23"
II	1400	306	84 58 45	1° 6' 54"	82 33 10	2° 3' 42"	1' 849	2 25 35
III	1800	327	85 45 30	0 46 45	83 51 51	1 18 41	1' 683	1 53 49
IV	2200	337	86 23 52	0 38 22	84 50 38	0 58 47	1' 532	1 33 14
V	2600	350	86 48 28	0 24 36	85 29 30	0 38 52	1' 580	1 18 58
VI	3000	360	87 8 15	0 19 47	85 59 45	0 30 15	1' 529	1 8 30
VII	3400	380	87 18 20	0 10 5	86 17 51	0 18 6	1' 795	1 0 29
VIII	3800	390	87 30 50	0 12 30	86 36 41	0 18 50	1' 507	0 54 9
							Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1' 639$	

Tabelle XXV.

Beobachter: Radakovič (260).

I	1000	224	85° 18' 45"		81° 55' 4"			3° 23' 41"
II	1400	230	86 31 30	1° 12' 45"	84 5 10	2° 10' 6"	1' 788	2 26 20
III	1800	240	87 8 20	0 36 50	85 14 10	1 9 0	1' 873	1 54 10
IV	2200	244	87 36 20	0 28 0	86 2 53	0 48 43	1' 740	1 33 27
V	2600	251	87 53 50	0 17 30	86 34 40	0 31 47	1' 816	1 19 10
VI	3000	259	88 6 1	0 12 11	86 57 22	0 22 42	1' 863	1 8 39
VII	3400	264	88 16 54	0 10 53	87 16 20	0 18 58	1' 743	1 0 34
VIII	3800	266	88 26 51	0 9 57	87 32 38	0 16 18	1' 638	0 54 13
							Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1' 780$	

Tabelle XXVI.

Beobachter: Wirtinger (600).

Nummer des Faden- paares	Entfernung vom Beobachter	Lateraldistanz	$\alpha$	$\mu$	$\phi$	$\nu$	$\frac{\nu}{\mu}$	$\lambda$
I	1000	491	77°56'55"		74°29'27"			3°27'28"
II	1400	519	80 46 12	2°49'17"	78 14 18	3°44'51"	1'328	2 31 54
III	1800	532	82 35 36	1 49 24	80 35 59	2 21 41	1'295	1 59 37
IV	2200	548	83 43 28	1 7 46	82 4 53	1 28 54	1'312	1 38 29
V	2600	563	84 31 7	0 47 45	83 7 29	1 2 36	1'311	1 23 38
VI	3000	576	85 7 21	0 36 14	83 54 41	0 47 12	1'303	1 12 40
VII	3400	590	85 34 37	0 27 16	84 30 23	0 35 42	1'309	1 4 14
VIII	3800	600	85 57 57	0 23 20	85 0 25	0 30 2	1'287	0 57 32
Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1,306$								

Tabelle XXVII.

Beobachter: Wirtinger (600).

I	1000	528	76°56'18"		73°40'41"			3°25'37"
II	1400	547	80 12 46	3°16'28"	77 41 25	4°10'44"	1'276	2 31 31
III	1800	556	82 13 4	2 0 18	80 13 42	2 32 17	1'266	1 59 22
IV	2200	562	83 32 34	1 19 30	81 54 10	1 40 28	1'264	1 38 24
V	2600	566	84 29 9	0 56 35	83 5 31	1 11 21	1'261	1 23 38
VI	3000	577	85 6 46	0 37 37	83 54 7	0 49 36	1'319	1 12 39
VII	3400	590	85 34 37	0 27 51	84 30 23	0 36 16	1'302	1 4 14
VIII	3800	600	85 57 57	0 23 20	85 0 25	9 30 2	1'287	0 57 32
Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1,282$								

Tabelle XXVIII.

Beobachter: Wirtinger (800).

I	1000	356	81°41'37"		78° 8'25"			3°33'12"
II	1400	371	83 44 34	2° 2'57"	81 10 9	3° 1'44"	1'478	2 34 25
III	1800	376	85 2 48	1 18 14	83 1 54	1 51 45	1'429	2 0 54
IV	2200	376	85 56 38	0 53 50	84 17 22	1 15 28	1'402	1 39 16
V	2600	382	86 30 2	0 33 24	85 5 52	0 48 30	1'452	1 24 9
VI	3000	389	86 53 58	0 23 56	85 40 56	0 35 4	1'465	1 13 2
VII	3400	390	87 14 18	0 20 20	86 9 49	0 28 53	1'421	1 4 29
VIII	3800	390	87 31 43	0 17 25	86 34 0	0 24 11	1'389	0 57 43
Mittleres $\frac{\nu}{\mu} = 1,434$								

Tabelle XXIX.  
Beobachter: Wittinger (800).

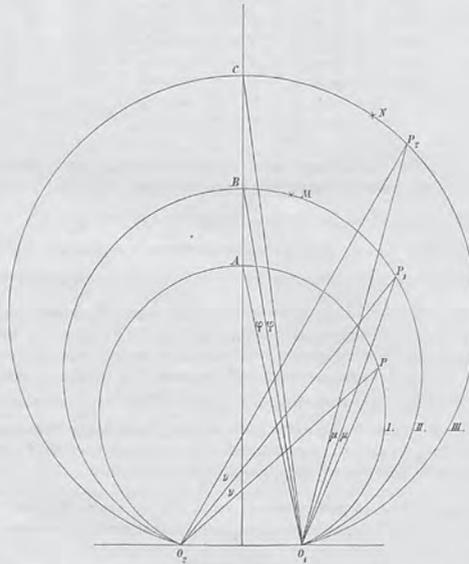
Nummer des Faden- paares	Entfernung vom Beobachter	Lateraldistanz	$\alpha$	$\beta$	$\delta$	$\nu$	$\frac{\nu}{\mu}$	$\lambda$
I	1000	360	81° 34' 54"	2° 10' 54"	78° 1' 51"			3° 33' 3"
II	1400	370	83 45 48	1 17 58	81 11 21	3° 9' 30"	1' 448	2 34 27
III	1800	375	85 3 40	0 51 19	83 2 52	1 51 31	1' 430	2 0 54
IV	2200	378	85 55 5	0 35 36	84 15 49	1 12 57	1' 422	1 39 16
V	2600	381	86 30 41	0 26 42	85 6 31	0 50 42	1' 424	1 24 10
VI	3000	383	86 57 25	0 16 55	85 44 22	0 37 51	1' 417	1 13 1
VII	3400	390	87 14 18	0 16 58	86 9 33	0 25 11	1' 489	1 4 45
VIII	3800	390	87 31 16		86 33 32	0 23 59	1' 414	0 57 44
Mittleres $\frac{\nu}{\mu} =$							1' 435	

§ 23. Für die sogleich zu entwickelnde Theorie ist nun folgende, aus den Versuchstabellen ersichtliche Thatsache von entscheidender Bedeutung: für einen und denselben Beobachter und für eine und dieselbe Allee schwankter Quotient  $\frac{\nu}{\mu}$  um einen constanten Wert, er würde einen genau constanten Wert haben, wenn es keine Beobachtungsfehler gäbe. Allein von verschiedener Breite haben ein verschiedenes  $\frac{\nu}{\mu}$ , und zwar wächst dieser Quotient, wenn die Breite abnimmt. Ich habe an die Spitze jeder Tabelle neben den Namen des Beobachters in Klammer die Lateraldistanz des fernsten (nach meiner Zählung VIII) Fadenpaares gesetzt, also jenes Fadenpaares, das der Beobachter nicht einstellt, sondern nach dessen scheinbarer Breite als Normalobject er die Einstellungen der übrigen Fadenpaare macht, oder vielmehr vom Gehilfen machen lässt. Wie man sieht, ist für die durch die Zahl (800) charakterisierten Alleen jener Quotient  $\frac{\nu}{\mu}$  am kleinsten, er ist größer für die Alleen (390), am größten für die Alleen (266). Welche physiologische Bedeutung diesem Quotienten zukommt, wird durch die sogleich zu entwickelnde Theorie ersichtlich werden. Für jetzt bitte ich nur seine Constanz (innerhalb einer und derselben Versuchsreihe) festzuhalten.

§ 24. Der Theorie, welche ich jetzt entwickeln werde, will ich zur vorläufigen Vereinfachung die Annahme zugrunde legen, dass bei horizontaler Lage der Blickebene der Längschoropter der Müller'sche Kreiscylinder sei, dass also (da die Zeichnung Fig. 7 nur die Verhältnisse in der Blickebene darstellt) jeder durch die beiden Knotenpunkte  $O_1$  und  $O_2$  gelegte Kreis der geometrische Ort aller wirklichen Punkte sei, deren Vorstellungsbilder in frontalparallelen Ebenen liegen. Nur der Einfachheit wegen — denn wir werden diese (empirisch ohnehin unrichtige) Annahme später ausschalten, ohne dass dies die Theorie irgendwie berührt. Die Winkel  $\varphi$  (Fig. 7) seien einander gleich und sollen halbe Disparationsminima darstellen. Es ist also  $AB < BC$  und auch die senkrechten Abstände der drei Alleepunkte  $P_1, P_2$  von der Basallinie wachsen nicht um constante Größen, wie das früher (vgl. Fig. 6) entsprechend der Einrichtung unserer Versuche der Fall war. Auf den drei durch  $A, B$  und  $C$  gehenden Kreisen liegen daher lauter Punkte, die von der Basallinie denselben scheinbaren Abstand haben wie die Punkte  $A$ , beziehungsweise  $B$ , beziehungsweise  $C$ . Daher wachsen auch die scheinbaren Entfernungen der Alleepunkte  $P_1, P_2$  vom Beobachter um gleiche Größen, und zwar ist der scheinbare Tiefenabstand zwischen  $P_1$  und  $P_2$  ein ebenmerklicher und desgleichen der zwischen  $P_2$  und  $P_1$ , weil sie auf Kreisen liegen, die um Disparationsminima von einander entfernt sind.

Von drei beliebigen, je auf den Kreisen I, II und III liegenden Punkten würde dasselbe gelten, also z. B. von den Punkten  $P, M, N$ . Nur würde diese Trias von Punkten sich von der früheren ( $P, P_1, P_2$ ) durch die scheinbaren Lateralwerte unterscheiden, d. h. durch die scheinbaren Abstände von der Medianlinie. Nun sei  $P_1$  ein Punkt, der durch empirische Ermittlung als ein solcher aufgefunden wurde, welcher im Kreise II denselben scheinbaren Lateralabstand von der Mediane hat wie  $P$  im Kreise I. Mit anderen Worten  $P$  und  $P_1$  seien Punkte einer empirisch ermittelten Scheinallee. Der Gesichtswinkel, der den Lateralabstand des Punktes  $P$  von der Mediane bestimmt, ist  $A O_1 P$ . Denn unter Voraussetzung der Gültigkeit des Müller'schen Horopters sind die Ortsunterschiede aller auf dem Kreise I liegenden Punkte

Fig. 7.



rein laterale Unterschiede. (Dem linken Auge erscheint der Bogen  $AP$  unter demselben Winkel.) Der Gesichtswinkel, welcher den Lateralabstand von  $P_1$  bestimmt, ist  $B O_1 P_1$ . Dieser ist um den Betrag  $(\mu + \varphi)$  kleiner als  $A O_1 P$ . Demselben scheinbaren Lateralwerte entspricht also ein in Wirklichkeit kleinerer Lateralwinkel, wenn diese Lateralwerte Punkten angehören, welche einen physiologisch wirksamen (oder, wenn man will, psychisch merklichen) Tiefenunterschied besitzen, wie das ja unsere Versuche gezeigt haben. Ich will für diese Thatsache einstweilen den gemeinverständlichen (psychologisch allerdings ungehörigen) Ausdruck gebrauchen: wir rechnen den empfundenen Entfernungunterschied in die Größenvergleichung ein<sup>1)</sup>, so dass wir zwei unter gleichen Gesichtswinkeln gesehene

<sup>1)</sup> Psychologisch ist diese Ausdrucksweise darum ungehörig, weil sie den Schein erweckt, als handle es sich hier um einen zur Empfindung hinzukommenden Urtheilsact, was sicher nicht der Fall ist. Lateralwert und Entfernung sind durch Abstraction

Strecken nur dann für gleich halten würden, wenn sie gleich weit entfernt erschienen (sei es, dass sie wirklich gleich weit entfernt sind, sei es, dass ihr (thatsächlicher) Entfernungsunterschied physiologisch unwirksam ist).

Dass nun der Unterschied der beiden Lateralwinkel  $AO_1P$  und  $BO_1P_1$  gerade den Wert  $(\mu + \varphi)$  hat, das ist eine reine Erfahrungsthatfache. Physiologisch lässt sich nicht deducieren, dass gerade dieser Betrag den Unterschied der beiden Entfernungen compensieren müsse. Die Theorie kann aber sofort einsetzen, wenn es sich darum handelt, einen dritten Punkt  $P_2$ , ja überhaupt beliebig viele andere Punkte zu finden, welche derselben scheinbaren Allee angehören wie  $P$  und  $P_1$ . Gesetzt, ich suche einen dritten Punkt, der um ein Disparationsminimum ferner liegen soll als  $P_1$ , demnach dem Kreise III angehört. Wenn dieser fragliche Punkt von  $P_1$  denselben (hier ebenmerklichen) Tiefenabstand haben soll wie  $P$  von  $P_1$ , dann muss sein Lateralwinkel gegenüber dem Lateralwinkel von  $P_1$  um denselben Betrag kleiner sein, um welchen der Lateralwinkel von  $P_1$  kleiner ist als der von  $P$ , d. h. also wieder um  $(\mu + \varphi)$ . Nun ist der Voraussetzung nach  $\varphi$  constant, weil die Kreise I, II und III durch das Fortschreiten um (constante) Disparationsminima entstanden sind. Also muss auch  $\mu$  constant sein. Und da  $\nu - \mu$  (die Disparation zwischen  $P$  und  $P_1$ , beziehungsweise zwischen  $P_1$  und  $P_2$ ) constant ist, ist auch  $\nu$  constant. Es muss also der Strahl  $O_1P_2$  um denselben Winkelbetrag  $\mu$  nach links gedreht werden, um welchen der Strahl  $OP$  gedreht werden musste, um in die (empirisch gefundene) Lage  $O_1P_1$  zu gelangen oder, was dasselbe ist, der vom linken Auge ausgehende Strahl  $O_2P_1$  muss um den Winkel  $\nu$  weiter gedreht werden, so dass er in die Lage  $O_2P_2$  kommt. Würden wir in derselben Weise weiter fahren durch die beiden Knotenpunkte  $O_1$  und  $O_2$  Kreise durchzulegen, so dass also der über die Sehne  $O_1O_2$  errichtete Peripheriewinkel jedes folgenden Kreises um denselben Betrag  $\nu - \mu = 2\varphi$  kleiner wäre als der des vorhergegangenen, so würden wir den Strahl  $O_1P_3$  nur immer wieder um den Winkel  $\mu$  (oder den Strahl  $O_2P_3$  um den Winkel  $\nu$ ) weiter drehen müssen, um immer neue Punkte derselben scheinbaren Allee zu erhalten. Wenn wir nun anstatt discrete Punkte dieser Allee aufzusuchen, die Curve finden wollen, in welcher alle Punkte dieser scheinbaren Allee liegen müssen, so wird damit nichts anderes verlangt als die Bahn zu finden, welche der Punkt  $P$  durchläuft, wenn man die Strahlen  $O_1P$  und  $O_2P$  aus ihrer Anfangslage im gleichen Sinne so weiter dreht, dass die beiden Drehungswinkel immer in dem constanten Verhältnisse  $\frac{\nu}{\mu}$  zu einander stehen, ein Verhältnis, welches durch die empirisch gefundene Stellung zweier Punkte einer scheinbaren Allee gegeben ist.

Will man umgekehrt diese ganze Deduction experimentell verificieren, so braucht man nur zwei Reihen von Verticalfäden so aufzustellen, dass sie eine scheinbar medianparallele Allee bilden, das zwischen je zwei benachbarten Fadenpaaren bestehende  $\mu$  und  $\nu$  auszurechnen und nachzusehen, ob das zwischen jedem  $\nu$  und dem dazugehörigen  $\mu$  bestehende Verhältnis ein constantes ist, beziehungsweise (da wir ja mit Beobachtungsfehlern zu rechnen haben) ob die verschiedenen  $\frac{\nu}{\mu}$  sich um einen constanten Wert gruppieren.

Dass dies wirklich der Fall ist, zeigen die früher mitgetheilten Tabellen. Es ist jetzt auch klar, warum ich auf die empirisch gefundene Constanz dieses Quotienten so großes Gewicht gelegt habe.

§ 25. Wollen wir nun dem Hauptsatze dieser Theorie eine allgemeine Fassung geben, so kann das in folgender Weise geschehen: damit eine Reihe von verschiedenen weit entfernten Objecten bei binocularer Betrachtung gleich groß erscheinen, müssen ihre wirklichen (lateralen) Größen mit wachsender Entfernung so zunehmen, dass die Gesichtswinkel umgekehrt proportional mit der scheinbaren, durch die Disparation gemessenen Entfernung abnehmen. Oder kürzer: mehrere verschieden entfernte Objecte erscheinen dann gleich

und Hinzudenken von Beziehungspunkten künstlich geschaffene Relationen. Um ihrer Zweizahl willen hört eine Anschauung ebensoviele auf einheitlich zu sein wie ein Punkt aufhört Einer zu sein, weil man seine Lage durch den Abstand von drei Coordinatenebenen definiert.

groß, wenn die Unterschiede ihrer Gesichtswinkel den Unterschieden ihrer scheinbaren Entfernungen proportional sind, wobei die scheinbaren Entfernungsunterschiede durch die Disparation gemessen werden.

Dieses Gesetz geht in das für monoculares Sehen gültige, aber mit Unrecht als allgemein gültig behauptete Gesichtswinkelgesetz über, sobald die scheinbare Entfernung gleich bleibt — denn diesfalls muss auch der Gesichtswinkel gleich bleiben, wenn die scheinbare Größe sich nicht ändern soll. Bei der monocularen Perspective ist dies, wenn alle Erfahrungsmotive für das Tiefsehen ausgeschlossen sind, auch wirklich der Fall. Denn indem die monoculare Perspective die Regeln der Centralprojection anerkennt, lässt sie damit implicite das Moment der verschiedenen Entfernung ganz aus dem Spiele und betrachtet die Größe der Gegenstände nur nach der Größe ihrer Projection (vgl. oben S. 16 [270]). Die Netzhaut ist dann wirklich das genaue Analogon einer photographischen Platte.

Für das binoculare Sehen, das innerhalb der stereoskopischen Grenze eine Empfindung von der verschiedenen Entfernung hat, gelten die Gesetze der Centralprojection nicht, wie wir eben gesehen haben — sie gelten aber jenseits der stereoskopischen Grenze, weil dort zwar eine thatsächliche, aber keine scheinbare Entfernungszunahme, also keine physiologischen Tiefenunterschiede mehr möglich sind. So kann man das Gesetz der scheinbaren Größe bei monocularem Sehen als einen besonderen Fall jenes eben formulierten Gesetzes der scheinbaren Größe für binoculares Sehen fassen, ein Specialfall, dersch beim binocularem Sehen nur dann verwirklicht, wenn das binoculare Sehen für die dritte Dimension nichts mehr leistet, also physiologisch mit dem monocularen gleichwertig wird. Das ist jenseits der stereoskopischen Grenze der Fall, so z. B. bei den Himmelskörpern. Für den Astronomen fallen daher, wie Eingangs erwähnt, die Begriffe »scheinbare Größe« und »Gesichtswinkel« zusammen; ebenso für den (monocular sehenden) Mikroskopiker und schon gar für denjenigen, der bloß an eine bildauffangende Ebene (einen Schirm) denkt und nicht an Netzhaut, Opticus und Hirn.

§ 26. Bei der Ableitung dieses Hauptsatzes der Lehre von der binocularen Sehgröße haben wir zunächst die Giltigkeit des Müller'schen Längshoropters angenommen. An dem Wesen der Theorie ändert sich jedoch nichts, wenn wir diese Annahme fallen lassen; desgleichen können wir die Annahme entbehren, dass die Größe des Disparationsminimums für die Medianlinie dieselbe sei wie für eine Reihe lateral gelegener Objects (die Punkte der Allee).

In Fig. 8 ist von diesen Annahmen abgesehen. Die Punkte  $A$  und  $P$  sollen in einem empirischen Horopter liegen (durch die punktierte Curve angedeutet), desgleichen  $B$  und  $P_1$ , ebenso  $C$  und  $P_2$ . Wir haben dabei gerade die Gegend ausgewählt, in der der empirische Horopter den Sinn seiner Krümmung ändert. Auch hier soll  $P_2$  von  $P_1$  und  $P_1$  von  $P$  um ein Disparationsminimum entfernt sein, womit zunächst nur die Constanz der Differenz  $(\nu - \mu)$  behauptet ist, noch nicht, wie im vorigen Falle, die Constanz der Winkel  $\mu$  und  $\nu$  selbst.

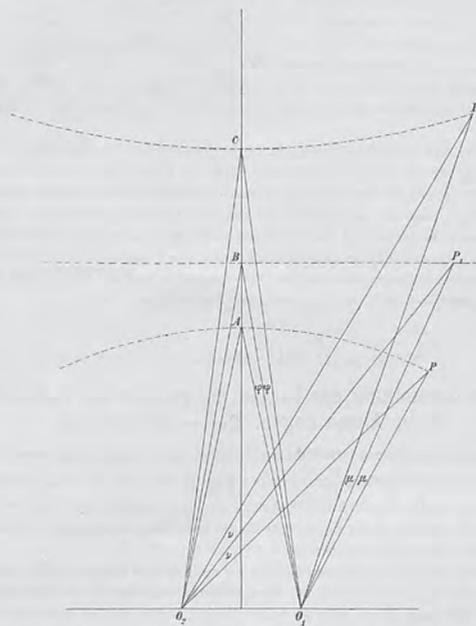
Auch hier nehmen wir (und zwar auf Grund derselben Überlegungen, wie sie bei Fig. 7 angestellt wurden) an, dass die Lateralwinkel  $AO_1P$ ,  $BO_2P_1$ ,  $CO_3P_2$  um eine constante Größe, nämlich  $(\mu + \varphi)$  abnehmen. Diese Annahme für sich enthält natürlich noch nicht die Constanz von  $\mu$  und  $\varphi$  selbst. Die Constanz von  $\mu$  und  $\varphi$  selbst geht aber aus der Annahme hervor, dass  $AP \dots BP_1 \dots CP_2$  Horopteren sind, die um Disparationsminima von einander abstehen; denn dann müssen  $A \dots B \dots C$  auch um Disparationsminima von einander entfernt sein, und zwar sind, wie wir wissen, diese Minima constant. Da ferner  $A$ ,  $B$  und  $C$  als Punkte der Medianlinie keine Lateralabweichung von einander haben, so bleibt nichts anderes übrig als  $\varphi$  constant zu setzen und dadurch ist auch die Constanz von  $\mu$  gegeben und wegen der constanten Differenz  $\nu - \mu$  auch die Constanz von  $\nu$ .

Man sieht also, dass die Annahme der Giltigkeit des Müller'schen Horopters entbehrt werden kann und damit auch die Annahme, dass der Betrag des Disparationsminimums zwischen den Punkten  $P$ ,  $P_1$  und  $P_2$  derselbe sein müsse wie der zwischen den Punkten  $A$ ,  $B$  und  $C$ . In der That würde sich an

Fig. 8 leicht zeigen lassen, dass zwischen  $(v-u)$  und  $2\varphi$  nicht Gleichheit besteht, wie das in Fig. 7 der Fall war<sup>1</sup>.

§ 27. Unser Hauptsatz, dass bei gleicher scheinbarer Grösse die Gesichtswinkeldifferenz umgekehrt proportional sein muss der physiologischen (durch die Disparation gemessenen) Entfernungsdifferenz, lässt sich übrigens auch durch eine andere Überlegung plausibel machen. Wenn ich den Punkt  $P$  (Fig. 8) binocular

Fig. 8.



fixiere und empirisch einen zweiten Punkt  $P_1$  finde, der seinem Tiefenwerte nach um ein Ebenmerkliches seinem Lateralwerte nach aber um gar nichts von  $P$  verschieden ist, so hängen diese beiden räumlichen Beziehungen doch nur von der Lage der vier getroffenen Netzhautpunkte des Doppelauges ab, da Augen-

<sup>1</sup> Nur beiläufig will ich hier erwähnen, dass im Falle des empirischen Horopters (Fig. 8) die Lateralabstände  $AP_1...BP_1...CP_2$  dem linken und rechten Auge nicht unter gleichen Gesichtswinkeln erscheinen (wie das beim schematischen Horopter in Fig. 7 der Fall war), dass ferner die Abnahme der Lateralwinkel zwar für jedes einzelne Auge constant, nicht aber für beide Augen untereinander gleich ist. Die Theorie wird dadurch gar nicht berührt, da sie weder von der Gleichheit der linken und rechten Gesichtswinkel noch von der Gleichheit der Abnahmen für das rechte und linke Auge Gebrauch macht, vielmehr nur die Constanz der Abnahme für jedes einzelne Auge zur Basis hat. Übrigens werden spätere Überlegungen zeigen, dass hier geometrisch ungleiche Winkel als functionell gleich zu betrachten sind, wie ja überhaupt die andere Gestalt des empirischen Horopters gegenüber dem mathematischen darauf beruht, dass geometrisch Gleiches physiologisch ungleich sein kann und umgekehrt.

Hillebrand

bewegungen, Accommodationsänderungen oder welche Momente man etwa sonst noch als localisatorische heranzuziehen versucht sein könnte, hier, wo  $P$  dauernd fixiert wird, nicht in Betracht kommen können. Wenn ich nun, anstatt  $P$  zu fixieren,  $P_1$  fixiere, und mir nun dieselben vier Netzhautpunkte gereizt denke wie im vorigen Falle, so ist gar kein Grund vorhanden, zu erwarten, dass ein anderer Eindruck entstehen würde als wieder der von zwei Punkten, die in Bezug auf den Tiefenwert um ein Ebenmerkliches, in Bezug auf den Breitenwert um gar nichts von einander verschieden sind. Nun sind es aber die beiden Außenpunkte  $P_1$  und  $P_2$ , welche bei Fixation von  $P_1$  dieselben Netzhautpunkte reizen, welche bei Fixation von  $P$  durch die beiden Außenpunkte  $P$  und  $P_1$  gereizt wurden: also werden wir erwarten, dass auch im zweiten Falle der Eindruck zweier nach der Tiefe ebenmerklich distanter Punkte von gleichem Lateralwerte entstehen wird, was auch thatsächlich der Fall ist.

Diese Überlegung kann freilich nur für denjenigen entscheidend sein, welcher den scheinbaren (empfundnen) Ort eines Sehdinges als ein mit den betreffenden Netzhautstellen unveränderlich verknüpftcs Datum hält.

Für die offenen und versteckten Anhänger der Projectionstheorie, für diejenigen, welche die Reize nach Richtungslinien »hinaus zu projicieren« und daher die Dinge dort zu sehen vermeinen, wo sie »wirklich sind«, haben solche Überlegungen keinen Sinn. Da dieselben aber noch viele andere Erfahrungen (so z. B. die scheinbare Lage der Doppelbilder, die Discrepanz zwischen Kernfläche und Längshoropter etc.) ignorieren müssen, so wird es auf eine Erfahrung mehr oder weniger nicht mehr ankommen — und die wirkliche Gestalt scheinbarer Alleen ist eben auch eine solche Erfahrung. Aus diesem Grunde habe ich die letzte Überlegung nur anhangsweise erwähnt. Das Wesentliche sind die mitgetheilten Thatsachen und ihr allgemeiner Ausdruck in Gestalt des oben erwähnten Hauptsatzes.

VII. Capitel.

Mathematische Darstellung der Curven, in welchen die Fußpunkte scheinbarer Alleen liegen. Der  $\infty$  ferne Punkt.

§. 28. Man kann also beliebig viele Punkte einer scheinbaren Allee finden, wenn die Lage eines Punktes  $P$  und der constante Quotient  $\frac{y}{\mu} = c$  gegeben sind. Da für eine und dieselbe Pupillardistanz die Lage von  $P$  durch die beiden Winkel  $\alpha$  und  $\beta$ , welche die Richtungslinien von  $P$  mit der Basallinie einschließen, gegeben ist, so können wir sagen, dass für ein feststehendes Augenpaar eine bestimmte Allee-curve durch die drei Größen  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $c$  definiert ist.

Der gewöhnliche und nächstliegende Fall, wie wir zur Kenntnis des Quotienten  $c$  gelangen, ist der, dass uns außer  $P$  noch ein zweiter Punkt der Allee empirisch gegeben ist; diesfalls kennen wir ja die Lage der vier Richtungslinien, hiemit auch die beiden Winkel, welche je zwei Richtungslinien in dem entsprechenden Knotenpunkte mit einander einschließen, und daher auch das Verhältnis dieser Winkel. Da wir aber, wie spätere Überlegungen zeigen werden, unter Umständen auch auf ganz anderen Wegen zur Kenntnis dieses Quotienten  $\frac{y}{\mu}$  gelangen können, so will ich vorläufig ganz davon absehen, auf welchem Wege wir in Besitz dieses  $\frac{y}{\mu}$  kommen, ich will vielmehr einfach annehmen, es sei gegeben und habe den Wert  $c$ .

Die Lage des einzigen bekannten Alleepunktes  $P$  (vgl. Fig. 9) sei also ausgedrückt durch die beiden Winkel  $\alpha$  und  $\beta$ , welche die zu diesem Punkte gehörigen Richtungslinien mit der Basallinie ( $=2 a$ ) bilden.

Die Curve, in welcher sämtliche Alleepunkte liegen müssen, werde ich nicht durch eine unmittelbare Beziehung zwischen  $x$  und  $y$  darstellen, sondern werde  $x$  und  $y$  als Functionen einer dritten Variablen betrachten.

Neue Punkte dieser Curve entstehen, wie schon erörtert, dadurch, dass die Strahlen  $O_1 P$  und  $O_2 P$  um  $O_1$ , beziehungsweise  $O_2$  im selben Sinne so gedreht werden, dass das Verhältnis der Drehungswinkel den constanten Wert  $c$  hat.

Ein beliebiger Punkt  $P_1$  ist demnach durch die Constanten  $\alpha$ ,  $\vartheta$  und  $c$  und durch die Variable  $\mu$  bestimmt, da  $\nu = c\mu$  ist. Es sollen die Coordinaten  $x_1, y_1$  dieses Punktes gefunden werden, und zwar für ein rechtwinkliges Coordinatensystem, dessen  $x$ -Achse die Basallinie enthält und dessen Anfangspunkt der Halbierungspunkt der Basallinie ist. Die Abscissen der beiden Knotenpunkte heißen  $+a$  und  $-a$ . Legt man durch  $P_1$  und die beiden Knotenpunkte einen Kreis<sup>1</sup>, so ist der halbe, über dem Bogen  $O_1 O_2$  errichtete Centriwinkel

$$\lambda = \alpha + \mu - (\vartheta + c\mu).$$

Die Gleichung dieses Kreises heißt dann:

$$x^2 + \left(y - \frac{a}{\operatorname{tg} \lambda}\right)^2 = \frac{a^2}{\sin^2 \lambda}$$

oder nach einigen Umformungen:

$$x^2 + y^2 - \frac{2ay}{\operatorname{tg} \lambda} = a^2.$$

Der Punkt  $P_1$  muss als diesem Kreise angehörig der Bedingung genügen

$$x_1^2 + y_1^2 - \frac{2ay_1}{\operatorname{tg} \lambda} = a^2 \dots 1).$$

Setzen wir  $\alpha + \mu = K$  und  $\vartheta + c\mu = \theta$  und daher  $\lambda = K - \theta$ , so ist weiter

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{y_1}{x_1 + a}$$

oder

$$x_1 = \frac{y_1}{\operatorname{tg} \theta} - a \dots 2).$$

Wird  $x_1$  aus 1) und 2) eliminiert, so ergibt sich

$$y_1^2 \left( \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \theta} + 1 \right) = 2ay_1 \left( \frac{1}{\operatorname{tg} \theta} + \frac{1}{\operatorname{tg} \lambda} \right)$$

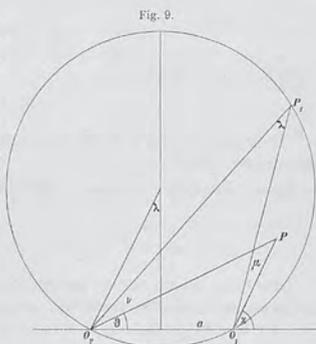
oder

$$y_1 = 2a \frac{\sin(\lambda + \theta) \sin \theta}{\sin \lambda}$$

und wenn man  $\lambda$  durch  $K$  und  $\theta$  ausdrückt

$$y_1 = 2a \frac{\sin K \sin \theta}{\sin(K - \theta)} \dots \dots 3),$$

<sup>1</sup> Ich bemerke ausdrücklich, dass dieser Kreis zwar mit dem Müller'schen Horopter für  $P_1$  zusammenfällt, hier aber nur als Hilfsfigur verwendet wird, welcher gar keine physiologische Bedeutung zukommt. Ich betone das, damit der Leser nicht auf die Vermuthung komme, die folgende Überlegung enthalte irgend ein hypothetisches Element — die Annahme des Müller'schen Horopters wäre ja in der That ein solches.



wofür man nach Bedarf auch die Form setzen kann

$$y_1 = \frac{2a}{\cot \theta - \cot K}$$

Es ist dann

$$x_1 = a \frac{\sin(K+\theta)}{\sin(K-\theta)} \dots\dots 4)$$

wofür man auch setzen kann

$$x_1 = a \frac{\operatorname{tg} K + \operatorname{tg} \theta}{\operatorname{tg} K - \operatorname{tg} \theta}$$

Setzt man in 3) und 4) wieder die ursprünglichen Größen  $\alpha, \vartheta, c, \mu$  ein, so erhalten diese Gleichungen die Formen

$$y_1 = 2a \frac{\sin(\alpha + \mu) \sin(\vartheta + c\mu)}{\sin[\alpha - \vartheta + \mu(1-c)]} \dots\dots 5),$$

$$x_1 = a \frac{\sin[\alpha + \vartheta + \mu(1+c)]}{\sin[\alpha - \vartheta + \mu(1-c)]} \dots\dots 6).$$

Die Curve ist also definiert dadurch, dass die Coordinaten jedes Punktes durch die Gleichungen 5) und 6) charakterisierte Functionen einer dritten Variablen  $\mu$  sind.

Aus 3) und 4) ist übrigens auch ersichtlich, dass für  $y = 0$  auch  $x = 0$ . Die Curve geht also durch den mittleren Knotenpunkt.

Das Verhältnis  $\frac{y}{x}$  haben wir als ein gegebenes betrachtet; wäre  $\frac{y}{x} = \infty$ , also  $\mu = 0$ , dann würde die Curve in eine durch den Knotenpunkt laufende Gerade übergehen, wie sich das auch aus der entsprechenden Zeichnung ergeben würde.

§ 29. Für spätere Überlegungen ist es nöthig, den Verlauf der Curve über die stereoskopische Grenze hinaus zu verfolgen und zu untersuchen, welche specielle Form unser Hauptsatz jenseits dieser Grenze annimmt.

Folgende Erwägung will ich hier voranschicken. Gesetzt es seien wieder  $O_1$  und  $O_2$  die Knotenpunkte (vgl. Fig. 10),  $P$  ein Punkt der Curve und wir kennen den Quotienten  $\frac{y}{x} = c$ . Denken wir uns wieder die Strahlen  $O_1P$  und  $O_2P$  nach links so gedreht, dass sie jenem Quotienten genügen, so kommen sie einmal in die Parallelstellung, welche in der Figur durch die beiden Richtungen  $O_1P_\infty$  und  $O_2P_\infty$  angedeutet ist. Für diese Stellung liegt also der Curvenpunkt in  $\infty$  Entfernung. Heißen die dieser Stellung entsprechenden Drehungswinkel  $\mu_\infty$  und  $c\mu_\infty$ , so ist  $\vartheta + c\mu_\infty = \alpha + \mu_\infty$ , also

$$\mu_\infty = \frac{\alpha - \vartheta}{c - 1} = \frac{\lambda}{c - 1}$$

Die Curve nähert sich also asymptotisch einer Geraden, die durch den Knotenpunkt geht und mit der Basallinie den Winkel

$$\alpha + \frac{\lambda}{c - 1}$$

bildet, ein Winkel, der uns später sehr wichtig werden wird. Ich werde diesen Winkel in Zukunft die »Richtung des unendlich fernen Punktes« nennen.

Fig. 10.



Anmerkung. Um die Richtung des  $\infty$  fernen Punktes zu finden, ist, wie aus obiger Gleichung ersichtlich, nur erforderlich, die Lage eines Punktes, also sein  $x$  und  $\phi$ , und das die Curve charakterisierende  $\frac{v}{h} = c$  zu kennen. Kennt man empirisch mehrere Alleypunkte, so ist es principiel gleichgültig, welchen der beobachteten Alleypunkte, also welches  $x$  und  $\phi$  man benützt, weil das Verhältnis der Drehungswinkel  $\frac{v}{h}$  ein constantes ist. Handelt es sich aber um die concrete Auswertung, so wird es nicht gleichgültig sein, welcher von den beobachteten Alleypunkten der Rechnung zugrunde gelegt wird, weil jeder solche Punkt mit einem Beobachtungsfehler behaftet ist. Auch das  $\frac{v}{h}$  ist ja nicht genau constant, sondern schwankt wegen der Beobachtungsfehler um einen constanten Wert; man kann also füglich nicht gerade das zwischen dem 1. und 2. oder dem 2. und 3. . . . . Fadenpaare bestehende  $\frac{v}{h}$ , also überhaupt kein einzelnes  $\frac{v}{h}$ , in die Rechnung einführen, weil man sonst das Resultat mit einem zufälligen Beobachtungsfehler belasten würde. Man wird vielmehr die  $x$  und  $\phi$  aller beobachteten Punkte und ebenso sämtliche sich daraus ergebenden  $\frac{v}{h}$  zugrunde legen und aus dem Mittel dieser Werte die Richtung des  $\infty$  fernen Punktes rechnen. Bezeichnet  $c$  das Mittel aus sämtlichen  $\frac{v}{h}$ , so ist die Richtung des  $\infty$  fernen Punktes, nämlich  $x + \mu_{\infty}$  — wofür man auch  $90 - \varphi$  schreiben kann —

$$90 - \varphi = \frac{1}{n} \left( \frac{\sum (x - \phi)}{c - 1} + \sum x \right).$$

Hiebei ist  $n$  die um 1 verminderte Anzahl der Fadenpaare, also 7, weil das  $c$  eine Relation zwischen 2 aufeinander folgenden Fadenpaaren darstellt, mithin bei 8 Fadenpaaren 7 mal auftritt.

Die untenstehende Tab. XXX zeigt in der 4. Columne die Werte des Winkels, der von der Richtung des  $\infty$  fernen Punktes und der Basallinie eingeschlossen wird. Die 3. Columne verweist jedesmal auf die früher (S. 23 ff. [277]) mitgetheilte Versuchstabelle, welche der Berechnung dieses Winkels zugrunde liegt. Columne 2 gibt die jedesmalige Breite des 3800 mm vom Beobachter entfernten Fadenpaares an, also desjenigen Fadenpaares, nach dessen scheinbarer Breite die übrigen Fadenpaare eingestellt wurden. Wie

Tabelle XXX.

Beobachter	Lateraldistanz des fernsten Fadenpaares	Vgl. die Tabelle	Richtung des $\infty$ fernen Punktes
Hillebrand	600	XIII	88° 36' 0"
»	600	XIV	88 36 52
Czermak	600	XIX	88 47 46
Radakovič	600	XXIII	88 14 1
Wirtinger	600	XXVI	89 6 13
»	600	XXVII	89 17 53
Hillebrand	390	XV	89° 12' 47"
»	390	XVI	89 19 51
Czermak	390	XX	89 1 19
»	390	XXI	89 20 38
Radakovič	390	XXIV	88 54 4
Wirtinger	390	XXVIII	89 44 8
»	390	XXIX	89 43 22
Hillebrand	266	XVII	89° 26' 47"
»	266	XVIII	89 35 53
Czermak	266	XXII	89 42 19
Radakovič	266	XXV	89 36 16

man sieht, nähert sich die Richtung des  $\infty$  fernen Punktes umso mehr dem Parallelismus mit der Mediane, je schmaler die Allee ist.

§ 30. Der Winkel, den die Richtung des  $\infty$  fernen Punktes mit der Mediane bildet (in der Fig. 10 mit  $\varphi$  bezeichnet) bestimmt die (halbe) scheinbare Breite der Allee in ihrem asymptotischen Verlaufe.

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \left( \frac{z - \beta}{c - 1} + \alpha \right)$$

Gemessen ist die scheinbare Breite der Allee damit nicht, da man mit einer dem wirklichen Raume angehörigen Größe etwas dem scheinbaren Raume angehöriges prinzipiell nicht messen kann. Hingegen ist mit dem  $\sphericalangle \varphi$  wenigstens eine relative Maßbestimmung gewonnen, insoferne das Verhältnis der scheinbaren Breiten zweier Alleen durch das Verhältnis der ihnen zugehörigen  $\sphericalangle \varphi$  gemessen werden kann. Reine, d. h. nicht mit Tiefencomponenten behaftete, physiologische Lateralwerte können (von kleinen Abweichungen abgesehen) den geometrischen Lateralwinkeln proportional angesehen werden; ein Punkt liegt also  $n$ mal so lateral wie ein anderer, derselben Querschnitts-ebene angehöriger, wenn seine Richtungslinie mit der Richtungslinie eines in der Medianebene und in derselben Querschnittsebene gelegenen Punktes einen  $n$ mal so großen Winkel einschließt als dies beim anderen Punkt der Fall ist; aber das gilt natürlich nur unter der Voraussetzung, dass der mediane Punkt demselben empirischen Längshoropter angehört wie der Punkt, um dessen Lateralwert eben gefragt wird; denn, wenn die beiden Punkte, der laterale und der mediane, verschiedenen Längshoropteren angehören, so wird der Winkel zwischen den beiden Richtungslinien nicht den Breitenwert, sondern Etwas definieren, was aus Breiten- und Tiefenwert zusammengesetzt ist. Um also den Breitenwert eines Punktes zu definieren, muss man den empirischen Längshoropter dieses Punktes kennen. Soll man aber die Breitenwerte zweier lateral gelegener Punkte messend vergleichen, so kann das überhaupt nur geschehen, wenn sie demselben Längshoropter angehören. Wenn zwei Punkte  $M$  (ein medianer) und  $L$  (ein lateraler) demselben empirischen Längshoropter angehören und zwei andere Punkte  $M'$  und  $L'$  einem anderen Längshoropter, so definiert der Winkel, den die Richtungslinien nach  $M$  und  $L$  einschließen, zwar den Breitenwert von  $L$  innerhalb dieses ersten Horopters, und ebenso definiert der Winkel, den die Richtungslinien nach  $M'$  und  $L'$  einschließen, den Breitenwert von  $L'$  innerhalb dieses zweiten Horopters — aber man kann das Verhältnis der beiden Breitenwerte nicht durch das Verhältnis der beiden Winkel ausdrücken, weil sie völlig ungleichartige Größen sind. Habe ich also z. B. zwei Alleen aufgestellt und liegen je zwei Fadenpaare in einer frontalparallelen Ebene (wie das bei meinen Versuchen der Fall war), so kann ich daraus auf das scheinbare Breitenverhältnis gar keinen Schluss ziehen. Denn das, sagen wir 3800 mm vom Beobachter entfernte Fadenpaar der schmälern Allee gehört einem anderen empirischen Längshoropter an als das ebenfalls 3800 mm entfernte Fadenpaar der breiteren Allee. Ausgenommen sind hier nur zwei Fälle:

1. Der Fall, dass die beiden Fadenpaare eine Entfernung vom Beobachter haben, in welcher der empirische Längshoropter eine Ebene ist; denn diesfalls haben die in einer und derselben Ebene liegenden Fadenpaare keinen Tiefenunterschied: das Verhältnis ihrer Lateralwinkel ist also zugleich das Verhältnis ihrer Breitenwerte;

2. der Fall, dass die beiden Fadenpaare jenseits der stereoskopischen Grenze liegen, denn diesfalls begründen auch etwa vorhandene wirkliche Tiefenunterschiede keine Verschiedenheit in den physiologischen Tiefenwerten.

Für uns hat also jener Winkel  $\varphi$ , den die Curve in ihrem asymptotischen Verlaufe mit der Medianlinie bildet, die Bedeutung, dass er die Basis zu einem messenden Vergleiche der scheinbaren Breiten zweier Alleen abgibt.

Der sub 1 erwähnte Fall wird später zum gleichen Zwecke verwendet werden.

§ 31. Unser Hauptsatz von der Beziehung zwischen Gesichtswinkel und scheinbarer Entfernung wird eine besondere Form für die Gegend jenseits der stereoskopischen Grenze annehmen. Diese soll jetzt untersucht werden.

In Fig. 11 bedeuten die Geraden  $O_1 A$ ,  $O_1 A_1$ ,  $O_1 P$ ,  $O_1 P_1$  dasselbe wie in Fig. 8. Es sind also  $P$  und  $P_1$  zwei Alleypunkte,  $A$  und  $A_1$  die den empirischen Horopteren von  $P$ , bzw.  $P_1$  angehörigen medianen Punkte.  $\sphericalangle \varphi$  ist wieder das halbe Disparationsminimum in der Mediane.  $(\nu - \mu)$  ist die Disparation zwischen den Punkten  $P$  und  $P_1$ ; sie soll ebenfalls ein Minimum sein<sup>1</sup>.

Wenn die Strahlen  $O_1 P$  und  $O_2 P$  ihre Drehung fortsetzen bis zum Parallelismus, so kommen sie in die Lage  $O_1 P_\infty$  und  $O_2 P_\infty$ . In der Figur sind von den auf der linken Seite der Mediane gelegenen Linien nur die Anfänge gezeichnet.

$O_1 P_\infty$  stellt also die Richtung des  $\infty$  fernen Alleypunktes dar. Der dem wandernden Alleypunkte zugehörige Punkt der Mediane wandert von  $A$  nach  $A_1$  und dann weiter, bis der Strahl  $O_1 A_1$  schließlich mit der Mediane parallel wird, also die Richtung  $O_1 A_\infty$  einnimmt. Der Winkel  $A_\infty O_1 P_\infty$  ist also (ich verweise auf früher Gesagtes) der Breiten- oder Lateralwinkel des  $\infty$  fernen Alleypunktes. Mit den Richtungen  $O_1 A_\infty$  und  $O_1 P_\infty$  ist für die wandernden Punkte  $A$  (den medianen) und  $P$  (den Punkt der Allecurve) die geometrische Grenze gegeben. Die physiologische Grenze wird aber früher erreicht, d. h. längst ehe die Strahlen  $O_1 P$  und  $O_2 P$  bei ihrer Linksdrehung bis zum Parallelismus gelangt sind, hat ihr Schnittpunkt schon aufgehört neue Tiefenwerte zu erzeugen; und längst ehe der Strahl  $O_1 A$  bei seiner Rechtsdrehung mit der Medianlinie parallel wurde, hat sein Schnittpunkt mit der Mediane aufgehört neue Tiefenwerte hervorzubringen.

Die physiologische Grenze für den Punkt  $A$  (d. h. die Grenze seiner physiologischen Wirksamkeit nach der Tiefendimension) bei seiner Wanderung auf der Medianlinie ist erreicht, wenn der Strahl  $O_1 A$  um das halbe Disparationsminimum  $\varphi$  vom Parallelismus mit der Mediane entfernt ist. Er nimmt alsdann die (punktirt gezeichnete) Lage  $O_1 A_g$  ein — wobei der Index  $g$  so viel heißen soll wie »Grenze«, nämlich stereoskopische Grenze. Der Punkt  $P$  erreicht bei einer Wanderung auf der Allecurve die physiologische Grenze, wenn er um den  $\sphericalangle \mu$  von der Stellung  $O_1 P_\infty$  entfernt ist, bzw. wenn der vom linken Auge ausgehende (in der Figur kurz ausgezogene) Strahl  $O_2 P_g$  von der Lage  $O_2 P_\infty$  um den  $\sphericalangle \nu$  entfernt

Fig. 11.



<sup>1</sup> Für Allen, die mit medianer Fixation eingestellt werden, würden die Punkte  $P$  und  $P_1$  excentrisch liegen, und wir hätten daher kein Recht, ihre Disparation der Disparation zweier medianen Punkte, die einen ebenmerklichen Entfernungunterschied zeigen, gleichzusetzen. Wird aber  $P$  bei der Einstellung fixirt, so liegt  $P_1$  so wenig peripher, dass wir die ebenmerkliche Disparation  $(\nu - \mu)$  der ebenmerklichen Disparation zweier median gelegener Punkte  $A$  und  $A_1$  gleichsetzen können. Es ist also  $\nu - \mu = 2 \varphi$ .

ist. Man kann, indem man die Formulierung Wächters wählt, sagen: sowohl auf der Medianlinie als auch auf der Alleecurve wird die stereoskopische Grenze in derjenigen Entfernung erreicht, in welcher die eigene Basallinie unter einem Winkel erscheinen würde, der gleich dem Disparationsminimum ist, also für die Medianlinie unter dem Winkel  $2\varphi$ , für die Alleecurve unter dem Winkel  $(\nu - \mu)$ .

Die Allee (genauer die rechte Alleeseite) erscheint an der stereoskopischen Grenze dem rechten Auge unter dem Winkel  $AgO_1Pg$  (dem linken unter  $\sphericalangle AgO_2Pg$ ), wobei ich unter dem »Winkel« immer den Lateralwinkel, also den Winkel mit der medianen Richtung meine. Da die Allee in  $\infty$  Ferne von dem Lateralwinkel  $A_\infty O_1 P_\infty$  (für das linke Auge  $A_\infty O_2 P_\infty$ ) erscheint, so folgt, dass auf dem Wege von der stereoskopischen Grenze in die  $\infty$  Ferne der Gesichtswinkel die Abnahme  $AgO_1Pg - A_\infty O_1 P_\infty = \mu + \varphi$  erfährt, bezw. für das linke Auge die Abnahme  $AgO_2Pg - A_\infty O_2 P_\infty = \nu - \varphi$ , welche Winkelabnahmen einander gleich sind, da ja  $\nu - \mu = 2\varphi$ .

$(\mu + \varphi)$  ist die constante Winkelabnahme, wenn man in der Allee um Disparationsminima fortschreitet, z. B. von  $P$  zu  $P_1$ . Wenn ein Punkt auf der Alleecurve von  $P$  nach  $P_1$  wandert und  $P$  von  $P_1$  um ein Disparationsminimum entfernt ist, so heißt das: ehe der Punkt den Ort  $P_1$  erreicht hat, also an einer beliebigen Stelle zwischen  $P$  und  $P_1$ , ist sowohl die geometrisch vorhandene Disparation gegenüber  $P$  auf den physiologischen Tiefenwert unwirksam, wie auch anderseits die geometrisch vorhandene Verkleinerung des Lateralwinkels auf den physiologischen Breitenwert ohne Wirkung ist; das erstere ist ja nur ein anderer Ausdruck für die Thatsache, dass  $P$  und  $P_1$  um ein Disparationsminimum von einander entfernt sind; das letztere ein anderer Ausdruck dafür, dass  $P$  und  $P_1$  einer Alleecurve angehören. Erst wenn  $P_1$  wirklich erreicht wird, ist der Tiefenunterschied merklich; und dieser durch  $(\nu - \mu)$  gemessene Tiefenunterschied kompensiert die Verkleinerung des Lateralwinkels, welche ihrerseits  $(\mu + \varphi)$ , bezw. für das linke Auge  $(\nu - \varphi)$  ist. Denkt man sich jetzt, der Punkt der Allee habe die Stelle  $Pg$  erreicht, befinde sich also an der stereoskopischen Grenze und schreite nun auf der Alleecurve weiter fort, so wird er erstens keine physiologische Tiefenzunahme mehr erzeugen, und zweitens wird die Abnahme des Lateralwinkels den Betrag  $(\mu + \varphi)$  nie erreichen, also keine physiologische Breitenabnahme mehr erzeugen. Von der stereoskopischen Grenze an bis in beliebig weite (unendliche) Entfernung wird also der Lateralwinkel gleichbleiben müssen oder sich um den physiologisch unwirksamen Betrag  $\leq \mu + \varphi$  ändern dürfen.

Das heißt nun: Jenseits der stereoskopischen Grenze ist zur Erzielung gleicher scheinbarer Größe nur nöthig, dass der Gesichtswinkel gleich bleibe oder sich bloß in physiologisch unwirksamer Weise ändere; m. a. W. jenseits der stereoskopischen Grenze gilt für den binocular Sehenden dasjenige Gesetz der scheinbaren Größe, welches für den monocular Sehenden überall gilt; die scheinbare Größe ist dem Gesichtswinkel direct proportional. Sobald keine variable Tiefenempfindung mehr vorhanden ist, hat der binoculare Schach vor dem monocularen überhaupt nichts mehr voraus. Natürlich wird hier, wie auch sonst in unserer ganzen Untersuchung vorausgesetzt, dass alle empirischen Motive der Tiefenlocalisation streng ausgeschlossen bleiben.

#### VIII. Capitel.

### Deduction jeder beliebigen Alleecurve aus einer gegebenen, und zwar a) unter Voraussetzung des Müller'schen Horopters.

§ 32. Mit der Feststellung des Verhältnisses zwischen scheinbarer Größe, Gesichtswinkel und scheinbarer (durch die Disparation gemessener) Entfernung ist zwar der wichtigste Theil der Theorie erledigt. Von der Vollständigkeit derselben kann aber noch nicht die Rede sein. Denn wir wissen bis jetzt nur, dass zur Erzielung gleicher scheinbarer Größe die Gesichtswinkel um einen constanten Betrag abnehmen müssen, wenn die Disparation um einen constanten Betrag wächst.

Was uns aber noch fehlt, ist der Proportionalitätsfactor, bezw., um wieder von den scheinbaren Alleen zu sprechen, der Quotient  $\frac{\nu}{\mu}$ , also das constante Verhältnis zwischen den Winkeln, die durch die Drehung der beiden Richtstrahlen aus ihren Anfangslagen gebildet werden, durch die Drehung jener beiden Strahlen, deren wandernder Schnittpunkt die Alleecurve beschreibt. Wir wissen, dass dieser Quotient für dasselbe Individuum und für Alleen von gleicher Breite constant ist; wir wissen ferner, dass er für Alleen von verschiedener Breite ein verschiedener ist. Aber wir wissen bisher nicht, nach welchem Gesetze er sich von einer Alleecurve zur anderen ändert. In dieser Hinsicht ist also die Theorie noch auszubauen, damit nicht für jede neue Breite immer wieder ein neues empirisches Datum erforderlich werde, für dessen Bewertung wir gar keinen theoretischen Anhaltspunkt haben. Lässt sich, wenn eine Allec gegeben ist, jede beliebige Allec von anderer Breite aus ihr ableiten? Genauer gesagt: wenn für zwei verschieden breite Alleen je ein Punkt gegeben ist und wenn wir das  $\frac{\nu_1}{\mu_1}$  einer Alleecurve kennen, lässt sich daraus das  $\frac{\nu_2}{\mu_2}$  einer anderen berechnen, so dass damit auch die ganze zweite Alleecurve bekannt ist?

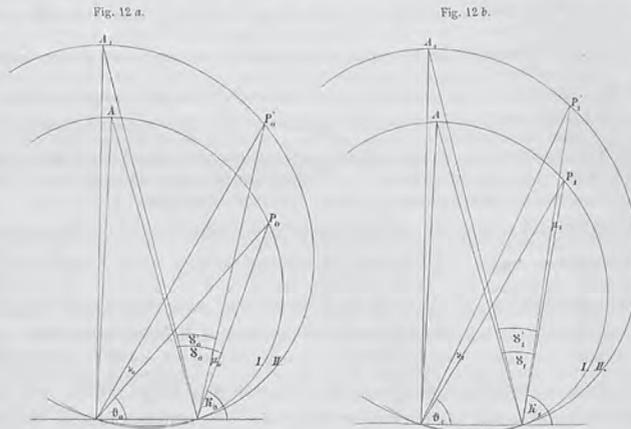
Die Frage ist, wie bald gezeigt werden soll, zu bejahen. Nur Eines will ich sogleich vorausschicken: die Ableitung eines  $\frac{\nu}{\mu}$  aus einem anderen lässt sich nur auf Grund einer bestimmten Annahme über die Gestalt des Längshoropters durchführen: ich muss (da wir hier nur von den Verhältnissen in der Blickebene handeln) wissen, wo diejenigen wirklichen Punkte liegen müssen, deren entsprechende Sehpunkte in einer frontalparallelen Geraden liegen, also keinen Tiefenunterschied zeigen.

Die Gestalt des Längshoropters kann nun entweder als eine gesetzmäßige und mathematisch formulierbare angenommen werden — und diesfalls lässt sich eine Gleichung aufstellen, welche das  $\frac{\nu_2}{\mu_2}$  der unbekanntem Alleecurve als eine Function 1) des  $\frac{\nu_1}{\mu_1}$  der bekannten Alleecurve und 2) des Ortes von je einem Punkte der einen und anderen Alleecurve darstellt. Oder aber der Längshoropter lässt keine mathematische Definition zu, sondern wird nur von Fall zu Fall empirisch bestimmt — dann ist eine allgemeine Darstellung des zu suchenden Quotienten  $\frac{\nu_2}{\mu_2}$  als Function der obgenannten Größen allerdings nicht möglich; es lässt sich aber, wie wir sehen werden, mit Zuhilfenahme eines individuellen Datums über den empirischen Horopter jenes  $\frac{\nu_2}{\mu_2}$  doch in singularer Weise bestimmen.

Die allgemeine Lösung des Horopterproblems hat zur Voraussetzung die functionelle Homogenität der Netzhaut, wie ich das kurz nennen will, d. h. die Annahme, dass wo immer zwei Punkte denselben geodätischen Abstand auf der Netzhaut haben, auch der Unterschied ihrer physiologischen Raumwerte derselbe sei, oder (was dasselbe ist), dass gleichen Gesichtswinkeln überall auch als gleich empfundene Richtungsunterschiede entsprechen. Empirisch verhält sich das bekanntlich anders. Der öfter erwähnte functionelle Unterschied zwischen nasaler und temporaler Netzhaut, die andersartige Abnahme der Breitenwerte auf der oberen und unteren Netzhaut gegenüber dem mittleren Querschnitte, die Abnahme der Breitenwerte mit der excentrischen Lage (gegenüber der Stelle des deutlichsten Sehens) und noch manche andere Inhomogenitäten lassen den mathematischen Horopter als ein bloßes Schema erscheinen. Die genannten Abweichungen sind aber mathematisch nicht formulierbar; wir kennen z. B. kein Gesetz, welches uns den Breitenwert eines und desselben Gesichtswinkels als Function seiner mehr oder weniger peripheren Lage darstellte u. dgl. m. Daher werden alle Beziehungen, die die Gestalt des empirischen Horopters zur Voraussetzung haben, ebenso wenig mathematisch formulierbar sein wie der empirische Horopter selbst.

In Betreff unseres Problems, das  $\frac{\nu}{\mu}$  einer Alleecurve aus dem  $\frac{\nu}{\mu}$  einer anderen abzuleiten, werde ich nun ein Zweifaches thun. Ich werde die allgemeine Ableitung unter der Voraussetzung der functionellen Homogenität der Netzhaut, also unter Voraussetzung des mathematischen Horopters machen, und hierauf werde ich zeigen, wie man auf der Basis des empirischen Horopters — auf Umwegen allerdings — von dem  $\frac{\nu}{\mu}$  einer individuellbestimmten Curve auf das  $\frac{\nu}{\mu}$  einer individuellen anderen Curve übergehen kann — ohne Benützung einer allgemeinen Übergangsformel.

§ 33. In Fig. 12 a und b sind die Kreise I, bezw. II, einander gleich; sie sind Müller'sche Horopterkreise, von denen jetzt angenommen wird, dass sie die geometrischen Orte derjenigen Außenpunkte sind,



denen Sehpunkte ohne Tiefenunterschied entsprechen — m. a. W. denen im Sehraume Kernflächen oder kernflächenparallele Ebenen entsprechen. In Fig. 12 a sind  $P_0$  und  $P'_0$  die empirisch gefundenen Orte zweier Punkte einer Alleecurve. Es ist also gegeben  $\nu_0, \theta_0, \mu_0, \nu_0$  und daher auch  $\frac{\nu_0}{\mu_0} = c_0$ . In Fig. 12 b soll aber nur der Punkt  $P_1$  gegeben sein, also nur  $\nu_1$  und  $\theta_1$ , nicht aber der Punkt  $P'_1$ , also auch nicht  $\mu_1$  und  $\nu_1$ , und daher auch nicht  $\frac{\nu_1}{\mu_1} = c_1$ . Wir kennen also von der breiteren Alleecurve (Fig. 12 a) alle Bestimmungsstücke, von der schmäleren aber nur einen Punkt, nämlich  $P_1$ . Gefragt wird nach dem Quotienten  $\frac{\nu_1}{\mu_1}$ , der zusammen mit dem Orte von  $P_1$  die schmalere Alleecurve vollständig bestimmen würde. Die Rechnung stützt sich auf folgende Überlegung: wir kennen das Verhältnis der scheinbaren Breiten der beiden Alleen, weil wir die Winkel kennen, welche die Richtung sowohl von  $P_0$  wie von  $P_1$  mit der Richtung des demselben Horopter I angehörigen medianen Punktes A bildet; kurz gesagt: wir kennen das Verhältnis der Lateralwerte  $P_0$  und  $P_1$ , da im gleichen Horopter die scheinbaren Breiten den wirklichen Lateralwinkeln proportional sind. Dieses selbe Verhältnis muss aber auch zwischen den Lateralwinkeln von  $P'_0$  und  $P'_1$  bestehen, weil auch sie einem und demselben Horopter angehören und das

Verhältnis der scheinbaren Breiten für zwei medianparallele Aalen überall dasselbe sein muss. Somit ist der Lateralwinkel von  $P'_1$  als viertes Glied einer Proportion zu finden. Es ist das Verhältnis der Breitenwerte von  $P_0$  und  $P_1$

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_0} = \frac{180 - \alpha_1 - \beta_1}{180 - \alpha_0 - \beta_0},$$

welches Verhältnis  $p$  heißen soll.

Dieses selbe Verhältnis  $p$  muss auch zwischen  $\gamma'_1$  und  $\gamma'_0$  bestehen. Es ist also

$$p = \frac{\gamma'_1}{\gamma'_0} = \frac{180 - (\alpha_1 + \mu_1) - (\beta_1 + \nu_1)}{180 - (\alpha_0 + \mu_0) - (\beta_0 + \nu_0)}.$$

Setzen wir  $\frac{\nu_0}{\mu_0} = c_0$  und  $\frac{\nu_1}{\mu_1} = c_1$ , so lässt sich die Gleichung so schreiben

$$p = \frac{180 - \alpha_1 - \beta_1 - \mu_1 (c_1 + 1)}{180 - \alpha_0 - \beta_0 - \mu_0 (c_0 + 1)}$$

oder mit Hinblick darauf, dass

$$\gamma_1 = \frac{180 - \alpha_1 - \beta_1}{2}$$

und

$$\gamma_0 = \frac{180 - \alpha_0 - \beta_0}{2}$$

auch so:

$$p = \frac{2\gamma_1 - \mu_1 (c_1 + 1)}{2\gamma_0 - \mu_0 (c_0 + 1)} \dots\dots\dots 1).$$

Berücksichtigt man, dass  $\frac{\gamma_1}{\gamma_0} = p$ , so ergibt sich

$$\mu_1 (c_1 + 1) = p\mu_0 (c_0 + 1) \dots\dots\dots 2).$$

Da aber die Punkte  $P_0$  und  $P_1$  demselben Kreise I angehören und ebenso die Punkte  $P'_0$  und  $P'_1$  demselben Kreise II so ist

$$\nu_1 - \mu_1 = \nu_0 - \mu_0$$

oder

$$\mu_1 (c_1 - 1) = \mu_0 (c_0 - 1) \dots\dots\dots 3).$$

Die Division der Gleichung 2) durch Gleichung 3) ergibt

$$\frac{c_1 + 1}{c_1 - 1} = p \frac{c_0 + 1}{c_0 - 1}$$

und daraus ergibt sich

$$c_1 = \frac{p(1 + c_0) - (1 - c_0)}{p(1 + c_0) + (1 - c_0)} \dots\dots\dots 4).$$

Dieses  $c_1$  ist aber der gesuchte Quotient  $\frac{\nu_1}{\mu_1}$ , der die zweite (in der Figur schmalere) Allecurve vollständig charakterisiert, sofern nur der Ort eines Punktes dieser Curve (nämlich  $P_1$ ) gegeben ist. Denn das in Gleichung 4) erscheinende  $p$  enthält nur die Größen  $\alpha_0, \beta_0, \alpha_1, \beta_1$ ; es ist ja

$$p = \frac{180 - \alpha_1 - \beta_1}{180 - \alpha_0 - \beta_0}$$

Somit lässt sich unter Annahme des Müller'schen Horopters aus einer Alleecurve jede beliebige andere ausrechnen.

Anmerkung. Eines besonderen Falles will ich hier kurz Erwähnung thun. Wie wir wissen, wird der Quotient  $\frac{v}{\mu}$  immer größer je näher die Curve der Mediane liegt, also je schmaler die scheinbare Allee ist. Man sieht schon aus den beiden in Fig. 12 dargestellten Fällen, wie das  $\mu$  kleiner wird. Ein ausgezeichnete Fall ist nun der, dass  $\mu = 0$  wird, denn diesfalls wird aus der Curve eine Gerade. Nehmen wir die in Fig. 12 a durch die beiden Punkte  $P_0$  und  $P_1$  repräsentirte Alleecurve als gegeben an, d. h. nehmen wir  $x_0, \vartheta_0$  und  $\frac{x_1}{P_0} = c_0$  als bekannt an, so besteht zwischen dieser und irgend einer zweiten Alleecurve der Zusammenhang

$$c_1 = \frac{p(1+c_0)-(1-c_0)}{p(1+c_0)+(1-c_0)}$$

Soll nun diese zweite Allee in einer durch den Knotenpunkt gehenden Geraden liegen, so muss  $\mu_1 = 0$  und daher  $\frac{x_1}{P_1} = c_1 = \infty$  und daher

$$p(1+c_0)+(1-c_0) = 0 \text{ sein.}$$

Daraus folgt:

$$p = \frac{c_0-1}{c_0+1}$$

und da  $p = \frac{\gamma_1}{\gamma_0}$ , so ist

$$\gamma_1 = \gamma_0 \frac{c_0-1}{c_0+1} \dots\dots\dots 5).$$

Nun ist

$$\gamma_1 = 90 - \frac{x_1 + \vartheta_1}{2}$$

oder

$$2 x_1 = 180 - 2 \gamma_1 + x_1 - \vartheta_1 \dots\dots\dots 6).$$

Liegen nun  $P_0$  und  $P_1$  im selben Müller'schen Horopter, so ist

$$x_0 - \vartheta_0 = x_1 - \vartheta_1$$

und daher geht Gleichung 6) über in

$$x_1 = 90 - \gamma_0 \frac{c_0-1}{c_0+1} + \frac{x_0 - \vartheta_0}{2} \dots\dots\dots 7).$$

Setzt man für  $\gamma_0$  den Wert  $90 - \frac{x_0 + \vartheta_0}{2}$ , so geht Gleichung 7) nach einigen Umformungen über in

$$x_1 = x_0 + \frac{1}{c_0+1} (180 - x_0 - \vartheta_0)$$

oder

$$x_1 = \frac{180 + c_0 x_0 - \vartheta_0}{c_0+1} \dots\dots\dots 8).$$

Diese Gleichung gestattet also aus einer bestimmten, durch die Größen  $x_0, \vartheta_0, c_0$  charakterisirten Alleecurve den ausgezeichneten Fall zu berechnen, in welchem die Curve in eine durch den Knotenpunkt gehende Gerade übergeht, indem sie den Winkel  $x_1$  finden lässt, den diese Gerade mit der Basallinie einschließt.

IX. Capitel.

Deduction jeder beliebigen Alleecurve aus einer gegebenen u. zw. b) unter der Voraussetzung, dass ein einziger empirischer Längshoropter bekannt ist.

§ 34. Wir haben gesehen, wie man aus einer gegebenen Alleecurve jede beliebige andere deductiv finden kann, wenn man einen Punkt von ihr kennt. Bei dieser Ableitung wurde aber die Giltigkeit des Müller'schen Horopters vorausgesetzt. Da nun der Müller'sche Horopter nicht identisch ist mit dem empi-

rischen, so kann auch jene Ableitung einer Alleecurve aus einer anderen nicht mit den empirischen Verhältnissen übereinstimmen. Man darf sich hier durch die numerischen Ergebnisse der Rechnung nicht täuschen lassen. Wenn man nach der oben entwickelten Formel

$$c_1 = \frac{p(1+c_0) - (1-c_0)}{p(1+c_0) + (1-c_0)}$$

aus dem  $\frac{y}{\mu}$ , welches für eine unserer experimentell ermittelten Alleecurven gilt, das  $\frac{y}{\mu}$  einer anderen ausrechnet und es mit dem empirisch gefundenen  $\frac{y}{\mu}$  vergleicht, so wird man eine scheinbar ganz befriedigende Übereinstimmung zwischen dem deducierten und dem empirisch ermittelten Werte finden und könnte daher geneigt sein, die Formel für eine empirisch verwendbare, nicht bloß für eine solche zu halten, die idealisierten Verhältnissen angepasst ist. Man würde mit einer solchen Meinung fehlgehen: die Breiten der von uns experimentell ermittelten Alleen halten sich nämlich in so engen Grenzen, dass die Abweichung des empirischen vom Müllerschen Horopter keine beträchtliche sein kann. In der Nähe der Mediane macht es nicht viel aus, ob der Horopter die Krümmung des Müller'schen hat oder ob er eine Ebene oder schließlich sogar eine gegen den Beschauer schwach convexe Curve ist; die Abweichungen des berechneten  $\frac{y}{\mu}$  vom empirischen können daher unter Umständen sehr geringfügige, sogar ganz ins Fehlerintervall fallende sein: die gute Übereinstimmung ist dann nicht Folge der empirischen Brauchbarkeit der Formel (die ja wegen der empirischen Ungültigkeit des Müller'schen Horopters principiell ausgeschlossen ist), sondern nur Folge des Umstandes, dass innerhalb der verwendeten Werte die Unbrauchbarkeit derselben nicht, oder wenigstens nicht auffällig, zum Vorschein kommen konnte.

Nun fragt sich's aber, ob man die Ableitung einer Alleecurve aus einer anderen (oder, was dasselbe ist, eines  $\frac{y}{\mu}$  aus einem anderen) nicht auch ohne die Annahme des Müller'schen Horopters durchführen kann. Ganz und gar ohne jede Horopterannahme durchzukommen ist natürlich unmöglich; denn sobald man das Verhältnis der scheinbaren Breiten zweier Alleen überhaupt in der Rechnung verwendet, ist damit schon gesagt, dass man mindestens zu einem Punkte der einen Allee jenen Punkt der anderen kennen muss, der mit ihm den gleichen Tiefenwert besitzt: man muss also irgendwo im Verlaufe der beiden Alleecurven einen Längshoropter durch dieselben legen können, und zwar einen empirisch gültigen. Wie sich ferner sofort ergeben wird, muss man, wenn das Unternehmen gelingen soll, mit einem einzigen empirischen Horopter ausreichen.

Denken wir uns in Fig. 12 a und b (S. 42 [77]) die Müller'schen Kreise durch empirische Horopteren ersetzt, so würde sich eine Deduction des  $\frac{y_1}{\mu_1}$  aus  $\frac{y_0}{\mu_0}$  durchführen lassen, die jener obigen, unter Annahme des Müller'schen Horopters vollzogenen analog wäre — und sie würde wegen der empirischen Gültigkeit der Horopteren auch zu einem empirisch gültigen  $\frac{y_1}{\mu_1}$  führen. Aber eine solche Deduction hätte keinen Sinn: denn sie setzt nicht nur für die eine, sondern auch für die andere Alleecurve die Kenntnis zweier Punkte voraus; kennt man aber zwei Punkte derselben Curve, dann kennt man das  $\frac{y}{\mu}$  dieser Curve ohnehin schon, braucht also überhaupt keine Deduction. Darum sagte ich früher, man müsse mit einem empirischen Horopter auslangen.

§ 35. Es wird also jetzt Folgendes angenommen: wir kennen von einer Alleecurve einen Punkt  $P_0$  (bezw. sein  $\mu_0$  und  $\vartheta_0$ ) und das diese Curve charakterisierende  $\frac{y_0}{\mu_0} = c_0$ , wir kennen ferner den durch  $P_0$

gehenden empirischen Horopter und einen zweiten, diesem selben Horopter angehörigen Punkt  $P_1$  einer Alleecurve von anderer Breite. Es soll der Quotient  $\frac{\varphi_1}{\mu_1}$  der durch  $P_1$  gehenden Alleecurve gefunden werden.

Da  $P_0$  und  $P_1$  der Voraussetzung zufolge keinen verschiedenen Tiefenwert haben, gibt das Verhältnis ihrer Lateralwinkel (wenigstens für diesen empirischen Horopter) das Verhältnis der wirklichen und zugleich auch der scheinbaren Breiten der beiden Alleen an (vgl. darüber das S. 38 [292] Gesagte). Dieses Verhältnis heiÙe  $p$ . Dasselbe Breitenverhältnis muss sich für die beiden Curven auch »im Unendlichen«, d. h. in ihrem asymptotischen Verlaufe herstellen. Denn dass das scheinbare Breitenverhältnis im ganzen Verlaufe der beiden Alleen und daher auch im Unendlichen dasselbe sein muss, liegt ja im Begriffe einer scheinbaren Allee. Das Verhältnis der scheinbaren Breiten ist aber durch das Verhältnis der (wirklichen) Lateralwinkel gegeben, sobald kein Tiefenunterschied besteht; und jenseits der stereoskopischen Grenze besteht eben kein Tiefenunterschied mehr — das Doppelauge verhält sich wie ein Auge und für ein Auge können wir in der That das Verhältnis zweier Breitenwerte durch das Verhältnis der Gesichtswinkel ausdrücken, die die betreffenden Richtungslinien mit der Medianlinie einschließen. Kennt man also die Richtung des  $\infty$  fernen Punktes für zwei Alleecurven, dann ist auch ihr Breitenverhältnis bekannt.

Nach den Erörterungen S. 36 ff. [290] (vgl. auch Fig. 10) ist, wenn  $x_0$  und  $\vartheta_0$  den Ort eines Alleepunktes, ferner  $\frac{y_0}{\mu_0} = c_0$  den charakteristischen Quotienten dieser Curve bedeutet, und  $\varphi_0$  eben jener Lateralwinkel in  $\infty$  Entfernung heißt,

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2} - \frac{x_0 - \vartheta_0}{c_0 - 1} - x_0.$$

Für eine andere Allee mit den Constanten  $x_1, \vartheta_1$  und  $\frac{y_1}{\mu_1} = c_1$  ist

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{2} - \frac{x_1 - \vartheta_1}{c_1 - 1} - x_1.$$

Der Winkel  $\varphi_0$  ist bestimmt, weil  $x_0, \vartheta_0$  und  $c_0$  bekannt sind. Hingegen ist  $\varphi_1$  aus der obigen Gleichung nicht zu gewinnen, weil zwar  $x_1$  und  $\vartheta_1$ , nicht aber  $c_1$  gegeben ist. Wir kennen aber  $\varphi_1$  aus einer anderen Quelle: da nämlich  $\frac{\varphi_0}{\varphi_1}$  das Breitenverhältnis der beiden Alleen im Unendlichen ist und dieses Breitenverhältnis dasselbe sein muss wie an der Stelle des einen uns bekannten Horopters (wir haben dieses Verhältnis oben  $p$  genannt), so lässt sich aus

$$\frac{\varphi_0}{\varphi_1} = p$$

das  $\varphi_1$  rechnen. Nunmehr kann man die Gleichung

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{2} - \frac{x_1 - \vartheta_1}{c_1 - 1} - x_1$$

nach  $c_1$  auflösen und erhält so

$$c_1 = \frac{x_1 - \vartheta_1}{\frac{\pi}{2} - \varphi_1 - x_1} + 1$$

oder

$$c_1 = \frac{\frac{\pi}{2} - (\varphi_1 + \vartheta_1)}{\frac{\pi}{2} - (\varphi_1 + x_1)}.$$

Diese Gleichungen gestatten also den Quotienten  $\frac{y_1}{p_1}$  einer Alleecurve aus dem bekannten Quotienten  $\frac{y_0}{p_0}$  einer anderen Alleecurve deductiv zu finden, d. h. also, wenn eine einzige Alleecurve oder auch nur zwei Punkte derselben empirisch gegeben sind, für jeden beliebigen sonstigen Punkt der Blickebene die ganze Curve zu construieren, welcher dieser Punkt angehört, und zwar die wirkliche, empirisch gültige Curve und nicht, wie das früher (S. 42 ff. [296]) geschehen ist, eine Curve, die auf der Voraussetzung eines idealisierten, thatsächlich gar nicht geltenden Längshoropters gegründet ist. Vorausgesetzt wird dabei nur, dass man in irgend einer beliebigen Entfernung vom Beobachter einen empirischen Längshoropter kennt.

Anmerkung. Handelt es sich um die numerische Auswertung des  $e_1$ , so genügt, wie erwähnt, die Kenntnis eines einzigen durch  $x_1$  und  $\vartheta_1$  gegebenen Punktes der aufzufindenden Curve.

Es kann aqer die Forderung gestellt werden, diese ganze — doch etwas weitläufige — Deduction einer Curve aus einer anderen empirisch zu verificieren, um etwaige Bedenken gegen die Stringenz der Deduction auszuschließen. Man kann da entweder so vorgehen, dass man eine Alleecurve empirisch ermittelt, dann einen beliebigen Punkt ( $x_1, \vartheta_1$ ) außerhalb dieser Curve festsetzt, hierauf das  $e_1$  nach der obigen Formel ausrechnet und nun auf Grund dieses berechneten Wertes eine Anzahl von Punkten dieser Curve bestimmt; hängt man dann eine Anzahl von Loten so auf, dass sie diese Punkte zu Fußpunkten haben, so wird die Beobachtung ergeben, ob diese Fäden wirklich den Eindruck einer medianparallelen Allee machen. Das wäre der eine Weg der empirischen Controle. Thatsächlich ist derselbe nicht ganz verlässlich wegen der nicht völlig ausschließenden Voreingenommenheit des Beobachters, namentlich wenn dieser der Theorie persönlich nahesteht; sind die Abweichungen nicht allzugroß, so wird er leicht das als gleich groß sehen, was nach seiner Theorie gleich groß sein soll.

Man wird daher besser thun, gleich von vornherein zwei (verschieden breite) scheinbare Alleen aufzustellen, nach der obigen Gleichung das  $e_1$  der einen Allee auszurechnen und mit dem empirischen  $e_1$  derselben zu vergleichen. Hierbei ist aber Folgendes zu beachten: von welchem Punkte der zweiten Allee man ausgeht, d. h. welches  $x_1$  und  $\vartheta_1$  man benützt, ist principiell gleichgültig, da  $\frac{y_1}{p_1}$  eine Constante ist: die Richtung des  $\infty$  fernen Punktes wird immer dieselbe sein und damit wird auch der durch  $\infty \varphi_1$  dargestellte Lateralwert des  $\infty$  fernen Punktes der gleiche sein. Ich könnte also das  $x_1, \vartheta_1$  des ersten 1 m entfernten Fadenpaares ebensogut zugrunde legen wie das  $x_1, \vartheta_1$  des zweiten, dritten . . . Fadenpaares. Nun sind aber die Orte der einzelnen Fadenpaare einer solchen experimentell ermittelten Allee mit Beobachtungsfehlern behaftet, was sich ja auch darin zeigt, dass das  $\frac{y_1}{p_1}$  einer solchen Allee thatsächlich nicht genau constant ist, sondern nur um einen constanten Wert schwankt. Man würde also, wenn man das  $x_1, \vartheta_1$  eines einzigen Fadenpaares der Rechnung zugrunde legte, ihr Resultat durch den diesem Fadenpaare zufällig anhaftenden Beobachtungsfehler trüben. Um das zu vermeiden, wird man das  $e_1$  aus den  $x_1$  und  $\vartheta_1$  jedes einzelnen Fadenpaares bestimmen und den Durchschnittswert rechnen, welcher dann mit dem Mittel aus allen beobachteten  $e_1$  zu vergleichen ist. Dies ist umso mehr gefordert als ja das in der Gleichung vorkommende  $\varphi_1$  (der Breitenwinkel dieser Alleecurve im Unendlichen) auch aus lauter Mittelwerten gewonnen ist; er ergab sich ja aus der Verhältniszahl  $p$  und dem Breitenwinkel  $\varphi_0$  der Ausgangscurve und dieser letztere würde aus sämtlichen  $x_0, \vartheta_0$  und  $e_0$  gerechnet (vgl. S. 37 [291]). Die obige Gleichung

$$e_1 = \frac{x_1 - \vartheta_1}{\frac{\pi}{2} - \varphi_1 - x_1} + 1$$

wird, wenn man sie für die Berechnung des Mittelwertes einrichtet, die Form annehmen

$$e_1 = \frac{\sum (x_1 - \vartheta_1)}{n \left( \frac{\pi}{2} - \bar{\varphi}_1 \right) - \sum x_1}$$

oder

$$e_1 = \frac{n \left( \frac{\pi}{2} - \bar{\varphi} \right) - \sum \vartheta_1}{n \left( \frac{\pi}{2} - \bar{\varphi} \right) - \sum x_1}$$

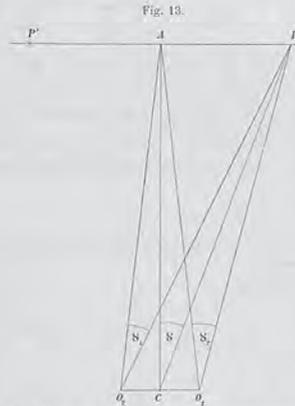
Die unter dem Summenzeichen stehenden Werte sind vom ersten bis exclusive letzten (achten) Fadenpaare zu nehmen, weil das  $e_1$  ( $= \frac{y_1}{p_1}$ ) eine Grösse ist, die sich auf die relative Lage zweier aufeinander folgender Allee punkte bezieht, weshalb es in jeder Allee um ein  $e$  weniger geben wird als Fadenpaare vorhanden sind. Da bei unseren Beobachtungen immer 8 Fadenpaare zur Verwendung kamen, ist daher  $n = 7$ .

§ 36. Ehe ich nun an die Auswertung des  $c_1$  für die einzelnen Beobachter gehe, muss ich einige Bemerkungen über die Auffindung der Größe  $p$  vorausschicken.

$p$  bezeichnet das Verhältnis der Breiten zweier Alleen. Dieses Verhältnis kann empirisch bestimmt werden, wenn man durch beide Curven irgendwo einen empirischen Längshoropter durchlegt und die Lateralwinkel der beiden Schnittpunkte bestimmt. Wo dieser Längshoropter durchgelegt wird, ist gleichgültig. Nun wissen wir, dass der empirische Längshoropter in großer Nähe des Beobachters gegen diesen concav, in der Ferne gegen ihn convex und in einer gewissen Entfernung, besser gesagt, in einem gewissen Intervalle von Entfernungen eine Ebene ist. In beiläufig  $\frac{1}{2} m$  ist dies letztere der Fall. In  $1 m$  Entfernung besteht zwar schon eine Andeutung von Convexität; sie ist aber so gering, dass der Fehler, den man macht, wenn man auf Grund eines als eben angenommenen Horopters die Lateralwinkel bestimmt, gar nicht in Betracht kommen kann.

Ich habe hierüber ein paar kleine Versuchsreihen gemacht. In einer  $1 m$  vom Beobachter entfernten Ebene wurden zwei Verticalfäden aufgehängt, die von einander einmal  $454 mm$ , ein anderesmal  $308 mm$ , ein drittesmal  $207 mm$  entfernt waren. Das sind nämlich die Lateralabstände wie sie sich für das erste,  $1 m$  entfernte Fadenpaar der drei Alleen für mich ergeben hatten (vgl. oben die Tabellen XIII, XV und XVII). Versuchte ich einen dritten, in der Mediane ebene gelegenen Faden so zu stellen, dass er in der Ebene der Seitenfäden zu liegen schien, so lag er tatsächlich im ersten Falle  $5.2 mm$ , im zweiten  $4.2 mm$ , im dritten  $2.6 mm$  vor der wirklichen Ebene der Seitenfäden. Das sind Abweichungen, die das Verhältnis der Lateralwinkel erst in der dritten Decimale und hier nur um eine Einheit beeinflussen, also längst in den Fehlerbereich fallen. Man kann daher für unsere Zwecke den Längshoropter in  $1 m$  Entfernung ohne Fehler als eben annehmen. Wir können somit das Verhältnis der Gesichtswinkel, unter welchen die ersten (vom Beobachter  $1 m$  entfernten) Fadenpaare zweier scheinbarer Alleen gesehen werden, als das scheinbare Breitenverhältnis  $p$  dieser beiden Alleen betrachten.

In Kürze will ich nur die Frage berühren, welcher Winkel eigentlich als Gesichtswinkel eines solchen Fadenpaares anzusehen ist. Wenn (wie in Fig. 13) der Horopter  $PAP'$  eine Ebene ist, so erscheint die Distanz  $AP$  dem rechten Auge unter anderem Gesichtswinkel als dem linken. Es ist  $\gamma_2 > \gamma_1$ . Diese geometrisch ungleichen Winkel sind aber physiologisch gleich; denn der Punkt erscheint einfach, kann also nur einen Breitenwert haben. Die Thatsache, dass der empirische Horopter überhaupt jemals eine Ebene sein kann, bezeugt ohnehin schon, dass geometrisch ungleiche Winkel unter Umständen physiologisch gleich sein müssen. Ich habe für die Berechnung der Breitenverhältnisse weder  $\gamma_1$  noch  $\gamma_2$ , sondern  $\gamma$  zugrunde gelegt, also einen Winkel, dessen Scheitelpunkt der Halbierungspunkt der Basallinie ist; man pflegt ja dahin das Sehrichtungscentrum zu verlegen. Für unsere Zwecke kommt nichts darauf an, ob der jedenfalls zwischen  $\gamma_1$  und  $\gamma_2$  anzunehmende Wert wirklich gerade durch  $\gamma$  repräsentiert wird, weil in unseren Versuchen  $\gamma_1$  und  $\gamma_2$  selbst schon sehr wenig von einander abweichen. So ist z. B. für das erste Fadenpaar in



Tab. XIII der Unterschied der Gesichtswinkel, unter denen die halbe Lateralabstände  $AP$  dem linken und rechten Auge erscheint, ungefähr  $14'$ , liegt also, verglichen mit dem Unterschiede zweier Einstellungen (man vergleiche nur die homologen  $\alpha$  und  $\beta$  in den Tabellen XIII und XIV) noch ganz im Fehlerbereiche.

Anmerkung. Etwas anderes ist es freilich, wenn man sich nicht damit begnügt zu wissen, dass die Unterschiede des linken und rechten Gesichtswinkels selbst schon so gering sind, dass auf die Wahl des Mittelwertes nichts ankommt, sondern wenn man

die Frage nach dem Orte des Schichtungscentrums als selbständiges Problem aufwirft. Wo liegt eigentlich der Ort, der den Ausgangspunkt für die empfundene Richtung eines binocular gesehenen Punktes bildet? Wenn gesagt wird, das Schichtungscentrum liege zwischen beiden Augen (etwa in der Gegend der Nasenwurzel), so wird das richtig sein, aber die Angabe ist doch allzu ungenau. Schon das ist fraglich, ob es bei allen Menschen in der Symmetrieebene liegt. Wie wir wissen, sind nasale und temporale Netzhaut funktionell verschieden; das würde zwar noch keine asymmetrische Lage des Schichtungscentrums begründen, aber es kommt auch vor, dass die beiden nasalen Netzhauthälften unter einander und ebenso die beiden temporalen untereinander verschieden sind. Ich habe auf solche Fälle in der Abhandlung über die Stabilität der Raumwerte (*Zeitschr. f. Psych. u. Physiol. d. Sinnesorg.*, Bd. V, p. 56) hingewiesen: Bei solchen Individuen liegt, symmetrische Convergence vorausgesetzt, der Längschoropter gar nicht symmetrisch zur Medianebene; in der Gegend z. B., in welcher er eine Ebene ist, steht diese Ebene auf der Medianebene nicht senkrecht. Da nun die scheinbare Mediane auf der Kernfläche senkrecht steht, so wird natürlich bei allen Individuen, die einen asymmetrischen Längschoropter haben, auch die scheinbare Medianebene von der wirklichen abweichen müssen!

Sehen wir indessen von solchen individuellen Asymmetrien ab, so bleibt noch immer die Frage offen, welcher Punkt der Symmetrieebene als Schichtungscentrum anzusehen ist, ja ob es überhaupt ein einheitliches Schichtungscentrum gibt. Ich will hier nur eine Schwierigkeit andeuten. Es wird, ich glaube mit Recht, angenommen, dass ein Punkt  $M$  dann dieselbe Schichtung habe wie ein anderer näher oder ferner gelegener Punkt  $N$ , wenn bei Fixation des einen der andere ein symmetrisches Doppelnethautbild gibt (für die Empfindung aber allerdings noch nicht in Doppelbilder zerfallen muss). Wenn das der Fall ist, dann liegen, wie aus geometrischen Gründen einleuchtet, die sämtlichen einer Schichtung angehörigen Punkte des Außenraumes gar nicht in einer Geraden sondern auf einem Kegelschnitt. Man denke sich nur in Fig. 13 die Strahlen  $O_1 P$  und  $O_2 P$  nach auswärts (also den ersten nach links, den zweiten nach rechts) mit gleicher Winkelgeschwindigkeit gedreht, dann ist sofort ersichtlich, dass der Schnittpunkt  $P$  sich nicht auf einer Geraden in die Ferne bewegt; nur ein medianer Punkt, etwa  $A$  würde dies thun. Mit dem Begriffe der Richtung verbindet man die Eigenschaft der Geradheit; daraus folgt natürlich gar nicht, dass die Schichtung, die ja dem physiologischen Raume angehört, sich im wirklichen Raume auf einer Geraden abbilden müsse. Zur Entstehung eines einheitlichen Schichtungscentrums scheint mir aber doch das notwendig, dass diejenigen Linien des wirklichen Raumes, welchen im physiologischen Raume Schichtungen entsprechen, einen gemeinsamen Schnittpunkt haben. Dreht man in Fig. 14 die Strahlen  $O_1 P$  und  $O_2 P$  nach einwärts mit gleicher Winkelgeschwindigkeit, so trifft die Bahn des Schnittpunktes  $P$  die Basallinie durchaus nicht im Halbierungspunkte. Dreht man  $O_1 P$  um  $O_1$  nach rechts und  $O_2 P$  um  $O_2$  nach links um stets gleiche Winkel, so wird für den Drehungswinkel  $\alpha_1 = \alpha_2$  der Schnittpunkt in  $O_2$  liegen. Bei weiterer Drehung fällt er auf die andere Seite der Basallinie, rückt für die Stellung  $O_1 M_1$  bzw.  $O_2 M_2$  ins Unendliche und trifft bei weiterer Drehung die Basallinie in  $O_1$ . Würde  $P$  in der Medianebene liegen, so würden die sämtlichen Punkte, die symmetrische Doppelbilder erzeugen, auch in der Mediane liegen, also die Basallinie in deren Halbierungspunkt treffen. Somit würde die(wirkliche) Linie, welche in diesem Falle einer Schichtung entspricht, mit diejenigen Curven, welche in allen anderen Fällen Schichtungen entsprechen, keinen Punkt gemeinsam haben. Daher erscheint es mir fraglich oder doch mindestens der Untersuchung wert, ob es überhaupt ein gemeinsames Schichtungscentrum gibt. Doch soll diese Frage hier nur in Anregung gebracht sein.

§ 37. Wenn wir nunmehr aus dem für die breitere Allee (800 mm) geltenden  $\frac{\gamma_0}{\rho_0} = c_0$  das  $c_1$  für die schmalere Allee (390 mm) nach der S. 45 [300] u. 47 [301] entwickelten

Formel 
$$c_1 = \frac{\sum (x_1 - \varphi_1)}{\pi \left( \frac{\pi}{2} - \varphi_1 \right) - \sum x_1} + 1$$

berechnen wollen, so muss zuerst  $\varphi_1$  gefunden werden,

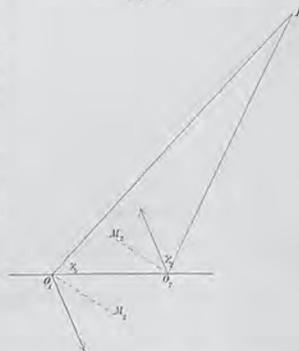
$$\varphi_1 = \frac{\varphi_0 \gamma_1}{\gamma_0}$$

wo  $\varphi_0$  der Winkel ist, den die Richtung des  $\infty$  fernen Punktes der breitere Allee mit der Mediane einschließt.

<sup>1</sup> Auch die Beobachtungen von M. Sachs und R. Wlassak (»Die optische Localisation der Medianebene«, *Zeitschr. f. Psych. u. Physiol. d. Sinnesorg.*, Bd. 22, S. 23 ff.) ergeben solche Asymmetrien, und zwar sowohl für binoculares als auch für monoculares Sehen.

Hübnerd.

Fig. 14.



$\varphi_0$  bedeutet die Winkel, welche von der Richtung des  $\infty$  fernen Punktes und der Mediane gebildet werden, d. h. also die Complementary der in Tab. XXX, S. 37 [ $H_0$ ] angegebenen Winkel für (600); demnach ist für

Hillebrand . . .	$\varphi_0 = 1^\circ 23' 34'' = 5014''^1$
Czermak . . .	$\varphi_0 = 1\ 12\ 14 = 4334$
Radakovič . . .	$\varphi_0 = 1\ 45\ 59 = 6359$
Wirtinger . . .	$\varphi_0 = 0\ 47\ 57 = 2877''^2$

$\gamma_0$  sind die halben Gesichtswinkel, unter denen das erste (1 m entfernte) Fadenpaar der breiteren Alleen (600) erscheint. Entsprechend den in den früheren Tabellen angegebenen Lateraldistanzen des ersten Fadenpaares ergibt sich für

Hillebrand (Tab. XIII)	$12^\circ 47' 22'' = 46042''$
» ( » XIV)	$12\ 12\ 58 = 43978$
	Mittel = 45010''
Czermak ( » XIX)	$13^\circ 19' 59'' = 47999''$
Radakovič ( » XXIII)	$11\ 35\ 6 = 41706$
Wirtinger ( » XXVI)	$13\ 47\ 38 = 49656$
» ( » XXVII)	$14\ 47\ 19 = 53239$
	Mittel = 51447''

$\gamma_1$  sind die halben Gesichtswinkel, unter denen das erste (1 m entfernte) Fadenpaar der schmäleren Alleen (390) erscheint. Entsprechend den in den citierten Tabellen angegebenen Lateraldistanzen des ersten Fadenpaares ergibt sich für

Hillebrand (Tab. XV)	$8^\circ 45' 17'' = 31517''$
» ( » XVI)	$8\ 52\ 0'' = 31920$
	Mittel = 31718''
Czermak ( » XX)	$8^\circ 55' 21'' = 32121''$
» ( » XXI)	$9\ 8\ 46'' = 32926$
	Mittel = 32523''
Radakovič ( » XXIV)	$7\ 49\ 45'' = 28185''$
Wirtinger ( » XXVIII)	$10\ 5\ 34'' = 36334$
» ( » XXIX)	$10\ 12\ 14'' = 36734$
	Mittel = 36534''

Gemäß der Gleichung

$$\varphi_1 = \frac{\varphi_0 \gamma_1}{\gamma_0}$$

ist also für	Hillebrand	$\varphi_1 = \frac{5014 \cdot 31718}{45010} = 3533'' = 0^\circ 58' 53''$
	Czermak	$\varphi_1 = \frac{4334 \cdot 32523}{47999} = 2937'' = 0^\circ 48' 57''$
	Radakovič	$\varphi_1 = \frac{6359 \cdot 28185}{41706} = 4298'' = 1^\circ 11' 38''$
	Wirtinger	$\varphi_1 = \frac{2877 \cdot 36534}{51447} = 2043'' = 0^\circ 34' 3''$

<sup>1</sup> Ich habe hier das Mittel aus den beiden Werten  $1^\circ 24' 0''$  und  $1^\circ 23' 8''$  genommen, welche die Complementary von  $88^\circ 36' 0''$  und  $88^\circ 36' 52''$  der Tab. XXX, S. 37 [291], sind.

<sup>2</sup> Auch hier ist das Mittel aus den beiden Werten  $0^\circ 53' 47''$  und  $0^\circ 42' 7''$ , den Complementary von  $89^\circ 6' 13''$ , bezw.  $89^\circ 17' 53''$  genommen.

Nun ist nach Gleichung

$$c_1 = \frac{\Sigma (x_1 - \vartheta_1)}{n \left( \frac{\pi}{2} - \varphi_1 \right) - \Sigma x_1}$$

für jeden Beobachter der für die schmalere Allee gültige Quotient  $c_1 = \frac{y_1}{\mu_1}$  zu berechnen. Für die Werte  $\Sigma (x_1 - \vartheta_1)$  und  $\Sigma x_1$  habe ich überall dort, wo zwei beobachtete Alleeen vorliegen, das Mittel genommen also für Hillebrand das Mittel aus Tab. XV und XVI, das ist

$$\begin{aligned} \Sigma (x_1 - \vartheta_1) &= 48774' \\ \Sigma x_1 &= 2161527' \\ \varphi_1 &= 3533'. \end{aligned}$$

Daraus ergibt sich

$$c_1 = 1.5968$$

für Czermak das Mittel aus Tab. XX und XXI; das ist

$$\begin{aligned} \Sigma (x_1 - \vartheta_1) &= 49631' \\ \Sigma x_1 &= 2161273' \\ \varphi_1 &= 2937'. \end{aligned}$$

Das ergibt

$$c_1 = 1.5758.$$

Für Radakovič ist gemäß Tab. XXIV

$$\begin{aligned} \Sigma (x_1 - \vartheta_1) &= 46138' \\ \Sigma x_1 &= 2168101' \\ \varphi_1 &= 4298'. \end{aligned}$$

Das ergibt

$$c_1 = 1.6610.$$

Für Wirtinger ergibt das Mittel aus den Tab. XXVIII und XXIX die Werte

$$\begin{aligned} \Sigma (x_1 - \vartheta_1) &= 48571' \\ \Sigma x_1 &= 2149375' \\ \varphi_1 &= 2043'. \end{aligned}$$

Daher

$$c_1 = 1.4656.$$

Vergleicht man diese deductiv gefundenen Werte des Quotienten  $\frac{y_1}{\mu_1}$  mit den empirisch ermittelten, so ergibt sich Folgendes: die empirisch gefundenen Werte sind für:

1. Hillebrand gemäß Tab. XV und XVI 1.579 und 1.530, also im Mittel 1.5545. Der berechnete Mittelwert beträgt 1.5968.
2. Czermak gemäß Tab. XX und XXI 1.581 und 1.548, also im Mittel 1.5645. Der berechnete Mittelwert beträgt 1.5758.
3. Radakovič gemäß Tab. XXIV 1.639. Der berechnete Mittelwert beträgt 1.6610.
4. Wirtinger gemäß Tab. XXVIII und XXIX 1.434 und 1.435, also im Mittel 1.4345. Der berechnete Mittelwert beträgt 1.4656.

Die Übereinstimmung zwischen den deductiv und den empirisch gefundenen Werten dürfte als hinreichende Verification der Methode befunden werden, mittels der wir unter Benützung eines einzigen empirischen Horopters aus einer gegebenen Alleecurve jede beliebige andere Alleecurve ableiten.

## X. Capitel.

## Die scheinbare Größe bei monocularem Sehen.

§ 38. Wie früher (vgl. S. 18 [270]) ausführlich erörtert wurde, ist die Constanz der scheinbaren Größe bei binocularer Beobachtung darum nicht von einem constanten, sondern von einem nach bestimmten Gesetzen sich ändernden Gesichtswinkel bestimmt, weil wir binocular Entfernungswiderschiede sehen, d. h. weil der Entfernungswiderschied selbst schon ein psychisches Datum liefert. Eben dadurch unterscheidet sich der Fall eines tiefenempfindlichen Doppelauges von irgend einer physikalischen Einrichtung, welche nach dem Principe der Centralprojection hergestellt ist und in welcher eine Änderung der Entfernung bloß die Bildgröße ändert und daher ersetzt werden kann durch eine entsprechende Änderung der Objectgröße bei gleichbleibender Entfernung.

Die Frage liegt nahe, ob eine solche centralprojectivische Einrichtung vielleicht bei monocularem Sehen verwirklicht ist, ob also bei monocularem Sehen verschieden entfernte Objecte dann gleich groß erscheinen, wenn sie sich unter constantem Gesichtswinkel abbilden.

Im allgemeinen wird man auch diese Frage verneinen müssen. Ich habe jene Versuche, in denen zwei horizontal über eine Tischplatte laufende Fäden (analog den Schienen eines Eisenbahngleises) auf scheinbaren Parallelismus eingestellt werden (vgl. S. 5 ff. [259]), auch monocular gemacht. Dabei fällt vor allem auf, dass die Ergebnisse durchaus nicht jene Regelmäßigkeit zeigen wie bei binocularer Beobachtung: der Winkel, den die beiden Fäden miteinander bilden, wenn sie parallel erscheinen, ist zwar immer erheblich größer als bei binocularer Betrachtung, schwankt aber in einem sehr breiten Intervalle und erreicht nur höchst selten und ganz vorübergehend diejenige Größe, bei welcher der Scheitel in den Knotenpunkt des Auges fällt, also diejenige Lage hat, die er dem Principe der Centralprojection entsprechend immer haben müsste. Dieser Fall wird ab und zu einmal wirklich erreicht; die horizontalen Fäden erscheinen dann (entsprechend dem etwa 20 cm betragenden Verticalabstande des Auges von der Tischplatte) wie kurze verticale Striche, die auf den verticalen Schirm am Ende der Tischplatte gezeichnet sind.

Dieser Fall ist aber ein seltener; gewöhnlich muss man die Fäden so stellen, dass der Scheitelpunkt ihres Winkels weit hinter den Beobachter fällt — und in diesen gewöhnlichen Fällen liegen die scheinbar parallelen Fäden in einer scheinbar horizontalen Ebene, nämlich auf der Tischplatte.

Achtet man auf die Bedingungen, unter denen der früher erwähnte seltenere Fall eintritt, in welchem die Fäden, um parallel zu erscheinen, wirklich im Knotenpunkte zusammentreffen müssen, jener Fall, in dem sie nun mit einem Male wie verticale Striche aussehen, so bemerkt man, dass diese Bedingungen vor allem in absolut fester Fixation und in absolut ruhiger Kopfhaltung bestehen. Das geringste Auf- und Abwandern des Blickes längs einem der Fäden und besonders die geringste Drehung des Kopfes um seine Verticalaxe zerstören den Effect sofort — die Fäden scheinen sogleich wieder auf der horizontalen Tischplatte zu liegen und nach der Ferne zu divergieren.

Bei monocularer Beobachtung zeigen die zur Erzielung constanter scheinbarer Größen erforderlichen Gesichtswinkel einen Gang, der irgendwie die Mitte hält zwischen dem Falle der binocularer Betrachtung und der dem Principe der Centralprojection entsprechenden Constanz — welche letztere Grenze aber unter Umständen wirklich erreicht wird.

§ 39. Die Erklärung dieser Thatsachen liegt, glaube ich, sehr nahe. Die monoculare Beobachtung entbehrt des empfindlichsten Reagens auf Entfernungswiderschiede, nämlich der Disparation (bzw. der Doppelbilder). Geht es überdies auch alle sogenannten empirischen Anhaltspunkte für die Empfindung von Entfernungswiderschieden auszuschließen, so ist der monoculare Sehact ein reiner Fall von Centralprojection: Constanz der scheinbaren Größe wird durch Constanz des Gesichtswinkels erzeugt. Dieser Fall kann unter Umständen erreicht werden; und damit er erreicht werde, müssen die Entfernungswiderschiede für

die Empfindung völlig zum Schwinden gebracht sein: die horizontalen Fäden richten sich dann auf und erscheinen als verticale Striche in der Ebene des Schirmes.

Der gewöhnliche Fall ist aber der, dass auch beim Wegfall der Parallaxe noch mancherlei empirische Mittel der Tiefenlocalisation wirksam sind; es ist sogar sehr schwer sie gänzlich auszuschließen. Nur stehen sie an Wirksamkeit der Binocularparallaxe entschieden nach. Ein Architekturgemälde mag mit der correctesten Perspective, mit der wirksamsten Licht- und Schattenvertheilung, mit den Mitteln der Staffage und der Lufttöne hergestellt sein — die Plastik, welche man durch eine stereoskopische Aufnahme erzielt, wird niemals erreicht. Und noch in einem anderen Punkte unterscheiden sich diese empirischen Motive von der Binocularparallaxe. Während die Wirkung der letzteren für ein bestimmtes Augenpaar eine unveränderliche ist, sind wenigstens einige von den empirischen Mitteln der Tiefenlocalisation (und daher auch ihre Wirkungen) beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Das gilt u. A. von den Drehungen des Kopfes um seine Verticalaxe, wie solche unwillkürlich erfolgen, wenn man nicht für ganz exacte Fixierung des Kopfes sorgt. Sind zwei Punkte verschieden weit entfernt, so bewirkt eine Rechtsdrehung des Kopfes eine scheinbare Verschiebung des fernerer Punktes nach rechts und im Anschluss daran wird der ferner liegende Punkt auch als ferner gesehen. Größere Drehungen des Kopfes werden dann noch kleinere Entfernungsunterschiede zum Bewusstsein bringen als Drehungen von geringerem Ausmaße. Es wird also von zufälligen Umständen abhängen, welchen Grad von Plastik man beim einäugigen Sehen erreicht. Ähnliches gilt auch von intendierten Accommodationsänderungen.

Wenn nun durch solche Umstände ein Sehen von Entfernungsunterschieden auch bei monocularer Beobachtung erreicht wird, so muss früheren Überlegungen zufolge der Gesichtswinkel mit wachsender Entfernung abnehmen, um Constanz der scheinbaren Grösse zu erzeugen. Da aber ferner diese empirischen Motive für das Sehen von Entfernungsunterschieden weniger wirksam sind als die Binocularparallaxe, so werden auch die Gesichtswinkel in geringerem Maße abnehmen müssen als beim binocularen Versuche. Und da schließlich diese empirischen Motive veränderliche sind, d. h. da Entfernungsunterschiede einmal wirksamer sind, einmal weniger wirksam, so wird auch die Abnahme der Gesichtswinkel entsprechenden Schwankungen unterliegen. So kann man die Erscheinungen bei monocularem Sehen unter dieselben Gesichtspunkte bringen, unter denen die binocularen Beobachtungen unserem Verständnis zugänglich geworden sind.

---

An den zahlreichen Versuchen, auf die sich die theoretischen Erörterungen dieser Arbeit stützen, haben sich meine hochverehrten Herren Collegen Prof. Dr. Paul Czermak, Prof. Dr. Wilhelm Wirtinger und Privatdocent Dr. Michael Radakovič in lebenswürdiger und höchst ausgiebiger Weise beteiligt. Ich ergreife mit Vergnügen die Gelegenheit, den genannten Herren für die vielen Opfer an Zeit und Geduld meinen herzlichsten Dank abzustatten.



- 7 Die Heterophorie und das Gesetz der identischen Sehrichtungen, in: Zeitschrift für Psychologie 54 (1909), 1-55.



---

Sonderabdruck aus  
„Zeitschrift für Psychologie“.  
Bd. 54.  
Verlag von Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

---

## Die Heterophorie und das Gesetz der identischen Sehrichtungen.

Von  
Prof. Dr. FRANZ HILLEBRAND.

Inhaltsübersicht.	Seite
I. Das Gesetz der identischen Sehrichtungen . . . . .	3
II. Mißverständnisse hinsichtlich des Gesetzes der identischen Sehrichtungen . . . . .	11
III. Der Grundversuch . . . . .	16
IV. Die Heterophorie . . . . .	20
V. WITASEKS Argumente gegen eine motorische Deutung seines Grundversuches. — Das Haploskopieren bei Exophorie . . . . .	30
VI. Zur Frage der Übung im Gebiete der Augenbewegungen . . . . .	38
VII. Die Rolle der binokularen Blicklinie und das Gesetz der identischen Sehrichtungen . . . . .	41
VIII. Der Richtungs begriff . . . . .	47

Den unmittelbaren Anlaß zur Veröffentlichung der folgenden Erörterungen gab eine kürzlich in *dieser Zeitschrift*<sup>1</sup> erschienene Abhandlung von STEPHAN WITASEK: „Zur Lehre von der Lokalisation im Sehraum.“ Eine Reihe von Beobachtungen, die aber im wesentlichen alle auf einen, den „Grundversuch“, zurückgehen, haben den genannten Autor dazu geführt an dem Gesetz der identischen Sehrichtungen<sup>2</sup> Modifikationen anzubringen, die er selbst als eine „teilweise Rückkehr“ zur alten Projektionslehre bezeichnet.

Die fundamentale Bedeutung dieses Gesetzes und die weitgehenden Folgen, die jede Modifikation desselben mit sich führen müßte, rechtfertigen allein schon eine kritische Auseinander-

<sup>1</sup> Bd. 50. S. 161—218.

<sup>2</sup> In der Folge wird hierfür die Abkürzung „G. d. i. S.“ gebraucht.

setzung und dies um so mehr, als die wenigsten Psychologen in Sachen der Raumwahrnehmung genügend orientiert sind, um die Fragen, die hier konfundiert sind, wieder reinlich voneinander zu sondern. Allein nicht bloß um die Kritik handelt es sich mir. Sie gibt mir vielmehr den Anlaß erstens den Sinn des G. d. i. S. und seine Stellung innerhalb der Lehre von der optischen Raumwahrnehmung genau festzustellen, die Tatsachen anzugeben, welche die notwendige und hinreichende Grundlage dieses Gesetzes bilden, und sie von den Tatsachen zu scheiden, welche nur fälschlich mit ihm in Zusammenhang gebracht werden. In dieser Hinsicht scheint mir keine der Darstellungen, wie man sie in psychologischen Kompendien vorfindet, völlig zu genügen — ganz abgesehen von der Arbeit WITASEKs.

Ich verfolge aber noch ein zweites Ziel — und auch dazu gibt mir die Kritik der genannten Arbeit den Anlaß. Die richtige Interpretation der für WITASEK maßgebenden Versuche war diesem Autor dadurch verschlossen, daß er eine ganze Reihe von Tatsachen, die in das Gebiet der Augenbewegungen gehören, nicht kennt. Es handelt sich hierbei u. a. um die Frage, wann die Stellung und Stellungenänderung unserer Augen den scheinbaren Ort einer Gesichtsempfindung ändert und wann nicht; ferner um die Faktoren, von denen die Augenstellung selbst abhängt, namentlich wenn sie nicht unter dem Einfluß des Willens steht, und hier wieder ganz besonders um diejenigen Stellungen, die sich aus dem gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Akkommodation und Konvergenz ergeben, sowie um die hier bestehenden individuellen Unterschiede und ihre Ursachen. Die diesbezüglichen Erfahrungen älteren und neueren Datums sind zum Teil von Physiologen, zum Teil von Ophthalmologen gesammelt und in gesetzmäßige Zusammenhänge gebracht worden. Es kommt mir darauf an aus diesen Ergebnissen dasjenige, was für den Kreis der Psychologen wissenswert ist, diesen zugänglich zu machen. In beiden genannten Hinsichten mögen die im folgenden mitgeteilten Erörterungen auch denjenigen Fachgenossen dienlich sein, die sich für die polemische Veranlassung derselben nicht interessieren.

Der Doppeltitel „Die Heterophorie und das G. d. i. S.“ besagt, wie ich schon jetzt bemerken will, keineswegs, daß mir die Erscheinungen, die unter den einen und anderen seiner beiden Teile gehören, in irgendwelchem Zusammenhang zu stehen

scheinen — was ich vielmehr entschiedenst in Abrede stelle. Das „und“ soll nicht verbinden sondern trennen, und zwar mit Rücksicht darauf, daß WITASEK mit dem G. d. i. S. Tatsachen in Beziehung gebracht hat, die in Wahrheit in das ihm augenscheinlich nicht genügend bekannte Gebiet der Heterophorie gehören.

### I. Das Gesetz der identischen Schrichtungen.

Vorerst eine kurze Bemerkung über den prinzipiellen Unterschied, der zwischen der Projektionstheorie und der von JOHANNES MÜLLER und EWALD HERING vertretenen Lehre besteht. Nach der letzteren ist der scheinbare Ort eines Objektes eine Funktion des sensorischen und motorischen Apparates unseres Doppelanges; der Ort, den das Aufsending im wirklichen Raum einnimmt, und die Richtungslinien, welche ihn mit den mittleren Knotenpunkten verbinden, haben nur die geometrische Bedeutung, daß sie die Stelle des retinalen Reizes bestimmen; für die Frage der Lokalisation sind sie belanglos. Würde man also die Doppelnetzhaut — anstatt durch Licht — auf irgend eine andere z. B. mechanische Art ebenso zirkumskript reizen können, wie das tatsächlich durch die Lichtstrahlen geschieht, so müßte der psychische Enderfolg derselbe sein, wie er es unter den tatsächlich gegebenen Verhältnissen ist, obwohl es unter dieser Voraussetzung gar keinen wirklichen Ort und daher auch keine Richtungslinien gäbe und die Gesetze der Lokalisation daher überhaupt keine Begriffe der geometrischen oder physikalischen Optik enthalten könnten. Diese Gesetze müssen mithin auch dann von solchen Begriffen frei sein, wenn wir die Annahme andersartiger (etwa mechanischer) Reize wieder fallen lassen und zu den tatsächlichen Verhältnissen zurückkehren, die uns de norma Lichtstrahlen als optische Reize zeigen. Es ist kein Zufall, daß diese Auffassung von demselben Physiologen inauguriert worden ist, der das Gesetz der spezifischen Sinnesenergien als einen die ganze Sinnesphysiologie beherrschenden Grundsatz aufgestellt hat. Wie die Empfindungen nach ihrer qualitativen Seite nur das „innere Leben“ der Sinnessubstanz darstellen und daher den Gesetzen unterstehen, die dieses letztere beherrschen, so tun sie es auch nach der Seite ihrer räumlichen Eigenschaften; dem physikalischen Reiz kommt auch

dabei nur die Rolle des äußeren Anstosses zu; und somit können auch in die hier bestehenden Gesetze keine Begriffe eingehen, die — wie z. B. der der Richtungslinien — dem Gebiete des physikalischen Reizes angehören. Hierin liegt der eminent physiologische Charakter derjenigen Auffassung, die das Erbe der Projektionslehre angetreten hat.

Unter den Gesetzen, welche die rein sensorische Funktion des Doppelauges beherrschen, ist das der identischen Sehrichtungen als das fundamentale zu betrachten. Es tritt als positiver Ersatz an die Stelle der früheren Auffassung, derzufolge wir die Gegenstände nach ihren Richtungslinien „in den Raum projizieren“. Zwischen diesen beiden Auffassungen gibt es kein Kompromiß — womit nicht geleugnet werden soll, daß versteckte Kompromisse auch zur Zeit der Projektionstheorie fortwährend gemacht wurden und, wenn man mit den Tatsachen nicht unausgesetzt in Konflikt kommen wollte, auch gemacht werden mußten.

Ich will zunächst in aller Kürze darstellen, welches die notwendigen und hinreichenden Erfahrungen sind, die zur Aufstellung des G. d. i. S. berechtigen. Was hierüber zu sagen ist, das wäre alles in der klassischen Darstellung zu finden, die HERING im HERMANNschen Handbuch gegeben hat und an die ich mich zunächst auch halten werde. Die Literatur zeigt indessen, daß eine genaue Formulierung dieses Gesetzes und — im Zusammenhang damit — eine präzise Fassung des Korrespondenzbegriffes auch heute noch nicht zum Gemeingut der Psychologen gehört.

Die folgende Darstellung soll in strenger logischer Ordnung zeigen, welches die Voraussetzungen und welches die Konsequenzen des G. d. i. S. sind.

1. Bei feststehenden parallelen Gesichtslinien und  $\infty$  fernen punktuellen Objekten, z. B. den Sternen, erscheint jedes von diesen einfach, d. h. in einer Richtung und Entfernung: es nimmt einen bestimmten Ort im Sehraum ein. Denkt man sich durch einen Schnitt, der durch den Fixationspunkt geht, die sämtlichen Außenobjekte in zwei Teile geschieden und blendet dem einen Auge den einen, dem anderen den anderen Teil ab, läßt aber, um das Feststehen der beiden Gesichtslinien zu garantieren, den Fixationspunkt beiden Augen zugänglich, so setzen sich die beiden freien Hälften der nunmehr monokularen Sehfelder zu einem Gesamtbild

zusammen, das sich von dem ursprünglichen lokalisatorisch durch nichts unterscheidet. Setzt man, wiederum von der binokularen Betrachtung ausgehend, eine Blende so vor das eine Auge, daß es diesem alle Objekte deckt, so empfängt das sehende Auge wiederum das nämliche Gesamtbild wie zu Anfang beide Augen.

Je ein Punkt der einen Netzhaut steht also unter diesen Versuchsbedingungen in einer physiologischen Beziehung zu einem bestimmten Punkte der anderen. Wollte man diese Beziehung definieren und dabei lediglich die unter 1. angegebenen Erfahrungen zugrunde legen, so müßte man sagen: je 2 solche Netzhautpunkte sind dadurch charakterisiert, daß das ihnen entsprechende Sehobjekt in derselben Richtung und Entfernung liegt, gleichgültig ob der eine oder der andere oder ob beide Punkte gereizt werden. Diesen Satz dürfte man einstweilen nur unter der Bedingung parallel gestellter, und zwar feststehender, Gesichtslinien und  $\infty$  ferner Objekte aussprechen und müßte, falls man für ein solches Paar von Netzhautstellen den Ausdruck „Deckstellen“ oder „korrespondierende Stellen“ einführt, diese doppelte Bedingung natürlich auch in die Definition jener Ausdrücke aufnehmen. Unter den genannten Bedingungen ist also der scheinbare Ort jedes Sehobjektes eine eindeutige Funktion des betreffenden Deckstellenpaares, bzw. jeder einzelnen Stelle eines solchen Paares. Nehmen wir die weitere Erfahrung hinzu, daß je nach der Stellung der Augen, des Kopfes, des Körpers dasselbe Außenobjekt bald median, bald rechts, bald links usw. erscheinen kann und daß die übrigen Objekte dann dieselbe Änderung nach Richtung und Ausmaß erleiden, so können wir die obige Erfahrung von der vollen Ersetzbarkeit der einen Deckstelle durch die andere auf jede beliebige Parallelstellung ausdehnen, müssen aber dann, statt schlechtweg vom „scheinbaren Ort eines Sehobjektes“ vielmehr vom „scheinbaren Ort eines Sehobjektes relativ zu allen anderen“ sprechen und diesen letzteren als „eindeutige Funktion des betreffenden Deckstellenpaares, bzw. jeder einzelnen Stelle eines solchen Paares“ bezeichnen. Wohin aber dieses Sehobjekt und damit sämtliche anderen Sehobjekte, also kurz ausgedrückt der ganze Sehraum lokalisiert wird, darüber sagt das eben erwähnte Gesetz gar nichts aus; es bestimmt nur, wie innerhalb des jeweiligen Sehraumes lokalisiert wird. Dieses Gesetz, das nichts anderes ist als das Gesetz der

identischen Sehrichtungen, nur mit der vorläufigen Einschränkung auf Parallelstellung und  $\infty$  ferne Objekte, sagt also z. B. gar nichts darüber aus, ob der fixierte Punkt etwa im Sinne der binokularen Blicklinie<sup>1</sup> oder sonst wie lokalisiert wird, es ist mit jeder beliebigen Lokalisation des fixierten Punktes (und damit natürlich sämtlicher anderen Sehobjekte) vereinbar, weil es mit der Frage, wie der gesamte Sehraum lokalisiert wird, schlechterdings nichts zu tun hat. Eine selbstverständliche Konsequenz ist nun diese: wenn aus irgend welchen Ursachen der gesamte Sehraum transloziert wird und damit der, einem bestimmten Deckstellenpaar (z. B. den Netzhautzentren) zugehörige, scheinbare Ort ebenfalls eine Translokation erfährt, so wird natürlich der anfängliche Ort, der der einen Deckstelle entspricht, nicht mit dem späteren Ort der anderen koinzidieren können, so wenig als er mit dem späteren Ort derselben Deckstelle koinzidiert. Das versteht sich unter Annahme des G. d. i. S. von selbst.

Wenn schliesslich etwa eine Schwierigkeit in dem Begriff „Translokation des ganzen Sehraumes“ gefunden werden sollte, so ist zuzugeben, daß dieser Begriff einer psychologischen Analyse bedürftig und auch fähig ist. Das ist aber eine Sache für sich; hier genügt uns, daß diesem Begriff eine Tatsache entspricht, die uns z. B. in den Erscheinungen des Drehschwindels in auffälligster Weise vor Augen tritt.

2. Lügen nur die unter 1. erwähnten Erfahrungen vor, so wäre noch kein zwingender Grund gegeben die Auffassung der

<sup>1</sup> Unter binokularer Blicklinie versteht HERING, der diesen Ausdruck eingeführt hat, diejenige, dem wirklichen Raum angehörige Gerade, die den jeweils fixierten Punkt mit einem in der Mitte zwischen beiden Augen (im sog. Zentrum der Sehrichtungen) gelegenen Punkt verbindet. (Vgl. HERMANN'S Handb. III, 521.) Wenn also der fixierte Aufsenpunkt in der Medianebene und in der primären Blickebene des wirklichen Raumes liegt und der entsprechende Sehpunkt zugleich in die scheinbare Medianebene und in die scheinbare horizontale Hauptebene lokalisiert wird, so sagt man, er werde im Sinne der binokularen Blicklinie lokalisiert. Und dasselbe gilt für alle anderen Lagen, sofern nur die Relationen des Sehpunktes zu den genannten Ebenen des Sehraumes dieselben sind wie die Relationen des wirklichen Aufsenpunktes zu den entsprechenden Hauptebenen des wirklichen Raumes. Nur von einem „Entsprechen“ kann die Rede sein, hingegen nicht von einem „Zusammenfallen“ der Sehrichtung mit der binokularen Blicklinie: die erstere gehört dem Sehraum, die letztere dem wirklichen Raum an — und das sind heterogene Mannigfaltigkeiten.

Projektionslehre zu verlassen: bei parallelen Gesichtslinien und  $\infty$  fernen Objekten würde wenigstens die Richtung, in der die Objekte erscheinen mit der Annahme einer „Projektion nach Richtungslinien“ vereinbar sein. Nun hat HERRING bekanntlich gezeigt, daß zwei Netzhautpunkte, die sich unter den obigen Bedingungen als „Punkte identischer Sehrichtung“ erwiesen haben, diese Eigenschaft unter allen Umständen, also bei beliebiger Augenstellung und bei beliebiger Lage der wirklichen Objekte beibehalten, so daß man die unter 1. namhaft gemachten Bedingungen (Parallelstellung und  $\infty$  Entfernung der Objekte) gänzlich fallen lassen und die Identität der Sehrichtung als eine mit einem bestimmten Netzhautstellenpaar ein für alle Male verbundene Funktion ansehen kann.<sup>1</sup> Da die wirklichen Objekte hierbei die verschiedensten Lagen im Raum und daher auch die verschiedensten Richtungen relativ zum Sehenden haben können und nur der Bedingung, sich auf Deckstellen abzubilden, genügen müssen, so war hiermit die Projektionslehre endgültig aufgegeben.

Gegenüber den unter 1. erörterten Erfahrungen ergibt sich nur der eine Unterschied, daß bei parallelen Gesichtslinien und  $\infty$  fernen Objekten mit Deckstellen im strengsten Sinne des Wortes einfach, d. h. in derselben Richtung und in derselben Entfernung gesehen wird, während bei beliebigen anderen Lagen der Gesichtslinien und der Aufsendinge mit Deckstellen zwar immer in derselben Richtung, durchaus aber nicht immer

<sup>1</sup> Der Fundamentalversuch, wie ihn HERRING angegeben (vgl. HERMANN'S Handb. III, 386 ff.), besteht bekanntlich darin, daß man bei beliebiger Augenstellung ein Objekt in den Schnittpunkt der Gesichtslinien, ein zweites in einen beliebigen Punkt der einen, und ein drittes in einen beliebigen Punkt der anderen Gesichtslinie bringt und die exzentrischen Halbbilder der beiden letztgenannten Objekte abbildet. Die drei Objekte erscheinen dann stets in derselben Sehrichtung, wobei sie, wenn sie etwa verschieden gefärbt sind, die Erscheinungen des Wettstreites bzw. der binokularen Farbmischung zeigen. Da die wirklichen Objekte an beliebigen Punkten der beiden Gesichtslinien situiert sein können, ist sohin die wirkliche Richtung relativ zum Sehenden irrelevant — sie kann die denkbar größten Verschiedenheiten zeigen, ohne daß darum an der Identität der Sehrichtung etwas geändert wird. Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn man irgend ein indirekt aber einfach gesehenes Objekt wählt und nun in irgend welche, den Richtungslinien dieses Objektes angehörige Punkte andere Objekte bringt, sie mögen beliebig nahe oder fern liegen: alle diese Objekte erscheinen dann ebenfalls in einer und derselben Sehrichtung, natürlich in einer anderen als die erstgenannte Gruppe von Objekten.

in derselben Entfernung, und daher auch durchaus nicht immer einfach gesehen wird. Da also die Identität der Richtung dasjenige Moment ist, welches den Deckstellen immer und bedingungslos zukommt, so kann man sie nur als „Punkte identischer Sehrichtung“ definieren, nicht als „Punkte, mit deren einfach gesehen wird“.

Schließlich sei betont, daß, was unter 1. über die veränderliche Lokalisation des ganzen Systems der Sehrichtungen gesagt wurde, ganz allgemein gilt: das G. d. i. S. sagt über die scheinbare Richtung des fixierten Punktes, mit der natürlich die Richtungen aller übrigen gegeben sind, schlechterdings nichts aus. Wenn und inwieweit also z. B. der Satz gilt, daß das fixierte Objekt in der Richtung der binokularen Blicklinie gesehen wird, so ist das eine Sache für sich, die mit dem G. d. i. S. gar nichts zu tun hat. Selbstverständlich gilt auch hier, was oben (S. 6) in betreff der Translokation des gesamten Sehraumes gesagt wurde.

3. Den so definierten Deckstellen<sup>1</sup> kommt für die binokulare Tiefenwahrnehmung die bedeutungsvolle Eigenschaft zu, daß, wenn ihnen überhaupt ein einfaches (d. h. nicht bloß in Hinsicht auf die Richtung, sondern auch auf die Entfernung übereinstimmendes) Sehobjekt entspricht, dieses letztere in einer Ebene erscheint, die frontalparallel durch den scheinbaren Ort des fixierten Punktes geht (HERINGS Kernfläche). Die eben ausgesprochene Einschränkung ist unerläßlich, weil die Abbildung auf korrespondierenden Stellen noch keine Gewähr für das Einfachsehen bietet und daher, wenn letzteres nicht eintritt, von einem Lokalisieren in die Kernfläche eo ipso nicht gesprochen werden kann.

Auf letzteren Umstand sei darum hingewiesen, weil man bei oberflächlicher Überlegung leicht meinen könnte, es sei gleichgültig, ob man die Deckstellen als Stellen identischer Sehrichtung definiert und von ihnen dann aussagt, daß das entsprechende Sehobjekt einfach und in der Kernfläche erscheint, oder ob man die Deckstellen mittels dieses letzteren Merkmals definiert und nun von ihnen aussagt, daß sie Stellen identischer

<sup>1</sup> Man halte fest, daß nur die Identität der Richtung, aber noch gar kein auf die Entfernung bezügliches Merkmal in die Definition aufgenommen ist.

Sehrichtung sind. Einen Sinn hat nur das erstere Verfahren; denn nur die Identität der Sehrichtung kommt den Deckstellen immer zu, ist also geeignet ein Definitionsmittel abzugeben, während, wie oben erwähnt, das Einfachsehen von Umständen abhängt, die bald vorhanden sind, bald fehlen. Es kommt weiter hinzu, daß das Lokalisieren in die Kernfläche durch empirische Motive (wie z. B. partielle Deckung eines Gegenstandes durch einen anderen u. dgl.) gestört werden kann, während die Identität der Sehrichtung durch empirische Motive niemals alteriert wird. Und schliesslich noch ein Drittes: es gibt Individuen, die, obwohl mit beiden Augen sehend, doch keinen eigentlichen binokularen Sehakt besitzen, also z. B. bei Anwendung des HERINGSchen Fallversuches nicht sagen können, ob die Kugel in der Ebene des Fixationspunktes, ob sie vor oder hinter derselben gefallen ist; gleichwohl sehen sie Objekte, deren Bilder auf Deckstellen fallen, in derselben Richtung. Wenn man also den Begriff der Korrespondenz nicht überhaupt aufgeben will, muß man ihn durch die Identität der Sehrichtung definieren.

4. Sind die Deckstellen in der unter 1. und 2. angegebenen Weise physiologisch definiert, dann kann man auch nach einer geometrischen Definition derselben suchen. Hierbei bieten die unter 1. angegebenen Erfahrungen ein bequemes Mittel durch passend gewählte Ebenen und Drehungsachsen auf beiden Netzhäuten je zwei Systeme von Schnittlinien herzustellen, die einander so entsprechen, daß die Durchschnittspunkte zusammengehöriger Schnittlinien physiologische Deckpunkte sind. Man wählt die unter 1. angegebenen Bedingungen (Parallelstellung und  $\infty$  ferne Objekte), weil die geometrische Konstruktion der Deckpunkte unter diesen Umständen besonders bequem ist und die Erfahrung von ihrer physiologischen Unveränderlichkeit es gestattet den bequemsten Spezialfall herauszugreifen. Das weitere Problem, den Inbegriff derjenigen Punkte des Außenraumes zu charakterisieren, die sich bei gegebener Augenstellung auf Deckpunkten abbilden, d. h. den Horopter für diese Augenstellung zu definieren, und schliesslich diese Definition ganz allgemein, also unabhängig von der jeweiligen Augenstellung zu gestalten — das sind rein geometrische Probleme. Die physiologische Untersuchung setzt erst wieder ein, wenn es sich darum handelt, an diesem Ideahoropter gewisse empirische Korrekturen anzubringen.

Anmerkung. Hier mag eine Bemerkung über die Abweichung des empirischen vom Ideahoropter („mathematischen Horopter“, wie man ihn auch nennt) Platz finden. Alle diese Abweichungen haben ihren Grund darin, daß geometrisch gleiche Gesichtswinkel nicht immer denselben physiologischen Wert haben.<sup>1</sup> Die bekannte Tatsache, daß Netzhautpunkte, die vom Zentrum um denselben Winkelwert abstehen, aber so, daß der eine nasal, der andere temporalwärts liegt, ungleiche Breitenwerte haben, ist unmittelbar durch den konstanten Fehler nachzuweisen, der bei monokularen Streckenhalbierungen begangen wird. Da nun unter 1. gesagt wurde, daß bei parallel gestellten Gesichtslinien und  $\infty$  fernen Objekten diese letzteren auf Stellen identischer Schrichtung fallen, so könnte man zwischen dieser Behauptung und der eben erwähnten Ungleichheit der nasalen und temporalen Netzhaut einen Widerspruch finden. Zur Aufklärung desselben muß indessen auf die ebenfalls bekannte Tatsache hingewiesen werden, daß jene Ungleichheit nicht nur in der monokularen Streckenteilung, sondern auch binokular, nämlich in der tatsächlichen Gestalt des Längshoropters, zum Ausdruck kommt. Der theoretisch geforderte MÜLLERSche Kreis, in welchem die (in der Blickebene befindlichen) Objekte liegen sollten, um in der Kernfläche zu erscheinen, gilt bekanntlich empirisch nicht; die Objekte müssen vielmehr, wenn sie dem Beobachter sehr nahe liegen, in einem viel schwächer gekrümmten, aber immer noch gegen den Beobachter konkaven Bogen liegen, bei größerer absoluter Entfernung in einer Geraden, bei noch größerer in einem gegen den Beobachter konvexen Bogen. Dieses Umschlagen im Krümmungssinn des Längshoropters läßt sich aus der Ungleichheit zwischen temporaler und nasaler Netzhaut ohne weiteres ableiten, und zwar (innerhalb der hier erreichbaren Genauigkeit) sogar quantitativ. Wenn nun  $\infty$  ferne Objekte, wie z. B. die in der Blickebene befindlichen Sterne, auf der nasalen und temporalen Netzhaut um geometrisch gleiche Winkel vom Zentrum abstehen, so müssen sie in einem gegen den Beobachter konkaven Bogen erscheinen, was sie bekanntlich auch tun. Kurz gesagt: die Sterne liegen nicht in der Kernfläche; daher ist von vornherein nicht zu erwarten, daß sie sich auf Stellen abbilden, die sich bei endlichen Entfernungen als dem Längshoropter angehörig erwiesen haben. Da ferner der Sternhimmel bei monokularer Betrachtung dieselbe Krümmung zeigt wie bei binokularer, so ist klar, daß wir bei beiden Betrachtungen Netzhautpunkte erhalten, die von der

<sup>1</sup> Man könnte geneigt sein die im engeren Sinne sog. „Netzhautinkongruenz“, d. h. die nicht genau senkrechte Lage der Längsmittelschnitte relativ zu den Querschnittsflächen ebenfalls hierher zu rechnen. An sich ist dagegen nichts einzuwenden. Da sich diese Abweichung aber geometrisch ganz genau definieren läßt, kann man diesen Koeffizienten schon in den mathematischen Horopter aufnehmen, indem man den Längsschnittbildenden Ebenen schon von vornherein eine, nach Individuen wechselnde, schwache Neigung gegen die Vertikale erteilt und den Horopter entsprechend dieser Neigung konstruiert. Die im Texte erwähnten Abweichungen lassen hingegen eine allgemeine geometrische Formulierung nicht zu.

strengen Korrespondenz um jenen kleinen Betrag abweichen, welcher eben macht, daß die in der Blickebene befindlichen Sterne nicht in einer Geraden, sondern in einem konkaven Bogen erscheinen. Es ist dann aber ebenso klar, daß die scheinbare Richtung der Sterne bei linksäugiger, rechtsäugiger und binokularer Betrachtung dieselbe sein wird, daß also das unter 1. Gesagte nicht bloß annäherungsweise, sondern genau gilt.

## II. Mißverständnisse hinsichtlich des Gesetzes der identischen Sehrichtungen.

Die vorstehenden Bemerkungen bieten, wie gesagt, demjenigen, der die Arbeiten HERINGS kennt, nichts Neues. Man wird sofort sehen, daß sie nicht zwecklos waren.

Es bietet sich nämlich schon jetzt, noch ehe ich auf WITASEK'S Versuche und ihre Deutung eingehe, Gelegenheit, auf einige sehr belangreiche Mißverständnisse hinzuweisen, die dem Autor widerfahren sind.

Das erste betrifft den Begriff der Korrespondenz, also deren Definition. WITASEK definiert die korrespondierenden Punkte S. 163 als solche, „die bei gemeinsamer binokularer Funktion der beiden Augen kein Doppelbild, sondern ein einfaches, in der Kernfläche liegendes Bild ergeben“. Wir wissen aus den obigen Erörterungen, daß sie nicht durch das Einfachsehen, sondern durch die Identität der Sehrichtung definiert sind, und weiter, daß man sie auch nicht durch das Lokalisieren in die Kernfläche definieren kann, wenn man ein *ὑστερον πρότερον* vermeiden will. Da WITASEK das G. d. i. S. innerhalb des binokularen Sehaktes anerkennt, so wäre ihm immer noch die Möglichkeit geblieben, die korrespondierenden Punkte als Punkte zu definieren, denen wenigstens im binokularen Sehakt eine und dieselbe Sehrichtung zukommt. S. 208, wo er sie nochmals definiert, ist er dieser Fassung schon sehr nahe, verfällt aber trotzdem wieder dem Irrtum, das Einfachsehen in den Begriff aufzunehmen.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Es heißt an dieser Stelle: „Korrespondierenden Netzhautpunkten ist bei binokularem Sehen eine einzige Sehstelle der Sehsphäre zugeordnet — und sie sind dadurch als solche definiert —, man sieht also trotz doppelten Netzhautbildes mit ihnen einfach.“ „Sehsphäre“ soll nach S. 207 die räumliche Mannigfaltigkeit von zwei Dimensionen bei völlig unbestimmter dritter Dimension heißen. „Eine Stelle der Sehsphäre“ wäre

Viel folgenschwerer ist es, wenn WITASEK in das G. d. i. S. den Satz aufnimmt, daß das fixierte Objekt in die Richtung der binokularen Blicklinie lokalisiert werde, ja diesen letzteren Satz zu den „theoretischen Grundvoraussetzungen“ des obigen Gesetzes rechnet (S. 182 und öfter). Wie früher auseinandergesetzt wurde, hat das G. d. i. S. mit jenem anderen Satze überhaupt nichts zu tun. Das liegt nicht nur implizite in der Formulierung, die HERING dem G. d. i. S. gegeben und an die sich derjenige, der dieses Gesetz einer Kritik unterzieht, doch unbedingt halten muß — es ist vielmehr von HERING ganz explizite betont worden. So z. B. an der Stelle, wo er darauf zu sprechen kommt, daß bei Einäugigen, Mikroskopikern und Menschen mit habituell falscher Kopfhaltung das Sehrichtungszentrum gegen das eine Auge verschoben sei und daher die Lokalisation nicht im Sinne der binokularen Blicklinie erfolge (HERMANN'S Handb. III (1), S. 391). Hier sagt er: „Bei alledem aber wird an dem wesentlichen Inhalte des Gesetzes der identischen Sehrichtungen nichts geändert: immer erscheint, sobald beide Augen sehen, das korrespondierend Abgebildete auf einer und derselben Sehrichtungslinie; nur die Lage des ganzen Sehrichtungsbüschels zu den scheinbaren Hauptebenen des Raumes kann eine andere werden.“ Oder an der Stelle, wo er über die Lokalisierung bei Blickbewegungen handelt (ibid. S. 533): „Die geänderte Lage der Hauptsehrichtung bedingt also eine entsprechende Lageänderung des ganzen Systems der Sehrichtungen, ohne daß dieses in sich eine Änderung erfährt<sup>1</sup>; mit der Ortsänderung des Kernpunktes verbindet sich eine Ortsänderung des ganzen Komplexes der Gesichtsempfindungen, welchen wir als Sehfeld oder Sehraum bezeichnet haben, aber die relative Lage der einzelnen Empfindungen dieses Komplexes d. i. die Anordnung der Sehdinge im Sehraum gehorcht nach wie vor denselben Gesetzen, wie bei ruhendem Blicke.“<sup>1</sup> Auch die Tatsache, daß wir über die Lokalisation des fixierten Objektes

---

also etwas nach Höhe und Breite Bestimmtes, nach der Tiefe Unbestimmtes. Einfachsehen heißt aber nicht, in derselben Breite und Höhe, aber in unbestimmter Tiefe, es heißt vielmehr: auch in derselben Tiefe sehen. — Übrigens ist die „unbestimmte“ Tiefe eine Abstraktion, nicht etwas dem konkreten, anschaulichen Phänomen Zukommendes. Siehe darüber unten S. 51.

<sup>1</sup> Von mir gesperrt gedruckt.

nach Entfernung und Richtung höchst unsicher sind, ja bei Schiefstellungen der Augen, wenn sie uns nicht zum Bewußtsein kommen, sogar den größten Täuschungen unterliegen, ist von HERING wiederholt hervorgehoben worden.<sup>1</sup> Es ist ihm aber niemals beigefallen, darum dem G. d. i. S. eine beschränkte Gültigkeit beizulegen oder unserer Lokalisation, soweit sie von diesem Gesetze beherrscht wird, irgendwelche Unsicherheit zuzuschreiben. Übrigens hat HERING auch für die Fälle, in denen die Lokalisation im Sinne der binokularen Blicklinie erfolgt, nicht behauptet, daß dies strenge, d. h. auch dem Ausmaße nach genau gelte, sondern Wendungen gebraucht wie „sie richte sich“ nach der binokularen Blicklinie, folge „im allgemeinen“ der „binokularen Blicklinie“ u. dgl. Ja dort, wo er davon spricht, daß wir bei einer anderen Lage der binokularen Blicklinie als der primären insoweit richtig lokalisieren als dies überhaupt für die primäre Lage gilt, setzt er eigens dazu „falls wirklich die dadurch geänderte Lage der Bilder auf unserer Netzhaut durch die Änderung der absoluten Werte genau ausgeglichen wird“. Und er fährt fort: „Es wäre also zu untersuchen, innerhalb welcher Grenzen letzteres der Fall ist.“<sup>2</sup> Während also dem G. d. i. S. von HERING immer die strengste Gültigkeit beigemessen wird, gilt ihm der Satz von der binokularen Blicklinie auch im besten Fall nur beiläufig — nach der quantitativen Seite ist er überhaupt nicht erwiesen. Und dieser Satz soll zu den „theoretischen Grundvoraussetzungen“ des G. d. i. S. gehören!

Mit dem soeben erörterten hängt aber ein weiteres Mißverständnis zusammen. In WITASEKS Abhandlung ist wiederholt von einer „Erweiterung“ des G. d. i. S. die Rede, und diese Erweiterung, die HERING vorgenommen haben soll, spielt bei WITASEK sogar eine sehr wichtige Rolle. Gemeint ist folgendes: HERING hat im Anschluß an das Gesetz von der „gleichmäßigen Innervation beider Augen“ darauf hingewiesen, daß auch bei Ausschluß des einen Auges vom Sehakt dieses letztere die gleichsinnigen sowohl wie auch die symmetrischen Bewegungen mitmache, also immer nur als Teil des gleichmäßig innervierten Doppelauges anzusehen sei. Soweit nun die binokulare Blicklinie

<sup>1</sup> Vgl. z. B. „Die Lehre vom binokularen Sehen“ S. 26 und 40. „Beiträge zur Physiologie“ S. 30.

<sup>2</sup> HERMANN'S Handb. III (1), S. 534

überhaupt für die Lokalisation des Kernpunktes maßgebend sei, sei sie es auch bei Ausschluß des einen Auges. Man sehe das am deutlichsten in den Fällen, in welchem das sehende Auge von einem Fixationspunkt zu einem zweiten, ebenfalls in der Gesichtslinie gelegenen, übergehe. Das sehende Auge braucht dann seine Stellung nicht zu ändern (nur die Akkommodation), und trotzdem werde der neue Fixationspunkt im Sinne der binokularen Blicklinie, also lateral verlagert; dies zeige sich in einer Scheinbewegung nach links oder rechts.

Ob und inwieweit diese (von WITASEK bestrittene) Scheinbewegung auch quantitativ mit derjenigen Verlagerung des Kernpunktes übereinstimmt, die bei Beteiligung beider Augen stattfinden würde, darauf will ich vorläufig nicht eingehen. Aber das Eine muß schon hier bemerkt werden: eine „Erweiterung“ des G. d. i. S. ist durch diese Erfahrung weder tatsächlich gegeben noch wurde sie von HERING zu machen beabsichtigt; sie hat vielmehr mit dem G. d. i. S. genau so wenig zu tun wie die Lokalisation des Kernpunktes im Sinne der binokularen Blicklinie überhaupt. Ich komme darauf später noch einmal zu sprechen. Einstweilen nur so viel: wenn hier überhaupt von einer „Erweiterung“ die Rede sein kann, so betrifft diese nur den Satz, daß der fixierte Punkt im Sinne der binokularen Blicklinie lokalisiert wird; von diesem Satze kann man sagen, daß er vom binokularen Sehen auf das monokulare ausgedehnt wird. Aber mit dem G. d. i. S. hat weder der Satz selbst noch seine Erweiterung auch nur das Geringste zu tun. Natürlich wird im oben erwähnten Versuch mit der Scheinbewegung des neuen Blickpunktes auch der alte verlagert<sup>1</sup>, was ja sein muß, weil sich beide auf einer und derselben Netzhautstelle abbilden, also in derselben Richtung gesehen werden müssen. Aber die Verlagerung selbst steht mit dem G. d. i. S. in keinerlei Zusammenhang.

Ähnliches gilt von einem anderen Versuch HERINGS, dessen theoretische Bedeutung WITASEK ebenfalls gänzlich verkennt. Man konvergiere auf eine nahe, median gelegene Marke  $p$ , die man auf der Fensterscheibe anbringt; in der Gesichtslinie des linken Auges befinde sich zugleich ein sehr fernes (tatsächlich also weit rechts gelegenes) Objekt  $a$ . Nahe vor das rechte Auge

<sup>1</sup> Vgl. HERING, „Die Lehre vom binokularen Sehen“ S. 13.

wird ein Kartenblatt mit feiner Öffnung so gehalten, daß die Öffnung gerade die nahe Marke  $p$  sichtbar läßt und das Loch im Kartenblatt als Zerstreuungskreis erscheint. Man sieht dann das ferne Objekt  $a$ , das nur dem linken Auge zugänglich ist, die Marke  $p$ , die beiden Augen sichtbar ist, und das Loch im Kartenblatt, das sich nur im rechten Auge abbildet, in einer und derselben und zwar medianen Sehrichtung. Bis hierher teilt WITASEK den Versuch mit, indem er die Stelle aus HERMANN'S Handbuch S. 390—91 wörtlich zitiert.

Nun ist klar, daß die Beobachtung bis hierher überhaupt nichts anderes beweist als das G. d. i. S. Denn gegenüber dem Hauptversuch HERING'S (ibid. S. 386—87) liegt nur die irrelevante Änderung vor, daß hier dem rechten Auge ein sehr nahes Objekt (das Loch liegt viel näher als die binokulare Marke auf der Fensterscheibe) geboten wird, während beim „Hauptversuch“ auch dem rechten Auge, gerade so wie dem linken, außer der binokular gesehenen Marke ein sehr fernes Objekt geboten wird. Es liegt also bis hierher wesentlich derselbe Versuch vor. Eine „Erweiterung“ des G. d. i. S. ist nicht im entferntesten gegeben.<sup>1</sup> Nachdem HERING den Versuch in der angedeuteten Weise beschrieben hat, fährt er fort: „Verdeckt man das rechte Auge vollständig, so ändert sich zunächst nichts. Nur wenn man über die wirkliche Lage der Dinge reflektiert und das verdeckte Auge seine Stellung ändert, kann eine Änderung in der scheinbaren Richtung der Dinge eintreten.“ WITASEK hat unmittelbar vor dieser Stelle sein Zitat geschlossen und nicht gesehen, daß gerade diese Stelle das enthält, worauf es bei diesem Versuch ankommt: daß man nämlich (falls nicht Reflexionen usw. den unmittelbaren Eindruck stören) auch bei Ausschluß des einen Auges die Dinge so lokalisiert, wie man sie bei Beteiligung desselben lokalisiert hat, hier also in die Medianebene. Darauf hätten ihn die Worte, mit denen HERING diesen Versuch einleitet (die unmittelbar vor dem Zitate WITASEK'S stehen) aufmerksam machen müssen: „Auch bei einäugigem Sehen bleiben die Sehrichtungen in der Regel dieselben.“ Welchen Sinn hätte diese Bemerkung, wenn mit ihr

<sup>1</sup> Ich verstehe nicht, wie WITASEK sagen kann: „Man erhält wirklich dieselbe Sehrichtung wie bei ungehindertem binokularem Sehen“. In bezug auf die Marke  $p$  ist ja das binokulare Sehen gar nicht gehindert; was aber die anderen beiden Objekte anlangt, so kommt es auch beim „Hauptversuch“ nur auf die zentral gelegenen monokularen Halbbilder an.

ein Versuch eingeleitet würde, der im selben Maße binokular ist wie der Hauptversuch? Im unmittelbaren Anschluß an die Beschreibung des obigen Versuches erörtert HERING die andersartige Lage des „Sehrichtungsbüschels“ bei Einäugigen, Mikroskopikern usw. Auch daraus hätte WITASEK ersehen können, daß es sich um die Lage des ganzen Systems der Sehrichtungen handelt, welche Lage natürlich mit der Sehrichtung des Kernpunktes immer mitgegeben ist. Es ist also auch hier von einer „erweiterten Gültigkeit“ des G. d. i. S. nicht die Rede, sondern nur von einer Ausdehnung des Satzes, daß der Kernpunkt (und mit ihm das ganze Sehrichtungsbüschel) im Sinne der binokularen Blicklinie lokalisiert wird, auf Fälle des monokularen Sehens. Aus dem Bruchstück, das WITASEK mitteilt, geht allerdings nicht einmal das hervor. Auf welchem Umstand das Mißverständnis beruht, wird später klar werden. Es war einstweilen nur eine Verständigung über die Frage nötig, welche Tatsachen in das Gebiet des G. d. i. S. gehören, und welche von ihm grundsätzlich auszuschließen sind. Dadurch ist allerdings ein großer Teil der Arbeit WITASEKS von vornherein gegenstandslos geworden, derjenige nämlich, der sich mit Fragen beschäftigt, die für das G. d. i. S. irrelevant sind (der ganze Abschnitt über „Die HERINGSCHE Scheinbewegung“ gehört hierher). Ein anderer Teil aber betrifft tatsächlich das G. d. i. S. Dieser soll nunmehr Gegenstand der Diskussion werden.

### III. Der Grundversuch.

Um sogleich die These vorweg zu nehmen, welche WITASEK dem G. d. i. S. entgegenstellt, so lautet dieselbe folgendermaßen: „Korrespondierenden Punkten der beiden Netzhäute sind bei gesonderter monokularer Funktion nicht gleiche Sehfeldpunkte zugeordnet, sondern der der rechten Netzhaut zugehörige Punkt des rechten monokularen Sehfeldes liegt etwas links von dem Punkte, welcher gleich ist dem des linken monokularen Sehfeldes, der dem korrespondierenden Punkte der linken Netzhaut zugehört. . . . Bei binokularem Sehen liegt der den beiden korrespondierenden Netzhautstellen zugehörige Punkt des binokularen Sehfeldes ungefähr in der Mitte zwischen den beiden monokularen Sehfeldpunkten gleichen Punkten des binokularen Sehfeldes. Oder kürzer: Korrespondierende Netz-

hautpunkte lokalisieren bei monokularer, gesonderter Funktion nicht gleich, sondern der rechte etwas mehr nach links, und umgekehrt; bei binokularem, gemeinsamem Funktionieren ungefähr in der Mitte zwischen den beiden monokularen Lokalisationspunkten“ (S. 181). Dieser Tatsache gibt WITASEK den Namen „Monokularlokalisationsdifferenz“. Das G. d. i. S. aber sei — wie S. 206 ff. erörtert wird — eine Konsequenz der folgenden zwei „Grundtatsachen“: 1. „In jedem einzelläufigen Sehakte ist jedem einzelnen Punkte der Netzhaut durchaus nur eine einzige Sehstelle der Sehsphäre zugeordnet“; 2. „korrespondierenden Netzhautpunkten ist bei binokularem Sehen eine einzige Sehstelle der Sehsphäre zugeordnet . . . ; im monokularen Sehen sind ihnen um die Monokularlokalisationsdifferenz verschiedene Sehstellen zugeordnet“.

Die etwas schwerfällige Formulierung dieser Sätze hat ihren Grund darin, daß der Autor das Wort „Richtung“ umgehen will, weil er Anstofs daran nimmt dort von Richtung zu reden, wo es sich doch nur um die Lokalisation eines einzigen Punktes handelt, während der zweite Punkt, der notwendig zum Begriff der Richtung gehört — in unserem Falle das sog. Sehrichtungszentrum —, selbst nicht Gegenstand der Wahrnehmung ist. Um den Richtungsbegriff zu vermeiden, führt er den Begriff „Sehstelle der Sehsphäre“ ein und versteht darunter einen scheinbaren Ort, der nur nach Höhe und Breite bestimmt, nach der dritten Dimension aber völlig unbestimmt ist. Wir wollen von diesem, wie ich glaube ganz unberechtigten, Bedenken gegen die Verwendung des Begriffes „Richtung“ einstweilen absehen (es ist das ja eine Frage für sich) und wieder zum Terminus Richtung zurückkehren. Das erste der beiden obigen Gesetze kann außer Diskussion bleiben, weil ohnehin von jedermann zugegeben wird, daß jedem Punkt der Einzelnetzhaut nur eine Sehrichtung entspricht. Es handelt sich also nur um den zweiten Satz, daß nämlich korrespondierenden Punkten bei binokularem Sehen eine einzige, beim monokularen aber zwei verschiedene Sehrichtungen zugeordnet sind.

Der „Grundversuch“, der dieses Verhalten beweisen soll, wird mittels folgender Anordnung ausgeführt: Der Beobachter blickt durch zwei passend gestellte Röhren von je 10 cm Länge nach einer Marke, die sich median und in Augenhöhe von einem gleichmäßig beleuchteten hellen Hintergrund abhebt. Eine Ver-

schlußvorrichtung, an den dem Beobachter abgekehrten Röhrenden angebracht, gestattet die beiden Röhren abwechselnd oder gleichzeitig lichtdicht abzuschließen. Den Versuch selbst gebe ich mit WITASEKs eigenen Worten wieder:

„Die Marke wurde zunächst binokular (durch die Guckröhren) scharf fixiert; dann, bei fortwährend, wenigstens der Intention nach, unverrückt festgehaltener Blick- und Kopflage, plötzlich links der Schirm vorgeschoben, nach zirka einer Sekunde ebenso rasch auch rechts, dann, nach beiläufig einer halben Sekunde beidseitigen Abschlusses, wieder links geöffnet und hierauf, nach etwa einer Sekunde, auch rechts. So folgten einander: Binokulare Fixation, monokulare Fixation rechts, monokulare links, und wieder binokulare Fixation, die beiden monokularen Fixationen durch eine kurze Pause beidseitiger Abdunkelung getrennt. Der Versuch wurde natürlich auch in der entgegengesetzten Reihenfolge vorgenommen.

Das Ergebnis gestaltete sich ausnahmslos dahin, daß die Marke beim Übergang von der monokularen Fixation des einen Auges zu der des anderen um ein kleines Stück, nach den dem jeweils fixierenden Auge entgegengesetzten Seite, also immer nach der Seite des eben abgeschlossenen Auges hin zu rücken schien. Das linke Auge lokalisierte die objektiv feste Marke um ein kleines Stück weiter nach rechts als das rechte Auge.“ (S. 164—65.)

Der Verf. hat den Abstand der Marke von 30 cm bis 4 m variiert, wobei der Erfolg qualitativ gleichblieb und sich nur dem Ausmaß nach änderte und zwar sowohl dem linearen als auch dem Winkelwerte nach (S. 165).

Der beschriebene Versuch bildet das Hauptargument zugunsten der „Monokularlokalisationsdifferenz“. Diese selbst hält der Autor für eine „ursprüngliche Angelegenheit der spezifischen Ortsenergien der Netzhaut“ (S. 216), also für etwas, was man im strengsten Sinne als Netzhautfunktion ansehen muß.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Verhält sich dies so, dann ist eine notwendige Folge die, daß bei geänderter Entfernung der Marke vom Beobachter sich der lineare Wert der „Monokularlokalisationsdifferenz“ proportional mitändern, so daß er, wenn er in Winkelmaß ausgedrückt wird, konstant bleiben muß. Dem entgegen lesen wir bei WITASEK S. 165: „Ich habe die Marke von 30 cm bis 4 m Abstand verschoben, der Erfolg blieb in der Hauptsache stets der gleiche. Nur die Größe der scheinbaren Verschiebung verändert

Das Verhalten, welches in dem „Grundversuch“ zur Beobachtung kommt, ist längst bekannt und hätte in unserem Autor sofort die Erinnerung an die folgenden beiden Tatsachen wachrufen sollen:

Erstens an die „relative Konvergenzbreite“, wie DONDERS die Tatsache genannt hat, daß einem bestimmten Akkommodationszustand ein ganzes Intervall von Konvergenzgraden zugeordnet ist („relative Fusionsbreite“ nach NAGEL). Auf dieses Verhalten, welches, wie man sieht, das Gegenstück zur relativen Akkommodationsbreite bildet, hat VOLKMANN schon im Jahre 1836 aufmerksam gemacht. Er bringt zum Beweise folgenden Versuch:

„Betrachte ich eine Nadel in passender Sehweite mit Einem Auge, fixiere sie so scharf als möglich und enthülle dann das zweite verdeckte Auge, so sehe ich die Nadel jedesmal doppelt, obschon in sehr wenig getrennten Doppelbildern.“<sup>1</sup>

Würde VOLKMANN bei diesem Versuch das dem offenen Auge angehörige Halbbild in dem Augenblick, in welchem das andere Auge enthüllt wurde, abgeblendet haben, wodurch am Prinzip des Versuches gar nichts geändert worden wäre, so wären im wesentlichen die Bedingungen des WITASEKschen Grundversuches gegeben gewesen. Ja die S. 177 erwähnte Abänderung des Grundversuches, wobei das eine Auge ständig offen bleibt und die Lokalisationsdifferenz ebenfalls beobachtet wird, stellt sogar genau die Bedingungen des VOLKMANNschen Versuches her.

Dieser letztere, der seither Schulversuch geworden ist, ist stets in dem Sinne ausgelegt worden, daß das plötzlich abge-

---

sich dabei, und zwar, wie es scheint, nicht nur in ihrem linearen, sondern auch in ihrem Winkelwerte.“ Mit der Schwierigkeit, die hieraus den „spezifischen Ortsenergien der Netzhaut“ erwächst, hat sich der Verf. nicht weiter beschäftigt.

<sup>1</sup> „Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes“ S. 148. Daß diese, durch Doppelbilder sich verratende, Verschiedenheit der Lokalisation übersehen werden kann, hat ebenfalls schon VOLKMANN durch die Tatsache erklärt, daß sich die Augen unter dem Einfluß der Aufmerksamkeit „blitzschnell auf das Objekt einstellen“ (ebenda S. 152). Bei WITASEK finde ich an der Stelle (S. 177), wo er über den abgeänderten Grundversuch — Offenhalten des einen Auges und zeitweises Verdecken des anderen — berichtet, nichts von Doppelbildern erwähnt, obzwar solche auftreten müssen; nur von einer Verschiebung „der“ Marke wird gesprochen. Er hat also offenbar das zweite Halbbild übersehen.

deckte Auge sich nicht in Fixationsstellung befindet und daher ein exzentrisches Bild empfängt — ich komme später darauf zurück.

Zweitens wäre zu bedenken gewesen, daß A. GRAEFE<sup>1</sup> schon 1880 empfohlen hat, die Scheinbewegung eines Objektes bei alternierendem Verdecken des einen und anderen Auges zum Nachweise derjenigen latenten Stellungsanomalien zu verwenden, die man jetzt nach G. T. STEVENS als Heterophorien bezeichnet, und daß dieses Verfahren, welches — wie man sieht — in allen wesentlichen Stücken mit dem WITASEKSchen Grundversuch übereinstimmt, sich seither als klinisches Prüfungsmittel vollständig eingebürgert hat — wir kommen auch darauf noch zu sprechen. Es ist also auch von dieser Seite niemandem eingefallen, den Lokalisationsunterschied anders als auf motorischer Grundlage zu deuten.

#### IV. Die Heterophorie.

Es steht mir außer Zweifel, daß WITASEKs Beobachtung, wie er sie in seinem Grundversuch und in den verschiedentlichen Variationen desselben beschreibt, auf nichts anderem als auf einer unwillkürlichen Bewegung der Gesichtslinien und damit auf einer exzentrischen Lage der betreffenden Netzhautbilder beruht und somit nur einen Fall aus jener eben erwähnten, längst bekannten Gruppe von Erscheinungen darstellt, also mit den sensorischen Funktionen der Netzhaut schlechterdings gar nichts zu tun hat.

Auf die Gründe, um derentwillen WITASEK alle motorischen Erklärungen ausschließen zu können meint, werde ich später eingehen. Zunächst will ich auf die in WITASEKs eigenen Versuchen enthaltenen Momente hinweisen, welche gegen seine — sensorische — Deutung Zeugnis geben und sodann die physiologischen Erfahrungen besprechen, welche mir die Erklärung aus unwillkürlichen Augenbewegungen mit Sicherheit zu beweisen scheinen.

Von den erstgenannten Momenten ist eines schon berührt worden: die veränderliche Größe der „Monokularlokalisations-

<sup>1</sup> Artikel „Motilitätsstörungen“ in GRAEFE-SÄEMISCH, Handb. d. Augenheilkunde. 1. Aufl., Bd. VI, T. 4, S. 195.

differenz“ bei verschiedenen Entfernungen der fixierten Marke (vgl. oben S. 18).

Das zweite Moment geht aus dem Bericht über den Grundversuch (S. 164f.) nur indirekt hervor, deutlicher aus der S. 176f. erwähnten Abänderung, bei welcher das eine Auge ständig geöffnet bleibt und nur das andere zeitweise verdeckt wird. Beim Übergang von der binokularen zur monokularen Fixation zeigt sich nämlich gar kein Lokalisationsunterschied: fixiert man eine Marke mit beiden Augen und verdeckt hierauf das eine Auge, so bleibt die Marke wo sie war. WITASEKs Bericht über den Grundversuch sagt denn auch gar nichts von einer Verschiebung der Marke beim Übergang von der ersten Phase (binokulare Betrachtung) zur zweiten (rechtsmonokulare Betrachtung); und bei der erwähnten Abänderung des Versuches heißt es: „Schließt und öffnet man abwechselnd das rechte Auge, so rückt die Marke beim Öffnen<sup>1</sup> ein wenig nach links.“

Wenn nun korrespondierenden Netzhautstellen bei binokularer Betrachtung ein Punkt entspricht, der „ungefähr in der Mitte zwischen den beiden monokularen Lokalisationspunkten“ liegt (S. 181), warum ändert sich dann in der Lokalisation nichts, wenn man zuerst binokular fixiert und hierauf ein Auge verdeckt? Und daß sich das wirklich so verhält, davon kann man sich jederzeit überzeugen. Die wahre Ursache liegt darin, daß das nicht verdeckte Auge durch die ununterbrochene Fixation verhindert wird eine Bewegung zu machen, wie sie unter der Deckung erfolgen würde, und daher das Netzhautbild nach wie vor auf der Fovea liegt — was alles beim Übergang von der monokularen zur binokularen Betrachtung nicht gilt.

Ein drittes Moment, das gegen die sensorische und für die motorische Deutung spricht, ist das folgende: wenn WITASEK, statt ein reelles Objekt zu fixieren, zwei Objekte haploskopisch vereinigt und nunmehr seinen Grundversuch anstellt, so fällt dieser nur dann in derselben Weise aus, wenn sich die Gesichtslinien vor den Objekten kreuzen, die linke also auf das rechte Objekt gerichtet ist und umgekehrt; vereinigt er die beiden Objekte aber so, daß die Gesichtslinie des linken Auges auf das linke, die des rechten auf das rechte Objekt gerichtet ist, so fällt

<sup>1</sup> Von mir gesperrt gedruckt.

die Verschiebung bei alternierendem Gebrauch des einen und anderen Auges im entgegengesetzten Sinne aus wie früher (S. 178 f.). Die naheliegende Erklärung durch unwillkürliche Divergenz- bzw. Konvergenzbewegungen der Augen während der Deckung lehnt WITASEK ab — worüber später noch zu sprechen sein wird — und ersetzt sie (S. 205 f.) durch den meines Erachtens ganz nichtssagenden Hinweis darauf, daß das Charakteristische der Monokularlokalisationsdifferenz nur an einer „im wirklichen Schnittpunkte der zwei Gesichtslinien liegenden gemeinsamen Fixationsmarke“ zur Geltung komme, eine Einschränkung, für die nicht nur jeder Grund fehlt, sondern die auch in direktem Widerspruch zu der Annahme steht, daß die Lokalisationsdifferenz „eine ursprüngliche Angelegenheit der spezifischen Ortsenergien der Netzhaut“ sei (S. 216).

Es enthalten also schon WITASEKS eigene Berichte deutliche Hinweise auf eine motorische Erklärung seiner Versuche. Dazu kommt aber ein ausgebreiteter, den Physiologen und Ophthalmologen wohl bekannter Tatsachenkomplex, der die Triftigkeit dieser Deutung ganz außer Zweifel setzt, den WITASEK aber nicht genügend zu kennen scheint. Ich will das Wesentliche sofort auseinandersetzen.

Seit VOLKMANN und DONDERS weiß man, daß der physiologische Zusammenhang zwischen Akkommodation und Konvergenz kein eindeutiger ist (wofür ihn noch JOHANNES MÜLLER, wenigstens innerhalb des von der Akkommodation beherrschten Gebietes, gehalten hat), sondern daß jedem Konvergenzzustand ein ganzes Intervall von Akkommodationsgraden entspricht („relative Akkommodationsbreite“) und umgekehrt jedem Akkommodationszustand ein ganzes Intervall von Konvergenzgraden („relative Konvergenzbreite“ nach DONDERS, „relative Fusionsbreite“ nach NAGEL). Mit dieser letzteren Tatsache haben wir uns hier zu beschäftigen. Fixiert man also einen Punkt monokular, so befindet sich das abgeschlossene Auge zwar im selben Akkommodationszustand,<sup>1</sup> kann aber, insoweit es nur auf den erwähnten physiologischen Konnex ankommt, sich in jedem beliebigen Konvergenzzustand befinden, der jenem bestimmten Intervall angehört. Welchen Konvergenzgrad aus diesem Intervall es tat-

<sup>1</sup> Ob auch im selben Refraktionszustand, hängt davon ab, ob Isometropie vorhanden ist oder nicht.

sächlich einnimmt, hängt von einer Reihe von Umständen ab, deren größerer Teil für das Individuum konstant ist, während ein kleinerer variieren kann. Was die ersteren anlangt, so kommen hier zuvörderst alle anatomischen bzw. topographischen Momente in Betracht, welche eine Asymmetrie des äußeren Muskelapparates beider Augen bedingen können: die Insertionen der einzelnen Muskeln am Bulbus und an der Orbita, ihre Länge, die Gestalten und Lagen der beiden Orbitae, die Querschnittsgröße der homologen Muskeln und anderes. Ebenso kommen diejenigen Momente in Betracht, welche Träger physiologischer Asymmetrien sein können. So vor allem das Ausmaß der Kontraktion, mit der der einzelne Muskel auf einen Impuls von gegebener Größe reagiert; dann die sämtlichen den Refraktionszustand bedingenden dioptrischen Konstanten des sehenden Auges, insofern je nach dem Refraktionszustand ein höherer oder geringerer Grad von Akkommodation bei gegebenem Objekt nötig ist und somit das unbeteiligte Auge auch zu einer stärkeren oder schwächeren Konvergenz veranlaßt wird. Beiläufig gesagt läßt sich eine Scheidung der anatomischen von den physiologischen Faktoren in Wirklichkeit nicht streng durchführen: so wird z. B. die anatomische Tatsache eines kleineren Muskelquerschnittes zugleich eine geringere Wirkung bei gleicher Innervationsgröße bedingen u. a. m. Aber auch ohne solche statische Bedingungen wird je nach dem Erregbarkeitszustand derselbe Impuls bald eine stärkere bald eine schwächere Wirkung auf den Muskel ausüben — und damit ist zugleich ein Beispiel für die variablen Bedingungen gegeben, durch die die Stellung des gedeckten Auges bestimmt wird.

Alle die genannten Momente beeinflussen die Stellung, welche die Gesichtslinie des verdeckten Auges innerhalb des ihr zur Verfügung stehenden Intervalles tatsächlich einnimmt. Sind nun diese Bedingungen für beide Augen in voller Symmetrie gegeben, dann wird das ausgeschlossene Auge auch unter der Deckung genau auf den Fixationspunkt gerichtet sein; und dieses Verhalten nennt man *Orthophorie*, während man jedes davon abweichende Verhalten im weiteren Sinne des Wortes als *Heterophorie* bezeichnet.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Diese Ausdrücke, sowie die Namen für die Unterarten der Heterophorie (*Esophorie*, *Exophorie*, *Hyperphorie* und die Kombinationen *Hyperesophorie*, *Hyperexophorie*) hat G. T. STEVENS eingeführt. Vgl. dessen Ab-

Die tatsächliche, sei es orthophore, sei es heterophore Stellung des gedeckten Auges ist also das Produkt aller den Muskelapparat betreffenden anatomischen, topographischen und physiologischen Faktoren einschliesslich der dioptrischen Konstanten, aber auch nur dieser, womit gesagt sein soll, daß Netzhauterregungen in den genannten Komplex von Faktoren nicht eingehen, daß derselbe also keinen sensorischen Faktor enthält. Ohne Zweifel besteht das Bedürfnis nach einem geeigneten Namen für die so definierte Stellung; allein es gibt keinen, der dieser Definition genau entspricht, weder zu eng ist noch zugunsten einer falschen oder mindestens unbewiesenen Annahme präjudiziert.<sup>1</sup>

Es ist eine bekannte Tatsache, daß innerhalb gewisser Grenzen die Abweichungen von der orthophoren Stellung vollständig aufgehoben werden können, wenn beide Augen sich am Sehakte zu beteiligen in der Lage sind: es kommt dann zur vollständig korrekten binokularen Fixation desjenigen Objektes, das gerade unsere Aufmerksamkeit erregt. Man spricht in diesem Falle ganz passend von einem „Fusionszwang“ und meint damit, daß das Streben nach Fixation ohne weiteres zur Überwindung derjenigen Faktoren

handlung „Die Anomalien der Augenmuskeln“, mit Abkürzung übersetzt im *Arch. f. Augenheilk.* 18, S. 445 ff. und 20, S. 325 ff. Original im *Arch. of Ophthalm.* 16. A. BIELSCHOWSKY und A. LUDWIG (Das Wesen und die Bedeutung latenter Gleichgewichtsstörungen der Augen, insbesondere der Vertikalablenkungen v. *Graefes Arch.* 62, S. 400 ff.) scheiden die Stellanomalien auf nervöser Grundlage streng von den auf mechanischen Faktoren beruhenden und gebrauchen den Ausdruck „Heterophorie“ nur für die letzteren, während sie die ersteren als scheinbare Heterophorien bezeichnen. Mit Rücksicht darauf habe ich oben gesagt: „im weiteren Sinne des Wortes“.

<sup>1</sup> Letzteres gilt besonders von dem Ausdruck „relative Ruhelage“, den z. B. A. GRAEFE gebraucht (vgl. den Artikel „Motilitätsstörungen“ in GRAEFE-SÄEMISCH Handb. d. Augenheilk., 2. Aufl., Bd. VIII, Kap. 11, S. 154 u. öfter). Auch „Gleichgewichtslage“ paßt nicht, weil es die konstanten, namentlich die anatomischen Bedingungen zu einseitig betont. „Bequeme“ oder „bequemste“ Stellung, Stellung, die „am wenigsten Mühe kostet“, Ausdrücke, die z. B. LANDOLT verwendet (vgl. den Artikel „Untersuchung der Augenbewegungen“ im GRAEFE-SÄEMISCH Handb. d. Augenheilk., 2. Aufl., Bd. IV, Abschn. XIII, S. 704 u. 706), schützen nicht vor Mißverständnissen, insofern man geneigt sein könnte, bloß an tonische Innervationen zu denken u. dgl. Zum Begriff „Ruhelage“ vgl. man die kritischen Bemerkungen von F. B. HOFMANN „Einige Fragen der Augenmuskelninnervation“ II. Teil in ASHER-SPIROS Ergebnissen der Physiologie, V. Jahrg. (1906), S. 599 ff. Vgl. übrigens die folgende Fußnote.

führt, welche ohne dieses Streben eine Abweichung der einen Gesichtslinie von der orthophoren Stellung und somit Zerfall in Doppelbilder herbeigeführt hätten.<sup>1</sup> Man nennt dann diese überwundene Abweichung latent und meint damit, daß dieselbe während des Fusionszwanges zwar nicht konstaterbar sei, aber bei Aufhebung der Fusionsmöglichkeit wieder in Erscheinung trete.<sup>2</sup> Die Tatsache der relativen Konvergenzbreite macht es begreiflich, daß, wenn die Abweichung von der Orthophorie gewisse Grenzen überschreitet, der vorhandene Fusionszwang nicht mehr instande ist zur wirklichen Fusion zu führen, das beachtete Objekt daher überhaupt nicht mehr binokular fixiert werden kann. Man nennt die Abweichung dann eine manifeste. Es ist üblich den Namen „Heterophorie“ nur für die latenten Fälle zu gebrauchen.<sup>3</sup>

Die vielfachen Bedingungen, welche erfüllt sein müssen, wenn Orthophorie vorhanden sein soll, oder umgekehrt die vielfachen Möglichkeiten der Störung dieses Verhaltens machen es schon von vornherein wahrscheinlich, daß die Fälle dieser Art nicht all zu häufig sein werden, daß man also die Heterophorie als die Norm, die Orthophorie als die Ausnahme zu betrachten haben wird. HOFMANN bemerkt mit Recht: „Vom motorischen Apparat der Augen wird, wenn beim Fixationswechsel gleiche Bilder auf identische Stellen fallen sollen, eine ungemein präzise beiderseitige Gleichheit der Leistung gefordert. Bei der Häufigkeit geringer Asymmetrien im Bau beider Körperhälften

<sup>1</sup> Mein Kollege, Herr Prof. Dr. F. B. HOFMANN, schlug mir kürzlich den Ausdruck „freie Einstellung“ für diejenige Stellung vor, die das Auge unter der Deckung tatsächlich einnimmt. Da es sich hierbei wirklich nur um das Fehlen der Fusionsinnervation handelt, ist das negative Moment, welches das Wort „frei“ enthält, in der Tat sehr zutreffend; der Ausdruck präjudiziert sicher viel weniger als die in der vorhergehenden Fußnote erwähnten Bezeichnungen. Der Name „fusionslose Stellung“, an den man ja denken könnte, paßt darum nicht, weil auch in Fällen, in denen eine Fusion gar nicht zustande kommen kann (z. B. bei Anwendung subduzierender Prismen) unter Umständen doch Fusionsinnervationen auftreten können. „Frei“ im Sinne von „ohne sensorischen Zwang“ trifft den wahren Sinn ohne Zweifel viel besser.

<sup>2</sup> Daß dies nicht ohne Einschränkung gilt, wird später erwähnt werden. In der vorigen Fußnote wurde bereits darauf hingewiesen.

<sup>3</sup> Daß die Grenze zwischen Latent und Manifest keine scharfe ist, weil alle erheblicheren Grade der Latenz zeitweilig manifest werden können, wird von BIRLSCHOWSKY und LUDWIG (a. a. O. S. 401) hervorgehoben.

ist nun nicht anzunehmen, daß diese Gleichheit schon aus dem anatomischen Bau von vornherein resultieren würde. Es ist vielmehr wahrscheinlich und genauere Untersuchungen haben dies auch bestätigt, dass kleine Inkongruenzen in den motorischen Verhältnissen beider Augen ganz gewöhnlich sind. Diese Inkongruenzen werden aber beim gewöhnlichen Sehen bald und dauernd durch den Fusionszwang überwunden werden. Erst wenn letzterer wegfällt (z. B. beim Verdecken eines Auges) und die Augenmuskeln nur den gewöhnlichen Willkürinnervationen unterliegen, wird die Fusionsinnervation allmählich zurückgehen und die anatomische Differenz wird in der Verschiedenheit der Lage beider Augen allmählich zum Ausdruck kommen.<sup>1</sup>

Und ähnlich äußern sich BIELSCHOWSKY und LUDWIG:

„Es liegt doch auf der Hand, daß die anatomische Beschaffenheit der Orbitae und ihres Inhalts, sowie das Lageverhältnis der einzelnen Teile zueinander nur ausnahmsweise eine so ideale Ruhelage der Augen ermöglicht, wie sie als Orthophorie definiert wurde. Die Regel bilden zweifellos geringe und größere Inkongruenzen in der Beschaffenheit der die Stellung der beiden Augen bestimmenden Apparate, Inkongruenzen, die für gewöhnlich unter Vermittlung des binokularen Sehakts durch eine entsprechende Anpassung der Innervation der Augenmuskeln korrigiert werden. Finden wir doch bei wenigstens 75 % aller Menschen eine Heterophorie, obwohl sich geringe Grade der Störung gewiß noch häufig genug der Feststellung mit unseren Methoden entziehen!“<sup>2</sup>

Ja BIELSCHOWSKY, der auf eine reiche ophthalmologische Erfahrung blicken und gerade auf dem hier in Frage kommenden Gebiet als erste Autorität gelten kann, gesteht dem Begriff „Orthophorie“ überhaupt nur mehr didaktischen Wert zu, und ebenso natürlich auch dessen Korrelat, der „Heterophorie“. „Die Bezeichnungen ‚abnorme Ruhelage‘, ‚Gleichgewichtsstörung‘ oder ‚Stellungsanomalie‘ sind nicht allgemein genug und lassen an einen pathologischen Zustand denken, während wir doch die Orthophorie ebenso als eine Ausnahmeform der Ruhelage an-

<sup>1</sup> „Einige Fragen der Augenmuskelninnervation“ in ASHER-SPIROS Erg. d. Physiol., II. Jahrg., II. Abteilg. (1903), S. 810f.

<sup>2</sup> BIELSCHOWSKY und LUDWIG a. a. O. S. 427.

zusehen haben, wie es die Emmetropie unter den Refraktionsformen ist.“<sup>1</sup>

Eine ausführliche Erörterung der Methoden, mittels deren Heterophorien festzustellen und messend zu bestimmen sind, liegt um so weniger in meiner Absicht als es ja vortreffliche zusammenfassende Darstellungen gibt, die dem Psychologen, sofern er sich mit Fragen des Raumsinnes beschäftigt, ohnehin geläufig sein müssen. Ich verweise diesbezüglich auf A. GRAEFES Artikel „Motilitätsstörungen“ in der neuen Auflage von GRAEFES-SAEMISCH' Handb. d. Augenheilk., Bd. VIII, Kap. 11 und ganz besonders auf die klare und durchsichtige Darstellung bei LANDOLT „Untersuchung der Augenbewegungen“ im selben Handb., Bd. IV, Abschn. XIII. Nur auf einige prinzipielle Seiten der Methodik möchte ich hier aufmerksam machen.

Man mag sich solcher Methoden bedienen, bei denen Einstellbewegungen objektiv, d. h. durch Beobachtung des verdeckten oder enthüllten bzw. des freien Auges seitens des Untersuchenden konstatiert werden, oder subjektiver, d. h. solcher, bei denen der Bewegungseffekt aus den Angaben des Untersuchten über seine Lokalisationen konstatiert wird<sup>2</sup>, immer wird es darauf ankommen Abweichungen, die unter den gewöhnlichen Bedingungen des Sehens latent geblieben sind, durch geeignete

<sup>1</sup> BIELSCHOWSKY, „Die Motilitätsstörungen der Augen“ in GRAEFES-SAEMISCH Handb. d. Augenheilk., 2. Aufl., Bd. VIII, 1. Abt., Kap. XI, Nachtrag I, S. 34.

<sup>2</sup> Was die objektiven Methoden anlangt, so kommt es bei den latenten Formen, die uns hier allein interessieren, darauf an, ob bei alternierendem Verdecken des einen und anderen Auges das jeweils freigegebene Auge unmittelbar nach seiner Enthüllung eine Einstellbewegung macht, bzw. ob es im Augenblick seiner Verdeckung (die dann so geschehen muß, daß der Untersuchende das Auge beobachten kann) von der soeben innegehabten Stellung abweicht — während bei den manifesten Formen der Übergang von der Freigabe beider Augen zur Deckung des einen eine Einstellbewegung des freien, nunmehr allein sehenden Auges erkennen läßt. Da sich heterophore Stellungen auch subjektiv durch entsprechende Änderungen der Lokalisation verraten müssen, so wird es bei alternierendem Verdecken und Freigeben zu Scheinverschiebungen des Fixationsobjektes kommen, die dann ebenfalls als Kriterium einer heterophoren Ablenkung benutzt werden können. Bei dieser Art der Untersuchung sind also dieselben Bedingungen und auch dasselbe Resultat gegeben wie im WITASEKschen „Grundversuch“. Es liegt nahe anzunehmen, daß auch die Sachlage dieselbe ist.

Mittel manifest zu machen. Handelt es sich nun darum, nicht bloß das Vorhandensein sondern auch die genaue Richtung und Größe einer Heterophorie zu erkennen, so wird man das durch Methoden, die nur die jeweilige Beteiligung eines Auges gestatten, nicht erreichen können. Ja bei sehr geringgradigen Heterophorien werden diese Methoden unter Umständen nicht einmal zur Konstatierung der Existenz einer solchen Abweichung hinreichen. Das legt nahe, Methoden zu ersinnen, bei denen beide Augen sich am Sehakte beteiligen und trotzdem die Wirkungen des Fusionszwanges ausgeschaltet werden. Im Jahre 1862 hat v. GRAEFÉ<sup>1</sup> zum ersten Male eine derartige Methode angegeben. Sie besteht im Wesen darin, daß durch Vorsetzen eines Prismas mit horizontaler Kante die Fusion unmöglich gemacht und die vermöge der Heterophorie nicht vertikal, sondern schräg übereinanderstehenden Doppelbilder durch ein geeignetes zweites Prisma mit vertikaler Kante so gestellt werden, daß sie vertikal übereinander liegen. An diese, unter dem Namen „GRAEFESCHER Gleichgewichtsversuch“ auch heute noch in klinischer Verwendung stehende Methode haben sich dann andere Methoden angeschlossen, bei denen die Fusion entweder durch verschiedene Färbung (SNELLEN, HERING) oder durch Gestaltveränderung des einen Bildes (Maddox) verhindert wird.

Ohne auf die Einzelheiten dieser Methoden einzugehen, möchte ich hier nur einen für sie alle prinzipiellen Umstand hervorheben.

Schon beim v. GRAEFESCHEN Gleichgewichtsversuch hat sich gezeigt, daß viele mit Eso- oder Exophorie behaftete Individuen, die durch das subduzierende Prisma entstehenden Doppelbilder ohne Anwendung des zweiten Prismas dennoch vertikal übereinander lokalisieren,<sup>2</sup> daß sie also Bewegungen im Sinne des Fusionszwanges ausführen, obzwar eine Fusion gar nicht erreicht werden kann. Die theoretische Voraussetzung des Gleichgewichtsversuches, daß das mit dem Prisma bewaffnete Auge in dieselbe Gleichgewichtslage rücke wie unter der deckenden Hand, trifft also sehr häufig nicht zu. Analoges gilt für alle anderen Verfahrensweisen, die sich die Aufhebung der Fusion zum

<sup>1</sup> „Über muskuläre Asthenopie“, *Archiv f. Ophthalm.* 8, S. 314—67.

<sup>2</sup> Vgl. GRAEFÉ, „Motilitätsstörungen“ a. a. O. S. 161. Übrigens hat schon GRAEFÉ der Ältere auf dieses Verhalten aufmerksam gemacht.

Ziele setzen. Es ist eine „seit langem bekannte Tatsache, daß nach Aufhebung des binokularen Sehaktes, mag nun das eine Auge vom Sehen überhaupt ausgeschlossen oder nur unter Bedingungen versetzt sein, die seine Eindrücke nicht zu motorischer Verwertung gelangen lassen, die vorher durch den Fusionszwang erzeugte Ausgleichsinnervation nicht sofort aufgegeben wird, sondern nur ganz allmählich abklingt. Wahrscheinlich bleibt sogar in der Regel (unter den gewöhnlichen Untersuchungsbedingungen) ein — einen Teil der Heterophorie verdeckender — Rest jener Innervation zurück . . . .“<sup>1</sup> Man muß also immer damit rechnen, „daß ein größerer oder kleinerer Bruchteil der Heterophorie durch die nur unvollständig erschlaffende Ausgleichsinnervation gedeckt (latent) bleibt.“<sup>2</sup> „Wir müssen uns [also] darüber klar sein, daß wir auch bei sorgfältigster Untersuchung mit den besten Methoden die Ruhelage der Augen nur annähernd bestimmen können und daher auch für etwa bestehende Abweichungen nur Annäherungswerte erhalten.“<sup>3</sup> Wie das Auftreten solcher Ausgleichsinnervationen zu erklären ist, das ist eine Frage für sich. Durch die Untersuchungen, welche F. B. HOFMANN und A. BIELSCHOWSKY über Fusionsrollungen angestellt haben,<sup>4</sup> ist es sehr wahrscheinlich gemacht, daß auch bei der Heterophorie dieser latente Rest auf einer Nachdauer derjenigen tonischen Ausgleichsinnervation beruht, die unter den normalen Bedingungen des Sehens im Interesse der Fusion fortwährend stattfindet, weshalb denn auch BIELSCHOWSKY und LUDWIG die bisher üblichen Methoden dadurch ergänzen, daß sie durch Einführung eines entgegengesetzt wirkenden Fusionsbestrebens eine Erschlaffung jenes Restes von Ausgleichsinnervation herbeizuführen suchen.<sup>5</sup> Unter Vorbehalt der Tatsache, daß ein solcher latenter Rest von Ausgleichsinner-

<sup>1</sup> BIELSCHOWSKY und LUDWIG a. a. O. S. 403.

<sup>2</sup> Ebenda S. 410 BIELSCHOWSKY, der eine geringe latente Divergenz hat, bringt S. 403f. interessante Belege dafür aus Beobachtungen, die er an sich selbst angestellt hat.

<sup>3</sup> Ebenda S. 404.

<sup>4</sup> HOFMANN und BIELSCHOWSKY, „Über die der Willkür entzogenen Fusionsbewegungen der Augen.“ *Pflügers Archiv* 80, S. 1ff.

<sup>5</sup> BIELSCHOWSKY und LUDWIG S. 410f. Die beiden Autoren machen aber eigens darauf aufmerksam, daß selbst bei diesem Verfahren noch ein Rest von Ausgleichsinnervation zurückbleiben kann; nur sei er auf das erreichbare Minimum herabgedrückt (S. 411).

vation im allgemeinen stets vermutet werden muß, ist die Substitutionsmethode (d. h. die Aufsuchung der Punkte identischer Sehrichtung) bei aufgehobener Fusion das genaueste Verfahren, um sich auch geringgradiger Heterophorien zu versichern.

Man ersieht aus dieser kurzen Darstellung, mit welchen Schwierigkeiten die exakte Ermittlung einer Heterophorie verbunden sein kann. Die praktischen Interessen des Klinikers verlangen natürlich auch keine Methoden von solcher Feinheit, wie sie hier erforderlich ist, um so mehr als Heterophorien, die mit Leichtigkeit durch den Fusionszwang ausgeglichen werden, zu therapeutischen Maßnahmen keinen Anlaß bieten. Für die theoretischen Bedürfnisse aber, die hier vorliegen, sind die üblichen klinischen Untersuchungsmethoden ohne Zweifel unzureichend.

#### V. WITASEKS Argumente gegen eine motorische Deutung seines Grundversuches. — Das Haploskopieren bei Exophorie.

Nach dem Gesagten kann es kaum einem Zweifel unterliegen, daß WITASEKS „Grundversuch“, auf den ich nun wieder zurückkomme, nichts anderes beweist, als daß der Autor eine Exophorie besitzt, die sich, wie das ja sein muß, in einer Ablenkung der Gesichtslinie des verdeckten Auges zu relativer Divergenz (bei sehr weit entferntem Objekt zu absoluter Divergenz) äußert, daher bei Enthüllung das Bild der Fixationsmarke nicht auf die Fovea sondern auf eine von der Fovea temporalwärts gelegene Stelle fallen und dasselbe somit im Sinne ungleichnamiger Doppelbilder lokalisieren läßt.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Die verschiedenen Variationen des Grundversuches im einzelnen zu besprechen halte ich für überflüssig. Hier nur ein Beispiel. WITASEK stellt 3 verschieden entfernte Lichtpunkte in die Medianebene so auf, daß der fernste etwas höher liegt als der mittlere, dieser etwas höher als der nächstgelegene. Fixiert er den mittleren binokular, so zerfällt der erste und dritte in Doppelbilder, er sieht dann 5 Punkte, die angeordnet sind wie etwa die Eckpunkte eines Quadrates und der Schnittpunkt seiner Diagonalen. Schließt er alternierend das eine und andere Auge, so sind die nunmehr von jedem Auge gesehenen 3 Punkte nicht so lokalisiert wie vordem je 3 Punkte einer Diagonale sondern so, wie wenn die 5 binokular gesehenen Punkte die Gestalt  $\cdot\cdot\cdot$  gehabt hätten. Das ist bei Exophorie selbstverständlich: die Gesichtslinien weichen bei alternierendem Verdecken nach außen ab; fixiert wird dann der letzte Punkt und nicht mehr der mittlere. Bei binokularer Betrachtung kann der Absicht, den

WITASEK berücksichtigt die Möglichkeit unwillkürlicher Augenbewegungen<sup>1</sup>, lehnt sie aber aus Gründen ab, die wir uns jetzt etwas näher ansehen wollen.

Kurz zu erledigen sind die Gründe, die rein auf Vorurteilen infolge ungenügender Tatsachenkenntnis beruhen. So vor allem die Bemerkung, daß die „ausnahmslose Regelmäßigkeit und Gleichartigkeit der Erscheinung schwer mit gleichsam sich selbst überlassenen, unwillkürlich ablaufenden Augenbewegungen zu vereinbaren“ sei (S. 170). Die Augenbewegungen sind nicht „gleichsam sich selbst überlassen“, sondern sie sind dem ganzen, früher besprochenen Komplex anatomischer und physiologischer Bedingungen unterstellt, die bei feststehendem Fixationsobjekt und Deckung eines Auges tatsächlich konstant sind. Nur dann, wenn das zweite Auge am Sehakt beteiligt ist, kann ein kleiner Teil dieser Bedingungen (nämlich die auf nervöser Basis beruhenden) variieren und es kann dann dazu kommen, daß z. B. je nach der größeren oder geringeren Ermüdung des Untersuchten bald ein größerer bald ein kleinerer Betrag der Heterophorie manifest wird.<sup>2</sup> Abgesehen davon wirken alle Faktoren im Sinne der Konstanz.

Weiter gehört hierher der Schluss, den WITASEK aus der Tatsache zieht, daß die Verschiebung der Marke auch dann zu beobachten ist, wenn man den Grundversuch mit einem unendlich fernen Fixationsobjekt anstellt. Beruhte die Verschiebung auf einer unwillkürlichen Augenbewegung, so müßte sich, meint der Autor, der Konvergenzwinkel, der bei dieser Anordnung ohnehin = 0 ist, noch weiter vermindern — und das sei „ausgeschlossen“

---

mittleren Punkt zu fixieren, leicht entsprochen werden, da die Ausführung unter der sensorischen Kontrolle des Einfachsehens erfolgt. Fällt diese Kontrolle aber weg, dann wird eben die Exophorie manifest. Es ist bezeichnend, daß sich für WITASEK bestimmte Entfernungsunterschiede der 3 Lichtpunkte „gut bewährt“ haben (S. 175). Es sind das offenbar diejenigen, die seiner Exophorie am besten entsprechen.

<sup>1</sup> Zunächst (S. 167) freilich in dem hier gar nicht in Frage kommenden Sinn, daß sie die Lage der binokularen Blicklinie ändern könnten. Wenn es sich um diese Wirkung handeln würde, so würde dieselbe in einer Änderung des ganzen Systems der Schrichtungen bestehen. Tatsächlich tritt nur eine Änderung der relativen Lokalisation durch exzentrische Lage des Bildes ein. Diese letztere Möglichkeit diskutiert denn auch WITASEK S. 168 ff.

<sup>2</sup> Vgl. BIELSCHOWSKY und LUDWIG S. 403 f.

(S. 168). Dadurch zeige sich „am schlagendsten“ die Unhaltbarkeit dieser Erklärung. Es macht ganz den Eindruck, wie wenn WITASEK die Parallelstellung für etwas Unüberschreitbares und daher die Annahme einer absoluten Divergenz für etwas Absurdes hielte. Nun ist es eine längst bekannte Tatsache, daß jedermann, auch der Nicht-Exophore, abduzierende Prismen bis zu Beträgen von  $8^{\circ}$  „überwinden“, daß also die Parallelstellung im Bedarfsfalle jederzeit überschritten werden kann; und was hier unter dem Fusionszwang geschieht, geschieht bei der echten Exophorie ohne diesen: ja echte Exophorie wäre gar nicht gegeben, wenn unter den obigen Bedingungen nicht absolute Divergenz eintreten würde.<sup>1</sup>

Ich möchte bei dieser Gelegenheit nicht versäumen auf die Verschiedenheit der motorischen Bedingungen aufmerksam zu machen, unter denen die Augen stehen, wenn sie bei derselben Stellung der Gesichtslinien einmal ein einziges, im Schnittpunkt derselben gelegenes Objekt fixieren, ein anderes Mal zwei beträchtlich ferner oder näher gelegene Objekte haploskopisch vereinigen. Unter Berücksichtigung des Zusammenhangs zwischen Akkommodation und Konvergenz lassen sich nämlich die Abweichungen, welche die Gesichtslinie des zeitweilig verdeckten Auges macht, in sehr einfacher Weise theoretisch ableiten, und zwar sowohl für Orthophorie wie für Exo- und Esophorie; dadurch verlieren auch die Befunde, die WITASEK S. 178 f. mitteilt, den Charakter der „Rätselhaftigkeit“, den sie für den Autor schon darum haben mußten, weil er von diesem Zusammenhang keinerlei Gebrauch macht.

<sup>1</sup> Manche Autoren sprechen von einer „Heterophorie beim Nahesehen“ und begründen dies mit der Tatsache, daß z. B. latente Divergenz für die Nähe nichts darüber entscheide, wie sich die Augen beim Fernsehen verhalten; vielmehr könne beim Fernsehen ebenfalls latente Divergenz, es könne aber auch korrekte Einstellung, ja sogar latente Konvergenz auftreten (vgl. A. GRAEFE, „Motilitätsstörungen“ S. 162 f.). Indessen haben sich BIELSCHOWSKY und LUDWIG (a. a. O. S. 402) dagegen ausgesprochen, in solchen Fällen überhaupt von Heterophorie zu reden. Sie wollen diesen Ausdruck nur den „echten“ Fällen vorbehalten, d. h. denjenigen, in welchen nicht Innervationsstörung sondern wirkliche Gleichgewichtsstörung vorliege, die sich dann beim Nahe- und Fernsehen in gleicher Weise zeigen müsse. Die Fälle, in welchen also etwa Exophorie beim Nahesehen mit Ortho- oder gar Esophorie beim Fernsehen verbunden ist, sind dann als scheinbare Heterophorien zu bezeichnen.

Setzen wir zunächst Parallelstellung und Orthophorie voraus, so wird sich der Fall eines  $\infty$  entfernten Objektes von dem Falle zweier nahe gelegener, mit parallelen Gesichtslinien haploskopisch vereinigter Objekte sehr wesentlich unterscheiden. Der zweite Fall verlangt, soweit er überhaupt realisierbar ist (was von der Entfernung der Objekte und von der Refraktion abhängt), abnorme Zuordnungsverhältnisse, insofern nämlich aus dem, der vorhandenen Akkommodation entsprechenden Konvergenzintervall nicht diejenige Stellung verwirklicht wird, die wir als „freie Einstellung“ bezeichnet haben, sondern unter dem Zwange der haploskopischen Fusion eine an der einen Grenze dieses Intervalles liegende Konvergenz. In unserem Falle ist das die Parallelstellung. Haploskopische Vereinigung und Scharfsehen ist hier überhaupt nur erreichbar, wenn die Refraktion eine solche ist, daß der Fernpunkt nicht erheblich jenseits der beiden Objekte liegt (es muß also bei nahen Objekten entsprechende Myopie vorhanden sein). Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so muß man ein Opfer an Bildscharfe bringen: man läßt mit der Akkommodation so weit nach, daß die Parallelstellung gerade noch in die relative Konvergenzbreite fällt. Mag nun das eine oder das andere der Fall sein, immer wird beim Haploskopieren unter dem Fusionszwang eine an der Grenze der relativen Konvergenzbreite liegende Stellung verwirklicht, während im Falle eines einzigen  $\infty$  fernen Objektes nichts anderes als die „freie Einstellung“ verlangt wird — Orthophorie vorausgesetzt. Daher wird beim Verdecken des einen Auges dieses letztere keine Veranlassung haben seine Stellung zu ändern, während es im Falle der Haploskopie sofort in Konvergenzstellung geraten wird; beim Wiederöffnen ergibt sich dann notwendig eine Verschiebung des Objektes im Sinne gleichnamiger Doppelbilder, d. h. das Bild des eben enthüllten linken Auges wird links von dem soeben entschwundenen liegen. Ist Exophorie gegeben, so kommt es ganz auf den Grad derselben an. Immer wirken im Falle der haploskopischen Vereinigung zwei Faktoren einander entgegen: die Exophorie für sich hat das Bestreben, die Gesichtslinien in absolute Divergenz zu bringen, die Zuordnung zwischen Akkommodation und Konvergenz würde ohne Exophorie im Sinne absoluter Konvergenz wirken. Der haploskopische Fusionszwang führt tatsächlich zur verlangten Parallelstellung. Hört er auf (beim Verdecken des

einen Auges), so hängt der Erfolg lediglich von dem Stärkeverhältnis der beiden genannten Faktoren ab: bei entsprechend geringgradiger Exophorie muß das alternierende Verdecken der Augen bei Haploskopie noch immer eine gleichnamige Bildverschiebung ergeben, während natürlich bei Betrachtung eines einzigen fernen Objektes bloß der eine Faktor (die Exophorie) wirksam ist und daher eine ungleichnamige Bildverschiebung zur Folge hat. Ja diese ungleichnamige Bildverschiebung wird geringer sein können als es die gleichnamige im Falle der Haploskopie war, wenn nur die Exophorie entsprechend geringgradig ist. Das ist der Fall, in welchem sich WITASEK befindet, und der daher für den Kundigen gar nichts Rätselhaftes an sich trägt.

Ist der Grad der Exophorie aber ein höherer, so kann auch bei haploskopischer Vereinigung mit Parallelstellung das alternierende Verdecken (qualitativ) zu demselben Erfolg führen, wie er bei Betrachtung eines einzigen fernen Objektes sich einstellt, nämlich zur ungleichnamigen Bildverschiebung. Das ist bei mir der Fall. Wenn ich zwei Marken, eine blaue und eine rote, die 70 cm von mir entfernt sind, haploskopisch verschmelze, so muß ich sie in einen gegenseitigen Abstand von ca. 80 mm bringen, um bei alternierendem Verdecken eine gleichnamige Bildverschiebung zu erzielen, was bei meinem Augenabstand (64 mm) schon eine erhebliche Divergenz bedeutet. Stelle ich die Marken auf 64 mm Abstand, dann erhalte ich ungleichnamige Verschiebung. Bei einem zwischen diesen Grenzen liegenden Abstand, der sich aber nicht genau fixieren läßt, erhalte ich keine Bildverschiebung oder, genauer ausgedrückt, ich erhalte sehr kleine Verschiebungen, die bald gleichnamig, bald ungleichnamig sind.

Aus dem Gesagten ergibt sich ohne weiteres, wie man den Fall zu diskutieren hat, daß ein Exophore zwei Objekte mit vor ihnen gekreuzten Gesichtslinien haploskopisch vereinigt. Es ändert sich nur das Eine, daß die abnorme Zwangsstellung allein schon (also abgesehen von der Exophorie) sofort zu einem Nachlassen der Konvergenz führen muß, sobald der Fusionszwang aufhört. Wenn wir nun die Exophorie wieder mit berücksichtigen, so wirken hier die beiden oben genannten Faktoren im gleichen Sinne und es muß daher immer zu einer stärkeren Bildverschiebung kommen, als wenn ein einziges Objekt fixiert wird,

während bei parallel gestellten Gesichtslinien die haploskopische Vereinigung nur dann zu einer stärkeren Bildverschiebung führen wird, wenn die Exophorie geringgradig ist — wie oben auseinandergesetzt wurde. Ist letzteres bei WITASEK der Fall, so erklärt sich der S. 179 mitgeteilte Befund, daß bei haploskopischer Vereinigung das Hin- und Herrücken der Marke „ungewöhnlich große Elongation“ zeige, ohne weiteres.

Kehren wir nach diesem Exkurs zur Erörterung der Gründe zurück, aus denen WITASEK einestellungsänderung des verdeckten Auges für ausgeschlossen hält, so kommt weiter die Methode in Betracht, das Verhalten der Nachbilder zum Beweise für das Feststehen der Gesichtslinie zu benutzen. Und dies in zweifacher Weise. Erstlich will WITASEK (S. 171) die Fähigkeit eine bestimmte Konvergenzstellung ohne sichtbaren Fixationspunkt (z. B. bei geschlossenen Augen) einige Zeit festzuhalten, dadurch dartun, daß es ihm leicht gelinge, ein Nachbild bei geschlossenen Augen „durch mehrere Sekunden in völliger Ruhe unverändert an seiner Stelle zu halten“. Das Argument setzt voraus, daß sich jede Augenbewegung durch eine Bewegung des Nachbildes verrät. Daß dies jedoch nicht im Entferntesten gilt, zeigt die längstbekannte Tatsache, daß die vehementen Bewegungen, die die Augen beim Drehschwindel ausführen, ein vorher erzeugtes dauerhaftes Nachbild in völliger Ruhe lassen, Verschluss der Augen vorausgesetzt.<sup>1</sup> Zu Bewegungen eines Nachbildes bei geschlossenen Augen kommt es überhaupt nur unter einer von folgenden zwei Bedingungen: entweder man führt unter der Deckung eine willkürliche Blickbewegung aus, hebt z. B. die Blicklinien oder wendet sie nach rechts — das Nachbild geht dann mit (ja diese Verschiebung ist sogar der einzige Index für das Ausmaß der Blickbewegung). Oder aber das Nachbild liegt nicht genau foveal, sondern — was der gewöhnliche Fall ist — etwas exzentrisch; dann machen die Gesichtslinien unter der Leitung der Aufmerksamkeit dieselbe Bewegung, die sie bei offenen Augen auch machen, wenn ein exzentrisch gelegenes Aufsendung die Aufmerksamkeit auf sich zieht; sie suchen das Bild auf die Fovea zu bringen. Beim Nachbild gelingt dies natürlich nicht; es entflieht dem Blick, der ihm immer wieder folgt, und es kommt so zu den bekannten, oft rapiden Bewegungen

<sup>1</sup> Vgl. z. B. HERING, Beitr. z. Physiol. S. 30f.

des Nachbildes. Faßt man den Begriff der willkürlichen Bewegung so, wie man ihn im Gebiete der Augenbewegungen wenigstens auffassen muß, nämlich in der Weise, daß alle unter der Leitung der Aufmerksamkeit erfolgenden Bewegungen unter diesen Begriff fallen<sup>1</sup>, so kann man sagen: nur bei willkürlichen Bewegungen der geschlossenen Augen entstehen auch Bewegungen des Nachbildes, bei unwillkürlichen niemals. Somit kann das Stillstehen des Nachbildes im letzteren Falle auch nicht als Beweise für das Stillstehen der Gesichtslinien verwendet werden.

WITASEK will aber das Nachbild noch in anderer Weise als Kontrolle für das Feststehen der Gesichtslinie während kurzdauernder Verdeckung des betreffenden Auges verwenden. Er setzt vor das Okularrohr einen Deckel mit zentrischem Loch, fixiert die ebenfalls zentrisch gelegene schwarze Marke (auf weißem Grund) und läßt während des Augenschlusses den Deckel abnehmen; öffnet er dann das Auge wieder, so ist die Marke von einem konzentrischen Nachbildringe umgeben. Beweis, daß die Gesichtslinie während der Deckung ihre Lage nicht geändert hat (vgl. S. 172). Dabei hat WITASEK gerade den Umstand übersehen, auf den alles ankommt: das andere Auge bleibt nämlich während des ganzen, soeben beschriebenen Versuches verschlossen — was WITASEK ausdrücklich bemerkt. Es sind also die Bedingungen dieses „Kontrollversuches“ gegenüber denen des

<sup>1</sup> Für die Bedingungen des gewöhnlichen Lebens gilt das ausnahmslos: „willkürliche“ Augenbewegungen erfolgen hier immer unter der Leitung des Interesses, das wir an einem sichtbaren Objekt haben. Übrigens gilt Analoges bekanntlich auch von den Bewegungen unserer Extremitäten: der Willensakt ist auf den Enderfolg einer Bewegung gerichtet, nicht auf diese selbst. Der ersterwähnte Fall, daß wir die geschlossenen Augen ohne sonstigen Endzweck zu heben oder nach rechts zu wenden beschließen, ist ein Laboratoriumsfall. Häufig wird sich auch dieser in der Weise vollziehen, daß wir vorerst die Aufmerksamkeit auf eine hoch- oder rechtsgelegene Stelle des dunklen Sehfeldes richten und daher die Bewegung auch diesfalls unter der Leitung der Aufmerksamkeit erfolgt; bei mir ist das entschieden der Fall. Daß es immer so sei, wage ich nicht zu behaupten. Denkbar wäre es, daß derlei Bewegungen auch durch bloßes Wiedererwecken bekannter und eingeübter Innervationen zustande kommen, wobei jedoch nur ihre ungefähre Richtung, sicher aber nicht ihr Ausmaß in unserer Herrschaft liegt. Aber auch in diesem Falle ist die Aufmerksamkeit wenigstens genetisch an dem Phänomen beteiligt, insofern nämlich das Einüben selbst nur unter ständiger Leitung und Kontrolle der sensorischen Aufmerksamkeit überhaupt zustande kommen kann.

„Grundversuches“ gerade im springenden Punkt geändert. Beim Grundversuch kommt es darauf an, ob das gedeckte Auge, während das andere fixiert, unter der Deckung von seiner früheren Lage abweicht, was bei jeder Heterophorie der Fall ist. Wenn aber das andere Auge überhaupt ausgeschaltet ist, wie in diesem Kontrollversuch, dann gibt auch die stärkste Heterophorie keinerlei Veranlassung die Stellung der Gesichtslinie zu ändern. Der Hauptfehler liegt darin, daß sich WITASEK (wie ja auch aus dem S. 31 besprochenen Argument hervorgeht) Abweichungen der Gesichtslinie immer als eine Art zufälliger Schwankungen vorstellt, die man dann natürlich auch beobachten müßte, wenn man das andere Auge gänzlich außer Funktion setzt, während man in Wahrheit weder von Ortho- noch von Heterophorie überhaupt reden könnte, wenn es nur auf die Bedingungen ankäme, unter denen der Bewegungsapparat jedes Einzelauges steht, und nicht vor allem auf den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Akkommodation und Konvergenz. Hierüber scheint WITASEK nicht hinreichend orientiert zu sein.

Es erübrigt einer Beobachtung Erwähnung zu tun, durch die WITASEK unmittelbar zeigen will, daß unter den Bedingungen seines Grundversuches unwillkürliche Augenbewegungen tatsächlich nicht stattfinden. Er beschreibt sie folgendermaßen:

„Bringt man [nämlich] in den Verschlussschirm eine ganz feine Öffnung ( $\frac{1}{2}$  mm Durchmesser) so an, daß sie bei auf die Marke gerichteter Gesichtslinie von dieser passiert wird, und sorgt man dafür, daß diese Öffnung während der ganzen Bewegung des Verschlussschirms durch ein zweites, diesem aufsitzendes kleines Schirmchen mit Feder und Gegenzug verdeckt bleibe und erst im Momente des Verschlusstillstandes des Schirms enthüllt werde, so müßte das dabei aufblitzende Lichtpünktchen, falls das verdeckte Auge eine unwillkürliche Konvergenzänderung der beschriebenen Art machte, eine Scheinbewegung zeigen. Von einer solchen Scheinbewegung ist jedoch keine Spur zu bemerken, und doch rückt die Marke auch bei dieser Anordnung in der auch sonst beobachteten Weise hin und her“ (S. 168).

Erinnern wir uns an die Beschreibung des Grundversuches, wie sie oben (S. 17f.) nach den eigenen Worten des Verf. zitiert wurde, so ist ersichtlich, daß derselbe aus folgenden, sich lückenlos aneinander schließenden fünf Phasen besteht:

Bin. Fix. | R. Fix. L. Pause | Bin. Pause | L. Fix. R. Pause | Bin. Fix., wobei ich mit „Pause“ den Ausschluß vom Sehakt, also

z. B. mit L. Pause den Ausschluß des linken Auges, mit Bin. Pause den Ausschluß beider Augen bezeichne und ähnlich mit R. Fix. rechtsäugige Fixation, mit Bin. Fix. binokulare Fixation usw. Wenn nun der zuletzt beschriebene Versuch die Bedingungen des Grundversuches wiederholen soll mit der einzigen Modifikation, die durch das zentrische Loch im Verschlussschirm gegeben ist, so muß man annehmen, daß WITASEK dieses Loch in dem Momente enthüllt hat, in welchem die zweite Phase aufhört und die dritte anfängt, und daß er während der dritten Phase keine Bewegung des Lichtpünktchens konstatiert hat. Das letztere glaube ich ihm nun recht gern: denn das linke Auge hatte während der ganzen, eine volle Sekunde dauernden zweiten Phase im Überflus Zeit die Bewegung zur freien (fusionslosen) Einstellung zu machen, befand sich also, schon ehe die dritte Phase begann, in dieser Stellung; ja da WITASEK (vgl. S. 164) mit einer schwarzen Marke auf hellem Hintergrund operiert, so kann ich mir das Aufblitzen eines Lichtpünktchens überhaupt nur dann denken, wenn die Gesichtslinie nicht mehr auf die schwarze Marke gerichtet war; es liegt also hierin der indirekte Beweis, daß WITASEK das Auftreten einer Bewegung in einer Versuchsphase kontrollieren wollte, vor welcher diese Bewegung schon abgelaufen war. Wäre die Enthüllung des Loches in dem Grenzmoment zwischen erster und zweiter Phase erfolgt, so wäre erstlich die zweite Phase ebenfalls eine Phase binokularer Fixation (da ja die Marke in der Richtungslinie des Loches liegt), und daher wäre hier gar nicht der Fall gegeben, um den sich's handelt (Wechsel zwischen zwei monokularen Fixationen), und zweitens würde der Ausblick auf die schwarze Marke sicher nicht als „Aufblitzen eines Lichtpünktchens“ zu bezeichnen sein. Ich halte darum diese Möglichkeit für ausgeschlossen.

#### VI. Zur Frage der Übung im Gebiete der Augenbewegungen.

Eine besondere Erörterung verlangt die Frage, ob die unter der Deckung erfolgende Rückkehr zur „freien Einstellung“ etwa durch einen Willkürimpuls verhindert, speziell ob sie durch Übung unterdrückt werden kann. Ich würde diese Frage nicht aufwerfen, wenn sich nicht WITASEK wiederholt auf die Übung beriefe, die er im Festhalten von Konvergenzstellungen ohne

sichtbaren Fixationspunkt (z. B. bei geschlossenen Augen), ja sogar in der willkürlichen Herbeiführung bestimmter Konvergenzen auf Grund gedächtnismäßigen Festhaltens einer früher gesehenen Entfernung besitze. Er behauptet diese Übung nicht nur im Falle der Fixation eines einzigen reellen Objektes (S. 171), sondern auch bei haploskopischer Vereinigung, sei es mit parallelen oder mit gekreuzten Gesichtslinien zu besitzen (S. 179). Das zeige sich darin, daß bei plötzlichem Abdecken der Augen das Objekt nicht in Doppelbildern erscheine bzw. beim Haploskopieren die vorher zur Deckung gebrachten Halbbilder auch beim Wiederöffnen der Augen sofort koinzidierten. Der Besitz dieser Übung garantiert ihm auch das Feststehen der Augenstellung im Grundversuch.

Nun wird zwar jeder in diesem Gebiete Erfahrene derartigen Berichten mit begründetem Zweifel gegenüberstehen und viel eher zu der Annahme hinneigen, daß der Beobachter die in solchen Fällen fast regelmäÙig auftretenden Doppelbilder infolge ihres raschen Ineinandergleitens übersehen habe<sup>1</sup>, und dies um so mehr als hier von einer „Übung“ prinzipiell nicht die Rede sein kann aus Gründen, die ich bald erörtern werde. Nehmen wir aber einmal an, WITASEK besäÙe wirklich die Fähigkeit, Konvergenzstellungen nach Abschluß der Augen einige Zeit festzuhalten, so wäre damit für das Feststehen des verdeckten Auges beim Grundversuch schlechterdings gar nichts bewiesen, da die Bedingungen hier und dort prinzipiell verschiedene sind — woran WITASEK offenbar nicht gedacht hat. Fixiere ich einen Punkt binokular und bemühe mich nach Verdeckung beider Augen die Stellung derselben festzuhalten, so hängt der Erfolg nur davon ab, ob ich

<sup>1</sup> Namentlich wenn die beim Öffnen der Augen entstehenden Doppelbilder einander naheliegen, tritt ja die Fusion äußerst rasch ein — „blitzartig“ wie VOLKMANN sagt — und kann daher leicht der Beobachtung entgehen. Ich stütze diese Vermutung auch auf den Bericht, den WITASEK (S. 177) von seinem modifizierten Grundversuch gibt, welcher letzterer darin besteht, daß beim abwechselnden Öffnen und Schließen des einen Auges das andere ständig geöffnet bleibt. Hier berichtet der Autor, daß „die Marke“ beim Öffnen ein wenig nach links rücke. Tatsächlich sind aber beim Öffnen zwei Marken sichtbar, die allerdings sehr rasch ineinander fließen. Der Singular beweist, daß der Autor die Phase der Doppelbilder in diesem Falle wenigstens übersehen hat. Das wird ihm dann wohl auch in anderen Fällen begegnet sein.

erstens in stande bin die Innervationsgröße konstant zu halten, und zweitens ob der ganze Muskelapparat auf diese konstante Innervation auch mit konstanten Kontraktionsgrößen antwortet — zentrale Ermüdung wird dem ersten, periphere dem zweiten Moment entgegenwirken. Nehmen wir beide Bedingungen als erfüllt an (was natürlich nur eine Annahme ist), so wird die Stellung der Gesichtslinien erhalten bleiben. Fixiere ich aber ein Objekt binokular und schliesse das eine Auge ab, während das andere auf das Objekt gerichtet und für dasselbe akkommodiert bleibt, so kommt es gar nicht auf die willkürliche Erhaltung einer bestimmten Innervationsgröße an, sondern nur auf diejenigen, der Willkür gänzlich entzogenen Faktoren, welche bei gegebener Akkommodation die „freie Einstellung“ bedingen, Faktoren, die nur im Idealfalle der Orthophorie die Gesichtslinie auch unter der Deckung ungeändert lassen; besteht dieser Idealfall nicht, dann weicht die Gesichtslinie eben ab — der Beobachter mag im Festhalten der Gesichtslinien bei Deckung beider Augen welchen Grad von Übung immer besitzen. Es handelt sich also um Bedingungen grundverschiedener Art.

Aber auch die Tatsache selbst, nämlich die Übung im Festhalten bestimmter Konvergenzstellungen bei Ausschluß sichtbarer Objekte, die WITASEK wenigstens für einige Sekunden zu besitzen behauptet, oder gar die Fähigkeit bei gedeckten Augen auf ein vorher gesehenes Objekt so genau zu konvergieren, daß im Moment der Abdeckung keinerlei Doppelbilder entstehen, halte ich für mehr als fragwürdig. Wie sollte hier Übung zustande kommen? Es müßte irgend ein Mittel geben, das uns in stand setzte einen solchen Akt der Konvergenzerhaltung bzw. Konvergenzauffindung bei geschlossenen Augen wiederholt korrekt auszuführen, damit Übung in dieser korrekten Ausführung entstehen könne. Aber ein solches Mittel gibt es nicht; und aus der wiederholten inkorrekten Ausführung kann keine Übung entstehen, die uns zu korrekter Ausführung disponiert. Bei der Übung im freien Stereoskopieren, die WITASEK (S. 179) mit jener Übung im Festhalten der Blicklinien zusammen nennt, wie wenn es sich um wesentlich analoges Verhalten handelte, liegt der Fall ganz anders. Beim freien Stereoskopieren kann es mir anfänglich viele Mühe kosten die richtigen Innervationen zu finden; aber der (nach mannigfachem Ausprobieren) gelungene Versuch

ist durch die vollzogene Fusion ohne weiteres sensorisch charakterisiert und vollzieht sich in seinem ganzen Verlaufe fortwährend unter der sensorischen Kontrolle der zusammenrückenden Doppelbilder. Wird dieser Versuch wiederholt gemacht, und zwar jedesmal bis er wirklich zur Fusion geführt hat, also gelungen ist, dann begründet diese Wiederholung eine Übung, d. h. die entsprechenden Innervationen werden leichter gefunden und rascher vollzogen; aber ihr Ausmaß ist auch bei größter Übung stets durch die sensorische Kontrolle der vollzogenen Fusion bestimmt. Diese Kontrolle fehlt, wenn ich bei geschlossenen Augen eine bestimmte Konvergenz aufrecht erhalten will; sobald ich die Augen öffne und nun Doppelbilder sehe, ist der — mißlungene — Versuch schon zu Ende; die nach der Öffnung erfolgende Fusion vollzieht sich automatisch. Es ist gewiß nicht ausgeschlossen, daß gelegentlich einmal ganz zufällig die dem Sinne und Ausmaß nach richtige Innervation gefunden wird und sonach die Doppelbilder ausbleiben. Aber es wäre ein merkwürdiges Gesetz der Übung, wenn die verschwindende Minorität der Fälle eine Disposition erzeugen, die überwiegende Majorität aber wirkungslos bleiben würde. Ich kenne übrigens Physiologen, die das Training im Gebiete der Augenbewegungen bis zum Äußersten getrieben haben; aber so weit hat es meines Wissens noch keiner gebracht, daß er beliebige Konvergenzen, ja sogar so exzessive, wie sie beim Stereoskopieren mit gekreuzten Gesichtslinien unter Umständen nötig sind, durch mehrere Sekunden bei geschlossenen Augen hätte aufrecht erhalten oder gar einem früher gesehenen Objekt genau anpassen können. Man kann bei geschlossenen Augen ein paar ganz ungenau begrenzte Stufen der Konvergenz verwirklichen, aber von einer genauen Wahl des Ausmaßes ist nicht die Rede. — Wie aber oben erwähnt, hat die eben erörterte Frage mit dem Grundversuch WITASEKS nichts zu tun; sein Ablauf ist von der Frage der Übung völlig unabhängig.

#### **VII. Die Rolle der binokularen Blicklinie und das Gesetz der identischen Schrichtungen.**

Mit dem Nachweis, daß WITASEKS Grundversuch sowie dessen Variationen nichts anderes bedeuten als Symptome einer Exophorie, entfallen nicht nur alle zu Lasten des G. d. i. S. gezogenen

Konsequenzen, sondern es entfällt auch die Frage, wie sich die genannten Beobachtungen mit dem Satze vereinigen lassen, daß die Richtung, in welcher der jeweils fixierte Punkt erscheint, sowohl bei binokularer als auch bei monokularer Betrachtung mit der binokularen Blicklinie zusammenfalle — aus dem einfachen Grunde, weil es sich bei der „Monokularlokalisationsdifferenz“ gar nicht um identische Stellen handelt, sondern um Stellen, von denen die eine im physiologischen Netzhautzentrum, die andere aber exzentrisch liegt.

Trotz alledem kann es immerhin als eine Frage für sich behandelt werden, ob zwischen dem Satze von der binokularen Blicklinie (wie ich mich vorläufig kurz ausdrücken will) und dem G. d. i. S. ein theoretischer Zusammenhang besteht. Ich habe schon oben (S. 5 und 12 ff.) darauf hingewiesen, daß das nicht der Fall ist. Da aber WITASEK so weit geht, den ersteren Satz geradezu als die Voraussetzung des zweiten zu bezeichnen (S. 182), und der Erörterung dieser vermeintlichen Beziehung einen breiten Raum seiner Arbeit widmet, so möchte ich dem bereits früher Gesagten noch einige Bemerkungen beifügen. Um die Diskussion nicht unnötig zu komplizieren, sei im folgenden die Voraussetzung strenger Orthophorie gemacht.

Zunächst bedarf der Satz, daß das fixierte Objekt in die Richtung der binokularen Blicklinie lokalisiert wird, selbst einer genaueren Formulierung; denn in dieser allgemeinen Fassung gilt er gar nicht. Setzen wir vorerst binokulare Betrachtung voraus, so ist vor allem zu unterscheiden zwischen dem Falle, daß die Fixation eines Objektes als ein fertiger Zustand gegeben ist, der auf keinen früheren bezogen wird, und dem anderen Falle, daß dieselbe als Resultat einer Bewegung auf die vorhergegangene Lokalisation bezogen wird. Natürlich ist auch der erste Fall Ergebnis irgendwelcher Bewegungen, aber der scheinbare Ort des Blickpunktes braucht darum nicht auf einen anderen Ort bezogen zu werden, kann also in diesem Sinne „absolut“ lokalisiert werden; nur so will ich den Ausdruck „fertiger Zustand“ hier verstanden wissen.

In diesem Falle nun lokalisieren wir den fixierten Punkt in die Richtung der binokularen Blicklinie nur dann, wenn wir weder unseren Körper, noch unseren Kopf, noch unsere Gesichtslinien in einer anderen Stellung glauben als der Wirklichkeit entspricht, und auch keine sonstigen Erfahrungsmotive oder

Reflexionen über den wahren Ort des fixierten Objektes diese Lokalisation stören. Treffen diese Bedingungen nicht zu, sind z. B. die Gesichtslinien in asymmetrischer Konvergenz, während wir sie in symmetrischer glauben, so unterliegt die Lokalisation des fixierten Punktes den größten Täuschungen.<sup>1</sup> Schon aus diesem Grunde kann der Satz, daß wir den fixierten Punkt in die Richtung der binokularen Blicklinie lokalisieren, unmöglich eine (oder gar die) Voraussetzung des stets und ausnahmslos geltenden G. d. i. S. sein, wie WITASEK meint.

Handelt es sich aber um den zweiten Fall, wird also nach erfolgter Bewegung ein neuer Kernpunkt auf einen alten bezogen und sohin relativ lokalisiert, so erfolgt auch diese Lokalisation nur dann richtig d. h. im Sinne der binokularen Blicklinie, wenn ceteris paribus die durch die Bewegung erzeugte Wanderung der Netzhautbilder durch die Änderung der absoluten Raumwerte wirklich genau, d. h. auch dem Ausmaße nach kompensiert wird — wobei natürlich vorausgesetzt wird, daß schon der alte Kernpunkt richtig lokalisiert worden war. Daß eine ungefähre Kompensation wirklich statthat, ist sicher; daß sie eine genaue sei, ist nicht erwiesen.<sup>2</sup>

Erfolgt die Blickbewegung bei Ausschluß des einen Auges und zwar ebenfalls wieder willkürlich, d. h. geleitet durch die Änderung des Aufmerksamkeitsortes, so hat bekanntlich HERING behauptet, daß die Verlagerung des ganzen Sehraumes auch in diesem Falle im Sinne der geänderten binokularen Blicklinie vor sich gehe, und hat dies durch die Beobachtung zu erweisen gesucht, daß, wenn der neue Fixationspunkt in der Gesichtslinie des alten liegt, das sehende Auge also gar keine Bewegung auszuführen braucht, dennoch eine Verlagerung des Fixationspunktes (und damit des ganzen Sehraumes) stattfindet; es besteht diesfalls eine Änderung der sämtlichen absoluten Raumwerte, ähnlich wie im Falle der binokularen Betrachtung, aber ohne Verschiebung der Netzhautbilder: das Resultat ist eine Scheinbewegung des neuen, und natürlich auch des alten Fixationspunktes — die „HERINGSche Scheinbewegung“, wie sie WITASEK nennt. Daß diese Schein-

<sup>1</sup> Vgl. HERING in HERMANN'S Handb. III, S. 347. Ferner Lehre vom binokularen Sehen S. 40. Beitr. z. Physiol. S. 30.

<sup>2</sup> Vgl. HERING in HERMANN'S Handb. III, S. 534. Auch heute fehlen noch eingehendere Untersuchungen dieser Frage.

bewegung auch dem Ausmaße nach mit derjenigen Änderung der absoluten Raumwerte identisch sei, wie sie unter sonst gleichen Umständen bei binokularer Betrachtung statthat, ist weder von HERING noch sonst jemandem behauptet worden; ja schon die Tatsache, daß diese Scheinbewegung bald mehr bald weniger deutlich und überhaupt nur bei Anwendung bestimmter Kautelen sicher zu beobachten ist<sup>1</sup>, während die Änderung der absoluten Raumwerte bei binokularer Betrachtung stets stattfindet, spricht gegen die Berechtigung hier ohne weiteres auch quantitative Übereinstimmung anzunehmen: war also schon im Falle der binokularen Beobachtung die Annahme, daß die Änderung der Raumwerte der Verlagerung der binokularen Blicklinie quantitativ genau entspreche, nichts weniger als erwiesen, so gilt dies in noch höherem Grade von der monokularen Betrachtung. Ich betone das, nicht weil die Unabhängigkeit des Satzes von der binokularen Blicklinie gegenüber dem G. d. i. S. etwa auf diesen quantitativen Momenten beruht (sie ist vielmehr eine prinzipielle!), sondern weil die Darstellung, die WITASEK von diesem ersteren Satz gibt, die Meinung erwecken muß, dieser involviere eine quantitativ genaue Übereinstimmung zwischen der Lokalisation des fixierten Punktes und der Lage der binokularen Blicklinie — eine Übereinstimmung, die in den einen Fällen überhaupt nicht besteht, in den anderen nicht erwiesen und auch von HERING nicht behauptet worden ist.

Die volle Unabhängigkeit des G. d. i. S. von der Frage der Verlagerung des binokularen bzw. monokularen Fixationspunktes geht daraus hervor, daß wir in betreff der Verlagerung des Kernpunktes beliebige Annahmen machen können bei Gültigkeit des G. d. i. S., und ferner daß wir die Ungültigkeit des letzteren annehmen können (indem wir z. B. WITASEKS Monokularlokalisationsdifferenz *ex hypothesi* akzeptieren), ohne daß sich an dem Satze von der binokularen Blicklinie etwas zu ändern braucht.

Nehmen wir also, was den ersten Punkt betrifft, einmal an, die Verschiebung des Fixationspunktes (der in diesem speziellen Falle in der Gesichtslinie des einen Auges liegen soll) habe nur bei binokularer Ausführung des Versuches eine Änderung der sämtlichen absoluten Raumwerte zur Folge, und zwar im

<sup>1</sup> Vgl. Lehre vom binokularen Sehen S. 13.

Ausmalse der geänderten binokularen Blicklinie, bei monokularer aber nicht. Beim binokularen Versuch würde dann die Änderung der absoluten Raumwerte durch die Bildverschiebung kompensiert: es tritt keine Scheinbewegung ein. Beim monokularen Versuch wären beide Faktoren = 0 (die Bildverschiebung ist es ja tatsächlich, die Änderung der absoluten Raumwerte aber unserer dermaligen Annahme zufolge): die HERINGSche Scheinbewegung fände dann nicht statt. So muß sich WITASEK die Sache denken, da er die Existenz dieser Scheinbewegung leugnet. Das tatsächliche System der Raumwerte würde also dieser Annahme zufolge durch den Wechsel des Fixationspunktes keinerlei Änderung erleiden, weder im binokularen noch im monokularen Falle.<sup>1</sup> Machen wir aber jetzt die andere Annahme, nämlich daß sich auch beim monokularen Versuche die absoluten Raumwerte im Sinne und Ausmalse<sup>2</sup> der geänderten binokularen Blicklinie ändern, so ist klar, daß dann nur im binokularen Falle Kompensation stattfindet, im monokularen aber nicht. Damit ist gesagt, daß sich im monokularen Falle das ganze System der tatsächlichen Sehrichtungen geändert hat, während es im binokularen Falle wegen der vollkommenen Kompensation ungeändert blieb. Was nun aber das G. d. i. S. anlangt, so gilt dasselbe, wie schon oft erwähnt, nur für ein gegebenes System von Sehrichtungen, also für einen gegebenen Sehraum, bleibt also ganz unberührt davon, daß sich dieses ganze System ändern kann und auch tatsächlich ändert. Handelt es sich, wie im vorliegenden Falle, um die Gegenüberstellung eines binokularen und eines monokularen Fixationswechsels, so kann die Frage, ob das G. d. i. S. gelte, ja überhaupt nur für den ersteren Fall aufgeworfen werden; für den monokularen Fall hat die ganze Frage keinen Sinn. Nehmen wir aber, um der Frage wenigstens einen Sinn zu geben, an, der Übergang von der einen zur anderen Fixation werde zweimal, und zwar beide Male binokular vollzogen, es seien aber das eine

<sup>1</sup> Ich setze als bekannt voraus, daß man von einer Änderung der absoluten Raumwerte nicht nur dann spricht, wenn der ganze Sehraum tatsächlich transloziert wird, sondern auch, wenn man Grund dazu hat, das Beharren des Sehraumes als kompensatorischen Effekt zweier gegensinniger Änderungen anzusehen, von denen die eine die absoluten Raumwerte betrifft.

<sup>2</sup> Letzteres wird hier nur der Einfachheit wegen angenommen. Gleichheit im Ausmalse ist, wie oben erwähnt, nicht erwiesen.

Mal außer den unmittelbaren sensorischen Momenten noch Erfahrungsmotive mit im Spiele, die die Lokalisation des neuen Kernpunktes irgendwie beeinflussen, das andere Mal sei das nicht der Fall — wie z. B. wenn wir das eine Mal im beleuchteten, mit bekannten Gegenständen ausgefüllten Zimmer ohne Röhren und Blenden arbeiten, im anderen aber nur die beiden Fixationspunkte sichtbar lassen. Der neue Blickpunkt kann dann in beiden Fällen verschieden lokalisiert werden; mit ihm ist aber auch immer das ganze System der Sehrichtungen gegeben. Dieses wird im einen Falle ein anderes sein wie im anderen; innerhalb jedes einzelnen aber gilt das G. d. i. S.<sup>1</sup> Es hätte keinen Sinn dieses letztere dadurch zu prüfen, daß man die Sehrichtung, die einem Deckpunktpaar im einen System zukommt, mit der Sehrichtung desselben Paares im anderen System vergleicht. Ebenso wenig Sinn hat es aber auch die Sehrichtung eines linken Netzhauptpunktes im einen System mit der eines rechten im anderen System zu vergleichen. Kurz, das G. d. i. S. hat mit der Frage, wie der ganze Sehraum lokalisiert wird, nichts zu tun.

Wir können aber auch, als Widerspiel zur vorigen, eine andere Überlegung anstellen. Nehmen wir an, das G. d. i. S. gelte nicht und an seine Stelle trete die Monokularlokalisationsdifferenz als wirklich sensorische Erscheinung (als welche sie ja WITASEK auffaßt). Dann wäre dieses Verhalten durchaus verträglich mit dem Satze, daß die Lokalisation des Fixationspunktes binokular und monokular im Sinne und Ausmaße der geänderten binokularen Blicklinie stattfindet, also auch mit der HERINGSschen Scheinbewegung. Der Fixationswechsel würde dann die absoluten Raumwerte des binokularen Systems im selben Maße ändern wie die des rechtsmonokularen und die des linksmonokularen Systems; und wenn diese drei Systeme vor der Blickbewegung voneinander verschieden waren, so würden sie es in genau demselben Maße auch nach der Bewegung sein. Kurz: man kann den einen Satz variieren und den anderen unverändert gelten lassen — und umgekehrt.

<sup>1</sup> Auch wenn man den Fixationswechsel mit Ausschluß aller Erfahrungsmotive durchführt und solche erst nach Beendigung der Bewegung wieder zuläßt, so würde das nur zu einem raschen Wechsel des ganzen Systems führen; innerhalb der beiden Phasen aber gilt das G. d. i. S. in aller Strenge.

**VIII. Der Richtungsbegriff.**

In aller Kürze möchte ich einige Bemerkungen über den Begriff der Richtung beifügen. Zum Verständnis unserer bisherigen Erörterungen sind dieselben zwar durchaus entbehrlich: es ist keine Gefahr vorhanden, daß demselben Abbruch geschehe, wenn man diesen Begriff nicht definiert und es jedermann anheimstellt mit dem Worte „Richtung“ den Sinn zu verbinden, den er im gewöhnlichen Leben immer damit verbunden hat. Wenn man aber sieht, wie sich WITASEK mit diesem Begriff abquält, wie er ihm durch Einführung komplizierterer Begriffe („Sehstelle der Sehsphäre“) aus dem Wege zu gehen sucht, sogar aus dem Gesetze der identischen Sehrichtungen den „Richtungsgedanken“ fortzulassen bestrebt ist (S. 208), so fragt man sich doch, ob hier Schwierigkeiten in der Natur der Sache liegen oder ob sie sich der Autor nicht vielleicht selbst gemacht hat. Der Stein des Anstosses liegt für WITASEK in der Erwägung, daß Richtung immer zwei Orte voraussetzt; wenn ich also einem einzigen Punkte im Sehraum eine Richtung zuschreibe, so kann das nur einen Sinn haben, insofern ich ihn zu irgend einem Ausgangspunkt, d. i. zu einem Sehrichtungszentrum, in Beziehung setze. Mag man sich nun dieses letztere in den Halbierungspunkt der Basallinie oder sonst wo gelegen denken, das eine ist sicher: es gehört nicht dem Sehraum an, also überhaupt nicht der Wahrnehmung. Vielmehr müsse der Sehraum erst „konstruktiv im Geiste ergänzt werden, indem man ihm in der Phantasie den Raum, an welchem man sich vermöge anderweitiger Daten den eigenen Körper (genauer den Kopf) vorstellt, anfügt“ (S. 213). Demnach gehörte die Sehrichtung gar nicht dem Raum der Wahrnehmung an, sondern einem Gebilde, das sich aus diesem und einem unanschaulichen Ergänzungsstück zusammensetzt. Da nun offenbar der eigene Kopf noch ein viel zu unbestimmter Ausgangs„punkt“ ist, so wird man genauer die Sehrichtung auf das Auge beziehen. Da man aber zwei Augen hat, so wird man „strenggenommen“ nur von zwei Sehrichtungen reden können; und wenn man trotzdem bloß von einer Sehrichtung spricht, beruht das nach WITASEK darauf, daß es „in der Praxis auf Genauigkeit dieser Art in der Regel nicht anzukommen pflegt“ (S. 214). Macht man nun einmal ein Kompromiß, so ist es

plausibel zwischen beiden Sehrichtungen die Mitte zu wählen — und so kommt das Zyklopende dazu, Träger des Sehrichtungszentrums zu werden. Man sieht daraus, daß dem Autor der wahre Begriff der Sehrichtung, der ganz und gar dem Wahrnehmungsraum angehört, bereits völlig verschwunden ist.

Mir scheint nun die Frage des Richtungsbegriffes ganz anders — und viel einfacher — zu liegen.

Lassen wir jede vorgefasste Definition der Richtung beiseite und halten uns an die primären psychologischen Tatsachen, so ist folgendes zu konstatieren: wenn zwei beliebige Objekte A und B im Sehraum gegeben sind (meinetwegen A links von B und näher gelegen als B), so ist die Ortsrelation zunächst bloß die der Verschiedenheit. Ich kann nun A so nach rechts bewegen, daß es schließlich B teilweise deckt bzw. in dem Zerstreuungskreise von B liegt (wenn ich etwa auf A akkommodiert habe). Ich kann aber A auch so bewegen, daß es mir so weit entfernt erscheint wie B, ohne dieses zu decken. Ich kann schließlich zuerst die eine Bewegung ausführen, dann die andere — bis A auf B stößt. Kurz ich kann die Ortsverschiedenheit auf zweierlei Weise kleiner (und natürlich auch größer) machen. Das führt mich dazu in dieser Relation, die mir, ehe irgend etwas geändert wurde, einfach erschien, nunmehr zwei Variable zu konstatieren, sie in zwei Komponenten zu zerlegen. Besteht aber die Relation aus zwei Komponenten, so muß das auch in betreff ihrer Fundamente gelten. Auf unseren Fall angewendet: wenn die Ortsverschiedenheit (da sie in zweifacher Weise vergrößert oder verkleinert werden kann) sich in zwei Verschiedenheiten auflösen läßt, so muß jeder einzelne Ort sich in zwei Variable auflösen lassen, welche die Träger dieser Verschiedenheiten sind. Und diese zwei Variablen nennt man: Entfernung und Richtung. Somit kommt jedem einzelnen Ort des Sehraumes eine Entfernung und eine Richtung zu. Diese Überlegung ist genau analog der folgenden: wenn zwei Töne *c* und *g* gegeben sind, und zwar *c* forte und *g* piano, so ist mir zunächst die unanalytische Relation der Verschiedenheit gegeben; mache ich aber die Erfahrung, daß der erste Ton dem zweiten in zweifacher Weise ähnlicher werden kann, entweder indem ich das Forte abschwäche oder das *c* in der Richtung nach *cis* — *d* — *dis* usw. ändere, so zerfällt die Relation in zwei Kom-

ponenten und daher muß auch jeder einzelne Ton in zwei Komponenten zerfallen: die Stärke und die Höhe. Das aber sind absolute Bestimmungen. Dasselbe gilt von Entfernung und Richtung: auch sie sind absolute Bestimmungen. Ich rede von der gesehenen Entfernung und von der gesehenen Richtung eines Objektes: daß ihre äußeren Ursachen auf Relationen beruhen, nämlich auf der relativen Lage des sehenden Individuums zum Licht aussendenden Gegenstand, gehört nicht hierher: ein absolutes Datum des Sehraumes kann sehr wohl durch ein relatives Datum des wirklichen Raumes bedingt sein. So ist ja auch die Helligkeit ein absolutes Datum einer Gesichtsempfindung; bestimmt ist sie aber durch eine Relation zwischen Reizgröße und Erregbarkeit. Nicht die Sehrichtung bedarf einer Konstruktion aus teilweise anschaulichen, teilweise unanschaulichen Elementen, nämlich aus dem gesehenen Ort und dem hinzugedachten Sehrichtungszentrum; sondern die Sehrichtung ist unmittelbar und anschaulich gegeben; aus mehreren Sehrichtungen aber ist ihr Schnittpunkt (wenn sie überhaupt einen solchen haben) konstruktiv und unanschaulich zu ermitteln. Die Redewendung: wir beziehen alle Sehrichtungen auf ein gemeinsames Sehrichtungszentrum, ist daher mißverständlich, wenn sie auch für viele Fälle eine unschädliche und bequeme Ausdrucksweise bildet. Denn das „Beziehen“ kann wirklich die Meinung erwecken, das Sehrichtungszentrum sei ein Datum unserer Wahrnehmung; und da es das nicht ist, könnte einer auf den Gedanken verfallen, man müsse es wenigstens in der Phantasie hinzudenken — wie ja WITASEK wirklich meint. In der Tat kommt er auf dem Wege dieses Mißverständnisses zu dem schon erwähnten Schluß, es müsse beim binokularen Sehen „strenggenommen zwei Sehrichtungen“ geben und die Annahme einer einzigen, in der Mitte zwischen jenen gelegenen Sehrichtung sei mit einem Opfer an „Genauigkeit“ verbunden. Man sieht, daß sich ihm der Begriff der Sehrichtung, die ja dem Sehraum angehört, völlig konfundiert mit dem der Gesichtslinien, die ihrerseits dem wirklichen Raum angehören. Die tatsächlich gegebene Richtung, in welcher der fixierte Punkt gesehen wird, ist kein Mittelding zwischen zwei anderen Sehrichtungen, in denen er eigentlich gesehen werden sollte; es hängt auch gar nicht von einem Kompromiß ab, ob wir bei symmetrischen Gesichtslinien das Objekt median sehen oder nicht, ob das hinzukonstruierte

Sehrichtungszentrum in unserer Symmetrieebene liegt oder asymmetrisch.<sup>1</sup>

Zu der verfehlten Ansicht, daß die Sehrichtung ein Relationsbegriff sei und als solcher eine Zweiheit von Orten voraussetze, ist WITASEK offenbar dadurch verführt worden, daß, wenn man sonst von Richtung spricht, notwendig zwei Punkte gegeben sein müssen, zwischen welchen die Richtung besteht, die letztere also den Charakter einer Relation an sich trägt. Es erhebt sich demnach die Frage, worauf dieses verschiedene Verhalten beruht, d. h. wie sich der Begriff der Richtung im Sinne der Sehrichtung zu jenem anderen Richtungsbegriffe verhält, wie er etwa in der Geometrie verwendet wird.

Reden wir also zunächst von objektiven Punkten, so hat es keinen Sinn einem einzigen eine Richtung zuzuschreiben, während, wie erwähnt, jedem einzelnen Sehpunkt eine Richtung zukommt und zwar ohne Wahrnehmung eines Ausgangspunktes und ohne jede Reflexion auf einen solchen, kurz und im strengsten Sinne ohne ihn. Es ist nur eine Folgeerscheinung dieses Unterschiedes, daß wir von zwei Sehpunkten sagen können, sie liegen in derselben Richtung, welche Aussage bei objektiven Punkten nur dann einen Sinn hat, wenn mindestens ihrer drei gegeben sind. Worin ist der Unterschied begründet? Der primäre Richtungsbegriff ist der in unmittelbarer Wahrnehmung gegebenen Sehrichtung entnommen. Das konkrete Phänomen verlangt aufser dem gegebenen Punkte X auch einen irgendwo situierten Sehenden. Ist dieser nicht vorhanden, so kann ich natürlich nicht von einer Sehrichtung reden, in der der Punkt X erscheint; wohl aber kann ich einen Punkt A angeben, an dem sich ein sehendes Auge (Einauge oder Doppelaugel ist hier gleichgültig) befinden müßte, damit X in irgendeiner Sehrichtung erscheine — und nichts anderes ist der Sinn der Behauptung, daß zur Richtung zwei Orte gehören. Man sieht das am besten daraus, daß es bei gegebenen Punkten A und X einen Richtungssinn gibt, der  $A \rightarrow X$  von  $X \rightarrow A$  unterscheidet, welcher Unterschied eben auf nichts anderem beruht als darauf, daß ich mir den Sehenden

<sup>1</sup> Daß solche asymmetrische Lagen sich auch darin äußern können, daß bei symmetrischer Konvergenzänderung die Doppelbilder asymmetrisch auseinanderweichen, hat schon HERING erwähnt (HERMANN'S Handb. S. 540).

einmal in A, das andere Mal in X befindlich denke.<sup>1</sup> Und ähnlich verhält es sich mit dem Sinn des Ausdruckes „in derselben Richtung liegen“: ist von Sehpunkten die Rede, so genügen schon zwei um ihn anwenden zu können; ist kein Sehender da, so muß der Ort angegeben werden, an dem er sich befinden müßte, wenn ihm die beiden Punkte in derselben Sehrichtung erscheinen sollen — das ist eben der dritte Punkt, der hier gefordert wird.

Wir haben es also mit einem primären und einem abgeleiteten Richtungs begriff zu tun; der primäre ist der Sehrichtung entnommen und nur eine Verallgemeinerung dieses Phänomens, der abgeleitete unterscheidet sich von ihm nur dadurch, daß er von dem tatsächlichen Sehakt abstrahiert und statt dessen bloß den Ort angibt, wo sich dieser abspielen müßte. Es heißt aber die Tatsachen auf den Kopf stellen, wenn man, wie WITASEK es tut, den primären Richtungs begriff aus dem abgeleiteten — ableiten will. Beiläufig gesagt ist auch der Versuch den Richtungs begriff durch Einführung des Begriffes „Sehstelle der Sehsphäre“ zu umgehen, ganz verunglückt. Denn wenn hierdurch wirklich Ersatz geleistet werden sollte, so müßte das nicht bloß für den Begriff sondern auch für das konkrete anschauliche Phänomen der Richtung, wie es in jedem speziellen Falle vorliegt, gelten; das ist aber nicht der Fall: wir sehen niemals einen Ort mit Abstraktion von der Tiefencoordinate, also niemals in „unbestimmter“ Entfernung.

(Eingegangen am 12. April 1909.)

#### Nachtrag.

In dem kürzlich erschienenen 1. Heft des 53. Bandes *dieser Zeitschrift* kommt WITASEK noch einmal auf die Frage der Monokularlokalisationsdifferenz zu sprechen und zwar diesmal unter dem Gesichtspunkt der „latenten Divergenz“, die er als mögliche Erklärung seiner experimentellen Befunde diskutiert und auszu-

<sup>1</sup> Ich kann ja die Tatsache eines zweifachen Richtungssinnes demjenigen, der diesen Ausdruck nicht versteht, kaum anders verdeutlichen, als indem ich ihn aufmerksam mache, daß er den Standpunkt wechseln kann. Die Verdeutlichung durch zwei entgegengesetzt gerichtete Bewegungen, an die man etwa denken könnte, setzt ja selbst schon die Begriffe „Ausgangs- und Zielpunkt“ voraus.

schließen versucht. Die Abhandlung führt demgemäß den Titel „Lokalisationsdifferenz und latente Gleichgewichtsstörung“.

Da ich beim Erscheinen dieser zweiten Abhandlung gerade die Druckbogenkorrektur der obigen Arbeit erledigt hatte, war es mir nicht mehr möglich sie noch mitzuberücksichtigen. Ich will das in diesem „Nachtrag“ tun. Was die kritischen Bemerkungen der vorstehenden Arbeit anlangt, so bietet mir die zweite Abhandlung WITASEKS keinen Anlaß an ihnen irgendwelche Änderungen vorzunehmen.<sup>1</sup> Es erübrigt also nur, auf das in der zweiten Arbeit neu hinzugekommene Moment, nämlich die „latente Divergenz“, einzugehen. Da aber das Wesentliche, was hierüber zu sagen war, in der vorstehenden Arbeit ohnehin

<sup>1</sup> Ein Umstand allerdings bleibt unaufgeklärt: wenn WITASEK einen Punkt binokular fixiert und nun das eine Auge abwechselnd verdeckt und wieder enthüllt, so bemerkt er die Verschiebung der Marke nach dem Berichte der ersten Arbeit (S. 177) beim Öffnen des betreffenden Auges, nach dem der zweiten (S. 68 und 76) aber im Momente des Verdeckens. Die Lösung des Widerspruches darin zu suchen, daß die Verschiebung beim Öffnen und beim Verdecken erfolgt, geht mit Rücksicht auf den Wortlaut der erstzitierten Stelle — „schließt und öffnet man abwechselnd das rechte Auge, so rückt die Marke beim Öffnen ein wenig nach links“ — nicht an. Für die Frage der latenten Divergenz ist dieser Unterschied natürlich sehr wichtig. Denn wenn der Versuch so ausfällt, wie ihn der erstere Bericht darstellt, dann hatte das eine Auge vor seiner Enthüllung hinreichend Zeit in die „freie Einstellung“, zurückzukehren. Was mich (der ich eine beträchtliche Exophorie habe) anlangt, so kann ich nur den ersten Befund bestätigen; im Momente des Verdeckens sehe ich niemals eine Verschiebung. Indessen liefse sich doch noch an eine andere Möglichkeit denken. Die Fixationsstellung ist bekanntlich keine eindeutig charakterisierte Stellung; bei gegebenem punktuellen Objekt und unbeweglichem Kopf gibt es einen, allerdings sehr kleinen, Bezirk von Stellungen von denen keine als Fixationsstellung *κατάθεσις* vor den übrigen sensorisch ausgezeichnet ist. Wenn also bei binokularer Fixation eines Punktes das eine Auge plötzlich verdeckt wird, so wäre es denkbar, daß die Rückkehr zur freien Einstellung auch das offene Auge wenigstens in jenem kleinen Ausmaße ergreift, das noch innerhalb des Fixationsbezirkes liegt — was natürlich eine Verschiebung des Objektes zur Folge haben müßte, die im allgemeinen freilich kleiner sein wird als die bei der Öffnung erfolgende. — Daß es einen Fixationsbezirk gibt, ist in neuerer Zeit auch objektiv (auf photographischem Wege) nachgewiesen worden. Vgl. C. N. Mc ALLISTER „The Fixation of Points in the Visual Field“ *Psychol. Review Mon. Suppl.* 7 (1), 1905, angezeigt in *dieser Zeitschrift* 44, S. 328. Auch R. DODGE spricht von einem Fixationsfeld. Vgl. „An Experimental Study of Visual Fixation“ *Psychol. Review Mon. Suppl.* 8 (4). 1907 (s. *diese Zeitschr.* 50, S. 152).

schon gesagt ist, kann ich mich hier auf eine kurze Richtigstellung beschränken. WITASEK spricht von „latenter Divergenz“, „latenter Motilitätsstörung“, „physiologischer Heterophorie“, „pathologischer Heterophorie“ u. dgl. ohne sich über die Grundbegriffe, die hier in Betracht kommen, recht im Klaren zu sein. Vor allem: es ist mißverständlich, die Heterophorie als Motilitätsstörung aufzufassen, und es ist geradezu falsch, sie als pathologischen Zustand anzusehen — man müßte denn die ganz willkürliche Scheidung zwischen hoch- und geringgradigen Heterophorien machen und die ersteren pathologisch, die letzteren physiologisch nennen.<sup>1</sup> Oder man müßte die Scheidewand zwischen denjenigen Graden errichten, die durch Fusionszwang überwunden, und denjenigen, die nicht überwunden werden können — was erstens auch nur fließende Grenzen ergäbe und zweitens für das Problem der Lokalisationsdifferenz, die ja erst bei aufgehobenem Fusionszwang in Erscheinung tritt, schon ganz bedeutungslos wäre.

Was aber den Begriff „latente Divergenz“ anlangt, so hat derselbe nur die Bedeutung eines Symptoms, das sowohl bei der Heterophorie wie auch bei den grundsätzlich davon verschiedenen Fällen des paretischen Schielens beobachtet wird: da Einstellbewegungen in beiden Fällen vorkommen, kommen natürlich in beiden Fällen auch Lokalisationsunterschiede vor. Ja die paretischen Störungen, die man eigentlich allein als „Motilitätsstörungen“ bezeichnen sollte, haben zuerst den Anlaß gegeben Scheinverschiebungen als klinisches Prüfungsmittel zu verwenden. Natürlich zeigen dieselben in diesen letztgenannten — pathologischen — Fällen ein ganz anderes Verhalten als bei der Heterophorie. Das geht schon daraus hervor, daß es bei ihnen ganz darauf ankommt, ob die Stellung bzw. Stellungsänderung der Augen im Wirkungsgebiete des paretischen Muskels liegt oder nicht und ersterenfalls, ob der paretische Muskel dabei stark oder schwach in Anspruch genommen wird. In diesen Fällen, nicht aber in denen der Heterophorie, kann es also sehr

<sup>1</sup> Auch der Gedanke, eine Heterophorie müsse „pathologisch“ sein, wenn sogar bei  $\infty$  Entfernung sich ein Lokalisationsunterschied zeige (S. 82f.), ist mit dem Begriff der Heterophorie unvereinbar. Die echte Heterophorie macht sich, wie früher erwähnt, bei  $\infty$  fernen Objekten gerade so geltend wie bei nahen: entweder beidesfalls in geringem, oder beidesfalls in hohem Grade.

darauf ankommen, ob eine starke oder schwache oder gar keine Konvergenz beansprucht wird.

Wie man schon aus den Erörterungen S. 27 ff. entnehmen kann, ist weder die klinische Untersuchung, der sich WITASEK unterzogen, noch die Prüfung, die er selbst mittels Prismen und Maddox vorgenommen hat, gegen das Vorhandensein einer Heterophorie irgendwie entscheidend. Wenn aber WITASEK zur Rettung der Monokularlokalisationsdifferenz so weit geht zu zweifeln, ob die Fälle, die man als geringgradige (bei ihm heißt es „physiologische“) Heterophorien anzusprechen pflegt, überhaupt Heterophorien seien und nicht vielmehr gerade auf jener sensorischen Lokalisationsdifferenz beruhen — wenn er meint, wir hätten kein Recht dazu „Alles, was sich auch nur subjektiv und spurenweise an Lokalisationsverschiebung findet, gleich von vornherein einer latenten Gleichgewichtsstörung zuzuschreiben“ (S. 93), so ist dem folgenden entgegenzuhalten: erstens ist es gegen jede Logik dort, wo die Lokalisationsänderung klein und die Ablenkung nicht mehr objektiv festzustellen ist, einen neuen (hypothetischen) Faktor einzuführen, während man mit einem sonst wohlerrwiesenen ausreicht. Zweitens wird durch Umstände, die notorisch die Augenstellung beeinflussen (wie z. B. Neigung des Kopfes nach vorn oder rückwärts), zugleich auch die Heterophorie verstärkt oder geschwächt. Drittens zeigen erwiesene Esophorien eine Lokalisationsverschiebung, die der von WITASEK beobachteten entgegengesetzt ist — ein Befund, der diesem Autor sicher aufgefallen wäre, wenn er zu seinen Versuchen eine gröfsere Anzahl von Personen herangezogen hätte und dann höchst wahrscheinlich auch auf Esophoren gestofsen wäre. Und schliesslich — worauf oben S. 32 ff. hingewiesen wurde — kann jeder Exophore bei Anwendung haploskopischer Einrichtungen die Scheinverschiebung, wie sie beim gewöhnlichen Sehen auftritt, durch geeignete Stellung der beiden haploskopischen Objekte beliebig kleiner und kleiner machen und schliesslich sogar ihren Richtungssinn umkehren — was alles mit einer Lokalisationsdifferenz, die „eine ursprüngliche Angelegenheit der spezifischen Ortsenergien der Netzhaut“ sein soll, unvereinbar ist.

Für ganz wesentlich halte ich aber die Tatsache, dafs WITASEK auch in der zweiten Abhandlung kein Wort von dem Zusammenhang zwischen Akkommodation und Konvergenz spricht. Die erste Arbeit mußte den Eindruck erwecken, dafs sich der Autor

die Bewegungen des gedeckten Auges als etwas ganz zufälliges und regelloses vorstellt; unter diesem Gesichtspunkt ist es begreiflich, daß er dieselben (in der zweiten Arbeit) den Einflüssen der Willkür in einem Maße ausgesetzt glaubt, das aller Erfahrung widerspricht — finden wir doch S. 70 (und ähnlich S. 76) die Behauptung, daß derjenige, welcher „die Motilität seiner Augen genügend beherrscht“ bei streng festgehaltener Fixation (z. B. der Maddoxtafel) mit dem anderen (gedeckten) Auge „von irgend einer beliebigen Ausgangsstellung aus Konvergenz- und Seitenbewegungen“ ausführen könne. Gehört zur Fixation auch die richtige *Akkommodation*, so ist das ganz und gar unmöglich: nur im engen Bezirk der relativen Konvergenzbreite, nicht aber „von irgend einer beliebigen Ausgangsstellung aus“ können Bewegungen des gedeckten Auges stattfinden. Ohne den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen *Akkommodation* und *Konvergenz* läßt sich aber auch der Begriff der Heterophorie nicht fassen.

*(Eingegangen am 17. September 1909.)*

---



- 8 Zur Frage der monokularen Lokalisationsdifferenz. Schlusswort gegen St. Witasek, in: Zeitschrift für Psychologie 57 (1910), 293-316.



---

Sonderabdruck aus  
„Zeitschrift für Psychologie“.  
Bd. 57.

Verlag von Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

---

## Zur Frage der monokularen Lokalisationsdifferenz.

(Schlusswort gegen ST. WITASEK.)

Von

Prof. Dr. FRANZ HILLEBRAND.

In meinem Aufsätze „Die Heterophorie und das Gesetz der identischen Sehrichtungen“<sup>1</sup> habe ich die kurz vorher erschienene Abhandlung von St. WITASEK „Zur Lehre von der Lokalisation im Sehraum“<sup>2</sup> einer eingehenden Kritik unterzogen und in einem Anhang eine inzwischen veröffentlichte zweite Abhandlung desselben Autors „Lokalisationsdifferenz und latente Gleichgewichtsstörung“<sup>3</sup>, soweit es mir erforderlich schien, mitberücksichtigt. Auf einen Teil der zahlreichen Einwände, die ich sowohl gegen die Aufstellungen WITASEKS selbst wie auch gegen die Begründung derselben erhob, hat der letztere in einem weiteren Artikel „In Sachen der Lokalisationsdifferenz“<sup>4</sup> reagiert und nachzuweisen versucht, daß sie auf Mißverständnis seiner Ansichten beruhen.

Daß solche Mißverständnisse vorliegen, gebe ich nicht zu und werde dafür die nötigen Beweise erbringen. Lägen die Dinge so, daß ich mit WITASEKS eigentlichen, von den vermeintlichen Mißverständnissen befreiten Ansichten übereinstimmen könnte, so würde dieser Beweisführung kein erhebliches sachliches Interesse zukommen: es würde sich dann nur um die Frage handeln, ob die von mir kritisierten Ansichten WITASEKS Ansichten waren oder nicht. So liegen die Dinge aber nicht: ich halte das Wesentliche an WITASEKS Standpunkt, auch wenn derselbe so aufgefaßt

---

<sup>1</sup> Diese Zeitschr. 54, S. 1 ff.

<sup>2</sup> Diese Zeitschr. 50, S. 161 ff.

<sup>3</sup> Diese Zeitschr. 53, S. 61 ff.

<sup>4</sup> Diese Zeitschr. 56, S. 85 ff. Ich zitiere die 3 Abhandlungen WITASEKS im folgenden mit I, II, III, meine eigene mit H. — G. d. i. S. heißt „Gesetz der identischen Sehrichtungen“.

wird, wie ihn die letzte Abhandlung aufgefaßt wissen will, für durchaus verfehlt und eine Diskussion daher auch sachlich von Belang.

Nach der persönlichen Seite tut mir WITASEK Unrecht, wenn er sich darüber beschwert, ich hätte ihm den doppelten Vorwurf der Unwissenheit und der Unzuverlässigkeit gemacht. Den zweiten dieser beiden Vorwürfe zu erheben lag mir durchaus fern. Wenn ich sage, ein gewisser Versuch könne gar nicht so ausfallen, wie ihn WITASEK beschreibt, so will ich damit keineswegs „zu verstehen geben“, daß er ihn gar nicht gemacht haben könne (III. 102), sondern nur, daß er ihn fehlerhaft gemacht haben müsse. Die bona fides des Verf.s zweifle ich nirgends an, auch dort nicht, wo ich überzeugt bin, daß sich sein Standpunkt im Laufe der Diskussion wesentlich verschoben hat. Daß der Vorwurf ungenügender Orientierung in der Literatur des eigenen Arbeitsgebietes die wissenschaftliche Persönlichkeit des Kritisierten nicht ganz unberührt läßt, das allerdings war, weil es in der Natur der Sache liegt, nicht zu vermeiden.

Die kritischen Ausführungen, welche ich der ersten Arbeit WITASEKS entgegengestellt habe, dienen sämtliche den folgenden zwei Haupteinwänden:

1. Die Frage, in welche Richtung der fixierte Punkt und mit ihm alle anderen Sehobjekte lokalisiert werden, hat mit der anderen Frage, nach welchen Gesetzen innerhalb eines Systems von Sehrichtungen lokalisiert wird, nichts zu tun — und umgekehrt. Das G. d. i. S. bezieht sich ausschließlich auf die zweite dieser beiden Fragen und darf daher in keinerlei theoretische Beziehung zu irgendwelchen (ob wahren oder vermeintlichen) auf die erste Frage bezüglichen Gesetzen gebracht werden.

2. Unter genau konstanten Verhältnissen bleibt der scheinbare Ort des fixierten Punktes unverändert derselbe, ob man ihn mit dem rechten, mit dem linken oder mit beiden Augen fixiert; treten beim unmittelbaren Übergang von einer dieser drei Fixationen zu einer anderen Änderungen in der Lokalisation des fixierten Punktes auf, so rührt das nur davon her, daß die eine oder andere Gesichtslinie infolge des Bestehens einer Heterophorie von der Fixationsstellung abgewichen ist und sich daher der früher fixierte Punkt exzentrisch abgebildet hat.

## I.

Was den ersten Einwand anlangt, so hat der Satz, daß der fixierte Punkt im Sinne der binokularen Blicklinie lokalisiert wird, wie ich in meiner Kritik nachdrücklich betont habe, mit dem G. d. i. S. nichts zu tun und daher ist die Frage, ob dieser erstere Satz nur für binokulares oder auch für monokulares Sehen gilt, für das G. d. i. S. irrelevant; denn dieses gilt nur innerhalb eines gegebenen Systems von Sehrichtungen. Dieses letztere gibt nun WITASEK zu (III. 87) und gibt auch zu, daß dies der Sinn sei, in welchem HERING das G. d. i. S. verstanden hat (III. 97). Er selbst habe das auch nie anders gemeint; vielmehr habe er vom Anfang an die von ihm statuierte Lokalisationsdifferenz nur als eine Angelegenheit der „absoluten Lokalisation“ betrachtet (III. 89), und nur gegen die von ihm sogenannte „Erweiterung des G. d. i. S.“ richte sich sein Widerspruch (III. 87); unter dieser „Erweiterung“ aber verstehe er die Lehre, daß die monokulare Lokalisation gleich sei der binokularen (III. 88 und öfters). Wie ich nun in meiner Kritik (H. 14) betont habe, kann man diesen letzteren Satz nur als eine Erweiterung des Gesetzes auffassen, daß der binokular fixierte Punkt in die Richtung der binokularen Blicklinie lokalisiert werde: wenn der fixierte Punkt auch bei monokularem Sehen in die Richtung der binokularen Blicklinie lokalisiert wird<sup>1</sup>, so ist in der Tat eine Erweiterung dieses Satzes von binokularem auf monokulares Sehen gegeben. Aber mit dem G. d. i. S. haben beide, der nicht erweiterte und der erweiterte Satz, nichts zu tun. Nun hören wir jetzt, es sei „für die Sache ... gleichgültig, ob man den Satz von der Lokalisation nach der binokularen Blicklinie noch unter den Titel des Gesetzes der identischen Sehrichtungen nimmt, oder ob man ihm einen eigenen Namen gibt“ (III. 96); es handle sich „ja nur um einen Namen“ (III. 98). WITASEK bezeichnet denn

<sup>1</sup> Dies ist von HERING behauptet und durch die Beobachtung gestützt worden, daß bei monokularem Übergang der Fixation von einem Punkt auf einen anderen, in der Gesichtslinie des ersten gelegenen, eine Scheinbewegung erfolgt. WITASEK findet es (III. 98) „nicht recht verständlich“ wie jemand darauf verfallen könne zu meinen, er verstehe unter der „Erweiterung“ des genannten Satzes die HERINGSche Scheinbewegung. Das ist nun wieder mir unverständlich: die HERINGSche Scheinbewegung ist ja gerade diejenige Beobachtung, in der jene „Erweiterung“ zum Vorschein kommt.

auch das G. d. i. S. in seiner ursprünglichen, also in der HERINGSchen Form als „reduziertes“ Gesetz (III. 96). Gebe man ihm nur diesen Inhalt, trenne man also den Satz von der binokularen Blicklinie von ihm ab, so sei die Folge nur die, daß das G. d. i. S. „bedenklich abmagert, indem es im wesentlichen gleichbedeutend wird mit der Behauptung der Netzhautkorrespondenz und über die absolute Lokalisation nichts mehr aussagt“ (III. 96). Definiere man nämlich die korrespondierenden Punkte als Punkte identischer Sehrichtung, so sei nicht abzusehen, wozu es neben dieser Definition noch eines „Gesetzes“ bedürfe, das ja auch nichts anderes aussage als was schon jene Definition ausgesagt hat (III. 95). Um also das G. d. i. S. nicht derart abmagern zu lassen, verkoppelt es WITASEK mit einem zweiten Satz, der von ihm gänzlich unabhängig ist, wahr oder falsch sein könnte bei fortwährender Geltung des ursprünglichen G. d. i. S., der nicht einmal für binokulares Sehen streng erwiesen ist und auch von HERING niemals als streng erwiesen, vielmehr als weiterer Untersuchung bedürftig bezeichnet wurde; und diesem Komplex zweier Sätze, die miteinander gar nichts zu tun haben, gibt WITASEK denjenigen Namen, der bisher nur für den einen der beiden Sätze gegolten hat, und meint, für die Sache sei es nichts weniger als folgenschwer, ob man den Satz von der binokularen Blicklinie mit dem G. d. i. S. zusammennehme oder als besonderes Gesetz von ihm trenne (III. 97).

Demgegenüber habe ich folgendes zu bemerken: es ist keineswegs eine harmlose Frage der Nomenklatur, ob man einem Satze, der bisher eine ganz bestimmte und allgemein akzeptierte Bedeutung hatte, diese Bedeutung läßt oder ob man ihr einen zweiten, ganz unabhängigen Inhalt willkürlich beifügt und so ohne jede Nötigung eine Äquivokation schafft, die nur Verwirrung erzeugen kann und eine klare Diskussion unmöglich machen muß. Die Sorge, daß das G. d. i. S. sonst bedenklich abmagere, wird niemand ernstlich als Rechtfertigung gelten lassen, der weiß, daß in den empirischen Wissenschaften die weitaus überwiegende Anzahl von Definitionen den Charakter von „Realdefinitionen“ besitzt, d. h. außer einer Worterklärung überdies noch die Behauptung enthält, daß es auch in Wirklichkeit Dinge gebe, die dieser Erklärung entsprechen.<sup>1</sup> Jeder derartigen

<sup>1</sup> Vgl. z. B. J. ST. MILLS Ausführungen in seiner Logik, Buch I, Kap. VIII, § 5.

Definition steht also ein „Gesetz“ zur Seite, das durch sie nicht nur „abmagert“, sondern ganz überflüssig wird. Wieviel bleibt denn z. B. vom Trägheitsgesetz übrig, wenn man vorher die Kraft als einen beschleunigungsbestimmenden Umstand definiert hat?<sup>1</sup> Tatsächlich ist es ganz gleichgültig, ob man einer allgemeinen Wahrheit die äußere Form eines „Gesetzes“ oder die einer Realdefinition gibt; das Verfahren, ein Gesetz vor einer derartigen vermeintlichen Abmagerung dadurch zu bewahren, daß man ihm ein zweites, ganz unabhängiges Gesetz anschließt, wird kaum Nachahmer finden, um so weniger, als sich für das zweite Gesetz ohne weiteres eine Definition finden läßt, durch die auch dieses wiederum „abmagert“.

Was aber von demjenigen, der solche Äquivokationen ohne jeden zwingenden Grund schafft, unbedingt verlangt werden muß, das ist, daß er den vorgenommenen Bedeutungswechsel klar und unzweideutig ankündige. Das hat WITASEK nicht getan; im Gegenteil mußte die Abhandlung, in welcher er die Lokalisationsdifferenz einführt und ihre Existenz zu erweisen sucht, im Leser die Meinung erwecken, daß der Autor beim bisherigen Sprachgebrauch geblieben ist.<sup>2</sup> Wenn man dem Leser auseinandersetzt, die Voraussetzungen des G. d. i. S. lägen hauptsächlich in dem Satze, daß das fixierte Objekt in der Richtung der binokularen Blicklinie erscheine (I. 182 und öfter), kann man ihm da den Gedanken zumuten, unter G. d. i. S. seien zwei Sätze zu verstehen und unter „hauptsächlicher Voraussetzung“ sei der eine dieser beiden Sätze selbst gemeint? Und wenn (I. 197) WITASEK sagt, das „Schergewicht“ des G. d. i. S. liege in seiner Bedeutung für das binokulare Sehen, und dann fortfährt: „HERING meint jedoch, seine Geltung ohne weiteres auch auf das monokulare Sehen, wenigstens bei normalen Augen, ausdehnen zu können, so daß es auch für dieses die allgemeine Grundlage der Lokalisation abgäbe usw.“, muß da nicht der Leser zu der Meinung gebracht werden, auch HERING habe den Satz

<sup>1</sup> Vgl. MACH, Mechanik, I. Aufl., S. 131.

<sup>2</sup> In der letzten Abhandlung nennt es WITASEK eine „arbiträre Einschränkung“ (III. 95), wenn ich das G. d. i. S. in dem Sinne verstehe, in welchem es bisher immer verstanden wurde. Das kann in dem nicht orientierten Leser nur die Meinung hervorrufen, der Satz von der binokularen Blicklinie sei bisher immer zum G. d. i. S. gerechnet worden — während doch das Gegenteil die Wahrheit ist.

von der binokularen Blicklinie zum G. d. i. S. gerechnet, zu tadeln aber sei blofs, dafs er dieses Gesetz auch auf monokulares Sehen ausgedehnt habe? Und weiter: wenn (I. 206) gesagt wird, das G. d. i. S. „in der Form, die HERING ihm gegeben hat“,<sup>1</sup> sei kein letztes, nicht weiter zurückführbares Grundgesetz, vielmehr liege eine seiner Voraussetzungen in der „Grundtatsache“, dafs korrespondierenden Netzhautpunkten bei binokularem Sehen eine einzige, bei monokularem zwei verschiedene Sehstellen zugeordnet seien (I. 208), mufs das nicht die Meinung erwecken, auch im HERINGschen Gesetze sei eine Aussage über die Lokalisation des ganzen Systems enthalten, nur sei sie im Sinne der Lokalisationsdifferenz WITASEKS zu modifizieren? Denn das G. d. i. S. in der Form, die HERING ihm wirklich gegeben hat, ist tatsächlich nicht weiter zurückführbar.

Wenn man es also selbst als eine rein terminologische Frage gelten liesse, ob man den Satz von der binokularen Blicklinie in das G. d. i. S. mit aufnehmen will oder nicht, so steht doch fest, dafs WITASEK das Möglichste dazu beigetragen hat, um die reinliche Scheidung zwischen der neuen und der bisherigen Bedeutung zu erschweren. Seine jüngste Erklärung, er sei in seiner ersten Publikation bestrebt gewesen „alles Theoretisieren vorläufig noch möglichst beiseite zu lassen“, und dadurch hätte es einem „raschen Leser“ vielleicht entgehen können, dafs er „die Lokalisationsdifferenz nicht geradezu ausdrücklich als Sache der relativen Lokalisation auffasse“ (III. 89), ist sicher keine hinreichende Rechtfertigung.

## II.

Dafs die von WITASEK behauptete Verschiedenheit zwischen der rechtsäugigen, linksäugigen und binokularen Lokalisation eines und desselben fixierten Punktes eine Sache der absoluten Lokalisation sei, spielt, soweit es auf den direkten Nachweis derselben aus der Beobachtung ankommt, keine Rolle: sie zeigt sich entweder oder zeigt sich nicht, und nur die Frage kann entstehen, ob der Versuch korrekt ausgeführt, d. h. ob beim Wechsel zwischen jenen drei Beobachtungsarten hinreichende Gewähr geboten ist, dafs sich nicht noch andere Umstände, vor allem die Augenstellung, geändert haben. Ich habe darauf hingewiesen,

<sup>1</sup> Von mir gesperrt gedruckt.

dafs erstens eine solche Gewähr nirgends gegeben ist, die Versuche WITASEKS, das Feststehen der Gesichtslinien zu erweisen, vielmehr alle verfehlt sind, und dafs zweitens die außerordentliche Häufigkeit heterophorer Abweichungen auch einen positiven Beweis dafür abgibt, dafs wir es höchst wahrscheinlich auch hier mit einer Heterophorie zu tun haben. Dafs der unmittelbare Nachweis einer Lokalisationsdifferenz, wie ihn WITASEK in seinem „Grundversuch“ gibt, diese Auslegung zuläfst, gibt er in seinem letzten Artikel (III. 85 f.) zu.<sup>1</sup> Für die Sache, meint er, besage dies jedoch gar nichts, denn er habe noch ein zweites Beweisverfahren zugunsten der Lokalisationsdifferenz vorgelegt; er sei nämlich zur Annahme einer solchen Differenz auch „auf dem Wege über den Versuch von der Lokalisation nach der binokularen Blicklinie“ gelangt (III. 86). Bei diesem indirekten Beweisverfahren handle es sich tatsächlich nur um absolute Lokalisationen.

Ob die mangelnde Stringenz des einen der beiden Beweisversuche für die Sache „natürlich“ gar nichts besage und Einwände gegen denselben die Position des Autors gar nicht be-

<sup>1</sup> Allerdings tut er das nicht bedingungslos; ich kann jedoch seinen Vorbehalten keine Bedeutung beimessen. Die außerordentliche Häufigkeit von Heterophorien, welche dieses Verhalten als die Regel, die Orthophorie als die Ausnahme erscheinen läfst, habe ich nicht „von vornherein“ behauptet, sondern mich an die Angaben BIERSCHOWSKYS gehalten meines Wissens des einzigen Ophthalmologen, der hierüber statistische Angaben gemacht und die Grenzen der Leistungsfähigkeit der bisherigen klinischen Methoden eingehend erörtert hat. Wenn WITASEK demgegenüber von „anderen, nicht minder guten Gewährsmännern“ spricht, die hierin gegenteiliger Ansicht seien, aber weder ihre Namen nennt noch ihre Lehren zugänglich macht, so läfst sich hierüber nicht diskutieren. Was aber das Bestehen von Heterophorien anlangt, die sich den üblichen klinischen Prüfungsmitteln entziehen, so brauchen das durchaus nicht Heterophorien geringsten Grades zu sein, wie WITASEK meint; dagegen sprechen schon die Erfahrungen, die man mit dem GRAEFESCHEN Gleichgewichtsversuch gemacht hat. Zudem ist zu beachten, dafs alle Heterophorien, die nicht auf rein statischer Basis ruhen — BIERSCHOWSKY nennt sie „scheinbare“ — bei verschiedener Entfernung ein verschiedenes Ausmafs zeigen, manchmal ganz verschwinden und sogar in ihr Gegenteil umschlagen, so dafs eine klinische Prüfung, die die Verhältnisse, unter denen sonst beobachtet wurde, nicht genau wiederholt, jede Bedeutung verliert. — Ein Einwand, den v. STERNECK (*diese Zeitschr.* 55, S. 323) kürzlich gegen meine Ansicht über die Lokalisationsdifferenz erhoben, beruht nur darauf, dafs ihm die dynamischen Heterophorien offenbar nicht bekannt waren.

rühren, weil ja noch ein zweiter, indirekter, Beweisversuch vorliege, will ich dahingestellt sein lassen und vielmehr sogleich den Grundgedanken jenes indirekten Beweises angeben.

Es sei  $B$  ein ferner,  $A$  ein naher Punkt und beide liegen für das eine, z. B. linke, Auge in derselben Richtungslinie; geht man von der binokularen Fixation des einen auf die binokulare des anderen über, so behauptet WITASEK, daß beide Punkte am Schlusse dieser Blickbewegung an einem anderen Ort erscheinen als zu Anfang, also eine Scheinbewegung machen. Führt man den Versuch aber monokular, z. B. mit dem linken Auge aus, so ändere sich an der Lokalisation gar nichts, es entstehe keine Scheinbewegung; also müsse mindestens in einem der beiden Sehrichtungssysteme die binokulare Sehrichtung von der monokularen verschieden sein (II. 79). Die etwaige Annahme, daß die differente Lokalisation von  $A$  nur als Verschiedenheit zweier Endzustände aufzufassen sei, die zwei verschiedenen Prozessen angehören, nämlich dem der monokularen und dem der binokularen Blicküberführung, und daß daraus nicht folge, daß auch beim unmittelbaren Wechsel zwischen monokularer und binokularer Fixation von  $A$  die Lokalisation verschieden ausfallen müsse, will WITASEK ad absurdum führen durch Einführung eines Kreisprozesses (binokulare Fixation von  $A$ , monokulare Fixation von  $A$ , monokulare Fixation von  $B$ , binokulare Fixation von  $B$ , binokulare Fixation von  $A$ ), der ergeben soll, daß unter dieser Annahme das Ende dieses Prozesses vom Anfang verschieden sein müsse, was — wegen der beliebigen Wiederholbarkeit desselben — zu der Absurdität einer unausgesetzten Verschiebung von  $A$  im selben Richtungssinne führen würde (II. 80 f.). Somit bleibe nur übrig, auch bei unmittelbarem Wechsel zwischen monokularer und binokularer Fixation desselben Punktes eine Lokalisationsdifferenz anzunehmen.

Die empirischen Voraussetzungen, auf die WITASEK seinen Beweis stützt, bestehen erstens darin, daß beim monokularen Fixationswechsel sich an der Lokalisation der beiden Punkte nichts ändert, zweitens darin, daß beim binokularen Fixationswechsel der jeweils fixierte Punkt im Sinne der binokularen Blicklinie lokalisiert wird. Da im letzteren Falle der nicht fixierte Punkt zunächst in Doppelbildern erscheint, so kann die zweite Voraussetzung auch so ausgedrückt werden: beim Übergang von  $A$  nach  $B$  machen die Doppelbilder von  $B$  eine symmetrische

Gegenbewegung.<sup>1</sup> Dies behauptet WITASEK denn auch: der subjektive Eindruck sei genau derselbe, wie wenn beide Punkte in der Medianebene lägen und der Blick von dem einen auf den anderen übergeführt werde (I. 193).

Nun bin ich nicht in der Lage diese beiden Beobachtungen bestätigen zu können. Das gilt schon von der ersten, der monokularen nämlich; schon seit langer Zeit ist mir aufgefallen, daß unter genau denselben äußeren Bedingungen die von HERING beschriebene Scheinbewegung bald mit voller Deutlichkeit auftritt, bald sehr schwach, bald gar nicht sichtbar ist. Und ein ebenso variables Resultat mußte ich vor kurzem auch bei der zweiten Beobachtung konstatieren; bald scheint das Halbbild des unbewegten, bald das des bewegten Auges den größeren Anteil an der Fusionsbewegung zu haben, während das andere eine sehr schwache, oft auch gar keine Bewegung macht. Einige Kollegen, die so freundlich waren die Beobachtung wiederholt auszuführen, stehen wieder untereinander in Gegensatz: Herr Privatdozent Dr. v. FICKER behauptet (bei einer bestimmten Versuchsanordnung) mit aller Entschiedenheit, nur das Halbbild des ruhenden Auges bewege sich; Herr Prof. Dr. v. LERCH sieht bei derselben Anordnung bald nur das andere Halbbild in Bewegung, bald gibt er an, daß auch das Halbbild des ruhenden Auges dem anderen entgegenkomme, aber immer nur sehr wenig und nur gegen Ende der Beobachtung, also kurz vor dem Augenblick der völligen Verschmelzung. In diesem letzteren Sinne fällt auch bei mir die Beobachtung am häufigsten aus. Von Herrn Prof. Dr. FELIX EXNER liegen mir Angaben vor, die bald im einen Sinne lauten, bald im anderen.<sup>2</sup>

Wie man diesem, bisher unaufgeklärten, variablen Verhalten etwa beikommen kann, will ich hier nicht weiter erörtern; ich muß vorläufig dabei stehen bleiben, daß bei mir und meinen Vpn. die Beobachtungen andere Resultate ergeben als bei WITASEK.

<sup>1</sup> Die geringfügige geometrische Ungenauigkeit, die in dieser Formulierung liegt, gehört einer anderen Größenordnung an. Wenn man den Halbierungspunkt des zwischen den Knotenpunkten liegenden Bogens des Horopterkreises (anstatt der Sehne) zum Ausgangspunkt der binokularen Blicklinie machte, so würde auch diese kleine Ungenauigkeit verschwinden.

<sup>2</sup> Interessant war mir, daß dieser Beobachter gelegentlich — unaufgefordert — bloß mit dem ruhenden Auge beobachtete und ganz spontan die (ihm bisher unbekannt) HERINGSche Scheinbewegung beschrieb.

Es ist daher zwecklos über die Folgerungen zu diskutieren. Allein WITASEK hat den Beweis versucht, daß ein anderes Verhalten der beiden Halbbilder als das von ihm beschriebene gar nicht bestehen könne, daß es nicht bloß zu falschen, sondern zu absurden Konsequenzen führen würde.<sup>1</sup> Sein Gedanke ist folgender: wenn man (s. Fig. 1) von der binokularen Fixation des nahen Punktes *a* auf die des fernen Punktes *b* übergehe,

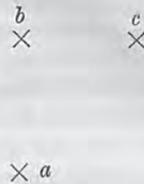


Fig. 1.

dann von dieser auf den fernen Punkt *c* und von *c* wieder zurück auf *a*, so folge aus jener Annahme, daß *a* am Ende dieses Weges anders, und zwar weiter nach rechts, lokalisiert werden müsse als am Anfang desselben. Da man den turnus beliebig oft wiederholen kann, ergibt sich dann selbstverständlich, daß *a* in infinitum nach rechts rücken muß, was in der Tat absurd wäre. WITASEK bedient sich dieses, sogleich näher zu besprechenden, Argumentes darum, weil die unmittelbare Beobachtung, die ihm ein symmetrisches Zusammenrücken der beiden Halbbilder zeigt, immerhin noch der Täuschung ausgesetzt sein könnte, daß man bei der Bewegung eines Punktes

<sup>1</sup> Die Annahme, die ad absurdum geführt werden soll, besteht zwar darin, daß das eine Halbbild völlig ruht und sich nur das andere bewegt; es läßt sich aber zeigen, daß WITASEKS Beweisführung, wenn sie richtig wäre, auf jede asymmetrische Bewegung angewendet werden könnte, nicht bloß auf jenen Grenzfall.

gegen einen zweiten, ruhenden, hin diesen letzteren in Gegenbewegung zu sehen glaubt (I. 193). Da mir die Art, wie WITASEK den vorliegenden Fall diskutiert (I. 194f.), verfehlt erscheint, will ich sogleich zeigen, wie er meiner Meinung nach zu diskutieren ist. Geprüft werden soll die Annahme, daß bei Überführung der binokularen Fixation von  $a$  auf  $b$  dasjenige Halbbild von  $b$ , welches dem rechten Auge angehört und daher seinen Ort auf der Netzhaut nicht ändert, auch seine scheinbare Lage im Sehraum nicht ändert, so daß die schließliche Koinzidenz der beiden Halbbilder zur Gänze durch die Bewegung des anderen, links-äugigen, Halbbildes zustande kommt. In der nebenstehenden Figur 2, welche das Verhalten der Sehrichtungen für die drei aufeinanderfolgenden Fixationen von  $a$ ,  $b$  und  $c$  illustrieren soll, behalte ich die von WITASEK verwendete Symbolik bei: es bedeuten nämlich  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  die den objektiven Punkten  $a$ ,  $b$ ,  $c$  ent-

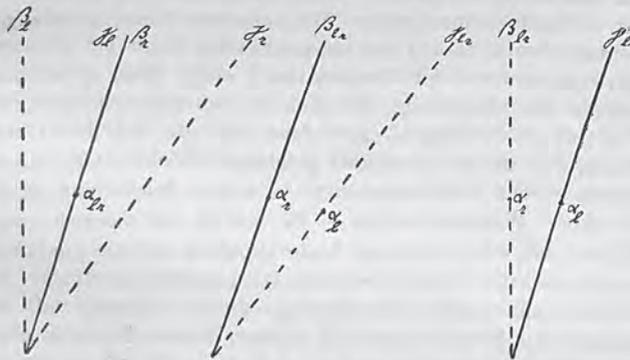


Fig. 2.

sprechenden Punkte im Sehraum; wird einer derselben (z. B.  $a$ ) doppelt gesehen, so tragen die entsprechenden zwei Sehpunkte die Indices  $l$  oder  $r$ , je nachdem das Halbbild dem linken oder rechten Auge angehört ( $\alpha_l$  bzw.  $\alpha_r$ ); wird er einfach gesehen, so trägt der betreffende Sehpunkt beide Indices (z. B.  $\beta_r$ ). Die Richtung des jeweils fixierten Punktes deute ich durch eine ausgezogene, die aller anderen durch punktierte Linien an.

Die erste, der Fixation von  $a$  entsprechende Figur ist ohne weiteres verständlich; sie stimmt überein mit der Darstellung

WITASEKS.<sup>1</sup> Geht die Fixation von  $a$  auf  $b$  über, so ist klar, daß das nunmehr einfach gesehene  $b$  (also  $\beta_r$ ) und das rechtsäugig gesehene  $a$  (also  $\alpha_r$ ) in derselben Sehrichtung erscheinen müssen, da ja die entsprechenden objektiven Punkte auf derselben Richtungslinie liegen. Diese Sehrichtung in II. muß aber natürlich parallel gezeichnet werden zur ausgezogenen Linie in I. Denn gemäß der zu prüfenden Annahme vollzieht sich ja der Zerfall in Doppelbilder so, daß nur dasjenige Halbbild sich bewegt, dessen Netzhautbild seinen Ort ändert, während das andere Halbbild, dessen Netzhautbild ruht, in Ruhe bleibt. Es ist also schon unrichtig, wenn WITASEK die Hauptsehrichtung in II. gegenüber der in I. nach links dreht. Dazu hat ihn wahrscheinlich die Erwägung veranlaßt, daß die binokulare Blicklinie sich beim Übergang von  $a$  zu  $b$  nach links dreht; dabei übersieht er, daß die zu prüfende Voraussetzung den Satz, daß man gemäß der binokularen Blicklinie lokalisiert, gar nicht zuläßt — worüber unten mehr. Mit Ausnahme dieser unzulässigen Drehung stimmt II. mit der entsprechenden Figur bei WITASEK, Geht man nun mit der Fixation von  $b$  auf  $c$  über, so zeichnet WITASEK die nunmehrige Situation im Sehraum genau so, wie er sie für die Stellung II. gezeichnet hat, nur mit dem Unterschiede, daß die in II. indirekt gesehenen Objekte in III. direkt gesehen werden und umgekehrt: in meiner Darstellung dürfte sich also — WITASEK zufolge — III. von II. nur dadurch unterscheiden, daß die ausgezogene Linie punktiert und die punktierte ausgezogen wird. Denken wir uns III. in diesem Sinne gezeichnet, dann ergibt sich allerdings die Konsequenz, daß bei Rückkehr der Fixation von  $c$  zu  $a$  dieser letztere Punkt in einer anderen Richtung gesehen werden muß als zu Beginn der ganzen Wanderung. Denkt man sich nämlich III. identisch mit II. gezeichnet (nur mit dem Unterschiede, daß die punktierte Linie ausgezogen ist und umgekehrt), so ist klar, daß sich die Vereinigung der beiden Halbbilder  $\alpha_r$  und  $\alpha_l$ , die erfolgen muß, wenn der Blick von  $c$  nach  $a$  übergeht, nicht in Form einer

<sup>1</sup> Wenn ich die Sehrichtungslinie, auf der  $\alpha_r$ ,  $\beta_r$  und  $\gamma_l$  liegen (wie es auch WITASEK tut), so zeichne, daß sie dieselbe Richtung hat wie die binokulare, auf  $a$  gerichtete Blicklinie, so kommt darauf für unsere Zwecke gar nichts an — ich hätte ihr auch eine andere Richtung geben können; es kommen nur die Änderungen von I. zu II. und von II. zu III. in Frage, die Ausgangslage spielt in dieser Deduktion keine Rolle.

symmetrischen Gegenbewegung vollziehen kann, sondern daß (der zu prüfenden Annahme gemäß)  $\alpha_r$  in Ruhe bleiben und  $\alpha_l$  den ganzen Weg allein zurücklegen muß, bis es mit  $\alpha_l$  koinzidiert. Somit würde das nunmehr einfach gesehene  $a$  nicht mehr in der Richtung erscheinen, wie sie in I. durch die ausgezogene Linie dargestellt ist, sondern würde von dieser nach rechts abweichen.

Der Hauptfehler des Argumentes liegt im Übergang von II. zu III. WITASEK denkt hier offenbar so: wenn ich den Blick von einem Objekt  $b$  auf ein rechts davon gelegenes Objekt  $c$  überführe, so geschieht das tatsächlich ohne jede Scheinbewegung; daher müssen alle Sehobjekte in III. in denselben Richtungen liegen wie in II. Er übersieht aber, daß er hier von einem Satze Gebrauch macht, der — er mag tatsächlich noch so zutreffen — der Voraussetzung des ganzen Argumentes widerstreitet. Diese Voraussetzung besteht ja in nichts anderem als darin, daß die Ortsänderung eines Punktes im Sehraum nur von der Ortsänderung des Netzhautbildes abhängt, daß diese letztere also durch keinerlei Änderung der absoluten Lokalisation modifiziert wird. Führt man also den Blick von  $b$  auf  $c$  über und erzeugt so für die beiden Netzhautbilder von  $a$  gleichsinnige Verschiebungen (nämlich beide von links nach rechts), so verlangt die zu prüfende Annahme, daß sich die beiden Halbbilder von  $a$ , nämlich  $\alpha_r$  und  $\alpha_l$ , um den entsprechenden Winkelbetrag nach links verschieben; und dasselbe muß dann auch für  $\beta$  und  $\gamma$  gelten, weil ja  $b$  in der einen,  $c$  in der anderen Richtungslinie von  $a$  liegt. Darum ist zufolge der fraglichen Annahme III. so zu zeichnen wie es in der nebenstehenden Figur geschehen ist. Dann aber ergibt die Rückkehr zur Fixation von  $a$  genau dieselbe Situation wie in I.: das schließliche Zusammenfallen von  $\alpha_l$  und  $\alpha_r$  vollzieht sich nämlich bloß durch die Bewegung von  $\alpha_r$ , während  $\alpha_l$  der Voraussetzung gemäß in Ruhe bleibt.

Daß sich die Lokalisationen tatsächlich so vollziehen, wie sie hier beschrieben wurden, soll nicht im entferntesten behauptet werden. Aber darum handelte es sich auch gar nicht; vielmehr sollte nur untersucht werden, ob eine bestimmte Voraussetzung zu einer absurden Konsequenz führt oder nicht — und da darf man diese Voraussetzung nicht im Laufe der Beweisführung wieder fallen lassen oder Sätze benutzen, die mit ihr unverträglich sind.

Da soeben von dem Ausdruck „absolute Lokalisation“ Ge-

brauch gemacht wurde, mag eine Bemerkung über diesen Begriff hier Platz finden. So, wie er tatsächlich in der physiologischen Optik verstanden wird, ist er nicht identisch mit dem Begriffe „Lokalisation des ganzen Sehraumes“; dementsprechend ist auch „Änderung der absoluten Lokalisation“ nicht identisch mit „Translokation des ganzen Sehraumes“. Der Begriff „absolute Lokalisation“ ist durchaus hypothetisch, d. h. gar keiner Erfahrung unmittelbar entnommen. Unmittelbar zu konstatieren ist nur die Ruhe oder Bewegung eines Sehobjektes und die Ruhe oder Bewegung des entsprechenden Netzhautbildes. Wenn sich bei ruhendem Blick ein Aufsenpunkt bewegt, so sehen wir diese Bewegung und es entspricht dem Winkelbetrage  $\alpha$  der Netzhautbildverschiebung eine Richtungsänderung des Sehobjektes von der bestimmten Gröfse  $\alpha$ , die natürlich auch eine Winkelgröfse, aber eine mit eigener Mafseinheit ist. Treten irgendwelche Umstände ein, die diese Zuordnung stören, d. h. die machen, dafs der Sehrichtungsänderung  $\alpha$  nicht mehr der  $\sphericalangle \alpha$  zugeordnet ist, sondern der  $\sphericalangle b$ , so nennt man jenes in seinem Wesen gänzlich unbekante Moment, das man sich dieser Störung zugrunde liegend denkt, „Änderung der absoluten Lokalisation“ und mifst seine Gröfse durch die algebraische Differenz, die zwischen  $a$  und  $b$  besteht. Bekanntlich ist es die Beobachtung gewesen, dafs man bei willkürlicher Blickwanderung die Objekte gleichwohl in Ruhe sieht, die zuerst zur Bildung des Begriffes „absolute Lokalisation“ Anlafs gegeben hat; dem normalen Fall, dafs für  $\alpha = 0$  auch  $a = 0$ , steht hier der Fall gegenüber, dafs für  $\alpha = 0$  nunmehr  $a$  den Wert  $b$  annimmt, so dafs die Änderung der absoluten Lokalisation mit  $-b$  zu bewerten ist; m. a. W. man denkt sich die Ruhe der Objekte bei willkürlicher Blickbewegung als eine kompensatorische. Es ist hinreichend bekannt, welchen Vorteil die Einführung dieses hypothetischen Faktors bietet: die Ruhe der Objekte bei willkürlicher Blickbewegung, die Flucht der Objekte beim Drehschwindel, die falschen Lokalisationen bei Lähmungen oder Paresen einzelner Augenmuskeln, die zahlreichen Bewegungstäuschungen vom Typus der in Bewegung erscheinenden Brücke lassen nunmehr eine einheitliche Auffassung zu. Im besonderen stellen die Erscheinungen beim Drehschwindel einen Fall dar, aus dem man deutlich ersehen kann, dafs „absolute Lokalisation“ und „Lokalisation des ganzen Sehraumes“ zwei Dinge sind, die gar nichts miteinander zu tun haben; denn eben hier ändert sich die absolute Lokali-

sation nicht, während sich die Lokalisation des gesamten Sehraumes sehr beträchtlich ändert. Es kommt, wie erwähnt, nur auf die Differenz ( $a-b$ ) an und lediglich in dem Falle, daß  $a=0$  und  $b$  einen von  $0$  verschiedenen Wert hat (wie z. B. bei vollständiger Abduzenslähmung), ist die gesehene Bewegung gänzlich Sache der absoluten Lokalisation.

Was den von WITASEK diskutierten Fall (Übergang der binokularen Fixation von einem Punkt zu einem anderen, in der Gesichtslinie des einen Auges liegenden) anlangt, so muß man sich darüber klar sein, von welchen Folgen die einzelnen Eventualitäten notwendig begleitet sind. Findet symmetrische Gegenbewegung der beiden Halbbilder statt, so muß man eine Änderung der absoluten Raumwerte in einem Winkelbetrage annehmen, der halb so groß ist wie der Winkel, den das eine Netzhautbild tatsächlich durchmisst. Das ist aber genau die Annahme, welche man machen muß, wenn man den Satz von der binokularen Blicklinie gelten lassen will. Und dieser letztere Satz ist wiederum solidarisch mit dem Satze, daß bei rein lateralem Blickwechsel die Sehobjekte in Ruhe bleiben, m. a. W. vollkommene Kompensation zwischen Netzhautbildbewegung und absoluter Lokalisation stattfindet. Alle diese Sätze stehen in wechselseitig eindeutiger Verbindung: keiner gilt, wenn einer der anderen ungültig wird. Nimmt man also z. B. an (wie es WITASEK der Prüfung wegen getan hat), daß im obigen Versuche sich die Halbbilder nicht symmetrisch gegeneinander bewegen, sondern daß das eine (nämlich das des unbewegten Auges) völlig ruht, so involviert das die allgemeinere Behauptung, daß die Bewegung von Netzhautbildern unkompensiert bleibt, und weiter, daß der Satz von der binokularen Blicklinie nicht gilt, daß also z. B. laterale Blickwanderungen mit Scheinbewegungen verbunden sein müssen — kurz, daß bei willkürlichen Bewegungen des Blickes die absolute Lokalisation sich nicht ändert. Die Solidarität dieser Sätze hat sich WITASEK offenbar nicht klar gemacht. Nur so konnte es gelingen aus einer Annahme, die in sich gar nichts Absurdes enthält, absurde Konsequenzen abzuleiten. Es würde sich leicht zeigen lassen, daß man bei korrekter Deduktion auch beliebige andere Annahmen über die Bewegung der beiden Halbbilder machen kann, ohne zu Absurditäten geführt zu werden. So würde z. B. die Annahme irgendeiner asymmetrischen Gegenbewegung der Halbbilder zur Folge haben, daß man bei

einer Lateralbewegung (wie etwa von *b* nach *c*) nur eine partielle Kompensation annehmen darf. Unsere obigen Erwägungen würden dann mit entsprechender Modifikation wiederkehren, aber genau zum gleichen Endergebnis führen, daß nämlich die Blickwanderung von *a* über *b* und *c* nach *a* zurück den Punkt *a* am Schlusse in derselben Lokalisation vorfindet wie am Anfang. Kurz: ad absurdum führen läßt sich hier gar keine von allen möglichen Annahmen.

## III.

Von den zahlreichen Einwänden, die ich im einzelnen gegen WITASEK erhoben hatte, scheint der Autor sämtliche für sachlich verfehlt oder auf Mißverständnis seiner Ansichten beruhend zu halten. Was er hierüber beibringt, beschränkt sich — aus Schonung für den Leser — auf „Proben“, setzt daher einer Erwiderung die gleichen Schranken. Ich will diese „Proben“ in Kürze besprechen, soweit sie nicht im vorstehenden ohnehin ihre Erledigung gefunden haben.

1. Gegen WITASEKS Definition der korrespondierenden Punkte als Punkte, die ein einfaches, in der Kernfläche liegendes Bild ergeben, hatte ich den Vorwurf des *ύστερον πρότερον* erhoben und gezeigt, daß und warum man sie nicht durch das Einfachsehen und Lokalisieren in die Kernfläche, sondern nur durch die Identität der Sehrichtung definieren darf. Ich machte u. a. geltend, daß man mit korrespondierenden Punkten ja auch doppelt sehen könne, wenn man nämlich die Objekte in verschiedene Entfernung lokalisiere, während die Identität der Sehrichtung stets gegeben sei. WITASEK wendet ein (III. 96), von Einfach- und Doppeltsehen rede man nur dort, wo es sich um einen einzigen Außenpunkt handle, und in diesem Falle sehe man eben mit korrespondierenden Stellen niemals doppelt. Das ist nun ein Rekurs auf einen Sprachgebrauch, der in einem ganz anderen Zusammenhang gilt. Man spricht nämlich von „Doppelbildern“ gewöhnlich nur dann, wenn es sich um die Bilder eines einzigen Außenpunktes handelt. Aber „doppelt sehen“, d. h. an zwei verschiedene Stellen des Sehraumes lokalisieren und „Doppelbilder haben“ ist zweierlei. Der erstere Ausdruck wird in rein deskriptivem Sinne gebraucht, der letztere enthält, da die beiden Netzhautstellen ja nicht wissen können, ob sie von einer oder von zwei Lichtquellen aus gereizt werden, ein genetisches,

also in die Empfindung gar nicht eingehendes Moment. Da man die korrespondierenden Punkte nur durch Momente, die der Empfindung angehören, definieren kann, kann der zweite Sprachgebrauch nicht angerufen werden. Man sieht das am deutlichsten daraus, daß die Definition der korrespondierenden Punkte ja auch für die Haploskopie in Kraft bleiben muß, also für die Fälle, in denen niemals ein einziges Außenobjekt gegeben ist. Das Zuhilfenehmen der Kernfläche ist und bleibt darum ein *ὑπερῶν πρότερον* oder führt zu einer Tautologie. Da man mit einem ganzen Bezirk von Netzhautpunkten einfach sieht, so müßte man jenen bestimmten Punkt dieses Bezirkes, der im strengsten Sinne „korrespondierend“ heißt, durch die Eigenschaft charakterisieren, daß der entsprechende Sehpunkt in der Kernfläche liegt. Dann würde der Satz, daß die Kernfläche eine Ebene ist, zur reinen Tautologie werden.

WITASEK meint, er habe die Identität der Sehrichtung seiner Definition nicht zugrunde legen können, da er ja eben die Frage untersuchen wollte, ob den korrespondierenden Punkten diese Eigenschaft wesentlich sei. Aber innerhalb eines und desselben Sehaktes wenigstens anerkennt er ja, wie wir hörten, die Identität der Sehrichtung; seine Lokalisationsdifferenz soll sich doch nur auf die absoluten Lokalisationen beziehen. Woher also die Verlegenheit?

2. Bei Ersatz des einen reellen Fixationspunktes durch zwei haploskopisch zu vereinigende Punkte hatte WITASEK (I. 178f.) gefunden, daß, wenn die Verschmelzung mit ungekreuzten Gesichtslinien vollzogen, und nun alternierend fixiert wurde, die Verschiebung des Fixationspunktes in entgegengesetztem Sinne erfolgte wie beim Grundversuche.<sup>1</sup> Seine Erklärung, daß nur bei einer im Schnittpunkt der Gesichtslinien liegenden gemeinsamen Fixationsmarke das Charakteristische der Lokalisationsdifferenz zur Geltung komme, habe ich als einen ganz nichtssagenden Hinweis bezeichnet. Das halte ich durchaus aufrecht. Solange nicht mit divergenten Gesichtslinien untersucht wird, läßt sich jede haploskopische Beobachtung durch eine solche mit einem einzigen reellen Objekt ersetzen; der Unterschied zwischen beiden Situationen kann nur für denjenigen

<sup>1</sup> WITASEK nennt das in seiner letzten Publikation ein „etwas anderes Ergebnis“ (III. 92).

in Betracht kommen, der den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Akkommodation und Konvergenz und daher die beiderseits verschiedenen Stellungen des gedeckten Auges zur Erklärung heranzieht, wie u. a. ich es getan habe — während WITASEK dieses letztere Moment ausdrücklich ablehnt (I. 179f.). Für ihn muß also vollkommene Äquivalenz zwischen beiden Situationen bestehen. Die tatsächliche Einfachheit bzw. Duplizität des Objektes ist kein Datum der Empfindung; wenn also WITASEK in seiner letzten Arbeit (III. 92) den Unterschied zwischen den beiden Situationen darin sieht, daß man (im Falle alternierender Betrachtung) das eine Mal die Lokalisation eines und desselben objektiven Punktes bei linksäugiger und rechtsäugiger Betrachtung vergleiche, das andere Mal die Lokalisation eines Punktes mit der eines anderen, so muß ich diesen Hinweis als ebenso nichtssagend ansehen wie den oben erwähnten.<sup>1</sup>

3. Mit dem variablen Verhalten der Lokalisationsdifferenz, wie es in dem soeben erörterten und noch in anderen Fällen von WITASEK selbst zugegeben wird, schien es mir in Widerspruch zu stehen, daß WITASEK diese Differenz als eine „ursprüngliche Angelegenheit der spezifischen Ortsenergien der Netzhaut“ ansieht (I. 216). Nun erfahren wir, mit diesem „vorübergehend“ gebrauchten Ausdruck sei nicht eine Verschiedenheit der relativen Breitenwerte korrespondierender Netzhautstellen behauptet; es sei nur gesagt, daß die Reizung des einen Netzhautpunktes diese, die eines anderen eine andere Lokalisation ergebe; dabei könne in diese Lokalisation auch ein anderer Faktor<sup>2</sup> eingehen; um eine Isolierung beider sei es dem Autor gar nicht zu tun gewesen (III. 93f.). Nun will ich gar nicht urgieren, daß man dann nicht von Ortsenergien „der Netzhaut“ spricht; wesentlich ist hier nur die Frage der Stabilität, auf welche der oben zitierte

<sup>1</sup> WITASEK sagt (III. 93), seine Erklärung basiere nur auf der Voraussetzung, daß ein medianer Punkt auch bei monokularer Betrachtung anders lokalisiert werde wie ein lateraler, mit derselben Netzhautstelle gesehener. Das ist zuzugeben, wenn es sich beide Male um reelle Punkte und daher um verschieden gestellte Gesichtslinien handelt. Allein in unserem Falle ist zu erklären, warum bei derselben Stellung der Gesichtslinien das Ergebnis verschieden ausfällt, je nachdem ein einziges, im Schnittpunkt gelegenes Objekt oder zwei in den Gesichtslinien gelegene nähere Objekte gegeben sind. Wie jener Unterschied in der Empfindung zum Ausdruck gelangen soll, bleibt also nach wie vor unerledigt.

<sup>2</sup> Gemeint ist ein motorischer.

Ausspruch eine bejahende Antwort gibt. Man kann dem Leser nicht zumuten, er solle unter der spezifischen Ortsenergie einer Netzhautstelle eine Ortsenergie verstehen, die dieser Netzhautstelle nicht spezifisch ist. Daß dieser Ausdruck von jedem Leser im Sinne der rein sensorischen, und daher stabilen Raumwerte verstanden werden wird, darüber darf sich WITASEK um so weniger verwundern, als er an anderer Stelle (II. 95) selbst den motorischen Faktor, der seiner Ansicht nach die Lokalisation mitbestimmen soll, streng von den „spezifischen Ortsenergien“ scheidet und so zu dem natürlichen Sinn dieses Ausdruckes zurückkehrt.

4. In betreff des Begriffes der Sehrichtung haben sich für WITASEK Schwierigkeiten insofern ergeben, als er daran festhält, daß es sich hier um eine Relation zwischen zwei Punkten handeln müsse, der eine von ihnen (nämlich das Sehrichtungszentrum) aber gar nicht in die Wahrnehmung falle. Es müsse also „der durch die Wahrnehmung gebotene, anschaulich gegebene Sehraum erst noch konstruktiv im Geiste ergänzt werden, indem man ihm in der Phantasie den Raum, an welchem man sich vermöge anderweitiger Daten den eigenen Körper (genauer den Kopf) vorstellt, anfügt“ (I. 213). Nun wirft mir der Autor vor, ich hätte ihm „einfach infolge eines Lesefehlers“ nachgesagt, er konstruiere die Sehrichtung „aus teilweise anschaulichen, teilweise unanschaulichen Elementen,“ was ihm natürlich gar nicht eingefallen sei (III. 100). Wo da der „Lesefehler“ steckt, weiß ich nicht. Meine Opposition richtet sich gegen die Behauptung, daß zur Sehrichtung irgendein aufserhalb der Wahrnehmung gelegenes Datum gehöre; und das ist ja wirklich WITASEKS Meinung. Er könnte also höchstens beanstanden, daß ich von einem „unanschaulichen“ Ergänzungsstück gesprochen habe. Allein abgesehen davon, daß WITASEKS eigene Gegenüberstellung von „anschaulich gegeben“ und „konstruktiv im Geiste ergänzt“ kaum anders als eben so verstanden werden kann, kommt es gar nicht auf die Frage der Anschaulichkeit dieses Ergänzungsstückes an, sondern darauf, ob überhaupt ein solches nötig sei oder nicht. — Auch den von mir erhobenen Vorwurf, daß sich für WITASEK der Begriff der Sehrichtung mit dem der Gesichtslinien konfundiere, halte ich aufrecht. Nach WITASEK sollte man „strenggenommen“ von zwei Sehrichtungen sprechen, da man zwei Augen hat und daher zwei Ausgangspunkte konstruktiv

ergänzen muß. Aber für denjenigen, der Gesichtslinie und Sehrichtung gehörig auseinanderhält, wird die Duplizität des dioptrischen Vorganges niemals einen Anlaß geben auch im Phänomen selbst eine Zweiheit zu statuieren und die tatsächliche Einheit der Sehrichtung daraus zu erklären, daß es „in der Praxis auf Genauigkeit dieser Art in der Regel nicht anzukommen pflegt“ (I. 214).<sup>1</sup>

Wogegen ich mich aber entschieden verwahren möchte, das ist, daß meine Analyse des Richtungsbegriffes auch nur das Geringste mit dem gemein habe, was WITASEK über diesen Gegenstand vorbringt. Nach meiner — so präzise wie nur möglich ausgesprochenen — Ansicht (H. 48 ff.) hat das primäre, jedem abstrakten Richtungsbegriff zugrunde liegende Phänomen mit Relationen gar nichts zu tun; nach WITASEK ist es ein Relationsphänomen. Wenn also WITASEK sagt, meine Analyse führe „ganz wie seine eigene“ zu dem Ergebnis, daß es in der primären Tatsache der Sehrichtung nichts gebe, was wirklich Richtung wäre, so ist das einfach falsch. Nur wenn feststünde, daß das, was „wirklich Richtung“ ist, eine Relation sein muß, könnte man sagen, meine Analyse enthalte nichts von „Richtung“; aber eben dieser Satz ist es, den ich ausdrücklich leugne und nur für den abgeleiteten, also sekundären Richtungsbegriff zugebe. Die Art, wie ich das Zustandekommen beider Begriffe zu beschreiben versucht habe, kann man ja für verfehlt halten; ich verwahre mich nur dagegen, daß man Ansichten einander nahebringt, die sich verhalten wie Ja zu Nein.

5. HERING hat (vgl. HERMANN'S Hdbch. III. 390 f.) einen Versuch mitgeteilt, in welchem dem einen Auge eine nahe und eine ferne Marke, beide in der Gesichtslinie, geboten werden, während das andere, durch ein enges Loch in einem Kartenblatt blickend, nur die nahe Marke sieht. Die beiden Marken wurden, wenn man das zweite Auge ganz deckt, in derselben Richtung gesehen, wie zuvor: der Zweck, den HERING mit diesem Versuch verfolgte,

<sup>1</sup> Da der behauptete Unterschied zwischen links- und rechtsäugiger Lokalisation nicht auf die vermeintliche Zweiheit des Sehrichtungszentrums zurückgeführt werden kann (I. 215 f.), so kann die Meinung, man müsse „strenge genommen“ von zwei Sehrichtungen sprechen, nur durch eine Übertragung der Verhältnisse im wirklichen Raum auf solche im Sehraum entstanden sein, hier also durch eine Verwechslung von „Richtungslinie“ und „Sehrichtung“.

war der zu zeigen, daß die Sehrichtung sich beim Übergang vom binokularen auf monokulares Sehen nicht ändert; nicht aber sollte eine „Erweiterung“ des G. d. i. S. damit bewiesen werden. Ich hatte die letztere Auffassung dieses Versuches abgelehnt und es getadelt, daß WITASEK sein Zitat gerade vor der Stelle schließt, auf die hier alles ankommt, vor der Stelle nämlich, an welcher gesagt wird, bei vollständiger Verdeckung des zweiten Auges ändere sich nichts an der Lokalisation. Wenn man diese Stelle weglasse, sagte ich, würde ja der ganze Versuch nur eine zwecklose Wiederholung des das G. d. i. S. beweisenden Grundversuches sein. Und nun beweist WITASEK (III. 99) gerade mit Zuhilfenahme der Stelle, deren Weglassung ich ihm zum Vorwurf gemacht hatte, daß HERING mit dieser Versuchsanordnung „bereits etwas anderes bieten wollte als nur — wie HILLEBRAND meint — eine Wiederholung seines Grundversuches über das G. d. i. S.“ WITASEK übersieht, daß das meine Ansicht ist. Ich habe nicht gemeint, daß hier eine Wiederholung eines früheren Versuches vorliege, sondern habe — im strengsten Gegensatz dazu — argumentiert: man muß die von WITASEK ausgelassene Stelle ergänzen, sonst wäre eine bloße Wiederholung eines schon mitgeteilten Versuches gegeben. Ich muß bei meiner ursprünglichen Ansicht bleiben, daß WITASEK den Sinn dieses Versuches völlig mißverstanden hat; was er jetzt darüber vorbringt (III. 98f.) kann mich darin nur bestärken. Denn wenn WITASEK diesen Versuch nur als eine „Modifikation“ des HERINGschen Fundamentalversuches bezeichnet, die eine „sehr weitgehende Annäherung an rein monokulares Sehen darstellen soll“, so kann ich damit überhaupt keinen Sinn verbinden. Zwischen Binokular und Monokular gibt es nur ein Entweder—Oder. Die fixierte Marke wird hier binokular gesehen, die nicht fixierte monokular — und auf alle übrigen Gegenstände, die etwa noch im Gesichtsfeld liegen, kommt es ohnehin nicht an. Was soll also mit der „sehr weitgehenden Annäherung an rein monokulares Sehen“ gesagt sein?

6. In der Tatsache, daß die Lokalisationsdifferenz auch bei  $\infty$ fernen Objekten eintritt, hatte WITASEK einen Beweis erblickt, daß diese Erscheinung nicht auf einer Stellungsänderung des gedeckten Auges beruhen könne, weil der Konvergenzwinkel nicht  $< 0$  werden könne. Ich habe dagegen eingewendet, daß, wenn echte Exophorie vorhanden sei, absolute Divergenz not-

wendig eintreten müsse; dasselbe, sagte ich, was beim Orthophoren, der abduzierende Prismen überwindet, als Folge des Fusionszwanges geschieht (nämlich der Eintritt absoluter Divergenz), das geschehe beim Exophoren ohne Fusionszwang (H. 32). Und darauf entgegnet WITASEK, es habe sich in seinem Grundversuch gerade darum gehandelt, jedwede zwangsweise Beeinflussung der Augenstellung zu vermeiden, und nur bei einer zwangweisen Beeinflussung (z. B. durch Prismen) komme es „normalerweise“ zur Überschreitung der Parallelstellung (III. 100). Nun dreht sich aber gerade unsere Kontroverse um die Frage, ob normale, d. h. hier orthophore Gleichgewichtsverhältnisse bei denjenigen gegeben sind, die die Lokalisationsdifferenz beobachten; sind sie es nicht, wie ich behauptete, dann braucht die absolute Divergenz keine Zwangslage mehr zu sein. Wenn wir schon wüßten, daß Heterophorie auszuschließen ist, dann wäre ja die Hauptfrage schon entschieden. Die Entgegnung WITASEKS ist somit eine *petitio principii*.

7. Da in allen den Fällen, in denen das plötzlich enthüllte Auge anders lokalisiert als das andere Auge lokalisiert hat, immer mit der Möglichkeit zu rechnen ist, daß das erstere während der Deckung seine Stellung geändert hat,<sup>1</sup> ist es natürlich wichtig zu wissen, ob sich auch beim Übergang von der binokularen zur monokularen Beobachtung ein Lokalisationsunterschied einstellt, und zwar in dieser Reihenfolge, da ja bei der Reihenfolge Monokular—Binokular das andere Auge wiederum Zeit hatte seine Stellung zu ändern. Da also sehr viel darauf ankommt, ob sich beim Schließen oder beim Öffnen des einen Auges ein Lokalisationsunterschied konstatieren läßt, habe ich es (H. 52) bemängelt, daß WITASEK hierüber bald im einen bald im anderen Sinne berichtet. WITASEK wirft mir nun eine „Entstellung“ seiner Angaben vor (III. 101); denn unmittelbar vor der Stelle, in welcher er berichtet hatte, daß sich die Marke „beim Öffnen“ des einen Auges verschiebe, habe er ja ausdrücklich gesagt, die Verschiebung vollziehe sich „in demselben Sinne wie bei der früheren Versuchsanordnung“, und daraus müsse

<sup>1</sup> Nur durch sehr raschen Wechsel zwischen linksängiger und rechtsängiger Fixation ließe sich diese Möglichkeit ausschließen. WITASEK hat diese Abhängigkeit „vom Tempo des Augenwechsels“ selbst beobachtet (I. 177), ohne daraus den nächstliegenden Schlufs zu ziehen.

man ersehen, daß die Verschiebung sowohl beim Öffnen wie auch beim Schließen erfolgte. Unter der „früheren Versuchsanordnung“ kann nur WITASEKS „Grundversuch“ gemeint sein, in welchem zuerst binokular fixiert wird, hierauf rechtsäugig, dann (nach kurzer Pause) linksäugig und schließlich wieder binokular. Obwohl nun in dieser Anordnung ein Übergang von binokularer zu monokularer Fixation vorkommt,<sup>1</sup> berichtet WITASEK dort gar nichts über eine bei diesem Übergang zu beobachtende Lokalisationsänderung, sondern nur von einer zwischen den zwei monokularen Fixationen stattfindenden Verschiebung (I. 164f.). Wie kann man also verlangen, daß ich den Hinweis auf den früheren Versuch als eine Erläuterung auffasse, da doch der Bericht über diesen letzteren gerade das nicht enthält, was zur Klarstellung des späteren dienen könnte! Ausdrücke wie „Entstellung“ lassen sich unter solchen Umständen nicht rechtfertigen.

8. Ich hatte (H. 35) gegen WITASEK eingewendet, daß man das Stillstehen eines Nachbildes bei verdeckten Augen nicht als Beweis für das Stillstehen der Gesichtslinien ansehen dürfe; u. a. zeige sich dies beim Drehschwindel. WITASEK bemerkt hierzu (III. 100), ich scheine nicht zu wissen, daß es über diese Dinge auch andere „Lehrmeinungen“ geben könne und daß man immer zwischen Tatsachen und Theorien „sogar auch HERINGSchen Theorien“ unterscheiden müsse. Gewiß muß man das; aber das Stillstehen eines Nachbildes trotz der vehementen Bewegungen, die die Augen beim Drehschwindel machen, ist keine Theorie und keine Lehrmeinung, sondern eben eine Tatsache. Daß sie wie von Anderen so auch von HERING beobachtet wurde, wird ihr wohl keinen Abbruch tun.

9. Gegen WITASEKS Behauptung, daß man bei monokularer Fixation eines Objektes mit dem anderen, gedeckten Auge Konvergenz- und Seitenbewegungen „von irgendeiner beliebigen Ausgangsstellung aus“ machen könne, habe ich bemerkt, daß dies ganz unmöglich sei, weil der Zusammenhang zwischen Akkommodation und Konvergenz überhaupt nur Bewegungen innerhalb der relativen Konvergenzbreite zulasse, nicht aber solche von beliebigem Ausmaße. Nun hören wir (III. 102), WITASEK ver-

<sup>1</sup> Nämlich von der 1. Phase zur 2. bzw., wenn die Reihenfolge umgekehrt wird, von der vorletzten zur letzten.

wende den Ausdruck „Fixieren“ so, daß er die richtige Akkommodation nicht einschliesse, und das sei auch der Sinn, in welchem HERING diesen terminus verwende; letzterer sage (HERMANN'S Handbuch III. 349): „Einen Punkt einäugig oder doppeläugig fixieren heißt die Gesichtslinie eines oder jedes Auges so stellen, daß sie durch den fixierten Punkt geht.“ Daß sich HERING hier zu einem ausnahmslos geltenden Sprachgebrauch ohne Nötigung sollte in Gegensatz gebracht haben, war mir so auffallend, daß ich die zitierte Stelle im Zusammenhang nachlas. Es ergab sich folgendes: HERING setzt auseinander, daß die Gesichtslinie eine ausgezeichnete Richtungslinie sei; die Richtungslinien aber definiert er als Verbindungslinien eines Außenpunktes mit seinem Bildpunkt — was natürlich richtige Akkommodation voraussetzt. Dieses vorausgeschickt, fährt er dann fort „einen Punkt einäugig oder doppeläugig fixieren heißt usw.“, behauptet also das strikte Gegenteil von dem, wofür ihn WITASEK als Gewährsmann führt.

Die Auseinandersetzung mit WITASEK ist hiermit von meiner Seite abgeschlossen.

*(Eingegangen am 13. August 1910.)*

- 9 Die Aussperrung der Psychologen, in: Zeitschrift für Psychologie 67 (1913), 1-21.



---

Sonderabdruck aus  
„Zeitschrift für Psychologie“.  
Bd. 67.

Verlag von Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

---

## Die Aussperrung der Psychologen.

Von

Prof. Dr. FRANZ HILLEBRAND.

Im Januar dieses Jahres haben die Professoren R. EUCKEN, E. HUSSERL, P. NATORP, H. RICKERT, A. RIEHL, W. WINDELBAND an die Dozenten der Philosophie sämtlicher Hochschulen deutscher Zunge eine „Erklärung“ versendet, die in die Forderung ausläuft, der experimentellen Psychologie eigene Lehrstühle zu errichten, andererseits aber ihre Vertreter von den bestehenden, der Philosophie gewidmeten Lehrkanzeln fernzuhalten. Beigefügt war die Aufforderung, sich dieser „Erklärung“ anzuschließen, deren Bestimmung es sei, an die Unterrichtsverwaltungen und philosophischen Fakultäten weitergeleitet, sowie auch durch Veröffentlichung in wissenschaftlichen Zeitschriften einem größeren Publikum zur Kenntnis gebracht zu werden. In der Tat hat die Aktion der genannten sechs Professoren inzwischen einen quantitativ nicht unbedeutenden Erfolg erzielt: mit 106 Unterschriften beschwert hat das Promemoria seinen Weg zu den Fakultäten und Unterrichtsverwaltungen gemacht, und auch die größere Öffentlichkeit hat Gelegenheit bekommen in seinen Inhalt Einsicht zu nehmen.

Der Schritt, der hier unternommen wurde, bedeutet — darüber muß sich jedermann klar sein — den Ausbruch einer Krise, die in latentem Zustand schon seit einer Reihe von Jahren besteht, aber eben darum zu einer klaren Formulierung der Standpunkte und einer scharfen Gegenüberstellung des beiderseitigen Für und Wider bisher nicht gediehen ist. Dafs es dazu komme, kann allen Beteiligten nur angenehm sein;

UB INNSBRUCK



+C101914106

und wenn auch das Promemoria die erwünschte Klärung nicht selbst bringt, so hat es doch den Anstoß zu einer Bewegung gegeben, die wenigstens dieses Ziel erreichen wird. Indem das Memorandum auf gewisse Mifsstände hindeutet, die sich aus der Besetzung philosophischer Lehrstühle mit experimentellen Psychologen sollen ergeben haben, indem es ferner Vorschläge zur Abhilfe macht, gibt es mindestens Anregung zu einer Reihe von Fragen, die in dem unfruchtbaren Zustand der Latenz kaum zur öffentlichen Diskussion gekommen wären. Sind solche Mifsstände wirklich vorhanden? Resultieren sie gerade aus dem Umstand, den das Promemoria für den entscheidenden hält? Ist ihnen nur durch die von den sechs Philosophen vorgeschlagene Radikalkur abzuhelfen? Und hätte die letztere nicht vielleicht anderweitige schwere Nachteile im Gefolge? Diese und andere Fragen, wie sie sich mancher wohl schon früher gestellt haben mag, hat das Promemoria ohne Zweifel in Flufs gebracht.

Neben einer Reihe kleinerer Aufsätze, die zur einen oder anderen von ihnen Stellung zu gewinnen suchten, ist hier vor allem WUNDTs Broschüre „Die Psychologie im Kampf ums Dasein“ (Leipzig, A. Kröner 1913) zu nennen, die in sehr ausführlicher Weise und mit dem sichtlichen Streben nach möglichster Objektivität die Gründe aufzudecken und zu prüfen sucht, welche für die Verfasser des Memorandums leitend gewesen sein mochten, und auch die praktischen Folgen in Erwägung zieht, die sich aus ihren Reformvorschlägen ergeben würden.

Die folgenden Blätter wollen ein möglichst vollständiges Bild von der Sachlage entwerfen, wie sie sich auf Grund des Promemoria und sonstiger, auf dieselbe Frage bezüglicher Artikel und Aufsätze<sup>1</sup> ergibt, um so zu einer präzisen Stellung-

<sup>1</sup> Außer der erwähnten Broschüre WUNDTs, die hier natürlich am eingehendsten berücksichtigt wird, sowie der 1912 erschienenen Abhandlung KÜLPES „Psychologie und Medizin“ (*Zeitschr. f. Pathopsychologie* Bd. I) kommen folgende Aufsätze in Betracht: P. NATORP „Das akademische Erbe Hermann Cohens“ (Frankfurter Ztg. vom 12. Oktober 1912); H. RICKERT „Zur Besetzung der philosophischen Professuren mit Vertretern der experimentellen Psychologie“ (Frankfurter Ztg. vom 4. März 1913); K. LAMPRECHT „Eine Gefahr für die Geisteswissenschaften“ (Zu-

nahme in dieser sehr aktuellen Angelegenheit zu gelangen. Einer Streitfrage ist schlecht gedient, wenn man die Ecken und Kanten, die nun einmal vorhanden sind, abzuschleifen sucht; ich habe mich im Gegenteil bemüht sie eher noch schärfer zu machen. Wenn überhaupt, so läßt sich nur auf diesem Wege die Gefahr einer uferlosen Polemik abwenden.

Zunächst aber mag ein Mißverständnis beseitigt werden, das sich bei denjenigen leicht einstellen könnte, die ihr Urteil über die Situation lediglich aus der Lektüre der WUNDRSchen Schrift schöpfen. WUNDT führt seine Erörterungen als „Friedensschrift“ ein. Zum Friedenstiften aber gehören mindestens zwei Parteien. WUNDT stellt dem Leser auch zwei Parteien vor und widmet den Standpunkten beider je einen Abschnitt seiner Schrift; die Parole der einen heiße „Hinaus mit der Psychologie aus der Philosophie!“, die der anderen „Hinaus mit der Philosophie aus der Psychologie!“. Nun fragt sich der Leser, wer denn die eine und wer die andere Partei bilde. Dafs unter der ersteren die Unterzeichner der „Erklärung“ gemeint sind, steht aufser Zweifel. Wer aber die zweite Partei bildet, wird nicht ausdrücklich gesagt; ihre Vertreter werden nur unter dem Titel „Die Psychologen“ eingeführt. Nun weiß zwar jeder, der die einschlägige Literatur der letzten zwei Jahre mit den Auslassungen WUNDTs zusammenhält, dafs mit „den Psychologen“ nur KÜLPE, und mit dem bekämpften Standpunkt nur dasjenige Programm gemeint sein kann, das dieser Forscher in seiner Abhandlung „Psychologie und Medizin“ entwickelt hat. Allein gleichgültig, ob der Leser den fehlenden Namen ergänzt oder nicht, jedenfalls wird er aus WUNDTs Schrift die Überzeugung schöpfen, dafs mit diesem anonymen Standpunkt die opinio communis der experimentellen Psychologen gekennzeichnet und dafs ihr Endziel mit dem des Memorandums völlig identisch sei. Davon kann aber — und das muß nachdrücklichst betont werden — gar nicht die Rede sein. KÜLPE hat in der vor-

kunft 1913, Heft 27); G. SIMMEL „An Herrn Professor Karl Lamprecht“ (Zukunft 1913, Heft 33); K. LAMPRECHT „Eine Gefahr für die Geisteswissenschaften, Antwort an Herrn Professor Dr. Georg Simmel“ (Zukunft 1913, Heft 39). K. MARBES Aufsatz „Die Aktion gegen die Psychologie“ konnte nicht mehr berücksichtigt werden.

liegenden Frage eine bestimmte Ansicht vertreten — aber auf eigene Rechnung und Gefahr. Dessen ist er sich sicher bewußt; mindestens gibt die oben genannte Schrift keinerlei Veranlassung zu der Annahme, er habe sich hier als Wortführer der experimentellen Psychologen gefühlt. Es war also nicht zweckmäßig, daß WUNDT den Gegner, gegen den sich ein Teil seiner Polemik richtet, nicht genannt und so einer falschen Auffassung der Sachlage wenigstens nicht vorgebeugt hat.

Immerhin, die sachliche Seite seiner Erwägungen wird durch diese historische Korrektur nicht weiter berührt; ist doch der Endeffekt, den beide Teile, die Unterzeichner der „Erklärung“ und KÜLPE, anstreben, einer und derselbe — mag nun das „Hinaus!“ den einen oder anderen Richtungssinn haben, und mag der Schaden, der für Psychologie und Philosophie aus der gewünschten Trennung erwächst, die erstere oder die letztere härter treffen. Das Wesentliche ist, daß WUNDT gegen die Trennung überhaupt seine warnende Stimme erhebt.

Lassen wir vorläufig die Diskussion des Für und Wider, wie sie WUNDT in sehr ausführlicher Weise bietet, beiseite und richten den Blick einmal bloß auf das Ziel, das die Unterzeichner des Promemoria erreichen wollen, so fällt hier ein Umstand auf, der in eine bessere Beleuchtung gerückt werden muß als dies im Promemoria geschieht. Seine Verfasser zeigen sich von gleich liebevoller Fürsorge für die Zukunft der Philosophie wie für die der experimentellen Psychologie erfüllt, und man ersieht nicht nur aus dem Memorandum selbst sondern auch aus den Artikeln, die NATORP und RICKERT in der Frankfurter Zeitung veröffentlicht haben, wie sehr es den Verfassern am Herzen liegt, durch völlig paritätische Behandlung im Leser den Eindruck größter Objektivität zu erwecken. Allein wer wird sich durch den ersten Eindruck täuschen lassen? Die bestehenden Lehrstühle werden für die Philosophen reklamiert; den Psychologen sind solche zugeacht, die erst gegründet werden sollen. Selbst dort, wo bestehende Professuren mit Psychologen besetzt sind, sollen sie wieder ihrer ursprünglichen Bestimmung zurückgegeben und für die Psychologen eigene Lehrkanzeln errichtet werden. Wahrhaftig, eine merkwürdige Art von ausgleichender

Gerechtigkeit: dem einen schenkt man 100 Tlr. und dem anderen verspricht man sie! Von Gleichgewicht könnte nur die Rede sein, wenn die Erfüllung mit absoluter Sicherheit zu erwarten wäre. Aber eine so naive Hoffnungsfreudigkeit wird auch der ärgste Sanguiniker nicht aufbringen. Man lese doch nach, welche Prognose WUNDT, also ein genauer Kenner der Verhältnisse, solchen Plänen stellt. Selbst von einem Staat, der, wie der preussische, über eine bedeutendere Anzahl von Universitäten verfügt, wagt WUNDT nur einige wenige derartiger Neugründungen zu erhoffen — und wer weifs, ob er nicht selbst darin zu optimistisch war? Die Erfüllung des einen Wunsches kostet den Staat nichts, die des anderen sehr viel. Setzen wir den Grenzfall, dafs die Unterrichtsverwaltungen aus finanziellen Motiven sich derartigen Neugründungen gegenüber gänzlich ablehnend verhielten, dann wäre der „unbequemen Drängerin“, wie NATORP die Psychologie nennt, der Stuhl vor die Türe gesetzt, und zwar vor die Türe der Universität überhaupt. Nein, so lange man noch daran festhält, dafs der Wert eines Gutes auch von der Wahrscheinlichkeit abhängt, es zu erreichen, wird man sich durch eine Parität dieser Art den klaren Blick nicht trüben lassen!

Ob die völlige Isolierung der Psychologie, wie sie jetzt angestrebt wird, wünschenswert, ja ob sie überhaupt ohne schwere Nachteile durchführbar wäre, das ist eine Frage, zu der man von mehr als einem Gesichtspunkt aus Stellung nehmen kann — wie das ja WUNDT auch tatsächlich tut. In allererster Linie wird es sich darum handeln, ob zwischen den Problemen der Psychologie und denen der übrigen philosophischen Disziplinen — nennen wir ihren Inbegriff der Kürze halber „reine Philosophie“ — Beziehungen der inneren Abhängigkeit bestehen, sei es, dafs die einen oder die anderen oder vielleicht bald die einen bald die anderen Probleme sich als ihrer Natur nach abhängigere und in diesem Sinne sekundäre erweisen. Ich rede hier absichtlich von der Psychologie schlechtweg und lasse den einschränkenden Zusatz „experimentell“ fort: wir kommen sehr bald darauf zu sprechen, dafs er in diesem Zusammenhang völlig gegenstandslos ist. Indessen, selbst die Frage der Abhängigkeit verlangt nach genauerer Präzision, wenn sie für die Trennung

oder Vereinigung der Lehrkanzeln entscheidend sein soll — trennt man doch auch die Lehrkanzeln für Mathematik und Experimentalphysik, obwohl niemand daran zweifelt, daß ohne Benutzung mathematischer Kenntnisse an eine erfolgreiche Behandlung physikalischer Fragen nicht gedacht werden kann. Die Notwendigkeit, einer anderen Wissenschaft gewisse fertige Resultate zu entnehmen und sie im eigenen Gebiete anzuwenden, ist also noch kein zureichender Grund beide Disziplinen in die Hand eines und desselben Forschers und daher ihre akademische Vertretung in die Hand eines und desselben Lehrers zu legen. Wohl aber wird eine solche Vereinigung unabweislich, wenn es sich nicht bloß um die Übernahme fertiger Resultate handelt, sondern wenn der Forscher im einen Gebiet sich fortwährend auf Probleme des anderen verwiesen sieht, die er selbst der Lösung zuzuführen genötigt ist — wie es denn oft genug geschieht, daß schon die Stellung des Problems durch Bedürfnisse einer Wissenschaft zustande kommt, der das Problem selbst gar nicht angehört. Nicht bloße Kenntnisnahme von Ergebnissen anderer Disziplinen wird in solchen Fällen verlangt, sondern Beherrschung ihrer Methoden. Die physikalische Chemie gibt ein Beispiel für Beziehungen dieser Art; und in dem Doppelnamen, den hier ein Forscher und eine Lehrkanzel führt, kommt dieses Verhältnis auch äußerlich zum Ausdruck. Was aber das philosophische Gebiet betrifft, so braucht man nur auf JOHN LOCKE und DAVID HUME zu blicken, um Beispiele im reichsten Maße zu gewinnen, wie metaphysische und erkenntnistheoretische Probleme immer und immer wieder auf unerledigte Fragen der Psychologie zurückführen und daher eine Trennung dieser Gebiete so lange unzulässig machen, als man überhaupt noch Anspruch auf wissenschaftliche Forschung erhebt und nicht an bloßer abstrakter Begriffsdichtung Genüge findet. WUNDT ist der Überzeugung, daß Psychologie und reine Philosophie in der Tat in einem Konnex der letztgenannten Art stehen: an ihrem Ursprung mit Erkenntnistheorie und Metaphysik verbunden, münde die Psychologie in die Religionsphilosophie, Ethik, kurz in diejenigen Gebiete, die im eigentlichsten Sinne den Namen „Geisteswissenschaften“ führen. Löse man diese natürlichen Verbindungen, dann mache man

die Psychologen wirklich zu Handwerkern, aber nicht gerade zu solchen der nützlichsten Gattung.

Gewiß gibt es Forscher, die der reinen Philosophie oder wenigstens einzelnen ihrer Teilgebiete einen völlig apriorischen Charakter wahren und sie daher folgerichtig nicht in Abhängigkeit von der empirischen Psychologie bringen wollen. Allein einmal ist dieser Standpunkt so weit davon entfernt allgemein anerkannt zu sein, daß man auf ihn nicht radikale Maßnahmen stützen kann, wie wenn es sich um eine ausgemachte Sache handelte. Zweitens würde, die Voraussetzung einmal zugegeben, doch erst die Frage zu beantworten sein, ob nicht umgekehrt in diesen apriorischen Gebieten auch Fundamente für psychologische Erkenntnisse liegen, so daß eine wechselseitige Isolierung nun aus dem entgegengesetzten Grund untunlich erschiene. Man kann darüber verschieden denken; WUNDT mindestens — und nicht er allein — vertritt tatsächlich diese Ansicht; er hält sogar den Schaden, den die Psychologie durch die Trennung erleiden würde, für den größeren. Drittens endlich gibt es unter den Einzeldisziplinen, die man bisher als zur Philosophie gehörig betrachtet hat, doch auch solche, deren Abhängigkeit von psychologischen Fragen überhaupt niemand bezweifelt. Ethik und Ästhetik gehören hierher; und die Logik wenigstens in dem Sinn, in welchem sie von alters her verstanden wurde, nämlich als Normwissenschaft. Das gesteht selbst KÜLPE ohne weiteres zu.

Alle diese Gesichtspunkte müßten in sorgfältige Erwägung gezogen werden, ehe man sich zu so tiefen Eingriffen entschließt, wie sie das Promemoria empfiehlt. Daß das letztere sich von derartigen Überlegungen gänzlich fernhält, mag an und für sich schon Bedenken erregen. Immerhin könnte man diesen Defekt insofern begreiflich finden, als es sich um eine Schrift handelt, die an die Adresse von Laien gerichtet ist — denn als solche müssen sowohl die Unterrichtsverwaltungen als auch die überwiegende Mehrzahl der Fakultätsmitglieder gelten — und daher mehr die Bestimmung hat zu überreden als zu überzeugen. Allein völlig unbegreiflich ist es, wenn RICKERT, der „Geschäftsführer der Erklärungsaktion“, wie ihn LAMPRECHT nennt, eine Stellungnahme zu jener ersten und wichtigsten Frage geradezu und ausdrücklich ablehnt. In dem

Artikel der Frankfurter Zeitung steht zu lesen, der „Erklärung“ habe es „ganz fern gelegen, zu der rein wissenschaftlichen Frage, in welchem theoretischen Verhältnis die Psychologie überhaupt zur Philosophie steht, ebenfalls Stellung zu nehmen“. Und es wird weiter die bemerkenswerte Vermutung ausgesprochen, daß darüber die Meinungen der Unterzeichner sogar recht weit auseinandergehen dürften. Also, über die innere Beziehung der beiden fraglichen Wissensgebiete sind die Unterzeichner nicht einig: einig sind sie nur, wenn die Lehrkanzeln zur Verteilung kommen!

Man wird mir vielleicht den Vorwurf der Entstellung machen: RICKERT spricht von der „Psychologie überhaupt“, das Promemoria von der „experimentellen Psychologie“; nur das Verhältnis, in welchem die erstere zur Philosophie steht, werde außer Betracht gestellt. Nun möchte ich aber fragen, was sich an den inneren Beziehungen, die zwischen einer empirischen Wissenschaft und ihren Nachbargebieten bestehen, ändern soll, wenn der Forschende in die Bedingungen einer Erscheinung willkürlich und planmäßig eingreift anstatt es der Natur zu überlassen, ob und wie sie diese Bedingungen planlos ändern will — und darin liegt doch der einzige Unterschied zwischen bloßem Beobachten und Experimentieren. Diese Verschiedenheit kann doch die Stellung der Psychologie zur Philosophie nicht beeinflussen. Und täte sie es, so würde erst recht zu prüfen sein, ob sich die Beziehungen dann wirklich im Sinne einer gegenseitigen Unabhängigkeit geändert haben; kurz, die Untersuchungen, die oben gefordert wurden, müßten aufs neue gefordert werden, nur würde es überall statt „Psychologie“ schlechtweg „experimentelle Psychologie“ heißen müssen.

Immerhin, wenn auch die Gründe im Dunkel liegen, die Tatsache wenigstens scheint festzustehen, daß das Promemoria, indem es sich gegen die experimentellen Psychologen wendet, auf das Adjektiv den Hauptton legt. Und dasselbe gilt von den Artikeln der Frankfurter Zeitung. Die experimentellen Psychologen sind es, von denen RICKERT sagt, sie hätten sich „selbst durch ihre wissenschaftliche Tätigkeit von der Philosophie getrennt“; die experimentelle Psychologie ist es, die NATORP als eine „fremde Wissenschaft“ bezeichnet, der

man Lehrstühle nur in dem Maße widmen könne als man sie eben dadurch der Philosophie „entzieht“ und durch diese Entziehung das philosophische Studium „lähmt und sozusagen auf Hungerration setzt“.

Warum soll nun die Psychologie gerade durch Einführung experimenteller Methoden ihre Stellung so prinzipiell geändert haben, daß, während sie zu HERBARTS und LOTZES Zeiten unbestritten als Teil der Philosophie galt, sie nunmehr wie ein Fremdkörper anzusehen wäre, der je eher je besser entfernt werden soll? Diese Kernfrage hat sich, wie begreiflich, auch WUNDT vorgelegt; und da das Promemoria hier wiederum die erwünschte Aufklärung vermissen läßt, war er auf Vermutungen angewiesen. Ist die Psychologie überhaupt eine empirische Wissenschaft, so kann sich durch Einführung des Experimentes ihre Stellung nicht ändern; hier kann also der springende Punkt nicht liegen. Oder ist ihr empirischer Charakter selbst zweifelhaft? WUNDT hält es — und sicher mit Recht — für ausgeschlossen, daß heute noch jemand auf den Gedanken verfallen könne, die alte „rationale Psychologie“ wieder aufleben zu lassen. So kommt er dem schließlichs zu der Vermutung, im dunklen Hintergrunde des Bewußtseins schlummere ein Gedanke, der sich kurz und drastisch etwa so ausdrücken lasse: „Das Experimentieren ist eine banausische Kunst; demnach ist der experimentelle Psychologe bestenfalls ein wissenschaftlicher Handwerker. Ein Handwerker paßt aber nicht unter die Philosophen.“

War das nun wirklich der treibende Gedanke? WUNDT selbst glaubt, daß er es nur bei einigen, nicht einmal bei der Mehrzahl der Unterzeichner war. Hierin dürfte er recht haben. Berücksichtigt man nicht bloß das Promemoria selbst, sondern auch die verschiedenen Zeitungsartikel, die in die gegenwärtige Kontroverse eingreifen, so zeigt sich ein anderer Gedanke maßgebend — sofern man nämlich ein Schlagwort einen Gedanken nennen will. Die Parole, die seit einiger Zeit mit immer wachsender Zugkraft ihr Wesen treibt, heißt „Spezialwissenschaft“. Die Psychologie sei durch Einführung experimenteller Methoden zur „Spezialwissenschaft“ geworden und habe sich eben dadurch von der Philosophie losgesagt. Man lese die Artikel von NATORP und RICKERT und man wird

sich von der prädominierenden Rolle überzeugen, die dieses Wort in den Gedankengängen gespielt haben muß, als deren Endpunkt das Promemoria erscheint. Zu sehen, wie nun Alles an diesem Worte hängt, dessen Bedeutung kein einziger unter den Führern der gegenwärtigen Bewegung auch nur festzustellen versucht hat, gehört zu den peinlichsten Seiten dieses an Unerquicklichkeiten überreichen Streites.

Eine Wissenschaft kann man nach den Wahrheiten charakterisieren, die sie enthält, aber auch nach den Methoden, die zum Erwerb dieser Wahrheiten führen. Handelt es sich um den Gegensatz „Allgemein—Speziell“, so ist die Frage nach den Methoden offenbar die sekundäre, die nach den Wahrheiten die primäre: je spezieller die Wahrheiten, desto spezieller die Methoden. Wie verhält es sich nun mit der experimentellen Psychologie unter dem Gesichtspunkt dieses Gegensatzes? Dafs ihre ersten Ausgangspunkte spezielle, ja noch mehr: individuelle Wahrheiten sind, ist ebenso unbestritten wie die Tatsache, dafs sie dieses Schicksal mit allen empirischen Wissenschaften teilt. Dafs die Psychologie bei diesen individuellen Wahrheiten nicht stehen bleibt, sondern durch deren passende Vereinigung zu Gesetzmäßigkeiten vorzudringen sucht und dabei je nach der Lage der Dinge bald zu Wahrheiten von höherer, bald zu solchen von weniger hoher Allgemeinheit gelangt, ist wiederum ein Umstand, den sie mit allen empirischen Wissenschaften gemein hat. Beide Momenten gehören eben zum Wesen der empirischen Wissenschaft. Wenn also der experimentellen Psychologie nachgesagt wird, sie sei eine „Spezialwissenschaft“, so trifft dies genau in dem Mafse und zwar aus denselben Gründen zu, in welchem sie eine empirische Wissenschaft ist. Und wenn aus dem ersteren Umstand der Schluß gezogen wird, sie löse sich von der Philosophie los, so ist es nur ihr empirischer Charakter, der dies bewirkt. Somit bleibt nur mehr die Alternative: entweder man ersetzt die gesamte Psychologie, ob experimentell oder nicht, durch die alte rationale Psychologie — oder man eliminiert die Psychologie gänzlich aus der Philosophie, aber nicht sie allein, sondern alle sonstigen Gebiete die empirische Elemente enthalten. Denn der empirische Charakter erweist sich ja als der Stein des Anstosses, wie man

ohne weiteres erkennt, sobald man sich nur einmal entschließt mit dem Schlagwort „Spezialwissenschaft“ einen klaren Gedanken zu verbinden.

Etwas anders steht es mit einem Gedanken, den SIMMEL in seinem offenen Brief an LAMPRECHT ausspricht. Dafs die experimentelle Psychologie ihrer Natur nach mit der Philosophie nichts zu tun habe, wird da nicht behauptet, wenigstens nicht ausdrücklich. Vielmehr begnügt sich SIMMEL mit der tatsächlichen Konstatierung, er wisse „keinerlei positive oder negative Bedeutung der psychologischen Experimente für spezifisch philosophische Bestrebungen zu nennen“, wenn man etwa vom FECHNERSchen Gesetz und von gelegentlichen Anregungen absehe, wie sie überhaupt zwischen allen Wissenschaften vorkommen. Nehmen wir einmal an, diese Erklärung enthalte mehr als einen blofs subjektiven Befund, was würde daraus folgen? Doch nur, dafs diejenigen Kapitel der Psychologie, deren sich das Experiment bisher — also in einem Zeitraum von kaum fünf Dezennien — bemächtigt hat, für die „spezifisch philosophischen Bestrebungen“ nicht fruchtbar gemacht werden konnten. Daraus scheint SIMMEL zu schließen, dafs das auch für alle Zukunft so sein werde. Nun versuche man einmal die Frage, ob ein bestimmter Zweig der Physik technisch verwertbar sein werde, auf Grund der Entwicklung zu beantworten, die dieser Zweig in den ersten fünf Dezennien seines Bestandes genommen hat! LAMPRECHT, der Historiker, hat hier viel klarer gesehen. Er erkennt, was SIMMEL — trotzdem er „diese Dinge nun seit einem Vierteljahrhundert“ verfolgt — nicht erkannt hat: dafs nämlich die neue Wissenschaft sich zunächst mit sehr elementaren Prozessen des Seelenlebens zu beschäftigen hatte und daher die Kluft zwischen ihr und den höheren, für komplexe Phänomene interessierten Geisteswissenschaften zunächst so grofs sein mußte, dafs beide Teile nicht Notiz voneinander nehmen konnten. Gleichwohl meint LAMPRECHT, dafs nur von „Kurzsichtigen“ die Meinung ausgesprochen werden konnte, „beide Entwicklungslinien würden einander niemals berühren“. Allein nicht nur die Folgerung, auch die Prämisse SIMMELS ist abzulehnen. LAMPRECHT hat das schon für die Geisteswissenschaften getan, indem er darauf hinwies, dafs

mindestens die Methoden der experimentellen Psychologie für die „methodische Durchbildung der Geisteswissenschaft in hohem Grade in Betracht“ kommen. Aber auch Erkenntnistheorie und Metaphysik — auf diese dürfte es SIMMEL ja vornehmlich ankommen — können, mit Recht wenigstens, schon heute ihre Unabhängigkeit von der experimentellen Psychologie nicht mehr aufrecht erhalten. Man weiß doch, um nur ein paar Beispiele anzuführen, in welche Beziehung das Gesetz der spezifischen Sinnesenergien schon von seinem ersten Entdecker zur Lehre vom phänomenalen Charakter der äußeren Wahrnehmung gebracht wurde. Und wenn man aus ihm vorschnelle Konsequenzen zugunsten eines KANTSchen Apriorismus gezogen hat, so ist es wieder die Psychologie, die hier korrigierend einzugreifen hatte. Wieviel nutzlose Kontroversen wären ferner der Metaphysik und Erkenntnistheorie erspart geblieben, wenn die Untersuchungen über Wesen und Ursprung unserer Raum- und Zeitanschauung anderthalb Jahrhunderte früher gemacht worden wären oder wenn sie wenigstens gegenwärtig von den „reinen Philosophen“ der Beachtung wert gehalten würden, anstatt daß die Fiktion ihres apriorischen Charakters noch bis zum heutigen Tag ihr Unwesen triebe! Die erkenntnistheoretischen Folgen, die sich an die Zerstörung der alten Projektionstheorie anschließen, wird wohl nicht leicht jemand übersehen, ebensowenig wie man die Konsequenzen verkennen wird, die sich an die Untersuchung über die Dimensionenzahl unserer primären Raumanschauung knüpfen. BERKELEY hat das sehr wohl erkannt; sollen seine noch primitiven Untersuchungen zur Theorie des Sehens etwa gerade darum an erkenntnistheoretischer Fruchtbarkeit einbüßen, weil sie inzwischen durch Einführung experimenteller Methoden an Exaktheit gewonnen haben? Und weiter: ist es nicht bekannt genug, auf welchem Wege man dazu gekommen ist die Tatsachen des Gedächtnisses so weit zu verallgemeinern, daß man schließlich mit HERING von einem Gedächtnis der Materie sprechen und mit OSTWALD sogar an eine chemische Theorie dieses Vorganges denken konnte, und daß die weitgehenden Schlüsse, die daran geknüpft wurden, nur durch genauestes Studium des psychischen Gedächtnisaktes auf ihre Stringenz geprüft werden können? Auch dem Problem der Allgemeinbegriffe, dessen Beziehung

zu Logik und Erkenntnistheorie wohl niemand verkennen wird, beginnt sich das Experiment wenigstens zu nähern; und wenn die moderne „Denkpsychologie“ auch über das Anfangsstadium tastender Vorversuche noch nicht hinausgekommen ist, so ist man doch durchaus berechtigt eine Vervollkommnung der Fragestellungen wie auch eine solche der Methoden von der Zukunft zu erwarten. Und schließlich: historische Tatsachen — ich verweise auf die Forschungen HUMES — haben gezeigt, welch unübersehbaren Einfluß psychologische Untersuchungen auf die grundlegendsten Fragen der Metaphysik und Erkenntnistheorie nehmen konnten; was für ein mysteriöser Umstand sollte es bewirken, daß diese Wissenschaft, sobald sie sich des Experiments bedient, unweigerlich der Impotenz verfallen müsse? Man lasse also der jungen Wissenschaft Zeit zur Entwicklung und verlange nicht, daß sie schon heute zu sämtlichen Problemen der „reinen Philosophie“ ihre Fäden spinne. Wo aber solche schon bestehen, nehme man sich die Mühe sie auch zu beachten. Wem sie jedoch verborgen geblieben sind — und mag das auch durch 25 Jahre so gewesen sein — der möge sich noch immer vor dem Schluß hüten, daß ihr tatsächliches Fehlen die einzige Hypothese sei, die diesen Sachverhalt erklärt.

Wie wenig es nun den Vertretern des Promemoria auch gelungen ist Mißstände aufzuzeigen, an denen die experimentelle Psychologie als solche beteiligt ist, so ist doch durchaus nicht zu verkennen, ja es soll hier eigens und ausdrücklich hervorgehoben werden, daß sich innerhalb dieser Wissenschaft Mißstände entwickelt haben, die aber mit ihr nur insoweit zusammenhängen, als ein Mißbrauch mit der Institution zusammenhängt, die er korrumpiert. WUNDT hat mit dankenswerter Offenheit auf sie aufmerksam gemacht. Nicht daß die experimentelle Psychologie eine „Spezialwissenschaft“ ist, wohl aber, daß sich innerhalb der Psychologie da und dort ein bedenkliches Spezialistentum entwickelt hat, mußte zu Schäden führen, denen gegenüber man die Augen offen halten soll. In der ersten Entwicklungszeit mehr als heute ist der Fall nicht selten gewesen, daß junge Leute ihre psychologische, ja ihre gesamte philosophische Ausbildung mit dem Erwerb derjenigen Kenntnisse für vollendet hielten, die etwa

notwendig sind, um eine Reihe von Schwellenbestimmungen zu machen oder eine Anzahl von Reaktionszeiten zu messen — also gerade so viel als nötig ist, um eine einzelne experimentelle „Arbeit“ auszuführen und sie publikationsfähig zu machen. Es gelingt leicht, derartigen „Arbeiten“ sogar zu einem imponierenden Umfang zu verhelfen; man braucht sich nur an das bewährte Rezept zu halten, zu Anfang eine kleine Vorgeschichte der betreffenden Frage zu geben, dann die Versuchsanordnungen bis in die überflüssigsten Details zu beschreiben, und namentlich die sämtlichen Versuchsprotokolle zum Druck zu befördern. Man macht mit einer solchen Arbeit „den Doktor“ und mit einer zweiten, ähnlichen habilitiert man sich. Will man noch ein übriges tun, so orientiert man sich über die experimentelle Technik überhaupt, d. h. in dem Ausmaße, als es der zufällige Besitzstand an Apparaten zuläßt. Ein solcher „Psychologe“ wandert mit Scheuklappen durch dasjenige Gebiet, von dem er mit Unrecht seinen Namen bezieht; was außerhalb der Schwellenbestimmungen oder der Reaktionszeiten liegt, kennt er nicht und findet daher nicht einmal diejenigen Zusammenhänge, die sein Thema vielleicht wirklich mit größeren Fragen verbinden — von Beziehungen zu den übrigen philosophischen Disziplinen ist schon gar nicht die Rede. Auswüchse dieser Art zu dulden, ja ihnen noch den wirtschaftlichen Schutz auskömmlicher akademischer Stellungen zuzuwenden, dagegen allerdings muß energische Einsprache erhoben werden. Nur zu begrüßen sind darum die Worte, mit denen WUNDT seine Broschüre schließt: „Man lasse schon zur Habilitation keinen Kandidaten zu, der bloßer Experimentator und nicht zugleich ein psychologisch wie philosophisch gründlich durchgebildeter und von philosophischen Interessen erfüllter Mann ist; und die Philosophen wie nicht minder die Psychologen selbst sollten darauf hinwirken, daß die Fakultäten bei der Vakanz philosophischer Lehrstühle, denen die Hauptvertretung der Psychologie zugewiesen ist, nur Männer vorschlagen, die zugleich eine wirksame und selbständige Vertretung philosophischer Lehrfächer übernehmen können.“

Aber man merke wohl: die Warnung richtet sich gegen die „bloßen Experimentatoren“, gegen diejenigen, die weder psychologisch noch philosophisch gründlich durchgebildet

sind, die also keinen Anspruch auf den Namen des Philosophen, aber auch keinen auf den des Psychologen zu erheben das Recht haben. Und nicht von gesonderten Lehrstühlen der Psychologie spricht WUNDT, sondern von philosophischen Lehrstühlen, „denen die Hauptvertretung der Psychologie zugewiesen ist“. Das zu betonen ist nötig, wenn man die beifällige Aufnahme richtig würdigen will, die RICKERT der zitierten Stelle zuteil werden läßt. WUNDT sei, so lesen wir in dem Artikel der Frankfurter Zeitung, über das, was das Promemoria fordert, sogar noch hinausgegangen; hätte man sein Programm stets durchgeführt, so wäre gar keine Veranlassung zu jener Kundgebung der Philosophen vorgelegen; denn das, was die letztere beabsichtige, sei gar nichts anderes als die „Fernhaltung einseitiger Spezialforscher von philosophischen Lehrstühlen“.

Nun nehme man aber das Promemoria noch einmal zur Hand und vergleiche, was da verlangt wird, mit der Forderung, die WUNDT erhebt. Auf der einen Seite: Fernhaltung solcher Männer von den Professuren der Philosophie, „deren Tätigkeit zum größten Teil oder ausschließlich der experimentellen Erforschung des Seelenlebens gewidmet ist“ — auf der anderen: Fernhaltung derjenigen, die, weil sie bloße Techniker sind, nicht einmal als Psychologen, und schon gar nicht als Philosophen gelten können. Und diese beiden Forderungen sollen sich decken? Ja noch mehr: die erste soll sogar die bescheidenere sein? Ist denn der Ruf „Hinaus mit den Experimentalpsychologen!“ identisch mit dem anderen „Hinaus mit den schlechten Experimentalpsychologen!“? Muß man den Verfassern des Promemoria allen Ernstes das Wort des ARISTOTELES ins Gedächtnis rufen, daß man Einen nicht darum einen Zitherspieler nennt, weil er die Zither schlecht spielt? Wenn man jemanden als einseitigen Experimentalpsychologen bezeichnet, so kann gemeint sein, daß er vermöge seiner Eigenschaft als Experimentalpsychologe das Attribut „einseitig“ verdient; es kann aber auch gemeint sein, daß er sich selbst innerhalb seines Gebietes nur einseitig qualifiziert zeigt. Das Promemoria will den ersteren ausgeschlossen wissen, WUNDT den letzteren. RICKERT aber scheint den Doppelsinn in der Syntax nicht bemerkt zu haben. Bedarf es noch eines

weiteren Beweises, wie grundverschieden beide Positionen sind, so sehe man doch zu, welche Stellung NATORP vergangenes Jahr zu der damals schwebenden, nunmehr längst vollzogenen Berufung E. R. JAENSCHS an die Lehrkanzel COHENS eingenommen hat. Er verwarft sich gegen diese Berufung, nicht weil JAENSCH zu jenen „bloßen Experimentatoren“ gehört, die auch WUNDT ferngehalten wissen will. Im Gegenteil: er nennt JAENSCH einen „gründlichen Experimentalforscher“ und einen „ideenreichen, philosophisch gebildeten Mann“, erkennt ihm sohin gerade diejenige Qualifikation zu, die WUNDT so energisch fordert. — Man könnte also höchstens sagen: seinem Wortlaut nach hat das Promemoria freilich eine wesentlich andere Forderung gestellt wie WUNDT, aber die Intention war doch die nämliche. Sollte es sich nun so verhalten, dann drängt sich die Frage auf: ist denn der Gedanke, den WUNDT an der zitierten Stelle ausspricht, so kompliziert, daß die gemeinsame Arbeit von sechs deutschen Professoren der Philosophie nicht imstande war, ihm einen adäquaten Ausdruck zu verleihen?

Indessen, selbst wenn sich beide Parteien auf die Formel WUNDTs einigen könnten, würde noch ein letztes Bedenken übrig bleiben, das, wenn auch praktischer Natur, darum nicht minder schwer ins Gewicht fällt. Ist, so kann man fragen, die gründliche philosophische Bildung, die WUNDT auch von dem Vertreter der Experimentalpsychologie verlangt, überhaupt zu erreichen? Die letztere erfordert „die volle Kraft eines Gelehrten“, so sagt das Promemoria. Auch RICKERT betont diese Seite der Frage und kann sich hierbei sogar auf KÜLPE berufen, der die von WUNDT gewünschte Verbindung als eine „die Arbeitskraft, das Talent und die Neigung eines Menschen“ übersteigende bezeichnet. Solange es bloß die Philosophen waren, die die Last auf den Schultern anderer für allzuschwer erachteten, mochte man mit WUNDT entgegenen, „daß Philosophen, die niemals selbst experimentiert haben, hier nicht als kompetente Beurteiler betrachtet werden können“. Aber dem Zeugnis eines Psychologen läßt sich dergleichen nicht mehr entgegenhalten. Was nun zunächst WUNDTs Stellung zur Überbürdungsfrage anlangt, so scheint sie mir weniger auf den Kernpunkt als auf eine akzidentelle Folge-

erscheinung gerichtet zu sein. Man wird ihm ja zugeben müssen, daß die Tätigkeit eines Professors, der lediglich über Experimentalpsychologie liest, eher zu Klagen über Beschäftigungsmangel Anlaß geben könnte. Allein, ob der entlastete Psychologe nun auch genug Stoff besitzt, um eine Lehrtätigkeit von der normalen Größe und der üblichen Abwechslung damit zu bestreiten, auf diese Frage dürfte es den Unterzeichnern des Memorandums gar nicht so sehr ankommen; was sie und auch KÜLPE meinen, ist vielmehr, daß man ihn entlasten müsse, weil er von seinem Spezialfach so sehr in Anspruch genommen sei, daß ihm zur gründlichen Orientierung in anderen Gebieten weder Zeit noch Kraft übrig bleibe und er somit jenseits seines Spezialfaches sich nur als Dilettant betätigen könne. Der befürchtete Beschäftigungsmangel wäre demgegenüber das kleinere Übel. — Besteht nun die vom Promemoria betonte Schwierigkeit wirklich? Und wenn, trifft sie die Psychologen mehr als die Vertreter anderer Fächer? Und schliesslich: nötigt sie in der Tat zu den praktischen Konsequenzen, wie sie das Promemoria realisiert sehen möchte?

In dem Gebiet, über das ein akademischer Lehrer, gleichviel welchen Faches, Vorlesungen hält, gibt es einige Bezirke, in denen er auch als Forscher tätig ist; sie sind ihm in allen Einzelheiten der Fragestellung vertraut und auch die Literatur pflegt er bis ins einzelste zu kennen. Auf dem übrigen, ungleich größerem Territorium sorgt schon die literarische Überproduktion dafür, daß er sich größtenteils sekundären Hilfsmitteln anvertrauen muß. Würde man einer Vorlesung, die sich nicht durchweg auf originäre Arbeiten, sondern vielfach auch auf Monographien, ja gelegentlich selbst auf Compendien stützt, schon darum den Vorwurf mangelnder Gründlichkeit machen dürfen, in welche Situation kämen dann die „reinen Philosophen“, die doch auch nicht das Unmögliche leisten und in allen Kapiteln, die ihre Lehrtätigkeit berührt, aus den primären Quellen schöpfen können? Für Kraft und Zeit mag die Größe des literarischen Materiales entscheidend sein; für die Gründlichkeit kommt das auf Exaktheit disziplinierte Denken und, wenn sich's um den Lehrer handelt, der präzise sprachliche Ausdruck, der Abscheu vor verschwommenen Redens-

arten weitaus mehr in Betracht. Solide Denkgewohnheiten können aus einem nicht immer originären Stoff eine vortreffliche Vorlesung gestalten — und die Philosophen wären nur zu beglückwünschen, wenn die Benutzung sekundärer literarischer Quellen der einzige Vorwurf wäre, der sie treffen könnte. Lügen die Dinge so, wie sie das Promemoria voraussetzt, so würden wir bald an die Errichtung eigener Lehrkanzeln für die „reinen Erkenntnistheoretiker“, die „reinen Ethiker“ usw. usw. denken müssen, und das Spezialistentum, das man heute der Psychologie so gern zum Vorwurf macht, würde traurige Triumphe feiern — denkt ja KÜLEE bereits an eine Zukunft, in der selbst die Psychologie sich in einen „mehr geisteswissenschaftlich“ und einen „mehr körperwissenschaftlich“ gerichteten Zweig spalten wird. Aber man sehe doch, wie es in anderen Fächern zugeht. Hat man denn je daran gedacht, eigene Lehrkanzeln für Physiologie des Kreislaufs, für Physiologie des Zentralnervensystems usf. zu errichten, obwohl zugegeben werden muß, daß jedes dieser Kapitel „die volle Kraft eines Gelehrten erfordert“? Alles in allem: man erwecke nicht den Schein, als wenn Verhältnisse, die samt ihren unvermeidlichen Nachteilen in allen Wissenschaften angetroffen werden, der Psychologie spezifisch seien, und man ziehe nicht Konsequenzen, die man in allen analogen Fällen nur zu nennen braucht, um sie sofort außer Betracht zu setzen.

Die Kritik mag hiermit erledigt sein. Ihre Weitläufigkeit wolle der Leser damit entschuldigen, daß sie sich nicht einer präzisen Argumentation, sondern einer Reihe von allgemein und unbestimmt gehaltenen Redensarten gegenübergestellt sah. Die Gedanken, die hinter diesen zu vermuten waren, mußten demnach hypothetisch, aber eben darum auch in möglichst erschöpfender Weise ergänzt werden. Soweit bezog sich die Diskussion auf den Inhalt der Kundgebung. Die Aktion selbst aber, der sie dienen soll, hat noch eine andere Seite, die schon darum nicht unbertührt bleiben darf, weil ein Mann von dem wissenschaftlichen Gewicht KARL LAMPRECHTS ihr seine Aufmerksamkeit zugewendet hat.

Kann man — vom Ziele ganz abgesehen — den Weg billigen, den die Verfasser des Memorandums gewählt haben, um ihren Wunsch praktisch durchzusetzen? LAMPRECHT nennt den Versuch, eine geistige Bewegung dadurch zu fördern, daß man Lehrstühle für sie reklamiert und zu reservieren sucht, einen „nie gesehenen Vorgang“. Man müsse offen aussprechen, „daß hier ein Überschlagen der Idee der Machtpolitik in das, was man Universitätspolitik nennen könnte, hinein von einer bisher nicht gekannten Offenheit“ vorliege; zur Erklärung lasse sich nur anführen, „daß in einer Zeit ganz überwiegender Förderung materieller Interessen die Willensäußerungen der Nation so sehr auf grobe Mittel und rücksichtslose Geltendmachung dieser Mittel geschult worden sind, daß sich selbst die höchsten geistigen Interessen diesem Einfluß nicht mehr ganz entziehen können“. Nicht durch äußere Mittel, sondern „allein aus sich heraus“ müßten geistige Bewegungen „Kraft und Geschmeidigkeit ihrer Fortpflanzung erhalten“. Es sind kräftige Akzente, die LAMPRECHT hier findet; und daß in dieser Frage dem Kulturhistoriker ein entscheidendes Wort zusteht, wird niemand zu bezweifeln wagen. SIMMELS Entgegnung war auch in diesem Punkte nicht glücklich. Der Glaube an die eigene Sache, meint er, dieses „erste Ethos des Gelehrten“, verlange, daß man dem drohenden Verlust der Lehrstühle nicht untätig zusehe, sondern sich zur Wehre setze. Als ob LAMPRECHTS Verurteilung sich gegen das Ziel, und nicht vielmehr gegen die Qualität der ergriffenen Mittel gerichtet hätte! Daß SIMMEL hier vorbeiarargumentiert hat, liegt auf der Hand; LAMPRECHT konnte daher in seiner Erwiderung mit Recht darauf hinweisen, daß das angerufene „Ethos“ durch seine Vorwürfe gar nicht berührt werde.

Überhaupt scheinen sich im Eifer des Kampfes die Begriffe etwas verwirrt zu haben; man möchte ja fast an dem Ernst der Diskussion zweifeln, wenn man Wendungen wie „das brutale Mittel uns einfach die Lehrstühle wegzunehmen“ (SIMMEL S. 234) von einem Unterzeichner des Promemoria gebrauchen hört. Auf die Gefahr hin Selbstverständliches zu sagen wird es unter solchen Umständen angezeigt sein die Sachlage klarzustellen, wie sie bei Besetzung von Lehrstühlen bisher und unter normalen Umständen beschaffen war, und wie sie be-

schaffen wäre, wenn die Aktion der Philosophen die gewünschte Wirkung haben würde.

Von Ausnahmen abgesehen besetzen die Unterrichtsverwaltungen vakante Lehrkanzeln im Sinne der Fakultätsvorschläge; die letzteren erfolgen auf Grund der Gutachten, die die Fachmänner des Kollegiums diesem unterbreiten. Wird also eine Lehrkanzel mit einem Experimentalpsychologen besetzt, so ist dieser Effekt in letzter Linie auf die wissenschaftliche Überzeugung eines oder einiger Fachmänner zurückzuführen, die dem betreffenden Kollegium angehören. Von Brutalisieren und einfachem Wegnehmen der Lehrstühle wird man also hier nicht sprechen können. Was wird sich an diesem Vorgang ändern, wenn das Promemoria seine Wirksamkeit zu entfalten beginnt? Huldigen die Fachmänner des Kollegiums ohnehin den Anschauungen, welche das Promemoria vertritt, so werden sie keinen Experimentalpsychologen präsentieren, die Fakultät wird keinen solchen vorschlagen und das Ministerium keinen solchen ernennen. In diesem Falle war das Promemoria überflüssig. Sprechen sich aber die Fachmänner für einen Psychologen aus, dann kann die beabsichtigte Wirkung des Memorandums doch nur die sein, daß das übrige Kollegium, also der nicht sachverständige Teil, die Fachmänner niederstimmt. Ist letzteres nicht der Fall, hat sich also der Einfluß des Memorandums als zu schwach erwiesen, dann bleibt noch die oberste Instanz übrig, die Unterrichtsverwaltung; auch auf sie hat man ja durch das genannte Schriftstück zu wirken gesucht. Sollte nun diese Bemühung von Erfolg gekrönt sein, was doch die Unterzeichner wünschen müssen, so könnte dieser nur darin bestehen, daß sich die Unterrichtsverwaltung über das einmütige Votum der Fachmänner und des Kollegiums hinwegsetzt und das tut, was die Unterzeichner des Promemoria verlangen. Und nun frage ich: auf welcher Seite liegt die Politik der brutalen Mittel?

Vielleicht aber sagt man: auch das Promemoria ist von Fachmännern verfaßt und daher sind auch seine Direktiven fachmännisch. Ich will demgegenüber ganz davon schweigen, daß das Selbstbestimmungsrecht der einzelnen Fakultät verletzt bleibt, ob nun die Einflüsse von außen fachmännisch sind oder nicht, und daß keine Fakultät ein unerbetenes Super-

arbitrium fremder Fachmänner über die eigenen anders denn als Anmaßung betrachten wird. Aber wenn hier auch Fachmann gegen Fachmann steht, so wird doch der Kampf mit ungleichen Waffen geführt; um sie auszugleichen, hätte sich die andere Partei auch ihrerseits zu einer „Erklärung“ entschließen müssen, die nun die Fakultäten und Unterrichtsverwaltungen im entgegengesetzten Sinne zu beeinflussen bestimmt wäre. Zur Ehre der Psychologen aber sei es gesagt, daß sie zu Mitteln dieser Art nicht gegriffen haben.

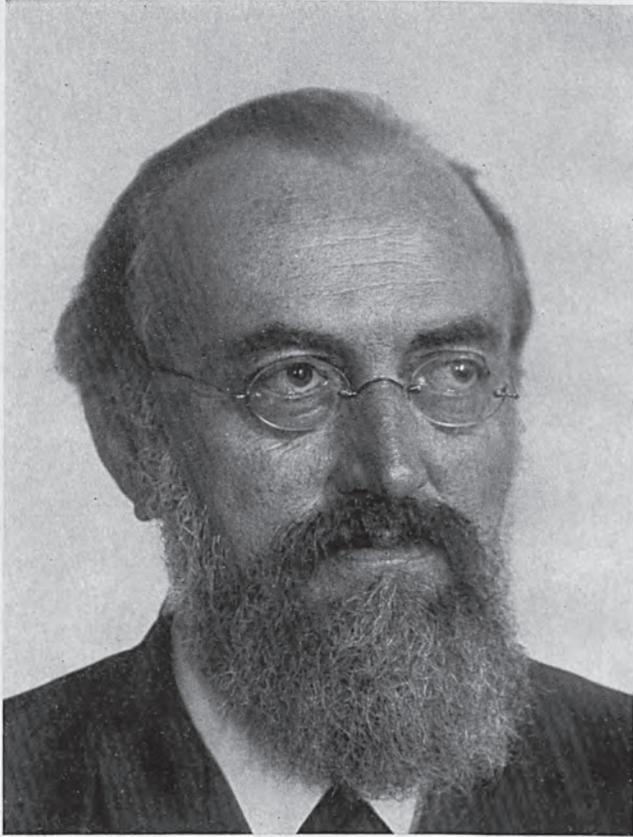
*(Eingegangen am 24. Juli 1913.)*



10 Ewald Hering: Ein Gedenkwort der Psychophysik,  
Berlin 1918, Springer.



EWALD HERING



*E. Spring*

# EWALD HERING

## EIN GEDENKWORT DER PSYCHOPHYSIK

VON

DR. FRANZ HILLEBRAND  
O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT  
INNSBRUCK

MIT 1 BILDNIS *= J.H.*



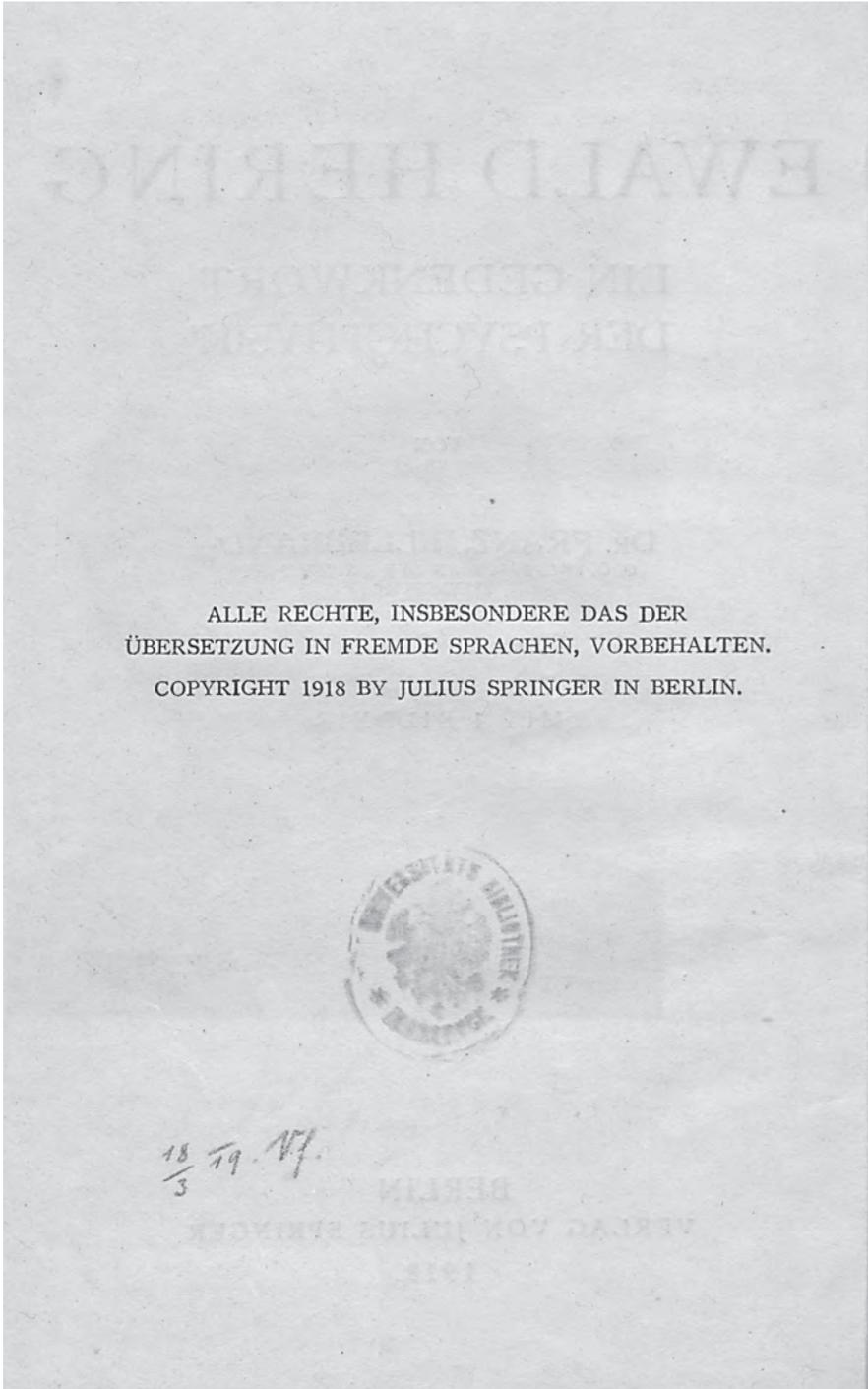
BERLIN  
VERLAG VON JULIUS SPRINGER

1918

ULB Tirol



+C22797780X





Eine der auffallendsten Tatsachen in der Entwicklungsgeschichte der Psychologie ist die außerordentliche Verspätung, mit der das systematische Studium der Sinnesempfindungen eingesetzt hat. Auch wer nicht der Auffassung huldigt, daß das gesamte Seelenleben lediglich aus Empfindungen und ihren abgeblaßten Rückständen zusammengesetzt ist, wird doch zugeben müssen, daß sie den Unterbau für alle übrigen psychischen Gebilde abgeben und sie daher wenigstens genetisch bedingen. Wenn sie also das Interesse so spät auf sich gezogen haben, so muß diese Verkehrung der natürlichen Ordnung den Eindruck des Paradoxen machen. Die Ursache dieser seltsamen Erscheinung liegt wesentlich in dem Umstande, daß die Psychologie durch lange Zeit fast gänzlich im Dienste der Metaphysik, vor allem aber der Erkenntnistheorie gestanden und daher die Auswahl der Fragestellungen nicht von selbständigen psychologischen, vielmehr von Interessen metaphysischen und insbesondere erkenntnistheoretischen Charakters beherrscht war. Daher kommt es, daß z. B. die Lehre vom Urteil, von seinen Unterarten und Zusammensetzungen, viel weiter entwickelt war als die von seinen Fundamenten, den Vorstellungen — spielt sich doch Erkennen und Schließen im ersteren Gebiete ab. Und in der Psychologie des Vorstellens hat wieder die Frage der Abstraktion und der Bildung von Allgemeinbegriffen das Interesse vorwiegend in Anspruch genommen; denn von der Existenz dieser Gebilde hängt es ja ab, ob wir überhaupt allgemeine Urteile, so Definitionen und Gesetze, bilden können. Gewiß haben auch die Sinnesempfindungen zu Problemen Anregung gegeben. Aber es waren wieder metaphysische oder erkenntnistheoretische Schwierigkeiten (wirkliche oder eingebildete), die hierzu Veranlassung boten; so etwa die Frage, wie es möglich sei, daß die immaterielle Seele Eigenschaften

der materiellen Dinge (z. B. deren Farben) in sich aufnehmen, und ähnliches. Die Probleme, die wir heute in der Lehre von den Sinnesempfindungen behandeln, waren der Psychologie bis zum 19. Jahrhundert durchaus fremd. Es ist z. B. keinem Psychologen eingefallen, nach dem System unserer Farbenempfindungen und seiner Dimensionenzahl zu fragen. Gerade dieses Beispiel ist höchst auffallend, wenn man bedenkt, daß schon Newton auf Grund seiner Forschungen über den zusammengesetzten Charakter der meisten Lichtstrahlen auf das Problem gestoßen war, woher es denn komme, daß gegenüber der ungeheuren Mannigfaltigkeit der physikalischen Kombinationen von Lichtern das System unserer Farbenempfindungen so viel einfacher ist. Man hätte erwarten können, es werde sich ein Psychologe finden, der doch wenigstens die rein deskriptive und ohne großen experimentellen Apparat zu lösende Frage aufwirft: wie sieht denn das gesamte System unserer Farbenempfindungen überhaupt aus? Von welcher Dimensionenzahl ist seine Mannigfaltigkeit? Newton selber hat sie zu beantworten gesucht, später Lambert (der aber nicht von der Psychologie aus zu dieser Fragestellung gelangt war). Man versteht dieses Versagen der Psychologie, wenn man bedenkt, daß keine allgemeinen Fragen der Erkenntnistheorie an Problemen dieser Art unmittelbar interessiert waren. Lockes Versuch über den menschlichen Verstand bildet sicher einen Markstein in der Geschichte der Psychologie und hat den Anstoß zu einer Reihe der wertvollsten Untersuchungen gegeben; aber das Interesse, das ihn bei der Abfassung seines Hauptwerkes geleitet hat, ging — wie er selbst gesteht — dahin, den Ursprung und die Grenzen der menschlichen Erkenntnis festzustellen: die Resultatlosigkeit mancher Diskussionen, die sich im Freundeskreis abgespielt, hatte ihn veranlaßt sich diese Aufgabe zu stellen. Es ist kennzeichnend, daß selbst die berühmte Scheidung der Qualitäten in primäre und sekundäre nicht einer psychologischen Problemstellung entsprang, sondern einer erkenntnistheoretischen: es handelte sich ja um die Frage, welche Merkmale der Empfindungen uns die wirklichen Eigenschaften der Außendinge zeigen und welche nicht. Eine systematische Durchforschung des Gebietes der Sinnesempfindungen war nur zu erwarten, sofern diese um ihrer selbst willen das Interesse zu erregen begannen. Tatsächlich ist diese Wendung eingetreten, und zwar ungefähr

zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Aber nicht aus dem Kreise der Psychologen ist sie hervorgegangen, vielmehr war es die Physiologie, die hier die Führung übernahm und mit Erfolg übernehmen konnte, seit sie sich in ihrem eigenen Gebiete von der Mystik der Lebenskraft und ähnlicher „okkulten Qualitäten“ frei zu machen und mit gesunden naturwissenschaftlichen Methoden zu arbeiten begonnen hatte. Daß die Erforschung der Organfunktionen des tierischen und menschlichen Körpers sich auch auf jene Organe erstrecken werde, die mit Empfindungen reagieren, kann nicht wundernehmen; ja für manche Fragen waren hier sogar bestimmtere Aufschlüsse zu erwarten, insofern die letzten Wirkungen, die die Sinnesfunktionen ergeben, unserem Bewußtsein selber angehören und wir keines besonderen Reagens bedürfen, um sie unserer Erkenntnis zugänglich zu machen. Ist es das Interesse an den Leistungen der Sinnesorgane, was zur Beschäftigung mit den Empfindungen führt, so werden die Fragestellungen zunächst genetischen Charakter haben, d. h. sich auf die Entstehung der Sinnesempfindungen beziehen. Nun müssen aber die letzteren naturgemäß erst beschrieben sein, ehe man mit Erfolg an die Erforschung ihrer Entstehungsgesetze herantreten kann. Diese rein deskriptive Arbeit hätte von den Psychologen unternommen und bis zu einem erheblichen Grad der Vollkommenheit durchgeführt sein können, so daß die Erforscher der Entstehungsgesetze sich einem bereits wohlgeordneten und erschöpfend beschriebenen Materiale hätten gegenübergestellt sehen können. Da sich aber davon so gut wie nichts vorfand — die Ursachen dieses Mangels wurden oben berührt — so war den Physiologen nichts übriggeblieben, als auch die deskriptive Arbeit auf die eigenen Schultern zu nehmen. Die systematische Erforschung der Sinnesempfindungen war daher in ihrer Gänze in die Hände der Physiologen geraten und erst allmählich hat die Psychologie von den Errungenschaften im Nachbarland Kenntnis genommen und sie selbsttätig weitergeführt; die schließliche Unabhängigkeit ihrer Interessen und Fragestellungen verdankt sie in hohem Grade diesem eigentümlichen Gang der Dinge.

Diese selbständige, von fremden Interessen freie Bearbeitung der Lehre von den Sinnesempfindungen geht von denselben Forschern aus, denen die gesamte Physiologie ihre Erneuerung verdankt; dieselben Namen, mit denen das Zeitalter der modernen

Physiologie anhebt, bezeichnen auch das Zeitalter der klassischen Psychophysik: Johannes Müller, Purkinje, Ernst Heinrich Weber, Volkmann, Fechner und Ewald Hering. Die Reihe derjenigen, die man als Begründer der Psychophysik bezeichnen darf, schließt mit dem vor wenigen Monaten (am 26. Januar) dahingegangenen Ewald Hering ab; er hat als der letztüberlebende aus dem Kreise der Meister der Psychophysik bis in unsere Tage hineingeragt. So vielseitig seine Forschungsarbeit war — sie hat sich, um nur die Hauptgebiete zu nennen, auf die allgemeine Nerven- und Muskelphysiologie, auf die Physiologie von Atmung und Kreislauf erstreckt — so war es doch die Psychophysik, deren Probleme ihn schon in jungen Jahren fesselten und die bis an sein Lebensende der Mittelpunkt seines Interesses geblieben war. Teils in systematischen Darstellungen weiter Gebiete aus der Lehre von den Sinnesempfindungen hat Hering seine psychophysischen Ansichten niedergelegt, teils sind sie zerstreut über eine Unmenge von Arbeiten über sehr spezielle Fragen, die vor allem den Licht- und Raumsinn betreffen.

Nicht einen Bericht über diese Fülle von Einzeluntersuchungen zu erstatten, sondern, was von prinzipieller Bedeutung für Herings Problemstellungen und Methoden ist, zu einem geschlossenen und von Verzerrungen freien Bilde zu vereinigen, soll hier versucht werden. Man wird daraus die Berechtigung ersehen, ihn dem Kreise der klassischen Psychophysiker zuzurechnen und ihn in besonders enge Beziehung zu dessen vornehmstem Vertreter, Johannes Müller, zu bringen. Zugleich wird man aber auch ersehen, welche Strecke die Psychophysik auf dem Wege ihrer Entwicklung unter der Führung Herings zurückgelegt hat und wie groß die Dankeschuld ist, durch die sie ihm für immer verpflichtet bleibt.

Nicht im Sinne einer rein chronologischen Abgrenzung darf man es verstehen, wenn hier von einer Epoche der „klassischen Psychophysik“ gesprochen und Hering ihr zugezählt wird. Zu einem seiner größten und von ihm nur mit Ausdrücken rückhaltloser Verehrung genannten Zeitgenossen, zu Herm. v. Helmholtz, ist Hering, man kann fast sagen, in ununterbrochenem Gegensatz gestanden; wer die zahlreichen, auf gemeinsamen Arbeitsfeldern liegenden Untersuchungen beider Forscher gegeneinander hält, wird sich des Eindruckes nicht ent schlagen können,

daß hier mehr vorliegt als eine Reihe von Meinungsverschiedenheiten über die Deutung beiderseits anerkannter Tatsachen, ja sogar mehr als eine bloße Verschiedenheit der Antworten auf eine und dieselbe Frage. Wie oben von einer gemeinsamen „Denkrichtung“ gesprochen wurde, die Hering dem Kreise der psychophysischen Klassiker anzuschließen nötigt, so wird man hier von einer Verschiedenheit der Denkrichtung reden dürfen, die ihn von Helmholtz trennt. Der Ausdruck „Denkrichtung“ mag hier als eine vorläufige Bezeichnung gewählt sein, die ihren präzisen Inhalt erst erhalten soll. Was aber den besonderen Charakter in der Denkrichtung Herings ausmacht, wird sich ebensosehr durch die Verwandtschaft mit Johannes Müller wie durch den Gegensatz zu Helmholtz verständlich machen lassen; und nur um dieser Klarstellung willen werde ich auf das letztere Verhältnis ebenso sehr Bezug nehmen wie auf das erstere.

Mehrmals hat Hering zu allgemeinen Fragen der Psychophysik das Wort ergriffen. Am bekanntesten ist seine Rede „Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organisierten Materie“ (gehalten in der feierlichen Sitzung der Wiener Akademie am 30. Mai 1870), in welcher er die Fähigkeit, die Spuren einer aus irgendwelchen Ursachen entstandenen Erregung als dauernden Besitz aufzubewahren, als ein der lebendigen Substanz überhaupt zukommendes Vermögen darzutun und daher das Gedächtnis im engeren, psychologischen Sinne als einen Spezialfall eines viel allgemeineren Verhaltens zu erweisen sucht, eines Verhaltens, das zudem nicht auf das Individuum zu beschränken ist, sondern eine sinnvolle phylogenetische Erweiterung gestattet und so auch den Instinkt als Gedächtnis der Gattung aufzufassen erlaubt. Keine von Herings Publikationen ist so bekannt geworden wie diese; ihre Aufnahme in Ostwalds „Klassiker“ hat den Leserkreis noch beträchtlich vergrößert. Der biologische Weitblick, der sich hier so unverkennbar zeigt, hat Hering auch auf viel engeren Arbeitsgebieten nie verlassen; selbst sehr spezielle Hypothesenbildungen, wie sie uns etwa in der Lehre vom Lichtsinn begegnen, hat Hering nie ohne diesen Blick auf das biologisch Wahrscheinliche und Zulässige vollzogen. Hierin liegt eines der Momente, die ihn der Gemeinde

der klassischen Psychophysiker angehören lassen, diese letztere aber auch ziemlich scharf zu begrenzen erlauben. — Unter den Konsequenzen jener allgemeinen Auffassung des Gedächtnisses findet sich eine, die den Psychologen besonders interessiert und für gewisse Anschauungen Herings über das räumliche Sehen nicht ohne Bedeutung ist. Wenn man sich die Erfahrungen, die das Individuum aufgestapelt hat, als Umstimmungen der Nervensubstanz denkt, so wird ein Reiz, der auf dieselben Gebiete des Zentralnervensystems wirkt, eine andersartige Erregung hervorrufen, je nachdem er eine so oder anders gestimmte Substanz trifft; die „Stimmung“ wird also diesfalls einen dem Reiz gleichberechtigten, koordinierten Faktor der Erregung darstellen und „Erfahrung“ in diesem Sinne wird daher imstande sein die Empfindung zu modifizieren. Ich habe zu dem Worte „Reiz“ den einschränkenden Zusatz „der auf dieselben Gebiete des Zentralnervensystems wirkt“ absichtlich gemacht: nicht jede auf dasselbe Objekt gerichtete Erfahrung muß diese modifizieren; und darum reicht z. B. das bloße Wissen um die tatsächlichen Raumverhältnisse nicht hin, um eine etwa bestehende Täuschung zu beseitigen. Keinesfalls darf man aber aus Fällen der letzteren Art den allgemeineren Satz ableiten, daß „Erfahrung“ im Sinne früherer Wahrnehmungen eine neue Wahrnehmung nicht „überwinden“ könne. Die neuere Psychologie hat denselben Unterschied im Auge, wenn sie unter den auf Assoziation beruhenden Gebilden auch „assimilative“ unterscheidet. Deskriptiv sind diese Fälle durch den Charakter der Anschaulichkeit, wie er eben den Wahrnehmungen zukommt, gekennzeichnet, der sie von jenen anderen Fällen des bloßen Wissens scharf sondert. Jeder Laie unterscheidet den Fall, daß ihm eine flächenhafte Darstellung durch die Mittel der Perspektive den Eindruck der Körperlichkeit macht, sehr genau von dem anderen, daß ihm die Schienen eines Geleises zu konvergieren scheinen, während er weiß, daß sie in Wirklichkeit parallel sind. Deskriptiv scheidet nur der Charakter der Anschaulichkeit den einen Fall vom andern. Wer daher in gewissen Fällen von „bloßen Urteilstäuschungen“ spricht, in anderen aber Änderungen des Empfindungsinhalts annimmt, kann sich deskriptiv nur auf den soeben gekennzeichneten Unterschied stützen; und es heißt dessen Wesen gänzlich verkennen, wenn in neuerer Zeit der Versuch gemacht wurde, Urteilstäuschungen mit anschaulichem Inhalt aufzu-

stellen: wenn der anschauliche Inhalt geändert wurde, bedarf man eines Urteils als Trägers der Täuschung wahrhaftig nicht mehr. Die Rede über das Gedächtnis führt diese Überlegungen allerdings nicht aus; aber daß sie Herings Gedanken entsprechen, läßt sich aus seinen optischen Arbeiten über jeden Zweifel erheben: von den durch Erfahrung bewirkten „Umstimmungen“ hat er in der Lehre vom Raumsinn reichlichen Gebrauch gemacht; und die „bloßen Urteilstäuschungen“ haben ihm in der Lehre vom Lichtsinn ebenso häufig Anlaß zu scharfer Polemik geboten.

Wer — in der eben skizzierten Weise — sowohl die gegenwärtigen wie auch die vergangenen psychischen Vorgänge nur als den Ausdruck von Zustandsänderungen in der lebendigen Substanz betrachtet, von dem wird man erwarten, daß er sich auch über die quantitativen Beziehungen der beiden Prozesse, des physiologischen und des psychischen, eine bestimmte Ansicht gebildet habe. Von Hering um so mehr, als ja Fechner, der diese Frage in den Mittelpunkt des Interesses gestellt hatte, zu seinen Lehrern gehört hat. Hier ist nun vor allem zu betonen, daß Hering an diese Frage nicht von einem vorgefaßten „Standpunkt“ herantreten war, der etwa aus allgemeinen philosophischen Erwägungen sich das Verhältnis zwischen den Vorgängen in der Sinnessubstanz und den Empfindungen, sei es kausal, sei es im Sinne von Begleiterscheinungen oder sonstwie denkt. Er hat, wie wir sehen werden, einem strengen Parallelismus gehuldigt, aber nur insofern ihm die Erfahrung und auf sie gestützte Hypothesen Anhaltspunkte für einen quantitativen Parallelismus zu bieten schienen; über die sonstige Natur dieses Verhältnisses sich auszusprechen hat er in der Rede über das Gedächtnis sogar ausdrücklich abgelehnt, und zwar offenbar darum, weil die Entscheidung für den einen oder andern „Standpunkt“ der Hypothese nichts an Fruchtbarkeit zufügt oder wegnimmt: er hat sich, wie das später auch andere getan haben, mit einer Funktionalbeziehung im mathematischen Sinne beschieden. Welcher Art sie sei, konnte natürlich nur durch Untersuchung auf den einzelnen Sinnesgebieten ermittelt oder wenigstens wahrscheinlich gemacht werden. Hering hat eine solche beabsichtigt; von einer offenbar geplanten Reihe von Abhandlungen „Zur Lehre von der Beziehung zwischen Leib und Seele“ ist aber nur eine einzige (1875) erschienen, die sich wesentlich mit der Kritik von Fechners psychophysischem

Grundgesetz beschäftigt und deren Hauptgedanke der ist, daß man dieses Gesetz nicht (wie es Fechner getan) aus dem Weberschen Gesetz ableiten, natürlich noch weniger das eine mit dem andern identifizieren dürfe. Das Webersche Gesetz sage aus, daß ein Reizzuwachs in einem konstanten Verhältnis zum Grundreiz stehen müsse, um einen ebenmerklichen Empfindungszuwachs hervorzurufen; das Fechnersche aber, daß Empfindungszuwächse (einerlei ob eben merklich oder nicht) immer dann gleich seien, wenn sie durch gleiche relative Reizzuwächse erzeugt werden. Die Brücke, die vom ersteren zum letzteren führe, werde von dem (von Fechner gar nicht untersuchten) logischen Mittelglied gebildet, daß ebenmerkliche Unterschiede einander gleich seien und der einzelne somit als Maßeinheit dienen könne. Die Gleichwertigkeit gehe aber, wie Hering ausführt, aus der Ebenmerklichkeit weder begrifflich hervor noch lasse sich das Zusammenfallen beider Eigenschaften empirisch erhärten; im Gegenteil führe diese Annahme zu einem offensichtlichen Widerspruch mit der Erfahrung und würde, wenn sie zu Recht bestünde, ein biologisch höchst unzweckmäßiges Verhalten darstellen, bei extensiven Größen z. B. schon darum, weil Raumgebilde, deren Teile sich proportional vergrößern oder verkleinern, dann aufhören würden geometrisch ähnlich zu sein.

Es ist, wie erwähnt, bei dieser ersten Mitteilung geblieben; wir sind aber durch Herings Arbeiten über den Lichtsinn unterrichtet, wie er wenigstens auf diesem Gebiete über die quantitativen Beziehungen zwischen Reiz, Erregung und Empfindung gedacht hat — denn nur in dieser dreigliedrigen Gestalt kann das allgemeine psychophysische Verhalten seiner Meinung nach sachgemäß dargestellt werden. Genau verständlich machen läßt sich diese Ansicht besser im Zusammenhang mit gewissen Tatsachen des Lichtsinnes — davon später. Hier nur so viel:

Nehmen wir an, wir könnten den psychophysischen Prozeß, der einer Empfindung (oder auch einer Komponente einer komplexen Empfindung) zugrunde liegt, durch sein Energiemaß messen, so würde diese Empfindung (bzw. Komponente einer komplexen Empfindung) an dem augenblicklichen Gesamtzustand denselben relativen Anteil, also denselben Deutlichkeitsgrad haben, den der zugrunde liegende psychophysische Prozeß an der Gesamt-

heit der gleichzeitigen Prozesse hat; in diesem Sinne würde strenge Proportionalität zwischen Empfindung und Erregung (natürlich nicht Reiz) bestehen. Das gilt von jeder selbständigen Empfindung, aber ebensogut auch von jeder überhaupt unterscheidbaren qualitativen Komponente einer Empfindung (z. B. auch von der Bläulichkeit eines vorliegenden Violett); man hätte also den Quotienten aus der Erregungsgröße (dem „Gewichte“) einer solchen Komponente in die Summe der Erregungsgrößen aller gleichzeitigen Prozesse — vorausgesetzt, daß man diese Größen direkt messen könnte — zu bilden um zu erfahren, mit welcher Deutlichkeit diese Komponente im Gesamtbewußtsein vertreten ist. Diese Bezugnahme auf das Gewicht des Gesamtzustandes hat insofern große Bedeutung als ein solcher Teilprozeß zu einem anderen Teilprozeß natürlich in demselben Verhältnis steht, wenn beide proportional wachsen oder abnehmen, während beide zusammen bald einen größeren bald einen kleineren Anteil an der Gesamtsumme haben. Überlegt man nun, daß dieses „Zusammen“ eine besondere deskriptive Bedeutung haben muß, wenn die Komponenten in sich unselbständige Elemente sind (wie Bläulichkeit und Rötlichkeit im Violett, die ja nicht in demselben Sinne Bestand haben wie ein blauer und ein roter Fleck an verschiedenen Stellen des Gesichtsfeldes) und daher eine einheitliche Qualität bilden, so ergibt sich die interessante Konsequenz, daß die Qualität eines solchen, aus unselbständigen Elementen bestehenden Komplexes genau dieselbe bleiben kann, während sich sein psychophysisches Korrelat quantitativ ändert — worin manche vorschnell eine Durchbrechung des Prinzipes vom Parallelismus erblickt haben. Fragt man nun, was denn das psychische Korrelat einer solchen proportionalen Änderung zweier unselbständiger Teilprozesse sei, so kann man diesen Komplex wie einen einfachen, mit einem Gewicht vom Betrag der Summe auffassen und die Frage in diesem Sinne formulieren. Es ist dann zweierlei möglich: dieser komplexe Prozeß (den wir jetzt einmal wie einen einfachen vom Gewichte der Komponentensumme behandeln) kann seinerseits wieder ein bloß unselbständiger Teil eines größeren selbständigen Komplexes sein (wie etwa das Violett ein unselbständiger Teil derjenigen weißlichen Farbe ist, die man „Lila“ nennt) — diesfalls bestimmt wieder das Verhältnis seines Gewichtes zum Gesamtgewicht der höheren Verbindung die

Qualität jener Empfindung, die das Korrelat der höheren Verbindung ist und es verhält sich im übrigen alles analog wie bei der niedrigeren (binären) Verbindung. Oder aber der binäre Komplex ist ein selbständiger; dann wird durch seine Gewichtssumme die Eindringlichkeit bestimmt, mit der er sich im augenblicklichen Gesamtzustand des Bewußtseins geltend macht, wobei Hering unter „Eindringlichkeit“ oder „Auffälligkeit“ das Vermögen versteht die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. Es ist daher nicht zutreffend, in der Annahme, daß proportionale Änderung zweier Teilprozesse die Qualität des psychischen Korrelates ungeändert lasse, eine Durchbrechung des Parallelismus zu sehen; denn allgemein indifferent ist diese Änderung niemals. Hering hat dem angedeuteten Einwand treffend mit der Frage begegnet, was denn ein Metallgießer, der einem Kunden zwei Messingstücke von gleicher Legierung (also von gleichem relativem Zink- und Kupfergehalt) vorlegte, dazu sagen würde, wenn der Kunde einwendete: die Stücke sind ja nicht gleich, das eine wiegt ein Pfund und das andere zwei! In der Tat trägt nur die künstliche Isolierung einer solchen komplexen Erscheinung, das Herausreißen aus dem Gesamtzusammenhang die Schuld, wenn der Parallelismus hier durchbrochen scheint: das Prinzip des Parallelismus sagt nicht aus, daß man psychisches und physisches Leben atomisieren und nun Glied für Glied einander zuordnen müsse. Wenn es psychische Erlebnisse gibt, die auf der Tatsache des Zusammenhangs selbst beruhen — und das gilt von der „Eindringlichkeit“ wie von jeder Aufmerksamkeitserscheinung — so kann ihnen eine gliedweise Zuordnung prinzipiell nicht gerecht werden; es müssen auch auf physischem Gebiet Verhältnisse sein, die ihnen entsprechen. Daher ist es nicht verwunderlich, wenn solche Tatsachen ihren quantitativen Ausdruck nicht in absoluten Werten, sondern in Quotienten finden. Wir werden übrigens bei der Besprechung von Herings Arbeiten über den Lichtsinn auf die Tatsache stoßen, daß zwei ganz gleich aussehende Felder auf objektiv genau gleiche Aufhellung sehr verschieden reagieren können, was doch nur möglich ist, wenn die Erregungsvorgänge, die diesen genau gleichen Empfindungen zugrunde liegen, verschieden sind.

Hering lehrt also strenge Proportionalität zwischen den psychophysischen Prozessen und den korrelativen Bewußtseins-

vorgängen, aber er verlangt, daß dabei alle Seiten dieser letzteren mitberücksichtigt werden, demnach auch diejenigen, welche einer Erscheinung nur zukommen, insofern sie im Verbande des Gesamtbewußtseins als Bestandteil auftritt; die Eindringlichkeit, insofern sie sich in einem Hervortreten einer gewissen Teilercheinung und damit in einem Zurücktreten der übrigen äußert, ist offenbar eine solche Seite, die im isolierten Teile nicht zum Vorschein kommen könnte.

Bei solcher Lage der Dinge wird man sich natürlich fragen, wie denn Hering über die quantitativen Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung geurteilt hat. An eine lineare Funktion konnte er nicht denken — das hätte zahllosen Erfahrungen widersprochen. Zwischen psychophysischem Prozeß und Empfindung hat er aber, wie soeben ausgeführt, eine lineare Beziehung angenommen. Liegt also das Nichtlineare etwa in dem Verhältnis von Reiz und Erregung, also in der „äußeren Psychophysik“, um mit Fechner zu sprechen? Eingehend hat Hering diese Frage nur für das Gebiet der Lichtempfindungen behandelt, und auch hier nur mit Bezug auf das Verhältnis zwischen Lichtstärke und Helligkeit der farblosen Empfindungen. Die Überlegungen, die er hier anstellt, sind zwar ohne weiteres auch auf das Gebiet der Farbentöne im engeren Sinne übertragbar und daher auf den gesamten Lichtsinn anwendbar; ob Hering aber an eine analoge Behandlung auf anderen Sinnesgebieten und damit an ein allgemeines Abhängigkeitsgesetz gedacht hat, das das Fechnersche seinem ganzen Umfang nach ersetzen sollte, wage ich nicht zu behaupten. Im Hinblick auf die eigenartigen Verhältnisse, die beim Lichtsinn bestehen und nicht ohne weiteres eine Analogisierung anderer Sinnesgebiete zulassen, ist mir das sogar sehr unwahrscheinlich, um so mehr als es in Herings Natur ganz und gar nicht gelegen war, Analogien in Gebiete hineinzutragen, die er nicht vorher empirisch durchforscht hatte. Schon das gänzlich verschiedene Verhalten des Gehörsinnes in bezug auf Ermüdung und Kontrast würde ihn sicher von vorschnellen Verallgemeinerungen zurückgehalten haben. Wie dem auch sei, jedenfalls ist das auf den Lichtsinn eingeschränkte Problem schon in sich interessant und gibt überdies Fingerzeige metho-

discher Art auch für die Behandlung analoger Fragen auf anderen Gebieten, so daß eine kurze Erörterung hier am Platze sein dürfte.

Da es möglich ist von einem bestimmten Grau C nicht nur zu sagen, daß es zwischen dem helleren Grau A und dem dunkleren B steht, sondern auch daß es dem helleren bzw. dem dunkleren näher oder vielleicht keinem von beiden näher liegt als dem andern, so ist damit die Möglichkeit messender Vergleichen von Helligkeitsabständen gegeben, wobei die Sicherheit, mit der wir sie ausführen können, für die folgenden Erörterungen keine Rolle spielt und daher beliebig groß angenommen werden kann. Von Ebenmerklichkeit ist hier und in der Folge überhaupt nicht die Rede. Es ist ferner eine ganz unverfängliche Redeweise, wenn wir von einer Weiß- und Schwarzkomponente (W und S) in einem gegebenen Grau sprechen und diese Komponenten in ein bestimmtes Zahlenverhältnis setzen, da hiermit gar keine Aussage über einen etwa zusammengesetzten Charakter dieser Grauempfindung sondern nur eine solche über die Abstände von zwei gegebenen Empfindungen gemacht ist; über diese letzteren ist vorläufig auch noch nichts ausgesagt, als daß wir sie eben als Endpunkte einer Reihe gewählt haben und sie natürlich möglichst hell bzw. dunkel wählen, damit die beliebige Empfindung C jedenfalls zwischen sie zu liegen komme. Wir wollen diese einstweilen willkürlich gewählten Grenzpunkte mit W und S bezeichnen und enthalten uns vorläufig jeder Aussage darüber, ob man sie durch natürliche, der Willkür entzogene Grenzpunkte ersetzen kann. Hering vertritt tatsächlich diese letztere Ansicht; er hält, wie wir sehen werden, die Graureihe für prinzipiell begrenzt. Aber im gegenwärtigen Stadium der Überlegung wird von natürlichen Endpunkten noch kein Gebrauch gemacht: W und S sind einstweilen zwei willkürlich gewählte Empfindungen der Graureihe. Auch sind die absoluten Zahlenwerte, durch die man den Abstand irgendeines Grau von diesen Grenzpunkten ausdrückt, willkürlich, da man sich den Abstand zwischen ihnen durch beliebige Maßeinheiten gemessen denken kann. Ferner ist es zunächst gleichgültig, ob man das Verhältnis zwischen beiden Abständen oder das Verhältnis zwischen einem von ihnen und der Summe beider, also dem Totalabstand zwischen dem gewählten Weiß und Schwarz, zur Charakterisierung eines gegebenen Grau benützt. Es ist also

sowohl der Ausdruck  $\frac{W}{S}$  (oder dessen reziproker Wert) wie auch jeder der beiden Ausdrücke  $\frac{W}{W+S}$  und  $\frac{S}{W+S}$  geeignet, ein bestimmtes Grau eindeutig zu charakterisieren, wobei  $W$  und  $S$  einstweilen nichts anderes als Abstände sind und ihr absoluter Wert gar nicht bekannt zu sein braucht und — mangels einer Maßeinheit — auch gar nicht bekannt ist. Mit der Äquivalenz obiger Ausdrücke ist natürlich nicht behauptet, daß sie Identisches bedeuten.  $\frac{W}{S}$  bedeutet die Lage des gegebenen Grau auf der Abstandslinie, bezogen auf den Anfangspunkt  $W$  (beim reziproken Wert bezogen auf den Anfangspunkt  $S$ ), während  $\frac{W}{W+S}$  die Weißlichkeit,  $\frac{S}{W+S}$  die Schwärzlichkeit bedeutet, die in der Graureihe mit Helligkeit bzw. Dunkelheit sachlich zusammenfallen.

Bis hierher enthalten die vorstehenden Erwägungen gar nichts Hypothetisches. Wer sich etwa für die tatsächlich bestehende Abhängigkeit der Helligkeit von der Lichtstärke (innerhalb der Graureihe) interessieren würde, hätte eine Reihe von farblosen Lichtern photometrisch zu bestimmen und würde die entsprechenden Grauempfindungen an bestimmte Stellen einer Grauskala zu setzen haben, die ihrerseits lediglich durch fortgesetzte Halbierungen eines vorgegebenen (möglichst großen) Intervalles hergestellt wurde; die Helligkeit jeder dieser Grauempfindungen wäre durch den Quotienten  $\frac{W}{W+S}$  definiert. Eine solche rein empirisch gewonnene Reihe von Wertepaaren würde nun schon zeigen, daß weder gleichen Differenzen noch gleichen Verhältnissen der Lichtstärke gleiche Helligkeitsabstände entsprechen, wenn auch zuzugeben ist, daß die zweite dieser beiden Beziehungen — es ist die von Fechner behauptete — der Wahrheit viel näher kommt als die erste, ja in einem beschränkten Gebiete der Lichtstärke nahezu genau gilt. Hering hat — das sei ausdrücklich bemerkt — Gewicht darauf gelegt, daß derlei Untersuchungen nur bei möglichst konstant gehaltenem Adaptationszustand ausgeführt werden, daß man also nicht etwa Sukzessivvergleiche mit wechselnder Allgemeinbeleuchtung benützt, wie das so oft geschehen ist.

Beschränkt man sich nun nicht darauf, das tatsächliche Ver-

halten der Helligkeit bei wachsender Lichtstärke einfach zu registrieren, will man es vielmehr erklären und damit auch verständlich machen, warum in einem gewissen Bezirk die Fechner'sche Annahme der Wahrheit so nahekommt, diesseits und jenseits aber so weit von ihr abweicht — dann genügen die unmittelbaren Erfahrungen nicht mehr; es sind einerseits gewisse Deutungen des Gegebenen nötig, wie sie ja jede Beschreibung enthält, andererseits aber gewisse Annahmen über das physiologische Geschehen, das man den unmittelbar beobachteten Vorgängen zugrunde liegend denkt. In ersterer Beziehung ist es nun für Hering von fundamentaler Bedeutung, daß er die Helligkeitsreihe ihrer Natur nach nicht als Intensitäts-, sondern als Qualitätsreihe auffaßt, in richtiger Erkenntnis der Tatsache, daß es hier weder einen realen noch einen ideellen Nullpunkt und daher auch keine ausgezeichnete Richtung gibt, sondern daß das Fortschreiten in der Dunkelrichtung dem in der Hellrichtung durchaus gleichwertig ist — eine Auffassung, die ja mit der Einsicht mitgegeben ist, daß Schwarz kein Mangel an Empfindung, sondern eine ebenso positive Empfindung ist wie Weiß und daß es Dunkelempfindungen von einer Eindringlichkeit gibt, die viel größer sein kann als die relativ größerer Helligkeiten. Mit der Auffassung der Graureihe als einer Reihe von Qualitäten, die Helligkeiten haben aber nicht Helligkeiten sind, war für Hering auch die prinzipielle Begrenztheit dieser Reihe gegeben, womit nur gesagt ist, daß die Ausdrücke „absolutes Weiß“ und „absolutes Schwarz“ einen Sinn haben, nicht daß diese Empfindungen in unserer Erfahrung wirklich vorkommen müssen. Ich will hier, obzwar sich bei Hering hierüber keinerlei Andeutung findet, nur beifügen, daß auch im Gebiete der Tonempfindungen diejenigen Forscher, welche Höhen und Qualitäten trennen, die Reihe der letzteren für begrenzt halten müssen. Erst unter dem Gesichtspunkt der prinzipiellen Begrenztheit der Graureihe kann man eine gegebene Grauempfindung durch das Abstandsverhältnis von zwei, wenigstens begrifflich definierten Endpunkten charakterisieren, während in den obigen Erwägungen zwei, weiter gar nicht definierte, helle bzw. dunkle Grauempfindungen herausgegriffen und zu Endpunkten ernannt worden sind, somit eine Strecke herausgegriffen wurde, die an sich ebensogut ein Stück einer unendlichen Geraden sein könnte; als solche würde ja die Intensitätsreihe prinzipiell aufzu-

fassen sein. Die Hypothese aber, die sich an diese Auffassung anschließt, besteht darin, daß man sich den jeder Grauempfindung zugrunde liegenden psychophysischen Prozeß als aus zwei Teilprozessen zusammengesetzt denkt, deren Größenverhältnis gleich ist dem umgekehrten Verhältnis der Abstände, die diese Empfindung von den ideellen Endpunkten der Graureihe hat. Daß dabei bloß die Verhältnisse in Frage kommen, hat, wie oben erwähnt, seinen Grund nur darin, daß wir hier lediglich die Qualität und nicht zugleich auch die Eindringlichkeit in Betracht ziehen. Für die Komponentenhypothese ist, wie man sieht, die Begrenztheit der Helligkeitsreihe die unumgängliche Voraussetzung und darum hat Hering auf diese letztere Auffassung so großes Gewicht gelegt und sie — mit Recht — als die grundlegende Differenz zwischen seinen und Fechners Ansichten betrachtet.

Behufs Gewinnung einer ganz bestimmten Abhängigkeitsbeziehung zwischen Lichtstärke und Helligkeit müssen allerdings noch gewisse andere Annahmen hinzutreten; allein die besondere Gestalt, die man diesen letzteren gibt und bei deren Wahl sich Hering nur von dem Gesichtspunkt der Einfachheit hat leiten lassen, ist nicht wesentlich und könnte durch eine andere ersetzt werden. Hierher gehört die vorläufige Annahme, daß der Lichtreiz bloß die Größe des Weißprozesses beeinflusst, während der Schwarzprozeß unberührt bleibt, und die weitere Annahme, daß der Weißprozeß mit dem Reiz proportional wächst; schließlich, daß der Adaptationszustand konstant bleibt — Annahmen, die gar nicht zuzutreffen brauchen. Setzt man die Größe des W- und S-Prozesses vor dem Reizeintritt je = 1, somit die Helligkeit des Eigenlichts =  $\frac{1}{2}$  (jede andere Annahme würde denselben Dienst leisten), läßt man ferner die Lichtstärke in gleichen Stufen von einer solchen Größe wachsen, daß der W-Prozeß immer um den Betrag 1 (also um seinen Anfangsbetrag) wächst, so haben die entsprechenden Helligkeiten die Werte  $\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{4}{5} \dots$  oder 0,50, 0,67, 0,75, 0,80 . . .; ihre Differenzen nehmen also ab, und zwar immer rascher — wie sie es ja auch unter der Annahme des Fechnerschen Gesetzes tun. Die Kurve ist aber — abweichend von Fechner — eine gleichseitige Hyperbel. Der Gegensatz zu Fechner wird unmittelbar ersichtlich, wenn man die Lichtstärken so anordnet, daß sie eine geometrische Reihe bilden, also z. B. die Reihe

...  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 4, 8...

und den Gliedern gleiche Abszissenunterschiede zuordnet. Nach Fechner müßte dann die Abhängigkeit durch eine Gerade dargestellt werden; unter den Annahmen Herings erhalten wir aber eine Kurve, die nach beiden Seiten asymptotisch verläuft (der Richtung der Abszissenachse und einer ihr parallelen Geraden zustrebt), zuerst gegen die X-Achse konvex, dann konkav ist und in der Umgebung des Wendepunktes einen Verlauf hat, der einer Geraden sehr nahekommt (die den Abszissen  $\frac{1}{8}$ , 1, 2 entsprechenden Ordinaten z. B. haben die Werte 0,60, 0,67, 0,75, zeigen also nahezu gleiche Differenzen). In diesem Stück des Verlaufes gilt also das Fechnersche Gesetz mit großer Annäherung; diesseits und jenseits desselben gehen die Helligkeitszuwüchse nicht den relativen Zunahmen der Lichtstärke proportional, sondern nehmen beiderseits immer mehr und mehr ab, so daß die Helligkeiten selbst der Konstanz zustreben, wie das ja selbstverständlich ist, wenn man die Helligkeitsreihe als eine Qualitätsreihe, und somit als prinzipiell begrenzt auffaßt. Aus dieser Auffassung allein muß sich der beiderseits asymptotische Verlauf der Kurve ergeben. Die nichtlineare Beziehung zwischen Lichtstärke und Helligkeit liegt also zwar auf dem Weg vom äußeren Reizvorgang zur Erregung, ist aber nicht in der Disproportionalität dieser Vorgänge an sich, sondern darin begründet, daß der unbegrenzten Änderung einer einzigen Variablen auf der einen Seite ein Mischprozeß auf der andern entspricht, der als solcher notwendig Grenzen hat. Der nichtlineare Charakter darf also nicht in die Funktionalbeziehung zwischen zwei einfachen Variablen verlegt werden, wie das bei der logarithmischen Beziehung Fechners geschehen ist.

Was hier über die Beziehung von Lichtstärke und Helligkeit mitgeteilt wurde, kann dazu dienen, Herings Anschauungen über das allgemeinste Problem der Psychophysik, nämlich die Beziehung zwischen Reiz, Erregung und Empfindung klarzumachen. Natürlich muß man zu diesem Behufe die speziellen Bedingungen aussondern, die den Lichtempfindungen als solchen eigen sind und sich daher nicht ohne besonderen empirischen Nachweis auf andere Gebiete übertragen lassen. Zu diesen letzteren ist

vor allem die schon erwähnte prinzipielle Begrenztheit der Helligkeitsreihe zu rechnen im Gegensatz zu ihrer Auffassung als einer Intensitätsreihe, die prinzipiell keine Grenzen hat, wenn ihr solche auch aus physiologischen Gründen tatsächlich gesetzt sind. Es ist klar, daß man Folgerungen aus dieser Auffassung nicht auf Sinnesgebiete übertragen kann, für die es solche grundsätzliche Grenzen nicht gibt. Ganz allgemein, also für alle Sinnesempfindungen geltend, denkt sich Hering zwischen Empfindungen (bzw. Vorstellungen) und den zugrunde liegenden psychophysischen Prozessen strenge Proportionalität bestehend, also keine logarithmische Abhängigkeit im Sinne Fechners. Er spricht sein psychophysisches Grundgesetz dahin aus, „daß die Reinheit, Deutlichkeit oder Klarheit einer Empfindung oder Vorstellung abhängt von dem Verhältnisse, in welchem das Gewicht derselben, d. i. die Größe des entsprechenden psychophysischen Prozesses, steht zum Gesamtgewichte aller gleichzeitig vorhandenen Empfindungen und Vorstellungen . . . d. i. zur Summe der Größen aller entsprechenden psychophysischen Prozesse“. Diese „Reinheit, Deutlichkeit oder Klarheit“ schließt natürlich die Intensität, dort wo eine solche im üblichen Sinne überhaupt besteht, als Spezialfall ein. Wo dies nicht der Fall ist, wie bei den Lichtempfindungen, läßt sich noch immer von deutlicherem Hervortreten einer Komponente im Sinne einer größeren Ähnlichkeit mit dem Grenzpunkt einer Reihe sprechen, wie das oben näher ausgeführt wurde. Allgemein gilt nur, daß nicht die absolute Größe des psychophysischen Prozesses, sondern sein Verhältnis zur Summe der vorhandenen Erregungsgrößen für jene „Deutlichkeit und Klarheit“ maßgebend ist. Daß dieses sich, wie oben bemerkt, psychisch verschieden äußert, je nachdem es sich um selbständige Bestandteile eines Empfindungskomplexes oder um unselbständige Teile (Merkmale) einer Empfindung handelt, liegt in der Verschiedenheit des Stoffes selbst, der bald wirklich, bald nur durch vergleichende und unterscheidende Tätigkeit abtrennbar ist — der psychophysische Grundgedanke bleibt derselbe. Daher wird sich z. B. eine Betrachtung, wie sie oben für die Graureihe durchgeführt wurde, auf die Reihe der akustischen Tonintensitäten nicht in analoger Weise übertragen lassen, weil sich diese nicht, wie jene, als eine zwischen zwei Grenzkomponenten eingeschlossene Ähnlichkeitsreihe auffassen läßt. Insofern kann man Herings Ge-

setz als ein Rahmengesetz auffassen, das seine spezielle Gestalt entsprechend der Natur des Empfindungsstoffes erhält. Festzuhalten ist aber jedenfalls, daß dieses Gesetz eine Beziehung zwischen psychophysischer Erregung und Empfindung ausspricht und das Verhältnis von äußerem Reiz und Erregung ganz offen läßt. Über dieses letztere läßt sich allgemein überhaupt nichts sagen, sondern nur für jedes einzelne Empfindungsgebiet nach den besonderen daselbst bestehenden Erfahrungen. In dieser letzteren Beziehung kann Proportionalität, aber auch jede andersartige Abhängigkeit bestehen. In einem Sinnesgebiet z. B., in welchem, wie beim Lichtsinn, sukzessive und simultane Anpassung besteht, in welchem also die Erregung sowohl von der zeitlichen als auch von der räumlichen Nachbarschaft mitbestimmt wird, ist von vornherein eine andere, und kompliziertere Beziehung zwischen Reiz und Erregung zu erwarten, wie etwa auf dem Gebiete der Tonempfindungen, die solche Adaptationsvorgänge nicht zeigen. Der Erregungsvorgang hat gegenüber dem auslösenden Reiz seine besonderen Gesetze, die das Eigenleben der Sinnessubstanz beherrschen und für die Sehsubstanz andere sind wie für die Hörsubstanz. Die obigen Überlegungen über den Zusammenhang zwischen Lichtstärke und Helligkeit, der durch eine Hyperbel dargestellt wurde, haben nur die Beziehung zwischen psychophysischer Erregung und Empfindung, wie Hering sie sich denkt, zugrunde gelegt und das Verhältnis von Reiz und Erregung vorläufig als proportional, also als viel einfacher angenommen als es tatsächlich ist; sie haben von der simultanen und sukzessiven Anpassung gänzlich abgesehen und sind daher empirisch ungültig. Aber es hatte einen guten Sinn, von den Komplikationen, die auf dem Weg vom Reiz zur Erregung liegen, vorläufig abzusehen, um sie erst später einzuführen; hat sich doch daraus ergeben, daß selbst bei strenger Proportionalität zwischen psychophysischer Erregung und Empfindung die Heringsche Auffassung von der Bedeutung des relativen Empfindungsgewichtes für eine zusammengesetzte Qualitätenreihe allein schon zu einer nichtlinearen Abhängigkeit führen muß.

Durch die vorstehenden Erwägungen wird man Herings gegensätzliche Stellung zu Fechner als eine solche erkennen, die nicht nur in der Antwort, sondern schon in der Fragestellung liegt. Herings allgemeines psychophysisches Gesetz bezieht sich

auf das Verhältnis von Erregung und Empfindung und charakterisiert schon dieses nicht im Sinne einer logarithmischen Abhängigkeit; die Beziehung zwischen Reiz und Erregung aber behandelt sein Gesetz überhaupt nicht, da sich hierüber allgemein nichts sagen läßt. Würde man mit Fechner nach dem Verhältnis von äußerem Reiz und Empfindung fragen, so wäre das eine Konfundierung zweier Probleme, von denen Hering das eine als allgemein, das andere aber nur für jedes einzelne Sinnesgebiet im besonderen lösbar erachtet. Zusammen können sie dann natürlich keine allgemeine Lösung finden.

Die Erörterungen über allgemeine Psychophysik haben bereits etwas tiefer in jenes Spezialgebiet geführt, dem Hering einen beträchtlichen Teil seiner Lebensarbeit gewidmet hat — in die Theorie der Lichtempfindungen. Die Anschauung vom strengen Parallelismus zwischen Empfindung und psychophysischem Erregungsprozeß beherrscht Herings Lehren vom Lichtsinn durchgängig und bestimmt die allgemeine Natur sowohl der Fragestellungen als auch der Methoden; durch diese ist der Psychophysiker Hering zu charakterisieren, nicht durch die spezielle Gestalt, die jene Leitgedanken in seiner Farbentheorie angenommen haben.

Wenn die hypothetischen Erregungsvorgänge den Empfindungen angepaßt sein sollen, so müssen diese zunächst einer rein deskriptiven, von allen Rücksichten auf ihre physikalischen Ursachen freien Analyse unterworfen werden. Lediglich auf Grund ihres deskriptiven Charakters läßt sich die Frage beantworten, ob sie nur auf eine oder auf mehrere Arten in Reihen angeordnet werden können. Die Entscheidung ist bereits vor Hering im zweiten Sinne getroffen worden: man kann sie nach Farbenton oder Qualität, Helligkeit und (mit einer gewissen Einschränkung) Sättigung anordnen. Dabei bleibt es zunächst offen, ob diese drei Momente als „Merkmale“ anzusprechen sind, ähnlich wie wir es als Merkmale eines Gegenstandes bezeichnen, daß er weiß, hart, süß, und würfelförmig sei — Eigenschaften, die wir an einem einzigen Objekt unterscheiden können — oder ob diese Dreierheit sich mit der Tatsache erschöpft, daß eine Farbenempfindung in drei verschiedene Ähnlichkeitsreihen eingesetzt werden kann. Auf einen kurzen Ausdruck ge-

bracht lautet die Frage: ordnen wir die Empfindung in dreierlei Ähnlichkeitsreihen, weil sie drei Merkmale hat, oder meinen wir mit letzterem Ausdruck gar nichts anderes, als daß wir dreierlei Anordnungen treffen können? Eine entschiedene Stellungnahme im einen oder anderen Sinne dürfte sich bei Hering kaum finden lassen. Für den Ausfall der Analyse ist das aber auch nicht von Belang; denn selbst wenn wir das Bestehen von Merkmalen als das in der Sache selbst Primäre ansehen, bleibt es doch wahr, daß wir sie und ihre Zahl nur durch die mehrfachen Variationsmöglichkeiten, also durch Anordnung in mehrere Reihen erkennen.

Innerhalb der Qualität hat Hering an der strengen Scheidung zwischen „tonfreien“ (früher nannte er sie „farblosen“) und „bunten“ (früher „farbigen“) Empfindungen festgehalten; mit ersteren ist die Graureihe gemeint, mit letzteren die Reihe von Empfindungen, wie sie uns etwa ein Spektrum bietet, dessen Enden sich durch die Vermittlung der Purpurtöne zusammenschließen. Diese wichtige Scheidung erscheint uns heute einleuchtend — wir vergessen, daß es eine Zeit gegeben hat, in der sie sich gegen den verkehrten Einwand behaupten mußte, es seien ja auch im Weiß alle möglichen „Farben“ vertreten. In der geschlossenen Reihe der „bunten“ Farben hat Hering, wie vor ihm schon Mach und Aubert, vier ausgezeichnete Punkte unterschieden, das tonreine Rot, Gelb, Grün und Blau (auch Urrot, Urgelb usw. genannt), während er alle anderen Qualitäten als Zwischenfarben ansieht. Keine von den deskriptiven Aufstellungen Herings hat so viel Widerstand gefunden wie diese. Nicht nur der Einwand, daß auch Orange oder Violett von homogener Strahlung erzeugt werden könne, ist — und zwar merkwürdigerweise auch von sehr ernst zu nehmender Seite — erhoben worden, sondern auch das andere, viel beachtenswertere Bedenken wurde geltend gemacht, daß man doch nicht an einem und demselben Orte Rot und Gelb sehen könne, wie man etwa *c* und *g* in einer simultan erklingenden Quinte gleichzeitig hört; man müßte also jedenfalls dieses „Zugleich-Sehen“ mit einem „gleichsam“ oder „sozusagen“ entschuldigen. Hering hat in seiner letzten Publikation den irreführenden Ausdruck „Mischfarben“ durch den harmloseren „Zwischenfarben“ ersetzt und auch die vier ausgezeichneten Punkte in einer unverfänglicheren Weise charakterisiert als das sonst von den Anhängern der Mischqualitäten zu geschehen pflegt. In lo-

gisch geschlossener Anordnung ist sein Gedanke offenbar dieser: die Betrachtung des Farbenzirkels ergibt, daß die eine Hälfte eine gemeinsame Eigenschaft, nämlich die Rötlichkeit, hat, die der andern gänzlich fehlt; für die andere gilt Analoges in Hinsicht auf jene Eigenschaft, die man Grünlichkeit nennen kann. Beide Eigenschaften nehmen gegen die Grenzpunkte hin an Deutlichkeit immer mehr und mehr ab, so daß den Grenzpunkten, an denen die beiden Hälften zusammenstoßen, selbst weder die eine noch die andere Eigenschaft zukommt. Eine ähnliche Betrachtung trennt den Farbenzirkel in eine Hälfte, die durch die gemeinsame Eigenschaft der Gelblichkeit gekennzeichnet ist, von der anderen, bei der dies durch die gemeinsame Eigenschaft der Bläulichkeit geschieht. Die so entstehenden neuen zwei Grenzpunkte, die notwendig innerhalb der beiden früher erwähnten Hälften liegen müssen, sind also weder gelb noch blau. Dadurch allein sind vier Punkte als ausgezeichnete charakterisiert. Es ist aber damit auch gegeben, daß z. B. der eine Grenzpunkt zwischen der gelb- und der blauwertigen Hälfte die Eigenschaft der Rötlichkeit allein, d. h. ohne jede andere Eigenschaft, haben muß — und Analoges im übrigen. Die Eigenschaften der z. B. im Quadranten Roth-Gelb liegenden Empfindungen können dann nur durch zu- oder abnehmende Ähnlichkeit mit Rot und zugleich ab- oder zunehmende Ähnlichkeit mit Gelb charakterisiert sein; das „Urot“ selbst aber ist negativ charakterisiert als eine der zwei Qualitäten, die weder bläulich noch gelblich sind, wie ja auch jeder, der unter einer Anzahl von rötlichen Pigmenten das „reine Rot“ herausuchen soll, nur die negativen Kriterien benützt, daß es weder ins Blaue noch ins Gelbe „sticht“. Diese Erklärung, die nichts von einer rätselhaften „Mischqualität“ enthält, gibt zugleich Aufschluß über den für Herings Theorie so wichtigen Begriff der Gegenfarben: von den vier ausgezeichneten Farben werden je zwei solche als Gegenfarbenpaare zusammengefaßt, die die Grenzpunkte einer von den beiden oben besprochenen Halbierungen des Farbenzirkels bilden, oder, wie man ebensogut sagen kann: in betreff deren es nie vorkommt, daß eine Zwischenfarbe an beide erinnert. Da jede Zwischenfarbe je nach dem Grade ihrer Ähnlichkeit mit den Farben, die ihren Quadranten begrenzen, ihren Ort auf diesem letzteren erhält, so kann man auch unter den Zwischenfarben solche Paare als gegenfarbig be-

zeichnen, die bei dieser Abbildung einander diametral gegenüberliegen. Hier kann man nun, wenn man statt der Peripherie des Quadranten eine Gerade wählt, offenbar dieselben Betrachtungen anstellen, die früher über die Qualitäten in der Graureihe ange stellt worden sind, d. h. man kann den Grenzfarben Prozesse zu grunde liegend denken, denen bei gleichzeitigem Auftreten jene Zwischenfarbe entspricht, deren Abstände von den Grenzfarben in umgekehrtem Verhältnis zueinander stehen wie die Gewichte jener beiden gleichzeitigen Prozesse — wobei alle obigen Erwägungen über relative und absolute Gewichte analog zu wiederholen wären. Daß der Begriff „Gegenfarben“ aber ein rein deskriptiver ist, muß hier gegenüber den zahlreichen Mißverständnissen, denen er unnötigerweise ausgesetzt war, ganz besonders betont werden.

Da es ferner Empfindungen gibt, die zwischen irgendeiner Stelle des Farbenzirkels und irgend einer der Graureihe eine ähnliche Zwischenstellung einnehmen, wie die Zwischenfarben zu den Urfarben im Farbenzirkel, so hat man zum Farbenzirkel und der Graureihe noch sämtliche Übergänge hinzuzufügen, die auf den Verbindungslinien jedes Punktes des ersteren mit jedem Punkt der letzteren liegen. Hiermit ist aber auch das System der möglichen Farbenempfindungen erschöpft; das der wirklichen ist nur darum kleiner, weil die Grenzpunkte des absoluten Weiß, Schwarz, Rot usw. tatsächlich nicht erreicht werden, mithin als ideelle bezeichnet werden müssen. Im allgemeinen hat also eine Farbenempfindung eine vierfache Ähnlichkeitsbeziehung, die sich aber in besonderen Fällen auf eine drei- oder auch zweifache reduzieren kann. Es ist daher aus analogen Erwägungen, wie sie oben angedeutet wurden, statthaft, sich den einer Farbenempfindung zu grunde liegenden hypothetischen Erregungsvorgang aus Komponenten zusammengesetzt zu denken, deren Zahl durch die Zahl jener Ähnlichkeitsbeziehungen und deren Gewichtsverhältnisse durch das umgekehrte Verhältnis der Abstände (also der Ähnlichkeitsgrade) gegeben ist. Die bloß deskriptive Analyse der Farbenempfindungen bestimmt also die Vorstellungen über die hypothetischen Erregungsvorgänge in der Sehsubstanz nur insoweit, als die Zahl der Elementarerregungen der Zahl der Grundempfindungen entsprechen muß und unter den ersteren alle jene Kombinationen möglich sein müssen, die wir unter den letzteren in Form von

Ähnlichkeitsbeziehungen feststellen können. Wie wir uns sonst die Natur dieser hypothetischen Prozesse vorzustellen haben, namentlich ob und inwieweit sie als voneinander unabhängig gedacht werden müssen, darüber entscheiden die Entstehungsbedingungen unserer Empfindungen; ihr deskriptives Verhalten bildet nur den Rahmen für die weitere Ausgestaltung der Hypothese. Dies ist besonders festzuhalten, wenn man die Heringsche Annahme von dem Antagonismus gewisser Prozesse in der Sehsubstanz richtig verstehen will, von dem später ausführlicher gesprochen werden soll. Würde sich diese Annahme, wie man vielfach geglaubt hat, auf die deskriptive Tatsache stützen, daß wir in einer und derselben Empfindung niemals zugleich eine Rot- und Grünkomponente und niemals zugleich eine Blau- und Gelbkomponente wahrnehmen, so müßte man den Antagonismus so verstehen, daß die betreffenden Erregungsprozesse einander ausschließen, daß also beide nicht in gleichem Betrage vorhanden sein können. Herings Ansicht ist das nicht, wenn er sich auch manchmal einer abgekürzten Redeweise bedient, die so gedeutet werden könnte. Er ist vielmehr, wie wir sehen werden, der Meinung, daß auch die antagonistischen Prozesse immer gleichzeitig ablaufen, daß aber jede Erregbarkeitsänderung, die den einen Prozeß betrifft, mit einer gegensätzlichen für den andern verbunden ist und insofern eine antagonistische Abhängigkeit zwischen beiden besteht. Die später zu erwähnenden Gründe für diese Annahme werden sich als genetische, nicht als deskriptive erweisen. Den Grund aber warum die solchen Prozessen entsprechenden psychischen Korrelate nie als Komponenten einer und derselben farbigen Empfindung auftreten, sieht Hering darin gegeben, daß bei Gleichheit ihrer Beträge ihr Gesamtgewicht zu klein sei, um gegenüber dem viel größeren Gewicht der farblosen Erregungen merkbar wirksam zu sein. Man hat ja, wie vorgreifend erwähnt werden soll, Grund zu der Annahme, daß die Quantität derjenigen Teils substanz, die Träger der farblosen Erregungen ist, die der anderen Teils substanz sehr beträchtlich überwiegt. Erst durch äußere Reize kann eine solche farbige Partialerregung ein Gewicht erlangen, das gegenüber dem Gewicht der farblosen Erregungen merkbar wirksam wird. Von diesem, durch (direkte oder indirekte) Reizwirkung erzeugten Plus an Erregung gilt dann, daß es die Farbigkeit der Empfindung

bestimmt. Es liegt also nicht im Sinne Hering's, wenn man von einer „Paralysierung“ antagonistischer Prozesse gesprochen hat. Auf dem eben erörterten Weg hat Hering dem Einwand begegnet, daß die Gegensätzlichkeit des Weiß- und Schwarzprozesses das Auftreten eines mittleren Grau unmöglich machen müßte, wie ja die Analoga im farbigen Gebiete (Rotgrün und Blaugelb) tatsächlich nicht bestehen. Ob er diese Erwägung auch später noch als die einzig mögliche angesehen hat, läßt sich aus der unvollendet zurückgebliebenen Darstellung der Lehre vom Lichtsinn (im Handbuch der Augenheilkunde von Graefe-Saemisch) nicht ersehen. Sicher ist nur, daß er die Gegensätzlichkeit gewisser Prozesse nicht aus deskriptiven Gründen und nicht im Sinne einer gegenseitigen Aufhebung der Erregungsvorgänge angenommen hat. — Insoweit die Theorie antagonistische Prozesse annimmt, geschieht dies für die farbigen Empfindungen in derselben Weise wie für die farblosen, kann also an dem einen der beiden Fälle allein erörtert werden.

Was nun die deskriptiven Grundlagen der Theorie anlangt, so sind diese natürlich nur durch eine Analyse der Farbeempfindungen selbst zu gewinnen mit bewußtem Absehen von allem, was etwa über deren Entstehungsbedingungen bekannt ist. Merkwürdigerweise sind diese Analysen als „subjektiv“ gelegentlich mit einer gewissen Geringschätzung behandelt worden. Weshalb sie als „subjektiv“ minder sicher sein sollen, ist um so weniger einzusehen, als ja Begriffe wie Farbenton, Helligkeit, Sättigung, deren sich doch jede Farbentheorie bedienen muß, nicht weniger „subjektiv“ d. h. aus einer bloß phänomenalen Analyse gewonnen sind und ein weiteres Fortschreiten auf einem Wege, der von jedem begangen werden muß, keine Einbuße an Verlässlichkeit bedeuten kann. Tatsächlich liegt dem geringeren Vertrauen, das man gewissen Ergebnissen „bloß subjektiver“ Analyse entgegenbringt, ein logischer und ein sachlicher Fehler zugrunde. Man vertraut den Merkmalen: Farbenton, Helligkeit, Sättigung mehr als etwa den Begriffen: Hauptfarbe, Zwischenfarbe, weil man die ersteren für physikalisch definierbar hält; der Farbenton sei durch die Wellenlänge, die Helligkeit durch die Amplitude, die Sättigung durch die Menge beigemischten weißen Lichtes „definiert“. Logisch ist diese Auffassung verfehlt, weil eine solche paarweise Zuordnung schon voraussetzt,

daß man sowohl im physikalischen Vorgang als auch in der Empfindung bereits drei Variable unterschieden habe, somit an der subjektiven Analyse erst recht nicht vorbeikommt. Sachlich ist sie es, weil eine eindeutige Zuordnung gar nicht besteht. Änderung der Wellenlänge ändert selbst bei konstanter Energieverteilung immer auch die Helligkeit und Sättigung. Änderung der objektiven Strahlungsintensität ändert immer die Sättigung und — wenigstens in den Gebieten hoher und niedriger Intensität — auch den Farbenton. Die Sättigung aber ist schon darum physikalisch nicht definierbar, weil auch die Annäherung einer Farbenempfindung an Schwarz (dem gar kein Reiz entspricht) ebenso sehr einen Sättigungsverlust bedeutet wie die an Weiß. Das alles gilt schon bei konstanten Erregbarkeitsverhältnissen; die Diskrepanz wird noch handgreiflicher, wenn man auch diese wechseln läßt. Hering hat sich denn auch mit allem Nachdruck gegen jene paarweise Zuordnung gewendet. Jedenfalls fehlt also dem größeren Vertrauen in die — wie man glaubt — auch physikalisch gestützten Analysen jede Grundlage.

Was nun die spezielle Ausgestaltung dieser Komponententheorie betrifft, so ist zweifellos ihr wichtigster Teil die Annahme, daß der Reihe der farblosen („tonfreien“) Empfindungen, also der Graureihe, Prozesse zugrunde liegen, die vollständig unabhängig von denjenigen Prozessen verlaufen, die den farbigen Empfindungen im engeren Sinne entsprechen: dem ideellen Weiß entspricht ein einfacher Prozeß, dem ideellen Schwarz ebenso; jedem Grau ein Doppelprozeß, in welchem das Verhältnis der W- zur S-Komponente die Annäherung der Empfindung an jenes Weiß bzw. Schwarz bestimmt und unabhängig von allen etwa sonst in der Sehsubstanz stattfindenden Prozessen verläuft. Dieser farblose Prozeß, wie man ihn kurz nennen kann, findet nicht nur dort statt, wo eine Empfindung aus der Graureihe isoliert auftritt, sondern auch dort, wo sie sich als Komponente einer Farbenempfindung geltend macht, wie etwa in einem weißlichen Rot (Rosa), oder einem schwärzlichen Gelb (Braun). Für Hering ist also die Entstehung des Weiß aus Lichtern verschiedener Wellenlänge ebensowenig ein Grund den Weißprozeß für zusammengesetzt zu halten, wie ihn etwa umgekehrt die Entstehung eines weißlichen Gelb durch intensives homogenes Licht dazu veranlaßt hätte, den zugrunde liegenden Erregungsvorgang für

einfach zu erklären. Den nichtphysikalischen Charakter seiner Theorie kennzeichnet dieser Umstand wie kein anderer.

Die Unabhängigkeit der farblosen Prozesse stand Hering auf Grund folgender Erfahrungen fest:

Alle Umstände, welche die Erregbarkeit für farbloses Licht beeinflussen (also z. B. „Weißermüdung“ erzeugen), beeinflussen in derselben Weise auch die farblose Komponente einer aus einer solchen und einer farbigen zusammengesetzten Erregung, ohne die letztere irgendwie zu berühren (es gibt also eine von der „Farbenermüdung“ unabhängige „Weißermüdung“). Eine der auffallendsten Formen dieser selbständigen Erregbarkeitsänderung zeigt sich darin, daß ein durch längere Zeit vor jedem Lichtzutritt geschütztes, also vollkommen ausgeruhtes Auge die Farben in beträchtlich geringerer Sättigung sieht als das ungeschützte Auge: die vorausgegangene Ruhe hat also die Weißempfindlichkeit bedeutend stärker erhöht als die Empfindlichkeit für die farbige Komponente. Einen zweiten Grund bildet die Tatsache, daß man dieselbe farblose Empfindung, welche man durch passende Mischung komplementärer Lichter erzeugt, auch hervorbringen kann, wenn man an die Stelle jedes der farbigen Lichter ein farbloses von gleicher Weißvalenz treten läßt, d. h. ein solches Licht, welches denselben farblosen Reizwert hat wie ihn das betreffende farbige Licht neben seinem farbigen Reizwert besitzt. Diese Tatsache ist gleichzeitig geeignet, die Wirkung eines komplementären Gemisches als Restphänomen zu charakterisieren: die Erregungen, die durch die Einzellichter veranlaßt werden, bilden nicht zusammen die resultierende Weißerregung, sondern sie lassen nur übrig, was schon vorher da war, indem die farbigen Komponenten des Reizes ihre Wirkungen gegenseitig aufheben. Einen dritten Grund geben die Erscheinungen der totalen Farbenblindheit ab, wie sie in pathologischen Fällen der gesamten Netzhaut, normalerweise aber ihrer periphersten Zone eigen sind. Die Gleichungen, die hier zwischen jedem (normalerweise) farbigen und einem farblosen Licht von passender Intensität bestehen, stimmen mit dem Grade von Genauigkeit, den man hier überhaupt verlangen kann, überein mit denjenigen Gleichungen, die auch für den farbentüchtigen Netzhautbezirk gelten, wenn man durch geeignete Maßregeln die Weißempfindlichkeit so sehr steigert, daß die farbige Komponente unter der Schwelle bleibt. Schließlich

liefert aber auch die partielle Farbenblindheit, namentlich in der am häufigsten zu beobachtenden Form der Rotgrünblindheit, ähnliche Erfahrungen an den zwei Stellen des Farbenzirkels, an denen das normalerweise rot oder grün erscheinende Licht gänzlich farblos gesehen wird; an diesen „neutralen“ Stellen stimmen die Gleichungen ebenfalls mit den Weißvalenzgleichungen im oben erwähnten Sinne. Die Farbensinnstörungen isolieren also einen Erregungsvorgang, den man normalerweise wenigstens isoliert beeinflussen kann.

Es sind ähnliche Erwägungen, die Hering dazu geführt haben, auch innerhalb der farbigen Prozesse — der abgekürzte Ausdruck ist ja verständlich — den Rot- und Grünprozeß zu einem engeren Komplex zusammenzufassen und desgleichen den Blau- und Gelbprozeß, und auch diese beiden Komplexe als selbständige, d. h. voneinander unabhängige aufzufassen. Herabsetzung oder völlige Aufhebung der Roterregung ist sowohl in der peripheren Netzhaut wie auch beim rotblinden oder rot-schwachem Auge auf der ganzen Netzhaut immer mit einer entsprechenden Herabsetzung oder Aufhebung der Grünerregung verbunden bei intaktem Blau-Gelbsinn; ebenso kommt eine Schädigung des letzteren niemals in der Form vor, daß nur eine seiner Komponenten, etwa der Gelbsinn, geschädigt wäre. Wandert also ein farbiges Netzhautbild vom Zentrum bis in die äußerste Peripherie, so sind seine Tonänderungen unter diesem Gesichtspunkt durchaus einheitlich zu erklären und die Probe aufs Exempel bildet die Tatsache, daß es vier Farben gibt, die bei dieser Wanderung wohl ihre Sättigung, niemals aber ihren Ton ändern, und daß in bezug auf die Sättigungsänderung je zwei von diesen viereinander parallel gehen: wie jene vier Farben eben diejenigen sind, die der Beobachter deskriptiv als die vier Hauptfarben bezeichnet, so sind zu parallel gehenden Paaren diejenigen vereinigt, die er auch unter deskriptivem Gesichtspunkt als Gegenfarben bezeichnet hat. Die Beobachtung an den partiell oder total farbenblinden Netzhautzonen des Normalen sind insofern besonders beweisend, als man hier auch den Farbenbezeichnungen volles Zutrauen schenken darf, was bekanntlich für die Fälle angeborener pathologischer Farbensinnstörungen wegen der verschobenen und auch sonst undurchsichtigen Nomenklatur nicht statthaft ist. Da also in bezug auf Schädigung oder völligen

Ausfall immer zwei Komponenten parallel gehen und sich unabhängig von den anderen zeigen, so hat man ein Recht sie auch funktionell enger zusammenzufassen. Dazu kommt, daß alle Erregbarkeitsänderungen, wie sie z. B. durch Kontrast entstehen, sich immer an beiden Gliedern eines solchen Paares, wenn auch in entgegengesetztem Sinne, zeigen, und unabhängig vom Erregbarkeitszustand des andern Paares verlaufen: eine Erregbarkeitssteigerung für Blau geht immer mit einer Minderung der Erregbarkeit für Gelb parallel, ist aber unabhängig von der Erregbarkeit für Rot und Grün, die wieder untereinander einen ähnlichen Zusammenhang zeigen; kurz, die Paare Rot-Grün und Blau-Gelb grenzen sich gegeneinander ähnlich ab wie jedes von ihnen gegen die tonfreien Farben.

Steht nun die gegenseitige Unabhängigkeit jener drei Doppelprozesse fest, so fragt sich, welche Vorstellung von der Natur jedes einzelnen von ihnen den Tatsachen am besten gerecht wird. Zum Zweck der leichteren Darstellung, aber auch nur zu diesem, hat sich Hering die Sehsubstanz in drei Teilsubstanzen zerfällt gedacht, die er als WS-Substanz, RGr-Substanz und BIG-Substanz bezeichnet. Da er sich die Vorgänge in diesen Einzelsubstanzen analog denkt, genügt es, sie an einer von ihnen zu erörtern, etwa an der ersten, und daher nur die Erfahrungen heranzuziehen, die im Gebiete der „tonfreien“ Empfindungen, also der Graureihe, vorliegen; sie müssen sich dann ohne weiteres „ins Farbige übersetzen“ lassen. Das Wesen der Theorie kann es dabei nicht berühren, daß es im Bereiche der WS-Substanz nicht zwei äußere Lichtreize gibt, von denen der eine den W- der andere den S-Prozeß anregt (es gibt keinen Schwarzreiz), während im Gebiete der anderen Substanzen jedem der beiden Elementarprozesse auch ein äußerer Reiz entspricht, z. B. Rotreiz und Grünreiz. Hering stellt sich — ganz wie Joh. Müller — den äußeren Reiz nur als Anstoß für die Sehsinns substanz vor, ihr Eigenleben nach dessen inneren Gesetzen zu entwickeln, ein Eigenleben also, das nicht erst beginnt, wenn der äußere Reiz wirkt, sondern immer da war, solange die Substanz lebte, und durch den Reiz nur unter veränderte Bedingungen gestellt wird. Sind aber W- und S-Prozeß nur zwei Seiten dieses Eigenlebens und als solche gar nicht isoliert möglich, so läßt sich ihre wechselseitige Abhängigkeit auch erforschen, wenn ein den S-Prozeß begünstigender Reiz

nicht besteht; ein fingierter Schwarzreiz würde ja diesen Prozeß nur quantitativ beeinflussen, nicht aber ihn erst ermöglichen. In gewissem Sinne wird durch sein Fehlen die exakte Fassung der Hypothese sogar erleichtert, insofern sich nämlich das Verhalten des S-Prozesses ohne äußeren Reiz mit dem Verhalten seiner farbigen Analoga vergleichen läßt, die überdies auch noch unter dem Einfluß eines Lichtreizes stehen können. Johannes Müller hat es an Goethe und Purkinje gerühmt, daß sie der Beobachtung der subjektiven Gesichterscheinungen (z. B. der Nachbilder) so großes Interesse gewidmet haben, da von den letzteren besonders reiche Aufschlüsse über das Eigenleben der Sehsubstanz zu erwarten seien. Aus demselben Grunde hat auch Hering — hierin abermals auf den Bahnen Joh. Müllers wandelnd — dem Studium dieser „subjektiven“ Phänomene einen großen Teil seiner Forschungsarbeit zugewandt; und das eine kann man wohl mit Sicherheit behaupten, daß, mag man über seine Hypothesen denken wie immer, eine exakte Kenntnis dieses Tatsachengebietes erst durch seine Untersuchungen gewonnen worden ist.

Herings Ansichten über die Vorgänge in der Sehsubstanz sind natürlich erst aus dieser Tatsachenkenntnis erwachsen. Eine übersichtliche Darstellung kann aber mit Vorteil den umgekehrten Weg gehen und die Theorie voranstellen.

Das Leben der Sehsubstanz besteht in ihrem Stoffwechsel, den man sich notwendig als ein Zusammenbestehen eines chemischen Aufbau- und Abbauvorganges vorstellen muß — Hering hat hierfür die Namen Assimilation (A) und Dissimilation (D) der Pflanzenphysiologie entlehnt. Man kann diese beiden Prozesse als gegensätzliche (antagonistische) nur in dem Sinne auffassen, als jeder Erfolg, der durch die Vermehrung des einen erzielt wird, auch durch eine entsprechende Verminderung des andern erzielt werden kann; sie selbst schließen sich nicht aus, bestehen vielmehr immer gleichzeitig — man kann nicht einmal sagen „nebeneinander“; denn jeder für sich würde die Substanz nicht bloß quantitativ beeinflussen (wie etwa Zufluß und Abfluß bei einem Gefäß, das Wasser enthält), sondern auch ihre qualitative Konstitution ändern. Jeder Umstand, der den Aufbau- oder Abbauvorgang beeinflusst, beeinflußt natürlich auch den Stoffwechsel und damit die quantitative und qualitative Beschaffenheit der Substanz in einem Zeitquer-

schnitt. Von all diesen Umständen kann man diejenigen, welche nur gelegentlich auftreten und akut einsetzen, zu einer Gruppe vereinigen und sie von den relativ gleichförmigen und sich jedenfalls nur allmählich ändernden Umständen scheiden. Die ersteren sind diejenigen, die man gewöhnlich als Reize bezeichnet; zu den letzteren gehört z. B. die Zufuhr von Nährstoffen durch den Säftestrom oder auch die Temperatur, insofern diese den chemischen Umsatz beeinflusst. Man kann diese zweite Gruppe als „Bedingungen“ des Stoffwechsels bezeichnen, sie als konstant annehmen und, solange sie dies sind, von ihnen absehen. Sind nun weder Reize noch auch Nachwirkungen früherer Reize vorhanden, ist m. a. W. die Sehsubstanz seit geraumer Zeit gänzlich sich selbst überlassen, so befindet sie sich im Zustand des Ruhestoffwechsels, mithin in einem stationären Zustand, in welchem  $A = D$  und die Größe beider lediglich von den konstanten Lebensbedingungen abhängt, unter denen die Substanz eben steht. Hering nennt die dann vorhandene A und D autonom und den Zustand der Substanz autonomes Gleichgewicht. Ein auftretender äußerer Reiz kann im allgemeinen die Assimilation oder die Dissimilation fördern (bei der WS-Substanz nur die Dissimilation) oder, wenn beides der Fall ist, mindestens nach dem positiven Wert der algebraischen Differenz charakterisiert und demnach als A-Reiz oder D-Reiz bezeichnet werden. Gesetzt, es handle sich um einen D-Reiz (der Fall des A-Reizes ist analog zu behandeln), so erfahren die stabilen Bedingungen der bisher autonomen Dissimilation einen Zuwachs und es fragt sich, wie nunmehr der Stoffwechsel der Sehsubstanz auf diese veränderten Bedingungen reagiert. Sieht man die dabei auftretenden Empfindungen als das unmittelbare psychische Korrelat des geänderten Stoffwechsels an, so macht die Beobachtung der ersteren gewisse Annahmen über den Mechanismus dieser Stoffwechseländerungen wahrscheinlich, und zwar nicht nur über deren zeitlichen Ablauf, sondern auch über den wechselseitigen Einfluß, den die gleichzeitigen, aber örtlich getrennten Stoffwechselvorgänge aufeinander ausüben. Es vereinfacht die Hypothesenbildung und erleichtert die Darstellung, wenn man die Vorgänge, die den zeitlichen Ablauf bestimmen, von denen der räumlichen Wechselwirkung trennt und zunächst die ersteren so betrachtet, wie wenn die letzteren nicht vorhanden wären.

Unter dem Einfluß eines D-Reizes wird die Dissimilation sofort vergrößert, es tritt zur autonomen D ein allonomer Zuwachs und die Substanz ändert damit nicht nur ihre Quantität sondern wird auch qualitativ eine andere — Hering nennt sie unterwertig, während er ihre Beschaffenheit im Zustand des Ruhestoffwechsels als mittelwertig bezeichnet. Er nimmt weiter an, daß mit zunehmender Unterwertigkeit die Disposition zu weiterer Dissimilation abnimmt, zur Assimilation aber wächst. Die Wirkung dieser veränderten D- und A-Disposition muß sich natürlich sowohl während der Dauer des D-Reizes als auch nach dessen Beendigung geltend machen. Betrachtet man zunächst den letzteren Fall, so folgt, daß nach Schluß des Reizes die autonome Assimilation stärker sein wird als die (ebenfalls autonome) Dissimilation, daß aber dieses Überwiegen der A von einem Augenblick zum andern schwächer werden muß, weil ja jede gesteigerte Assimilation wieder die A-Disposition schwächt. Dieser autonome Prozeß kann nur so lange dauern, bis D und A ihr autonomes Gleichgewicht wiedererlangt haben: die Substanz kehrt also selbsttätig in den Zustand des Ruhestoffwechsels und damit in den der Mittelwertigkeit zurück und es ist klar, daß sie dabei alle Zustände der Unterwertigkeit rückläufig durchmacht, die sie während der Reizdauer im Sinne zunehmender Unterwertigkeit durchlaufen hat.

Wenn mit wachsender Unterwertigkeit die D-Disposition ab-, die A-Disposition aber im selben Maße zunimmt, so muß sich dieser Vorgang natürlich schon während der Reizdauer, und zwar bereits vom ersten Augenblick an geltend machen. Es wird also derselbe konstante Reiz der Dissimilation einen immer kleineren und kleineren allonomen Zuwachs erteilen und gleichzeitig wird die autonome Assimilation wachsen, weil die A-Disposition mit der Unterwertigkeit wächst. Es kann dann dazu kommen, daß Assimilation und Dissimilation einander an Größe wieder gleich werden, wobei aber ihr beiderseitiger Betrag größer ist als er es im Zustand des Ruhestoffwechsels war. Den nunmehr vorhandenen erzwungenen Gleichgewichtszustand hat Hering allonomes Gleichgewicht genannt und den eben beschriebenen Vorgang, der zu diesem neuen stationären Zustand führt, als Selbststeuerung oder Selbstregulierung des Stoffwechsels aufgefaßt, mithin als einen Vorgang, durch welchen jede Alteration, die der Stoffwechsel infolge eines Reizes erfährt, ihrem eigenen

Fortschreiten eine Grenze setzt. Man kann den Vorgang ebenso auch als Anpassung (Adaptation) des Stoffwechsels an einen konstanten Reiz bezeichnen.

Wie leicht zu ersehen, wird die plötzliche Beseitigung des D-Reizes zu einer Reihe von Vorgängen führen, die das Spiegelbild der eben beschriebenen darstellen. Offenbar überwiegt nunmehr die Assimilation und dieser Überschuß wird im ersten Augenblick am stärksten sein und aus analogen Gründen — stetig zunehmende D- und abnehmende A-Disposition — immer schwächer werden, bis wieder Gleichgewicht, und zwar in diesem Falle autonomes Gleichgewicht, eingetreten ist. Der Fall des plötzlich aufgehörenden D-Reizes ist ein Grenzfall; man könnte in ähnlicher Weise den Fall diskutieren, daß an die Stelle desjenigen Reizes, für den sich die Sehsubstanz vollständig adaptiert hat, nicht der D-Reiz 0, sondern bloß ein schwächerer D-Reiz tritt. Das neue Gleichgewicht, das auch dann allmählich entstehen würde (vollständige Anpassung an den neuen Reiz), wäre dann durch eine geringere Unterwertigkeit charakterisiert, aber immer noch ein allonomes. Der oben erwähnte Grenzfall ist nur dadurch ausgezeichnet, daß der Prozeß nach völligem Wegfall des Reizes rein autonom verläuft. Natürlich ist auch die vollständige Adaptation, wie wir sie vorhin voraussetzten, ein Grenzfall: man könnte den Reiz abbrechen, ehe sie erreicht ist, und hätte so die Substanz erstens nur bis zu einem geringeren Grad der Unterwertigkeit vorschreiten lassen und zweitens hätte man der Dissimilation und Assimilation nicht Zeit gelassen, einander bis zur völligen Gleichheit entgegenzukommen. Ebenso leicht wie die Diskussion dieser Fälle, ergeben sich schließlich auch die Änderungen, die man an den sämtlichen Erörterungen anzubringen hat, wenn man an die Stelle des D-Reizes einen A-Reiz treten und sohin die Sehsubstanz die verschiedenen Zustände der Überwertigkeit durchlaufen läßt.

Fragt man nun nach der Leistungsfähigkeit dieser Theorie, fragt man m. a. W. ob die psychischen Korrelate, die diesen Stoffwechselvorgängen entsprechen, auch erfahrungsgemäß so ablaufen, wie sie es der Theorie zufolge tun müssen, so muß man (wenn man sich wieder auf die tonfreien Farben beschränkt) sich gegenwärtig halten, daß die Qualität der Empfindung durch das Verhältnis der Dissimilation bzw. Assimilation zur Größe des Gesamtstoffwechsels, also zur Summe beider, bestimmt wird, mithin nicht

von der absoluten Größe der D- und A-Prozesse abhängt. Demnach haben wir als mittleres Grau die Empfindung anzusehen, die der Gleichheit der beiden Prozesse entspricht und daher durch die Relation  $\frac{D}{A+D} = \frac{1}{2} = \frac{A}{A+D}$  gegeben ist, während alle dunkleren Empfindungen durch das relative Überwiegen von A, alle helleren durch das von D bestimmt sind.

Hering sieht diejenige (tonfreie) Empfindung, die unser Gesichtsfeld nach langdauerndem Abschluß von jedem äußeren Reiz erfüllt (das sog. Eigenlicht oder den Lichtnebel) als jenes mittlere Grau an, das dem Ruhestoffwechsel, also dem autonomen Gleichgewicht entspricht. Daß diese Empfindung nicht die des „absoluten Schwarz“ ist, ist allgemein bekannt; sie aber als „mittleres“ Grau zu bezeichnen, könnte anstößig erscheinen. Demgegenüber weist Hering daraufhin, daß mangels eines äußeren Schwarzreizes die Graureihe nach der dunkleren Seite viel weniger weit reicht als nach der helleren und wir nur darum nicht geneigt sind, dem Eigenlicht die Mittelstellung zuzuerkennen. Wirkt nun ein konstanter äußerer Reiz (der aus dem erwähnten Grunde hier nur ein D-Reiz sein kann), so ist die so entstehende Erhellung im ersten Augenblick am stärksten, nimmt sofort ab und kann, wenn man den Reiz genügend lang wirken läßt, schließlich bis zu jenem Mittelgrau absinken, wie es bei langdauerndem Lichtabschluß gegeben war. Das so erreichte Ende entspricht dem Zustand der vollständigen Adaptation; der Ablauf selbst aber (das stetige Dunklerwerden) entspricht dem stetigen Kleinerwerden des Unterschiedes zwischen D und A, dessen Ende eben darin besteht, daß er = 0 wird. Die Unterwertigkeit der Sehsubstanz nimmt dabei stetig zu, ist also am größten, wenn dieser Endzustand der vollständigen Adaptation erreicht ist. Es wäre aber ein Mißverständnis, die Qualität der Empfindung als Korrelat der Wertigkeit der Substanz anzusehen; die Qualität ist bei vollständiger Adaptation dieselbe wie vor dem Eintritt des Reizes, obwohl sich die Substanz in diesem Endzustand von der Mittelwertigkeit am weitesten entfernt hat. Man kann also diesen Endzustand maximaler Unterwertigkeit nicht durch das Verhältnis der tatsächlich vorhandenen Dissimilation und Assimilation definieren, da dieses Verhältnis ebenso = 1 ist wie im Zustand des Ruhestoffwechsels. Wohl läßt er sich aber definieren durch das Verhältnis der autonomen D- zur

autonomen A-Disposition. Würde man nämlich den Adaptationsprozeß in irgendeinem Augenblick seines Verlaufes abbrechen und die Substanz fortan ihrem autonomen Stoffwechsel überlassen, so würde nunmehr die Assimilation über die Dissimilation überwiegen, und zwar um so mehr je weiter dieser Augenblick von dem des Reizeintrittes entfernt ist bzw. je näher er dem Endzustand der vollen Adaptation liegt. Bricht man den Prozeß nicht ab, so hat es natürlich trotzdem einen guten Sinn, der Substanz für jeden Augenblick eine bestimmte Disposition zu autonomer Dissimilation und Assimilation zuzuschreiben: durch das Verhältnis dieser beiden Größen wird dann tatsächlich die augenblickliche Wertigkeit der Substanz charakterisiert. Es ist also keineswegs ein Widerspruch, den Zustand der vollständigen Adaptation durch die Gleichheit von D und A, dabei aber durch den Minimalwert von  $\frac{\delta}{\alpha}$  zu definieren, wenn unter  $\delta$  die Disposition zu autonomer D, unter  $\alpha$  die zu autonomer A verstanden wird; daß dann nur die aktuelle Relation  $D = A$ , nicht aber die dispositionelle  $\frac{\delta}{\alpha}$  ein psychisches Korrelat besitzt, ist selbstverständlich.

Beim erzwungenen Gleichgewicht ist  $\frac{D}{A} = 1$ , hingegen  $\frac{\delta}{\alpha} < 1$ .

Die erstere Relation allein bestimmt die Empfindung; hingegen hat die Wertigkeit der Substanz, die durch die letztere Relation charakterisiert ist, überhaupt kein Empfindungskorrelat.

Nach Beseitigung des D-Reizes, für welchen das Auge bereits vollständig adaptiert war, tritt bekanntlich das dunkle Nachbild auf, das nur der Ausdruck der nunmehr stark überwiegenden Assimilation ist — wie oben auseinandergesetzt wurde. Die allmähliche Rückkehr der Sehsubstanz in den Zustand des autonomen Gleichgewichtes findet ihren psychischen Ausdruck in dem allmählichen Hellerwerden des Nachbildes, das schließlich das autonome Mittelgrau erreicht und in diesem Sinne verschwindet. Diese, unter dem Namen „Sukzessivkontrast“ bekannte Erscheinung ist in der Tat ohne vorherige Adaptation gar nicht möglich; das „längere Betrachten des Vorbildes“, das nötig ist, um ein Nachbild zu erhalten, ist eben die notwendige Bedingung der Adaptation; daß diese eine vollständige sein müsse, ist damit natürlich nicht gesagt. Was man im engeren Sinne „negatives

Nachbild“ nennt, ist demnach nur das erste und auffälligste Stadium eines Erholungsvorganges, die erste Phase der Rückkehr der Sehsubstanz aus einem unterwertigen Zustand in den der Mittelwertigkeit. Die tatsächlich bestehende Untrennbarkeit von Adaptation und Kontrast wird unter dem Gesichtspunkt der Heringschen Auffassung, wie man sieht, selbstverständlich: die Sehsubstanz muß in den Zustand der Unterwertigkeit (bzw. Überwertigkeit) gebracht werden, wenn sie in den der Mittelwertigkeit zurückkehren soll.

Wie hier beiläufig bemerkt werden mag, läßt sich die soeben besprochene Auffassung der Adaptation (und damit auch des Sukzessivkontrastes) analog auf das Gebiet der Temperaturempfindungen übertragen — was Hering auch tatsächlich getan hat. Die Theorie E. H. Webers, wonach die Wärmeempfindung an das Steigen, die Kälteempfindung an das Sinken der Hauttemperatur gebunden sei, war nur mit einem Teil der Erfahrungen in Einklang zu bringen. Hering hat diese Theorie nicht beseitigt, sondern nur in glücklicher Art ergänzt, indem er die „physiologische Nullpunkttemperatur“ d. h. diejenige Temperatur, die der nervöse Apparat besitzt, wenn man gar keine thermischen Empfindungen hat, nicht als eine konstante, sondern als eine variable ansieht, und zwar variabel infolge der Adaptationsfähigkeit, die er sich ähnlich denkt wie beim Lichtsinn. Es wird dann das Steigen oder Sinken der Temperatur über bzw. unter die augenblicklich herrschende Nullpunkttemperatur als Wärme bzw. Kälte empfunden. Daher ist es z. B. möglich, daß das Sinken der Hauttemperatur gar nicht empfunden wird, falls „die Nullpunkttemperatur“ infolge der Adaptation ebenso rasch sinkt. Kurz: man hat den Gang, den die objektive Hauttemperatur durchmacht, nicht auf eine feststehende Abszissenachse zu beziehen, sondern auf eine Linie, die den Gang der physiologischen Nullpunkttemperatur darstellt, also auf die Adaptationskurve. Doch dies nur nebenbei.

Die bisher übliche, besonders auch von Helmholtz vertretene Ansicht hatte den sukzessiven Kontrast als eine „Ermüdungserscheinung“ betrachtet: Licht, welches auf eine vorher ermüdete Netzhautstelle fällt, muß eine geringere Wirkung ausüben, als wenn es auf eine unermüdete Stelle trifft; daher das relative Dunkel an der ersteren. Hier ist das „relativ“ zu be-

tonen, nämlich „relativ zu unermüdeten Stellen.“ Denn wenn gar kein Licht auf die „ermüdete“ Stelle fällt (wie etwa bei geschlossenen und sonst geschützten Augen), so kann sich dieser Auffassung zufolge die Ermüdung überhaupt nicht äußern; es müßte also mit der ermüdeten Stelle nichts anderes gesehen werden als was man mit einer ausgeruhten sieht, wenn alles Licht ferngehalten wird — etwa ebenso wie sich die Ermüdung eines Muskels nicht äußern kann, wenn er keine Arbeit zu leisten braucht. Da nun der Augenschein zweifellos gegen diese Konsequenz spricht — das Nachbild eines weißen Feldes sieht viel dunkler aus als das Eigenlicht bei ausgeruhtem Auge, das Nachbild eines schwarzen Feldes viel heller als „objektives“ Weiß — so hat man eine etwas fragwürdige „psychologische“ Erklärung heranzuziehen versucht. Unser „Urteil“ über Helligkeit oder Dunkelheit eines Feldes sei nur eine Schätzung relativ zur Umgebung dieses Feldes; wenn also beispielsweise das Nachbild eines dunklen Feldes im geschlossenen Auge uns den Eindruck leuchtender Helligkeit mache, so habe es zwar in Wirklichkeit auch keine größere Helligkeit, als sie dem Eigenlicht zukommt — denn „ermüdet“ war die entsprechende Netzhautstelle überhaupt nicht, weder im Vor- noch im Nachbildstadium — aber wir „beurteilen“ seine Helligkeit nur relativ zur Umgebung, und diese ist infolge der Ermüdung dunkler geworden, um so vieles dunkler, daß uns im Vergleich mit ihr das Eigenlicht des begrenzten Feldes viel heller erscheint — etwa so wie uns ein und derselbe Mensch in der Umgebung sehr großer Menschen klein, in der Umgebung sehr kleiner groß vorkommt. Hering hat, ohne sich auf die Bedenklichkeit solcher Analogien näher einzulassen, eine Reihe von feinsinnig ausgedachten Versuchen angegeben, die diese Auffassung vollständig ausschließen. Da das Prinzip der Täuschung, die hier stattfinden soll, darauf hinausläuft, daß wir keinen richtigen Vergleich sukzessiver Empfindungen auszuführen vermögen und darum Gleiches für ungleich halten nur wegen der veränderten simultanen Umgebung, hatte Hering seine Versuche so angeordnet, daß uns jene Empfindungen, die wir fälschlich für ungleich halten sollen, gleichzeitig gegeben sind und daher von einer zeitlichen Verschiebung des Urteilsmaßstabes nicht die Rede sein kann. Da nun auch in diesem Falle die Ungleichheit in derselben Auffälligkeit bestehen bleibt, war jene psychologische Hypothese

auszuschließen. Noch manche andere Erfahrungen machen sie ebenso unmöglich; so z. B. die Tatsache, daß der Wechsel in den Nachbildphasen, der sich sowohl im eingeschlossenen Feld als auch in seiner Umgebung bemerkbar macht, durchaus nicht für beide parallel geht, während die psychologische Erklärung natürlich verlangen würde, daß das erstere nur dann und nur in dem Maße heller oder dunkler wird, als in seiner Umgebung das Gegenteil eintritt.

Nach all dem konnte Hering mit vollem Rechte den Satz aussprechen, daß die Empfindung Schwarz nicht einem Ruhezustand, sondern einem positiven Prozeß, und zwar einem Assimilationsprozeß, also einem Erholungsvorgang entspreche. Als Komponente ist der Schwarzprozeß in der ganzen Grau-Reihe enthalten. Wo wir im engeren Sinne von „Schwarz“, also von einer sehr dunklen Empfindung, sprechen, muß der A-Prozeß den D-Prozeß stark überwiegen. Dies ist, da es hier keinen A-Reiz gibt, nur unter der indirekten Wirkung eines D-Reizes möglich; und darum hat Hering keine Paradoxie ausgesprochen als er sagte: „Die Empfindung des eigentlichen Schwarz entsteht wie die des Weiß unter dem Einfluß des objektiven Lichtes.“

Eine interessante und theoretisch wichtige Folge dieses Verhaltens ist die, daß bei allmählich wachsender Gesamtbeleuchtung (etwa im Laufe der fortschreitenden Morgendämmerung) die helleren Gegenstände des Gesichtsfeldes immer heller, die dunkleren aber immer dunkler werden, während natürlich die physikalischen Strahlungen sämtlicher Objekte nur an Intensität wachsen können. Soweit also das Organ imstande ist, sich der Zunahme der Gesamtbeleuchtung anzupassen, entspricht der einseitigen Erweiterung des physikalischen Intensitätsbereiches eine doppelseitige Erweiterung des Helligkeitsbereiches unserer Empfindungen, wobei es dann eine Helligkeit geben muß, die sich überhaupt nicht ändert, nämlich diejenige, die genau dem Zustand der vollständigen Anpassung entspricht. Auf diese wichtige Tatsache hat Hering zuerst hingewiesen.

Die Erscheinungen der Adaptation — die des Sukzessivkontrastes bedürfen keiner besonderen Erwähnung, weil sie nur darin bestehen, daß die adaptierte Substanz unter spezielle Bedingungen gestellt wird — finden sich auf dem Gebiete der farbigen („bunten“) Empfindungen in ganz analoger Weise und

sind von Hering auch mit ähnlichen Methoden untersucht worden. Sie nötigen dazu, den Gelb- und Blau-Prozeß in eine analoge Beziehung zu bringen wie den Weiß- und Schwarz-Prozeß; und dasselbe gilt auch vom Rot- und Grün-Prozeß. Welches von den Gliedern dieser beiden Paare mit der Dissimilation und welches mit der Assimilation in Verbindung zu bringen ist, darüber hat sich Hering nicht mit Entschiedenheit ausgesprochen; für wahrscheinlich hat er jedenfalls gehalten, daß Gelb und Rot den dissimilativen, Blau und Grün den assimilativen Vorgängen entsprechen.

Der Sukzessivkontrast auf dem Gebiete der farbigen Empfindungen zeigt analoge Erscheinungen wie auf dem der farblosen. Daß auch er nicht, wie man bisher annahm, als Ermüdungserscheinung aufzufassen ist, hat Hering durch eine Reihe von Versuchen erwiesen, die zum Teil ähnlich angeordnet sind wie die auf den farblosen Kontrast bezüglichen, zum Teil neuartige Bedingungen einführen. In letzterer Beziehung sei die Erzeugung negativer Nachbilder durch bloße Abschwächung des Vorbildreizes erwähnt. Fixiert man z. B. ein rotes Vorbild auf grauem Grunde und schwächt sodann seine Lichtintensität passend, so sieht man die Stelle, von der noch immer rotes (wenn auch schwächeres) Licht ausgeht, bereits blaugrün. Man sollte nach der Ermüdungstheorie schwaches Rot oder höchstens Grau erwarten. Denn wenn man eine so übermäßige Ermüdung der Rotfasern annähme, daß nur die beiden anderen Faserarten wirksam blieben, so wäre nicht einzusehen, warum nicht schon das ungeschwächte Vorbild blaugrün erscheint — was aber nicht der Fall ist. Hering hat noch mancherlei Versuche erdacht, die andere Erfolge ergeben, als sie die Ermüdungstheorie erwarten läßt.

Die Analogie zwischen farbigen und farblosen Prozessen bleibt unberührt von der Tatsache, daß zwischen dem Verhalten der farbigen und farblosen Reize gewisse Unterschiede bestehen. Einmal nämlich gibt es, wie schon erwähnt, im Gebiete des Farbigen auch A-Reize, während es im farblosen Gebiete nur D-Reize gibt. Daraus folgt aber nur, daß die A-Prozesse im ersteren Falle nicht bloß autonom verlaufen, sondern auch allonome Verstärkungen erfahren können. Zweitens aber nötigen die Tatsachen zu der Annahme, daß es zwar Reize gibt, die bloß auf die WS-Substanz wirken, nicht aber solche, die ausschließlich auf

die RGr- oder GBl-Substanz wirken, daß vielmehr jeder farbig-wirkende Reiz neben seiner farbigen auch eine weißwirkende Komponente besitzt.

Die letzterwähnte Tatsache hat einige bemerkenswerte Konsequenzen. Hat sich das Auge etwa für gelbes Licht von bestimmter Stärke vollständig adaptiert, so muß es darum nicht auch für die Weißkomponente des Reizes vollständig adaptiert sein; es braucht also an der betreffenden Stelle nicht farbloses Mittelgrau zu sehen (was nur der Fall wäre, wenn auch die Weißadaptation eine vollständige wäre), sondern kann eine farblose Empfindung von beträchtlicher Helligkeit haben, also „Weiß“ sehen. Schließt man nun den Lichtzutritt plötzlich ab und erzeugt so ein negatives Nachbild, so beginnt der assimilative Erholungsprozeß in beiden Substanzen — das Nachbild ist dunkelblau. Was man hier durch Fixation eines beschränkten z. B. gelben Feldes erzielt, wird aber immer eintreten, wenn die Allgemeinbeleuchtung überwiegend gelbe Strahlen enthält, da hier längst vollständige Adaptation für gelbes Licht von Durchschnittsintensität eingetreten ist, wobei ja — da das gelbe Licht überall vorwiegt — nicht einmal fixierender Blick vorhanden zu sein braucht. Daraus folgt, daß es nie einen Sinn hat, nach der Farbe eines Nachbildes zu fragen, wenn bloß die Farbe des Vorbildes gegeben ist; denn der chromatische Adaptationszustand, in welchem das Vorbild in einer bestimmten Farbe gesehen wurde, ist für die Färbung des Nachbildes ebenso ausschlaggebend. Je konstanter eine farbige Reizkomponente in der Allgemeinbeleuchtung prädominiert, desto mehr sind wir geneigt, das Vorhandensein einer chromatischen Verstimmung zu übersehen. Wir tun dies daher am leichtesten beim diffusen Tageslicht selber; und doch zeigt der Vergleich zwischen dem Eindruck, den eine und dieselbe Strahlung auf das durch längere Zeit geschützte und auf das ungeschützte Auge macht, mit aller Deutlichkeit, daß auch im Tageslicht eine farbige (nämlich rötlichgelbe) Durchschnittskomponente überwiegt, die dann u. a. auch bewirkt, daß das Nachbild von reinem Rot nicht grün, sondern blaugrün ist. Jener eben erwähnte Vergleich zwischen dem Farbenton bei geschütztem und bei freigegebenem Auge gibt ein Mittel an die Hand, zu entscheiden, ob wir es mit einer im Durchschnitt neutralen Allgemeinbeleuchtung zu tun haben oder mit einer solchen,

die eine chromatische Dauerverstimmung hervorrufen muß. Steht aber auf Grund dieser Erfahrungen fest, daß die Abweichung eines Nachbildes von der Gegenfarbigkeit nur auf dieser Dauerverstimmung beruht, dann kann man umgekehrt jene Abweichung selbst zum Kriterium der chromatischen Verstimmung machen und so auch die neutrale Stimmung durch die nicht gestörte Gegenfarbigkeit der Nachbilder definieren — ein Weg, den ebenfalls Hering gewiesen hat.

Aus der Tatsache, daß dasselbe Weiß (oder Grau) ebenso bei autonomem Gleichgewicht der farbigen Sehsubstanzen wie auch bei den verschiedensten allonomen Gleichgewichtszuständen derselben empfunden werden kann, ergibt sich noch eine andere Konsequenz, auf die ebenfalls Hering aufmerksam gemacht hat. Bei der Herstellung von Komplementärgemischen hängt es offenbar ganz von dem augenblicklich herrschenden chromatischen Adaptationszustand ab, welche Lichter und in welchem Stärkeverhältnis man sie wählen muß, um ein farbloses Gemisch zu erzeugen. Es hat daher keinen guten Sinn, etwa die homogenen Lichter nach Wellenlängen in komplementäre Paare zu gruppieren — man müßte sich denn auf einen gewissen mittleren Charakter des Tageslichtes beziehen, was eigentlich eine Fiktion ist. Zwei Lichter von bestimmter Wellenlänge und bestimmtem Stärkeverhältnis, die sich in der Mittagszeit als komplementär erwiesen, brauchen dies am späten Nachmittag nicht zu sein. Dieser Wechsel hat aber seinen Grund nicht darin, daß unser „Urteil“ über die Empfindung Weiß ein schwankendes ist, sondern darin, daß identisch dieselbe Weißempfindung je nach der chromatischen Stimmung durch Licht von sehr verschiedener physikalischer Beschaffenheit veranlaßt und daher physikalisch überhaupt nicht definiert werden kann. Natürlich ist auch die Frage, ob komplementären Lichtern gegenfarbige Empfindungen entsprechen, nur unter dem obigen Gesichtspunkt zu entscheiden und daher im allgemeinen zu verneinen — ohne daß daraus der Theorie der Gegenfarben irgendwelche Verlegenheit erwüchse.

Alle die Tatsachen der sukzessiven Anpassung sind übrigens ebenso viele Beweise dafür, daß man bei gleichem Empfindungsinhalt nicht ohne weiteres identische psychophysische Prozesse voraussetzen darf; wären die letzteren durch die Qualität der Empfindung eindeutig charakterisiert, so müßten sie, wenn man

die sonstigen Bedingungen in zwei Fällen identisch ändert, auch identische Empfindungsänderungen zur Folge haben — was erfahrungsgemäß nicht der Fall zu sein braucht. Wenn man mit Hering annimmt, daß nur das Verhältnis, nicht aber die absolute Größe der D- und A-Prozesse die Qualität der Empfindung bestimmt, so gewinnt man für jene nicht eindeutige Charakteristik die erforderliche Grundlage. Wie schon früher einmal bemerkt wurde, ist damit nicht gegen einen allgemein gefaßten Parallelismus Stellung genommen — was Hering fernlegen wäre — sondern nur gegen eine sehr übliche Form desselben, die wir früher als eine im funktionellen Sinn „atomisierende“ bezeichnet haben.

Die Stoffwechsellerscheinungen der Sehsubstanz, wie sie bisher erörtert wurden, waren, um die Darstellung nicht allzu verwickelt zu gestalten, vorläufig unter die Voraussetzung gestellt, daß die Vorgänge in jedem einzelnen Teile des Sehfeldes von den Vorgängen in allen übrigen Teilen unabhängig seien. Hering hält diese Voraussetzung für unzutreffend. Seine Lehre von der Wechselwirkung aller Teile der Sehsubstanz knüpft an die, auch vor ihm schon lange bekannten Tatsachen des Simultankontrastes an, führt ihn aber zu einer weit über diese Tatsachen hinausgehenden, allgemeineren Auffassung dieser Wechselbeziehung — ähnlich wie wir ja auch seine Anschauungen über die sukzessive Anpassung weit über das Gebiet der „Nachbilder“ hinausreichen sahen. Immerhin war jene spezielle Form der Wechselwirkung, wie wir sie im simultanen Helligkeits- und Farbenkontrast kennen, für ihn darum von so großer Bedeutung, weil es — namentlich gegenüber Helmholtz — darauf ankam, zu zeigen, daß der Simultankontrast überhaupt unsere Empfindungen beeinflusst, und nicht etwa nur unser Urteil über Empfindungen; denn wenn diese Alternative überhaupt einen Sinn haben soll, so kann man von einer Wechselwirkung der Sehfeldstellen nur sprechen, sofern sie zugunsten des ersteren Gliedes entschieden wird. Ist die Empfindung eines grauen Feldes in weißer Umgebung dieselbe wie in schwarzer und rührt die scheinbare Verschiedenheit nur davon her, daß wir die Helligkeit nach ihrem Abstand von der Helligkeit der Umgebung verschieden beurteilen, so würde natürlich von einer Wechselwirkung zwischen den Teilen der Sehsubstanz nicht die Rede sein können. Hering

mußte sich darum die Bekämpfung dieser Lehre besonders angelegen sein lassen. Er hat auch hier wieder den Kunstgriff angewendet, jenen trügerischen Erinnerungsvergleich, den viele als die eigentliche Ursache des Kontrastphänomens ansahen, dadurch auszuschließen, daß er das dem Kontrast ausgesetzte Feld mit einem anderen, identisch belichteten, aber dem Kontrast nicht ausgesetzten Felde unmittelbar vergleichen ließ — wobei der Unterschied zwischen beiden Feldern voll erhalten blieb. Er hat weiter darauf hingewiesen, daß sich ein entsprechender Unterschied auch im negativen Nachbild dieser beiden Felder zeige. Den naheliegenden Ausweg, die auch im Nachbild verschiedene Helligkeit der Umgebung dafür verantwortlich zu machen, hat Hering durch den Nachweis ausgeschlossen, daß es im Nachbild Phasen gebe, in denen die Umgebung beider Felder gleich, die Felder selber aber nach wie vor verschieden erscheinen — wie man denn überhaupt Versuchsbedingungen einführen könne, unter denen der Wechsel in der Helligkeit der Kontrast erregenden Umgebung nur schwach oder gar nicht bemerkbar sei, während das Kontrastfeld selbst seine Helligkeit sehr auffallend ändere. Hinsichtlich der Kritik dieser psychologischen Theorie war aber noch andere Arbeit zu leisten. Die Ansicht, daß man die Helligkeit eines Feldes je nach seiner Umgebung verschieden „beurteile“, konnte nur beim Helligkeitskontrast, nicht aber beim Farbenkontrast plausibel gemacht werden; denn warum wir ein objektiv graues Feld in gelber Umgebung als blau „beurteilen“ sollen, kann auf einem analogen Weg nicht begründet werden. Es mußten daher andere, und viel kompliziertere Wege eronnen werden, auf denen unser „Urteil“ mittels „unbewußter Schlüsse“ solche Ergebnisse zutage fördern könnte. So wurde, um nur ein Beispiel anzuführen, die Tatsache, daß uns ein graues Papierschnitzel auf grünem Grunde durch ein, Feld und Umgebung bedeckendes, Seidenpapier hindurch rot erscheint (Meyerscher Florkontrast), dadurch erklärt, daß wir das deckende Seidenpapier als ununterbrochenen grünen Schleier auffassen und das graue Schnitzel für rot „halten“, weil wir aus der Erfahrung wissen, daß ein Objekt in Wirklichkeit rot sein muß, um, durch einen grünen Schleier gesehen, grau zu erscheinen. Obwohl nun Erklärungen dieser Art schon vom Gesichtspunkt der falschen Fragestellung aus abzulehnen gewesen wären, hat

Hering die Mühe nicht gescheut, durch scharfsinnig erdachte Änderung der Versuchsbedingungen den schlagenden Nachweis zu liefern, daß die Wege, die man hier unserer Urteilstätigkeit zumutet, auch zu dem Ziele nicht führen, das der verfehlten Problemstellung entsprechen würde.

Nach Herings Auffassung „induziert“ jeder vom autonomen Gleichgewicht abweichende Stoffwechsel einer Sehfeldstelle eine gegensinnige Änderung im Stoffwechsel der gesamten Umgebung, eine Änderung, die am stärksten ist in der unmittelbaren Umgebung, des „induzierenden“ Feldes, mit der Entfernung aber abnimmt. Und weiter nimmt er an, daß der positive Wert von  $D-A$ , also das Überwiegen der Dissimilation im induzierenden Felde die Dissimilation in der Umgebung herabsetzt und zugleich die Assimilation steigert, und daß beides proportional jener Differenz erfolge. Es ist kaum nötig, noch einmal daran zu erinnern, daß die Farbe des induzierenden Feldes keinen Schluß auf die Stärke der Induktionswirkung gestattet, da die erstere nur vom Quotienten  $\frac{D}{A}$ , die letztere aber von den absoluten Werten

von  $D$  und  $A$  bestimmt wird. Daß die zweien gleich aussehenden Farben zugrunde liegenden psychophysischen Prozesse unter Umständen als sehr verschieden angenommen werden müssen, hat Hering u. a. auch dadurch nachgewiesen, daß er solchen gleichaussehenden Feldern dieselben Quantitäten objektiven Lichtes zumischt und sie auf diese Weise zu ungleich aussehenden macht. Man braucht nur zwei objektiv verschieden belichtete Felder durch die induzierende Wirkung ihrer beiderseitigen (passend gewählten) Umgebungen subjektiv gleichzumachen und dann beiden Feldern identische Quantitäten objektiven Lichtes zuzuspiegeln — so wird man sich von der Ungleichheit des Endeffektes leicht überzeugen. Welche allgemein-psychophysische Bedeutung Versuche dieser Art haben, ist schon bei einer früheren Gelegenheit (S. 10.) betont worden.

Man muß zwischen demjenigen Teil der Theorie, der aus den prinzipiellen Anschauungen Herings über den Stoffwechsel der Sehsubstanz fließt, und gewissen quantitativen Annahmen, die Hering möglichst einfach gestaltet hat, streng unterscheiden. Daß jeder  $D$ -Reiz hemmend auf die  $D$ -Prozesse der Umgebung, fördernd auf die  $A$ -Prozesse wirkt, daß den ersteren das psychische

Korrelat „Weiß“, den letzteren das Korrelat „Schwarz“ entspricht, und daß schließlich die Qualität jeder Grauempfindung nur von dem Verhältnis dieser beiden Prozesse, nicht von ihrer absoluten Größe abhängt, gehört zu den prinzipiellen Anschauungen Herings. Zu den einfachen quantitativen Annahmen gehört, daß die durch einen Reiz auf die Umgebung induzierten positiven oder negativen Zuwüchse an A- bzw. D-Prozessen diesem Reize proportional sind. Für die rechnerische Behandlung der Kontrastercheinungen ist es aber natürlich von großer Bedeutung, daß sich auch diese quantitativen Annahmen empirisch bewähren. Aus der soeben erwähnten Proportionalität folgt nämlich, daß der Lichtreiz, der erforderlich ist, um die induzierende Wirkung eines Umgebungsreizes gerade zu kompensieren, zu diesem in einem konstanten Verhältnis stehen, also mit ihm proportional wachsen und abnehmen muß — unter sonst gleichen Umständen, vor allem bei gleicher ursprünglicher Belichtung von Feld und Umgebung. Diese Konstanz, mithin die Existenz eines Kontrastkoeffizienten, ist durch eine sorgfältige, auf Herings Anregung hin entstandene Untersuchung von Hess und Pretori erwiesen worden: jeder Zusatz zum kontrasterregenden Reiz der Umgebung bedarf eines gewissen Zusatzes im kontrastleidenden Feld, um die verdunkelnde Wirkung zu kompensieren; bei gleicher Anfangsbelichtung beider Felder müssen diese beiden Zusätze proportional wachsen und abnehmen. Dieses gesetzmäßige Verhalten hat aber sehr bedeutungsvolle Folgen. In dem Falle nämlich, daß „Infeld“ und „Umfeld“ (die Ausdrücke bedürfen ja keiner Erklärung) von vornherein jenes Lichtstärkeverhältnis haben, das dem Kontrastkoeffizienten selbst entspricht, wird durch jede Änderung in der Stärke der Gesamtbeleuchtung die Lichtstärke beider Felder nicht nur proportional geändert (was ja selbstverständlich ist), sondern gerade in dem Verhältnis, das nötig ist, um die induzierende Wirkung auf das Infeld zu kompensieren: demnach behält das Infeld seine Helligkeit unverändert bei — trotz beliebig weitgehender Änderung der allgemeinen Beleuchtungsstärke. Es gibt also diesfalls ein Feld konstanter Helligkeit. Stehen hingegen die anfänglichen Lichtstärken beider Felder in einem anderen Verhältnis als es dem für diese Anfangsbeleuchtung gültigen Kontrastkoeffizienten entsprechen würde, so kann durch Änderung

der Gesamtbeleuchtungsstärke entweder ein Unter- oder ein Überkompensieren der Induktionswirkung erzielt werden. Daher kann ein bestimmtes Infeld bei Erhöhung der Allgemeinbeleuchtung dunkler oder heller werden oder im besonderen Falle gleichbleiben. Es gibt also auch im Gebiete der simultanen Kontrastwirkungen eine doppelseitige Erweiterung des Helligkeitsbereiches bei nur einseitiger Erweiterung des objektiven Intensitätsbereiches — ähnlich wie eine solche bereits im Gebiete der Sukzessivanpassung festgestellt wurde. Daß die Erfahrung dieses schon theoretisch ableitbare Verhalten bestätigt, gehört mit zu den stärksten Stützen der Heringschen Anschauungen über den Stoffwechsel der Sehsubstanz, unterscheidet sie aber auch am schärfsten von der üblichen Ermüdungstheorie.

Ein konsequentes Durchdenken der die Wechselwirkung der Sehfeldstellen beherrschenden Grundsätze mußte aber Hering noch zu einer weiteren Folgerung führen. Wenn jede Über- oder Unterwertigkeit einer Sehfeldstelle die Umgebung gegensinnig anregt, so muß sich dieser Vorgang auch auf benachbarte gleichaussehende Stellen, ja auf Stellen erstrecken, denen genau dieselben Prozesse entsprechen, sofern sie sich nur nicht gerade im Zustand des Ruhestoffwechsels befinden; m. a. W. die Wechselwirkung kann nicht auf diejenigen Fälle beschränkt sein, die man im engeren Sinne als Erscheinungen des simultanen Kontrastes auffaßt. Jede Stelle eines über- oder untermittelgrauen Feldes muß jede andere Stelle desselben Feldes gegensinnig beeinflussen. Dies ist in der Tat der Fall. Eine große helle Fläche sieht nicht so hell aus wie ein kleiner Ausschnitt aus ihr und eine große dunkle nicht so dunkel wie ein kleiner Ausschnitt. Analoges gilt vom negativen Nachbild: erzeugt man ein solches von einer über das ganze Gesichtsfeld reichenden sehr hellen Fläche, so hat dieses nicht im entferntesten jenen Grad tiefer Dunkelheit, wie er dem Nachbild einer ebenso hellen kleinen Fläche zukommt. Die Wechselwirkung der Sehfeldstellen setzt also der Helligkeit, wie sie durch die Zunahme der Lichtstärke zu erreichen wäre, viel früher Grenzen, ähnlich wie das auch die sukzessive Adaptation tut. Hering hat sie daher als simultane Anpassung und mit Rücksicht darauf, daß sie einem allzu hohen Grad von Unterwertigkeit steuert, als simultanen Selbstschutz aufgefaßt und betont, daß sie ihre Haupt-

rolle dort spielt, wo man sie nicht in der auffälligen Form des Simultankontrastes sieht. Mancherlei für die Lehre von den Urteilstäuschungen unverständliche Tatsachen erhalten dadurch ihre Erklärung; so z. B. die Tatsache, daß die Intensitätsschwankungen eines großen Feldes (etwa bei flackerndem Licht) sehr undeutlich, ja unter Umständen gar nicht sichtbar werden können, während man ihre Kontrastwirkungen auf ein eingeschlossenes Feld von konstanter Lichtstärke sehr deutlich wahrnimmt und also das objektive Flackern s. z. s. erst am subjektiven erkennt.

Man hat also zwei ähnlich wirkende Anpassungsvorrichtungen zu unterscheiden, von denen die eine (simultane) auf jede Reizänderung sofort reagiert, während die andere (sukzessive) eine gewisse Zeit braucht, um sich voll zu entwickeln.

Erst nach Erörterung dieser beiden Anpassungsvorrichtungen ist es möglich, die Frage der Beziehung von Helligkeit und Stärke der Gesamtbeleuchtung endgültig zu verhandeln. Die zu Anfang (S. 15 f) mitgeteilten Erwägungen haben geflissentlich von diesen beiden Vorrichtungen abgesehen, aber schon unter diesem Vorbehalt zu dem Ergebnis geführt, daß die Helligkeit nicht mit der Lichtstärke ins Grenzenlose wächst, sondern einem endlichen Ziel zustrebt — wie sich das ja an dem asymptotischen Verlauf der Kurve zeigt, durch die man diese Abhängigkeit darstellen kann. Wie zu erwarten, liefert aber selbst diese Kurve nur einen, tatsächlich gar nicht realisierten, Grenzfall; die Simultananpassung zieht vielmehr die tatsächlichen Grenzen viel enger und die Sukzessivanpassung macht, daß dieses so eingegrenzte Gebiet bald ein höheres, bald ein niedrigeres Helligkeitsgebiet ist.

Sieht man von der Sukzessivanpassung zunächst ab, indem man den Zustand des vollständig ausgeruhten Auges zugrunde legt, so lassen sich aus den früher angegebenen, sehr einfachen Voraussetzungen auf dem Wege ebenso einfacher mathematischer Deduktion (auf die hier allerdings nicht näher eingegangen werden kann) die wesentlichsten, hier bestehenden Erfahrungen theoretisch ableiten. Die Resultate mögen im Folgenden kurz angedeutet werden.

Die Helligkeit einer Sehfeldstelle wird nicht nur durch den auf sie wirkenden Reiz, sondern auch durch die Verteilung der

Lichtstärken auf der ganzen übrigen Netzhaut bestimmt. Das erste dieser beiden Momente würde für sich allein schon einen asymptotischen Verlauf der Helligkeitskurve ergeben, und zwar ein Stück einer gleichseitigen Hyperbel. Die induzierenden Wirkungen der übrigen Netzhaut lassen sich rechnerisch in einen einzigen Koeffizienten zusammenfassen, der den Parameter der Hyperbel ändert, also macht, daß bei verschiedenen Lichtverteilungen auf der übrigen Netzhaut verschiedene Hyperbeln die Abhängigkeit der Helligkeit von der Lichtstärke darstellen. Es gibt also für die mittelwertige Netzhaut (von der allein jetzt die Rede ist) eine Schar von solchen Kurven. Für einen besonderen Wert dieses Koeffizienten wird aus der Kurve eine Gerade, d. h. für diesen Wert ändert sich die Helligkeit der fraglichen Sehfeldstelle nicht, wie immer sich die der Gesamtbeleuchtung ändern mag (man denke an die oben besprochene Folgerung aus den Hess-Pretorischen Versuchen). Alle übrigen Kurven dieser Schar verlaufen teils ober- teils unterhalb dieser „Linie der unveränderlichen Helligkeit“; d. h. je nach den Verteilungen der Lichtstärken auf die übrige Netzhaut, also je nach dem Remissionsvermögen aller übrigen im Gesichtsfeld befindlichen Gegenstände, kann die Erhöhung der Gesamtbeleuchtung erhellend oder verdunkelnd auf die in Rede stehende Sehfeldstelle wirken, immer aber nur so, daß sowohl Erhellung als Verdunkelung einer gewissen Grenze zustreben, also „limitiert“ sind. Die Linie unveränderlicher Helligkeit, um welche sich alle diese Kurven symmetrisch gruppieren, entspricht dem Eigenlicht der vollständig ausgeruhten Netzhaut. Daher müssen sich sämtliche Kurven in einem dieser Linie angehörigen Punkt schneiden, der zugleich der gemeinsame Nullpunkt ist, da er ja der Gesamtbeleuchtung Null entspricht. Die beiden Kurven, die diese Schar oben und unten begrenzen, sind nur theoretisch möglich, bilden also sozusagen je einen terminus extrinsecus. Die obere würde dem Falle entsprechen, daß es gar keine Induktionswirkung gibt, die untere dem Falle, daß der D-Reiz für sich gar keinen Zuwachs an Dissimilation erzeugt. Beide Fälle kommen nicht vor, sie sind nur theoretische Grenzfälle.

Mancherlei besondere Betrachtungen hat Hering an das Bild dieser Kurvenschar angeknüpft; so z. B. die über die „Isophanen“, d. h. über abszissen-parallele Gerade, die mit einer

Teilschar jener Kurven Schnittpunkte gleicher Helligkeit ergeben u. a. m.

Die gesamte Kurvenschar aber ändert sich, wenn man einen anderen als den Zustand der Mittelwertigkeit für die Sehsubstanz annimmt, wenn man sie sich also in den Zustand einer bestimmten Hell- oder Dunkeladaptation versetzt denkt. Hier liegt dann die „Linie unveränderlicher Helligkeit“ tiefer oder höher als früher und die Kurven gruppieren sich nicht mehr symmetrisch um sie. Es ist ja verständlich, daß bei unterwertiger Sehsubstanz schon dem Reize Null eine geringere Helligkeit entspricht als bei Mittelwertigkeit; ebenso aber auch, daß das Wachsen der Gesamtbeleuchtungsstärke dort, wo es induktiv verdunkelnd wirkt, dies viel langsamer und in einem enger begrenzten Ausmaß tun wird, da ja das Dunkelintervall, das überhaupt noch zur Verfügung steht, kleiner ist als im Ruhestoffwechsel.

Aus der Tatsache, daß die Beziehung zwischen Lichtstärke und Helligkeit an einer bestimmten Sehfeldstelle sowohl vom Zustand der sukzessiven Anpassung wie auch von dem der simultanen, also vom gleichzeitigen Zustand aller übrigen Sehfeldstellen abhängt, ergeben sich Folgerungen von größter Wichtigkeit. Vor allem liegt es schon in diesem Satze selbst eingeschlossen, daß man weder von der einen noch von der andern und natürlich schon gar nicht von beiden Anpassungsvorrichtungen absehen und etwa ganz allgemein fragen darf: wie ändert sich die Helligkeit mit der Lichtstärke? Sie ändert sich eben in ganz verschiedener Weise je nach der Sukzessivanpassung, durch die die Kurvenschar, und der Simultananpassung, durch die die einzelne Kurve innerhalb einer gewissen Schar bestimmt wird. Erst wenn diesen beiden einschränkenden Bedingungen Rechnung getragen ist, kann man für diesen speziellen Fall die obige Frage beantworten. Dabei ist nicht zu übersehen, daß die beiden Empfindungen, um deren Helligkeitsunterschied gefragt wird, zwar im allgemeinen derselben Kurvenschar angehören, da der Zustand der Sukzessivanpassung an die Allgemeinbeleuchtung für das ganze Sehfeld der gleiche ist, nicht aber notwendig derselben Kurve innerhalb dieser Schar angehören müssen. Immerhin ist die Zugehörigkeit zur selben Kurve ein praktisch besonders wichtiger Fall, weil er vor allem für das deutliche Sehen in Betracht kommt. Letzteres hängt ja von den Helligkeitsunter-

schieden an einander grenzender Sehfeldstellen (in erster Linie der zentral gelegenen) ab und für solche Stellen kann man eben wegen ihrer örtlichen Nähe annehmen, daß auch ihr simultaner Anpassungszustand ungefähr derselbe ist, woraus sich ja die Zugehörigkeit zu einer und derselben Kurve ergibt. Hering hat diesen Fall besonders eingehend diskutiert und es ist von Interesse, zu sehen, ob die theoretisch abgeleiteten Kurven diejenigen Erfahrungen bestätigen, die über die Abhängigkeit des Deutlichsehens von der Stärke der Allgemeinbeleuchtung vorliegen. Man muß das Wachsen oder Abnehmen der Helligkeitsunterschiede (das ja über die Deutlichkeit des Sehens entscheidet) an der Kurve ablesen können, die dem jeweils bestehenden Sukzessiv- und Simultananpassungszustand entspricht. Nur läßt sich dieses unmittelbare Ablesen erleichtern, wenn man die Einheit für die Abszissen anders wählt als es in den ursprünglichen Kurven geschehen ist und so aus den letzteren neue ableitet. Bei den ursprünglichen Kurven entsprachen die Abszissen den Lichtstärken, also gleichen Abszissenunterschieden gleiche Differenzen der Lichtstärke. Bei wechselnder Stärke der Allgemeinbeleuchtung ändern sich natürlich auch die Differenzen der Lichtstärken aller, und somit auch der aneinandergrenzenden einzelnen Felder, während ihre Quotienten konstant bleiben. Für die Frage, wie sich das Deutlichsehen mit der Allgemeinbeleuchtung ändert, ist es also zweckmäßiger, die Kurven so einzurichten, daß gleichen Abszissenunterschieden gleiche relative Zunahmen der Lichtstärke entsprechen, daß also die Skalenteile nicht mit 1, 2, 3, 4 . . ., sondern mit 1, 2, 4, 8 . . . bezeichnet werden. Das hat neben dem erwähnten auch noch den anderen Vorteil, daß man es den Kurven unmittelbar ansehen kann, in welchen Gebieten etwa das Fechnersche Gesetz annähernd gilt, da sich diese Gebiete durch einen annähernd geradlinigen Verlauf der Kurve verraten müssen.

Tatsächlich lassen nun die so abgeleiteten Kurven alle die wesentlichen Gesetzmäßigkeiten unmittelbar erkennen, die die Bedingungen des deutlichen Sehens erfahrungsmäßig beherrschen. Ihre Erörterung wird erleichtert, wenn man ein „stabiles Gesichtsfeld“ zugrunde legt, d. h. eines von unveränderlichen äußeren Objekten, die mit ebenso unveränderlicher Lage des Blickes betrachtet werden und daher nur proportional veränderliche Reize

für die einzelnen Netzhautstellen abgeben. Man denke sich außerdem das Sehorgan zunächst gänzlich ausgeruht, also im Zustand des Ruhestoffwechsels befindlich. Wird das Gesichtsfeld beleuchtet, so gilt für jede Sehfeldstelle eine bestimmte Kurve, die die Abhängigkeit der Helligkeit von der Lichtstärke für diese Stelle angibt. Sämtliche Kurven gehören (wegen des konstanten, hier mittelwertigen Zustandes der Sukzessivanpassung) einer und derselben Schar an. Die einzelnen Kurven liegen, wie schon früher erwähnt, teils ober-, teils unterhalb der „Linie unveränderlicher Helligkeit“. Daß der Parameter der einzelnen Kurve (und damit diese selbst) im allgemeinen für jede Sehfeldstelle ein anderer ist, rührt davon her, daß die an jeder Stelle vorhandene Induktion von der Lichtstärke an dieser Stelle und von den Lichtstärken an allen anderen Stellen, kurz von der Gesamtverteilung der Lichtstärken abhängt, also in letzter Linie von den Lichtremissionen aller Gegenstände des stabilen Gesichtsfeldes — wodurch natürlich nicht ausgeschlossen ist, daß es mehrere Stellen des Sehfeldes geben kann, für die der gleiche Parameter gilt, und daher auch mehrere Stellen, die bei wachsender Lichtstärke weder heller noch dunkler werden, für die also die Kurve in die gerade Linie unveränderlicher Helligkeit übergeht. Mit Ausnahme dieses besonderen Falles zeigen nun alle Kurven insofern ein ähnliches Verhalten, als sie anfänglich sehr langsam ansteigen (natürlich positiv oder negativ ansteigen, je nachdem sie ober- oder unterhalb jener ausgezeichneten Geraden liegen), dann rascher und zuletzt, wenn sie sich ihrer Asymptote nähern, abermals langsamer, so daß sie also Wendepunkte haben. Das sagt, daß, wenn die gesamte Lichtstärke um gleiche relative Beträge wächst, die Helligkeit eines bestimmten Feldes zuerst langsam, dann rascher, zuletzt wieder langsam zunimmt (bzw. für die unterhalb der Linie unveränderlicher Helligkeit liegenden Kurven abnimmt). Da nun die Gegend rascher Helligkeitszunahme (-abnahme) natürlich zugleich diejenige ist, in welcher ein geringer Unterschied der Lichtstärke benachbarter Stellen den größtmöglichen Helligkeitsunterschied erzeugt, so liegt bei dieser Stärke der Allgemeinbeleuchtung das Optimum des deutlichen Sehens; und zwar liegt es für alle Kurven und damit für alle Sehfeldstellen in derselben Gegend. Man sieht also bei dieser Lichtstärke „besser“, weil sich bei ihr an allen Sehfeldstellen

teils das Anwachsen, teils die Abnahme der Helligkeit (also das Anwachsen der Dunkelheit) am raschesten vollzieht — den Spezialfall unveränderter Helligkeit ausgenommen. Kaum ein Satz ist für Herings Auffassung so bezeichnend wie dieser und kaum einer steht in schrofferem Gegensatz zu den bisherigen Anschauungen, die nur eine Zunahme der Helligkeit mit zunehmender Lichtstärke kannten und den Gedanken, daß man „besser sehen“ könne, weil die Gegenstände dunkler werden, sicher als paradox zurückgewiesen hätten.

Aus der Schar dieser Kurven entsprechen die mit flacherem Verlauf denjenigen Sehfeldstellen, die ihre Helligkeit überhaupt nur wenig verändern (Grenzfall: die Linie unveränderlicher Helligkeit), die mit steilerem Anstieg denjenigen Stellen, die im großen Ausmaß heller oder dunkler werden bei Zunahme der allgemeinen Lichtstärke. Dieser steilere Anstieg, der in der Umgebung des Wendepunktes liegt, vollzieht sich in einem Kurvenstück, das einer Geraden sehr nahekommt: es gilt also in diesem Teile des Verlaufes das Fechnersche Gesetz mit großer Annäherung, aber, wie man sieht, aus anderen Gründen als Fechner vermutete.

Würde nun der Zustand der Sukzessivanpassung (also das, was man gewöhnlich im engeren Sinne „Adaptation“ nennt) ein anderer sein als der in der vorigen Erörterung vorausgesetzte Zustand der Mittelwertigkeit (oder vollkommenen Dunkeladaptation), so würde eine andere Kurvenschar gelten, für die die Linie unveränderlicher Helligkeit tiefer läge als zuvor. Das Gebiet der Kurven oberhalb dieser Linie würde höher hinaufreichen als das andere Gebiet unter diese Linie hinabreicht, m. a. W.: viele Sehfeldstellen, die im Falle des mittelwertigen Organs mit wachsender Beleuchtung dunkler geworden sind, gehören bei Helladaptation (unterwertigem Organ) bereits in dasjenige Gebiet, das mit wachsender Beleuchtung heller wird — was ja für das Gebiet zwischen der alten und der neuen „Linie unveränderlicher Helligkeit“ selbstverständlich ist. Aber noch andere Konsequenzen lassen sich aus der Vergleichung der beiden Kurvenscharen ableiten. Die oberhalb jener ausgezeichneten Geraden liegenden Kurven steigen im Falle der Unterwertigkeit (Helladaptation) bedeutend steiler an. Für eine und dieselbe Sehfeldstelle steigt also bei helladaptiertem Organ die Kurve steiler an

als die homologe des dunkeladaptierten. Da der steilere Anstieg größere Helligkeitsunterschiede und damit „besseres“ Sehen bedeutet, so ist erstens klar, daß Unterschiede in höheren Gebieten der Lichtstärke immer deutlicher sichtbar werden, je vollkommener sich die Helladaptation entwickelt hat, ja daß sie unter Umständen überhaupt erst bei voll entwickelter Helladaptation sichtbar werden — wir sind zunächst „geblendet“ und fangen erst zu „sehen“ an, wenn wir uns an die stärkere Beleuchtung „gewöhnt“ haben.

Zweitens aber steigt das steilste Stück einer Kurve aus der zweiten Schar noch steiler an als das steilste Stück der homologen Kurve aus der ersten Schar. Das heißt, in die Sprache der Tatsachen übersetzt: für jeden (sukzessiven) Anpassungszustand gibt es eine dem deutlichen Sehen günstigste Beleuchtungsstärke; aber es gibt auch unter den (sukzessiven) Anpassungszuständen selbst einen, in welchem die günstigste Beleuchtungsstärke das deutliche Sehen mehr fördert, als dies bei jedem anderen Anpassungszustand und der für ihn günstigsten Beleuchtungsstärke der Fall ist. Hering hat daher zwischen einem relativen und einem absoluten Optimum der Beleuchtungsstärke unterschieden. Daß das letztere mit unbegrenzt wachsender Lichtstärke nicht mitwächst, sondern überschritten wird, rührt nur daher, daß die Sukzessivanpassung ebenfalls ihre Grenzen hat. Alle diese Folgerungen stehen auch mit den Tatsachen des täglichen Lebens in Einklang. Wir nähern ein Objekt der stabilen Lichtquelle, wenn wir feinere Einzelheiten noch deutlich sehen wollen, erreichen aber die feinste Unterscheidbarkeit doch erst dann, wenn wir die Lichtquelle durch eine bessere ersetzen; bei günstigster Stellung des Objektes zur Lichtquelle wird also im letzteren Falle ein noch höherer Grad von Deutlichkeit erreicht, als ihn die günstigste Stellung im ersteren Falle zu erzielen vermochte.

Faßt man die Anpassungsvorgänge, wie sie sich aus Herings Anschauungen ergeben, unter dem Gesichtspunkt des wesentlichsten Zweckes, dem das Auge dient, dem des Deutlichsehens, zusammen, so läßt sich vor allem sagen, daß die doppelseitige Erweiterung des Helligkeitsbereiches viel größere Helligkeitsdifferenzen schafft und daher dem Deutlichsehen ungleich günstiger ist, als dies bei bloß einseitiger Erweiterung der Fall wäre. An

dieser Leistung beteiligt sich sowohl die Sukzessiv- als auch die Simultananpassung. Die letztere für sich macht, daß auch bei konstantem Zustand der Sukzessivanpassung der Bereich zwischen dem hellsten und dunkelsten Objekt weiter und daher die Helligkeitsunterschiede aller gleichzeitigen Objekte größer sind als dies bei mangelnder Simultananpassung der Fall wäre.

Die Simultananpassung in der speziellen Form des simultanen Helligkeitskontrastes fördert aber das deutliche Sehen noch in einer anderen Weise, oder besser gesagt: sie macht das Deutlichsehen unter allen Umständen, selbst unter den der günstigsten Beleuchtung, überhaupt erst möglich. Die Brechungen, die die Lichtstrahlen im Auge erfahren, sind wegen der Inhomogenität der optischen Medien niemals so regelmäßig, wie es die schematischen Darstellungen der geometrischen Dioptrik annehmen, die ja notwendig homogene Medien zugrunde legen. Das abirrende, sog. „falsche“ Licht bewirkt, daß, auch wenn die nötigen Bedingungen der Refraktion und Akkommodation erfüllt sind, niemals eine dioptrisch scharfe Grenzlinie zwischen einer hellen und dunklen Fläche entstehen kann; die helle Fläche kann nicht mit einem scharfen Rande enden, sondern muß durch ein Intensitätsgefälle in die dunkle übergehen. Nun ist die wechselseitige Beeinflussung der Sehfeldstellen abhängig von ihrer örtlichen Entfernung, der Simultankontrast daher am stärksten in unmittelbarer Nachbarschaft der Grenzlinie und wird schwächer mit zunehmender Entfernung von dieser; er hat somit ein Gefälle, das dem früher erwähnten entgegengesetzt ist, kann daher bei quantitativ geeignetem Gang dieses letztere vollkommen kompensieren, sonst aber unter- oder überkompensieren. Daher ist dieser sog. Grenzkontrast, aber auch nur er, imstande, trotz des falschen Lichtes scharfe Konturen zu erzeugen und macht so das Scharfsehen überhaupt erst möglich. Er tut dies im Falle vollständiger, aber natürlich auch im Falle der Überkompensation, da der Überschuß im letzteren Falle sich nur in einer sichtbaren Verdunkelung bzw. Erhellung der Grenzbezirke äußern, aber die Grenze selbst nicht wiederum unscharf machen kann. Wird hingegen die Kompensation nicht erreicht — was immer geschehen muß, wenn die Allgemeinbeleuchtung zu gering ist — so bleibt die Grenze unscharf. Hierin liegt auch die Lösung eines Problems, das vor Hering merkwürdigerweise, gar nicht aufgeworfen worden ist,

obzwar die Irradiationserscheinungen dies nahegelegt hätten. Warum sieht man die objektiv scharfe Grenzlinie zwischen einer hellen und dunklen Fläche bei schwacher Beleuchtung unscharf, obwohl die Akkommodation richtig ist und man noch sehr deutlich erkennt, daß das eine Feld hell, das andere dunkel ist? Warum kann man, kurz gesagt, bei einem gewissen Grad der Dämmerung nicht lesen, obwohl man das Buch in die richtige Entfernung hält und noch sehr deutlich erkennt, daß das Blatt bedruckt ist?

Die Anpassungsvorrichtungen sind aber noch einem anderen, sehr wichtigen Zweck dienstbar. Das Gesamtbereich der Helligkeiten verschiebt sich nämlich ganz beträchtlich weniger als dies den enormen Stärkeunterschieden, wie sie bereits im Verlaufe eines Tages vorkommen, entsprechen würde. Damit wird eine verhältnismäßige Helligkeitskonstanz erzielt: wir sind relativ unabhängig gemacht von dem ungeheuren Wechsel in der Stärke der Lichtquelle, u. zw. nach Richtung der Helligkeit und der Dunkelheit. Dadurch ist das Wiedererkennen der Objekte an ihrer Farbe wesentlich gefördert, ja es ist dadurch erst ermöglicht, daß wir jedem Gegenstande eine Eigenfarbe, also etwas für ihn Charakteristisches zuschreiben, die Kohle ein für alle Male schwarz und den Schnee weiß nennen, während wir dies sonst nur unter Voraussetzung einer definierten Lichtquelle tun könnten. Es ist von Hering mit Recht hervorgehoben worden, daß die „Ermüdung“ hier nur die Hälfte der Erscheinungen erklärt. Die Farbenbeständigkeit ist, wie aus den früheren Erörterungen hervorgeht, keine absolute — die helleren Objekte werden ja heller, die dunklen dunkler bei wachsender Lichtstärke; aber — worauf es ankommt — das Gesamtgebiet ändert sich nur in engen Grenzen und innerhalb dieser bleiben die übermittelhellen Objekte übermittelhell, die untermittelhellen untermittelhell, während sich das Gebiet in der Umgebung der „Linie unveränderlicher Helligkeit“ fast gar nicht ändert.

Hering hat die ausführlichen Erörterungen über Anpassung zunächst nur auf die tonfreien, also der Graureihe angehörigen Empfindungen angewendet; in seinen älteren Arbeiten findet man aber genügend Hinweise darauf, wie er sie sich „ins Farbige übersetzt“ denkt. Es ist nicht schwer, sich auch die Farbenbeständigkeit im engeren Sinne analog zu erklären. Man wird dann z. B.

finden, daß die Armut einer Lichtquelle an blauen Strahlen die sonst „blauen“ Objekte durchaus nicht in dem Maße verfärbt, als dies zufolge der physikalischen Verhältnisse zu erwarten wäre. Die Änderung des farbigen Adaptationszustandes würde bewirken, daß ein Gegenstand, der nur blaues Licht zu reflektieren vermag, sogar dann, wenn die Strahlen dieser Wellenlänge in der Lichtquelle gar nicht vertreten wären, bläulich erscheinen würde, wenn auch natürlich in weniger gesättigtem Blau als etwa bei Tageslicht. Es braucht kaum betont zu werden, welche Bedeutung dieses Verhalten für unsere Orientierung in der Außenwelt hat, soweit diese durch die Qualität des Sichtbaren bestimmt wird.

Was aber vor allem die Anschauungen Herings unter biologischem Gesichtspunkt so ansprechend macht, sind zwei Umstände. Erstens sind die Anpassungsvorgänge nicht als Einrichtungen zur Verfälschung der Wahrnehmung zu betrachten, wie dies nach ihrer einseitigen Auffassung als Kontrastphänomene der Fall sein würde. Da man von „Richtigkeit“ der Wahrnehmung ohnehin nur reden kann, insofern sie unter gleichen Umständen konstant ist und nicht insofern Ähnlichkeit zwischen den äußeren Vorgängen und den Empfindungen besteht, so kann man zwar nicht sagen, daß die Wahrnehmungen eindeutige Zeichen der Außendinge sind (die letzteren sind ja auch von der Beschaffenheit der Lichtquellen bedingt, von der wir gerade relativ unabhängig sind); wohl aber können wir sie als sehr brauchbare Zeichen der biologisch wichtigen Änderungen auffassen — und biologisch wichtig ist es in viel höherem Grade, an der Farbe zu erkennen, ob ein Gegenstand, den man am Mittag sieht, derselbe ist wie der, den man am Morgen oder bei künstlichem Lichte gesehen hat, als über den Wechsel der Lichtquelle selbst richtig orientiert zu sein. Die Änderungen in dem biologisch Wichtigeren werden also zuverlässiger abgebildet als die im biologisch Nebensächlichen; da die Farbenkonstanz aber keine absolute ist, so wird auch den letzteren Änderungen in geringerem Ausmaße — entsprechend ihrer geringeren Wichtigkeit — Rechnung getragen. Der zweite Umstand aber besteht darin, daß die Anpassungsvorrichtungen dem Selbstschutz der Sehsubstanz dienen. Es entspricht dem Grundsatz der Erhaltung des Zweckmäßigen ohne Zweifel am besten, wenn diejenigen Einrichtungen, die ein Organ vor Zerstörung bewahren, es zugleich vollkommener funktionsfähig machen; man

müßte es mindestens für seltsam halten, wenn der Selbstschutz des Sehorgans von einer Einrichtung besorgt würde, die sich während seiner wichtigsten Funktion nur dadurch geltend machte, daß sie uns störende Nachbilder verschafft und uns über die Farben der Gegenstände desorientiert.

Daß unsere Farbenempfindungen wie auch die Empfindungen anderer Sinne den Dingen und Vorgängen der äußeren Welt nicht gleichen, kann als allgemein anerkannt betrachtet werden; sie sind — wie Helmholtz dies treffend ausgedrückt hat — Zeichen, nicht Abbilder des äußeren Geschehens. Besten Falles, muß man hinzusetzen, sind sie ersteres. Denn wenn man die wechselseitig eindeutige Zuordnung als notwendige Bedingung eines Zeichensystems ansieht (was man wohl tun muß), so können, wie sich ergeben hat, unsere Farbenempfindungen sehr häufig nicht als Zeichen der Lichtvorgänge angesehen werden. Daß den Verschiedenheiten der letzteren durchaus nicht immer solche in unseren Empfindungen entsprechen, lehren z. B. schon die Erscheinungen der Adaptation, ebenso aber auch die Tatsache, daß Lichtgemische von der verschiedensten physikalischen Beschaffenheit gleich aussehen können. Eine relativ größere Annäherung an die Eindeutigkeit zeigt allerdings der umgekehrte Fall: Gleichheit der äußeren Vorgänge ist in der Tat viel häufiger mit Gleichheit der Empfindungen verbunden und läßt sich daher aus letzterer erschließen. Allein von einem strengen Entsprechen ist selbst bei dieser einseitigen Zuordnung nicht die Rede — und auch dafür bieten die Adaptationsvorgänge lehrreiche Beispiele. Man wird nicht fehlgehen, wenn man die Mangelhaftigkeit dieser Zuordnung, wie sie nach beiden Richtungen besteht, unter dem biologischen Gesichtspunkt betrachtet, daß sie nicht vom Anfang an der Erkenntnis der Außenwelt, sondern der praktischen Orientierung in ihr, also unseren zweckmäßigen Reaktionen auf äußere Vorgänge zu dienen hat und daß daher die Zuordnung in dem Maße differenziert ist, als dies die Zweckmäßigkeit unserer Reaktionen verlangt. Für letztere ist es aber viel wichtiger, daß wir bei konstanten äußeren Vorgängen dieselben Empfindungen haben und uns daher an bestimmte Reaktionen gewöhnen können, als daß uns jeder Unterschied durch eine Verschiedenheit der Empfindung kund werde. Von den Unterschieden aber sind diejenigen die praktisch wichtigsten, die die Verschiedenheit der Dinge charakterisieren,

d. h. auf eine möglichst große Verschiedenheit aller andern, nicht bloß der optischen Eigenschaften hinweisen. Es ist daher zweckmäßig, wenn sich Verschiedenheiten, die solche Hinweise nicht enthalten, wie z. B. die mit der wechselnden Beleuchtung einhergehenden Unterschiede des reflektierten Lichtes, in der Empfindung möglichst wenig oder gar nicht geltend machen. Unter diesem biologischen Gesichtspunkt muß also die Lehre, daß unsere Empfindungen ein Zeichensystem darstellen, sehr wesentlich eingeschränkt werden.

Bei aller Wichtigkeit, die den Körperfarben für unsere Orientierung in der Außenwelt zukommt, besteht doch kein Zweifel, daß sie von der Bedeutung der räumlichen Eigenschaften weit übertroffen wird. Größe, Gestalt, Lage bestimmen unsere motorischen Reaktionen in erheblich höherem Maße als die Farben; es wird daher für die Zweckmäßigkeit unserer Reaktionen von weitaus größerer Wichtigkeit sein, daß bei Konstanz der wirklichen räumlichen Eigenschaften auch ihr Bewußtseinskorrelat möglichst konstant bleibt; daß Ähnlichkeit bestehe oder gar, daß wir die räumlichen Eigenschaften so erfassen, wie sie den wirklichen Dingen zukommen, ist hierfür gänzlich gleichgültig. Aber auch den Unterschieden in den Raumeigenschaften der wirklichen Dinge brauchen Unterschiede im Bewußtsein nur soweit zu entsprechen, als dies unseren normalen motorischen Reaktionen dienlich ist; und auch hier heißt das „Entsprechen“ nicht soviel wie „Ähnlichsein“. Um einen richtigen Griff oder einen korrekten Sprung auszuführen, dazu gehört keine adäquate oder „richtige“, d. h. den wirklichen Abmessungen gleichende Vorstellung der räumlichen Eigenschaften der Dinge und ihrer Entfernungen. Notwendig ist nur, daß, wann immer Größe, Gestalt und Lage der unseren Eingriff bestimmenden Objekte dieselben sind, sie sich auch in derselben Weise uns kundgeben, und daß sich auch Verschiedenheiten insoweit kundgeben, als dies für unser motorisches Verhalten von Bedeutung ist. Es ist zweckmäßig, daß die eindeutige Zuordnung in dem Bereiche besteht, wo rasch ablaufende motorische Reaktionen erforderlich sind; wo letztere ihrer Natur nach längere Zeit erfordern, ist es nicht störend, wenn wir die mangelhafte Eindeutigkeit durch ein Meßverfahren korrigieren müssen.

Diese Überlegung kann als biologische Vorbemerkung zu den grundlegenden Untersuchungen Hering's über den Raumsinn des Auges gelten, deren prinzipielle Seite nunmehr charakterisiert werden soll. Der Eingriff, den Hering mit energischer Hand in den damals herrschenden Zustand dieses Gebietes vollführt hat, war darum vielleicht noch tiefergehend als beim Lichtsinn, weil es sich nicht bloß um die Aufdeckung neuer Tatsachen und Gesetzmäßigkeiten handelte, sondern vielfach um die Beseitigung verkehrter Fragestellungen, um den Ersatz von Pseudoproblemen durch echte. Daß Hering hier die Forschung aus einem toten Geleise auf die fruchtbareren Gedankenbahnen Joh. Müllers zurückgelenkt hat, ist unverkennbar; die scharfe Trennung der Wege zu verwischen, dient weder der sachlichen noch der historischen Klärung.

Daß Hering die Lehre vom Raumsinn des Auges auf durchaus andere Grundlagen gestellt hat als die bisherigen, daß er auch hier strenge an der Auffassung Joh. Müllers festhielt, wonach die Leistung des Reizes nur darin besteht, die Sinnessubstanz zur Entwicklung ihres Eigenlebens anzuregen, wird aus einer einfachen Überlegung klar.

Die Sehsubstanz reagiert vermöge einer angeborenen Energie auf Reize nicht nur mit Farben, sondern auch mit Raumdaten. Ebenso wie sie auf Licht verschiedener Wellenlänge im allgemeinen mit Farben verschiedener Qualität reagiert, antwortet sie mit verschiedenen Raumdaten je nach den Stellen, an denen der Reiz die Endausbreitung des Sehnerven trifft. Mit welchen Raumdaten sie reagiert, insbesondere wie sie auf zwei je einer Netzhaut angehörende Reize reagiert, ist damit noch nicht gesagt; nur so viel ist sicher, daß es im letzteren Falle für die Reaktion gleichgültig sein muß, ob die Reizung des Doppelorgans von einem einzigen oder von zwei verschiedenen, Licht aussendenden Objekten her erfolgt. Daß die Sehsubstanz Raumdaten produziert, ist eine ebenso letzte Tatsache, wie daß das Gehörorgan Klang- und Geräuschempfindungen produziert; sie folgt aber nicht etwa daraus, daß die Differenzierung der Netzhautreize selbst eine räumliche ist; von vornherein wäre es ebensogut denkbar und müßte als letzte Tatsache ebenso hingenommen werden, wenn nicht die räumlichen, sondern andere Eigenschaften der Reize die Sehsubstanz zu räumlichen Reaktionen anregten. Es läßt sich

daher weder aus der räumlichen Anordnung der Außenpunkte noch aus der der Reizorte auf der Netzhaut entnehmen, mit welchen Raumdaten die Sehsubstanz reagieren, kurz wie unser räumliches Sehen beschaffen sein wird; ja von vornherein läßt sich nicht einmal sagen, ob sie unter gleichen Reizbedingungen immer gleich, unter verschiedenen immer verschieden reagieren wird — es ist vielmehr von vornherein wahrscheinlicher, daß auch die Disposition oder Stimmung der Sehsubstanz die Art der Reaktion beeinflusst. Sehen wir aber von diesem letzteren Moment zunächst ab, so ist doch sicher, daß der Komplex sämtlicher Reizorte, also das (einfache oder doppelte) Netzhautbild, zwar das Anschauungsbild bestimmt, aber keineswegs im Sinne der Ähnlichkeit bestimmen muß. Daß hier der Ausdruck „Bild“ in verschiedenem Sinne gebraucht wird, ist durchaus festzuhalten; ebenso aber auch, daß aus der Beschaffenheit des Netzhautbildes nicht ohne weiteres auf die des Anschauungsbildes geschlossen werden darf. Es könnte von vornherein Kongruenz, geometrische Ähnlichkeit, aber auch jede beliebige Abweichung von ihr bestehen, und keines dieser Verhältnisse würde ein Beweis für oder gegen die Annahme sein, daß die Sehsubstanz auf Reize ebenso unmittelbar mit räumlichen Empfindungsdaten reagiert wie sie es mit den qualitativen Empfindungsdaten, den Farben, tut. Natürlich gibt auch die Umkehrung des Oben und Unten, die das Netzhautbild gegenüber der Anschauung zeigt, zu keinem Problem und daher auch zu keinen Hilshypothesen Anlaß: die Frage des „Aufrechtsehens“ war ein Pseudoproblem. Ebenso wenig liegt aber auch in den sonstigen „Inkongruenzen“ zwischen dem Netzhautbild und der räumlichen Anschauung irgendein Grund, an der Ursprünglichkeit der letzteren und damit an ihrem Charakter als Empfindungsbestandteil zu zweifeln — wie dies Helmholtz getan hatte; die Tatsache z. B., daß gleichen Distanzen auf verschiedenen Teilen der Netzhaut nicht gleiche Distanzen im Anschauungsbild zu entsprechen brauchen, gibt keine Veranlassung daran zu zweifeln, daß die Raumdaten der Empfindung vom Reiz ebenso unmittelbar produziert werden, wie man dies von den Farben sagen kann. Nur die Konstanz der Raumdaten im jeweiligen Sehfeld bei Konstanz der Reize muß allerdings statthaben, aber natürlich auch nur unter der Voraussetzung, daß wir Grund haben, auch die Disposition (oder Stimmung) der Sehsubstanz als un-

verändert anzusehen. Insoweit aber diese letztere Bedingung zutrifft — und sie trifft, wie wir sehen werden, in weitem Umfange zu — muß das Sehorgan auf gleiche Netzhautreize auch immer mit denselben Raumdaten reagieren, und es muß daher ganz gleichgültig sein, durch welche äußeren Objekte diese Netzhautreize ausgeübt werden, gleichgültig also, ob die äußeren Objekte in zwei Fällen dieselbe oder verschiedene Lagen im Außenraum haben. In diesem Sinne kann man von spezifischen Raumenergien der Netzhautstellen selbst reden. Der Ausdruck ist nicht ganz einwandfrei, weil man strenggenommen nur von spezifischen Energien der Sehsubstanz sprechen sollte; insoweit man aber die Disposition der Sehsubstanz als konstant ansehen darf, muß sie auch auf gleiche Reize in gleicher Weise reagieren und man kann daher ihre Reaktionen als den Netzhautstellen selbst spezifisch zugehörend betrachten. Welcher Art diese Reaktionen sind, darüber kann natürlich nur die Erfahrung entscheiden.

Diese Überlegungen, die die Grundlagen für Herings Anschauungen über die optische Lokalisation bilden, sind in Wahrheit nichts anderes als eine Anwendung des Gesetzes der spezifischen Sinnesenergien auf das besondere Gebiet: Raumsinn des Auges oder besser des Doppelauges. Die allgemeinen Grundlagen sind demnach genau dieselben wie beim Farbensinn und es liegt daher gar kein Anlaß vor, die räumlichen Reaktionen nicht ebenso mit dem Namen „Raumempfindungen“ zu bezeichnen, wie man die qualitativen „Farbempfindungen“ nennt.

Es ist nunmehr selbstverständlich, daß der Ort eines Licht ausstrahlenden Punktes der Außenwelt scharf geschieden werden muß von dem Ortsdatum, mit welchem die Sehsubstanz auf diesen Reiz reagiert, und daher der Inbegriff der Orte aller Licht ausstrahlenden Punkte auch von dem Inbegriff aller Ortsdaten, mit denen die Sehsubstanz reagiert; eben dieses ist es, was Hering mit der scharfen Gegenüberstellung von „wirklichem Raum“ und „Schraum“ gemeint hat und was ihn veranlaßte, den letzteren als ein Geschöpf der Sehsubstanz zu bezeichnen. Nicht scharf genug kann der Gegensatz zu der damals herrschenden Lehre betont werden, nach der wir unsere Gesichtsempfindungen in den Raum „hinausprojizieren“, sie in den Schnittpunkt der Richtungslinien „verlegen“, ihnen also erst Orte verschaffen müssen, um sie irgendwo zu sehen. Mit allem Nachdruck hat Hering betont, daß hier

nichts zu „verlegen“ ist, sondern daß die Empfindungen ihren Ort haben ebensogut wie ihre Farbe. Daß von dieser psychischen Tätigkeit des „Hinausverlegens“ ursprünglich ortsloser Empfindungen noch niemand auch nur das Geringste bemerkt hat, dieser Einwand ist von den Vertretern der Projektionstheorie bekanntlich mit der Bemerkung erledigt worden, es handle sich hier um eine unbewußte psychische Tätigkeit. Was aber gewöhnlich übersehen wird, ist der Umstand, daß wir eine — wenn auch qualitätsfreie — Anschauung eines Raumes bereits besitzen müßten, um die Qualitäten in ihn hinauszuprojizieren, also seine einzelnen Orte mit Qualitäten zu besetzen. Es bliebe somit nur übrig, entweder die sinnlose Behauptung aufzustellen, daß wir sie in den wirklichen Raum verlegen, oder aber im Sinne Kants eine a priori gegebene leere Raumschauung anzunehmen, deren einzelne Orte wir durch den Sehakt mit Qualitäten besetzen. Von allen sonstigen Einwänden abgesehen, würde das Wesen dieser Hypothese in einer Gratiszugabe bestehen, die durch keine Tatsache gefordert wird und daher auch keine erklärt. Denn wenn wir der Sehsubstanz die Fähigkeit zuschreiben müssen, je nach der Art der Reizung einen bestimmten Ort dieser a priori gegebenen leeren Anschauung zu besetzen, so ist nicht einzusehen, warum wir ihr nicht sogleich die Fähigkeit zuerkennen sollen, diesen Ort zu schaffen; der Umweg, den die erstere Annahme geht, erklärt die einzelne Lokalisation um nichts besser, enthält also eine gänzlich unnötige Zugabe. Man könnte diesem Einwand nur dadurch ausweichen, daß man die Entscheidung, welcher Punkt des apriorischen Sehraumes bei gegebenem Reiz besetzt wird, dem sensorischen Apparat (also auch der Netzhaut) überhaupt abspricht und sie gänzlich dem motorischen Apparate zuschreibt. In der Tat ist dieser Weg von allen sog. „Empiristen“ betreten worden. Man hätte sich demnach zu denken, daß wir ein äußerst fein differenziertes System von Empfindungen besitzen, die den einzelnen Stellungen und Stellungsänderungen der Augen entsprechen und die es uns daher ermöglichen, jede Empfindung an eine bestimmte Stelle des von vornherein gegebenen, unbesetzten Raumes zu „verlegen“; die Stelle wäre charakterisiert durch die Empfindung, die wir haben, wenn wir die Blicklinien auf den entsprechenden Lichtpunkt überführen — man mag sich unter diesen Empfindungen zentripetal entstandene Muskelpfindungen oder zen-

tral entstandene Innervationsempfindungen („Impulsgefühle“) denken, jedenfalls aber etwas seiner Natur nach Raumloses. Das Wesentliche des sog. Empirismus, in welchen Spielarten er auch auftreten möge, liegt immer darin, daß aus einem raumlosen Empfindungsmateriale auf irgendeinem Wege ein räumliches Endresultat gewonnen werden muß — denn daß unsere fertigen Gesichtswahrnehmungen durchwegs Raumdaten besitzen, kann niemand leugnen. Dieses Endresultat könnte aber nur auf zwei Wegen gewonnen werden. Entweder man nimmt an, daß eine völlige Neuproduktion von räumlichen Daten aus unräumlichen vorliege, daß also die unräumlichen Empfindungen sich verhalten, wie wenn sie selbst Reize wären, die etwas ganz Heterogenes produzieren können (Stumpf hat diese Ansicht sehr passend als „Theorie der psychischen Reize“ bezeichnet); oder man nimmt eine a priori gegebene, leere, d. h. qualitätslose Raumanschauung an, in die jene raumlosen Empfindungen hineinversetzt werden müssen. Die erstere Ansicht kann heute als aufgegeben betrachtet werden. In der Tat würde ja diese, an sich schon mystische Neuproduktion nur ein unnötiges Zwischenglied in die Hypothese einschalten; der von Helmholtz so betonte logische Vorzug, daß die empiristische Theorie um eine Empfindungsvariable weniger benötige, würde verlorengehen, wenn man auf dem Wege von der Empfindung zur Wahrnehmung die vorher ersparte Variable wieder einführt. Es kann darum nur der zweite Weg betreten werden; man muß sich aber klar sein, zu welchem Ziel er führt. Da jeder Außenpunkt zu seiner Fixation eine ganz bestimmte, nur für ihn passende Innervation des gesamten Augenmuskelapparates erfordert, so muß auch jedem Außenpunkt ein ganz bestimmter Ort, und jedem anderen ein anderer Ort im Anschauungsbilde zugeordnet sein; eine Störung der eindeutigen Zuordnung könnte höchstens in den Fällen möglich sein, in denen sich zwei Innervationen so ähnlich sind, daß die Unterschiedsempfindlichkeit nicht mehr zureicht, um sie auseinanderzuhalten. Da wir ferner auch bei ruhendem Blick räumliche Unterschiede sehen, so müßte man annehmen, daß auch dies nur der Fall ist, weil wir die Empfindungen der einzelnen Sehfeldstellen räumlich so auslegen, wie wir sie auslegen würden, wenn wir den Blick tatsächlich von der einen zur anderen überführen würden. Somit müßte (wenn wir von jener durch die Unterschiedsempfindlichkeit

bedingten Einschränkung einmal absehen) die Anschauung eine eindeutige Abbildung der wirklichen Objekte ergeben. In der Tat meint ja Helmholtz unter „Wahrnehmung“ nichts anderes als den Schluß auf die wirklichen Raumverhältnisse und spricht von „Täuschungen“, also Störungen der Wahrnehmung, immer dann, wenn dieser Schluß zu einem mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmenden Ergebnis führt — so nennt er es z. B. eine „Täuschung“ wenn uns das Stereoskop ein einfaches plastisches Objekt zeigt, während in Wirklichkeit zwei ebene Zeichnungen vorliegen. Man muß sich über die unlösliche Verbindung klar sein, die zwischen dem Grundsatz der empiristischen Theorie und dem der Projektionslehre besteht: wir gewinnen die Raumdaten erst durch Verarbeitung der Empfindungen (so sagt die erstere) — und diese Verarbeitung findet in der Weise statt, daß wir sie in den bereits gegebenen Raum nach den Richtungslinien hinausverlegen (so sagt die letztere).

Hering hat dieser Lehre das Gesetz der identischen Sehrichtungen entgegengestellt, welches erfahrungsmäßig ausnahmslos gilt: jedem Punkt der einen Netzhaut ist ein bestimmter Punkt der anderen so zugeordnet, daß alle Außenpunkte, die sich auf einem solchen Paare von Netzhautstellen abbilden, immer und ausnahmslos in derselben Sehrichtung erscheinen, die Außenpunkte mögen im wirklichen Raum welche Lage immer haben. In derselben Entfernung brauchen diese Objekte nicht notwendig zu erscheinen; ist das überdies auch noch der Fall, dann erscheinen sie im strengsten Sinne einfach. Es ist also z. B. nicht möglich, Nachbilder, die auf einem solchen Stellenpaar erzeugt werden und einfach erscheinen, durch irgendwelche Änderungen der Augenstellung in zwei zu spalten. Innerhalb eines gegebenen Sehfeldes ist es also eine jeder Netzhautstelle spezifische Energie, mit einer bestimmten Richtungsempfindung zu reagieren, und dieselbe spezifische Energie kommt einer bestimmten Stelle der anderen Netzhaut zu. Die „identischen Punkte“ sind somit als Punkte identischer Sehrichtung definiert, nicht als Punkte, mit denen man einfach sieht. Fallen umgekehrt die Bilder eines Außenpunktes auf hinreichend disparate Stellen, so entstehen bei jeder beliebigen Augenstellung Empfindungen, die in verschiedener Richtung liegen, also Doppelbilder. In welcher Richtung ein auf identischen Stellen abgebildetes Objekt gesehen wird, dar-

über entscheidet die spezifische Energie dieses Punktepaars nur, insofern die Lage des Gesamtsehfeldes nicht geändert wird; mit anderen Worten: mit jedem Punkt der Einzelnetzhaul und daher mit jedem identischen Punktepaar der Doppelnetzhaul ist innerhalb des gegebenen Sehfeldes die Richtung des Sehobjektes bestimmt und unveränderlich an dieses Punktepaar geknüpft; Änderungen der Sehrichtungen kommen nur vor, wenn das ganze System der Sehrichtungen (das Sehrichtungsbündel) seine Lage ändert, nicht aber sind sie innerhalb des Systems möglich.

---

Hering hat die Hauptgesetze der optischen Lokalisation unter der Voraussetzung des ruhenden Doppelauges entwickelt und diese soll auch in der vorliegenden Darstellung festgehalten werden. Nun ist die Frage, ob der tatsächlich viel häufigere Fall des Sehens mit bewegtem Blick zu wesentlich neuen Lokalisationsgesetzen führt oder ob die hier bestehenden Gesetze sich den für Blickruhe geltenden unterordnen. Von vornherein ist die erstere Möglichkeit durchaus nicht auszuschließen, ja sie wird sogar von der Mehrzahl der Forscher auch heute noch vertreten. Man kann in der Tat der Lehre Herings beipflichten, daß für eine gegebene Augenstellung die Sehrichtungen, in denen uns die einzelnen Dinge erscheinen, Funktionen der einzelnen Netzhautstellen und daher mit diesen unveränderlich verknüpft seien, dabei aber annehmen, daß die Lage des ganzen Sehrichtungssystems von dem Bewußtsein der jeweiligen Augenstellung abhängt und diese letztere durch zentripetal entstandene Empfindungen von dem Kontraktionszustand unserer Augenmuskeln zustande komme. Da wir einen seitlich gelegenen Gegenstand, auch wenn wir ihn fixieren, doch in der Regel auch seitlich gelegen sehen, so können die beiden Foveae keinen unveränderlichen Richtungswert besitzen. Man hätte dann zwei Lokalisationsprinzipien anzunehmen: die Funktionen der Netzhaut für die Lokalisation innerhalb eines gegebenen Sehrichtungssystems und die Muskelempfindungen für die Lokalisation des ganzen Sehrichtungsbündels — diese beiden Prinzipien wären einander koordiniert, d. h. keines auf das andere zurückzuführen.

Hering ist dieser Ansicht nicht gewesen. Unter den Gründen,

die gegen sie sprechen, ist wohl folgender der am meisten entscheidende. Wir sehen die Objekte bei Blickbewegung gewöhnlich in Ruhe. Es muß also ein Faktor bestehen, der die Wirkung der Netzhautbildverschiebungen kompensiert, und zwar genau kompensiert, d. h. mindestens ebenso fein differenziert sein muß, wie es die Ortswerte der Netzhaut selbst sind. Diese Rolle können aber die Muskelempfindungen nicht spielen, da sie uns, falls sie überhaupt bestehen, erfahrungsgemäß höchstens eine sehr grobe Orientierung über die Augenstellung verschaffen. Das ergibt sich aus den schweren Täuschungen, denen unsere Lokalisation unterliegt, sobald sie ohne Kontrolle seitens der Netzhaut lediglich auf dieses Stellungsbewußtsein angewiesen ist. Es sei hier nur auf die scheinbaren Sprünge hingewiesen, die ein isolierter Lichtpunkt im Dunkelraum macht, wenn man ihn intermittierend auftreten läßt — eine Erscheinung, die beweist, daß uns sehr beträchtliche Stellungsänderungen, wenn sie unwillkürlich erfolgen, nicht zum Bewußtsein kommen. Ähnliche Folgerungen ergeben sich aus der Flucht der Objekte beim Drehschwindel, also wieder bei Augenbewegungen, die der Willkür entzogen sind. Umgekehrt zeigen die Scheinbewegungen bei isolierten Lähmungen oder Paresen einzelner Augenmuskeln, daß willkürliche Bewegungsimpulse und nicht die ausgeführten Bewegungen die Grundlage jenes kompensierenden Faktors abgeben müssen. Es wäre naheliegend, diese Erfahrungen dahin zu deuten, daß Innervationsempfindungen die Basis dieser Kompensation abgeben. Hering hat sich anders entschieden. Da bei jeder Willkürbewegung der neue Fixationspunkt als Ziel ins Auge gefaßt werden muß, so kann man offenbar auch die Verlegung des Aufmerksamkeitsortes als die Grundlage jener Umwertung des ganzen Sehrichtungssystems betrachten — und diese Ansicht hat Hering in der Tat vertreten, hauptsächlich weil dadurch die Einführung eines ganz neuen, durch selbständige Beweismittel nicht zu erhärtenden Umstandes, nämlich der Innervationsempfindungen, vermieden und an dessen Stelle ein zweifellos vorhandener gesetzt wird. Man kann aber noch einen weiteren Grund beifügen. „Den Aufmerksamkeitsort verlegen“ besagt, daß der neue Ort schon vor dieser Verlegung vom alten unterschieden war; dieser Unterschied ist also einer, der schon durch den Ortsinn der Netzhaut gegeben sein mußte. Daher kann es nicht

wundernehmen, wenn eine hierauf beruhende Umwertung des Sehrichtungssystems genau so fein differenziert ist, wie es die Ortsempfindungen der Netzhaut selbst sind — und dies war es, was verlangt werden mußte, wenn man die Ruhe der Objekte bei willkürlichen Blickbewegungen erklären wollte. Für die Hypothese der Innervationsempfindungen würde die Frage, warum sie gleich fein differenziert sind wie die Ortswerte der Netzhaut, immer ein neues Problem bleiben, für das man eine eigene Erklärung ersinnen müßte.

Unter diesem Gesichtspunkt stellt sich also die Lokalisation bei bewegtem Blick als ein Problem dar, das durchaus von den Lokalisationsgesetzen bei ruhendem Blick abhängig ist; und der Satz Herings, daß die relativen Raumwerte durch Blickbewegungen nicht geändert werden, ist nur der Ausdruck für diese Abhängigkeit. Wir können uns daher im folgenden auf die Lokalisationsgesetze bei Blickruhe beschränken und zu dem Satze zurückkehren, daß die Sehrichtung eine spezifische Energie ist, die sich ein für alle Male an die gereizte Netzhautstelle gebunden zeigt.

---

Der Projektionslehre widerspricht es bereits, daß ein Außenobjekt doppelt gesehen werden kann; man sieht nicht ein, warum ein solches nicht nach seinen Richtungslinien hinausprojiziert und also in deren Schnittpunkt verlegt werden soll. Tatsächlich mußte eine ziemlich unklare Hilfshypothese erdacht werden, um sich mit diesem Widerspruch irgendwie abzufinden.

Die empirische Ermittlung der identischen Netzhautstellen kann zunächst nur nach dem Kriterium geschehen, durch das sie eben allein definiert sind, dadurch also, daß man bei feststehenden Augen diejenigen Stellen aufsucht, die in bezug auf die Sehrichtung füreinander substituiert werden können (Substitutionsmethode). Geometrisch sind sie dadurch nicht definiert, da man von vornherein nicht wissen kann, ob die Reiz aufnehmenden Endelemente in konstanter oder in wechselnder, vielleicht sogar unregelmäßig wechselnder Dichte über die Netzhäute verteilt sind. Macht man aber die einfache und von der Wahrheit nicht sehr weit abweichende Annahme einer gleichmäßigen Verteilung, so kann man auf jeder Retina ein Netz von Längs- und Querschnitten entwerfen, die durch Drehung von Ebenen um bestimmte

Achsen auf den Netzhäuten entstehen. Man definiert dann solche Längsschnitte als korrespondierend, welche bei gleichsinniger und gleichgroßer Drehung von einer bestimmten Ausgangsstellung aus als Schnittlinien auf den beiden Netzhäuten entstehen, und verfährt ähnlich bei der Definition der korrespondierenden Querschnitte. Da die Achsen, um welche sich diese schnittbildenden Ebenen drehen, durch die beiden mittleren Knotenpunkte gelegt werden, jene Ebenen also immer die Richtungslinien enthalten, durch welche ein Außenpunkt mit seinem Bildpunkt verbunden ist, erfährt man auf diesem Wege, welche Außenpunkte sich auf korrespondierenden Längsschnitten und welche sich auf korrespondierenden Querschnitten abbilden, und daher auch, welche beiden Bedingungen genügen; m. a. W. man ermittelt den für eine bestimmte Augenstellung geltenden Längs-, Quer- und Totalhoropter. Die Ermittlung dieser Gebilde des Außenraumes ist unter der vorhin gemachten Annahme einer homogenen Netzhaut ein rein geometrisches Problem. Helmholtz hat es analytisch, Hering durch die Mittel der projektiven Geometrie gelöst. Man kann also für jede gegebene Augenstellung die sämtlichen Außenpunkte ermitteln, die sich auf Netzhautstellen identischer Sehrichtung abbilden; man bezeichnet ihren Inbegriff gewöhnlich schlechtweg als „Horopter“, meint damit aber den Totalhoropter. Daß die tatsächliche Gestalt des Horopters vom geometrisch ermittelten Horopter etwas abweicht, hat seinen Grund nur darin, daß die Ortsenergien nicht gleichmäßig über die Netzhaut verteilt sind. Für die theoretische Behandlung muß aber von diesem Umstand abgesehen werden; d. h. der empirische Horopter kann nur so behandelt werden, daß man an dem schematischen gewisse Korrekturen anbringt.

Die Eigenschaft, durch die die identischen Stellen charakterisiert sind, besteht nur in der Identität der Sehrichtungen, sagt also noch nichts über die Entfernung, in welcher der so abgebildete Punkt erscheint. Nun zeigt sich, daß, wenn keinerlei störende Umstände vorhanden sind (worüber später Näheres zu sagen ist), d. h. wenn lediglich die angeborenen Energien der Netzhauptelemente wirksam sind, mit einem Paare solcher Stellen nicht nur in derselben Richtung, sondern auch in derselben Entfernung, also im strengsten Sinne einfach gesehen wird; und zwar liegt das entsprechende Sehobjekt in einer durch den Ort des fixierten

Punktes gehenden frontalparallelen Ebene, die Hering als Kernfläche bezeichnet hat und die daher dasjenige Gebilde des Sehraumes ist, das dem Horopter im wirklichen Raume entspricht. Die Kernfläche teilt also den Sehraum in einen vorderen und einen hinteren Abschnitt. Dieses Verhalten stellt eine neue Eigenschaft der identischen Stellen dar, die nicht aus ihrer Grundeigenschaft, der Identität der Sehrichtungen, schon von vornherein abgeleitet werden kann, sondern die sich unmittelbar nur empirisch feststellen läßt. Daß Hering beide Eigenschaften durch ein hypothetisches Zwischenglied miteinander verbunden hat, wird später erwähnt werden und gehört nicht der Beschreibung der Tatsachen selbst an. Natürlich kann man jetzt, nachdem die tatsächliche Koexistenz beider Eigenschaften (Identität der Sehrichtung und Lokalisation in die Kernfläche) festgestellt ist, die identischen Stellen auch auf Grund der zweiten Eigenschaft aufsuchen; man kann also etwa bei horizontaler Blickrichtung und symmetrischer Konvergenz alle die Außenpunkte bestimmen, welche in einer vertikalen und frontalparallelen Ebene erscheinen (in Wirklichkeit im allgemeinen nicht in einer Ebene liegen) — die Netzhautstellen, auf welchen sich diese Punkte abbilden, sind einander paarweise als identische Stellen zugeordnet.

Liegt nun ein Außenpunkt so, daß er nicht dem Horopter (genauer: Querhoropter) angehört, so bildet er sich auf Stellen nichtidentischer Sehrichtung ab, erscheint also doppelt, und zwar wenn er jenseits des Horopters liegt in ungekreuzten Doppelbildern (das linke Halbbild gehört dem linken, das rechte dem rechten Auge an), wenn er diesseits des Horopters liegt in gekreuzten (umgekehrt wie früher). Es ist nun eine Erfahrung von grundlegender Wichtigkeit, auf die Hering mit Recht den größten Nachdruck gelegt hat, daß mit solchen „disparaten“ Netzhautstellen nicht unter allen Umständen, sondern erst wenn die Disparation eine gewisse Größe erreicht hat, doppelt gesehen wird, unterhalb dieser Größe aber einfach. Die Disparation äußert sich dann in der Empfindung darin, daß der einfach gesehene Punkt hinter oder vor der Kernfläche erscheint. Ersteres ist der Fall, wenn die Disparation eine ungekreuzte ist, d. h. bei weiterer Vergrößerung zu ungekreuzten Doppelbildern führen würde, letzteres, wenn sie zu gekreuzten Doppelbildern führen würde. Innerhalb des Gebietes, in welchem mit disparaten Stellen noch einfach ge-

sehen wird, hängt es dann von der Größe der Disparation ab, ob der gesehene Punkt weiter oder weniger weit hinter bzw. vor der Kernfläche erscheint. Es wird also nicht bloß das im Horopter selbst Gelegene einfach gesehen, sondern auch ein beschränktes Gebiet diesseits und jenseits desselben. Darum kann man durch das bloße Merkmal des „Einfachsehens“ die identischen Stellen nicht definieren, wie dies noch Joh. Müller getan hatte; vielmehr liefert dieses Merkmal nicht korrespondierende Punkte sondern korrespondierende „Empfindungskreise“, wie Panum jene engen Bezirke disparater Stellen genannt hat. Innerhalb eines solchen Kreises gibt es dann einen Punkt, der mit einem bestimmten Punkt der andern Netzhaut im strengen Sinne identisch, d. h. von identischer Sehrichtung ist. Das soeben beschriebene Verhalten ist von fundamentaler Bedeutung; denn es begründet die Variabilität unserer Raumeempfindungen nach der dritten Dimension. Die Wahrnehmung der Tiefendimension begegnet ja bekanntlich der großen Schwierigkeit, daß das Empfangsorgan (die Netzhaut) ein flächenhaftes ist und daher nur eine Variabilität des Reizes nach zwei Dimensionen gestattet, daß also auf dem Wege vom Außenobjekt bis zur Empfindung eine Variable verloren geht. Wäre die zweite Netzhaut s. z. s. bloß eine Wiederholung der ersten (wie noch Joh. Müller meinte), so würden die Empfindungen noch immer nach bloß zwei Dimensionen variabel sein: ein Außenpunkt würde sich entweder auf identischen Stellen abbilden, dann würde der Fall derselbe sein, wie wenn eine Netzhaut ein Bild empfinde; oder die Bilder lägen auf disparaten Stellen, dann wäre derselbe Fall gegeben, wie wenn eine Netzhaut von zwei Objekten aus gereizt würde, also zwei Bilder empfinde — kurz die Verteilung auf zwei Netzhäute würde keine neuen Bedingungen schaffen. Selbst ein „unbewußtes Schließen“ könnte höchstens dazu führen, ein Doppelbild auf ein einfaches wirkliches Objekt zu beziehen (indem man sich etwa durch den Tastsinn von der Einfachheit des letzteren überzeugte), nicht aber dazu, das Objekt einfach und näher oder ferner als die Kernfläche zu sehen; der Schluß kann nicht ein Material schaffen, das in den Prämissen noch nicht enthalten war. Anders, wenn ein doppelter Reiz eine einzige Empfindung produziert und diese Reizkombination selber eine Variabilität besitzt; es ist dann nicht anders als wenn das Empfangsorgan selber dreifach ausgedehnt wäre. Darum

ist es nicht richtig zu sagen: wir sehen drei Dimensionen, weil wir zwei Augen haben. Würde jene Tatsache, daß eine Reizkombination eine einzige, und zwar neue Empfindung produziert, nicht bestehen oder, kurz gesagt, würde es keine korrespondierenden Empfindungskreise geben, so würden zwei Augen nicht mehr leisten als ein einziges. Nicht die Parallaxe an sich, sondern das Einfachsehen bei verschieden großer Parallaxe der Bilder ist die Quelle der Tiefenwahrnehmung. Repräsentiert eine Reizkombination einen einzigen Reiz, so ist auch die Annahme gestattet, daß die Ersetzung jedes der beiden Bestandteile durch die Reizung des korrespondierenden Punktes im anderen Auge eine neue Reizkombination darstellt und daher auch einen neuen Empfindungserfolg haben kann. Das ist bekanntlich der Fall, wenn man die beiden Hälften eines Stereoskopbildes vertauscht und dadurch die Umkehrung des Reliefs erzielt. Helmholtz hat diese Tatsache als besonders schlagenden Beweis gegen die Lehre betrachtet, daß die Tiefendimension Sache der Empfindung sei, also vom Reiz aus produziert werde. Wenn man, so meint er, die stereoskopischen Projektionen vertauscht, so erzielt man ja nichts anderes, als daß statt jedes Punktes der einen Netzhaut der identische der andern gereizt wird. Sind also die identischen Punkte füreinander substituierbar, so ist nicht einzusehen, warum bei jener Vertauschung das Relief sich umkehren, das Nähere ferner, das Vertiefte erhaben erscheinen soll. In Wahrheit ist schon die Voraussetzung, deren sich diese Überlegung bedient, unzutreffend. „Substituierbar“ sind zwei identische Punkte in bezug auf ihre Schichtung; in bezug auf den Tiefenwert bei gleichzeitiger Reizung folgt daraus überhaupt nichts und daher folgt auch gar nichts für den Tiefenwert irgendeiner anderen (also z. B. disparaten) Reizkombination. Eine solche Kombination stellt einen, und zwar neuen Reiz dar. Welche Empfindung dieser produziert, läßt sich aus der Identitätslehre überhaupt nicht ableiten. Bezeichnet man also mit  $a_l$  und  $b_l$  zwei Punkte der linken, mit  $a_r$  und  $b_r$  die zugehörigen „identischen“ Punkte der rechten Netzhaut, so läßt sich aus der Identitätslehre überhaupt nicht ableiten, was geschehen wird, wenn man  $a_l$  und  $b_r$  reizt; und es läßt sich ebensowenig entscheiden, ob die Reizkombination  $a_l b_r$  dieselbe oder eine andere Empfindung ergeben wird wie  $a_r b_l$ . Es sind neue Erfahrungen nötig, die ergeben, daß hier überhaupt eine einzige

Empfindung resultieren kann und nicht deren zwei; und abermals neue Erfahrungen, die lehren, daß jene beiden Kombinationen verschiedene Tiefenempfindungen ergeben, die gekreuzte Disparation eine andere als die ungekreuzte.

Man könnte mit viel größerem Rechte behaupten, daß die Umkehrung des Reliefs der empiristischen Theorie unüberwindliche Schwierigkeiten macht. Wenn man aus den zwei — dieser Theorie zufolge raumlosen — Empfindungen, die durch Reizung von  $a_l$  und  $b_r$  entstehen, erst auf dem Wege der Projektion nach Richtungslinien die Lage des Außenobjekts erschließen soll, dann muß man sie nicht bloß überhaupt unterscheiden, sondern die eine muß auch als Empfindung des linken, die andere als solche des rechten Auges charakterisiert sein; sonst würde diese Empfindungskombination nicht ein anderes Resultat erschließen lassen als die Kombination  $a_r b_l$ . Nun haben aber Untersuchungen, die auf Herings Veranlassung in Leipzig durchgeführt wurden, zu dem (schon früher vermuteten und auch von Helmholtz angenommenen) Ergebnis geführt, daß man — sekundäre Hilfsmittel abgerechnet — aus der Empfindung selbst nicht entnehmen kann, ob sie von einem links- oder rechtsäugigen Reiz her stammt. Es würden also zwei Paare von Richtungslinien zur Verfügung stehen, die natürlich verschiedene Schnittpunkte haben, und die Empfindungen selbst würden uns gerade dieser Theorie zufolge gar keine Mittel in die Hand geben zu entscheiden, welches der beiden Paare wir zur Projektion benützen sollen. Die Umkehrung des Reliefs wendet sich also in schlagender Weise gegen die empiristische Theorie selbst. Sie wendet sich — nebenbei bemerkt — überhaupt gegen alle jene, auch in neuerer Zeit wieder vertretenen Ansichten, die die Parallaxe nicht als Reiz-, sondern als Empfindungskombination auffassen, aus der man erst auf Grund von Erfahrungen, Assoziationen u. dgl., kurz auf indirektem Wege zur Tiefenlokalisation gelange.

Die Art, wie das Zustandekommen der Tiefenlokalisation soeben entwickelt wurde, ist durchaus frei von Hypothesen und nur ein Ausdruck der Tatsachen selbst. In der Gesamtdarstellung des optischen Raumsinnes, wie sie Hering im Hermannschen Handbuch gegeben hat, hat er diese hypothesenfreie Form gewählt; und sie läßt sich wählen, sofern man eine Kombination zweier disparater Reize innerhalb des „korrespondierenden Emp-

findungskreises“ als einen neuen Reiz auffaßt und, wie Panum, von einer „Empfindung der Parallaxe“ spricht. Ein weiteres „Erklären“ ist dann der Natur der Sache nach ebenso ausgeschlossen wie es ausgeschlossen ist zu erklären, warum Licht von bestimmter Wellenlänge gerade die Empfindung Rot, Schallwellen von der Schwingungsfrequenz 435 gerade den Ton a hervorrufen.

Allein die wahre Ansicht Herings ist es nicht gewesen, daß hier eine letzte, nicht weiter zurückführbare Tatsache vorliege — es wäre ja auch eine künstliche Begrenzung, wenn man das Sehen mit disparaten Netzhautstellen auf die Fälle des Einfachsehens einschränken und sich um die Lokalisation der Doppelbilder nicht kümmern würde. Und zudem muß auch der Tatsache Rechnung getragen werden, daß es durch Übung gelingt, auch mit solchen disparaten Stellen, mit denen man im Zustand mangelnder Übung einfach gesehen hatte, nunmehr doppelt zu sehen, also den korrespondierenden Empfindungskreis einzuengen.

Hering hat in den „Beiträgen zur Physiologie“ eine Theorie entwickelt, welche die Tiefenlokalisierung des mit disparaten Stellen einfach Gesehenen noch weiter zurückführt, zugleich aber von der Lokalisation des nicht einfach Gesehenen Rechenschaft gibt und sich überdies auch mit jenem oben erwähnten Einfluß der Übung auseinandersetzt. Allerdings ist sie nicht mehr frei von hypothetischen Elementen.

Die Grundzüge dieser Theorie sind am leichtesten zu entwickeln, wenn man sich auf die in der Blickebene gelegenen Objekte beschränkt und den scheinbaren Ort des fixierten Objektes als Nullpunkt der Tiefendimension auffaßt. Letzteres ist eine terminologische Festsetzung, ebenso wie es eine solche ist, alle näheren Sehobjekte mit negativen, alle ferneren mit positiven Tiefenkoordinaten auszustatten. Man denke sich nun, daß jede Stelle der einzelnen Netzhaut bereits einen bestimmten Tiefenwert (immer bezogen auf jenen Nullpunkt) besitzt, und zwar alle Punkte der inneren (nasenwärts der Fovea gelegenen) Netzhaut einen positiven oder Fernwert, alle Punkte der äußeren (schlafenwärts gelegenen) einen negativen oder Nahwert, so zwar, daß beide Tiefenwerte um so größer werden, je weiter die Netzhautstelle von der Fovea abliegt, so würde das heißen, daß schon mit einer Netzhaut nach der Tiefe verschieden lokalisiert wird, jedoch so, daß jede

Netzhautstelle ihren (relativ zum fixierten Punkt) unveränderlichen Tiefenwert besitzt, gleichgiltig, in welcher wirklichen Entfernung der Außenpunkt liegt, der sich auf dieser Stelle abbildet. Wählt man also außer dem fixierten Punkt einen zweiten Punkt so, daß er sich z. B. linksseitig auf der äußeren, rechtsseitig auf der inneren Netzhaut abbildet, und zwar mit so großer Disparation, daß die Doppelbilder deutlich getrennt gesehen werden (was man erreicht, wenn man einen Punkt wählt, der rechts oder links vom fixierten, aber beträchtlich näher oder ferner als dieser liegt), so so muß das Halbbild des linken Auges näher, das des rechten ferner erscheinen als der fixierte Punkt. Hering hat großes Gewicht darauf gelegt, daß der Versuch dies bestätigt; Hauptbedingung ist allerdings absolut ruhige Kopf- und Augenstellung und natürlich auch Ruhelage der beiden Objekte, des fixierten und des seitlichen, ferner Ausschluß aller sonstigen Störungen der Lokalisation (worüber später). Es gibt also auf der Doppelnetzhaut Stellen identischen Tiefenwertes, ebenso wie es Stellen identischer Sehrichtung gibt; die ersteren liegen aber symmetrisch zu den beiden Foveae, gehören also beide der inneren oder beide der äußeren Netzhaut an, während die Stellen identischer Sehrichtung gleichsinnig zu den beiden Foveae liegen, also beide der rechten oder beide der linken Netzhauthälfte angehören. Daraus folgt — beiläufig bemerkt —, daß nur die Foveae selbst Stellen identischer Sehrichtung und zugleich solche identischen Tiefenwertes sind. Bildet sich ein Außenpunkt auf irgendwelchen anderen Stellen identischer Sehrichtung ab, so hat notwendig die eine Stelle positiven die andere negativen Tiefenwert, während die Richtung des Gesehenen dieselbe sein muß. Nun könnte man von vornherein glauben, daß in diesem Falle zwei Objekte in derselben Richtung, aber in verschiedener Entfernung gesehen werden müßten, das eine diesseits das andere jenseits der Kernfläche. Das widerspräche der Identitätslehre gar nicht; und in der Tat kann man anscheinend den Fall oft genug beobachten, daß zwei Objekte in derselben Richtung aber in verschiedenen Entfernungen gesehen werden. Allein mit dieser Ausdrucksweise sind jene Fälle doch nur sehr oberflächlich und mißverständlich beschrieben. Man sieht einen „Gegenstand“ hinter dem anderen, wenn beide verschiedene Gestalt oder Größe haben, so daß also nur ein Teil des einen vom andern (oder auch nur von einem Teil des andern)

gedeckt wird; die nicht gedeckten Teile können dann über die Lokalisation des ganzen „Gegenstandes“ entscheiden und es kann hier von später zu besprechenden Momenten abhängen, welchen „Gegenstand“ man ferner, welchen man näher sieht. Es müssen also Anlässe vorhanden sein die Gegenstände auf Grund ihrer inneren Zusammenhänge, an denen ja auch die nichtgedeckten Teile partizipieren, in zwei zu trennen; auch die verschiedene Färbung der nichtgedeckten Teile hat an diesen inneren Zusammenhängen und damit an der Trennung entscheidenden Anteil. Wenn man aber alle derartigen Faktoren ausschließt, wenn man z. B. nur Flächen von genau derselben scheinbaren Gestalt und Größe verwendet oder mit feinsten vertikalen Linien arbeitet, so wird das, was auf identischen Stellen sich abbildet, nicht nur in derselben Richtung, sondern auch in derselben Entfernung, also im strengsten Sinne einfach gesehen. Da die Halbbilder aber auf Stellen entgegengesetzten Tiefenwertes liegen, so scheint die Annahme Herings zwingend, daß aus beiden Tiefenwerten ein einziger von der Größe des arithmetischen Mittels sich ergebe. Für identische Stellen, die ja gleiche Tiefenwerte von entgegengesetztem Vorzeichen haben, resultiert der Tiefenwert Null: das Sehobjekt erscheint in der Kernfläche selbst. Sind hingegen die Netzhautstellen disparat, so ist das arithmetische Mittel von Null verschieden und hat, wie eine einfache Überlegung zeigt, positives Vorzeichen bei ungekreuzter, negatives bei gekreuzter Disparation. Von einem arithmetischen Mittel der Tiefenwerte zu sprechen hat natürlich dann keinen Sinn, wenn die Doppelbilder getrennt gesehen werden; und das ist stets der Fall, wenn der Bereich des korrespondierenden Empfindungskreises überschritten wird. Insofern bleibt die obige Darstellung (S. 68 ff.) des Sachverhaltes zu Recht bestehen. Nur in einer Beziehung entspricht sie nicht ganz der Ansicht Herings. Man könnte nämlich geneigt sein, sich unter jenem korrespondierenden Empfindungskreis einen bloß anatomisch begründeten und daher scharf begrenzten Bezirk zu denken, etwa ähnlich wie sich E. H. Weber die Empfindungskreise der Haut vorgestellt hat. Das ist Herings Ansicht nicht; und schon die Tatsache, daß durch Übung eine Sonderung des ehemals einfach Gesehenen erzielt werden kann, spricht dagegen. Hering hat vielmehr angenommen, daß es überall, wo eine solche Sonderung nicht statthat, zu einer Art binokularen Mischung der

beiden Tiefenwerte komme, analog der binokularen Farbenmischung. In der Tat ist eine derartige Annahme kaum zu vermeiden; denn wenn wir die beiden Sehobjekte wegen der großen Ähnlichkeit ihrer scheinbaren Orte nicht mehr als zwei zu erkennen vermögen, so ist ja damit schon gesagt, daß wir an Stelle der zwei Entfernungen, die wir im Falle der Sonderung sehen würden, nur eine einzige sehen; ein Komplex von Tönen hat für uns auch nur eine Intensität, wenn wir sie gar nicht sondern, sie vielmehr nur als Klangfarbe eines Tones hören, obzwar wir bei erlangter Übung die Analyse in mehrere Töne und daher auch in mehrere Intensitäten zu vollziehen vermögen. Es kann also nicht verwundern, wenn im Grenzgebiete des korrespondierenden Empfindungskreises die Ortsdaten ein ähnliches Verhalten zeigen wie die Intensitäten im angezogenen Beispiel.

Werden die Halbbilder aber gesondert wahrgenommen (wie das bei Überschreitung des korrespondierenden Empfindungskreises stets der Fall ist), so zeigen sie tatsächlich diejenige Tiefenlage, die ihnen vermöge der Lage der Netzhautbilder zukommt. Fallen also letztere z. B. beide auf die äußeren Netzhauthälften, so erscheinen die Doppelbilder beide näher als der fixierte Punkt; fallen beide Bilder auf die inneren Hälften, dann erscheinen die Doppelbilder ferner. Die dritte Möglichkeit, daß das eine Bild auf die äußere, das andere auf die innere Netzhauthälfte fällt, ist schon oben (S. 73) besprochen worden.

Der Fall der getrennt gesehenen Doppelbilder hat noch eine für die Theorie besonders interessante Seite. Wenn sich ein Außenpunkt auf disparaten Stellen abbildet, so heißt das ja nicht, daß auf der zu jeder von ihnen identischen Stelle der andern Netzhaut gar keine Erregung stattfindet, etwa so wie wenn nur die beiden disparaten Stellen allein da wären, alle übrigen aber fehlten. Licht fällt bei offenen Augen auch auf die den beiden disparaten zugehörigen identischen Stellen; und selbst wenn dies nicht der Fall wäre, sind doch die autonomen Erregungen vorhanden — das Sehfeld ist immer in seiner Gänze mit Qualitäten besetzt. Läßt man also etwa einen weißen Faden vor andersfarbigem Hintergrund in Doppelbilder zerfallen, so ist doch jedem Fadenhalbbild des einen Auges ein Stück vom Hintergrund im anderen Auge als identisch zugeordnet, wenn sich dieser Teil des Sehfeldes auch nicht von seiner Umgebung abhebt. Es entspricht also jedem

monokularen Fadenbild zwar kein identisches „Bild“, wohl aber ein Stück des andersfarbigen Hintergrundes; es werden also identische Stellen qualitativ verschieden gereizt und damit sind die Bedingungen gegeben, unter denen Wettstreit bzw. binokulare Farbenmischung eintreten kann. Diese beiden längst bekannten Erscheinungen sind bisher nur als Farbenphänomene, d. h. nur mit Bezug auf ihre qualitative Seite studiert worden. Man weiß, daß im allgemeinen eine zwischen den beiden monokularen Farben liegende Mischfarbe auftritt, die bald der einen bald der andern Komponente näher liegt, unter günstigen Umständen die Mitte halten, unter anderen Umständen aber der einen Komponente so nahe liegen kann, daß sie schwer oder gar nicht von ihr unterschieden wird, und daß bei längerer Betrachtung diese verschiedenen Verhaltensweisen zeitlich wechseln können („Phasen des Wettstreites“). Man weiß aber auch, daß das Auftreten von Grenzlinien in einen der monokularen Felder dieser Komponente ein Übergewicht verschafft, ja günstigsten Falles ihr zum „Sieg“ verhelfen kann („Prävalenz der Konturen“). Der allgemeinere Fall der Mischung vollzieht sich niemals so, wie wenn beide Reize auf dieselbe Stelle einer und derselben Netzhaut wirken würden, also niemals im Sinne einer Summierung, sondern immer so, daß der eine Reiz nur auf Kosten des andern wirksam wird; daher gestalten sich die Grenzfälle so, wie wenn nur eine einzige von den beiden Komponenten vorhanden wäre, der Fall einer mittleren Farbe so, wie wenn sich jeder Einzelreiz nur mit der Hälfte seines Betrages an dem Ergebnis beteiligen würde („komplementärer Anteil der beiden Netzhäute“). Hering hat nun diese Erfahrungen aus dem qualitativen auf das lokale Gebiet übertragen, nämlich auf die Tiefenwerte der beiden Netzhautstellen. Das Fadenbild siegt im allgemeinen über den dem Hintergrund angehörig korrespondierenden Streifen der andern Netzhaut und wird daher nur entsprechend den Tiefenwerten der einen Netzhaut lokalisiert — was natürlich auch vom Fadenbild des anderen Auges gilt. Es macht sich also die „Prävalenz der Konturen“ auch lokalisatorisch bemerkbar. Darauf ist u. a. die schon von Hering beobachtete Tatsache zurückzuführen, daß bei gleicher Parallaxe die Bildschärfe das Tiefensehen fördert. Wie es aber beim farbigen Wettstreit Phasen gibt, in denen die eine Komponente trotz aller Konturen teilweise oder ganz in der andern untergeht, so gilt

Ähnliches von den Tiefenwerten korrespondierender Stellen: auch hier können Phasen auftreten, in denen sich beide einzelne Tiefenwerte mit verschiedener, und zwar wechselnder, aber immer komplementärer Quote an dem einheitlichen Resultate beteiligen; und in dem speziellen Falle, daß beide Quoten gleich (aber natürlich dem Vorzeichen nach entgegengesetzt) sind, würde der Tiefenwert Null resultieren, d. h. die Doppelbilder des Fadens würden in der Kernfläche liegen. Die Tatsachen sprechen zweifellos zugunsten dieser Auffassung. Die Lokalisation der Doppelbilder entspricht zwar meistens dem Mittel aus den Tiefenwerten der beiden getroffenen Netzhautstellen; aber sie hat einen sichtlich labilen Charakter. Man kann, namentlich bei dauernder und fest fixierender Beobachtung, gekreuzte Doppelbilder gelegentlich in die Kernfläche zurückweichen sehen, manchmal sogar hinter diese; ihr Verhalten zeigt eben die Labilität aller Wettstreitsphänomene. Selbst dann, wenn die Disparation noch nicht so groß ist, daß ein deutlicher Zerfall in Doppelbilder eintritt, hat man beobachtet, daß die Lokalisation der binokularen Verschmelzungsbilder nicht immer sofort ihre endgültige Gestalt erlangt, daß es vielmehr manchmal einer gewissen Zeit bedarf, um ein stereoskopisches Verschmelzungsbild „richtig“ zu sehen. So sicher es nun ist, daß bei Ungeübten häufig eine gewisse Zeit vergehen muß, bis sie überhaupt erst die richtige Stellung der Gesichtslinien finden, daß ferner bei Stellungsanomalien und Motilitätsstörungen oft erst die korrigierenden Fusionsbewegungen abgewartet werden müssen, so zeigt sich doch auch beim Mangel derartiger störender Umstände häufig, daß der volle stereoskopische Effekt einer gewissen Entwicklungszeit bedarf. Unter dem Gesichtspunkt eines Tiefenwettstreites rückt diese Tatsache unserem Verständnis bedeutend näher, und zwar um so mehr als die Annahme monokularer Tiefenwerte bei getrennt gesehenen Doppelbildern ohnehin kaum zu vermeiden ist. Jedenfalls empfiehlt sie sich besser als die unklaren Hypothesen von einer verschiedenen psychischen Ausnützung der Querdisparation, wie sie in neuerer Zeit mehrfach versucht worden sind. Versteht man unter letzterem Ausdruck nur dies, daß dieselbe Disparation als Reiz nicht immer ihren vollen Effekt in der Empfindung erreicht, so ist damit gegenüber der Annahme eines Tiefenwettstreites nichts Neues gesagt. Meint man aber, die disparaten

Einzelbilder kämen immer getrennt zum Bewußtsein und dieses letztere müsse erst irgendeine Tätigkeit des Deutens, Schließens u. dgl. an sie knüpfen, so spricht die Umkehrung des Reliefs, zusammengehalten mit der Tatsache, daß man rechts- und links- äugige Eindrücke nicht als solche unterscheiden kann (siehe oben S. 71) in schlagender Weise gegen eine derartige Auffassung. Jedenfalls ist es auch hier unumgänglich nötig, die Gesamtheit der Lokalisationsphänomene im Auge zu behalten und nicht an einzelnen die hypothesenbildende Phantasie zu betätigen.

Auch daß das Spiel der Aufmerksamkeit die Lokalisation der Doppelbilder beeinflussen kann, wird nicht wundernehmen, da doch auch der qualitative Wettstreit bis zu einem gewissen Grade von der Aufmerksamkeit beeinflußt werden kann. Man wird sich, kurz gesagt, vorstellen müssen, daß die beiden Einzel- erregungen mit einem, auch von ihrem Gewichte abhängigen Betrag in die Bildung des arithmetischen Tiefenmittels eingehen. Wie im Falle des Grenzkontrastes die Konturen durch das größere Gewicht der angrenzenden Erregungsprozesse qualitativ, also der Farbe nach, prävalieren, so prävalieren sie auch ihren Tiefen- werten nach über gleichmäßige, nichtkonturierte Flächen. Und wo es, wie bei der Aufmerksamkeit, aus irgendwelchen Ursachen zu Schwankungen des Gewichtes kommt, werden Schwankungen im Werte des resultierenden Tiefenmittels die natürliche Folge sein.

Jedenfalls bedeutet die Ansicht Hering's, daß die Tiefenwahr- nehmung des binokular einfach Gesehenen ein Mischphänomen sei, kein Abgehen von der Lehre, daß sie der Empfindung selbst eigen ist, also keine Konzession an empiristische Anschauungen. Denn nicht ein psychisches Resultat aus psychischen Kompo- nenten liegt vor, sondern ein solches aus (physiologischen) Er- regungskomponenten; und daran ändert die Tatsache nichts, daß Übung unter Umständen bewirken kann, daß zwei Erregungen zu gesonderten Empfindungen führen können, die ohne Übung zu einer einzigen führen. Ebenso bleibt natürlich auch der Satz be- stehen, daß die Tiefenvariabilität Sache der Binokularparallaxe ist und nur durch das Einfachsehen innerhalb des korrespon- dierenden Empfindungskreises zustande kommt. Denn die von Hering angenommenen Tiefenwerte der Einzelnetzhaute für sich genommen würden es niemals ermöglichen einen Außenpunkt, der sich nähert oder entfernt, aber auf derselben Netzhautstelle

abbildet, in wechselnder Entfernung zu sehen. An der Auffassung des binokularen Sehaktes ändert sich also gar nichts, ob man das parallaktisch Abgebildete als einfachen Reiz oder als Doppelreiz auffaßt; er produziert jedenfalls ein einfaches Tiefendatum, falls sich die Parallaxe innerhalb gewisser Grenzen hält. Der Unterschied liegt nur darin, daß nach der einen Auffassung dem monokularen Sehen ursprünglich gar keine Tiefendaten, daß ihm aber nach der andern, von Hering vertretenen, relativ zur Kernfläche invariante Tiefendaten zukommen. Die letztere Auffassung empfiehlt sich darum mehr, weil sie auch dem Verhalten der getrennt gesehenen Doppelbilder sowie dem Einflusse der Übung Rechnung trägt.

Herings soeben skizzierte Theorie betrachtet das Tiefensehen als unmittelbare Reaktion der Sehsubstanz auf binokulare Reize. Sie ist als „nativistisch“ bezeichnet worden und hat diesen Namen behalten, trotzdem sich ihr Autor gegen diese Bezeichnung ausdrücklich verwahrt hat. Abgesehen nämlich davon, daß dieser Ausdruck leicht zu dem Gedanken einer a priori gegebenen Raumanschauung, etwa im Sinne Kants, leiten könnte — eine Ansicht, von der Hering so weit wie nur möglich entfernt war — ist er auch darum irreführend, weil er die Meinung erwecken könnte, Hering habe den Erfahrungen des individuellen Lebens gar keinen Einfluß auf unsere optische Lokalisation eingeräumt. In Wahrheit trifft das Gegenteil zu: Hering hat die Einflüsse ausführlich erörtert, welche die Linearperspektive, die Luftperspektive, die Verteilung von Licht und Schatten, die partielle Deckung eines Gegenstandes durch den andern, die Bekanntheit mit den wirklichen Größenverhältnissen, kurz die sog. „empirischen Lokalisationsmotive“ auf unser räumliches Sehen ausüben. Die Art aber, wie er sich diese Beeinflussung dachte, ist allerdings grundverschieden von jener der sog. „empiristischen“ Theorien und darf keineswegs als eine Konzession zugunsten der letzteren aufgefaßt werden. Zwei Punkte sind es vor allem, die Herings Ansicht vom Einfluß der Erfahrung auf die Lokalisation kennzeichnen. Erstens denkt er sich die Wirkung von Erfahrungen als Umstimmungen der Sehsubstanz, die machen, daß letztere durch denselben Reiz zu anderen Reaktionen veranlaßt wird, als sie es würde, wenn eine solche Umstimmung nicht erfolgt wäre; er denkt sie sich also ähnlich wie die qualitative Umstim-

nung bei der Adaptation: es ist eine veränderte Sehsubstanz, die reagiert. Damit ist gesagt, daß die Wirkung früherer Erfahrungen den Reizwirkungen durchaus gleichwertig ist, also die anschauliche Lokalisation genau so mitbestimmt wie die letzteren es tun. Nicht ein bloß abstraktes Wissen von den wirklichen Raumverhältnissen wird durch die empirischen Lokalisationsmotive erzielt, sondern ein verändertes räumliches Sehen. Wenn wir einen perspektivisch richtig gezeichneten Würfel plastisch sehen, so liegt der Fall durchaus anders, als wenn wir die Eisenbahnschienen konvergieren sehen, gleichzeitig aber von ihrem wirklichen Parallelismus überzeugt sind. Letztere Überzeugung ändert nichts an dem sinnlichen Konvergenzeindruck.

Der zweite charakteristische Umstand liegt aber darin, daß sämtliche empirischen Lokalisationsmotive sekundär sind, d. h. daß keines Tiefenempfindung produzieren würde, wenn eine solche nicht schon früher, und zwar aus der primären Quelle der binokularen Parallaxe stammend, vorhanden gewesen wäre. In bezug auf die sinnliche Anschaulichkeit der Wirkung sind also die sekundären Momente den primären gleichwertig, genetisch aber sind sie es nicht. In der neueren Psychologie wird vielfach der Begriff der assimilativen Assoziation verwendet; gemeint ist damit eine Assoziationswirkung, die nicht darin besteht, daß zu einem vom Reiz aus erzeugten Inhalt neue Inhaltsbestandteile hinzugefügt, der erstere aber ungeändert gelassen, sondern daß dieser unter Umständen geändert und so irgendeinem früheren angeglichen wird. Primär, also ohne Erwerbung im individuellen Leben, gäbe es eine solche Assoziationswirkung natürlich nicht; ist aber der assoziative Verband einmal erworben, dann wirkt er gleichwertig wie ein Reiz. Ähnlich hat man sich die Verhältnisse in unserem Falle zu denken. Ein Gegenstand kann einen andern partiell decken; dieser Umstand für sich würde sich aber in der Empfindung nur qualitativ äußern, indem z. B. die gleichmäßige Färbung einer Fläche unterbrochen wird oder aus einem gewohnten räumlichen Zusammenhang ein Stück ausfällt. Für sich genommen würde uns dieses Verhalten nur dazu führen können zu schließen, daß in Wirklichkeit der unterbrochene Gegenstand ferner liegt als der unterbrechende; er würde nicht bewirken können, daß wir den einen ferner sehen als den andern. Findet hingegen diese partielle Deckung bei zwei Gegenständen statt,

So

von denen der eine infolge der Parallaxenwirkung näher gesehen wird als der andere, und sind solche Fälle häufig genug vorgekommen, um eine feste Assoziation zwischen beiden Momenten zu bilden, so genügt später die partielle Deckung allein, um einen sichtbaren Tiefenunterschied hervorzurufen. Darum nennt man dieses Lokalisationsmotiv sekundär; empirisch aber wird es genannt, weil frühere Erfahrung an sonst bekannten, nicht unterbrochenen Gegenständen erforderlich ist, um die Teile der unterbrochenen als zusammengehörig zu betrachten. Wenn man einen Menschen hinter einem Schlagbaum stehen sieht, der ihn sozusagen in zwei Teile zerschneidet, so ist die Bekanntschaft mit der menschlichen Gestalt nötig, um zu wissen, daß zum Rumpf auch Beine gehören. Daraus allein würde sich aber nur die Kenntnis ergeben, daß der wirkliche Mensch hinter dem wirklichen Schlagbaum steht. Daß er auch hinter ihm gesehen wird, ist nur dadurch möglich, daß man solche Unterbrechungen oft genug in Fällen erfahren hat, in denen die Binokularparallaxe es ermöglichte, den einen Gegenstand auch ferner zu sehen als den anderen. Ähnlich ist die Wirklichkeit aller anderen empirischen Lokalisationsmotive zu fassen. Wenn daher die letzteren eine Tiefenvariabilität auch bei monokularem Sehen ermöglichen, so kann dies nur auf der Basis früherer binokularer Sehkraft geschehen, sofern es sich wirklich um ein Sehen von Entfernungsunterschieden handelt und nicht bloß um ein Wissen über die Entfernungsunterschiede der wirklichen Objekte. Das zweckmäßige motorische Verhalten von Geburt aus Einäugiger, wenn sie Gegenstände richtig ergreifen oder Hindernissen ausweichen, beweist nichts für ihr Tiefensehen. Es genügt die Annahme, daß sie ihre Bewegungen jenen sekundären Daten richtig anpassen und in diesem Sinne über die Lage der wirklichen Objekte orientiert sind. An eine Befragung zu denken, ob solche Menschen Tiefenunterschiede sehen oder bloß um sie wissen, hieße so viel, als jemandem die Entscheidung einer Alternative zumuten, deren eines Glied er wahrscheinlich überhaupt nicht kennt.

Wie man sich diese anschauliche Modifikation von Raumdaten durch Einflüsse, die für sich genommen doch nur die Qualität (Farbe und Helligkeit) bestimmen, zu denken hat, ist selbst ein Problem, das bisher viel zu wenig Beachtung gefunden hat. Einen Schritt zum näheren Verständnis hat Hering durch Ver-

suche getan, die sozusagen eine Umkehrung der vorhin erwähnten Sachlage darstellen. Wenn man zweien Flächen durch verschiedenen Abstand von der gemeinsamen Lichtquelle verschiedene objektive Lichtstärken gibt, so daß sie also verschieden hell erscheinen sollten, so kann man diese Helligkeitsdifferenz beträchtlich herabdrücken, ja ganz zum Schwinden bringen, falls man den Versuch binokular macht und so einrichtet, daß die beiden Flächen für den Beobachter einen möglichst deutlichen Entfernungsunterschied zeigen. Macht man aber den Versuch monokular, sorgt man ferner durch andere Vorkehrungen (unmittelbares Aneinandergrenzen der beiden Flächen, Beobachtung durch eine Röhre, deren Gesichtsfeld halb von der einen, halb von der anderen Fläche ausgefüllt wird) dafür, daß der Entfernungsunterschied dem Beobachter ganz verschwindet, so erscheinen die beiden Flächen in der vollen, durch ihre verschiedene Lichtstärke bedingten Helligkeitsdifferenz. Gelingt es hierbei nicht, den scheinbaren Entfernungsunterschied gänzlich zu beseitigen, so wird auch der Unterschied der Lichtstärke nur teilweise wirksam. Kurz, es ist so, wie wenn der letztere seine Wirksamkeit auf Qualität und Ort der Empfindung aufteilen, also die eine Variable um so stärker beeinflussen würde, je weniger er die andere beeinflußt. Diese von Hering zuerst beobachtete Tatsache bildet offenbar das Gegenstück zu der viel bekannteren Erscheinung, daß man durch Variierung der Helligkeitsdifferenz den Unterschied der scheinbaren Entfernung variieren kann. Beide Fälle erscheinen aber als Äußerungen einer höheren Stufe von Gesetzmäßigkeit — und darin liegt die Wichtigkeit des oben mitgeteilten Versuches.

Die Wirkungsweise der „empirischen Lokalisationsmotive“ muß exakt beschrieben werden; man darf sich nicht begnügen mit der allgemeinen Redensart, die „Erfahrung“ übe einen Einfluß auf unsere Lokalisation aus, ohne zu sagen, was hier „Erfahrung“ heißt. Bei einer so allgemeinen und vagen Formulierung würde es sich sofort zeigen, daß „Erfahrung“ die Lokalisation, wie sie vom Reiz aus bestimmt ist, bald in weitem Maße modifiziert, bald gänzlich außerstande ist, sie irgendwie zu ändern. Es liegen ja auch für das letztere Verhalten genügend Beispiele vor, und man konnte gerade an der Hand zahlreicher unkorrigierbarer „Täuschungen“ darauf hinweisen, daß Erfahrungen, die wir über die wirklichen räumlichen Verhältnisse machen, vielfach außer-

stande sind, das abweichende Verhalten der optischen Raumbilder korrigierend zu beeinflussen, also die Täuschung rückgängig zu machen. Es ist bekannt, welche weitgehende Schlüsse Helmholtz gerade aus Tatsachen dieser letzteren Art gezogen hat. Wenn Erfahrung — so argumentierte er — nicht imstande ist, das in der Empfindung Gegebene zu modifizieren, wenn sich aber andererseits die „empirischen Lokalisationsmotive“ doch zweifellos als einflußreich erweisen, so kann das, was durch sie modifiziert wird, kein Datum der Empfindung sein, sondern muß selbst als Produkt einer erfahrungsmäßigen Erwerbung angesehen werden; denn durch Erfahrung kann zwar Erfahrung, nicht aber Empfindung überwunden werden. Modifiziert also z. B. die Linearperspektive oder die Schattenverteilung ein in der Ebene der Leinwand dargestelltes Bild so, daß es plastisch wirkt, so kann auch der ebene Eindruck, wie er ohne diese Mittel entstünde, nicht Sache der Empfindung, sondern nur Produkt einer Auslegung, Deutung, kurz eines (wenn auch unbewußten) Schlusses sein. Der Fehler der Argumentation liegt darin, daß jenes Prinzip der Unüberwindbarkeit der Empfindung durch „Erfahrung“ aus Tatsachen gewonnen ist, die prinzipiell andersartig sind als diejenigen, auf die es angewendet wird, so daß eine Gleichartigkeit beider Tatsachengebiete nur durch den Doppelsinn des Wortes „Erfahrung“ vortäuscht wird. Wenn wir von einer Täuschung sagen, sie werde durch Erfahrung nicht beseitigt, so meinen wir mit „Erfahrung“ ein Wissen von den wirklichen Verhältnissen, das uns durch verstandesmäßige Kombination andersartiger Sinneswahrnehmungen (die nicht einmal optischer Natur zu sein brauchen) zuteil geworden ist — Meßerfahrungen gehören z. B. hierher. Durch diese „Erfahrungen“ wird tatsächlich ein Empfindungsdatum nicht überwunden: es hilft nichts die Lotabstände der Schienen eines Geleises zu messen und sich von ihrer Gleichheit zu überzeugen — die Schienen sehen trotzdem konvergent aus. Dort aber, wo sich die Erfahrung als modifizierender Faktor erweist, heißt „Erfahrung“ nicht „Kenntnis von den wirklichen räumlichen Verhältnissen“ (von denen wir ja gar nichts zu wissen brauchen), sondern bedeutet die assoziative Erzeugung eines Empfindungseffektes, der in früheren Erlebnissen ohne Assoziation, also unmittelbar durch Reizwirkung, hervorgebracht wurde. Nennt man nun in Bausch und Bogen alles das „erfahrungsmäßig erworben“,

was nicht Produkt des gegenwärtigen Reizes allein ist, so kann freilich die Meinung entstehen, daß die zwei, so grundsätzlich verschiedenen Tatsachen im selben Sinne Fälle von „erfahrungsmäßiger Erwerbung“ seien. In Wahrheit aber wird hier ein richtiger Obersatz auf Fälle angewendet, die ihm gar nicht untergeordnet sind.

Es ist allerdings richtig, daß die Erfahrung im Sinne einer assoziativen Nachwirkung primärer Reizeffekte unsere Lokalisationen in bessere Übereinstimmung mit den wirklichen Raumverhältnissen bringt, als dies ohne diesen Faktor der Fall wäre; und daher mag vielleicht jene irrige Meinung stammen, daß es sich auch hier nur um ein nachwirkendes Wissen von den wirklichen Raumverhältnissen handle. Allein diese Auffassung verkehrt Ursache und Wirkung. Nicht weil wir die wirklichen Raumverhältnisse auf Grund von anderen, z. B. von Meßerfahrungen, kennen, modifizieren wir unsere Lokalisationen so, daß sie mit der Wirklichkeit besser übereinstimmen. Vielmehr ist das Verhältnis dieses: die wirklichen räumlichen Positionen erzeugen außer den Parallaxen auch noch andere, z. B. bloß qualitative Wirkungen; und wenn nun diese letzteren auf dem besprochenen Umweg der Assoziation auch dort Tiefenwirkungen hervorbringen, wo die Parallaxe fehlt (wie beim monokularen Sehen), so leisten sie damit *per accidens* auch etwas, was unsere Lokalisationen in bessere Übereinstimmung mit der Wirklichkeit bringt; aber dies ist eine Folgeerscheinung der so modifizierten Lokalisation, nicht ihre Ursache.

Unter Umständen kann übrigens auch ohne den Zwang einer assoziativen Wirkung ein Raumdatum aus dem gedächtnismäßigen Besitzstand primärer Raumdaten sozusagen hervorgeholt und mit einer gegenwärtigen Qualität verbunden werden. Dies ist der Fall, wenn der augenblicklichen Empfindung vom Reiz aus gar kein bestimmtes Tiefendatum aufgenötigt wird, wie z. B. wenn wir im absoluten Dunkelraum einen einzigen Lichtpunkt sehen und gar keine sekundären Anhalte zu seiner Tiefenlokalisierung vorliegen. Hier können wir, wie Hering hervorgehoben hat, den Punkt willkürlich näher oder ferner sehen, je nachdem wir mit einer sozusagen vorgefaßten Nah- oder Fernvorstellung an die Beobachtung herantreten. Die Lokalisation wird hier unbestimmt, d. h. je nach inneren Bedingungen wechselnd. Will man nun hier den vorhandenen Besitzstand an Tiefendaten „Erfahrung“ nennen,

weil er früher erworben sein mußte, so zeigt gerade dieser Fall, daß Erfahrung solcher Art unsere Lokalisation durchaus nicht immer in bessere Übereinstimmung mit der Wirklichkeit bringen muß. — Wer die zahllosen Mißbräuche kennt, die gerade auf diesem Gebiete mit dem Wort „Erfahrung“ gemacht worden sind, wird es nicht für überflüssig erachten, wenn hier der Grundgedanke Herings in seine weiteren Konsequenzen verfolgt wurde.

Wollte man Herings Lehre von der optischen Lokalisation mit einem Schlagwort charakterisieren, so würde sich der üblich gewordene Ausdruck „Nativismus“ dazu am wenigsten empfehlen; viel bezeichnender wäre es, sie eine „Lehre von den Raumempfindungen“ zu nennen und damit die vollkommene Koordination von Farbe und Ort eines Sehobjektes anzudeuten. In der Tat gehört es ja zu den Fundamenten seiner Auffassung, daß das Sehorgan auf einen Reiz ebenso primär mit einem Ort wie mit einer Farbe reagiert und daß nicht erst eine weitere geistige Leistung nötig ist, um der — ursprünglich ortslosen — Empfindung einen scheinbaren Ort zu verschaffen. Die Vertreter dieser letzteren Ansicht vermeiden es darum auch von Raumempfindung zu sprechen und wählen — Helmholtz folgend — für die zwei Hauptkapitel, in die die Lehre vom Sehen zerfällt, die Titel „Farbenempfindung“ und „Raumwahrnehmung“, um auch äußerlich gegen eine Koordination der qualitativen und der lokalen Variablen Stellung zu nehmen.

Die Kritik dieser sog. „empiristischen“ Theorie hat zu einer ziemlich umfangreichen Literatur Anlaß gegeben. Sie hat sich nicht nur auf die Wege bezogen, auf denen jenes „Deuten“ oder „unbewußte Schließen“, das von der ortslosen Empfindung zur lokalisierten Wahrnehmung führt, sich vollziehen soll; sie hat vielmehr auch die Frage aufgeworfen, woher denn das Urteil, das als Resultat dieses Deutungs- oder Schlußprozesses auftritt, jenes spezifisch räumliche Materiale beziehe, das in den Prämissen zugestandenermaßen nicht enthalten sein soll und für das sich auch anderweitige Quellen nicht entdecken lassen. Man kann die Wirkung dieser kritischen Durchforschung der Wege, die die empiristische Theorie gegangen ist, ohne Zweifel dahin zusammenfassen, daß diese Lehre von der weit überwiegenden Mehrzahl der

Fachmänner definitiv aufgegeben ist. Wo sie noch auftritt, dort geschieht das in mehr oder weniger verschwommenen Formulierungen, die den scharfen Gegensatz verwischen, oder mindestens in einem beständigen Hinundherschwanken zwischen Ausdrucksweisen, die bald der einen, bald der anderen Theorie angepaßt sind. Die „trübe Vermengung“ der Identitäts- mit der Projektionslehre, über die sich Hering vor mehr als einem halben Jahrhundert beklagt hatte, hat zwar der Hauptsache nach einer klaren Scheidung Platz gemacht, aber gänzlich verschwunden ist sie auch heute noch nicht. Daß sich das Wort „Hinausprojizieren“ noch immer erhalten hat, ist vielleicht weniger schädlich als der freigebige Gebrauch, den man — namentlich in medizinischen Kreisen — von dem Ausdruck „Lokalzeichen“ macht. Dem ursprünglichen Sinne nach, den Lotze (wenn man von einigen Schwankungen absieht) und später Helmholtz diesem Worte gegeben hat, bedeutet Lokalzeichen ein Datum der Empfindung, das sich mit der gereizten Netzhautstelle ändert, aber keinen örtlichen Charakter hat, vielmehr erst örtlich ausgelegt werden muß. Ob man dieses Datum mit Lotze als Muskelempfindung bzw. als Empfindung einer Bewegungstendenz auffassen oder mit Helmholtz seine qualitative Natur ganz dahingestellt lassen will, ist prinzipiell nicht von Belang. Eingeführt mußte dieses Datum werden, weil man, wenn sich die verschiedenen Netzhautstellen zugehörigen, Empfindungen ursprünglich durch gar nichts unterschieden, nicht einsehen würde, woher dann ihre verschiedene räumliche Auslegung stammte; denn bei einer gleichmäßig gefärbten Fläche könnte man sich nicht einmal auf Farbenunterschiede berufen. Wesentlich ist also, daß die Lokalzeichen keine Ortsdaten sind, sondern unräumliche Zeichen, die erst räumlich interpretiert werden müssen. Ihre Einführung ist demnach streng an die empiristische Theorie des Sehens gebunden; für den Nativisten sind sie überflüssig, da für ihn die Empfindung selbst ein lokales Datum besitzt. Nun kann man aber dieses lokale Datum der Empfindung, das der Nativismus annimmt, mit vollem Recht auch seinerseits als ein Zeichen betrachten, nämlich als Zeichen des äußeren Ortes, d. h. des Ortes, den das wirkliche Ding einnimmt; und in diesem Sinne könnte dann auch der Nativist von „Lokalzeichen“ reden. Die Vermengung der beiden Begriffe hat dazu geführt, daß Forscher, die ganz und gar nicht der empiristischen Theorie anhängen, sich

eines Ausdruckes aus dem Wortschatz dieser letzteren bedienen. In diesem Sinne könnte man auch für die Farben einen ähnlichen Ausdruck, etwa „Lichtzeichen“, einführen, obzwar es noch niemandem eingefallen ist, daran zu zweifeln, daß sie primäre Empfindungsreaktionen sind. Durch seinen Doppelsinn hat der Ausdruck „Lokalzeichen“ der empiristischen Theorie den Schein einer größeren Lebensdauer verschafft, als sie ihr tatsächlich zukommt.

Herings psychophysische Arbeiten liegen zwar nicht ausschließlich, aber doch ganz vorwiegend auf dem Gebiete der physiologischen Optik, behandeln also einen bestimmten Teil der Lehre von den Sinnesempfindungen. Mit größter Sorgfalt durchgeführte Einzeluntersuchungen sind es, die ihn zur Kenntnis neuer Tatsachen und bisher nicht bekannter Gesetzmäßigkeiten geführt haben. Er hat wiederholt betont, daß es ihm auf diese beiden, der unmittelbaren Erfahrung zugänglichen Momente viel mehr ankomme als auf die Hypothesen, die er zur Gewinnung höherer Zusammenhänge gebildet und denen er selbst nur provisorischen Charakter zuerkannt hat. Nun mag man vielleicht auf die spezielle Ausgestaltung solcher hypothetischer Zutaten kein allzu großes Gewicht legen; in einer Richtung sind sie doch von größter Bedeutung: sie charakterisieren die Art der Fragestellung und damit auch die Art, wie sich der Forscher die empirisch ermittelten Tatsachen und Gesetzmäßigkeiten am zweckmäßigsten gruppiert denkt, um durch ergänzende Hypothesen höhere Zusammenhänge herzustellen. Es kommt nicht so sehr darauf an, ob die Theorie der Gegenfarben gerade genau die Gestalt behalten wird, in der sie uns tatsächlich vorliegt; und Hering wäre wohl der letzte gewesen, der sie für endgültig und einer Weiterentwicklung unfähig gehalten hätte. Aber daß die Ermüdung nur eine Teilerscheinung des Sukzessivkontrastes ist, daß der letztere nur im Zusammenhang mit der simultanen Wechselwirkung der Sehfeldstellen verstanden werden kann, daß nicht die eine Erscheinung der Empfindung, die andere dem Urteil angehört, daß schließlich beide nicht dazu da sind, unsere Wahrnehmung zu verfälschen, sondern sie zuverlässiger zu machen — dies und noch vieles andere läßt erkennen, wie sich Hering die Tatsachen

gruppiert dachte und wie er die Problemstellung gestaltet hat, um sie dieser Gruppierung anzupassen. Die Art der Zusammenfassung charakterisiert seine Theorien viel mehr als die Ergänzungen durch hypothetische Zutaten. Man erkennt dies am besten an seiner Theorie des räumlichen Sehens, in der ja Hypothesen nahezu gar keine Rolle spielen. An der Art der Fragestellungen liegen auch die prinzipiellen Gegensätze, in der sich Herings Anschauungen zu den Lehren gestellt haben, die einer vorwiegend physikalisch gerichteten Physiologie angehören und in Helmholtz' klassischem Werk eine Darstellung von bisher unerreichter Vollkommenheit gefunden haben. Abgesehen von denjenigen Arbeiten Herings, die ausgesprochen polemischen Zwecken gewidmet sind, sind auch seine systematischen Untersuchungen des Licht- und Raumsinnes mit fortlaufender Polemik durchwoben und zeigen so, daß er seine Ansichten nicht nur zu begründen, sondern fast fortwährend gegen allgemein verbreitete Lehren zu verteidigen hatte. Es müssen viel tiefergreifende Gegensätze sein, die seinen kritischen Scharfsinn zu solch ständiger Betätigung angeregt haben.

Was Herings Theorien des Licht- und Raumsinnes prinzipiell von den damals allgemein verbreiteten und besonders durch Helmholtz' Autorität gestützten Anschauungen trennt, läßt sich am besten darlegen, wenn man sich die Situation klarmacht, die überhaupt zu einer „Theorie des Sehens“ Anlaß gibt, und zwar sowohl nach seiner qualitativen wie nach seiner lokalisatorischen Seite (Farben- und Raumsinn).

Wenn ein äußeres Objekt Licht aussendet und dieser Vorgang schließlich zu einer Gesichtsempfindung führt, so liegen zwischen diesem äußeren Geschehnis und der Empfindung eine Reihe von (teils bekannten, teils unbekanntem) Vorgängen, die man in eine physikalische und eine physiologische Gruppe zerlegen kann, indem man die erstere bis ausschließlich zu den Veränderungen im Sinnesepithel reichen, die letztere mit diesen Veränderungen beginnen läßt. Würden sämtliche Vorgänge bis zum psychischen Endglied (Empfindung) der Beobachtung zugänglich sein, so hätte man sie einfach zu beschreiben, und die Gesetzmäßigkeiten, die sich hierbei ergäben, würden zusammen eine völlig hypothesenfreie „Theorie des Sehens“ ausmachen. Tatsächlich ist der physikalische Teil (wie etwa die Brechungen, Absorptionen, Änderungen

durch Fluoreszenz, chemische Zersetzung gewisser Empfangsstoffe) unserer Kenntnis zugänglich und zum größten Teil erforscht, der physiologische aber seinem Wesen nach unbekannt; vom terminalen, d. h. am Sinnesepithel angreifenden Reiz an ist also überhaupt erst Gelegenheit zur Hypothesenbildung gegeben. Man kann daher, soweit es sich um Hypothesen handelt, die Reihe der physikalischen Vorgänge ausschalten und nur den Weg vom terminalen Reiz bis zur Empfindung in Betracht ziehen. Hieraus ergibt sich schon das eine, daß etwaige Hypothesen den beiden bekannten Endgliedern dieses Gebietes, also dem terminalen Reiz einerseits, der Empfindung andererseits, angepaßt sein müssen, mithin nicht dem Außenvorgang und der Empfindung. Handelt es sich also z. B. um den scheinbaren Ort einer Empfindung, so hat eine etwaige Hypothese nicht die Beziehung zwischen dem äußeren Ort des wirklichen Dinges und dem (scheinbaren) Ort der Empfindung, sondern zwischen den gereizten Netzhautpunkten und dem Ort der Empfindung herzustellen. Wird demnach ein bestimmtes Netzhautstellenpaar bald von einem einzigen Außenpunkt aus, bald von zwei Außenpunkten, bald überhaupt nicht von Punkten außerhalb des Auges, sondern von entoptischen Objekten aus gereizt, so ist es selbstverständlich, daß dieselbe (einfache oder doppelte) Empfindung entsteht, und für eine Hypothese ist hier kein Platz. Es hat einen Sinn zu fragen, warum die Reizung dieser beiden Netzhautstellen gerade zu diesem (einfachen oder doppelten) Empfindungsort führt; es hat aber keinen Sinn zu fragen, warum bei gegebenen Reizstellen ein einfaches Außenobjekt doppelt oder bei anderen Reizstellen ein doppeltes Außenobjekt einfach erscheint. Fragen der letzteren Art sind Pseudoprobleme; in ihnen liegt der Grundfehler der Projektionstheorie. Die Identitätslehre sagt zwar — worauf schon der Name hindeutet — etwas aus über die funktionelle Identität zweier Netzhautstellen; aber eine solche Identität setzt voraus, daß der scheinbare Ort auch schon einer Netzhautstelle eine Funktion dieser Netzhautstelle und nicht des wirklichen Ortes ist, den das Außenobjekt einnimmt. Dieser letztere Satz ist der eigentliche Kern der Identitätslehre; und man kann daher ohne Paradoxie sagen, daß dieser Kern erhalten bliebe, selbst wenn der Mensch nur ein Auge hätte und daher von identischen Netzhautstellen überhaupt nicht gesprochen werden könnte. Wenn Hering in diesem Sinne den scheinbaren Ort einer Empfindung

als Produkt des Sehorgans bezeichnet, so sagt er damit nur etwas aus, dessen Analogon auf dem Gebiet der Farbe heute jedermann für selbstverständlich hält. Es hat daher ebensowenig Sinn, von einer Ähnlichkeit (oder gar Identität) zwischen wirklichem und scheinbarem Ort zu sprechen, als es einen Sinn hat, von Ähnlichkeit zwischen Farben und Lichtwellen zu reden. Und daher kann man von einer „richtigen Lokalisation“ in dieser Bedeutung ebensowenig reden, wie man von demjenigen, der bei einer Wellenlänge von  $510 \mu\mu$  Grün sieht, sagen kann, er sehe qualitativ „richtig“.

In dem Gebiete zwischen terminalem Reiz und Empfindung aber ist ein Anlaß zur Hypothesenbildung nur dann gegeben, wenn die Eindeutigkeit der Zuordnung zwischen beiden gestört ist, sei es, daß verschiedenen terminalen Reizen dieselbe Empfindung, sei es, daß einem und demselben Reiz verschiedene Empfindungen entsprechen. Würde die Zuordnung eine wechselseitig eindeutige sein, so wäre zu Hypothesen keine Veranlassung gegeben. Denn wenn auch die Beziehung zwischen einem bestimmten Reiz und der eindeutig dazugehörigen Empfindung eine sehr indirekte, durch viele unbekannte Zwischenprozesse vermittelte wäre, so würde in dem konstatierbaren Anfangs- und Endglied keinerlei Hinweis auf das Vorhandensein derartiger Zwischenglieder gelegen sein; die Lage wäre genau dieselbe, wie wenn letztere gar nicht vorhanden und die Empfindung die unmittelbare Wirkung des terminalen Reizes wäre. Diesfalls aber wäre nichts da, was eine Hypothese verlangte oder einer solchen überhaupt zugänglich wäre; man kann eine derartige primitive Kausalbeziehung nur mehr konstatieren und sie höchstens mit anderen, ebenso primitiven Kausalbeziehungen unter einen allgemeinen Ausdruck bringen. Als Beispiele für Störungen der eindeutigen Zuordnung können auf qualitativem Gebiete die Tatsachen der Lichtmischung und die des Kontrastes dienen; die ersteren zeigen, daß verschiedenen terminalen Reizgemischen eine und dieselbe Empfindung, die letzteren, daß einem und demselben terminalen Reiz verschiedene Empfindungen entsprechen können. Auf lokalisatorischem Gebiete geben alle Fälle der empirischen (d. h. sekundären) Lokalisationsmotive (z. B. die Perspektive) Beispiele für Störungen der eindeutigen Zuordnung, insofern dieselben terminalen Reize in der Empfindung verschiedene Tiefeneffekte erzeugen können.

Wenn die hypothetischen Vorgänge, die man zur Erklärung dieser Störungen einschaltet, ihren Zweck erfüllen sollen, so müssen natürlich die beiden Grenzglieder genau beschrieben sein, was schon involviert, daß man sich das physiologische Endresultat mit all den Eigenschaften ausgestattet zu denken hat, die uns die unmittelbare Wahrnehmung an dem Empfindungseffekt zeigt.

Bei der Frage der (eindeutigen oder nicht eindeutigen) Zuordnung von terminalem Reiz und Empfindung denkt man zunächst an selbständige Empfindungen, d. h. an solche, die für sich allein existieren können. Es ist aber klar, daß dieselben Überlegungen auch auf die unselbständigen Variablen (die „Merkmale“) einer Empfindung, wie z. B. Helligkeit oder Farbenton, Anwendung finden. Wenn also den Variablen des terminalen Reizes (z. B. der Wellenlänge oder der Amplitude) die Variablen der Empfindung nicht eindeutig entsprechen, so müssen die hypothetischen Vorgänge, die man zwischen beide einschaltet, davon Rechenschaft geben. Die Merkmale der Empfindung sind die Fundamente, auf denen die Ähnlichkeit zwischen zwei Empfindungen beruht; m. a. W. wenn sich gegebene Empfindungen in mehrfacher Weise in Ähnlichkeitsreihen ordnen lassen, so ist dies ein Zeichen, daß sie mehrere, und zwar mindestens ebenso viele Merkmale haben, als solche Reihen gebildet werden können. Die eindeutige Zuordnung zwischen den Variablen des terminalen Reizes und denen der Empfindung müßte sich darin äußern, daß durch Änderung einer Reizvariablen Empfindungen entstehen, die nur in einer Ähnlichkeitsreihe liegen; bei der nichteindeutigen Zuordnung aber müßten die so entstehenden Empfindungen zugleich mehreren Ähnlichkeitsreihen angehören. Daß die Qualität der Gesichtsempfindungen sich tatsächlich im letzterwähnten Sinne verhält, hat Hering im Gegensatz zu weit verbreiteten Anschauungen immer wieder betont; so ändert man mit der Reizintensität die Helligkeit, die Sättigung und in gewissem Ausmaße sogar den Farbenton, und Ähnliches gilt von den Änderungen der Wellenlänge. Die hypothetischen Prozesse, die Herings Theorie annimmt, sind diesen Störungen der eindeutigen Zuordnung zwischen den (unselbständigen) Variablen von Reiz und Empfindung tatsächlich in sehr vollkommener Weise angepaßt. Von der Young-Helmholtzschen Hypothese gilt dies erwiesenermaßen nicht; die Meinung, daß sich Farbenton, Helligkeit und Sättigung phy-

sikalisch definieren lassen, zeigt ja deutlich, daß diese Theorie die Tatsache der nicht eindeutigen Zuordnung zwischen den Reiz- und Empfindungsvariablen vollständig verkennt. Eine der wichtigsten Folgen dieses Irrtums ist die verfehlte Behandlung der farblosen Empfindungen, also der Graureihe. Das Vorurteil, daß die Reiz- und Empfindungsvariablen einander eindeutig entsprechen müssen, hat hier in doppelter Gestalt gewirkt. Da die selbständige Empfindung Grau gewöhnlich als Wirkung eines Lichtgemisches auftritt (bei Dunkeladaptation gilt nicht einmal dies!), so wurde ohne weiteres angenommen, daß sie auch als Komponente — z. B. im weißlichen Blau oder im Graugelb — nur vorkommen könne, wenn auch im Reiz komplementäre Lichtgemische vertreten seien. Es wurde also verkannt, daß auch homogenes Licht farblose Empfindungen, wenigstens als Komponenten, erzeugen kann. Und zweitens mußte dies um so mehr verkannt werden, als ja — wieder zufolge jenes Vorurteiles — feststand, daß die einzig möglichen Änderungen einer homogenen Strahlung, nämlich die Änderungen ihrer Intensität, auch in der Empfindung nichts anderes als Intensitätsänderungen hervorrufen können. Für Sättigungsänderungen, wie sie hier in Wirklichkeit immer auftreten, ist ja in einer Theorie, die die Sättigung physikalisch, nämlich durch die relative Menge des beigemischten weißen Lichtes definiert, allerdings kein Platz. Wer daran Anstoß nimmt von „Komponenten einer Empfindung“ zu sprechen, kann auch die oben angedeutete Ausdrucksweise wählen und sagen, daß einer einfachen, linearen Ähnlichkeitsreihe auf seiten des Reizes keine ebenso einfache, lineare Ähnlichkeitsreihe auf seiten der Empfindung zu entsprechen braucht, und daß, sobald dies nicht der Fall ist, zwar nicht die eindeutige Zuordnung zwischen den Reizen und den Empfindungen selbst, wohl aber die zwischen den Reizrelationen und den Empfindungsrelationen gestört ist, und auch dieser Störung durch eine entsprechende Hypothese über die Vorgänge zwischen terminalem Reiz und Empfindung Rechnung getragen werden muß. Sachlich kommt nichts darauf an, ob man diese etwas umständlichere Ausdrucksweise wählt oder ob man die Forderung, die an jede Hypothese über die Vorgänge in der Sehsubstanz gestellt werden muß, folgendermaßen formuliert: die Hypothese muß so eingerichtet werden, daß sich jede Störung der eindeutigen Zuordnung zwischen terminalem Reiz

und Empfindung, ebenso aber auch zwischen den Variablen des terminalen Reizes und den Variablen der Empfindung aus ihr erklärt. Herings Hypothese erfüllt diese notwendige Bedingung. Wenn sie sich überdies bemüht, die Vorgänge in der Sehsubstanz so anzunehmen, daß sie sich den plausiblen Anschauungen über die Vorgänge in der lebendigen Substanz überhaupt einfügen lassen, so gewinnt sie dadurch nur noch an Wahrscheinlichkeit.

Daß Hering die oft so geringschätzig behandelte, „subjektive Analyse“ der Empfindungen mit Recht als den Ausgangspunkt für jede Hypothesenbildung betrachtet hat, ergibt sich aus den obigen Erwägungen von selbst; sie muß ja vorausgesetzt werden, wenn wir beurteilen sollen, ob und in welcher Weise die eindeutige Zuordnung gestört ist, d. h. ob eine Hypothese überhaupt nötig und wie sie diesfalls einzurichten ist.

Wie immer die Störung der eindeutigen Zuordnung beschaffen sein mag, ob sie die selbständigen Reize und Empfindungen oder die unselbständigen Variablen beider betrifft — eines muß von der darauf gegründeten Hypothese jedenfalls verlangt werden: daß nämlich das Endresultat der von ihr angenommenen Vorgänge in der Sehsubstanz sich genau mit den beobachteten Empfindungen deckt und nicht noch einmal einen Rest von Inkongruenzen zurückläßt, der neuerliche Hypothesen nötig macht. Dieser Fehler ist es, gegen den sich Herings Kritik der Helmholtzschen Lehre vom Simultankontrast als einer Täuschung des „Urteils“ vor allem richtet. Da diese Lehre eine Wechselwirkung der Sehfeldstellen nicht kennt, muß sie den Einfluß, den die Umgebung auf Farbe und Helligkeit einer Stelle ausübt, gänzlich aus dem Bereich der Empfindung hinaus- und in eine Funktion verlegen, die zur fertigen Empfindung als etwas Neues hinzutritt. Aber selbst beim Sukzessivkontrast, den ja auch Helmholtz physiologisch — nämlich durch Ermüdung — erklärt, bleibt ein derartiger unerklärter Rest zurück, da alle die Fälle, in denen die Helligkeit größer wird als bei unermüdetem Organ, sich offenbar durch Ermüdung nicht erklären lassen. Hier müssen dann die „psychologischen“ Erklärungen herangezogen werden, die an Stelle des Hellersehens ein Fühellerhalten treten lassen. Das Mißliche solcher Erklärungen liegt in der unvermeidlichen Annahme, daß die Empfindung, auf die sich das — irrige — Urteil richten soll,

uns als solche tatsächlich gar nicht zum Bewußtsein kommt, sondern unmittelbar in der modifizierten Gestalt auftritt, so daß dieser wesentlich psychologische Vorgang als unbewußt verlaufend angenommen werden muß, manchmal (wie beim Flor-contrast) sogar auf ziemlich komplizierte Überlegungen gestützt, die gleichfalls unbewußt verlaufen müßten. Demgegenüber ist ohne Zweifel derjenige im Vorteil, der die physiologische Hypothese schon so einrichtet, daß das Ergebnis dem unmittelbar konstaterbaren Bewußtseinszustand entspricht; denn was hier hypothetisch angenommen wird, ist ein rein physiologischer Vorgang, für den der Charakter des Unbewußten keine neue hypothetische Zutat bildet, sondern in der Hypothese selbst eingeschlossen ist. Wesentlich ist also für Herings Anschauung, daß die hypothetischen Prozesse in der Sehsubstanz genau dem Empfindungsergebnis angepaßt sind, während sie Helmholtz möglichst den terminalen Reizen anpaßt und daher dort, wo diese Anpassung mit den Bewußtseinstatsachen nicht übereinstimmt, die Lücken mit einem Zusatz von psychologischen Hypothesen ausfüllen muß. Auch in der Behandlung, die die Tatsachen der Lichtmischung von beiden Forschern erfahren, zeigt sich dieser Gegensatz. Ein bestimmter Lichtreiz (eine Valenz) kann immer als Funktion dreier beliebig gewählter Lichtreize angesehen werden; anders ausgedrückt: zwischen vier Lichtern ist immer eine, und nur eine, Valenzgleichung möglich. Dieser Tatsache werden beide Theorien, die Young-Helmholtzsche und die Hering'sche, gerecht; die erstere durch die Annahme von drei Faserarten, die letztere dadurch, daß von den fünf möglichen Valenzen (der Weiß-, Rot-, Grün-, Blau-, Gelbvalenz) nur drei unabhängig variabel sind, indem die Rot-Grünvalenz ein Paar untereinander abhängiger Valenzen bildet und ähnlich die Gelb-Blauvalenz. Aber die Zahl der Grundempfindungen ist durch dieses Verhalten durchaus nicht auf drei festgelegt; sie könnte eine beliebig größere sein, wie Hering eingehend dargelegt hat. Welches die Grundempfindungen tatsächlich sind (und damit natürlich wie groß ihre Zahl ist), wird durch die „subjektive Analyse“ allein entschieden und nicht durch jene eben erwähnte Tatsache der Lichtmischung, wie so oft behauptet wird. Ihnen parallel gehen dann die hypothetischen Elementarerregungen. Wenn zwei physikalisch verschiedene Lichtgemische gleich aussehen, so müssen ihnen (nach den

früher entwickelten Grundsätzen) identische Gemische von Elementarerregungen entsprechen. Die Hypothese über die Vorgänge in der Sehsubstanz aber muß so eingerichtet werden, daß man versteht, wie aus verschiedenen terminalen Reizgemischen identische Gemische von Elementarerregungen werden können. Es ist also wieder die Störung der eindeutigen Zuordnung zwischen terminalem Reiz und Empfindung, die eine Hypothese nötig macht und ihre besondere Gestalt bestimmt. Nicht aber sind die terminalen Reize selbst und ihre Anzahl für die Vorgänge in der Sehsubstanz, für ihre Art und Zahl, entscheidend; daher bestimmen sie auch gar nicht die Zahl der Grundempfindungen. Die Hypothese muß — kurz gesagt — eine Aussage über die spezifischen Energien der Sehsubstanz machen, derart, daß die Reaktionen der letzteren auf alle tatsächlichen Reize die sämtlichen Störungen der eindeutigen Zuordnung als notwendige Folgen dieser Energien erscheinen lassen. Das ist der prinzipielle Rahmen, der die Theorie Herings umschließt und der unverändert bleibt. Die Art, wie man sich diese spezifischen Energien denkt, muß den Erscheinungen selbst möglichst gut entsprechen, muß möglichst einfach sein und mit den Erfahrungen der allgemeinen Physiologie in Einklang stehen. Nach allen den letztgenannten Richtungen ist die Heringsche Theorie einer Weiterentwicklung fähig; in der erstgenannten steht und fällt sie mit dem Gesetz der spezifischen Sinnesenergien. Es kommt demnach sehr wesentlich darauf an, wie man dieses letztgenannte Gesetz auffaßt. Wenn es nichts weiter aussagen würde, als daß die Sehsubstanz auf jeden Reiz, auf den sie überhaupt reagiert, mit Farbenempfindungen reagiert, so würde es bloß die qualitative Besonderheit dieser Klasse von Empfindungen — und damit natürlich auch die Unähnlichkeit zwischen Reiz und Empfindung — erklären; die Zuordnung könnte, bloß auf Grund dieser Aussage, noch immer eine eindeutige sein, und es würde nichts im Wege stehen, die Beziehung zwischen Reiz und Empfindung als bloßen Energieumsatz aufzufassen. Besteht aber der Sinn jenes Gesetzes darin, die Beziehung zwischen dem Reiz und dem Vorgang in der Sehsubstanz als einen Auslösungsprozeß zu charakterisieren, der demnach je nach dem Reiz verschieden ausfallen kann (aber nicht muß), so sind damit alle Möglichkeiten für Störungen der eindeutigen Zuordnung offen gelassen und die Auswahl hat nur nach den

empirischen Bedürfnissen und den Regeln der Hypothesenbildung zu erfolgen. Die zweite — und offenbar weitere — Auffassung hat zweifellos schon der Entdecker dieses Gesetzes vertreten, wenn er den Reiz als einen Vorgang ansieht, der die Sehsubstanz zur Entfaltung ihres „Eigenlebens“ anregt. Durch das konsequente Festhalten an dieser Auffassung ist der Rahmen gekennzeichnet, der Herings Hypothesen umschließt. In den Gebieten, in denen die Zuordnung zwischen Reiz und Empfindung eine eindeutige ist, wie z. B. zwischen Netzhautstelle und Sehrichtung, ist auch diese Eindeutigkeit nicht etwas Selbstverständliches und von vornherein zu erwartendes, sondern kann nur erfahrungsgemäß konstatiert werden. Es sind somit diese „Kongruenzen“ ebenso durch die spezifischen Energien der Sehsubstanz zu erklären wie die vielen anderwärts bestehenden „Inkongruenzen“ zwischen Netzhautbild und Sehobjekt; man hat daher nicht die ersteren Fälle als sozusagen „normale“, die letzteren als „abnorme“ anzusehen, die besondere „psychologische“ Erklärungen verlangen.

Wenn die Sehsubstanz nach den Gesetzen ihres Innenlebens auf Reize reagiert, so ist es begreiflich, daß sie verschieden reagiert, wenn sie selbst eine andere geworden ist, sei es, daß sie sich zeitweilig oder daß sie sich dauernd geändert hat. Ersteres gilt z. B. von der sukzessiven Adaptation, letzteres von den Fällen, in denen zahlreiche gleichartige Erfahrungen feste Assoziationen begründet haben, wie dies bei den sekundären Lokalisationsmotiven zutrifft, aber auch dort, wo umgekehrt die Farbe durch die Lokalisation modifiziert wird (siehe S. 82). Die Mehrdeutigkeit der Zuordnung von Reiz und Empfindung kann schon bei unveränderter Sehsubstanz stattfinden, wie die Fälle lehren, in denen Lichtern von verschiedener physikalischer Zusammensetzung dieselben Empfindungen entsprechen. Die Veränderlichkeit der Sehsubstanz ist aber, wie man sieht, eine weitere Quelle der Mehrdeutigkeit. Der Unterschied liegt darin, daß im ersteren Falle mehreren Reizen dieselbe Empfindung, im letzteren demselben Reize mehrere Empfindungen zugeordnet sind. Daß Mehrdeutigkeiten von beiden Arten kombiniert vorkommen können, braucht nicht eigens erwähnt zu werden.

Der allgemeine leitende Gedanke, wie er hier aus dem Gesetz der spezifischen Sinnesenergien zu entwickeln versucht wurde,

ist für Herings Theorie des räumlichen Sehens genau derselbe wie für seine Theorie des Lichtsinnes — und muß wohl derselbe sein, da Hering den scheinbaren Ort eines Sehobjektes ebenso als ein Datum der Empfindung auffaßt wie dessen Farbe. Daß der Gegensatz zu Helmholtz aber bei der Theorie des räumlichen Sehens ein viel schärferer und sozusagen prinzipieller ist, liegt darin begründet, daß Helmholtz den Ort eines Sehobjektes überhaupt nicht für ein Datum der Empfindung ansieht, sondern für etwas, was sich aus raumlosen Empfindungen erst im individuellen Leben entwickelt. Die Art, wie er sich diese Entwicklung vorstellt, unterliegt so schweren Bedenken, daß sie heute als nahezu allgemein aufgegeben betrachtet werden kann. Auch Hering hat zwar mehrmals geäußert, daß er sich unter ortslosen Gesichtsempfindungen nichts vorzustellen und daher schon mit dem Ausgangsmateriale dieser Theorie nichts anzufangen wisse; aber an der hypothetischen Entwicklung der Lokalisation aus unräumlichem Empfindungsmateriale, wie sie sich Helmholtz dachte, hat Hering eine eingehende Kritik nicht geübt. Dazu schien ihm schon darum kein Anlaß gegeben, weil er sowohl die Augenmuskelempfindungen wie auch die Innervations- oder Impulsgefühle, die für jene Theorie unentbehrlich sind, als empirisch nicht nachweisbar abzulehnen sich genötigt sah und daher kein weiteres Interesse für Konstruktionen aus fiktiven Bestandteilen haben konnte.

Für den tiefen Gegensatz, der hier zwischen Hering und Helmholtz besteht, ist nicht — wie man das gewöhnlich so darstellt — die Verschiedenheit der Wege entscheidend, auf denen sich die beiden Forscher die Raumanschauung zustande gekommen denken, sondern die Verschiedenheit der Ziele, die auf diesen Wegen erreicht werden sollen. Durch die Mehrdeutigkeit von Ausdrücken wie „Raumanschauung“, „Raumwahrnehmung“, „räumliches Sehen“ u. dgl. wird eine Gemeinsamkeit des Zieles vorgetäuscht, die in Wahrheit gar nicht besteht. Es handelt sich nicht darum, zwei Hypothesen gegeneinander abzuwägen, die einer und derselben Fragestellung genügen sollen; es sind vielmehr die Fragestellungen verschieden und damit natürlich auch die Wege, auf denen die Antwort gesucht wird.

Für Helmholtz ist die Raumwahrnehmung ein (wenn auch unbewußt vollzogener) Schluß auf die wirklichen Orte und Orts-

verhältnisse der Außendinge. Auf der Grundlage der Impulsgefühle und der (unräumlichen) Lokalzeichen entwirft er eine Hypothese über die Art, in der sich dieser Schluß so vollzieht, daß er unter normalen Verhältnissen zur richtigen Erkenntnis der wirklichen Orte und Ortsverhältnisse der Außendinge führt, unter abnormen (z. B. im Falle der Doppelbilder) aber zu einem falschen Urteil; in letzterem Falle ist die Wahrnehmung falsch, es liegt eine Täuschung vor, weil wir die Lage der Außendinge anders beurteilen als der Wirklichkeit entspricht. Für Hering ist zu erklären, warum die Sehobjekte mit denjenigen Orten behaftet sind, an denen sie uns eben erscheinen; in dem Problem Herings kommt der wirkliche Ort der Außendinge überhaupt nicht vor, sondern nur der Angriffspunkt der terminalen Reize und die Ortsempfindungen. Gesetzt den Fall, es gebe gar keine Außenobjekte und wir könnten auf irgendeinem Wege die einzelnen Netzhautstellen unmittelbar (etwa mechanisch) reizen, so würde das die Fragestellung Herings, und natürlich auch ihre Beantwortung, in keiner Weise berühren; für Helmholtz würde damit die Fragestellung wegfallen. Für Hering muß die Lokalisation entoptischer Objekte sich ebenso unmittelbar und nach denselben Gesetzen ergeben wie wenn lichts Aussendende Außendinge die (entferntere) Ursache der terminalen Reize wären; die Lokalisation entoptischer Objekte bietet für ihn kein neues Problem, es liegt auch kein anormaler Fall vor. Für Helmholtz vollzieht sie sich auf dem Umweg über die gewohnte und eingeübte Lokalisation wirklicher Außenobjekte: wir lokalisieren Entoptisches, insofern wir ein, für normale Verhältnisse richtiges Schlußverfahren auf nur teilweise analoge Verhältnisse übertragen und hier natürlich falsch schließen — denn ein Außenobjekt ist ja in Wirklichkeit gar nicht da. Auch die Doppelbilder erklärt Helmholtz durch eine Übertragung eines sonst richtigen Schlusses auf Verhältnisse, für die er nicht mehr paßt; er ist falsch, weil ja in Wirklichkeit nur ein Objekt vorhanden ist. In ähnlicher Weise ist das einfache und körperliche Sehen mittels des Stereoskopes für Helmholtz eine Täuschung, darauf beruhend, daß wir aus Netzhautbildern, wie sie gewöhnlich nur durch ein körperliches Außenobjekt erzeugt werden, auch dann auf ein solches schließen, wenn sie von zwei Ebenen, also flächenhaften Projektionen eines körperlichen Objektes hervorgerufen

werden. Hering fragt, warum man körperlich empfindet, nicht warum man auf ein körperliches Außending schließt; das plastische Sehen mittels des Stereoskopes kann für ihn nicht auf das plastische Sehen der wirklichen Körper zurückgeführt werden, vielmehr sind beides koordinierte Fälle, die eine gemeinsame Erklärung verlangen. Derselbe Gegensatz in der Fragestellung liegt auch bei dem Problem des stereoskopischen Glanzes vor, wie er gegeben ist, wenn korrespondierende Flächenstücke auf dem einen der beiden stereoskopischen Bilder weiß, auf dem andern schwarz gefärbt sind. Der Nachweis, daß hier wesentlich dieselben Bedingungen gegeben sind wie dort, wo wir einen wirklich glänzenden Gegenstand mit beiden Augen betrachten, kann nur demjenigen als „Erklärung“ dienen, der wissen will, warum wir auf ein glänzendes Außenobjekt schließen, aber nicht für denjenigen, der fragt, warum wir — im einen und anderen Falle — Glanz sehen.

Hering hat keineswegs verkannt, daß wir an der wirklichen Beschaffenheit der Außendinge das größte Interesse haben; aber er hält das („erschlossene“ oder besser „assoziierte“) Urteil für einen Vorgang, der zur Ortsempfindung hinzutritt, sie also voraussetzt, nicht für etwas, das ihre Stelle einnimmt. Wir sehen nach der Tiefe verlaufende Parallele immer als konvergierende Gerade; aber wir können durch vielfache Übung die Kenntnis erworben haben, welcher Grad der gesehenen Konvergenz vorhanden sein muß, wenn die wirklichen Geraden parallel sind. Solche Urteile können sich mit großer Sicherheit und Schnelligkeit einstellen; aber sie bleiben sekundäre Gebilde, die eine primäre Raumempfindung zur Voraussetzung haben und deren Inhalt sich auch deskriptiv von der vorhandenen primären Empfindung so unzweifelhaft unterscheidet, wie eine gesehene Farbe von einer bloß gedachten. Hering hat diesen Unterschied, wo es nötig war, auch terminologisch fixiert; so, wenn er die Größe der empfundenen Ausdehnung als „Sehgröße“, die Größe, die wir auf Grund der letzteren und sonstiger Erfahrungen dem wirklichen Objekt zuschreiben, als „geschätzte Größe“ bezeichnet. Eine „Sehgröße“ in diesem Sinne gibt es für Helmholtz gar nicht.

Man kann also den Gegensatz, der hier zwischen Hering und Helmholtz schon in der Fragestellung liegt, kurz so ausdrücken: nach Hering kann sich an die primäre, schon durch die Emp-

findung gegebene Raumwahrnehmung ein Urteil über die wirklichen Raumverhältnisse anschließen — nach Helmholtz ist die Raumwahrnehmung dieses Urteil und es geht ihm keine Raumempfindung voraus: dasjenige Gebilde, dessen genetische Erklärung sich Hering zum Ziel setzt, ist also für Helmholtz gar nicht vorhanden.

Vielerlei Gründe haben Helmholtz zur Leugnung primärer Ortsempfindungen veranlaßt. Sie ordnen sich aber alle unter den folgenden Leitgedanken: Unsere räumlichen Wahrnehmungsbilder zeigen im Vergleich mit den Netzhautbildern zu große Inkongruenzen, als dies mit einer kausalen Zuordnung beider verträglich wäre. Einige von diesen Inkongruenzen — wie z. B. das Aufrechtsehen des umgekehrten Netzhautbildes oder auch das Einfachsehen trotz doppelter retinaler Abbildung — lassen sich zur Not durch Hilfshypothesen erklären; bei anderen versagen aber auch diese. Letzteres gilt vor allem von jener größten Inkongruenz, ohne die die empiristische Hypothese vermutlich überhaupt nicht entstanden wäre, nämlich von der Körperlichkeit des Wahrnehmungsbildes gegenüber der Flächenhaftigkeit der Netzhautbilder. Daß die nativistischen Erklärungen hier gänzlich versagen, ersehe man hauptsächlich daraus, daß sie mit dem von ihnen angenommenen Reizempfindungsmechanismus nicht das Auslangen finden, sondern fortwährend Korrekturen durch die Erfahrung zulassen müssen, wie die von allen zugestandenen „empirischen Lokalisationsmotive“ (Perspektive, Schattenverteilung usf.) beweisen. Solche Aushilfen machen, wie er meint, die Theorie nicht allein immer unwahrscheinlicher; sie sind vielmehr sogar gänzlich unzulässig, weil es auf Grund reichlicher Tatsachen feststeht, daß, was einmal der Empfindung angehört, durch Erfahrung nicht überwunden werden kann. Die Inkongruenzen zwischen dem, was die Wahrnehmung zeigt, und den Netzhautbildern, bleiben also der Mehrzahl nach unerklärt. Diesen allzu großen Inkongruenzen stehen aber die allzu großen Kongruenzen gegenüber, die zwischen dem Wahrnehmungsbild und den Raumverhältnissen der wirklichen Objekte bestehen: die dreidimensionale Verteilung der wirklichen Dinge wird durch die Wahrnehmung viel zu gut abgebildet. Also ist diese letztere Tatsache diejenige, welche eine Theorie des räumlichen Sehens zu erklären hat. — Das ist das Gerüste der Helmholtzschen Über-

legung; der besondere Aufbau seiner empiristischen Theorie mit seinem Materiale an Impulsgefühlen und Lokalzeichen — woran allein gewöhnlich Kritik geübt wird — ist demgegenüber von geringerer Bedeutung.

Wie sich Hering zu diesen Grundgedanken gestellt hat, geht aus den früheren Erörterungen klar hervor. Führt man den Begriff des Auslösungsvorganges in der oben bezeichneten Art folgerichtig durch, so können „Kongruenzen“ zwischen den Wahrnehmungen und den Netzhautbildern von vornherein gar nicht verlangt werden, weder in dem engeren Sinne von konformen Abbildungen noch in dem weiteren von eindeutigen Zuordnungen. Wo sie im einen oder andern Sinne bestehen, sind sie sogar eigens zu erklären; denn bei einem Auslösungsvorgang sind nicht sie, sondern die „Inkongruenzen“ der allgemeinere Fall. Was aber die zwischen Wahrnehmung und Außenwelt behaupteten Kongruenzen betrifft, so bestehen auch sie nur in höchst unvollkommener Weise. Es entspricht den Tatsachen viel besser, wenn man mit Hering die Raumschauung als ein „Relief“ bezeichnet, „das zwischen Planbild und voller Körperlichkeit die Mitte hält“, „auf halbem Wege zwischen dem flachen Netzhautbilde und der körperlichen Wirklichkeit stehenbleibt“. Der Vorwurf schließlich, daß auch der Nativismus Korrekturen durch die Erfahrung in Anspruch zu nehmen genötigt sei, ist schon früher (S. 82 ff.) als unberechtigt zurückgewiesen worden, indem die doppelte Bedeutung, die dem Worte „Erfahrung“ im Sinne der beiden gegnerischen Theorien zukommt, aufgezeigt wurde. Es hat sich dabei herausgestellt, daß das Prinzip der Unüberwindbarkeit der Empfindung durch Erfahrung nur hinsichtlich der einen dieser beiden Bedeutungen zu Recht besteht, nicht aber für die Erfahrungsmotive, wie sie Hering versteht.

Der Unterschied in der Problemstellung begründet also das, was eingangs als Verschiedenheit der „Denkrichtung“ bezeichnet wurde; und es ist berechtigt, von einer physikalischen Denkrichtung bei demjenigen zu sprechen, der unser Urteil über die Außenobjekte, von einer physiologischen bei demjenigen, der den Tatbestand unserer Empfindungen als das Ziel betrachtet, dem sich seine Theorien anzupassen haben.

Zum Schlusse mag ein Wort über die erkenntnistheoretischen Konsequenzen aus den beiden einander gegenüberstehenden Lehren am Platze sein: namentlich Helmholtz hat ja hierauf besonderes Gewicht gelegt. In seiner berühmten Rede „Die Tatsachen in der Wahrnehmung“, die als die vollendetste Darstellung der empiristischen Theorie gelten kann, stellt er diese Lehre ausdrücklich in den Dienst der allgemeineren Frage: „Was ist Wahrheit in unserem Anschauen und Denken? In welchem Sinne entsprechen unsere Vorstellungen der Wirklichkeit?“ Man kann die letztere Frage zweifellos auch von ihrer Kehrseite aus in Angriff nehmen: in welchem Sinne entsprechen unsere Vorstellungen nicht der Wirklichkeit? In welchem Sinne kann man innerhalb der Wahrnehmungen von Täuschung sprechen? Zeigt sich, daß man mit diesem Ausdruck mehrerlei meinen und diese Frage daher verschieden verstehen kann, so wird dasselbe auch für die positive Formulierung gelten, in der sie bei Helmholtz auftritt. Da es sich ferner nur um die Beziehung zwischen dem Inhalt unserer Wahrnehmungen und den Vorgängen in der Außenwelt handeln kann, kommt jenes Zwischenglied, das man als terminalen Reiz bezeichnet, in dieser Frage unmittelbar gar nicht vor, sondern kann nur in der Begründung, warum die Wahrnehmung richtig oder irrig ist, eine Rolle spielen.

Wollte man von Wahrheit nur dann reden, wenn der Wahrnehmungsinhalt dem äußeren Vorgang gleicht, von Irrtum oder Täuschung, wenn er es nicht tut, so würde sich eine Übereinstimmung zwischen Helmholtz und Hering nur in bezug auf die qualitative Seite der Wahrnehmung ergeben: daß die Farben den Lichtwellen nicht ähnlich sind, wird beiderseits zugegeben. In betreff des Ortes muß die Antwort verschieden ausfallen. Da für Helmholtz die Raumwahrnehmung ein Prozeß der Deutung oder Interpretation ist und sein Ergebnis ein Urteil über den wirklichen Ort eines Außendinges, so muß, solange dieser Prozeß nicht fehlerhaft verläuft (was ja ebenfalls vorkommt), der wahrgenommene Ort mit dem wirklichen sogar identisch sein und daher auch die wahrgenommenen Ortsrelationen mit den wirklichen. Falsche Deutungen kommen vor, wenn wir bei abnormen Verhältnissen (z. B. ungewöhnlichen Augenstellungen bei vorge-schalteten Prismen) dieselben Schlüsse machen wie wir sie bei normalen zu machen pflegen; wie die Wahrheit im normalen Fall

auf der Identität, so besteht der Irrtum im abnormen auf der Verschiedenheit des wahrgenommenen und des wirklichen Ortes, oder, besser gesagt, auf der Identität des wahrgenommenen mit einem anderen wirklichen Ort. Man darf an dieser Darstellung nicht etwa darum Anstoß nehmen, weil Helmholtz den Raum wiederholt als apriorische Anschauungsform bezeichnet und es daher den Anschein hat, als wolle er mit Kant dem Außending keine Räumlichkeit zugestehen. Die Übereinstimmung mit Kant ist eine rein terminologische. Helmholtz nennt den Raum eine apriorische Anschauungsform nur „insofern seine Wahrnehmung an die Möglichkeit motorischer Willensimpulse geknüpft“ ist, also nur im dispositionellen Sinne. Man würde in diesem Sinne auch die Farbe eine apriorische Anschauungsform nennen können, insofern ihre Wahrnehmung an den angeborenen Besitz des Sehvermögens geknüpft ist — was gewiß nicht die Meinung Kants war.

Wesentlich anders liegen die Dinge für Hering. Der wahrgenommene Ort ist eine Reaktion der Sehsubstanz und mit dem wirklichen nur so verknüpft wie ein Auslösungsvorgang mit der auslösenden Kraft verknüpft ist. Beide als identisch zu erklären ist sinnlos und daher kann von einer Identität von vornherein nicht gesprochen werden. Man kann nicht einen Punkt in diesem Sinne „richtig“ lokalisieren. Eine derartige Behauptung wäre, wie früher bemerkt, ebenso sinnlos, wie wenn man von einem Menschen, der bei Luftschwingungen von der Frequenz = 435 den Ton *a* hört, sagen würde, er höre „richtig“; man kann hier nur einen gegebenen Zusammenhang konstatieren und könnte, im Falle er ein anderer wäre, den Ausdruck „Falschhören“ nur im Sinne von „Andershören“ gebrauchen. Auch von den Relationen, die zwischen den wahrgenommenen Orten bestehen, kann man nicht sagen, daß sie richtig oder unrichtig seien; es hat daher auch keinen Sinn, von zwei Punkten zu sagen, sie würden in ihrem richtigen oder wahren Abstand, von einer Strecke, sie würde in ihrer wahren Länge, daher auch nicht, sie würde zu klein oder zu groß wahrgenommen. Erst wenn das Verhältnis zweier Relationen im Gebiete des Wirklichen mit dem Verhältnis zweier Relationen im Gebiete des Wahrgenommenen in Beziehung gesetzt wird, kann von einer Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung die Rede sein. Wenn einem Körper, der sich nach der Tiefe vier-

mal so weit erstreckt wie nach der Breite und dreimal so weit wie nach der Höhe, ein Wahrnehmungsbild entspricht, in welchem sich diese drei Dimensionen ebenfalls wie 12 : 3 : 4 verhalten, so wird er richtig gesehen, andernfalls falsch. M. a. W. eine Übereinstimmung kann nur zwischen Relationen zweiter Ordnung stattfinden: bei unvergleichbaren Elementen können Übereinstimmungen nur in solchen Relationen stattfinden, die sich durch unbenannte Zahlen ausdrücken lassen. Beim Sehen von Winkeln liegt der Fall genau ebenso: nur weil man den vollen Winkel im Sehraum und im wirklichen Raum definieren kann, kann man auch von jedem anderen Winkel sagen, er werde richtig oder falsch gesehen. Übrigens gelten dieselben Überlegungen auch im Gebiete der Qualität: von zwei Farben zu sagen, sie erscheinen ähnlicher als sie (nämlich die physikalischen Lichtvorgänge) in Wirklichkeit sind, ist ein Satz ohne Sinn. Es hat aber einen Sinn, von den Farben eines Interferenzspektrums zu sagen, daß sie sich an gewissen Stellen rascher ändern als die Wellenlängen.

Das ist der ursprüngliche und eigentliche Sinn, in welchem man von Wahrnehmungen sagen kann, es komme ihnen Wahrheit oder Irrtum zu. Auf das Gebiet der Elemente und der Relationen erster Ordnung hat dieser primäre Begriff des „Wahren“ keine Anwendung und darum auch nicht der des Irrtums und der Täuschung, der ja von ihm untrennbar ist. Der Sprachgebrauch geht hier durchaus richtige Wege; er würde nicht gestatten, von einer „Täuschung“ zu reden, weil wir Rot sehen, während doch nur Licht von der Wellenlänge  $700 \mu\mu$  gegeben ist. Man kann einen Irrtum begehen, indem man die Begriffe Wahr und Falsch auf ein Gebiet anwendet, auf das sie nicht angewendet werden können; aber ob das Verhalten in dem berechtigten Anwendungsgebiet wahr oder falsch ist, ist natürlich eine Frage anderer Art — und nur im letzten Falle redet man von „Täuschung“ in der Bedeutung von Sinnes- oder Wahrnehmungstäuschung.

Neben dieser, auf die Relationen zweiter Ordnung beschränkten Anwendung des Wahrheitsbegriffes gibt es eine zweite, andersartige. Sie beruht auf der Mehrdeutigkeit der Zuordnung zwischen äußerem Vorgang und Empfindung, kommt aber nur dort in Betracht, wo mehrere Außenvorgänge einer und derselben Empfindung zugeordnet sind und eine dieser Zuordnungen die über-

wiegend häufigere ist. Diese Fälle sind es, die Helmholtz besonders, ja fast ausschließlich im Auge hat. Eine Mehrdeutigkeit kann darin begründet sein, daß verschiedene Außenvorgänge zu demselben terminalen Reiz führen (so, wenn sich verschiedene Objekte auf denselben Netzhautstellen abbilden); aber auch darin, daß auf verschiedene terminale Reize die Sehsubstanz in derselben Weise reagiert (wie bei der gleichen Färbung physikalisch verschiedener Lichtgemische). Die Täuschung liegt hier darin, daß wir Reaktionen anderer Sinnesempfindungen erwarten, die tatsächlich nicht zutreffen (wir greifen z. B. bei abgelenkten Lichtstrahlen ins Leere, während wir einen festen Körper zu greifen erwarten). Die Täuschungen im ersten, früher erwähnten Sinne gehören nicht hierher; denn bei ihnen können sich, da keine Mehrdeutigkeit vorliegt, auch keine falschen Erwartungen entwickeln — die regelmäßig vorhandene scheinbare Steilheit eines Berges täuscht uns nicht über seine Besteigbarkeit. Aber auch in den Fällen variabler Zuordnung gibt es trotz der Mehrdeutigkeit keine Täuschungen, wenn keine falschen Erwartungen angeregt werden. Das ist z. B. der Fall, wenn eine anfänglich abnorme Zuordnung mit der Zeit normal wird — wir greifen nach längerem Gebrauch ablenkender Prismen wieder richtig, erwarten also von unseren Innervationen den taktilen Erfolg, der wirklich eintritt. Es ist aber auch der Fall, wenn die Mehrdeutigkeit für unsere Erwartungen gänzlich gleichgültig ist; wir knüpfen an zwei gleichfarbige Körper nicht verschiedene Erwartungen je nach der physikalischen Beschaffenheit des ausgesendeten Lichtes — es würde also gar keine Folgen haben, wenn wir letztere fälschlich für gleich hielten.

Für diese zweite Gruppe von Fällen, die der Mehrdeutigkeit nämlich, gilt in der Tat, was Helmholtz sagt: „Wir nennen unsere Vorstellungen von der Außenwelt wahr, wenn sie uns genügende Anweisung über die Folgen unserer Handlungen der Außenwelt gegenüber geben und uns richtige Schlüsse über die zu erwartenden Veränderungen derselben ziehen lassen.“ Eine Äußerung, die keine „pragmatistische“ Umdeutung des Wahrheitsbegriffes ist, sondern nur besagen will, daß wir die Wahrheit (und natürlich auch die Täuschung) nicht in die Wahrnehmung selbst, sondern in assoziativ damit verknüpfte Erwartungsurteile zu verlegen haben. Gerade darin liegt aber eingeschlossen, daß die Raumwahrnehmung kein Hinausprojizieren in den wirklichen Raum ist und

daß wir von einer „richtigen“ Lokalisation im Sinne einer Übereinstimmung des wahrgenommenen mit dem wirklichen Ort nicht sprechen können.

Zusammenfassend läßt sich also sagen: unsere Empfindungen sind, wie Helmholtz richtig behauptet, nicht Abbilder, sondern nur Zeichen der Außenvorgänge; eine Abbildung kann nur im Gebiete der Relationen zweiter Ordnung bestehen, findet aber tatsächlich auch hier nur in beschränktem Maße statt. Soweit die Zuordnung zwischen Empfindungen und Außenvorgängen eindeutig ist, also ein Zeichensystem im strengen Sinne besteht, können Empfindungskomplexe verschiedener Sinnesgebiete durch die Zuordnung zu einem und demselben Außenvorgang so mit einander verknüpft sein, daß das Auftreten des einen das des andern erwarten läßt und im allgemeinen eine zutreffende Erwartung erzeugt. Ist die Zuordnung mehrdeutig, so entsteht eine Erwartung nur, insofern die eine Art der Zuordnung die häufigere ist; sie ist dann nur zutreffend für die Fälle dieser normalen Zuordnung, für die anderen nicht. Diese Erwartung ist ein auf Assoziation beruhender Reproduktionsvorgang und gehört als solcher der Wahrnehmung überhaupt nicht an; indem sie also in diesem Sinne ein Schluß auf die „Wirklichkeit“ ist, ist sie jedenfalls ein Gebilde, das den Bestand einer Wahrnehmung bereits voraussetzt.

Man sieht ohne weiteres, in welchem engem Zusammenhang diese erkenntnistheoretischen Erwägungen mit dem Gesetz der spezifischen Sinnesenergien stehen. Über den Empfindungseffekt entscheidet der terminale Auslösungsreiz und das Eigenleben der Sinnessubstanz; von dem letzteren hängt es ab, welche Relationen abgebildet werden und welche nicht, und in welchem Bereiche die Zuordnungen eindeutig sind, in welchem mehrdeutig. Daß sich in diesen zwei Momenten das erschöpft, was man gewöhnlich Wahrheit oder Irrtum im Gebiete der äußeren Erfahrung nennt, ist die erkenntnistheoretisch so wichtige Konsequenz aus jenem Gesetz. Eine durchgängige Abbildung der äußeren Gesetzmäßigkeit durch eine Gesetzmäßigkeit im Ablauf unserer Wahrnehmungen wird, wie sich zeigt, nicht erreicht; sie scheint vielmehr sowohl in ihren Grenzen wie im Grade ihrer Genauigkeit durch die Rücksicht auf das biologisch Wichtige, also Zweckmäßige, bestimmt zu sein, so daß manchmal beträchtliche Abweichungen in

biologisch unwichtigen Gebieten nur dazu dienen, die Zuordnung in wichtigeren ganz oder annähernd eindeutig zu machen — man denke an die relative Farbenbeständigkeit bei wechselnder Beleuchtung.

Die Bildung von wahren oder falschen Urteilen über die Dinge der Außenwelt stellt sich sonach als Funktion einer bestimmten Art von lebendiger Substanz, der Sinnessubstanz, dar — ebenso wie die Deformation Funktion einer anderen Art von lebendiger Substanz, nämlich der kontraktilen ist. Die Wirksamkeit angesammelter Erfahrungen hat man sich dann als eine solche Änderung in der Disposition der Sinnessubstanz zu denken, die die Mehrdeutigkeit in der Zuordnung zwischen äußeren Vorgängen und Wahrnehmungen immer mehr und mehr zugunsten der Eindeutigkeit verringert und so die Bildung zutreffender Erwartungsurteile begünstigt. Somit stellt sich die Verbesserung unserer Erfahrungsurteile unter den allgemeineren Gesichtspunkt der Anpassungsvorgänge. Sind jene Dispositionen auch phylogenetisch wirksam, so wird man zwar nicht die Erfahrung selbst, wohl aber die wachsende Fähigkeit, Erfahrungen zu machen, als vererbbar und damit dem Fortschritt zugänglich zu denken be-rechtigt sein.

---

Zu so allgemeinen und bedeutungsvollen Folgerungen konnten Forschungen führen, die unmittelbar nur von den Interessen an einem viel engeren Tatsachengebiete beherrscht waren. Hering hat keine spekulativen Betrachtungen über das Verhältnis von Leib und Seele oder über die Grenzen unserer Erkenntnis angestellt; an solche allgemeine Probleme mit dem Rüstzeug der Deduktion heranzutreten, war ihm durchaus fern gelegen. Er hat die Bedingungen erforscht, unter denen wir Licht und Farbe, Richtung und Entfernung, Wärme und Kälte empfinden. Aber es war seiner Natur eigen, nicht an der Oberfläche dieser Probleme haftenzubleiben; und indem er auch der speziellsten Frage bis in ihre tiefsten Gründe nachging, war er an die Wurzeln gelangt, aus denen viel umfassendere Gebiete unserer Erkenntnis ihre Nahrung ziehen. Hering hat in hohem Maße die Fähigkeit besessen, sich je nach Bedarf bald gänzlich in eine Spezialfrage zu versenken, bald aber, den Blick ins Weite gerichtet, auch die Zu-

sammenhänge zu sehen, die zwischen Fernliegendem bestehen. Nicht bloß der kritische Scharfsinn, auch die Phantasie des großen Forschers war ihm eigen. Die Selbstzucht aber, die strenge Kritik, mit der der Forschende sich selbst wie einer fremden Person gegenübertritt, die unbedingte Ehrlichkeit, die ihn treibt, Schwierigkeiten eher aufzusuchen als über sie hinwegzugleiten — kurz die Ethik des Forschers hat Ewald Hering in sich zu einer Vollkommenheit entwickelt, wie sie nur demjenigen erreichbar ist, dessen ganze Lebensbahn nach dem Ziel ethischen Hochstandes gerichtet ist. Ungewöhnlicher Scharfsinn in Analyse und Deduktion, reiche Phantasie in der Zusammenfassung des Wesensverwandten, strengste Pflichttreue im Dienste der Wahrheit — in dieser Harmonie der geistigen und sittlichen Kräfte bleibt Ewald Herings Bild dem Gedächtnis aller erhalten, die ein freundliches Geschick in seine Nähe geführt hat.



- 11 Zur Theorie der stroboskopischen Bewegungen, in:  
Zeitschrift für Psychologie 89 (1922), 209-272.



## Zur Theorie der stroboskopischen Bewegungen.

Von

Prof. Dr. FRANZ HILLEBRAND.

### Einleitung und Fragestellung.

Die gewaltigen Fortschritte der Kinematographie in den letzten drei Dezennien haben die Frage nach den physiologischen Grundlagen der stroboskopischen Erscheinungen aufs neue in den Mittelpunkt des Interesses gerückt und die Literatur über diesen Gegenstand beträchtlich anschwellen lassen. Die Gesichtspunkte, von denen die älteren Erklärungen geleitet waren, lassen noch deutlich den historischen Werdegang des Problems erkennen und dieser war ja von dem Ziel beherrscht, durch Aneinanderreihung diskreter Phasen aus einer reellen Bewegung einen Wahrnehmungsablauf hervorzurufen, der dem durch die reelle Bewegung hervorgerufenen möglichst ähnlich sein und daher eine reelle Bewegung vortäuschen sollte. Dieser Entwicklungsgang ist für das richtige Verständnis der stroboskopischen Bewegung wahrhaft verhängnisvoll geworden. Zunächst hat er zu einer völligen Verschiebung der Problemstellung, ja zu einer Verwechslung zweier Probleme geführt, die miteinander gar nichts zu tun haben. Unter dem verschwommenen Leitgedanken, daß hier reale Diskontinuität in scheinbare Kontinuität verwandelt werde, hat man vor allem die Raumkontinuität mit der Geschwindigkeitskontinuität verwechselt. Eine Scheinbewegung würde ja „unnatürlich“ aussehen sowohl wenn räumliche Lücken vorhanden, d. h. der Raum nicht vollständig durch Bewegung ausgefüllt wäre, wie auch wenn das bewegte Objekt statt sich in gleichförmiger oder gleichförmig beschleunigter (verzögerter) Bewegung zu befinden, diese Bewegung ruckweise, d. h. mit Geschwindig-

keitsdiskontinuitäten machte, z. B. bei jeder Exposition einer Phase durch eine kurze, aber merkbare Zeit stehen bliebe. Indem man die Variablen des objektiven Vorganges so lange änderte, bis beide Mängel beseitigt waren, hat man also die Bedingungen für zweierlei Effekte gleichzeitig studiert, von denen offenbar der eine nur für die Serie von Belang sein konnte.

Aus diesem Stadium der Entwicklung stammt z. B. die Theorie der unbemerkten Lücken, die die Entstehung der Scheinbewegung in Analogie setzt zur Entstehung des Eindrucks einer ausgezogenen Kreislinie aus kreisförmig angeordneten Punkten. Woraus unter anderem folgen würde, daß zwischen zwei Nachbarphasen einer Bewegung keine eindeutige Vermittlung in Form einer Scheinbewegung entstehen kann — so wenig als man zwischen bloß zwei gegebenen Punkten einen Kreisbogen ergänzt.

Die serienweisen Aneinanderreihungen von Scheinbewegungen, wie sie durch die üblichen stroboskopischen Apparate nahegelegt waren, sind also schon aus dem vorhin angeführten Grunde dem Verständnis dieser Scheinbewegungen nicht günstig gewesen. Sie haben aber neben der erwähnten Theorie der unbemerkten Lücken noch zu einem anderen Erklärungsversuch geführt und hier wieder auf eine falsche Spur geleitet. Ich denke hier an den Versuch, die stroboskopischen Scheinbewegungen mit den Tatsachen der sukzessiven Lichtmischung (Farbenkreisel) in Verbindung zu bringen. Auch dieser Fehlversuch ist historisch verständlich. Ahmt man irgendeine alltägliche Bewegungsszene stroboskopisch nach (z. B. einen turnenden Menschen), so ist ja nicht alles, was zur Szene gehört, in Bewegung (der Mensch turnt, aber das Reck bleibt doch in Ruhe). Die ruhenden Gegenstände müssen also in den einzelnen Expositionen identisch wiederkehren. Da nun zwischen diesen Expositionen, schon um den Bildtransport zu verdecken, dunkle Zwischenphasen eingeschaltet werden müssen, so war, um diese nicht sichtbar werden zu lassen, also um das Flimmern zu vermeiden, eine ähnliche Aufgabe zu lösen wie wenn man auf dem Farbenkreisel einen lichtaussendenden Sektor mit einem lichtlosen so wechseln läßt, daß eine dauernd gleichmäßige Wahrnehmung entsteht. Ja noch mehr:

auch Objekte, die in Bewegung dargestellt werden sollen, bewegen sich ja nicht in allen ihren Teilen. Wenn sich z. B. ein weißes Oblongum in der Richtung seiner längeren Seite fortschieben soll, so ist mehreren nahe aneinander liegenden Nachbarphasen notwendig ein Flächenstück gemeinsam und hinsichtlich dieses Stückes ist bei einer stroboskopischen Nachahmung dieselbe Aufgabe zu lösen wie wir sie soeben hinsichtlich ruhender Objekte erörtert haben; eine Aufgabe, die tatsächlich dieselbe ist wie beim Farbenkreisel. Dafs sie nicht in der spezifisch stroboskopischen Leistung besteht (die ja nur von den Grenzen des Oblongums verlangt wird), hatte man merkwürdigerweise lange übersehen. Und so erklärt es sich, dafs man auf eine „Theorie der Nachbildwirkung“ verfallen und damit abermals auf einen Abweg geraten ist.

Die entscheidende Wendung ist eingetreten, als man sich von den Serienversuchen abwandte und die Entdeckung machte, dafs schon zwischen zwei Objekten unter günstigen Bedingungen eine vermittelnde Scheinbewegung entstehen kann, und zwar auch dann, wenn ihre Distanz das durch die Raumschwelle gegebene Minimum weit überschreitet. Schon EXNER hat 1876 diese Tatsache gelegentlich einer Untersuchung, die allerdings anderen Zwecken gewidmet war, bemerkt<sup>1</sup> und F. SCHUMANN hat in einer Diskussionsbemerkung zu einem Vortrage P. LINKES über „Neue stroboskopische Versuche“ am Würzburger Kongrefs f. exp. Psych. (1906) über Versuche berichtet, die Scheinbewegungen bei noch viel gröfseren örtlichen Intervallen zeigen. Systematisch ist diese Tatsache von M. WERTHEIMER in seiner grundlegenden Arbeit „Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung“<sup>2</sup> untersucht und von späteren Autoren immer wieder bestätigt worden.

In der Tatsache der übermerklichen räumlichen Intervalle liegt eigentlich schon eingeschlossen, dafs zur Erzeugung einer stroboskopischen Bewegung zwei Eindrücke genügen (SCHUMANN in der obengenannten Diskussionsbemerkung); denn

<sup>1</sup> S. EXNER, Über das Sehen von Bewegungen u. d. Theorie d. zusammengesetzten Auges. *Wiener Sitzungsber. math.-naturw. Kl.* 72, S. 156 ff. Ferner Exp. Unters. d. einfachsten psych. Prozesse. III. In *Pflüg. Arch.* 11, S. 403 ff. (1875).

<sup>2</sup> *Zeitschr. f. Psych.* 61, S. 161 ff. (1912).

wenn das einzelne Intervall unter der Raumschwelle liegen müßte, würde sofort folgen, daß zum Zustandekommen einer merklichen Bewegung mindestens drei, im allgemeinen sogar noch mehr Eindrücke nötig wären. Da dies tatsächlich nicht der Fall ist, kann schon aus diesem Grunde die Theorie der unbemerkten Lücken nicht richtig sein. Seit dem durch S. EXNER eingeleiteten Entwicklungsstadium wurde die einzig aussichtsreiche Problemstellung auch festgehalten; sie bezieht sich nicht auf die Erzeugung großer und lang andauernder Scheinbewegungen durch Aneinanderreihung sehr zahlreicher Phasen, sondern vielmehr auf die Entstehung des stroboskopischen Elementarphänomens, wie wir die Scheinbewegung nennen können, die schon bei Exposition zweier Objekte unter sonst günstigen Bedingungen entstehen kann. Diese Problemstellung beherrscht die gegenwärtige Literatur und ihr sind auch unsere Untersuchungen gewidmet.

Man kann nicht sagen, daß bisher eine auch nur halbwegs befriedigende Antwort erreicht sei. Wir werden die augenblicklich in der Literatur vorfindbaren Lösungsversuche in einem kritischen Anhang besprechen. Hier mögen einige Bemerkungen genügen, die allerdings erst durch diesen Anhang ihre Rechtfertigung finden.

An den Namen WERTHEIMERS knüpft sich eine pseudo-physiologische Theorie (man nennt sie „Kurzschlußtheorie“), die sich schon als unhaltbar erweist, wenn man ihre verschwommene Fassung durch eine klare ersetzen will. Sie ist tatsächlich nichts anderes als eine Übersetzung des zu Erklärenden in eine noch dazu mangelhafte physiologische Terminologie.

Die Theorie LINKES ferner will nach der ausdrücklichen Versicherung des Autors gar keine Theorie im Sinne einer genetischen Erklärung sein, sondern sich auf eine deskriptive Analyse des schlichten Tatbestandes beschränken — worüber Näheres im kritischen Anhang.

Was schließlich die Anschauungen KOFFKAS und seines Kreises betrifft, so scheint hier wieder die Neigung aufzuleben, die stroboskopischen Phänomene mit denen der sukzessiven Lichtmischung in Beziehung zu bringen; zwar nicht auf Grund einer so primitiven Verwechslung in der Problemstellung wie

die, von der wir oben berichtet haben, wohl aber in dem Sinne, daß man die sukzessive Lichtmischung als Grenzfall der stroboskopischen Bewegung betrachten könne, weil ja der räumliche Abstand der Objekte, wie er für diese notwendig ist, nur auf Null reduziert zu werden brauche, um die Sachlage herzustellen, wie sie bei der sukzessiven Lichtmischung gegeben ist. Auch dieser Versuch scheint mir nicht sehr aussichtsvoll, weil solche Grenzbetrachtungen erst durch den Nachweis gerechtfertigt werden können, daß in dem Übergang vom einen Phänomen zum anderen keine Unstetigkeit liegt. Betrachtungen, die sich auf den Übergang einer endlichen Größe zum Nullwert aufbauen, sind nie ganz ungefährlich. Man kann leicht dahin kommen, einem Menschen, der nichts besitzt, noch immer ein Vermögen zuzuschreiben, da ja das Vermögen Null als Grenzfall eines positiven Vermögens betrachtet werden kann. Aber die Philosophen manövrieren mit 0 und  $\infty$  seit jeher mit einer Sorglosigkeit, wie wenn es sich um echte Zahlen handelte, deren Handhabung ihnen sichtlich viel schwerer fällt.

Der folgende Versuch will einen Weg zeigen, wie man dem Problem der stroboskopischen Bewegung\* genetisch näher kommen kann unter ausschließlicher Benutzung von Faktoren, die der physiologischen Optik auch sonst bekannt sind.

#### Vorläufige Skizze der Hypothese.

Das Verständnis der im folgenden zu entwickelnden Theorie wird erleichtert, wenn man mit einigen vorläufigen Strichen den Rahmen skizziert, innerhalb dessen sie sich bewegt. Dabei soll es sich nicht um hypothetische Vorgänge handeln, die ad hoc konstruiert werden, wie dies bei der Kurzschlufstheorie der Fall ist, sondern um eine Rückführung auf Faktoren, die sich auch auf anderen Gebieten des optischen Raumsinnes unzweifelhaft feststellen lassen. Bei der Entstehung einer optischen Bewegungsempfindung denkt man zunächst an die Wanderung des Netzhautbildes als Ursache; diese Quelle kann hier nicht in Betracht kommen: die Lichtreize ruhen und unwillkürliche Augenbewegungen können schon darum nicht in Anspruch genommen werden, weil man stroboskopische Be-

wegungen in entgegengesetzter Richtung gleichzeitig erzeugen kann. Gäbe es also nur die retinale Quelle, so wäre die stroboskopische Bewegung schlechthin unerklärbar. Nun zeigt sich aber, daß an der Lokalisation unserer Gesichtsempfindungen auch sonst stets noch ein zweiter Faktor beteiligt ist, der allerdings gewöhnlich nicht isoliert, sondern nur in Verbindung mit dem retinalen Faktor auftritt und den man als Träger der sog. „absoluten Lokalisation“ betrachtet. Man bedarf seiner, um die Ruhe der Sehobjekte bei willkürlichen Blickbewegungen zu erklären, da ohne diesen kompensatorischen Faktor nicht einzusehen wäre, warum nicht auch hier die Verschiebung des Bildes auf der Netzhaut zur Empfindung einer Bewegung führen sollte. Man denkt sich also, daß z. B. bei einer willkürlichen Blickbewegung nach rechts die Sehobjekte infolge der Bildverschiebung sich nach links bewegen sollten, daß aber durch eine gleichgroße und entgegengesetzt gerichtete Änderung der „absoluten Lokalisation“ der Erfolg der Bildverschiebung vollständig kompensiert werde (HERING, MACH und viele andere). Daß dieser Faktor, wie so vielfach angenommen, in einem „Stellungsbewußtsein“ oder überhaupt in einer Empfindung muskulären Ursprungs begründet sei, läßt sich streng widerlegen.<sup>1</sup> Isoliert tritt er wohl nur bei gewissen Bewegungstäuschungen auf, so pathologischerweise bei den bekannten Scheinbewegungen, wie sie im Falle frischer Augenmuskellähmungen beobachtet werden, normalerweise bei den Täuschungen vom Typus der dem Fluß entgegensehenden Brücke. Es ist derselbe Faktor, der sich sozusagen durch sein Fehlen verrät, wenn beim Drehschwindel die bekannte Flucht der Objekte eintritt. Selbst ohne näheren Einblick in die Natur dieses Faktors würde eine Rückführung der stroboskopischen Erscheinungen auf ihn als eine echte Erklärung anzusehen sein; nur müßte er sich allen speziellen

<sup>1</sup> Hinsichtlich der Gründe, die gegen eine derartige Annahme sprechen, verweise ich auf meine Abhandlung „Die Ruhe der Objekte bei Blickbewegungen“. *Jahrb. f. Psychiatr. u. Neurol.* 40, S. 218 ff. (1920). Dieser Band, der als Festschrift zum 25jährigen Professorenjubiläum des Innsbrucker Psychiaters CARL MAYER erschienen ist, wird im folgenden kurz als „Mayer-Festschrift“ zitiert.

Fällen der Stroboskopie ohne hypothetische Zutaten anpassen lassen.

Einstweilen soll nur kurz angedeutet werden, wie sich dieser Faktor zur Erklärung der stroboskopischen Erscheinungen ausnutzen läßt.

Eingeführt wurde er, wie oben erwähnt, um zu erklären, warum die Sehobjekte bei willkürlicher Blickbewegung in Ruhe bleiben, obwohl sich die Bilder auf der Netzhaut verschieben. Es ist im Wesen dasselbe Problem, wenn gefragt wird, warum man beim Blick nach rechts das fixierte Objekt rechts sieht, obwohl es sich ja ebenfalls foveal abbildet. Denn auch diese Erfahrung zeigt, daß der scheinbare Ort nicht lediglich eine Funktion der gereizten Netzhautstelle ist, sondern noch durch einen anderen Faktor bestimmt wird. Man begreift, daß die Meinung entstehen konnte, dieser Faktor sei eine Funktion der Augenbewegung selbst und daher muskulären Ursprungs. Daß er mit der Bewegung irgendwie zusammenhängt ist ja richtig. Aber muskulären Ursprungs ist er darum noch lange nicht. Er macht sich — von anderen Gegengründen ganz abgesehen — auch gar nicht bei Bewegungen überhaupt, sondern nur bei willkürlichen Bewegungen geltend. Und dies zeigt ihn abhängig von der Aufmerksamkeit. Denn das Wesen der willkürlichen Blickbewegung liegt, wie sich später ergeben wird, darin, daß der Zielpunkt schon vor ihrer Ausführung von der Aufmerksamkeit ergriffen sein muß. Die geforderte Kompensation der retinalen Raumwerte ist also an die Bedingung gebunden, daß die Aufmerksamkeit dem Ausgangspunkt ab- und dem Zielpunkt zugewendet wird. Denkt man sich, daß irgendwelche Umstände die Wirkung der Aufmerksamkeit, d. i. also die volle Deutlichkeit des Zielpunktes nur allmählich (wenn auch in kurzer Zeit) zustandekommen lassen, so ist prinzipiell die Möglichkeit gegeben, daß die Lokalisation des Zielpunktes nicht sofort ihren endgültigen Wert erreicht; diese allmähliche Entwicklung zur vollen Deutlichkeit würde sich dann natürlich auch in einer allmählichen Entwicklung jenes zweiten Faktors, der jedenfalls an der Lokalisation beteiligt ist, äußern: das Sehobjekt würde seinen definitiven Ort auch nur allmählich erreichen. Es wäre dann bloß zu zeigen, daß es Umstände geben kann, welche ver-

hindern, daß die dem zweiten Objekt zugewandte Aufmerksamkeit ihre Wirkung sofort in vollem Ausmaße entfaltet und daß solche Umstände im Falle der Stroboskopie tatsächlich vorhanden sind.

Also nicht auf die Blickbewegung selbst wären die stroboskopischen Erscheinungen zurückzuführen (woran ja überhaupt nicht zu denken ist), sondern auf jene Aufmerksamkeitsbedingungen, welche im Falle einer Blickbewegung diese zu einer willkürlichen machen, aber auch ohne ausgeführte Blickbewegung vorhanden sein können, da sie ja auch im Falle der ausgeführten Blickbewegung nur dem vorbereitenden Stadium angehören.

Der Zusammenhang des kompensatorischen Faktors mit der Aufmerksamkeit würde, selbst wenn man auf seine tiefere Begründung verzichten müßte, schon an und für sich zur Erklärung des stroboskopischen Elementarphänomens genügen; läßt sich aber eine tiefere Begründung auch noch erreichen, so wäre damit ein gemeinsames Fundament für beide Erscheinungen gewonnen, für die Objektrube und für die Stroboskopie. Es ist für die Darstellung zweckmäßig, beide Schritte zu trennen. Es soll demnach zuerst gezeigt werden, welche Vorstellung man sich von diesem kompensatorischen Faktor lediglich mit Bezug auf das Problem der Objektrube zu machen hat und wie er sich schon von dieser Basis aus zur Erklärung der stroboskopischen Erscheinungen verwenden läßt. Dann aber soll versucht werden, ihn auf seine tieferen Ursachen zurückzuführen, so daß er nicht, wie bisher, ein reines Hypothetikum bleibt, vielmehr als eine Wirkung wohlbekannter Umstände erscheint.

In beiden Hinsichten kann ich mich hier kurz fassen und muß auf die ausführlichen Erörterungen verweisen, die ich in der schon zitierten Abhandlung der *MAYER-Festschrift* dieser Frage gewidmet habe. Eines aber darf schon jetzt behauptet werden: wenn sich die sog. „absolute Lokalisation“, also eben diejenige, der jener kompensatorische Faktor angehört, nicht zur Erklärung der stroboskopischen Erscheinungen verwerten läßt, dann gibt es unter den Tatsachen des Raumesinnes, die die physiologische Optik bisher kennt, überhaupt keine, die zur Erklärung der bis auf den heutigen Tag noch

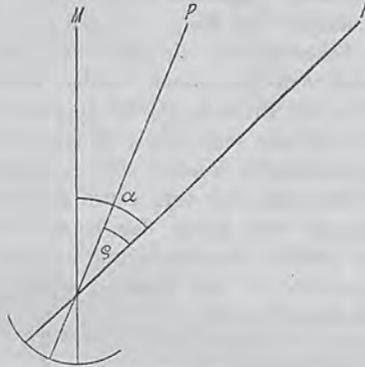
ganz rätselhaften Phänomene der Stroboskopie herangezogen werden kann. Denn neben den Raumwerten der Netzhautstellen, also den retinalen, und denjenigen Faktoren, die die „absolute Lokalisation“ bestimmen, ist bisher keine dritte Quelle bekannt, aus der die Empfindungen des Gesichtssinnes ihr Raumdatum beziehen und die daher für das Sehen einer Bewegung in Anspruch genommen werden könnte. Da die retinale Quelle für die Stroboskopie offenbar nicht in Betracht kommen kann, bleibt nur jene zweite Quelle übrig, deren Ergiebigkeit eben untersucht werden soll — immer unter der Voraussetzung, daß man eine vera causa einführen und sich nicht mit Fiktionen vom Rang der Kurzschlußtheorie begnügen will, die, anstatt eine Erklärung zu bieten, die zu erklärende Tatsache nur in das Gewand einer pseudophysiologischen Terminologie kleidet.

**Retinale und „absolute“ Raumwerte. Umwertung der ersteren durch die letzteren. Sprunghafte und allmähliche Umwertung.**

Machen wir uns also zunächst klar, was mit der Einführung der „absoluten Lokalisation“ gemeint ist und welche Erscheinungen durch diesen hypothetischen Faktor verständlich werden sollen.

Die Augen mögen sich in Primärstellung befinden und die Gesichtslinie des rechten Auges — von dem im folgenden immer die Rede sein soll — sei zunächst auf das Objekt M gerichtet und dieses erscheine median. Irgendein rechts davon gelegenes Objekt F, das sich auf der inneren Netzhaut abbildet, erscheint dann rechts und diese Richtung ist eine Funktion der gereizten Netzhautstelle, der wir darum einen primären Rechtswert zuschreiben. Er ist durch den Winkel  $\alpha$  gemessen, den wir positiv zählen wollen, indem wir alles, was sich auf der inneren Netzhaut abbildet und daher rechts erscheint, mit +, was sich auf der äußeren Netzhaut abbildet, mit — bezeichnen und daher dem fixierten Objekt selbst, bzw. der Fovea, den Seitenwert 0 zuschreiben. Diese Lokalisation wollen wir als retinale bezeichnen. Führen wir willkürlich die Blicklinie auf F über, so müßte dieser Punkt, sofern ledig-

lich die retinale Lokalisation in Betracht kommt, median und daher M links erscheinen. Wir wissen, daß dies tatsächlich nicht der Fall ist: F erscheint nach wie vor rechts, M nach



Figur 1.

wie vor median. Tatsächlich kann also der scheinbare Ort nicht von der retinalen Lokalisation allein abhängen. Um dies verständlich zu machen nimmt man gewöhnlich und mit Recht an, daß die retinalen Ortswerte durch die willkürliche Blickbewegung eine Umwertung erfahren, die nach Ausmaß und Vorzeichen von dem Winkel der willkürlichen Drehung abhängt und diesem proportional ist. Demnach wäre die tatsächliche Lokalisation als algebraische Summe der retinalen und einer zweiten Art von Raumwerten anzusehen, die dem Winkel der Blickwendung entspricht und die man — nicht sehr passend, wie wir sehen werden — als „absolute“ zu bezeichnen pflegt. Die letzteren würden dann für Rechtswendungen positives, für Linkswendungen negatives Vorzeichen erhalten, für die primäre Ausgangsstellung den Wert 0. Es würde also die dem Punkte P entsprechende Netzhautstelle, falls F fixiert wird, den absoluten Raumwert  $\alpha$  haben, wie er in einer Stellung, die durch Rechtsdrehung der Gesichtslinie entsteht, allen Punkten zukommt, und einen retinalen im Betrage von  $-\varrho$  und somit einen tatsächlichen Ortswert  $\alpha - \varrho$ . Die Fovea selbst hätte dann den Ortswert  $\alpha - 0 = \alpha$  und die Ruhe des medianen Objektes M, die wir trotz der Verschiebung

seines Netzhautbildes beobachten, wäre dadurch erklärt, daß seiner Netzhautstelle nunmehr der absolute Raumwert  $+a$ , der retinale  $-a$  zukäme und somit ihr tatsächlicher medianer Raumwert sich als Ergebnis einer vollständigen Kompensation darstellte.

Man sieht ohne weiteres ein, daß der die Kompensation besorgende Wert  $a$  (der sog. absolute Raumwert) zunächst bloß als Hypothese eingeführt wurde, um die Ruhe des Objekts bei Blickbewegungen verständlich zu machen; denn in dem tatsächlichen Ort dieses oder jedes anderen Punktes, der ja phänomenal nicht weiter zerlegbar ist, sind die Komponenten  $a$  und  $\rho$  seiner Netzhautstelle nicht zu entdecken. Man kann sie höchstens in gewissen ungewöhnlichen Fällen isoliert zur Wirkung kommen lassen. Das geschieht immer, wenn jene erwähnte Kompensation gar nicht oder nur in unvollkommener Weise (als Unter- oder Überkompensation) auftritt. Bewegt man den Bulbus z. B. durch Fingerdruck, so fällt das kompensierende  $a$  ganz weg; F wird nur gemäß seinem retinalen Raumwert  $-a$  lokalisiert und erscheint daher links von der Mediane. Ähnliches gilt, wenn die Verlagerung der Blicklinie nach F labyrinthogen sich vollzieht (Flucht der Objekte beim Drehschwindel). Umgekehrt ist das kompensierende  $a$  bei einer frischen Parese des Rechtswenders zu groß relativ zu dem  $\rho$ , welches kompensiert werden soll, weil infolge der Parese die tatsächliche Rechtswendung gar nicht jene Größe erreicht, die nötig wäre, um M den retinalen Linkswert  $-\rho$  zu erteilen. Es findet also Überkompensation statt und der Betrag dieser letzteren drückt sich in der paretischen Scheinbewegung der Objekte nach rechts und in dem Vorbeigreifen des auf das Objekt F losstosenden Fingers aus (v. GRAEFFE'scher Tastversuch). Ja bei einer vollständigen Paralyse des Rechtswenders, bei der das retinale  $-\rho = 0$  wird, würde der kompensierende Faktor  $+a$  die Lokalisation sogar ganz allein bestimmen. — Allein für das Problem der Objektruhe wäre damit die Einführung dieses Faktors noch immer nicht über das Niveau einer Hypothese ad hoc gehoben, da doch erst erwiesen werden müßte, daß jener Faktor, dessen Wirksamkeit wir beim paralytischen Rechtswender isoliert aufzeigen können, identisch ist mit demjenigen, den wir zum Zweck der

Erklärung der Objektruhe blofs annehmen.<sup>1</sup> Erst wenn die Natur dieses Faktors für jeden der beiden Fälle aufgeklärt wäre, könnte aus dieser Einsicht seine Identität hervorgehen. Ich habe diese Aufklärung in der MAYER-Festschrift versucht und werde auch hier, aber an späterer Stelle, von ihr Gebrauch machen. Einstweilen aber mag jener kompensierende Faktor als Hypothetikum gelten und nur mit denjenigen Bestimmungen ausgestattet werden, die ihm auch als solchem zugelegt werden müssen, wenn er die Objektruhe erklären soll.

Hierzu ist vor allem nötig, das Moment der Willkürlichkeit einer Blickbewegung näher zu charakterisieren, da ja, wo es fehlt (Bewegung des Auges durch Fingerdruck, labyrinthogener Nystagmus) eine Kompensation der retinalen Lokalisation, wie oben bemerkt, gar nicht statt hat.

Wir haben heute allen Grund, mit HERING und MACH anzunehmen, daß eine Blickbewegung dann willkürlich zu nennen ist, wenn die Aufmerksamkeit sich schon in der Ausgangsstellung auf den Zielpunkt richtet und daß die Ausführung der Bewegung selbst nur den Charakter eines reflektorischen Vorganges besitzt. Darum hat auch HERING die Umwertung der retinalen Raumwerte gar nicht dem Akt der Blickbewegung selbst, sondern dessen Vorstadium, das ist der Verlagerung des Aufmerksamkeitsortes kausal zugeordnet.<sup>2</sup> Wie es dazu kommt, daß die Verlagerung des Aufmerksamkeitsortes solche lokalisatorische Wirkungen ausüben kann, gehört in die tiefere Begründung, die ich im Anschluß an die Erörterungen der MAYER-Festschrift später bringen werde; hier genüge es, daß sie es tut.

Wir können einstweilen nur fragen, woher es kommt, daß der Betrag dieser Umwertung gerade so groß ist, um de norma eine genaue Kompensation der retinalen Ortsänderung zustande zu bringen. Diese Tatsache allein deutet schon darauf hin, daß die Kompensation in letzter Linie doch wieder auf die Ortswerte der Netzhaut selbst zurückgehen oder mindestens

<sup>1</sup> Vgl. meine Ausführungen in der Mayer-Festschrift S. 216.

<sup>2</sup> Warum sie weder in den Akt der Kontraktion noch in die zentrale Innervation zu verlegen ist, habe ich in der Mayer-Festschrift S. 219—234 näher begründet.

in einem Umstand begründet sein müsse, der mit den retinalen Raumwerten eindeutig zusammenhängt.

Diesen Umstand glaubte ich in dem retinalen Deutlichkeitsgefälle zu erblicken, wie das in der MAYER-Festschrift S. 234 ff. näher ausgeführt ist.

Wie bekannt kommt der fixierten, also foveal abgebildeten Stelle die größte Deutlichkeit zu, jeder peripheren ein umso geringerer Deutlichkeitsgrad, je weiter sie von der fixierten absteht. Wahrscheinlich ist die Fovea durch diesen Umstand sogar in erster Linie charakterisiert und nicht, wie man gewöhnlich sagt, durch die maximale Feinheit des Ortssinnes — worauf schon JAVAL (1896) und SACHS (1897) hingewiesen haben. Dafür sprechen mancherlei Gründe; u. a. dafs selbst bei einem gleichmäßigen Gesichtsfeld ohne Konturen die fixierte Stelle durch ihre maximale Deutlichkeit auffällt, obwohl hier der „feine Ortssinn“ gar keine Gelegenheit hat, sich zu betätigen. Dann aber weil auf der Körperhaut beide Umstände auseinander fallen: die Stellen feinsten Ortssinnes (z. B. die roten Lippen) sind durchaus kein Analogon der Fovea; sie haben nicht schon von vornherein den Charakter größerer Deutlichkeit, der ja dadurch auffallen müßte, dafs man ihnen die aktive Aufmerksamkeit leichter und erfolgreicher müßte zuwenden können, als etwa einer Stelle des Oberschenkels. Wie dem immer sei, jedenfalls erhält eine zunächst seitliche Stelle durch Überführung der Blicklinie auf sie einen Deutlichkeitszuwachs, der der Gröfse ihres Abstandes entspricht und somit ist das Ausmafs der Bewegung eindeutig zugeordnet der Differenz der beiden Deutlichkeitsgrade, die schon in der Ruhestellung dem Ausgangs- und Zielpunkt zukommen. Ist also der kompensatorische Faktor (die „absolute Lokalisation“) der Gröfse der Blickbewegung eindeutig zugeordnet, die letztere aber der Differenz der Deutlichkeitsgrade, so muß sich auch das Ausmafs der Umwertung in eindeutige Beziehung zu jener Differenz setzen lassen.

In dieser Überlegung liegt vorläufig noch nichts Hypothetisches. Wo immer eine Verschiebung der Netzhautbilder durch willkürliche Blickbewegung (also durch Verlegung des Aufmerksamkeitsortes) entsteht, geht das Deutlichkeitsmaximum auf die jeweils fixierten und seitlich erscheinenden Objekte über, während bei jeder aus anderen

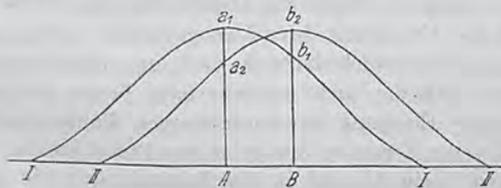
Ursachen entstehenden Netzhautbildverschiebung immer das jeweils median erscheinende Objekt Träger der größten Deutlichkeit ist. Würde man einen Beobachter in einen Hohlzylinder einschließen, dessen innere Mantelfläche merkbare Objekte trägt, so würde dieser den Fall, daß er selbst sich dreht und der Zylinder ruht von dem anderen, daß er selbst ruht und der Zylinder in Gegendrehung versetzt wird, unmittelbar dadurch unterscheiden, daß ersterenfalls der jeweils deutlichste Gegenstand stetig sich an anderen Orten befindet, letzterenfalls den medianen Ort beibehält und nur einen Qualitätenwechsel zeigt. Man sieht also, daß zu dieser Unterscheidung die Annahme eines „Stellungsbewusstseins“, gegen die ja auch andere zwingende Gründe sprechen, unnötig ist. Phänomenologisch sind dann auch alle diejenigen Fälle, in denen die Augenbewegung nicht durch Verlegung des Aufmerksamkeitsortes erfolgt, sondern etwa durch Fingerdruck oder vom Labyrinth aus, dem Falle des ruhenden Beobachters bei gedrehtem Zylinder zuzurechnen.

Was wir nun vorläufig als Hypothese einführen, später aber über diesen Rang zu erheben hoffen, ist folgendes:

Wir nehmen an, die fertige Umwertung der retinalen Raumwerte (der kompensatorische Faktor) sei dadurch bedingt, daß die zunächst seitliche Sehfeldstelle, die als Zielpunkt ins Auge gefaßt wird, nach vollzogener Bewegung auch wirklich das Deutlichkeitsmaximum erreicht habe. Dies ist einstweilen als bloße Annahme zu betrachten, weil vorläufig nur erwiesen ist, daß die beiden Umstände, Erreichung des vollen Deutlichkeitsgrades und lokale Umwertung parallel gehen, nicht aber, daß die erstere die Ursache der letzteren ist. Auf der Basis dieser Annahme läßt sich aber weiter schließen: Wenn irgend ein fremder Umstand, dessen Natur einstweilen dahingestellt sein mag, verhindert, daß dem Zielpunkt, sobald er durch die Blicklinie erreicht, also fixiert wird, sofort das der Fovea gebührende Deutlichkeitsmaximum zukommt, so wird eben dieser Umstand auch verhindern, daß die lokale Umwertung sofort in vollem Ausmaß zustandekommt. Ist nun die Fovea, oder besser gesagt ihr Raumwert im ersten Augenblick noch gar nicht umgewertet, hat sie also noch ihren retinalen, noch gar nicht kompensierten Raumwert, so heißt das: das zweite Objekt wird zunächst median gesehen. Wenn die Umwertung schließlich vollständig vollzogen ist, so sieht man mit der Fovea lateral. Die stroboskopische Bewegung würde dann der Ausdruck für das Durchlaufen aller Zwischenstadien zwischen völlig mangelnder und

vollständig vollzogener Umwertung sein, kurz sie wäre das Korrelat des allmählichen Umwertungsprozesses.

Deuten wir sogleich an, welcher Art dieser „fremde Umstand“ sein könnte, der die sofortige Umwertung verhindert. Bekanntlich wird unter „primärem Gedächtnis“ die nicht weiter zu erklärende Tatsache verstanden, daß jedes Phänomen, auch nachdem es aufgehört hat, in strengem Sinne gegenwärtig zu sein, während einer kurzen Zeitspanne ein Residuum hinterläßt, das ihm an Anschaulichkeit gleichkommt und sich nur durch das Hinzutreten eines modifizierenden Zeitindex, der der Spezies nach mit der objektiven Zeit variiert, unterscheidet. Wir nennen diese Zeitspanne nach WILLIAM STERNS Vorschlag „psychische Präsenzzeit“ und wissen, daß ihre Länge wesentlich vom Verhalten der Aufmerksamkeit abhängt. Würde also etwa ein soeben entschwundener Lichtpunkt innerhalb dieser Präsenzzeit die Aufmerksamkeit — natürlich in stetig abnehmendem Maße — für sich in Anspruch nehmen, so könnte man sehr wohl verstehen, daß ein an einem anderen Orte auftauchender zweiter Lichtpunkt den vollen Deutlichkeitsgrad, der ihm vermöge seiner fovealen Abbildung zukommen sollte, nicht sofort erreicht. Dann wird der obigen Annahme zufolge aber auch die lokale Umwertung nicht sofort zustandekommen, d. h. die Kompensation wird Zeit brauchen.



Figur 2.

An der Hand der nebenstehenden Figur läßt sich dieser Vorgang deutlich machen. Die horizontale Gerade stelle die Netzhaut oder besser gesagt, das somatische Sehfeld dar, d. h. die räumliche Ausbreitung der Sehsinns substanz, also derjenigen Substanz, an deren Erregung wir uns die Gesichtsempfindungen unmittelbar gebunden denken. A bedeutet die Vertretung der Fovea, für welche wir der Kürze wegen den Ausdruck „Fovea“

selbst gebrauchen wollen. Ist diese bei Fixation des ersten Lichtpunktes maximal erregt, so dehnt sich das Sehfeld mit symmetrischem Deutlichkeitsgefälle (durch die linke Kurve angedeutet) über den Bereich I. I. aus. Tritt nach Verschwinden des ersten Punktes ein zweiter rechts gelegener auf und wird dieser sofort fixiert, so sollte dem nunmehr der Fovea entsprechenden Punkte B des somatischen Sehfeldes die maximale Erregung  $Bb_2$  entsprechen und damit das Sehfeld II. II. in Geltung sein. Ist dieser Zustand erreicht, dann ist, wie wir wissen, auch der retinale Raumwert der Fovea umgewertet: wir lokalisieren mit der Fovea nach rechts. Tatsächlich erzwingt sich auch die Fovea schliesslich ihr Eigengewicht  $Bb_2$ ; aber — und darauf kommt es an — nicht sofort. Mit dem Gewicht  $Bb_2$  wäre ja, wie aus der Kurve II. II. hervorgeht, für A das Gewicht  $Aa_2$  verbunden, d. h. das Gedächtnis-residuum des ersten Lichtpunktes müßte sofort von  $Aa_1$  auf  $Aa_2$  abgesunken sein. Dieses Absinken ist aber ein autonomer Vorgang der Stelle A des somatischen Sehfeldes und vollzieht sich als solcher nach seinen eigenen Gesetzen, also jedenfalls nicht sprunghaft, sondern allmählich. Demnach kann auch die Kurve I. I. nicht sprunghaft, sondern nur allmählich in II. II. übergehen. Die Erregung in B erlangt also ihr Vollgewicht nur soweit die abklingende Erregung in A dies zulässt. Halten wir nun an dem Grundgedanken unserer Hypothese fest, daß die räumliche Umwertung der Fovea parallel geht mit der Erlangung ihres Eigengewichts, so folgt, daß sie im Moment des Objektwechsels noch gar nicht umgewertet sein kann. Mit der nicht umgewerteten Fovea aber müssen wir den der Erregung B entsprechenden Punkt dort sehen, wo wir den der Erregung A zugehörigen Punkt gesehen haben; denn eben darin besteht ja der Zustand, den wir mit den Worten „die Fovea ist noch gar nicht umgewertet“ bezeichnen wollen. Ist die Fovea schliesslich gänzlich umgewertet, d. h. kommt der Erregung in B das Gewicht  $Bb_2$  zu, so ist derselbe Zustand erreicht, der auch gegeben wäre, wenn wir bei gleichzeitiger Sichtbarkeit der beiden Lichtpunkte den Blick vom medianen zum lateralen übergeführt hätten; der laterale wird mit der Fovea lateral gesehen. So muß sich der Vorgang abspielen, wenn wir an dem Grundgedanken festhalten, daß

die räumliche Umwertung einer Erregung erst dann vollzogen ist, wenn diese ihr retinales Eigengewicht erreicht hat. — Hiermit ist das Gerüste angedeutet, innerhalb dessen sich der feinere Aufbau der Theorie vollziehen soll; denn mehr als eine vorläufige Skizze war mit den bisherigen Erörterungen nicht beabsichtigt.

Es ist hiermit aber auch die Bahn vorgezeichnet, auf der sich die folgenden Untersuchungen bewegen sollen. Schon in diesem hypothetischen Stadium nämlich kann geprüft werden, ob alle Variationen, die man an einer stroboskopischen Bewegung vornehmen kann, sich als Konsequenzen dieser Annahme verstehen lassen. Es müßte nämlich erweisbar sein, daß alle Umstände, welche eine stroboskopische Bewegung fördern, schädigen oder überhaupt modifizieren, dies nur dadurch tun, daß sie den Prozeß der Erlangung des retinalen Deutlichkeitsgrades irgendwie beeinflussen. Erst wenn dieser Beweis gelungen ist, kann man daran gehen, die hypothetischen Elemente durch den Nachweis hinauszubefördern, daß zwischen der Erreichung des der Netzhautstelle eigentümlichen Deutlichkeitsgrades und der lokalen Umwertung nicht bloß Parallelismus besteht, sondern daß die erstere die Ursache der letzteren ist.

Eine lediglich terminologische Einführung ist es, wenn wir im folgenden an Stelle des Deutlichkeitsgrades von einem „Gewicht“ sprechen und damit diejenige Größe des Erregungsprozesses meinen, die die unmittelbare physiologische Grundlage des Deutlichkeitsgrades bildet. Wir können dementsprechend jeder Netzhautstelle ein retinales Eigengewicht (der Fovea natürlich das größte) zuschreiben, daher auch von einem Gewichtsgefälle der ganzen Netzhaut sprechen und dieses durch eine Kurve versinnlichen. Der Vorteil dieser terminologischen Festsetzung liegt darin, daß wir auch den Einflüssen der Aufmerksamkeit oder sonstiger die Deutlichkeit bestimmender Umstände physiologische Prozesse von bestimmtem Gewichte unterlegen können, die untereinander kommensurabel sind, eine algebraische Summierung zulassen, kurz die Grundlage für gewisse Zusammenhänge abgeben, die wir an ihren psychischen Korrelaten empirisch feststellen können.

Es ist längst üblich, den Empfindungen außer ihren immanenten Eigenschaften (Farbenton, Helligkeit) auch eine gewisse Eindringlichkeit zuzuschreiben, d. h. eine gewisse Fähigkeit die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. Man wird sich denken müssen, daß zwischen denjenigen Variablen des physiologischen Erregungsvorgangs, die Träger der immanenten Eigenschaften sind und denjenigen, die der Eindringlichkeit zugrunde liegen, gewisse gesetzmäßige Zusammenhänge bestehen, welche z. B. bewirken, daß mit einem gewissen Farbenton, etwa Rot, immer auch eine größere Eindringlichkeit verbunden ist, oder daß auch zwischen dem Ort der gereizten Netzhautstelle und dem Gewicht der Erregung eine Verbindung besteht, die sich in der bekannten Tatsache psychisch äußert, daß ein Sehobjekt die Aufmerksamkeit um so weniger auf sich zu ziehen imstande ist, je weiter es vom fixierten abliegt. Das hypothetische „Gewicht“ als Grundlage der Eindringlichkeit einzuführen hat also schon den Vorteil, daß wir einen Ausdruck für Zusammenhänge gewinnen, die zwischen psychischen Variablen zu bestehen scheinen, tatsächlich aber zwischen den zugrunde liegenden physiologischen Vorgängen bestehen. Es bietet sich aber noch ein weiterer Vorteil. Da die Aufmerksamkeit einem Empfindungsinhalt auch willkürlich zu- oder abgewandt werden kann und wir uns diesen Vorgang physiologisch ebenfalls als Zu- oder Abnahme des Gewichts denken werden, so läßt sich die tatsächliche Eindringlichkeit als Resultierende zweier Komponenten auffassen, deren eine wir als autonom und deren andere wir als heteronom bezeichnen können. Das der ersteren zugrunde liegende „autonome Gewicht“ hängt dann nur von Reiz und Erregbarkeit ab, während das „heteronome Gewicht“ von den Faktoren bestimmt wird, die etwa sonst noch den psychischen Gesamtzustand bedingen. Wir würden es z. B. als eine autonome Gewichtszunahme bezeichnen, wenn der normale Anstieg der Erregung vom Augenblick des Reizeintrittes sich auch durch eine Zunahme der Eindringlichkeit kundgibt; ferner als eine autonome Gewichtsabnahme, wenn nach dem Aufhören des Reizes das primäre Gedächtnisbild immer mehr und mehr als vergangen erscheint, zugleich aber an Eindringlichkeit abnimmt. Würden wir im letzteren Falle die Aufmerksamkeit

willkürlich diesem Gedächtnisbild zuwenden, so würden wir uns die autonome Gewichtsabnahme als heteronom verzögert vorstellen müssen. Umgekehrt, wenn wir in der Zeit des primären Gedächtnisbildes unsere Aufmerksamkeit einer zweiten Empfindung zuwenden: das Gewicht des primären Gedächtnisbildes würde dadurch neben seiner schon autonom erfolgenden Abnahme noch eine weitere, heteronome Abschwächung erfahren. Aber auch das Gewicht jener zweiten Empfindung würde sich nur in dem Maße zur vollen Höhe entwickeln können, als die autonome Schwächung, der das primäre Gedächtnisbild der ersten unterliegt, dies zuläßt. Wir würden auch diese langsamere Entwicklung als heteronom bedingt ansehen. Der Spielraum, innerhalb dessen das Gewicht heteronom variieren kann, wäre also immer durch die autonomen Bedingungen gegeben. Er würde also z. B. für eine sehr periphere Sehfeldstelle schon von vornherein enger begrenzt sein als für eine zentrale: wir können trotz angestrengtester Aufmerksamkeit einem sehr peripher gelegenen Objekt nicht diejenige Deutlichkeit verschaffen, die einem zentral gelegenen auch bei geringer aktiver Aufmerksamkeit zukommt. Natürlich können solche heteronome Einflüsse auch in der Form gewohnheitsmäßig erworbener Dispositionen auftreten; das kann z. B. bei Versuchsreihen der Fall sein. Wenn wir einer neu auftretenden Empfindung B die Aufmerksamkeit nur allmählich, und zwar in dem Maße zuwenden können als sie von dem primären Gedächtnisbild einer soeben entschwundenen A sozusagen freigegeben wird und sich dieser Vorgang in längerer Serie wiederholt abspielt, so kann es gelegentlich selbst bei fehlendem A vorkommen, daß B sein volles Gewicht nur in allmählichem Anstieg erreicht. Wir werden uns dann nicht wundern, wenn manche Folgeerscheinungen, die de norma an die Sukzession AB geknüpft waren, gelegentlich auch einmal bei isoliertem B eintreten. — Alles in allem erkennt man, daß die Einführung eines aus einer autonomen und einer heteronomen Komponente bestehenden Gewichtes eine berechnete Einführung ist, die alle Vorteile bietet, die auch in der Mechanik daraus erwachsen, daß wir uns eine Bewegung als Resultat mehrerer Kräfte vorstellen. Keineswegs hat sie den Charakter jener Pseudohypothesen, die eine Erklärung dort

vortäuschen, wo in Wahrheit nur die psychologische Tatsache in eine physiologische Terminologie gekleidet wird.

Wenn wir uns in der Folge manchmal den Ausdruck „Gewicht einer Empfindung“ erlauben, so möge dies als Abkürzung für den exakteren „Größe des der Empfindung zugrunde liegenden Erregungsvorgangs“ gestattet werden; Mißverständnisse sind dann nicht zu befürchten.

Kehren wir zur Hauptsache zurück. Wir haben die Umwertung der retinalen Raumwerte in eindeutige Beziehung gebracht zur Erreichung des retinalen Eigengewichtes, haben uns aber zunächst auf die Fovea beschränkt und gesagt: in dem Maße, als sie gehindert werde ihr Gewichtmaximum sofort zu erlangen, werde sie auch an der sofortigen lokalen Umwertung gehindert.

Wir dürfen aber schon jetzt eine Verallgemeinerung dieser Hypothese vornehmen. Es ist nicht nötig, die allmähliche Erlangung des endgültigen Gewichts auf den Fall der Fovea und damit des Gewichtmaximums zu beschränken. Man kann vielmehr verallgemeinern und sagen: wann immer irgendeine Netzhautstelle daran gehindert wird, ihr schließliches Gewicht sofort zu erreichen, wird auch ihr retinaler Raumwert, falls er überhaupt kompensiert wird, diese Kompensation nicht sofort erfahren und damit wird Anlaß zu einer stroboskopischen Bewegung gegeben sein. Diese Verallgemeinerung ist notwendig, weil der bisher erörterte spezielle Fall voraussetzen würde, daß man dem in Scheinbewegung befindlichen Objekte wirklich mit der Blicklinie folgt, während es doch unbestrittene Tatsache ist, daß stroboskopische Bewegungen auch bei strengster Blickruhe entstehen, ja selbst gleichzeitig nach entgegengesetzten Richtungen erfolgen können.

Nichtsdestoweniger wird bei den folgenden Versuchen (sofern nicht eigens das Gegenteil bemerkt wird) zunächst angenommen, daß der Beobachter, sobald der zweite Lichtpunkt auftritt, auch mit der Fixation auf diesen übergeht, wie das ja bei zwanglosem Verhalten unwillkürlich zu geschehen pflegt.

### Über die Umstände, welche auf die Art der stroboskopischen Bewegung Einfluss nehmen.

Es handelt sich also jetzt darum, diejenigen Umstände kennen zu lernen, welche die stroboskopische Bewegung beeinflussen, sie fördern, schädigen oder sonst modifizieren; es soll ermittelt werden, ob diese Umstände einen parallel gehenden Einfluss auch auf die Deutlichkeit der Empfindung, mithin auf das Gewicht des zugrunde liegenden physiologischen Prozesses ausüben. Natürlich müssen die Versuche mit einer bestimmten Anordnung beginnen, an der dann die verschiedenen Variationen vorzunehmen sind. Diese Anordnung ist zunächst näher zu beschreiben.

Als Objekte dienten mir zwei „Lichtpunkte“, das sind kleine Flämmchen, wie sie an der Mündung sog. Stichtbrenner entstehen, wenn man den Gaszufluss durch Zudrehen des Hahnes möglichst einschränkt. Es sind kleine blaue Flämmchen, im absoluten Dunkelraum ziemlich gut sichtbar, ohne jedoch andere Objekte zu beleuchten. Im Bedarfsfalle kann man, um sie heller zu machen, die Spitze eines feinen Platindrahtes in das Flämmchen hineinragen lassen, der dann glüht. Ich habe schließlich nur mehr mit solchen Glühpunkten gearbeitet, da das schwache Licht der blauen Flämmchen infolge der Lokaladaptation gelegentlich doch zu undeutlich wird, manchmal sogar ganz verschwindet. Durch vorgesetzte farbige Gelatineplättchen kann man diese Lichtpunkte beliebig färben, wenn der Versuch solches verlangen sollte. Durch eine zwischen den Lichtpunkten und dem Beobachter aufgestellte rotierende Blende oder vielmehr durch ein System solcher Blenden mit passenden Ausschnitten (das Nähere über die Versuchstechnik wird im Anhang mitgeteilt), läßt es sich erreichen, daß der zweite, laterale Lichtpunkt entweder in dem Augenblick auftaucht, in welchem der erste (mediane) eben verschwunden ist oder daß zwischen beiden Augenblicken eine beliebig variierbare Zeit vergeht, in der keiner von beiden sichtbar ist (Dunkelpause). Auch lassen sich die Zeiten während deren man den ersten bzw. zweiten Lichtpunkt sieht (Expositionszeiten), beliebig und zwar getrennt variieren.

Es ist darum unzweckmäßig, die Beobachtungen an einer

Serie aufeinanderfolgender Elementarbewegungen zu machen, wie solche bei kinematographischen Vorführungen zur Erzielung großer Bewegungen aneinander gereiht werden. Da hier jede Exposition zugleich Ende der einen und Anfang der nächstfolgenden Elementarbewegung ist, kann man nie wissen, ob der fördernde oder schädigende Einfluss, den die Expositions-dauer auf den gesamten Bewegungsablauf ausübt, auf die Wirkung zurückzuführen ist, die sie auf die vorhergehende oder auf die nachfolgende Elementarbewegung ausübt. Mit einem Worte, es sind die Gesetze der Elementarbewegungen zu studieren, ehe man die Bedingungen untersucht, unter denen ihre Aneinanderreihung eine Gesamtbewegung ohne Geschwindigkeitsdiskontinuität ergibt.

Benutzt man Lichtpunkte als Objekte, so knüpfen sich an sie keinerlei bedeutungsvolle Assoziationen — und das ist für die Interpretation der Versuche sehr wichtig. In der Stroboskopie werden vielfach Objekte benutzt, die als „Phasen“ bekannter reeller Bewegungsvorgänge reichlichen Anlaß zur Bildung von Assoziationen geben (turnende Menschen, springende Pferde). Es ist dann nicht ausgeschlossen, daß assimilative Assoziationen mit ins Spiel kommen; und tatsächlich können solche Versuche den Anlaß geben, die stroboskopischen Erscheinungen als Fälle der assimilativen Assoziation zu behandeln. Wenn ein Scheibchen hintereinander an 8 Orten exponiert wird, die an den Ecken eines regelmäßigen Achteckes liegen, so kann man den Eindruck erzielen, daß dieses Scheibchen sich längs der Polygonseiten bewegt. Umschließt man aber dieses Achteck durch einen entsprechend größeren Kreis, so entsteht leicht der Eindruck, wie wenn eine Kugel in einer kreisförmig gebogenen Rinne rollte, das Scheibchen bewegt sich also in einer Kreisbahn.<sup>1</sup> Höchstwahrscheinlich beruht diese Modifikation der Bewegung auf der assimilativen Wirkung bekannter Erfahrungen. Aber es handelt sich dabei doch nur um die Modifikation einer auch sonst auftretenden Bewegung und hier gilt es die Natur

<sup>1</sup> Dieser schöne Versuch ist von P. LINKE angegeben worden. Vgl. dessen Abhandlung „Die stroboskopischen Täuschungen und das Problem des Sehens von Bewegungen“. *Wundts Psychol. Studien* 3, S. 524.

der unmodifizierten Bewegung zu studieren. Mir kam es darauf an, mit „sinnlosem Materiale“ zu arbeiten aus ähnlichen Erwägungen, wie sie auch bei Gedächtnisversuchen das sinnlose Materiale empfehlen.

Die Entfernung des medianen Lichtpunktes vom Beobachter betrug 530 cm, der zweite Lichtpunkt lag rechts vom ersten und war von diesem 23 cm entfernt, es betrug daher der Gesichtswinkel, unter welchem dieser Abstand erschien, nahezu  $0^{\circ} 15'$ .

Variierbar war nun nur mehr die Expositionszeit des ersten und die des zweiten Lichtpunktes ( $T_1$  u.  $T_2$ ) sowie die Zeit  $\tau$ , welche zwischen dem Verschwinden des ersten und dem Auftreten des zweiten verfloß (Dunkelpause), die also bei unmittelbarer Ablösung = 0 war, aber auch negativ werden konnte, wenn man den zweiten Lichtpunkt auftreten liefs, ehe der erste verschwunden war.<sup>1</sup>

Entgegen den sonst berechtigten Ansprüchen an eine genaue Wiedergabe der Versuchsbedingungen habe ich von einer jedesmaligen zahlenmäßigen Angabe der benutzten Zeitgrößen abgesehen und zwar aus folgendem Grund: Neben den objektiven spielen hier die subjektiven Bedingungen (so vor allem das Verhalten der Aufmerksamkeit) eine so ausschlaggebende Rolle, daß selbst die genaueste Einhaltung der ersteren für ein identisches Versuchsergebnis nicht die geringste Gewähr bieten würde, sofern man nicht auch die subjektiven Bedingungen, die ja nicht meßbar sind, identisch wiederholen könnte. Es würde also wenig Sinn haben, die Länge der Zeiten bis auf Sigmen anzugeben, wenn die subjektiven Bedingungen eine ähnliche Charakterisierung ohnehin nicht zulassen. Es kam mir mehr darauf an, den Einfluß zu beschreiben, den der Gang der Zeitgrößen auf die Änderung der Versuchsergebnisse ausübt. Gelegentliche Angaben der Zeitlängen werden wenigstens über die Größenordnung orientieren.

<sup>1</sup> Wichtig ist natürlich, daß man diese Größen getrennt variieren kann. Es geht also z. B. nicht an, das  $\tau$  durch Änderung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Blende zu variieren und damit gleichzeitig auch  $T_1$  und  $T_2$  größer oder kleiner zu machen.

Vielfach wird der unbestimmte Ausdruck „Langes  $T_1$ “ oder „Langes  $T_2$ “ verwendet werden; gemeint ist damit eine solche „Länge“, daß eine weitere Vergrößerung das Versuchsergebnis nicht mehr merklich ändert.<sup>1</sup> Analoges gilt für den Ausdruck „kurz“. „Sehr kurze Exposition“ heißt das, was man sonst häufig Momentanexposition nennt (etwa  $20 \sigma$  oder weniger).

Dies vorausgeschickt ist zunächst eine für die Theorie überaus wichtige Tatsache festzustellen, die sich bei allen Beiträgen von  $T_1$ ,  $T_2$  und  $\tau$  beobachten läßt, wenn sie auch nicht überall mit derselben Deutlichkeit hervortritt. Wenn die diskreten Orte der beiden Lichtpunkte durch die stroboskopische Bewegung in kontinuierlichen Zusammenhang gebracht werden, so kann man fragen, in welcher Qualität der Punkt gesehen wird, der die Scheinbewegung macht. Man wird zur Erleichterung der Antwort die beiden Lichtpunkte verschieden färben, etwa den ersten blau, den zweiten gelb, und wird die Vp. fragen, ob die Bewegung von einem blauen oder von einem gelben Punkt ausgeführt wird. Die Frage bringt jede Vp. anfänglich in Verlegenheit; man erhält aber schließlich von jeder die Antwort, der bewegte Punkt erscheine während der ganzen Bewegung oder mindestens während ihres weitaus größten Teiles in der Farbe des zweiten Lichtpunktes, hier also gelb. Man kann die Entscheidung erleichtern, wenn man es durch Mittel, die später erörtert werden sollen, erreicht, daß die Bewegung nach einem merkbaren Dunkelintervall bloß die Endstrecke der geradlinigen Verbindung zwischen den beiden Lichtpunkten ausfüllt und namentlich wenn man durch andere Mittel das Anfangsstück gänzlich unterdrückt: der Punkt, der die Endstrecke durchläuft, erscheint dann unzweifelhaft in der Farbe des zweiten Objektes. Auch wenn

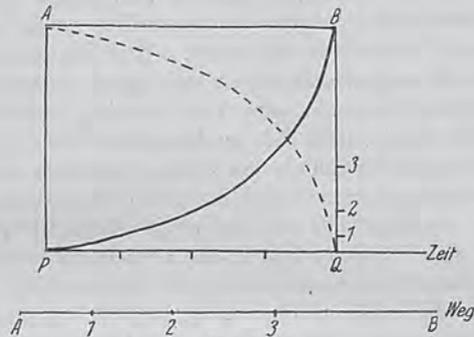
<sup>1</sup> Für  $T_2$  genügt der Betrag von ungefähr  $150 \sigma$ . Eine Überschreitung desselben ist für die stroboskopische Elementarbewegung insofern unschädlich, als sie nur die Wirkung hat, daß der Lichtpunkt nach Erreichung seines Zieles noch einige Zeit in Ruhe bleibt. Erst bei der Aneinanderreihung mehrerer Elementarbewegungen würde sich ein zu großes  $T_2$  dadurch äußern, daß die Gesamtbewegung durch diese Stillstände unterbrochen wird, also ruckweise erfolgt. Die Überschreitung wäre auch nur durch solche Serienversuche mit Sicherheit zu konstatieren; bei der Elementarbewegung gibt sie sich höchstens durch die „betonte Endlage“ kund, ein keineswegs verlässliches Kriterium.

man, die stroboskopische Bewegung blofs verlangsamt, was ebenfalls durch später zu erwähnende Mittel erreichbar ist, läfst sich deutlich feststellen, dafs bestenfalls ein sehr kurzes Anfangsstück in der Farbe des ersten Lichtpunktes erscheint, der weitaus gröfsere Rest aber in der des zweiten. Es scheint mir aufer Zweifel, dafs dieses kurze Anfangsstück auf Rechnung des echten positiven Nachbildes vom ersten Lichtpunkt (das natürlich vom primären Gedächtnisbild streng zu unterscheiden ist) gesetzt werden mufs. Der Hauptsache nach kann man also sagen, dafs die stroboskopische Bewegung vom zweiten Punkt gemacht wird und es wird schon dadurch der Gedanke nahe gelegt, dafs es sich nicht um eine irgendwie geartete zentrale Ausfüllung der Strecke während der objektiven Dunkelpause handelt (wie dies z. B. die Kurzschlufstheorie annimmt), sondern dafs es das zweite Objekt ist, welches während seiner Sichtbarkeit eine lokale Umwertung erfährt. Vom Standpunkt unserer Hypothese aber, die die Erreichung der völligen Umwertung in Abhängigkeit bringt von der Erreichung des vollen retinalen Eigengewichtes, wird es verständlich, dafs man niemals genau angeben kann, wo der Wechsel zwischen der Farbe des positiven Nachbildes und der des zweiten Objektes stattfindet. Denn er vollzieht sich jedenfalls in einem Stadium sehr geringen Gewichtes und ist daher einer aufmerksamen Beobachtung prinzipiell geradeso entzogen, wie dies etwa von einem stark peripheren Objekt gilt.

Zunächst soll nunmehr an einem Beispiel gezeigt werden, wie sich die Diskussion im einzelnen vollzieht, und besonders, wie die Entwicklung, die das Gewicht des zweiten Lichtpunktes durchmacht, graphisch so dargestellt werden kann, dafs man den ganzen Vorgang der Umwertung mit einem Blick überschaut.

Mit A soll ein medianer Lichtpunkt bezeichnet werden, der zuerst erscheint und von dem rechts gelegenen Lichtpunkt B unmittelbar abgelöst wird (daher  $\tau = 0$ ). Die räumliche Entfernung AB sei so gewählt, dafs „Ganzbewegung“ entsteht, d. h. dafs die stroboskopische Bewegung die ganze Strecke AB ausfüllt — was bekanntlich nicht der Fall ist, wenn die Entfernung AB ein gewisses Mafs überschreitet.

Hierzu ist auch nötig, daß die beiden Expositionszeiten  $T_1$  und  $T_2$  „lang“ sind (vgl. oben S. 232), es genügt jedenfalls reichlich, wenn sie je 0,2 Sekunden betragen. Der Blick mag beim Auftreten von B sofort auf dieses gerichtet werden, was zwar keine notwendige Bedingung der stroboskopischen Bewegung ist, aber die Diskussion vorläufig erleichtert.



Figur 3.

In Figur 3 bedeute die Abszissenachse die Zeit und zwar P den Zeitpunkt, in welchem der Lichtpunkt A erlischt, Q den Zeitpunkt, in welchem die stroboskopische Bewegung beendet ist, also B seinen endgültigen Ort erreicht hat. Die Ordinaten sollen die Gewichte darstellen. Die punktierte Kurve, die von A nach Q führt, bedeute den Gang, den das Gewicht des Gedächtnisresiduums des ersten Lichtpunktes durchmacht; die ausgezogene den dazu komplementären Gang, den das Gewicht des neu auftretenden Lichtpunktes vollführt. Das komplementäre Verhältnis der beiden Gewichte und damit die Symmetrie der Kurven soll nur besagen, daß wir dem zweiten Punkt die Aufmerksamkeit nur in dem Maße heteronom zuwenden können, als wir sie dem primären Gedächtnisbild des ersten autonom entziehen müssen. Demnach wird in den 4 gleichen Abschnitten der Zeitstrecke PQ das Gewicht des zweiten Lichtpunktes allmählich auf die Höhe 1, 2, 3 und endlich B ansteigen, d. h. im Zeitpunkt Q seine volle, nicht mehr weiter überschreitbare Höhe erreicht haben. Entspricht nun, wie das unsere Hypothese aussagt, den jeweiligen Ge-

wichten der Betrag der Umwertung, den der retinale Raumwert von B erfährt, so läßt sich die stroboskopische Bewegung so darstellen, wie dies im unteren Teil der Figur geschehen ist. Hier bedeutet die horizontale Gerade den Weg, den der stroboskopisch bewegte Punkt zurücklegt. A ist der Ort, an welchem der erste Lichtpunkt verschwand, B derjenige, an welchem der zweite nach Vollendung der stroboskopischen Bewegung eintrifft. Die Orte A, 1, 2, 3, B entsprechen den Gewichten Q, 1, 2, 3, B. Wenn, wie unsere Hypothese sagt, die räumliche Umwertung parallel geht der Gewichtszunahme, so ist begreiflich, daß im Augenblick P, in welchem der zweite Lichtpunkt das Gewicht 0 hat,<sup>1</sup> auch der Betrag der Umwertung = 0 sein wird: B besitzt dann jene Lokalisation, die ihm lediglich aus der retinalen Quelle zukommt; und da es sich auf der Fovea abbildet ebenso wie der erste Lichtpunkt, so muß es, falls dieser median erschien, zunächst ebenfalls median erscheinen. Hat der Punkt B aber endlich sein volles Gewicht erreicht, so muß er an dem Orte B erscheinen, wo er auch erschienen, wenn gar keine stroboskopische Bewegung eingetreten wäre, sondern wenn wir bei gleichzeitiger Sichtbarkeit von A und B den Blick nach B gewendet hätten; denn, wie wir wissen, erscheint auch in diesem Falle B trotz fovealer Abbildung nicht median, sondern rechts. Darin besteht ja eben die sog. „Umwertung der retinalen Raumwerte“ bei willkürlichen Blickbewegungen.

Die Gestalt der beiden Kurven ist zunächst willkürlich gewählt, ihr entspräche eine beschleunigte Gewichtszunahme und damit auch eine beschleunigte stroboskopische Bewegung. Würden wir für beide Veränderungen Gleich-

<sup>1</sup> Diese Formulierung enthält eine im Interesse der Kürze erlaubte Ungenauigkeit. Das Anfangsgewicht von B ist nicht stricto sensu = 0, sondern hat die Größe, die dem B bei seiner zunächst exzentrischen Abbildung zukommt, also nach Fig. 2 (S. 223) die Größe  $Bb_1$ . Der Übergang der ersten Gewichtskurve I. I. in die zweite II. II. vollzieht sich ja dadurch, daß das Gewicht des Punktes A von  $Aa_1$  auf  $Aa_2$  absinkt und gleichzeitig das von B von  $Bb_1$  auf  $Bb_2$  ansteigt. Da sich die Änderung innerhalb dieser Grenzen abspielt, haben wir uns im Texte erlaubt den Anfangswert  $Bb_1$  als „Nullwert“ zu bezeichnen. Ein niedriger Wert ist er übrigens — wegen der exzentrischen Lage von B — auf jeden Fall.

förmigkeit annehmen, so müßten an die Stelle der Kurven die geraden Verbindungslinien A Q bzw. P B treten und die Punkte 1, 2, 3 zwischen Q und B, aber natürlich auch die entsprechenden Punkte auf der Horizontalen A B würden äquidistant. Allein es ist wahrscheinlich, daß der in Fig. 3 angenommene Bewegungstypus dem wirklichen Verhalten nahe kommt, denn schon der Reiz kann der peripheren Erregung von B nicht bereits im ersten Augenblick P ihre volle Höhe verschaffen; ihr Anstieg dürfte also schon darum einer zunächst flach ansteigenden Kurve entsprechen. Dieser schon autonom bedingte flache Anstieg wird aber durch die heteronome Schwächung von seiten des primären Gedächtnisresiduums von A noch eine weitere Verflachung erfahren. Und eben wegen dieses anfänglich so geringen Gewichtes wird der allererste Teil der stroboskopischen Bewegung nur einen sehr geringen Deutlichkeitsgrad haben und es wird daher schwer zu entscheiden sein, ob diese Bewegung wirklich in A selbst oder nur in seiner Nähe beginnt — womit die tatsächlichen Befunde übereinstimmen. Dazu kommt, daß unmittelbar nach Erlöschen des ersten Reizes die Fovea noch Träger des positiven Nachbildes von A ist, dem gewiß ein größeres Gewicht zukommt als der neuen Erregung der Fovea in ihren ersten Anfangsstadien. Auf Rechnung dieses Nachbildes ist wohl auch der schon früher erwähnte Befund zu setzen, daß bei verschieden gefärbten Punkten der allererste Teil der Bewegung noch in der Farbe des ersten Punktes erfolgt. Wie schon früher bemerkt, ist das positive Nachbild streng von dem primären Gedächtnisresiduum (FECHNERS Erinnerungsnachbild) zu trennen: das erstere ist einer durch äußeren Reiz entstehenden Empfindung durchaus gleichzustellen, dem letzteren entspricht psychisch eine mit dem Vergangenheitsdatum behaftete, wenn auch sonst durchaus anschauliche Vorstellung. Das positive Nachbild gehört also eigentlich der ausgezogenen Kurve an, das Erinnerungsnachbild der punktierten.

Mit den eben erwähnten Umständen hängt die interessante Tatsache zusammen, daß eine absichtliche starke Konzentration der Aufmerksamkeit auf das Erinnerungsnachbild von A jenes erste Stück der stroboskopischen Bewegung, das dem positiven

Nachbild von A angehört, nahezu oder sogar ganz unterdrücken kann. Diese starke Konzentration wird offenbar bewirken, daß sich das Gewicht des Gedächtnisresiduums länger auf der Höhe hält, also die punktierte Kurve zunächst noch flacher absinkt, mithin die komplementäre Gewichtskurve von B noch flacher ansteigt als das sonst der Fall wäre. Dann muß aber der Anfang der stroboskopischen Bewegung ein besonders langsamer sein. Wenn sich nun in dem kleinen Zeitabschnitt, den das positive Nachbild von A einnimmt, die Bewegung sehr langsam abspielt, so heißt das nichts anderes als daß dieses Nachbild sich nur wenig, ja unter Umständen kaum merklich von dem ursprünglichen Ort A wegbewegt. Das Stück von A bis 1 im unteren Teil der Figur 3 kann minimal werden; die stroboskopische Bewegung fängt so langsam an, daß sie sich zunächst kaum vom Stillstand unterscheidet. (Stroboskopische Bewegungen mit rapider Beschleunigung sind sogar diejenigen, welche ich gewöhnlich zu beobachten glaube.) Das verhält sich nun tatsächlich so, wovon man sich durch verschiedene Färbung der beiden Punkte überzeugen kann: man kann tatsächlich dem Punkt A durch starke Konzentration der Aufmerksamkeit nahezu an seinem ursprünglichen Ort festbannen, so daß die stroboskopische Bewegung fast ausschließlich in der Farbe des zweiten Objektes erfolgt.

Was hier durch willkürliche Konzentration erzielt wird, läßt sich bis zu einem gewissen Grade auch durch ein objektives Mittel herbeiführen oder wenigstens unterstützen: durch Verlängerung der Expositionszeit von A, also durch Vergrößerung von  $T_1$ . Es ist verständlich, daß man sich auf das Erinnerungsnachbild von A stärker konzentrieren kann, wenn A selbst länger gedauert und man daher Gelegenheit gehabt hat sich auf das A selbst stärker zu konzentrieren, als wenn A nur gerade aufblitzt und man gar nicht Zeit gehabt hat es fest ins Auge zu fassen. Im letzteren Falle sinkt offenbar die (punktierte) Kurve des Residuums steiler ab und daher kann die (ausgezogene) Kurve von B auch steiler ansteigen, m. a. W. es kann die stroboskopische Bewegung schon im Anfang rascher vor sich gehen — was wieder nichts anderes heißt als daß schon während der Dauer des positiven Nachbilds eine

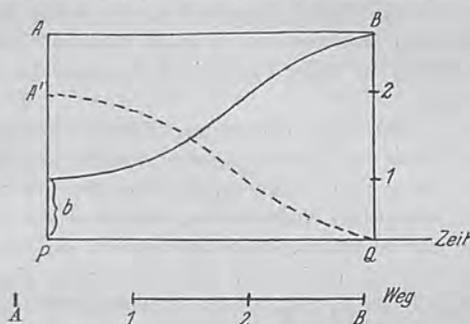
größere Wegstrecke zurückgelegt wird. Daraus erklärt sich die auf den ersten Blick vielleicht paradox erscheinende Tatsache, daß eine kurze Exposition des A ceteris paribus die Bewegung des positiven Nachbilds fördert, während eine lange eher geeignet ist, das A an seinem Platz festzuhalten. Unsere Hypothese läßt dieses Verhalten voraussagen.

Anmerkung: Die Bewegung des positiven Nachbildes könnte man als „Nachbildstreifen“ bezeichnen, müßte sich aber hüten sie mit der bekannten Erscheinung zu verwechseln, welche entsteht, wenn man durch rasche Bewegung eines leuchtenden Objektes dessen Bild über die Netzhaut gleiten läßt (die geschwungene glühende Kohle); auch hier spricht man ja von einem „Nachbildstreifen“. Aber hier ist es ein Kontinuum von Nachbildern, von denen jedes einen anderen retinalen Ortswert hat bei gleichbleibender absoluter Lokalisation. In unserem Falle jedoch handelt es sich um ein einziges Nachbild mit gleichbleibendem retinalen Ortswert, der nur allmählich umgewertet wird, also, wie man sagt, seine absolute Lokalisation ändert. Es ist überhaupt für die stroboskopische Bewegung charakteristisch und spricht zugleich zugunsten unserer Auffassung, daß bei einer auch noch so raschen Bewegung eines leuchtenden Punktes, falls sie stroboskopisch entsteht, niemals der Eindruck einer simultan leuchtenden Linie hervorgerufen wird, wie er unbedingt entstehen würde, wenn derselbe leuchtende Punkt eine reelle Bewegung ausführte. Auch diese Tatsache spricht dafür, die stroboskopische Bewegung nicht auf Rechnung der retinalen Ortswerte zu setzen, sondern sie aus jener zweiten Quelle abzuleiten, die man sonst gewöhnlich als absolute Lokalisation bezeichnet. Die stroboskopische Bewegung ist, wie WERTHEIMER richtig ausführte, phänomenologisch nicht zu unterscheiden von einer reellen. Das hindert aber nicht, daß gewisse ständige Begleiterscheinungen („propria“ würde die Schullogik sagen) sich bei der einen vorfinden, bei der anderen fehlen können. Ob man diese auch noch mit zum phänomenologischen Bestand rechnen will oder nicht, würde auf einen Wortstreit hinauslaufen.

Zu dem eben erörterten Fall einer absichtlich auf das Erinnerungsnachbild von A konzentrierten Aufmerksamkeit bildet der folgende eine Art Gegenstück. Wenn man auf Grund vorausgegangener Versuche schon weiß, wo ungefähr der zweite Punkt auftreten wird oder besser gesagt, wo das Ende der stroboskopischen Bewegung liegen wird, kann es geschehen, daß die Erwartung sich schon von vornherein auf diese Gegend richtet, mithin die Aufmerksamkeit schon zu Beginn des Versuches in hohem Grad dem Orte B zuteil wird und damit dem Erinnerungsnachbild von A sich nur ganz flüchtig zu-

wendet. Die Erfahrung zeigt, daß ein solches Verhalten die stroboskopische Bewegung schädigt, unter Umständen sogar ganz aufhebt: die Bewegung füllt nicht mehr die ganze Strecke AB aus, sondern nur ihr Endstück und der Grenzfall ist, daß dieses ganz auf 0 absinkt, womit die stroboskopische Bewegung aufgehoben ist.

Machen wir uns diesen Vorgang an der nebenstehenden Figur klar, in welcher wieder die Abszissenachse die Zeit dar-



Figur 4.

stellt und die übrigen Buchstaben dieselbe Bedeutung haben wie oben. Hat das Erinnerungsbild von A schon vom ersten Anfang an ein geringeres Gewicht, so wird die punktierte Kurve schon mit einer kleineren Ordinate beginnen als in den früher besprochenen Fällen, also nicht mit PA, sondern etwa mit PA'. Dann kann aber die komplementäre (ausgezogene) Gewichtskurve von B, anstatt mit 0 bereits mit dem endlichen Wert  $b (= AA')$  beginnen. Das heißt aber nichts anderes als daß der retinale Raumwert von B schon im ersten Augenblick durch eine, diesem Betrag  $b$  entsprechende absolute Komponente kompensiert, also bereits partiell umgewertet war. Dieser Betrag  $b$  sei ungefähr ein Drittel des endgültigen Gewichtes QB. Stellt nun die Horizontale im unteren Teil der Figur wieder den Weg der stroboskopischen Bewegung dar, so dürfen wir diese nicht mehr wie früher in A beginnen lassen, sondern erst in 1, weil ja der zweite Lichtpunkt schon mit einer partiell umgewerteten Lokalisation auftritt. Der in der Figur leer gelassene Teil A bis 1 wird natürlich um so

größer sein, je stärker man die Aufmerksamkeit schon von vornherein dem voraussichtlichen Endpunkt der Bewegung zuwendet. Im Grenzfall, wenn man ihm die Aufmerksamkeit so sehr zuwendet, daß für das Erinnerungsnachbild von A sozusagen gar nichts übrig bleibt, wird jener leere Teil die ganze Strecke AB einnehmen: die stroboskopische Bewegung hört überhaupt auf. Es entspricht unserer Hypothese und ist ja schon von vornherein plausibel, daß sie aufhören wird, wenn gar keine psychische Beziehung zwischen dem verschwundenen A und dem neu auftretenden B mehr besteht. Ob dieser Grenzfall wirklich in voller Reinheit realisierbar ist, ist eine Frage für sich.

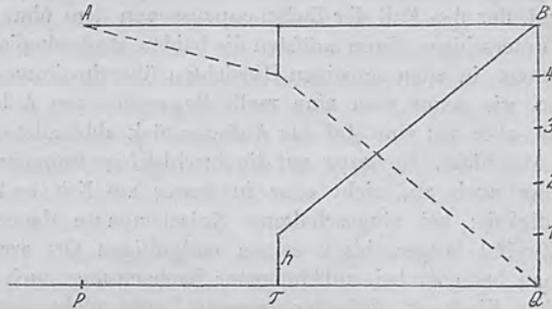
Die soeben angestellte Überlegung gibt uns nun das Mittel an die Hand, auch den Einfluß einer eventuell eingeschalteten Zwischenpause zu diskutieren, ein Fall, der sich von dem vorigen nicht wesentlich unterscheidet, denn auch die Zwischenpause kann nur bewirken, daß das Gewicht des Residuums von A schon vor dem Eintreten des B autonom abgesunken ist und daher B schon mit einem Anfangsgewicht  $> 0$  einsetzen kann. Es sind also wesentlich dieselben Bedingungen gegeben wie im vorigen Falle und daher kehrt auch die analoge Überlegung wieder: B tritt schon partiell umgewertet auf, d. h. die stroboskopische Bewegung beginnt nicht in A, sondern an einer zwischen A und B gelegenen Stelle, die dem endgültigen Ort B um so näher liegen wird, je größer die Zwischenpause  $\tau$  war. Bei einer gewissen Größe von  $\tau$  kann dann das Gewicht des Erinnerungsnachbildes gänzlich auf 0 abgesunken und daher der retinale Ortswert von B gänzlich umgewertet sein; der psychische Zusammenhang zwischen A und B ist dann gänzlich aufgehoben und die stroboskopische Bewegung bleibt aus. Aber selbst wenn dieser Grenzfall noch nicht erreicht ist und noch eine Partialbewegung von B statt hat, ist mindestens von jener durch das positive Nachbild von A besorgten Anfangsbewegung nichts mehr zu sehen: die kurze Zeit, die diesem positiven Nachbild zugemessen ist, ist bereits durch die Zwischenpause aufgezehrt. Diese Beobachtung zeigt übrigens auch, daß und warum der allergrößte Teil der stroboskopischen Bewegung in der Farbe des zweiten Objektes erfolgt.

Der Einfluß der Zwischenpause ist aber mit den obigen Bemerkungen noch nicht ganz erledigt. Wäre die Abkürzung der Weglänge, also der Wegfall des Anfangstückes der einzige Umstand, der den Fall der Zwischenpause von dem ohne eine solche unterschiede, dann müßten die beiden stroboskopischen Bewegungen in allen sonstigen Hinsichten übereinstimmen; es wäre so, wie wenn man eine reelle Bewegung von A bis B erzeugte, aber das eine Mal das Anfangsstück abblendete, das andere Mal nicht. In bezug auf die durchlaufene Raumstrecke trifft dies auch zu, nicht aber in bezug auf Zeit und Geschwindigkeit: bei eingeschalteter Zwischenpause dauert es ohne Zweifel länger, bis B seinen endgültigen Ort erreicht hat; man hat aber bei unbefangener Beobachtung auch den deutlichen Eindruck, daß der bewegte Punkt nicht so rapid auf sein Endziel losfährt wie dies ohne Zwischenpause geschieht, sondern daß er sozusagen gemächlicher hinüberwandert. Die Erklärung liegt nahe, wenn man bedenkt, daß das Gewicht des Residuums von A in der Zwischenpause rein autonom, also weniger steil absinkt, während es bei gleichzeitig vorhandenem B außerdem auch noch eine heteronome Schwächung erfahren, also steiler absinken muß.

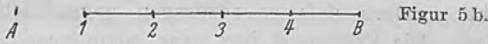
An den nebenstehenden Figuren 5 a, b, c lassen sich diese Verhältnisse leicht veranschaulichen. Die erste und dritte Figur stellt den zeitlichen Verlauf des Gewichtes für den Fall der Zwischenpause (a) bzw. ohne Zwischenpause (c) dar. In der zweiten Figur (b) bedeutet AB die Raumstrecke, die der stroboskopisch bewegte Punkt B bei vorhandener Pause durchläuft, oder besser partiell durchläuft, da ja das Anfangsstück A bis 1 tatsächlich leer bleibt.

Bedeutet in der ersten Figur P den Augenblick, in welchem der Lichtpunkt A erlischt, PT die Zwischenpause, somit T den Eintritt des zweiten Lichtpunktes B, so mag das erste weniger steil abfallende Stück der punktierten Linie den Gewichtsabfall darstellen, den das Residuum von A schon während der Zwischenpause, also ganz autonom erleidet. Im Zeitpunkt T kann die Empfindung B sofort mit dem kleinen Gewicht h eintreten, das dem in der Pause erfolgten Gewichtsverlust von A entspricht. Von hier an wird der weitere Abfall von A ein steilerer sein, im übrigen aber das Spiegel-

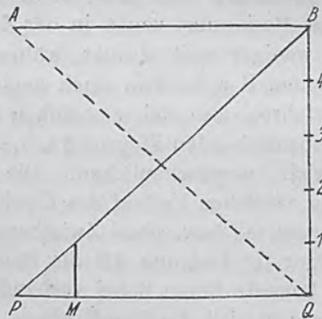
bild des durch die ausgezogene Gerade dargestellten Gewichtsanstieges von B sein müssen.<sup>1</sup>



Figur 5 a.



Figur 5 b.



Figur 5 c.

In der unteren Figur fällt die Zwischenpause weg, es sind daher An- und Abstieg vollkommen symmetrisch. Dafs die stroboskopische Bewegung im ersten Fall (Zwischenpause) erst im Zeitpunkt T beginnt, wurde bereits auseinandergesetzt; in der Figur b findet das seinen Ausdruck darin, dafs die Strecke

<sup>1</sup> Dafs Abfall und Anstieg geradlinig erfolgt, wird hier nur der Einfachheit wegen angenommen; ein anderer Gang würde am Wesen der Überlegung nichts ändern. Auch dafs bei steilerem Anstieg (Fig. 5 c) die Gesamtzeit PQ kleiner ist als bei teilweise flacherem (Fig. 5 a), ist ohne weiteres klar.

A bis 1 leer gelassen ist. Im übrigen entsprechen den Gewichten 1, 2, 3, 4, B auf der Ordinate QB in Figur a die Orte 1, 2, 3, 4, B in Figur b. Dieselben Gewichte sind auch in Figur c mit den Ziffern 1, 2, 3, 4, B bezeichnet. Das Gewicht 1 in Figur c wird aber natürlich erst im Zeitpunkt M erreicht, daher spielt sich die Gewichtszunahme 1 bis B in der Zeit MQ ab, während sich dieselbe Zunahme 1 bis B im Fall der Zwischenpause in der Zeit TQ abspielt. Da nun offenbar  $TQ > MQ$ , so vollzieht sich dieselbe Gewichtszunahme im ersten Fall in einer größeren Zeit, also langsamer. Geht nun die stroboskopische Bewegung parallel der Gewichtszunahme, so muß sie im Falle der Zwischenpause langsamer sein als ohne diese.

Man erkennt übrigens auch leicht, warum sich die Wirkung des positiven Nachbildes von A durch Einschaltung von Zwischenpausen sehr bald verliert. Ist die Zwischenpause PT hinreichend lang, um das positive Nachbild zu überdauern, so ist dieser Erfolg ohnehin selbstverständlich. Aber auch bei kleinerer Zwischenpause werden die letzten Reste des positiven Nachbildes leicht übertönt von der hier schon mit einem erheblichen Gewicht einsetzenden Empfindung B. Dieses Verhalten läßt sich bei verschiedener Färbung der beiden Lichtpunkte leicht beobachten.

Bei dieser Gelegenheit sei auch eine Behauptung M. WERTHEIMERS<sup>1</sup> richtig gestellt, die schon BENUSSI<sup>2</sup> als unzutreffend erkannt hat. WERTHEIMER meint, das Optimum der stroboskopischen Bewegung finde bei einer gewissen mittleren Größe der Zwischenpause statt; sei diese zu klein (etwa  $30\sigma$ ), so sehe man die beiden Punkte A und B streng gleichzeitig; sei sie zu groß, so sehe man sie hintereinander, aber ohne vermittelnde Bewegung. Das letztere ist nun richtig und wir haben den Grund bereits erkannt. Das Erstere ist aber durchaus falsch; selbst bei  $\tau = 0$  kann man die schönste stroboskopische „Ganzbewegung“ erzielen. Ich vermag mir den abweichenden Befund WERTHEIMERS nur dadurch zu erklären,

<sup>1</sup> Exp. Stud. üb. d. Sehen von Bewegung. *Zeitschr. f. Psychol.* 61, S. 161 ff. WERTHEIMER veranschlagt S. 178 die Größe der Zwischenzeit für optimale Bewegung auf ungefähr  $60\sigma$ .

<sup>2</sup> *Arch. f. d. ges. Psychol.* 36, S. 84.

dafs er die Verkleinerung der Zwischenpause durch eine erhöhte Umdrehungsgeschwindigkeit seines Apparates erzielt, dadurch aber zugleich auch die beiden Expositionszeiten entsprechend verkleinert hat. Nun wird sich bald zeigen, dafs durch den letzteren Umstand die stroboskopische Bewegung geschädigt, ja schliesslich ganz vernichtet werden kann. Es ist also, wie schon oben (S. 231, Fussnote) erwähnt, nötig, die einzelnen auf die Bewegung Einfluß nehmenden Gröfsen isoliert zu variieren. Allein ob ich mit dieser Vermutung im Recht bin oder nicht, die Tatsache steht jedenfalls fest, dafs man selbst ohne Zwischenpause Ganzbewegung erzeugen kann. Da übrigens WERTHEIMER sogar dann, wenn der zweite Punkt vor dem Erlöschen des ersten auftaucht (also bei negativem Wert der Zwischenpause) noch Bewegung beobachtet<sup>1</sup> — was ich bestätigen kann — so wird seine obige Behauptung schon dadurch zweifelhaft.

#### Die stroboskopische Bewegung bei ruhendem Blick.

Auf die stroboskopische Bewegung wirken modifizierend zweifellos auch die Expositionszeiten  $T_1$  und  $T_2$ . Was durch Änderung von  $T_1$  geschieht, ist bereits gesagt worden. Es handelt sich ja hier nur um das Schicksal des positiven Nachbildes von A; wir haben gesehen, dafs durch Verkürzung von  $T_1$  der Anteil des positiven Nachbildes vergrößert wird, während bei „langem“  $T_1$  dieser Anteil sehr klein werden, ja verschwinden kann — dies alles liefs sich aus unserer Hypothese erklären und voraussagen. Ungleich wichtiger aber ist der Einfluß von  $T_2$ ; und da bei „langem“  $T_2$  „Ganzbewegung“ erzielt wird (natürlich sofern die übrigen Bedingungen günstig sind), kann es sich nur um die Frage handeln, welchen Einfluß die Verkürzung von  $T_2$  ausübt.

Hierzu ist aber eine prinzipiell wichtige Voruntersuchung nötig. Bei sehr kurzem  $T_2$  (wenn etwa der zweite Punkt blofs aufblitzt) ist es gar nicht möglich, die Blicklinie schon vor

<sup>1</sup> A. a. O. S. 179 u. 220. Hier ist allerdings nur von „Teilbewegungen“ die Rede. Allein es steht mir auf Grund zahlloser Versuche fest, dafs unzweifelhafte Ganzbewegungen bei der Pause 0 entstehen.

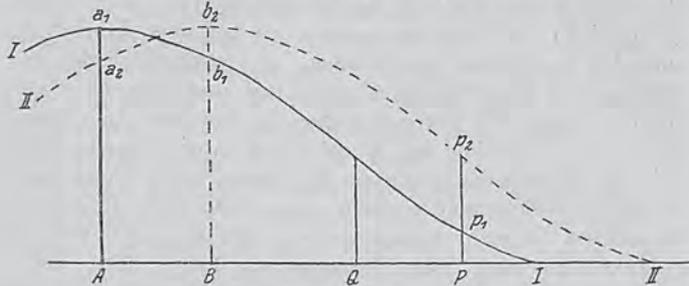
Beginn der stroboskopischen Bewegung sofort auf B zu überführen: die Bewegung ist bereits vorüber, während der Blick noch auf A haftet. Wir müssen also zusehen, ob sich unsere Hypothese so gestalten läßt, daß sie auch für ruhenden Blick gültig bleibt; und das um so mehr als bei allen Versuchen, auch bei den bisher besprochenen, sich stroboskopische Bewegung auch bei strengster Fixation des Ausgangspunktes beobachten läßt. Wir haben ja bisher die Annahme einer Überführung der Blicklinie von A auf B nur darum gemacht, weil sich der Grundgedanke unserer Hypothese unter dieser Voraussetzung leichter und einfacher entwickeln liefs. In diesem Kapitel soll nunmehr gezeigt werden, daß sich jener Grundgedanke auch ohne diese Voraussetzung halten läßt, wenn die Durchführung auch eine gewisse Komplikation erfahren muß.

Wir wollen die folgenden Erörterungen an die schon S. 228 angedeutete Erweiterung unserer Hypothese anknüpfen.

Der Grundgedanke war, daß eine stroboskopische Bewegung immer dann entsteht, wenn das Gewicht einer Erregung verschieden ist von dem der betreffenden Netzhautstelle zukommenden retinalen Eigengewicht, daß das Ausmaß der Bewegung durch die Differenz dieser beiden Gewichte bestimmt ist und daß die Bewegung tatsächlich eintritt, wenn der Übergang von einem Gewicht zum andern kein sprunghafter, sondern ein allmählicher ist. Nur haben wir diese Hypothese zunächst bloß an dem speziellen Fall durchgeführt, daß die Fovea diejenige Stelle ist, die das ihr zukommende (hier also maximale) Eigengewicht nicht sofort, sondern erst allmählich erhält. Da aber jede andere Stelle der Netzhaut auch ein bestimmtes retinales Eigengewicht hat, so läßt sich die Hypothese ohne weiteres auch auf den Fall ausdehnen, daß irgendeine seitliche Netzhautstelle P ihr endgültiges Gewicht erst allmählich erlangt.

Nehmen wir (siehe die nebenstehende Figur 6) zunächst wiederum an, der Blick gehe von dem soeben verschwundenen Punkt A sofort und ohne Zwischenpause auf den neu erscheinenden B über. Im kritischen Augenblick herrscht zunächst noch die Gewichtskurve I. I. und erst allmählich, nachdem das Residuum von A von der Größe  $Aa_1$  auf  $Aa_2$  ab-

gesunken ist, kann B von dem Betrag  $Bb_1$  auf  $Bb_2$  angestiegen sein. Während dieser Zeit hat sich aber auch das Gewicht des lateralen Punktes P von  $Pp_1$  auf  $Pp_2$  erhoben. Wenn für



Figur 6.

B diese Gewichtszunahme mit einer stroboskopischen Bewegung verbunden war, so muß Analoges auch für P gelten: ebenso wie B zunächst den noch nicht umgewerteten Raumwert der Fovea besaß, daher nach A lokalisiert wurde und erst nach Maßgabe der allmählichen Umwertung die sämtlichen Orte zwischen A und B durchlief, wird Analoges auch für P gelten, das ja auch das neue Gewicht  $Pp_2$  erst allmählich erlangen kann und daher die stroboskopische Bewegung von Q bis P machen wird. Daß die beiden Bewegungen A bis B und Q bis P nach Sinn und Ausmaß miteinander übereinstimmen, ist übrigens ohne weiteres klar; denn die relativen Raumwerte (d. h. die Beziehungen der Netzhautstellen untereinander) erleiden durch die Umwertung des ganzen Sehfeldes keine Änderung.

Nun soll es sich aber um den Fall handeln, daß überhaupt kein B vorhanden ist, auf das die Blicklinie übergehen könnte. Vielmehr soll nach dem Erlöschen von A sofort der laterale Punkt P auftreten, die Blicklinie aber auf den medianen Ort des soeben verschwundenen A festgehalten werden.

Es fragt sich, ob es zu einer derartigen Gewichtsänderung des lateralen Punktes P auch dann kommen kann, wenn der Fixationspunkt in seiner ursprünglichen Stellung beharrt.

Man wird zu diesem Zweck den Bewußtseinszustand etwas genauer analysieren müssen, der sich ergibt, wenn man einem

peripheren Objekt aktiv oder passiv die Aufmerksamkeit zuwendet, dabei aber die Fixation des medianen festhält.

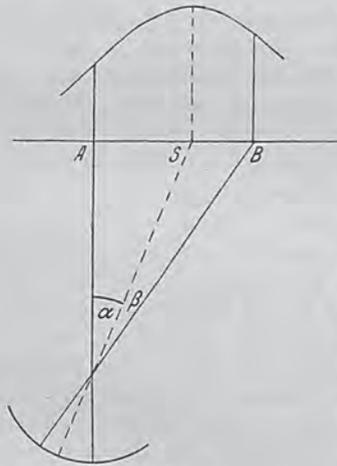
Dafs dieser Zustand ein Zwangszustand ist, der nur durch eine willkürliche Reflexhemmung erzeugt werden kann, ist bekannt: die natürliche Folge der Beachtung eines seitlichen Objektes ist ja die, dafs die Blicklinie sofort auf dieses übergeht. Wie aber für jede willkürliche Bewegung, so wird auch für jede willkürliche Hemmung einer reflektorisch erzwungenen Bewegung die Bedingung in dem vorbereitenden Zustand der Aufmerksamkeit liegen müssen.<sup>1</sup>

Es wäre nun gewifs falsch, den Fall der Beachtung eines peripheren Objektes dadurch zu charakterisieren, dafs man sagt, die Aufmerksamkeit sei dem fixierten gänzlich ab- und dem peripheren voll zugewendet: diesfalls würde ja die Blicklinie unter dem Zwang des Reflexes unweigerlich auf das letztere übergehen. Vielmehr wird man, wie schon HERING<sup>2</sup> betont hat, zur Erzielung dieser Reflexhemmung einen Teil der Aufmerksamkeit immer auch der fixierten Stelle zuwenden, also genauer gesagt, die Aufmerksamkeit auf diese und die periphere Stelle verteilen müssen. Kann man aber dann noch von einem Aufmerksamkeitsort sprechen, der etwa zwischen beiden liegt? Nicht in jeder Beziehung wird das erlaubt sein. Denn eine auf A und B verteilte Aufmerksamkeit ist und bleibt verschieden von der auf einen Zwischenpunkt isoliert gerichteten Aufmerksamkeit. Allein lokalisiert könnten doch beide Zustände äquivalent sein. Ich habe schon in dem zitierten Artikel der Mayer-Festschrift auf alltägliche Erfahrungen hingewiesen, aus denen hervorgeht, dafs wir sehr häufig einen Ort als Repräsentanten eines ganzen Komplexes verwenden, und habe ihn als Schwer-

<sup>1</sup> Dafs hier eine gemeinsame Quelle vorliegen mufs, geht schon aus der von МАСН (Analyse der Empf. 6. Aufl. S. 110—114) entdeckten Tatsache hervor, dafs die willkürliche Unterdrückung einer labyrinthogenen Blickbewegung für die Erscheinungen des optischen Nystagmus äquivalent zu setzen ist einer willkürlichen Blickbewegung von entgegengesetztem Vorzeichen. Der Zusammenhang beider Vorgänge mufs in dem vorbereitenden Verhalten der Aufmerksamkeit seinen Grund haben.

<sup>2</sup> Hermanns Handbuch. Bd. III. S. 548.

punkt bezeichnet.<sup>1</sup> Ohne Zweifel findet in allen Fällen der verteilten Aufmerksamkeit, also auch in dem unserigen, Komplexbildung statt. Es liegt daher nahe, auch von dem Orte eines Komplexes zu sprechen, dem letzteren also, soweit es blofs auf die Lokalisation ankommt, seinen Schwerpunkt zu substituieren. Wohin ist aber dieser Schwerpunkt zu verlegen? Es genügt offenbar nicht, seine Lage blofs hypothetisch zu charakterisieren, indem man sich etwa die beiden Sehfeldstellen mit Gewichten belastet denkt, die den Erregungsgröfsen proportional sind (wir haben ja auch diese „Gewichte“ genannt) und den Schwerpunkt im Sinne der



Figur 7.

Mechanik aufsucht; denn beobachtbar sind ja nicht die Gewichte, sondern nur ihre psychischen Korrelate, die Deutlichkeitsgrade. Vielmehr dürfte sich folgendes Verfahren empfehlen. Wenn (siehe Fig. 7) den Punkten A und B infolge der Aufmerksamkeitsverteilung die durch die beiden Ordinaten dargestellten Gewichte zukommen, so heisst der Punkt S dann ihr Schwerpunkt, wenn bei seiner Fixation und isolierten Beachtung den Punkten A und B dieselbe Deutlichkeit zukäme, wenn also die zu S gehörige retinale Gewichtskurve

in A und B dieselben Ordinaten hätte, die A und B bei verteilter Aufmerksamkeit tatsächlich haben. Der „Ort des Komplexes“ ist dann als Äquivalent anzusehen mit dem Ort seines Schwerpunktes. Geht also bei ständiger Fixation von A die Aufmerksamkeit aus dem Zustand der isolierten Richtung auf A

<sup>1</sup> S. 242f. Nachträglich sehe ich, dafs schon EINTHOVEN (Eine einfache physiologische Erklärung für verschiedene geometrisch-optische Täuschungen. *Pflügers Archiv* 71, S. 1 ff. 1898) diesen Begriff eingeführt und ihn auch mit dem Namen „Schwerpunkt“ belegt hat.

in den der Verteilung zwischen A und B über, so ist der Fall lokalisorisch derselbe wie wenn die Gesichtslinie wirklich auf den Punkt S übergegangen wäre. Diesfalls ist aber (siehe oben S. 217f.) die absolute Raumkomponente für alle Punkte des Sehfeldes durch den Winkel  $+\alpha$  gemessen; da dann der retinale Raumwert von A durch  $-\alpha$ , der von B durch  $+\beta$  gemessen ist, folgt nebenbei gesagt auch, daß der tatsächliche Raumwert von A  $= +\alpha - \alpha = 0$  ist, der von B aber  $= +\alpha + \beta$ , woraus sich unter anderem ergibt, daß die Punkte A und B, sobald sie beide gleichzeitig sichtbar sind, durch die Verteilung der Aufmerksamkeit (und zwar durch jede beliebige) ihren Ort nicht ändern; A wird ebenso median und B ebenso lateral gesehen wie ursprünglich, als A allein beachtet wurde.

Hat es also einen Sinn, von „dem Orte eines Komplexes“ zu reden, so wird man auch den Fall diskutieren können, daß ein ganzer Komplex Träger einer stroboskopischen Bewegung wird, falls er z. B. unmittelbar nach dem Verschwinden eines einzelnen Punktes auftritt. Der große Vorteil, den die Einführung des „Schwerpunktes“ gewährt, besteht dann darin, daß man den Komplex durch ein einziges Objekt ersetzen und den Fall so behandeln kann, wie wenn nach dem Erlöschen des ersten Lichtpunktes ein zweiter an dem Ort des Komplexschwerpunktes auftauchte und der Blick auf diesen übergeführt würde. Damit ist der Fall des Komplexes auf den einfacheren und uns bereits bekannten Fall der Aufeinanderfolge zweier einzelner Punkte zurückgeführt.

Nur einem Mißverständnis ist vorzubeugen. Wenn nach Erlöschen des medianen Punktes A der laterale B auftritt, die Gesichtslinie aber in der alten medianen Stellung festgehalten wird, so findet nicht eine Komplexbildung zwischen A und B statt, sondern eine solche zwischen dem medianen Ort des dunklen Sehfeldes, an welchem A gelegen war, und dem nunmehr sichtbaren B. Demnach wird der Schwerpunkt bestimmt durch die Aufmerksamkeit, die man zwischen der dunklen Medianstelle und dem leuchtenden lateralen Punkt verteilt. Ersetzt man diesen Komplex durch seinen Schwerpunkt, der in unserer Figur 6 (S. 246) die Bezeichnung B trägt, so kann man den Fall so behandeln, wie wenn nach Erlöschen von A ein Lichtpunkt in B aufgetreten wäre und man diesem

die Blicklinie zugewendet hätte. Es finden dann alle uns bereits bekannten Überlegungen wieder ihren Platz. Vor allem kann man sich wieder denken, daß das Gewicht des fixierten Punktes B nicht sofort, sondern erst allmählich diejenige Größe erreicht, die dem retinalen Eigengewicht der Fovea zukommt — infolge des Gedächtnisresiduums von A.

An der Hand der Figur 6 (S. 246) läßt sich die allmähliche Entwicklung des endgültigen Gewichtes und die damit parallel gehende allmähliche lokale Umwertung, die der laterale Punkt P erfährt, wenn die Blicklinie auf den Ort des soeben entschwundenen medianen Punktes A gerichtet bleibt, leicht verfolgen. Der Ort der dunklen Medianstelle ist derselbe, den auch das Gedächtnisresiduum von A einnimmt, da in dem Komplex zwischen dieser Stelle und der lateralen P das Gewicht dieser letzteren nur in dem Maß wachsen kann, als das Gewicht der anderen Komponente des Komplexes abnimmt. So kann P das Gewicht  $Pp_2$  nur erlangen, wenn das Gewicht des Residuums von A auf den Betrag  $Aa_2$  abgesunken ist; wie dieses Absinken sich nur allmählich vollzieht (entsprechend der autonomen Gewichtsabnahme des Gedächtnisresiduums), so wird auch die Gewichtszunahme von P auf den Betrag  $Pp_2$  nur allmählich erfolgen können. Denn das Eine darf nicht übersehen werden: wenn P überhaupt die „Aufmerksamkeit“ auf sich zieht, so heißt das ja nichts anderes, als daß sein Gewicht größer wird als  $Pp_1$ ; denn diesen letzteren Betrag hat es ja bei isolierter Beachtung von A, also bei Gültigkeit der Kurve I. I. ohnehin schon gehabt. Unsere Fiktion des Schwerpunktes B ist somit vollständig berechtigt; denn bei einer Verlegung der Blicklinie von A auf B ändert sich die Gewichtskurve tatsächlich so, wie sie sich ändern muß, wenn die eine Komponente des Komplexes auf  $Aa_2$  absinkt, die andere auf  $Pp_2$  ansteigt. Den Tatsachen selbst könnte man auch ohne diese Fiktion gerecht werden.

Wir wollen nunmehr die Einführung des Schwerpunktes (die ja doch eine Fiktion, wenn auch eine berechnete ist) fallen lassen und uns nur an die Tatsachen selbst halten. Diese bestehen in folgendem: Im ersten Augenblick des Verschwindens von A besteht noch das durch die Kurve I. I. angedeutete Deutlichkeitsgefälle. Darum würde ein Lichtpunkt

in P zunächst nur das Gewicht (= Deutlichkeitsgrad)  $Pp_1$  haben, d. h. sein ihm ohnehin zukommendes retinales Eigen-  
gewicht. Zieht er die Aufmerksamkeit stärker auf sich —  
was aufser von seiner Intensität auch von seiner Dauer ab-  
hängt — so kann er das grössere Gewicht  $Pp_2$  nur in dem  
Maße erlangen, als der anderen Komponente des Komplexes  
das kleinere Gewicht  $Aa_2$  zukommt; denn bei verteilter Auf-  
merksamkeit kann das Gewicht der einen Komponente nur  
auf Kosten des Gewichtes der anderen wachsen. Das all-  
mählich absinkende Gedächtnisresiduum von A läßt also  
nur ein allmähliches Wachsen des Gewichtes von P zu.  
Würde also der Punkt P das Gewicht  $Pp_2$  erst erlangen, nach-  
dem A ohnehin schon auf das Gewicht  $Aa_2$  autonom abge-  
sunken war, so wäre gar kein Anlaß zu einer anderen als  
der retinalen Lokalisation gegeben; beide Punkte A und P  
würden einfach ihren retinalen Ortswerten entsprechend  
lokalisiert, nur A mit geringerer, P mit größerer Deutlichkeit  
als zu Anfang. Wenn aber P infolge seiner Auffälligkeit  
schon früher das Gewicht  $Pp_2$  erlangt, als A auf den Betrag  
 $Aa_2$  abgesunken ist, also etwa zu einer Zeit, als es noch das  
Anfangsgewicht  $Aa_1$  hatte, so wird nach unserer Hypothese  
P an den Ort lokalisiert, der dieses vorzeitig erlangte Gewicht  
 $Pp_2$  schon in dem Augenblick haben konnte, in welchem A  
noch das Gewicht  $Aa_1$  hatte. Denn das wird man wohl ohne  
jede Schwerpunktshypothese zugeben, daß mit dem Gewicht  
der Fovea die ganze Gewichtsverteilung auf der Netzhaut mit-  
gegeben ist und somit auch das Gewicht jeder peripheren  
Netzhautstelle. Was wir vorläufig bloß hypothetisch an-  
nehmen, zum Schlusse dieser Untersuchung aber begründen  
und damit seines hypothetischen Charakters entkleiden werden,  
ist nur dieses: wenn ein gesehenes Objekt ein anderes (z. B.  
größeres) Gewicht hat als der augenblicklichen Gewichtsver-  
teilung entspricht, so wird es zunächst dorthin lokalisiert, wo  
sein Gewicht der augenblicklichen Gewichtsverteilung ent-  
spricht, also dorthin, wohin es seinem Gewichte nach gehört.  
Die Einführung des Schwerpunktes und der damit verbundenen  
Gewichtskurve erleichtert nur die Darstellung. Wir können  
an der Hand der Figur 6 sagen: solange noch die Kurve I.I.  
gilt, ist die Gewichtsordinate  $Pp_2$  nur im Punkt Q möglich.

Erzwingt sich der Punkt P durch seine Intensität und alle sonstigen, die Auffälligkeit beeinflussenden Eigenschaften das Gewicht  $Pp_2$ , während ihm in der Kurve I. I. doch nur das Gewicht  $Pp_1$  zukommen sollte, so wird er an die Stelle Q lokalisiert, wohin er entsprechend seinem Gewichte gehört — solange eben noch das Gefälle I. I. in Geltung ist. Verschiebt sich dieses Gefälle derart, daß es in die punktierte Kurve II. II. übergeht, dann kann die mit dem Gewichte  $Pp_2$  behaftete Empfindung ihren Ort in P haben, weil bei diesem Gefälle zum Orte P wirklich dieses Gewicht gehört. Die Fiktion des nach B verlagerten Schwerpunktes macht die Darstellung anschaulicher; denn mit der Annahme, daß der Blickpunkt wirklich nach B übergegangen sei, ist sofort ersichtlich, daß einer in P auftretenden Empfindung vom Gewichte  $Pp_2$  nur sein retinales Eigengewicht zukommt, mithin (unserer Hypothese zufolge) auch gar keine andere als eben die retinale Lokalisation zukommen wird. Wir haben ja genau dieselbe Erwägung gemacht, als von dem Falle die Rede war, daß der Fixationspunkt wirklich von A auf B übergeht und B das der Fovea entsprechende Maximalgewicht  $Bb_2$  erreicht: solange noch die Gewichtskurve I. I. herrscht, wird B dorthin lokalisiert, wohin es seinem Gewichte nach gehört, nämlich nach A. Aus demselben Grunde also, aus dem B zunächst nach A lokalisiert würde, wird P zunächst nach Q lokalisiert. Man sieht aber, daß die Einführung des Schwerpunktes keineswegs unentbehrlich ist; denn wie mit der isolierten, so wird auch mit jeder verteilten Aufmerksamkeit ein gewisses, über das ganze Sehfeld sich erstreckendes Deutlichkeitsgefälle verbunden sein und man wird dann von jeder Erregung sagen können, daß sie den ihrem Orte entsprechenden Deutlichkeitsgrad hat oder nicht hat. Und wenn unsere Hypothese richtig ist, daß ein Objekt nur dann gemäß seiner retinalen Abbildung lokalisiert wird, wenn es auch das dieser Netzhautstelle gerade zugehörige Gewicht hat, so wird man entscheiden können, wohin es augenblicklich lokalisiert wird. Diese Beziehung zwischen retinalem Ort und retinalem Eigengewicht bleibt aber einstweilen, wie noch einmal ausdrücklich bemerkt sein soll, Hypothese und wird sich erst später genauer durchschauen lassen.

Eine interessante Folgerung läßt sich aus der vorstehenden Überlegung ziehen. Der laterale Punkt P macht eine stroboskopische Bewegung im Ausmafs  $QP$ , also nur eine Partialbewegung, während, wie wir früher gesehen haben, beim Übergang der Blicklinie auf den an zweiter Stelle erscheinenden Punkt „Ganzbewegung“ entstehen kann. Die Erfahrung bestätigt dies: bei strengem Festhalten der Fixationsstellung erzielt man auch unter den günstigsten Umständen niemals „Ganzbewegung“.

Am deutlichsten sieht man dies, wenn man entgegengesetzt gerichtete stroboskopische Bewegungen gleichzeitig erzeugt, indem man einen medianen Punkt mit zwei lateralen, einem linken und einem rechten, alternieren läßt. Wenn es auch unzweifelhaft ist, daß solche entgegengesetzt gerichtete Bewegungen stattfinden können, so steht doch ebenso aufser Zweifel, daß niemals beide Ganzbewegungen sind; das laterale Punktepaar fährt zwar auseinander, aber nicht von der medianen Stelle A selbst aus, sondern nur aus einer Gegend, die irgendwo zwischen A und den Endpunkten der Bewegung liegt. Die Punkte kommen „aus dem Dunkel“ und verschwinden beim Zusammenfahren „ins Dunkle“. Das ist begreiflich; denn die verteilte Aufmerksamkeit bringt es mit sich, daß das durchlaufene Gewichtsintervall niemals so groß ist, wie es sein könnte, wenn (bei bewegtem Blick) dem lateralen Punkt zuerst ein kleineres Gewicht, zuletzt aber das maximale Gewicht der Fovea zukäme. Das zu durchlaufende Gewichtsintervall ist bei fixierendem Blick kleiner als beim Übergang der Blicklinie auf den lateralen Punkt; demnach ist auch das Ausmafs der Bewegung kleiner.

Unsere obigen Überlegungen machen aber noch eine andere Tatsache verständlich. Wenn die Expositionszeit  $T_2$  sehr kurz gewählt wird, so kann sich schon darum das Gewicht von P überhaupt nicht zu einem hohen Betrage entwickeln, es wird also nicht die Gröfse  $Pp_2$ , sondern etwa nur eine zwischen  $Pp_1$  und  $Pp_2$  erreichen können. Mit dem geringeren Intervall der Gewichte ist aber auch eine geringere Gröfse der stroboskopischen Bewegung verbunden: P wird also aus nächster Nähe seiner Endstellung aus dem Dunkel kommen und nur die letzte kleine Endstrecke durchlaufen.

Der Grenzfall ist dann offenbar der, daß P infolge der Kürze seiner Exposition überhaupt kein größeres Gewicht als  $Pp_1$  erreicht. Damit fehlt aber jeder Anlaß zu einer stroboskopischen Bewegung. Es ist ja von vornherein klar, daß, wenn dem P kein größeres Gewicht zuteil wird als dasjenige, welches ihm in der retinalen Gewichtskurve I. I. ohnehin schon zukäme, eine „Verteilung der Aufmerksamkeit“ gar nicht nötig sein wird. Man sieht dies besonders deutlich, wenn man bei zwei entgegengesetzt gerichteten Bewegungen die Umdrehungsgeschwindigkeit der Blende so sehr erhöht, daß der mediane und die lateralen Punkte in äußerst raschem Wechsel und daher mit sehr kleinen Expositionszeiten einander folgen. Man sieht dann nur einen rapiden Wechsel zwischen dem medianen Punkt und dem lateralen Punktepaar ohne jede vermittelnde Bewegung.

Ob bei gegebenen Expositionszeiten  $T_1$  und  $T_2$  Ganz- oder Partialbewegung entsteht, hängt also wesentlich davon ab, ob man mit der Fixation auf das zweite Objekt übergeht oder ob man in der ursprünglichen Fixationsstellung verharret. Im letzteren Falle besteht die Bewegung immer aus einem Anfangs- und einem Endstück, zwischen denen ein Intervall leer bleibt. Das Endstück wird kleiner, wenn man  $T_2$  verkürzt. Hingegen hat eine Verkürzung von  $T_1$  keinen merklichen Einfluß auf die Größe dieses Endstücks. Es ist ja auch begreiflich, daß das autonome Absinken des Gedächtnisresiduums von A nicht so sehr von der Dauer abhängt, während der A sichtbar war. Eine schwierigere Frage ist die nach dem Verhalten des positiven Nachbildes von A. Bei Fixationswechsel — das wurde bereits besprochen — wird der erste, kürzere Teil der Bewegung vom positiven Nachbild ausgeführt. Das ist auch verständlich. Wenn der Raumwert der Fovea umgewertet wird, so ist das die Ursache der stroboskopischen Bewegung; ob die Qualität durch die Nachdauer der ersten Erregung oder durch die zweite Erregung infolge des zweiten Reizes bestimmt wird, berührt das Wesen der Sache gar nicht. Schwieriger zu entscheiden ist es, ob bei konstanter Fixation des ersten Punktes das positive Nachbild von A eine Bewegung ausführt. Die Tatsache, daß eine solche zweifellos unterbleibt, wenn man entgegengesetzt ge-

richtete stroboskopische Bewegungen gleichzeitig erzeugt, würde den Gedanken nahelegen, daß es sich bei einseitiger Bewegung um einen Versuchsfehler handelt, indem man selbst bei festester Fixationsabsicht doch unwillkürlich kleine Bewegungen ausführt und so den MACHSchen Nachbildstreifen erzeugt.<sup>1</sup>

Auch der Umstand spräche dafür, daß es bei Einschaltung einer Zwischenpause nicht zu einer Bewegung des Nachbilds kommt. Innerhin wäre aber auch die Auslegung möglich, daß die Bewegung des positiven Nachbilds doch ein Ausdruck der Umwertung der Fovea wäre. Man würde dann annehmen müssen, daß bei entgegengesetzten Bewegungen die Fovea Gegenstand zweier entgegengesetzter Umwertungen wird, also gar keine Umwertung erfährt und darum die Nachbildbewegung ausbleibt. Das Eine bleibt jedenfalls sicher, daß der weitaus überwiegende Anteil der Bewegung in der Qualität der zweiten Erregung erfolgt, also auf der lokalen Umwertung des zweiten Punktes beruht.

Kehren wir aber wieder zur einseitigen Bewegung zurück, so ergibt unsere Erklärung auch die Lösung eines scheinbar ganz paradoxen Verhaltens. Die Paradoxie besteht in folgendem:

Wenn bei langem  $T_2$  die Bewegung nahe bei A beginnt, so sollte man meinen, daß eine Verkürzung von  $T_2$ , wenn sie überhaupt zu einer Verkürzung der Bewegung führt, sich darin äußert, daß nur das Anfangsstück übrig gelassen wird, die Bewegung also in der Nähe von A beginnt, nur aber nicht bis P reicht. Denn, so sollte man denken, wenn man einen Versuch vorzeitig abbricht, kann das doch nur den Erfolg haben, daß das Ende nicht erreicht wird, nicht aber, daß der Anfang wegfällt. Hier aber verhält es sich augenscheinlich umgekehrt: bricht man die Exposition von P vorzeitig ab, so macht dieser Punkt das Endstück derjenigen Bewegung, die er machen würde, wenn man die Exposition auf längere Zeit ausgedehnt hätte. Unsere früheren Betrachtungen über die stroboskopische Bewegung eines peripheren und nicht fixierten Punktes lösen diese scheinbare Paradoxie.

<sup>1</sup> MACH, *Analyse der Empfindungen*. 6. Aufl. S. 107f.

Die autonome Komponente des Gewichtes hängt offenbar davon ab, ob man dem Reiz so viel Zeit läßt, daß die Erregung überhaupt diejenige Höhe erreichen kann, die unter den gegebenen Umständen (also namentlich bei gegebener Reizintensität) möglich ist; und auch die Erregung darf nicht von allzugeringer Dauer sein, wenn die Empfindung einen gewissen Deutlichkeitsgrad erreichen soll. Wenn also auch der heteronome Einfluß einer konkurrierenden Erregung (hier des Residuums von A) bewirkt, daß sich das Gewicht erst allmählich zur vollen Höhe entwickelt, so ist doch diese „volle Höhe“ eine geringere, wenn man den Reiz nur so kurze Zeit wirken läßt, daß die Erregung auch ohne Konkurrenz nur eine geringere Größe erreichen könnte; also selbst abgesehen von dem Gedächtnisresiduum von A würde dem Punkte P bei kürzerer Expositionszeit ein kleineres Gewicht zukommen als wenn man den Reiz (bei gleicher Intensität) länger andauern läßt. Bei kurzem  $T_2$  wird also  $Pp_2$  kleiner und damit  $Aa_2$  größer sein als in der Figur. Es sind also — und darin liegt die Lösung — schon die Anfangsbedingungen für die stroboskopische Bewegung andere, als wenn man der Erregung P durch entsprechende Reizdauer die nötige Zeit läßt, um sich zu der Höhe zu entwickeln, die bei gegebener Intensität überhaupt möglich ist. Der Grenzfall wäre gegeben, wenn die Zeit  $T_2$  so kurz ist, daß sich das Gewicht überhaupt nicht über die Höhe  $Pp_1$  entwickeln kann, d. h. über die Höhe, die ihm schon in der ursprünglichen Gewichtskurve I. I. zugekommen ist. Denn dann findet überhaupt keine Gewichtszunahme statt und damit entfällt jeder Anlaß zu einer stroboskopischen Bewegung. Die Erfahrung bestätigt dies: bei allzu kleinem  $T_2$  (etwa bloßem Aufblitzen des zweiten Punktes) findet keine Bewegung mehr statt.

Aber noch eine andere Tatsache wird jetzt verständlich. Bei einer gewissen Größe der Expositionszeit  $T_2$  erhält die stroboskopische Bewegung ein nicht mehr zu überbietendes Maximum. In der Tat, wenn man der Erregung so viel Zeit läßt, daß sie sich bis zu der unter den gegebenen Umständen (also vor allem bei gegebener Reizintensität) überhaupt möglichen Höhe entwickeln kann, so wäre nicht einzusehen, was eine weitere Vergrößerung von  $T_2$  noch leisten sollte. Daher

war es berechtigt, von einem „langen“  $T_2$  zu sprechen, d. h. von einem  $T_2$ , dessen weitere Vergrößerung an der stroboskopischen Bewegung nichts mehr ändert, sondern nur bewirkt, daß der Punkt, nachdem er seine Bewegung zu Ende geführt hat, nunmehr am Ziele einige Zeit ruhig stehen bleibt.

Noch eine weitere sehr wichtige Konsequenz ergibt sich aus dieser Betrachtung. Das Maximum der erreichbaren Höhe hängt ja nicht allein von der Reizdauer ab, sondern u. a. auch von der peripheren Lage der gereizten Netzhautstelle; eine sehr periphere Erregung kann überhaupt nicht über einen gewissen geringen Grad der Deutlichkeit erhoben werden. Somit kann sich ihr Endgewicht  $Pp_2$  nicht mehr wesentlich vom Anfangsgewicht  $Pp_1$  unterscheiden. Daher wird durch Vergrößerung des räumlichen Abstandes dasselbe und auch aus denselben Gründen erreicht werden wie durch Verkürzung der Expositionszeit  $T_2$ : die stroboskopische Bewegung wird nur das letzte Stück der Strecke AP ausfüllen. Und auch hier wird es einen Grenzfall geben, der dadurch bestimmt ist, daß sich das überhaupt erreichbare Gewicht vom Anfangsgewicht gar nicht mehr unterscheidet: über ein gewisses Ausmaß an räumlicher Entfernung hinaus hört die Bewegung gänzlich auf.

Natürlich können beide Umstände, Kleinheit der Expositionszeit  $T_2$  und Größe des räumlichen Abstandes, auch zusammenwirken: bei einem gewissen Abstand, der bei größerem  $T_2$  immerhin noch eine geringfügige Bewegung ermöglichte, hört diese gänzlich auf, wenn man überdies noch die zweite Expositionszeit verkürzt. Alle diese Konsequenzen aus unserer Hypothese werden durch die Erfahrung bestätigt. In letzter Linie gehen sie aber alle eigentlich auf die Tatsache des retinalen Gefälles zurück. Das einer Netzhautstelle infolge dieses Gefälles zukommende Eigengewicht ist entweder noch nicht verwirklicht und muß erst allmählich erreicht werden; oder aber es wird infolge einer besonderen Aufmerksamkeitsverteilung ein höheres als das retinale Gewicht erzwungen, aber ebenfalls nur allmählich erreicht, d. h. nach Passierung der dazwischenliegenden Werte. — Die Einführung des Schwerpunktes hat den Vorteil, beide Fälle unter einen und denselben Gesichtspunkt zu bringen. Denn

für die dem Schwerpunkt B entsprechende Gewichtskurve (in Fig. 6 S. 246 punktiert gezeichnet) käme dem Punkte P das retinale Eigengewicht  $Pp_2$  zu und dieses hat er, so lange die ausgezogene Kurve I. I. gilt, noch nicht, sondern muß es, von der anfänglichen Größe  $Pp_1$  anwachsend, erst allmählich erreichen. Es ist also immer das retinale Eigengewicht, mit dessen allmählicher Erreichung die stroboskopische Bewegung parallel geht. Nur ist bei verteilter Aufmerksamkeit die Gewichtskurve eine andere als bei isolierter — aber das ist ja selbstverständlich.

Auf einen Umstand möchte ich jedoch schon jetzt aufmerksam machen, der in der bald zu entwickelnden Theorie sehr ausgiebig verwertet werden wird: mit einer allfälligen Verlagerung der Gewichtskurve verbindet sich immer auch eine Verlagerung der Grenzen des bemerkten Sehfeldes.

#### Kurze Zusammenfassung der bisherigen Versuchsergebnisse.

Die Erfahrungen, die sich bei Änderung der beiden Expositionszeiten  $T_1$  und  $T_2$ , der Zwischenpause  $\tau$  und des räumlichen Abstandes AB ergeben, sind im vorigen Abschnitt so gruppiert worden, wie es die Entwicklung und der Aufbau unserer Hypothese erforderlich erscheinen liefs. Es wird sich empfehlen sie noch einmal in etwas übersichtlicherer Weise darzustellen; dieser Zusammenfassung ist der nun folgende kurze Abschnitt gewidmet.

Noch einmal sei darauf hingewiesen, daß wir es mit der stroboskopischen Elementarbewegung zu tun haben, nicht mit der Aneinanderreihung solcher zu einer größeren Bewegung, wie sie etwa bei kinematographischen Vorführungen stattfindet.

Hierbei soll die Terminologie WERTHEIMERS festgehalten und wo nötig ergänzt werden.

Die von diesem Autor eingeführten neuen Bezeichnungen „Ganzbewegung“ und „Duale Teilbewegung“ sind ohne weiteres verständlich. Wenn nötig, sprechen wir von einer Anfangs- bzw. Endstrecke und bezeichnen damit die beiden Bestandteile der dualen Teilbewegung, die durch die leere Zwischenstrecke getrennt sind und von denen u. U. der eine

oder der andere auch allein auftreten kann. Wir sprechen ferner von fixierendem, bzw. wanderndem Blick, je nachdem die Gesichtslinie während des Ablaufs der Bewegung auf den Ort des ersten Objektes gerichtet ist und dort festgehalten oder bei Auftreten des zweiten Objektes sofort auf dieses übergeführt wird. Beide Versuchstypen sind im allgemeinen getrennt zu behandeln. Nur ist zu betonen, daß es nicht gänzlich in unserer Willkür liegt, ob wir im einen oder anderen Sinne beobachten wollen; bei sehr kurzem  $T_1$  z. B. gelingt es gewöhnlich nicht, den Blick bei Auftreten des zweiten Objektes sofort auf dieses zu überführen. Allgemein gilt: bei Ganzbewegung wird der erste, weitaus kleinere Teil in der Qualität des ersten Objektes ausgeführt (positives Nachbild von A), der zweite überwiegend größere in der Qualität des zweiten. Bei dualer Teilbewegung gilt Analoges für die Anfangs- bzw. Endstrecke.

Ganzbewegung wird im allgemeinen nur bei wanderndem Blick erzielt; bei fixierendem gibt es immer eine leere Zwischenstrecke, nur kann diese, wenn der Abstand der beiden Punkte A und B sehr klein ist, unmerklich werden.

Bei dem von uns benutzten räumlichen Abstand war Ganzbewegung immer zu beobachten, wenn bei wanderndem Blick  $T_1$  und  $T_2$  lang waren und die Zwischenpause  $\tau$  gänzlich fehlte, wobei sich der Qualitätswechsel in der angegebenen Weise auf die kurze Anfangs- und die lange Endstrecke verteilte.

Verkürzung von  $T_2$  macht die Endstrecke kleiner und zerreißt so ihren Zusammenhang mit der Anfangsstrecke; es entsteht eine leere Zwischenstrecke (duale Teilbewegung). Im Grenzfall (bloßes Aufblitzen von B) hört die stroboskopische Bewegung überhaupt auf.

Hingegen scheint Verkürzung von  $T_1$  unter den genannten Umständen (wandernder Blick) keinen Einfluß auf die Größe der Endstrecke zu haben. Die Anfangsstrecke wird durch Verkürzung von  $T_1$  etwas verlängert. Verkürzt man auch gleichzeitig  $T_1$  und  $T_2$ , so entsteht zwar duale Teilbewegung, aber die leere Zwischenstrecke erscheint etwas gegen den zweiten Punkt hin verschoben. Wenn bei mangelnder Zwischenpause sowohl A wie auch B bloß aufblitzen, entfällt

sogar der Sukzessionseindruck, sie werden gleichzeitig und ohne vermittelnde Bewegung gesehen.

Wir wenden uns nunmehr zu dem Falle des fixierenden Blickes und lassen zunächst wieder  $T_1$  und  $T_2$  „lang“,  $\tau = 0$  sein. Schon unter diesen günstigsten Bedingungen entsteht keine Ganzbewegung. Was man hier durch Verkürzung von  $T_1$  und  $T_2$  erreicht, geht analog den Ergebnissen bei wanderndem Blick; nur muß man im Auge behalten, daß eben schon jene günstigen Bedingungen hier nur duale Teilbewegung ergeben.

Vor allem scheint die Verkürzung von  $T_1$  auf die Größe der Endstrecke keinen Einfluß zu haben.<sup>1</sup>

Hingegen wird die Anfangsstrecke durch Verkürzung von  $T_1$  eher länger als kürzer.

Verkürzung von  $T_2$  hat dieselbe Wirkung wie bei wanderndem Blick: die Endstrecke wird zusehends kleiner, B taucht also immer näher seinem endgültigen Ort „aus dem Dunkel“ auf, nur wird natürlich hier der Grenzfall (Aufhören der stroboskopischen Bewegung) früher erreicht als bei wanderndem Blick, weil ja schon unter den günstigen Bedingungen eines langen  $T_2$  nur Teilbewegung erzielt wurde.

Führt man nun eine Zwischenpause ein ( $\tau > 0$ ), so macht sich diese bei kleinem Betrag zunächst nur in einer Verlangsamung der stroboskopischen Bewegung geltend. Wird der Betrag größer, so entsteht duale Teilbewegung, wobei aber wie immer die Endstrecke weitaus größer ist als das Anfangsstück, so daß bei weiterer Vergrößerung von  $\tau$  die Anfangsstrecke bald gänzlich aufgezehrt wird und die Endstrecke allein übrig bleibt. Man kann also allgemein sagen: die

<sup>1</sup> Diese Feststellung hat mir und meinen Vpn. die größte Schwierigkeit gemacht; in den Protokollen finden sich gelegentlich auch entgegengesetzte Angaben. Ich glaube aber jetzt dieses Schwanken darauf zurückführen zu dürfen, daß die Absicht bald mit fixierendem, bald mit wanderndem Blick zu beobachten, nicht immer wunschgemäß zur Ausführung kam. Bei kurzem  $T_1$  kann es vorkommen, daß wir den Blick auf das neuauftretende B überführen wollen, ohne daß diese Absicht auch zur Ausführung kommt. Dann können sich Befunde in das Protokoll einschleichen, von denen man glaubt, daß sie bei wanderndem Blick gewonnen wurden, während sie tatsächlich bei ruhendem Blick erzielt wurden.

Zwischenpause erzeugt ein leeres Intervall, das nicht in der Mitte der Strecke AB, sondern dem A viel näher liegt als dem B; dieses leere Intervall nimmt mit zunehmender Gröfse der Pause zu auf Kosten der Anfangs- und Endstrecke, zehrt aber die ohnehin kleine Anfangsstrecke viel früher auf als die lange Endstrecke.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei Vergrößerung des räumlichen Abstandes der beiden Lichtpunkte. Auch sie führt zur dualen Teilbewegung, und auch hier wird die Anfangsstrecke früher gänzlich aufgezehrt als das Endstück. Aber auch dieses letztere sinkt bei allzu großem Abstand schließlich auf 0, die Bewegung hört gänzlich auf.

Was sich ergibt, wenn man die besprochenen Variablen kombiniert ändert, läfst sich aus den obigen Angaben über ihre isolierte Änderung leicht ableiten. So z. B. der Fall entgegengesetzt gerichteter stroboskopischer Bewegungen, bei denen die auseinanderfahrenden Punkte „aus dem Dunkel“ kommen und auf dem Rückwege im Dunkel untergehen (siehe S. 253). Ebenso auch der Fall, daß bei allzu raschem Wechsel zwischen dem medianen Punkt und dem lateralen Punktepaar die Bewegung gänzlich unterbleibt. Wie erörtert, lassen sich alle diese Tatsachen aus der Hypothese der allmählichen Gewichtszunahme ohne Schwierigkeit erklären. Sie erklärt aber auch gewisse Modifikationen, die sich lediglich durch die besondere Einstellung unserer Aufmerksamkeit erzeugen lassen. Von einer dieser Modifikationen war schon früher einmal die Rede. Wenn man während der Sichtbarkeit des ersten Punktes die Aufmerksamkeit schon gänzlich dem präsumtiven Orte des zweiten zuwendet (den man ja aus früheren Versuchen kennen kann), so wird dadurch die Endstrecke stark verkürzt, gelegentlich sogar auf 0 reduziert. Das Gewicht des zweiten Punktes kann eben nicht mehr beträchtlich wachsen, wenn sein Ort schon von vornherein fast das volle Gewicht besitzt.

Aber auch eine andere, schon von WERTHEIMER beobachtete, höchst paradoxe Tatsache findet ihre Erklärung. Wiederholt man einen stroboskopischen Versuch sehr häufig, so kann dieser unter Umständen auch dann gelingen, wenn man innerhalb der Serie gelegentlich einmal den ersten Punkt ganz

fortläßt. Die Aufmerksamkeit kann sich offenbar gewohnheitsmäßig dem sonst mit einer Qualität besetzten Ort des ersten Punktes mit derselben Energieabnahme zuwenden, die sonst durch die autonome Gewichtsabnahme des Gedächtnisresiduums eingetreten ist. Ich kann aus eigener Erfahrung bestätigen, daß innerhalb einer durch Wochen andauernden Beschäftigung mit stroboskopisch bewegten Lichtpunkten manchmal sogar der erste am frühen Morgen angestellte Versuch ein solches Resultat ergab: bei Weglassung des ersten Punktes A schien der zweite bereits mit einer Endbewegung nach seinem definitiven Ort zu wandern. Auch diese Erfahrung drängt den Gedanken auf, daß das stroboskopische Phänomen selbst in einer örtlichen Umwertung des zweiten Punktes begründet ist und nicht in einer irgendwie zentral bedingten Ausfüllung der retinal leeren Strecke zwischen A und B, wie dies etwa im Sinne der „Kurzschlußtheorie“ gelegen wäre.

Auf besondere Modifikationen, wie sie etwa von KORTE beschrieben worden sind und die ich zum größten Teil bestätigen kann, soll in dieser Arbeit noch nicht eingegangen werden; es galt ja zunächst nur den Typus dieser Art von Scheinbewegung in seinen Hauptzügen dem Verständnis näher zu bringen.

Es ist für die Theorie von außerordentlicher Bedeutung zu wissen, unter welchen Umständen Optimalbewegung eintritt und durch welche von den meßbaren Größen (Expositionszeiten  $T_1$  und  $T_2$  sowie Zwischenpause  $z$ ) diese geschädigt wird, sei es in der Richtung gegen das Simultan- oder gegen das reine Sukzessivstadium. Unter dem Einfluß einer verfehlten Versuchsanordnung, an der WERTHEIMER nicht ganz unschuldig ist, haben sich hier Meinungen festgesetzt, die in den Tatsachen nicht begründet sind. Erstens soll es wesentlich die Zwischenpause sein, die für den Stadieneindruck (Simultan-, Optimal- oder Sukzessiv-) entscheidend ist; und zweitens soll das Optimalstadium bei einer gewissen mittleren Größe von  $z$  eintreten, während Verkleinerung der Zwischenpause zum Simultanstadium, Vergrößerung schließlich zum Sukzessivstadium führe.

Diese Befunde halte ich für durchaus unzutreffend; sie würden u. a. bedeuten, daß bei völligem Mangel der Zwischen-

pause ( $\tau=0$ ) das Simultanstadium eintritt. Ich kann demgegenüber nur mit allem Nachdruck und auf Grund zahlloser Beobachtungen versichern, daß, sofern nur die Expositionszeiten lang genug sind, auch bei  $\tau=0$  die schönste Optimalbewegung zu beobachten ist. Schon BENUSSI bemerkt: „Die Zwischenzeit der Reize kann bis zur Größe Null sinken und darüber hinaus auch negative Werte aufweisen, ohne daß dadurch die Erscheinung einer Scheinbewegung gestört wird.“<sup>1</sup> „Die Zwischenzeiten“, sagt dieser Autor sehr richtig, „bestimmen nicht restlos die Art der erfafsten Scheinbewegung, bzw. den Ausfall des jeweiligen Erlebnisses.“<sup>2</sup>

Auch sei nicht die Zwischenzeit die Zeit der Scheinbewegung, vielmehr komme die Eindruckszeit, d. h. die Zeit der Reizwirkung subjektiv größtenteils als Bewegungszeit zur Geltung.<sup>3</sup> Bemerkenswert ist jedenfalls auch das Zugeständnis WERTHEIMERS, daß selbst bei zeitlichem Übereinandergreifen der Expositionen (also sogar bei negativer Zwischenpause) Bewegung entstehen könne.<sup>4</sup>

Geht man von dieser bei hinreichend langer Exposition und fehlender Pause entstehenden Optimalbewegung aus, so läßt sich eine Verschlechterung nach Richtung des Simultanstadiums nur durch Verkürzung der zweiten Expositionszeit erzielen; nach Richtung des Sukzessivstadiums aber sowohl durch Verkürzung der Exposition wie auch durch Einführung und Verlängerung der Pause. Beide Umstände, Verkürzung der Exposition und Verlängerung der Pause, verkleinern die Wegstrecke der stroboskopischen Bewegung, indem sie deren Anfangspunkt näher an den Endpunkt heranschieben. Die Pause bewirkt aber überdies, daß diese räumlich geringfügige Bewegung auch zeitlich hinausgeschoben wird, so daß ihr

<sup>1</sup> Versuche zur Analyse taktil erweckter Scheinbewegungen (kinemato-haptischer Ersch.) nach ihren äußeren Bedingungen und ihren Beziehungen zu den parallelen opt. Phän. *Arch. f. d. ges. Psych.* 36, S. 84. Ich beziehe mich hier nur auf den opt. Teil dieser interessanten Abhandlung.

<sup>2</sup> A. a. O. S. 86.

<sup>3</sup> S. 98 u. 99.

<sup>4</sup> WERTHEIMER, Exper. Stud. üb. d. Sehen von Bewegung. *Zeitschr. f. Psychol.* 61, S. 179, 220, 235.

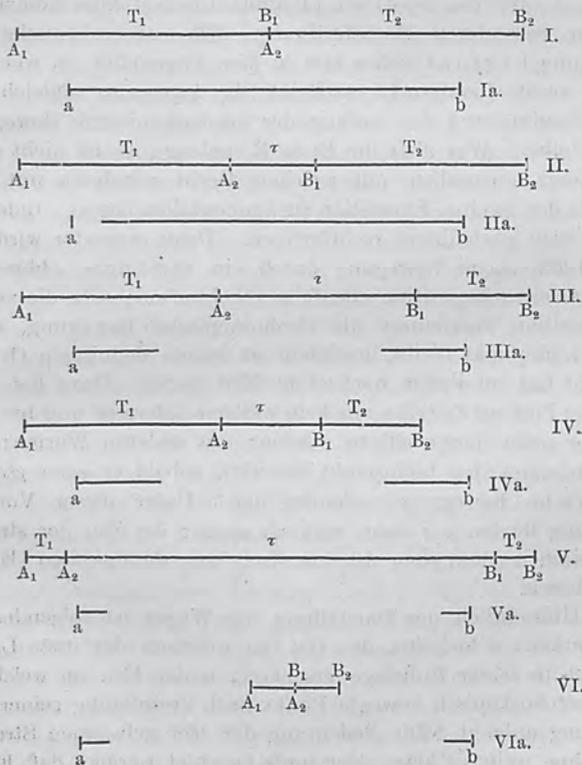
Anfang auch zeitlich von dem letzten Augenblick, in welchem der erste Punkt sichtbar war, getrennt erscheint. Verkürzung der Expositionszeit  $T_2$  verkleinert die Raumstrecke der Bewegung ebenfalls, rückt die verkürzte Bewegung aber zeitlich nicht hinaus. Macht man die Expositionszeit so kurz, daß sie auf Null zusammenschrumpft, also bewegungsloses Aufblitzen des zweiten Punktes entsteht, so hängt es nur mehr von der Größe der Zwischenpause ab, ob das nunmehr entstehende bewegungslose Stadium ein Simultanstadium oder Sukzessivstadium ist. Das erstere ist der Fall, wenn die Pause Null oder unmerklich klein ist, das letztere bei jeder erheblichen Größe von  $\tau$ .

Die Frage, ob die Expositionsdauer oder die Pause von ausschlaggebender Bedeutung ist, ist also schlecht gestellt. Auf dem Weg vom Sukzessivstadium zum Optimalstadium sind beide Größen von Bedeutung, aber in entgegengesetztem Sinn: sowohl Verkleinerung der Pause wie Vergrößerung der Expositionszeit wirkt verbessernd, d. h. führt zum Optimalstadium hin. Auf dem Wege von diesem zum Simultanstadium ist nur mehr die Expositionsdauer von Einfluß und zwar wirkt Verkleinerung der Exposition stets verschlechternd, d. h. führt zum Simultanstadium hin.

Man kompliziert die Sachlage unnötig und macht sie gänzlich unübersichtlich, wenn man, wie dies so oft geschehen ist, bloß die Umdrehungsgeschwindigkeit des Tachistoskopes oder einer sonstigen Blendenvorrichtung variiert und damit natürlich gleichzeitig beide Größen ändert. Wenn man durch Verkleinerung der Umdrehungsgeschwindigkeit eine bestehende Optimalbewegung schädigt und schließlich zerstört, so geschieht das durch den schädigenden Einfluß der zu großen Pause. Wenn man sie aber durch Vergrößerung der Umdrehungsgeschwindigkeit schädigt, so geschieht dies durch die zu kleine Expositionszeit. Man darf dann nicht schließen: wenn ich die Bewegung durch Vergrößerung der Umdrehungsgeschwindigkeit gefördert habe, so muß ich sie durch noch weitere Vergrößerung nur noch mehr fördern.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ein Fehlschluss dieser Art liegt der Argumentation KORTES zugrunde. Siehe *Zeitschr. f. Psychol.* 72, S. 237.

In der nebenstehenden Figur sollen die zeitlichen und räumlichen Verhältnisse der stroboskopischen Bewegung eine schematische Darstellung finden; sie beansprucht nicht, eine quantitativ genaue Wiedergabe der Raum- und Zeitmaße zu sein, sondern will nur qualitativ die Wirkung veranschaulichen, wie sie mir die systematische Variierung der Expositions- und Pausengröße zu haben scheint. Sie ist ein schematischer Niederschlag der Protokolle über jahrelange Versuchsreihen.



Figur 8.

Die mit I. II. bis VI. bezeichneten Geraden geben den zeitlichen Verlauf der Reize wieder, wobei  $T_1 = A_1 A_2$  die

erste,  $T_2 = B_1 B_2$  die zweite Expositionszeit und  $z$  die Zwischenpause bedeuten. Die mit Ia, IIa bis VIa bezeichneten Geraden veranschaulichen die Wegstrecken der stroboskopischen Bewegung. Hinsichtlich der Zeitstrecken ist zu bemerken, daß die betreffenden Geraden zugleich die objektive Dauer der Reize und die subjektive der dazu gehörigen (ruhenden oder bewegten) Empfindungsinhalte bedeuten. Für den ersten Lichtpunkt ist diese Koinzidenz ohne weiteres gerechtfertigt: er erscheint in seiner Ruhelage für so lange Zeit als sein Reiz dauert. Für den zweiten Lichtpunkt bedarf diese Koinzidenz einer besonderen Rechtfertigung. Die stroboskopische Bewegung beginnt sicher erst in dem Augenblick, in welchem der zweite Lichtpunkt erscheint;  $B_1$  kann also zugleich den Reizbeginn und den Anfang der stroboskopischen Bewegung darstellen. Was aber ihr Ende  $B_2$  anlangt, so ist nicht ohne weiteres einzusehen, mit welchem Recht wir dieses mit dem Ende der zweiten Exposition zusammenfallen lassen. Indessen läßt sich auch dieses rechtfertigen. Denn entweder wird die stroboskopische Bewegung durch ein vorzeitiges Abbrechen der zweiten Exposition ebenfalls abgebrochen; oder die zweite Exposition überdauert die stroboskopische Bewegung, d. h. der Lichtpunkt bleibt, nachdem er seinen definitiven Ort erreicht hat, an diesem noch einige Zeit stehen. Dann hat aber dieses Plus an Zeit für uns kein weiteres Interesse und braucht daher nicht dargestellt zu werden; mit anderen Worten: wir denken uns den Lichtpunkt beseitigt, sobald er seine stroboskopische Bewegung vollendet hat. Unter dieser Voraussetzung dürfen wir dann wirklich sagen: die Zeit der stroboskopischen Bewegung ist identisch mit der zweiten Expositionszeit.

Hinsichtlich der Darstellung des Weges ist folgendes zu bemerken:  $a$  bedeutet den Ort, an welchem der erste Lichtpunkt in seiner Ruhelage erscheint;  $b$  den Ort, an welchem der stroboskopisch bewegte Punkt nach Beendigung seiner Bewegung anlangt. Die Bedeutung der leer gelassenen Strecke ist ohne weiteres klar. Nur muß beachtet werden, daß Ende oder Beginn einer Teilbewegung (etwa in IIIa) niemals scharf markierte Raumpunkte sind. Wir wissen ja, daß eine solche Teilbewegung in einem Zustand großer Undeutlichkeit endet

oder beginnt, der Punkt also, wie manche Vpn. sich ausdrücken, „im Dunkel verschwindet“ bzw. „aus dem Dunkel auftaucht“.

Figur I stellt den Fall langer Expositionszeiten, vor allem also eines hinreichend langen  $T_2$  dar bei mangelnder Zwischenpause. Die hier auftretende optimale Bewegung findet in der voll ausgezogenen Strecke a b (Fig. Ia) ihren Ausdruck. In II. ist die kleine Zwischenpause  $\tau$  eingeschaltet, damit aber auch  $T_2$  schon etwas verkürzt. Die Umwertung des zweiten Punktes bewegt sich ja tatsächlich in engeren Grenzen und ist daher rascher vollzogen, weil das Residuum des ersten während der Pause bereits etwas abgeklungen ist. Räumlich beginnt die Bewegung auch nicht gerade in a, sondern nur in dessen Nähe; daher das kleine leere Stück in IIa. Man wird diese Bewegung aber trotzdem noch immer als optimal bezeichnen, weil es von dem ohnehin immer undeutlichen Anfang niemals sicher entschieden werden kann, ob er in oder nur nahe bei a liegt. III. und IV. stellen Fälle dar, in denen die Bewegung zeitlich verkürzt ist. In III. ist sie es infolge zu langer Zwischenpause  $\tau$ , in IV. durch Einschränkung der zweiten Expositionsdauer. Der Vorgang äußert sich räumlich in einer und derselben Weise: nach einem kurzen Anfangsstück eine unausgefüllte Strecke und hierauf ein kurzes Endstück. Trotzdem sind die beiden Fälle ihrem inneren Geschehen nach sehr verschieden; in III. wird die Bewegung verkürzt durch die lange Zwischenpause, in der das Residuum des ersten Punktes Gelegenheit hatte bis auf einen kleinen Rest abzuklingen. Man würde also auch durch eine Verlängerung von  $T_2$  keine gröfsere Bewegung erzielt haben. In IV. hingegen koupiert man sozusagen die Bewegung: sie würde gröfser ausfallen und länger dauern, wenn man ihr die nötige Zeit liefse. Sie ist auch (wegen des kleineren  $\tau$ ) dem Ende des ersten Lichtpunktes zeitlich näher gerückt. Und ausserdem kann man beobachten, dafs der bewegte Punkt auch an seinem Ziel mit einer viel geringeren Deutlichkeit anlangt als im Falle III. Er huscht über die Endstrecke hinüber, während er sich in III. in seinem Endpunkt deutlich festsetzt. Es ist hier offenbar der Fall gegeben, der in der Literatur als „betonte Endlage“ bezeichnet wird. V. und VI. schliesslich

stellen die extremsten Übertreibungen von III. und IV. dar. Die Expositionszeiten, vor allem die zweite, auf die es ja wesentlich ankommt, sind hier äußerst klein. Aber wiederum ist  $T_2$  wegen der langen Pause  $\tau$  minimal, d. h. der Punkt würde, auch wenn man ihm mehr Zeit liesse, keine länger dauernde Bewegung machen, sondern nur an seinem Ziel ruhig stehen bleiben. In VI. hat man wieder die Bewegung durch ein minimales  $T_2$  vorzeitig koupiert. Räumlich ist der Effekt beiderseits derselbe: es wird blofs ein so kleines Anfangs- und Endstück der Strecke  $ab$  durchwandert, dafs man praktisch von einem blofsen Aufblitzen der beiden Punkte sprechen kann; aber in V. blitzen sie wegen des grossen  $\tau$  deutlich sukzessiv auf, in VI. wegen  $\tau = 0$  simultan. Man merkt übrigens auch hier wieder den schon oben erwähnten Unterschied: von den sukzessiv aufblitzenden Punkten ist der zweite viel weniger eindringlich als der erste, beim simultanen Aufblitzen sind sie beide gleich eindringlich.

Hinsichtlich der Bewegung des ersten Punktes aus seiner Anfangslage, die in der Literatur unter dem Namen Singularbewegung des ersten Punktes oder auch als die erste Hälfte der „dualen Teilbewegung“ bereits ihre anerkannte Stelle einnimmt, möchte ich mich eher denjenigen anschliesen, die sich ihrer Existenz gegenüber skeptisch verhalten. Es ist mir aufgefallen, dafs sie überall dort, wo für strengste Blickruhe Gewähr geboten wird (so vor allem bei gleichzeitig entgegengesetzt gerichteten Bewegungen) niemals beobachtet werden kann. Es liegt daher der Verdacht nahe, dafs wir es hier vielleicht doch mit einer Verunreinigung des Versuches infolge von unwillkürlichen Augenbewegungen zu tun haben. Nicht das bezweifle ich, dafs das erste Stück einer Ganzbewegung in der Qualität des positiven Nachbildes von A erfolgen kann; aber dafs eine einzelne Bewegung von A allein oder als erste Hälfte einer durch eine leere Strecke unterbrochenen Dualbewegung auftreten kann ohne den erwähnten Versuchsfehler, scheint mir doch zweifelhaft. Auch in der Literatur findet man gelegentlich Zweifel geäufsert, ob es so etwas wie duale Teilbewegung überhaupt gebe. Doch mag diese Frage vorläufig offen gelassen werden.

Für das Verständnis des stroboskopischen Elementarvorgangs war es geradezu verhängnisvoll, daß die ersten Versuche durchwegs Serienversuche waren, wobei ich unter Serie nicht die mehrmalige Wiederholung einer und derselben Elementarbewegung verstehe (a b a b . . .), sondern die Aneinanderreihung verschiedener Elementarbewegungen zu einer größeren Gesamtbewegung wie sie die älteren Stroboskope (Daedaleum) oder auch der moderne Kinematograph ermöglichen. Hier strebt man ja nicht nur Ganzbewegung zwischen a und b, b und c usw. an, sondern auch die Zusammensetzung solcher Ganzbewegungen zu einer glatten Gesamtbewegung ohne Geschwindigkeitsdiskontinuität. Und um die zeitlichen Bedingungen für dieses Ziel kennen zu lernen, hatte man natürlich nur die Expositionszeit und die Zwischenzeiten zu messen. Damit hatte man sich aber den Weg verlegt, der allein zum Verständnis des Elementarphänomens führen konnte, und zwar aus folgenden zwei Gründen. Erstens fällt bei der Serie das  $T_2$  jeder vorausgehenden Elementarbewegung mit dem  $T_1$  der nächstfolgenden in eine Expositionszeit zusammen. Wenn diese also gewisse Bedingungen erfüllen muß, z. B. nicht unter einen bestimmten Betrag sinken darf, so weiß man nie, ob sie diese Bedingungen als Endexposition der vorhergehenden oder als Anfangsexposition der nächstfolgenden Elementarbewegung zu erfüllen hat. Dazu kommt aber ein zweiter noch wichtigerer Umstand. Für eine optimale Elementarbewegung kann die zweite Expositionszeit  $T_2$  zu kurz, sie kann aber niemals zu lang werden. Hat sie nämlich die Größe, die zu einer optimalen Ganzbewegung nötig ist, überschritten, so schädigt dies die Ganzbewegung keineswegs; es macht nur, daß der bewegte Punkt, nachdem er sein Ziel erreicht hat, während dieser unnötigen Zugabe an Expositionszeit für einige Zeit ruhig stehen bleibt. Für die Zusammensetzung zu einer Serie (a b, b c, c d usw.) würde das aber zur Folge haben, daß sich der Punkt ruckweise, d. h. mit periodischen Stillständen, bewegt; für eine gleichmäßige Dauerbewegung gäbe es also in der Tat eine zu große Expositionszeit. So konnte auch das Vorurteil entstehen, für eine optimale stroboskopische Bewegung sei ein bestimmtes Verhältnis von Expositions- und Zwischenzeit nötig — was für Serienversuche vielleicht richtig ist, für die Elementarbewegung aber keineswegs zutrifft.

Für die Kenntnis des stroboskopischen Elementarphänomens haben die Serienversuche nur insofern Bedeutung, als eine ruckweise Bewegung im Serienversuch beweist, daß die einzelnen Expositionszeiten diejenige Größe überschritten haben, die beim Elementarphänomen eben nötig ist um die volle räumliche Umwertung des zweiten Objektes gerade zu Ende zu führen; geht die Bewegung ohne solche Geschwindigkeitsdiskontinuität weiter, so ist das ein Beweis (und zwar der beste), daß die Expositionszeit des zweiten Objektes genau diejenige Länge

hatte, die auch beim Elementarphänomen nötig war, um die räumliche Umwertung gerade zu Ende zu führen. Aber es wäre falsch daraus zu schliessen, daß durch eine noch längere Exposition das Elementarphänomen geschädigt werde: geschädigt wird dieses gar nicht, wenn das zweite Objekt nach Ausführung einer optimalen Bewegung noch einige Zeit am Ziele ruhig stehen bleibt.

Wenn es unter diesem Gesichtspunkt begreiflich ist, daß man lange Zeit Expositionsdauer und Pause immer nur gleichzeitig variiert hat (nämlich durch Variierung der Umdrehungsgeschwindigkeit des Stroboskops oder sonstiger rotierender Blenden), so ist es doch nicht zu rechtfertigen, daß man sich selbst dann nicht zu einer getrennten Variation verstand, als man die theoretische Wichtigkeit der Elementarbewegung bereits erkannt und diese zum Gegenstand der Untersuchung gemacht hatte. Auch WERTHEIMER, der ja als erster die Elementarbewegung genauer studiert hat, variiert die Expositionszeiten „durch die Schlitzlänge einerseits, durch die Umdrehungszeit des Rades andererseits“.<sup>1</sup> Und im § 3 („Allgemeines über die Hauptversuche“) findet sich die Bemerkung: „Die Umdrehungszeit stufenweise verändert und in 2-Minutenpausen gemessen“. Dementsprechend zeigt auch seine Tabelle I (S. 179) einen durchgängigen Parallelismus zwischen Expositionszeit und Pause. Wie schon früher einmal erwähnt (S. 243f.) kann ich mir nur aus diesem Umstand die durchaus unzutreffende Angabe erklären, nur bei einer mittleren Größe der Pause sei optimale Bewegung zu erzielen, bei einer zu geringen Pausenlänge trete das Simultanstadium, bei einer zu großen das Sukzessivstadium ein. Nach meinen Erfahrungen kann man optimale Bewegung auch bei der Pause Null erzielen, sofern nur  $T_2$  groß genug ist. Nur die Verkürzung von  $T_2$  führt zum Simultanstadium.<sup>2</sup> Nun hat WERTHEIMER in einer eigenen Versuchsreihe, über deren Ergebnisse die Tabelle II (S. 180) berichtet, allerdings die Expositionszeiten  $T_1$  und  $T_2$  unabhängig von der Pause  $\tau$  variiert<sup>3</sup> und er

<sup>1</sup> A. a. O. S. 176.

<sup>2</sup> Selbst BENUSI, der doch die Tatsache der Optimalbewegung bei der Pause Null richtig erkannt hat, verspermt sich das Verständnis der Elementarbewegung durch ein Vorurteil, das wahrscheinlich auch auf Serienversuche zurückgeht. Als den entscheidenden Wert sieht er den Quotienten  $gz/zz$  an, wobei  $gz$  Gesamtzeit,  $zz$  Zwischenzeit heißt. Da er unter Gesamtzeit die Zeit zwischen zwei Reizeinsätzen, unter Zwischenzeit die Zeit zwischen dem Verschwinden des ersten und dem Auftreten des zweiten Objektes versteht, sieht man, daß die Expositionszeit des zweiten Objektes in diesen Größen überhaupt nicht vorkommt.

<sup>3</sup> Er nennt die Expositionszeiten  $\alpha$  und  $\beta$ , die Pause  $t$ , ich behalte aber meine Bezeichnungen bei, um den Leser nicht durch einen Wechsel der Symbole zu desorientieren.

berichtet, die ersteren hätten „in hohem Maße“ variiert werden können, „ohne daß die Bewegungseindrücke hierdurch wesentlich beeinträchtigt wurden“. Sieht man aber die Tabelle selbst an, so fällt auf, daß sie zu diesem Schlufsergebnis nicht berechtigt. Beim Simultanstadium hat nicht nur  $\tau$ , sondern immer auch die beiden Expositionszeiten und namentlich die zweite, kleinere Werte als bei der Optimalbewegung. Mehrmals kommt die Pause im Betrage von  $45 \sigma$  vor, sie ist mit Optimalbewegung verbunden, wenn  $T_1$  und  $T_2$  je  $33 \sigma$  betragen, mit Teilbewegung, wenn diese Werte auf  $20 \sigma$  sinken, mit Simultaneität bei den ganz kleinen Werten  $T_1 = 6 \sigma$ ,  $T_2 = 8 \sigma$ . Sehr große Werte der Pause führen allerdings zum Sukzessivstadium, wie dies ja auch meinen Befunden entspricht. Ich kann es daher selbst vom Standpunkt des WERHEIMERSCHEN Beobachtungsmateriales nicht für zutreffend halten, wenn dieser Autor ganz allgemein bemerkt, die verschiedenen Stadieneffekte seien „in erster Linie von  $t$  (das ist unser  $\tau$ ) abhängig“ (S. 179).

Auch KORTE<sup>1</sup> teilt Versuche mit gesonderter Variation der Expositionszeiten mit und glaubt sich zu dem Schlusse berechtigt, „daß eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Expositionszeit bei den verschiedenen (sc. räumlichen) Abständen kaum Einfluß auf die Art des Bewegungsvorganges ausübt“ (S. 263). Ich kann nicht finden, daß dies aus seinen eigenen Tabellen hervorgeht. Man vergleiche z. B. die Aussagen der Vp. KOFFKA (S. 262), die bei konstanter Pause, aber verschiedener Expositionszeit gewonnen sind und in je einer Horizontalkolumne nebeneinander stehen. Für einen räumlichen Abstand von 6 cm wird aus dem Befund „Ganzbewegung“ bei  $183 \sigma$  Expositionszeit, der Befund „fast simultan“ bei  $37 \sigma$ . Ähnlich bei einem Abstand von 7 cm, wo aus „Singularbewegung von b“ bei  $183 \sigma$  Expositionszeit wiederum der Befund „fast simultan“ bei  $37 \sigma$  Expositionszeit wird. Analoges gilt für die Vp. WULF (S. 263). Wenn aber in manchen Horizontalkolumnen durchwegs, also bei allen Expositionszeiten, „Sukzessiv“ steht, so weist das nichts für die Irrelevanz der Expositionszeiten; denn wenn bei langer Pause die Objekte sukzessiv ohne Bewegung erscheinen, so ist damit ohnehin schon die äußerste, nicht mehr zu überbietende Verschlechterung der  $\beta$ -Bewegung erreicht; die Bewegung, durch die allzu große Pause ohnehin schon gänzlich zerstört, kann durch Verkleinerung der Expositionszeit nicht noch mehr reduziert werden; woraus aber natürlich nicht geschlossen werden darf, daß man die Bewegung nicht auch durch bloße Verkleinerung der Exposition hätte ins Sukzessivstadium überführen, also verschlechtern können.

In einigen weiteren Tabellen (S. 263–64) werden die Expositionszeiten konstant gehalten und nur die Pause geändert. Der Einfluß dieser Änderung zeigt sich aber fast durchwegs darin, daß aus einer Ganzbewegung entweder duale Teilbewegung oder völliger Zerfall in „zwei Striche“ wird. Es handelt sich also um eine Verschlechterung,

<sup>1</sup> Kinematoskopische Untersuchungen. *Zeitschr. f. Psychol.* 72, S. 193ff.

die auf dem Wege vom Opt.- zum Suk-Stadium liegt, was wieder durchaus meinen Erfahrungen entspricht.

Sehr merkwürdig sind auch die beiden Tabellen S. 269. Hier werden bei konstanter Pause (in der ersten Tab. = 37  $\sigma$ , in der zweiten = 183  $\sigma$ ) die Expositionszeiten allein geändert. Da zeigt sich nun, wie KORTES S. 276 selbst zugibt, dafs „allein durch Verkürzung der zweiten Exposition die sehr gute  $\beta$ -Bewegung in reine Simultaneität verwandelt“ werden kann. In der Tat lehrt der Vergleich der beiden Tabellen untereinander, dafs Ganzbewegung selbst bei sehr kurzer Pause (37  $\sigma$ ) erzeugt werden kann, wenn nur die Exposition lang genug ist (183  $\sigma$ ). Die Versuche KORTES berechtigen also keineswegs zu dem Schlusse, dafs eine Änderung der Expositionszeit einen „relativ geringeren“ Einflufs auf die Erscheinung ausübe; und damit fallen auch die Konsequenzen, die KOFFKA in seiner neuesten Publikation aus diesem Teil der „KORTESchen Gesetze“ zieht.

Für unsere Auffassung der stroboskopischen Bewegung, der zufolge diese in einer lokalen Umwertung des zweiten Objektes während seiner Exposition besteht, bieten sowohl die Versuche WERTHEIMERS wie auch die KORTES, soweit sie überhaupt brauchbar sind, d. h. soweit sie Expositionszeit und Pause getrennt variieren, eine durchweg gute Stütze. Es ist aber jedenfalls bemerkenswert, dafs sich ein Vorurteil, welches offenbar aus der Zeit der Serienversuche stammt, so festsetzen konnte, dafs die genannten Autoren ihre eigenen Versuchstabellen nicht mehr unbefangen zu deuten vermochten.

(Schluß folgt.)

- 12 Zur Theorie der stroboskopischen Bewegungen, in:  
Zeitschrift für Psychologie 90 (1922), 1-66.



## Zur Theorie der stroboskopischen Bewegungen.

Von  
FRANZ HILLEBRAND.

(Schlufs.)

### Die Abhängigkeit der stroboskopischen Bewegung von der Änderung der Erregungsgröße (des „Gewichtes“).

Es handelt sich jetzt darum, die Hypothese, aus der sich die stroboskopischen Erscheinungen ableiten liessen, zum Range einer Theorie zu erheben.

Der Zustand, in dem eine stroboskopische Bewegung ihr Ende findet, also die schließliche Lokalisation des bewegten Punktes, ist immer dadurch charakterisiert, daß die diesem Punkt entsprechende Erregung dasjenige Gewicht erreicht hat, welches ihr zukäme, wenn der betreffende Punkt unter sonst gleichen Umständen ohne stroboskopische Bewegung lokalisiert würde, sei es, daß ihm die Aufmerksamkeit isoliert zugewendet wird und er dann das der Fovea zukommende Eigengewicht erhält, sei es, daß er in einen Komplex eingeht und dasjenige Gewicht erhält, das ihm bei verteilter Aufmerksamkeit zukommt. Letzteres ist der Fall, wenn er beachtet wird ohne fixiert zu werden. Das ist der Zustand nach beendigter stroboskopischer Bewegung.

Die Bewegung selbst aber haben wir mit dem Umstand in Verbindung gebracht, daß dieses endgültige Gewicht nicht sofort, sondern erst allmählich erreicht wird, also mit der Gewichtszunahme. Daß beide Vorgänge, von denen der eine zur Erreichung des endgültigen Gewichtes, der andere zur Erreichung des endgültigen Ortes führt, miteinander parallel gehen, konnte wahrscheinlich gemacht werden, indem gezeigt wurde, daß alle Umstände, welche den einen beeinflussen, dies

auch hinsichtlich des anderen tun. Hypothetisch war an dieser Ansicht nur, daß wir aus diesem Parallelgehen eine kausale Abhängigkeit gemacht und die allmähliche Entwicklung des Gewichtes für die Ursache der allmählichen Erlangung des definitiven Ortes erklärt haben.

Es gilt nun, dieses hypothetische Element hinauszuschaffen, m. a. W. zu erklären, wieso die Gewichtsänderung eine Ortsänderung zur Folge haben kann. Der Weg, der zu dieser Erklärung führt, ist durch die Bemerkungen zu Anfang unserer Untersuchung (siehe S. 213 ff. des 1. Artikels) vorgezeichnet. Für unsere optische Lokalisation gibt es ja außer den Ortswerten, die primär jeder Netzhautstelle zukommen und die nicht weiter zurückzuführen, sondern nur als Tatsache hinzunehmen sind, noch eine zweite Quelle, deren Natur allerdings bisher noch ganz im Dunklen gelegen ist, von der nämlich bisher nur bekannt war, daß sie mit der Augenstellung irgendwie zusammenhängen muß: bei Rechtswendung des Blickes sehen wir ein foveal abgebildetes Objekt rechts, während wir es in Primärstellung mit der Fovea median gesehen hatten; die Netzhautstellen waren also für die Lokalisation nicht allein entscheidend. Man nennt diesen zweiten Faktor vielfach den „absoluten Raumwert“, womit ein Name, aber keine Erklärung geschaffen ist. Für die Frage der stroboskopischen Bewegung liegt es nahe, die mit der Gewichtsänderung parallel gehende Ortsänderung in diesen Faktor hinein zu verlegen, um so mehr als es ja, wie früher bemerkt, eine dritte Erklärungsmöglichkeit nicht mehr gibt, sofern wir die stroboskopische Bewegung überhaupt als einen perzeptiven, d. h. der Wahrnehmung selbst zugehörigen Vorgang betrachten. Letzteres ist schon darum höchst wahrscheinlich, weil sich phänomenologisch diese Erscheinungen vom Sehen reeller Bewegung gar nicht unterscheiden lassen (WERTHEIMER).

Zum Ziele kann dieser Weg nur führen, wenn wir uns über die Natur jener „absoluten Lokalisation“ klar werden; denn dann muß sich ergeben, ob man ihre Änderung von der Änderung des Gewichtes abhängen lassen kann. Ich habe mich über diese Frage in der schon öfter zitierten Abhandlung der Mayer-Festschrift eingehend verbreitet, werde also

hier nur die Ergebnisse dieser Untersuchung zur Darstellung bringen; hinsichtlich ihrer genaueren Begründung muß ich auf diese Arbeit zurückverweisen.

I. Die Ruhe der Objekte bei Blickbewegungen. Wenn man die Blicklinie von einem medianen auf ein rechts gelegenes Objekt überführt, so sieht man dieses mit der Fovea ebenso weit rechts als man es in der Ausgangsstellung mit einer peripheren Netzhautstelle gesehen hatte; und dementsprechend sieht man das ursprünglich mediane Objekt ebenso median wie früher, obwohl es nunmehr mit einer Netzhautstelle gesehen wird, mit der man in der Ausgangsstellung nach links lokalisiert hätte. Es bleiben also trotz der Blickbewegung alle Objekte in Ruhe; und darum ist die Frage, wie es zu einer Umwertung der retinalen Raumwerte kommen kann, die alle Änderungen der letzteren genau kompensiert, identisch mit dem Problem der Objektruhe, das ich in jener Abhandlung ausführlich erörtert habe.

Bei welchen Blickbewegungen findet nun die beschriebene Umwertung statt? Und worin liegt das Wesen der letzteren?

Dafs sie nur bei willkürlichen Blickbewegungen stattfindet, ist eine zwar richtige, aber nicht erschöpfende Antwort, solange nicht entschieden ist, worin das Wesen der Willkürlichkeit besteht. Wir können aber heute mit Sicherheit sagen, dafs eine Blickbewegung dann willkürlich ist, wenn der Zielpunkt schon in der Ausgangsstellung von der Aufmerksamkeit ergriffen wurde. Es liegt also in jenem Vorstadium dasjenige Moment, durch welches eine Blickbewegung als willkürlich charakterisiert wird. Was die zweite Frage anlangt, so können wir mit ebensolcher Sicherheit sagen, dafs die Umwertung nicht mit Hilfe eines „Stellungsbewußtseins“ vor sich geht, ja überhaupt nicht auf kinästhetischen Empfindungen beruht. Es ist schon sehr fraglich, ob Augenbewegungen, sofern sie nicht exzessiv sind, überhaupt zu kinästhetischen Empfindungen führen<sup>1</sup>; sicher aber läßt sich sagen, dafs

<sup>1</sup> Warum die Verhältnisse bei den Augenmuskeln so ganz anders liegen als bei der Skelettmuskulatur, dafür läßt sich nur vermutungsweise ein Grund angeben. Nehmen wir nämlich an, dafs derjenige Vorgang, der kinästhetische Empfindungen hervorruft, nicht die Kontraktion, sondern die Spannung des Muskels ist, dafs also, um von der

selbst wenn solche existieren, sie nicht die Grundlage für jene Umwertung bilden können, in der die Objektruhe besteht<sup>1</sup>.

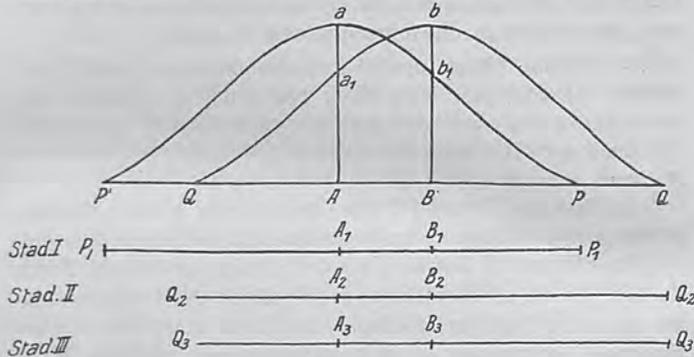
In der zitierten Abhandlung der Mayer-Festschrift habe ich versucht, den Mechanismus der Umwertung auf dasjenige Moment zu gründen, welches notorisch das für die Willkürlichkeit einer Blickbewegung maßgebende ist: auf das Vorstadium der eigentlichen Bewegung, in welchem der Zielpunkt bereits von der Aufmerksamkeit erfaßt wird. Ich will den Grundgedanken dieser Ableitung hier in aller Kürze wiederholen.

In Fig. 9 (oberer Teil) bedeutet die Abszissenachse das phänomenale Sehfeld, die Ordinaten die Deutlichkeitsgrade der Empfindungen bzw. die Gewichte der zugehörigen Erregungen, daher die Kurve PP die Verteilung der Gewichte, wenn A der Fovea entspricht. Die Punkte P und P sind daher die Grenzen des merkbaren Sehfeldes, was ja selbstverständlich ist, da in einer Kurve der Deutlichkeitsgrade die Schnittpunkte mit der Abszissenachse nur diejenigen Stellen bedeuten können, an denen das Sehfeld aufhört merkbar zu sein. Den Punkten PP entsprechen also nicht diejenigen Stellen der Netzhaut, jenseits deren diese überhaupt nicht erregbar ist. Vollzieht sich nun eine willkürliche Blickbewegung

Einzelzuckung zu sprechen, nicht die „isotonische“, sondern die „isometrische“ Zuckung die sensiblen Elemente im Muskel erregt, so ist begreiflich, daß solche Erregungen nur in dem Maße entstehen, als der Muskel Arbeit leistet. Bei dem in seinem Fettlager außerordentlich leicht beweglichen Bulbus ist die geleistete Arbeit jedenfalls sehr gering und kommt höchstens bei exzessiven Bewegungen in Betracht, bei denen die Widerstände der Antagonisten und sonstiger elastischer Adnexe zu überwinden sind. — Einen Parallellfall bilden die Bewegungen der Zunge. Auch hier ist die Arbeit der sie zusammensetzenden Muskeln eine verhältnismäßig geringe. Aber auch hier zeigt uns die Unfähigkeit, über die Stellung dieses Organs genauere Angaben zu machen, daß die kinästhetischen Empfindungen nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen können. Es dürfte also schon die physiologische Voraussetzung für solche fehlen und es ist daher vielleicht nicht einmal nötig, mit NAGEL das Hauptgewicht auf den Mangel optischer Assoziationen zu legen, der als Folge der Unsichtbarkeit der Zunge allerdings zugegeben werden muß.

<sup>1</sup> Die ausführliche Begründung siehe in der Mayer-Festschrift S. 218 ff.

nach rechts, nach deren Beendigung der Punkt B der Fovea entsprechen und daher die Gewichtskurve QQ gelten würde, so muß dieser neue Fixationspunkt schon in der Ausgangsstellung von der Aufmerksamkeit ergriffen worden sein (Vorstadium). Nun hat man sich diesen Zustand allerdings nicht so zu denken, daß B sofort schon Gegenstand des Aufmerksamkeitsmaximums ist, vielmehr wird sich die Aufmerksamkeit zwischen A und B verteilen, derart, daß das Gewicht von A zwar  $< Aa$ , aber noch nicht auf den Betrag  $Aa_1$  abgesunken ist, das Gewicht von B zwar  $> Bb_1$ , aber den Betrag  $Bb$  noch nicht erreicht hat; und zwar aus dem Grunde, weil



Figur 9.

es nicht möglich ist bei Fixation von A dem Punkte B sofort die volle Aufmerksamkeit zuzuwenden. Trotzdem dürfen wir für die folgende Diskussion uns diese letztere Annahme erlauben und schon im Vorstadium annehmen, daß bei Fixation von A die Gewichtskurve QQ gänzlich an die Stelle der ursprünglichen PP getreten sei. Erstens nämlich entspricht diese Annahme für einen kleinen Abstand AB darum den Tatsachen, weil es ja in Wahrheit nicht einen Punkt, sondern einen ganzen Bezirk größter Deutlichkeit gibt (Fixationsfeld). Dann aber läßt sich selbst bei größeren Abständen AB die Blickbewegung aus Einzelschritten zusammensetzen, für deren jeden diese Annahme wirklich gilt<sup>1</sup>. Die Figur soll den Fall eines solchen Einzelschrittes darstellen.

<sup>1</sup> Vgl. Mayer-Festschrift S. 240 ff.

Anmerkung. Die Zusammensetzung einer Blickbewegung aus solchen Einzelschritten dürfte auch den Tatsachen entsprechen. Versucht man den Blick mit konstanter Geschwindigkeit einer geradlinigen Kante entlang gleiten zu lassen, so bemerkt man bald, daß sich die Wanderung aus einzelnen ruckartigen Bewegungen zusammensetzt, zwischen die immer eine kleine Ruhepause eingeschaltet wird. Es liegt nahe anzunehmen, daß diese einzelnen Rucke der Größe des Fixationsfeldes entsprechen. Bei hinreichender Übung schnellert der Blick allerdings ohne Unterbrechung auf das schon vorher beachtete Ziel hinüber; aber es ist wahrscheinlich, daß sich auch diese raschen Bewegungen aus ursprünglich schrittweisen entwickelt haben.

Um den Vorgang, der sich bei der Blickbewegung im Ausmaß eines solchen Einzelschrittes abspielt, zu analysieren, zerlegen wir ihn in die folgenden drei Stadien:

I. Stadium. Blick und Aufmerksamkeit sind auf A gerichtet. II. Stadium. Der Blick bleibt auf A gerichtet, die Aufmerksamkeit aber wird dem Zielpunkt B voll zugewandt. III. Stadium. Der Blick ist nach B gewandert und daher ist B Fixationspunkt und zugleich Aufmerksamkeitsort.

Im Stadium I sind PP die Grenzen des merkbaren Sehfeldes (wir bezeichnen sie im folgenden kurz als Sehfeldgrenzen).

Im Stadium II hat sich der Ort A nicht geändert. Denn da der Ort eines Sehobjektes eine Funktion der Netzhautstelle ist und A im Stadium II ebenso der Fovea entspricht wie im Stadium I, so muß es am selben Orte gesehen werden. Wohl aber haben sich im Stadium II die Sehfeldgrenzen verschoben: mit der Verlagerung des Maximums ist auch die ganze Gewichtskurve verlagert. Die neuen Sehfeldgrenzen sind QQ. Dies ist dadurch geschehen, daß vom alten Sehfeld links Orte weggefallen, rechts Orte zugewachsen sind. Hier ist der Ausdruck „Orte“ zu betonen und in Gegensatz zu „Qualitäten“ zu bringen. Der Fall liegt nicht so, wie wenn in ein stabiles Sehfeld neue Qualitäten eintreten, bzw. alte aus ihm austreten. Dieser letztere Fall wäre z. B. gegeben, wenn sich bei ruhender Blicklinie das ganze Zimmer um den Beobachter drehen würde. Hier würde der Inbegriff der scheinbaren Orte (= Sehfeld) derselbe bleiben, also auch dieselben Grenzen haben, nur würden alle Orte mit immer neuen Qualitäten besetzt werden und daher auch die Grenzorte. In unserem Falle aber sind es Orte, die einerseits verschwinden, andererseits zuwachsen.

Dafs sich dies tatsächlich so verhält, läfst sich dadurch beweisen, dafs man einen Lichtpunkt, der an der äufsersten linken Grenze des alten Sehfeldes gelegen war, (also im linken P) durch blofse Verlagerung des Aufmerksamkeitsmaximums nach B zum Verschwinden bringen kann<sup>1</sup>. Wir können also kurz sagen: beim Übergang vom Stadium I zu Stadium II ist der Ort A derselbe geblieben, aber das Sehfeld hat sich um ihn verschoben.

Geht nun die Blicklinie im Stadium III auf B über, so sind die nunmehrigen Sehfeldgrenzen QQ dieselben wie im vorbereitenden Stadium II und der Punkt B mufs daher relativ zu diesen Sehfeldgrenzen dieselbe Stellung einnehmen, die er auch im Stadium II relativ zu ihnen eingenommen hat. Man sieht also auch im Stadium III mit der Fovea median, aber wohlgemerkt: median relativ zu den neuen Sehfeldgrenzen. Dementsprechend sieht man auch A im Stadium III lateral (links), aber wohlgemerkt: lateral relativ zu den neuen Sehfeldgrenzen QQ.

Die soeben beschriebenen Vorgänge sind im unteren Teil der Figur. 9 graphisch dargestellt. Die horizontalen Geraden bedeuten die Sehfelder in den Stadien I, II und III; die Indices der Buchstaben die Zugehörigkeit zu den einzelnen Stadien, die Gleichheit der Buchstaben die Identität der gesehenen Orte.

Es könnte Bedenken erregen, dafs für diese Identität ein anderes Kriterium beim Übergang von I zu II wie beim Übergang von II zu III maßgebend gemacht wird. Beim Übergang von I zu II haben wir  $A_1$  und  $A_2$  identisch erklärt, weil beide Orte der fovealen Abbildung entsprechen; wir erklären aber auch  $A_2$  und  $A_3$  identisch, obwohl hierfür nicht mehr die Identität der fovealen Abbildung als Grund angeführt werden kann; denn nur  $A_2$  nicht aber  $A_3$  bildet sich foveal ab. Warum — so könnte man einwenden — wird beim ersten Übergang der retinale Raumwert als das für die Identität der gesehenen Orte entscheidende Moment erklärt, nicht aber beim zweiten?

Zur Lösung der Schwierigkeit mufs man sich klar machen,

<sup>1</sup> Näheres über diesen Versuch siehe Mayer-Festschrift S. 239.

welche von unseren räumlichen Merkmalen auf absoluten und welche auf relativen Bestimmungen beruhen, denn aus den sprachlichen Bezeichnungen geht dies nicht ohne weiteres hervor.

Von den Orten eines stabilen Sehfeldes ist jeder eine absolute Bestimmung und es wäre absurd, dem einzelnen Orte nur durch seine Relationen zu anderen Orten seine räumliche Bestimmtheit geben zu wollen; ebenso wie es etwa im Gebiete der Qualität absurd wäre von dem Ton *g* zu sagen, seine Tonhöhe sei nur durch den Quintenabstand von *c* gegeben. Man wird vielmehr umgekehrt sagen müssen, dieser Quintenabstand sei erst gegeben, wenn *g* und *c* jedes für sich eine bestimmte Tonhöhe haben. Und Analoges gilt von den Orten. Einen bestimmten Ort des Sehfeldes kann man auch nur mit dem deiktischen „hier“ bezeichnen, einen allgemeinen Namen kann es nicht geben.

Ganz anders steht es mit dem Terminus „median“. Er heißt nichts anderes als „mitten im Sehfeld“, gründet sich also auf die Gleichheit der Abstände von den äußersten (hauptsächlich lateralen) Sehfeldgrenzen und ist somit eine relative Bestimmung. Würde man die gesamte Netzhaut mit Ausnahme der Fovea plötzlich vernichten können, so würde das an der absoluten Ortsbestimmung des foveal Gesehenen nichts ändern, das „hier“ würde denselben Sinn haben wie früher; „median“ könnte dieser Ort aber nicht mehr genannt werden. Würde man außer der Fovea noch eine quere Zone der Netzhaut intakt lassen, so würde der foveale Ort median oder lateral sein können, je nachdem sich diese Zone zu beiden Seiten gleichweit erstreckt oder nicht. Man würde auch mit einer peripheren Netzhautstelle median sehen, wenn sich die erhaltene Zone der Netzhaut zu beiden Seiten dieser peripheren Stelle gleichweit erstreckte. So liegen die Verhältnisse beim Übergang von Stadium I zu Stadium II. Im augenblicklichen Sehfeld QQ des Stadiums II liegt der Punkt  $A_2$  gar nicht mehr median, aber er ist trotzdem identisch mit  $A_1$ . Ich habe in der Abhandlung „Über die Ruhe der Objekte usw.“<sup>1</sup> ein Gleichnis gebraucht. Man wird von einem in der Mitte

<sup>1</sup> Mayer-Festschrift S. 245.

der Front stehenden Soldaten gewiß nicht sagen, er habe seinen Platz geändert, wenn am linken Flügel einige Soldaten abgefallen und an den rechten einige dazu getreten sind, so daß er in der neuen Front nicht mehr die Mitte einnimmt. Wenn aber der obige Einwand fragt, warum man denn  $A_3$ , das sich doch im Stadium III nicht mehr foveal abbildet, noch immer „median“ nennt und daher mit  $A_1$  identifiziert, so ist darauf zu antworten, daß dieses „median“ sich gar nicht auf die Grenzen des augenblicklichen Sehfeldes bezieht, in welchem ja  $A_3$  auch gar nicht median gesehen wird, sondern daß damit nur gesagt sein soll: A hat sich relativ zum neuen Sehfeld so weit nach links verschoben, als sich das ganze Sehfeld gegenüber dem Sehfeld I nach rechts verschoben hat. Es liegt also etwas Richtiges in jener viel verbreiteten Vorstellung von einem „absoluten Faktor“, der die retinale Lokalisation unter Umständen vollständig kompensieren kann; nur müßte man, statt ihn im Dunkel einer *qualitas occulta* zu lassen, klar und deutlich sagen, daß er in einer Verschiebung des gesamten Sehfeldes relativ zu einem vergangenen, aber noch der psychischen Präsenzzeit angehörigen Sehfelde besteht und diese Verschiebung auf Wegfall und Zuwachs von Orten beruht. Letzteres zu betonen ist besonders darum wichtig, damit man sich unter Verschiebung nicht etwa eine Verlagerung in einem Raum höherer Ordnung denke, den es tatsächlich gar nicht gibt.

Mit diesem Vorbehalt kann man sich den Vorgang bei der Objektrühe durch ein Modell veranschaulichen. Man lege auf eine weiße Unterlage einen queren schwarzen Kartonstreifen und in die Mitte dieses Streifens ein rotes Scheibchen. Schiebt man dieses auf dem Kartonstreifen nach links, den ganzen Kartonstreifen aber gleichzeitig um ebensoviel nach rechts, so beharrt das Scheibchen auf seinem alten Platze; ja man wird diese zwei gegensinnigen Verschiebungen, wenn sie gleiche Beträge haben sollen, am besten durchführen, wenn man das Scheibchen mit einer Pinzette festhält und unter ihm den schwarzen Kartonstreifen nach rechts zieht. Der Vergleich hinkt an einem Punkte, denn die Lage des Kartonstreifens wird auf den weißen Hintergrund bezogen und das Analogon dieses Hintergrundes wäre ein Raum höherer Ordnung. Man kann

aber diesen Fehler bis zu einem gewissen Grade beseitigen, wenn man sich unter diesem Raum höherer Ordnung den gegenwärtigen Sehraum vermehrt um das in der psychischen Präsenzzeit mitgegebene Stück des vergangenen vorstellt. Nur ist diese Korrektur eine bloß einseitige, denn die psychische Präsenzzeit reicht nur in die Vergangenheit, zeigt uns also das verloren gegangene Stück PQ zur Linken, während uns im alten Sehfeld noch nichts von dem später zuwachsenden Stück PQ zur Rechten gezeigt wird. Das eine läßt aber diese Modell-darstellung klar hervortreten, daß eine „Ruhe der Objekte“ sich nur ergeben kann, wenn die retinale Verschiebung von A ebensogroß ist wie die gegensinnige Verschiebung der Sehfeldgrenzen und daß sich jedes Überwiegen des einen oder anderen Betrages in einer gesehenen Ortsänderung aller Objekte zeigen müßte.

Die Identität des Sehfeldes III mit dem Sehfeld II ist dadurch gegeben, daß beim Übergang von II zu III keine Orte wegfallen und keine zuwachsen. Die Verschiebung von II gegen I wird unmittelbar gesehen und mittels der Identität von II und III wird das Sehfeld III als gegen I in gleichem Maße verschoben erkannt. Aus diesem Grunde ist die Intervention des Stadiums II für die Ruhe der Objekte unentbehrlich. Es wird also  $B_3$  mit  $B_2$  als identisch erkannt — trotz verschiedener retinaler Abbildung — weil sie beide die Mitten zweier als identisch erkannten Sehfelder sind. Nur darf man sich den Vorgang nicht etwa als eine begriffliche Identifikation denken, etwa gar als Ergebnis eines Schlußprozesses. Vielmehr ist es das unmittelbare Konstatieren einer Identität, das ja dadurch möglich wird, daß alle 3 Stadien ins Gebiet der psychischen Präsenzzeit fallen.

Es ist sehr lehrreich sich den Vorgang der Blickbewegung auszumalen, wie er stattfände, wenn das Stadium I ohne Intervention von II sofort in III überginge. Da wir von einem „Stellungsbewußtsein“ keinen Gebrauch machen dürfen, so würde das Sehfeld unverändert bleiben und nur mit anderen Qualitäten besetzt werden. Dieser Fall ist gegeben, wenn sich bei ruhender Gesichtslinie das ganze Zimmer dreht, aber auch, wenn bei ruhenden Außenobjekten die Blickbewegung ohne das Vorstadium II, also unwillkürlich erfolgt. So bei den

Bewegungen im Nachnystagmus. Das Stadium II erfüllt also die Aufgabe, die Änderung, die das Sehfeld bei der Blickbewegung erfährt, als einen Wegfall und Zuwachs von Orten und nicht bloß von Qualitäten zu charakterisieren<sup>1</sup>. Es zeigt uns aber auch die quantitative Beziehung zwischen der retinalen Ortsänderung und der Verschiebung des ganzen Sehfeldes. Im Falle der Gleichheit beider resultiert die Objektruhe. Der Fall der Ungleichheit ist bisher nur in der Form jener Scheinbewegungen bekannt, wie sie bei frischen Augenmuskellähmungen vorkommen: hier überwiegt die Verschiebung des Sehfeldes im Stadium II über die retinale Verschiebung wie sie das Stadium III mit sich führen sollte, aber wegen der Parese nur unvollkommen zustande bringt. Es ist hier so, wie wenn man den schwarzen Kartonstreifen um 5 cm nach rechts, das rote Scheibchen auf den Kartonstreifen aber nur um 2 cm nach links verschieben würde. Das Scheibchen würde dann gegenüber seiner Anfangsstellung eine Verschiebung um 3 cm nach rechts zeigen — und das ist die Scheinbewegung bei isolierten Paresen.

Wie in diesem pathologischen Falle die retinale Ortsänderung sozusagen nachhinkt, so liesse sich wohl ebenso gut denken, daß einmal auch die andere Komponente, d. i. die Verschiebung des Sehfeldes, nachhinken kann. Nur ein Unterschied könnte zwischen beiden Fällen überdies noch bestehen. Wenn, um im Bilde zu bleiben, der schnellere Geher ein Ziel hat, an dem er Halt macht, so wird ihn auch der Hinkende endlich einmal erreichen. Das ist bei der Parese nicht der Fall. Der Aufmerksamkeitsort wandert selbst dann noch weiter, wenn die Blicklinie ihr Ziel erreicht hat; der v. GRAEFESCHE Tastversuch zeigt ja, daß wir nach Erreichung des Zieles die Objekte noch immer zu weit nach rechts lokalisieren. Das Gegenstück zu diesem Vorgang (nämlich die stroboskopische Bewegung) könnte sich aber hierin anders

<sup>1</sup> Das ist sehr wichtig. Denn da uns eine vollzogene Blickbewegung nicht durch Bewegungsempfindungen gemeldet wird, würde sie ja dem Bewußtsein gänzlich entzogen sein, wenn nicht jener Wegfall und Zuwachs von Orten statifände, der uns von dem Vollzug einer willkürlichen Blickbewegung unterrichtet. Wo es, wie beim Nystagmus, nicht zu einem derartigen Wegfall und Zuwachs von Orten kommt, hat auch die Bewegung schlechterdings kein räumliches Korrelat im Bewußtsein.

verhalten; das Sehfeld könnte Halt machen, wenn es die Stellung QQ erreicht hat. In der Tat würde ja dann der Fovea wieder jenes Gewicht zukommen, das der Kurve QQ entspricht. Es wäre nicht einzusehen, warum der Prozeß nicht hiermit sein Ende finden sollte. Daß wir mit diesem, vorläufig bloß angenommenen Falle bereits auf die stroboskopische Bewegung abzielen, wird dem Leser ohnehin klar sein. Doch soll unseren weiteren Überlegungen hiermit nicht vorgegriffen sein.

Der Vorgang der lokalen Umwertung, wie wir ihn oben zu analysieren versucht haben, erklärt also die Ruhe der Objekte bei Blickbewegungen, zugleich aber auch die Tatsache, daß wir ein laterales Objekt auch mit der Fovea lateral sehen: es handelt sich ja in beiden Fällen um ein und dasselbe Problem.

Die Verschiebung des ganzen Sehfeldes bildet also den eigentlichen Tatbestand desjenigen Vorganges, den wir als „Umwertung der retinalen Raumwerte“ bezeichnet haben. Daher kann man sagen, daß bei einer willkürlichen Blickbewegung das ganze neue Sehfeld lediglich relativ zum vergangenen lokalisiert wird. Auch vom vergangenen kann dasselbe gesagt werden, wenn es seinerseits wieder aus einem noch weiter vergangenen durch willkürliche Blickbewegung hervorgegangen ist. Es sind das also lauter relative Lokalisationen; aber eben darum weisen sie, da doch kein Regressus in infinitum angenommen werden kann, auf eine primäre Lokalisation hin, die nicht wieder aus einer anderen durch Verlegung des Aufmerksamkeitsortes hervorgegangen und auf sie bezogen worden ist.<sup>1</sup> Die objektive Augenstellung, die dieser primären Lokalisation entspricht, habe ich als „interesselose Stellung“ bezeichnet, nicht als „Ruhestellung“. Sie ist als diejenige Stellung definiert, die lediglich einerseits durch die anatomischen Konstanten (Gestalt und Lage der Orbitae und der Bulbi, topographische Beziehungen zwischen Bulbus und Muskeln, Fascien, Bindehaut, Lidern, ferner Länge, Querschnitt und Elastizität aller dieser Adnexe), andererseits durch diejenigen physiologischen Erregungen bestimmt ist, welche auch beim Mangel jedes Interesses wirksam sind (die normalen tonischen und

<sup>1</sup> Nur diese primäre Lokalisation verdient den Namen „absolute Lokalisation“ im strengen Sinne.

die vom N. vestibularis ausgehenden reflektorischen Erregungen.)<sup>1</sup> Die Lokalisation des Sehfeldes in dieser Stellung bildet also das Bezugssystem, relativ zu welchem in allen anderen Stellungen lokalisiert wird, sofern diese durch Willkürbewegung aus jener Stellung hervorgegangen sind; sie ist die wahre Nullstellung. Wie ich an anderer Stelle ausgeführt habe, ist die Frage, wohin das ganze Sehfeld in dieser Nullstellung lokalisiert wird, ein Pseudoproblem. Das Sehfeld ist in dieser Stellung nur in dem Sinne „unorientiert“ als es gar keine Orientierung haben kann, was aber nicht soviel heißt als es sei „unbestimmt orientiert“. Hier könnten wir im strengsten Sinne von einer „absoluten“ Lokalisation sprechen; es fehlt eben jedes weitere, sei es gegenwärtige oder vergangene Bezugssystem. Daher können auch die einzelnen Orte dieses Sehfeldes nicht beschrieben, sondern nur mit einem deiktischen „hier“ oder „dort“ bezeichnet werden, während man bei jeder abgeleiteten Stellung sagen kann „da, wo der Gegenstand früher gewesen ist“. Den Ausdruck „median“ kann man allerdings auf die foveale Stelle auch hier anwenden, weil er sich ja nur auf die internen Relationen im augenblicklichen Sehfeld gründet.

Eine eingehendere Erörterung der hier auftauchenden echten und Pseudoprobleme findet man in den beiden letzten Abschnitten meiner Arbeit „Über die Ruhe der Objekte usw.“ (Mayer-Festschrift S. 250 ff.).

Anmerkung. Die Tatsache, daß A seinen Ort nicht ändert, sondern nur das Sehfeld sich um A verschiebt, daß also diejenigen Objekte, die in beiden Stellungen sichtbar sind, einen unveränderlichen Kern bilden, hat eine mehrfache biologische Bedeutung. Erstlich wird dadurch erreicht, daß, um mit MACH zu sprechen, „der ganze optische Raum uns als ein Kontinuum und nicht als ein Aggregat von Gesichtsfeldern erscheint“.<sup>2</sup> Aber nicht nur dies. Wir richten unsere motorischen Reaktionen (z. B. Greifbewegungen) auf ein stabiles System von Aufsendungen ein und das wäre nicht möglich, wenn (wie beim Nystagmus) die Sehdinge sich bewegen würden, sobald wir Blickbewegungen machen; es würde dann immer zu falschen, d. h. unzuweckmäßigen Greifbewegungen kommen. Kurz gesagt: die Ruhe der Aufsen-

<sup>1</sup> Vgl. Mayer-Festschrift S. 252f.

<sup>2</sup> MACH, Anal. d. Empfind. 6. Aufl. S. 110. Freilich denkt hier MACH an die Drehungen des Kopfes; aber der Grundgedanke ist zweifellos auch auf die bloßen Augenbewegungen anwendbar.

objekte wird durch die Einrichtung, die zur Ruhe der Sehobjekte führt, besser abgebildet. Wenn wir A auch nach der Blickbewegung noch „median“ nennen können, nicht weil es median ist, sondern weil es median war, so wird dadurch innerhalb der Wahrnehmungswelt eine Stabilität angedeutet, die der stabilen Beziehung zwischen den wirklichen Objekten und unserem Körper sehr gut entspricht. Die Vorgänge, die zur Ruhe der Objekte führen, stellen also einen Mechanismus dar, der genau so wirkt, wie wenn wir die wahrgenommenen Dinge auf die anatomische Mediane unseres Körpers beziehen würden, was ja sehr zweckmäßig wäre. Man darf aber natürlich nicht den Sachverhalt auf den Kopf stellen und etwa meinen, die Ruhe der Sehobjekte rühre davon her, daß wir die wirklichen Dinge auf unserem wirklichen Körper beziehen. Es ist eben hier so bestellt wie auch anderwärts in unserem Wahrnehmungsleben: der periphere Mechanismus, mit dem unsere Wahrnehmung beginnt, führt oft zu schweren Diskrepanzen zwischen den Vorgängen der Außenwelt und unseren Empfindungen; es ist aber für Einrichtungen gesorgt, die diese Diskrepanzen wieder rückgängig machen und dadurch eine, für das Leben sehr zweckmäßige, bessere Übereinstimmung zwischen unseren Wahrnehmungsinhalten und den äußeren Vorgängen ermöglichen. Sie gehen immer so weit als das Bedürfnis nach zweckmäßigen Reaktionen reicht. Aber sie sind eben schon in den Gesamtmechanismus des Wahrnehmungsvorganges selbst einbezogen und gehören nicht einem korrigierenden Schlußverfahren an, das etwa erst hinterher auf die Wahrnehmung folgt, wie dies — namentlich unter dem Einfluß HELMHOLTZscher Anschauungen — vielfach gemeint worden ist. Auf dem Gebiete des Gesichtssinnes hat HERING eine ganze Anzahl solcher Einrichtungen nachgewiesen, die nur bei einseitiger und unvollständiger Beschreibung den Schein erwecken, als dienten sie der Verfälschung unserer sinnlichen Wahrnehmungen, während sie tatsächlich diese in bessere Übereinstimmung mit den objektiven Vorgängen bringen, so weit nämlich diese Übereinstimmung biologisch wünschenswert erscheint.<sup>1</sup>

II. Die reelle Bewegung bei ständiger Fixation des bewegten Objektes. Nichts steht im Wege sich den Vorgang der willkürlichen Blickbewegung wie er an der Hand der Fig. 9 (S. 5ff.) beschrieben worden ist, beliebig fortgesetzt zu denken, so daß der Blick etwa von B auf einen noch weiter rechts gelegenen Punkt C, von diesem auf D usw. übergeht. Denkt man sich den vorhergehenden Punkt immer entschwinden sobald der nachfolgende auftritt und außerdem die Einzelschritte unbegrenzt verkleinert, so ergibt dies den

<sup>1</sup> Vgl. dazu meine Broschüre: Ewald Hering usw. Berlin 1918. S. 54ff. und S. 84.

Fall, daß wir einem reell bewegten Punkt mit dem Blicke folgen: hier geht also mit der kontinuierlichen Verschiebung der Netzhautbilder eine kontinuierliche, aber gegensinnige Verlagerung des Sehfeldes parallel. Denkt man sich nun, die Verschiebung der Netzhautbilder gehe sprunghaft vor sich und die gegensinnige Verlagerung des Sehfeldes komme ihr erst allmählich nach, so ist offenbar der Fall einer stroboskopischen Bewegung gegeben, natürlich unter der Voraussetzung, daß der zweite Punkt sofort bei seinem Auftreten fixiert wird. Wir haben diese allmähliche Umwertung in Zusammenhang gebracht mit der allmählichen Erreichung des Gewichtsmaximums seitens der Fovea.

Es gilt nun diesen Zusammenhang im einzelnen zu verfolgen, wobei wir zunächst annehmen wollen, daß der Blick sofort beim Auftreten des zweiten Punktes sich auf diesen richtet und in dieser Stellung verharret, bis die Bewegung zu Ende ist.

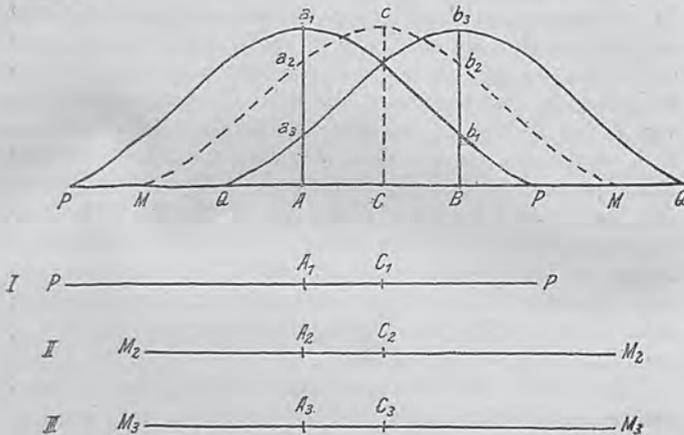
III. Die stroboskopische Bewegung bei sofortiger Fixation des zweiten Objektes. Unsere Erklärung der Objektruhe bei willkürlichen Blickbewegungen sollte zeigen, wie es zu der Kompensation derjenigen Bewegungen kommt, die durch die Verschiebung der Bilder auf der Netzhaut entstehen müßten. Das ist offenbar dasselbe Problem wie wenn ich fragen würde: wie kommt es, daß wir nach vollzogener Rechtswendung ein foveal abgebildetes Objekt nach rechts lokalisieren? Denn da uns die Bewegung als solche nicht durch irgendwelche Empfindungen (etwa durch ein „Stellungsbewußtsein“) signalisiert wird, so müßten wir, wenn der Ortswert der Fovea allein in Betracht käme, mit ihr in der neuen Stellung genau ebenso median lokalisieren wie in der alten. Wir haben erkannt, daß allein die Verschiebung des Sehfeldes durch Wegfall bisheriger und Hinzutritt neuer Orte diese Rechtslokalisierung mit der Fovea bewirkt: wir sehen im neuen Sehfeld mit der Fovea ja auch median, erkennen aber unmittelbar dieses neue Sehfeld als gegen das alte nach rechts verschoben. Ja diese Verschiebung ist das einzige psychische Symptom der Blickbewegung; wäre sie nicht vorhanden, so wäre die ganze Blickbewegung psychisch nicht

vertreten und wir würden in der neuen Stellung mit der Fovea geradeso, nämlich median, sehen wie in der alten.

Nunmehr wollen wir uns denken, daß diese Verschiebung des Sehfeldes nicht sofort mit dem Vollzug der Blickbewegung mitgegeben sei, sondern sich erst allmählich entwickle. Das sagt nichts anderes, als daß im ersten Augenblick der vollzogenen Blickbewegung noch das alte Sehfeld mit seinen Grenzen PP (Fig. 9 S. 5) herrscht. In diesem Augenblick ist also die Blickbewegung noch ohne jede psychische Wirkung: wir sehen mit der Fovea median im neuen Sehfeld, aber dieses ist identisch mit dem alten und daher sehen wir den Punkt B in diesem ersten Augenblick dort, wo wir unmittelbar vorher A gesehen hatten. Damit Fig. 9 S. 5 diesen Zustand darstelle, müßte die Kurve QQ ganz mit PP zusammenfallen. So wie sie gezeichnet ist, stellt sie nur die Lage der beiden retinalen oder besser gesagt der somatischen Sehfelder dar, dient aber eben dadurch dazu, den Zusammenhang zwischen Gewicht und Sehfeld verständlich zu machen. Man sieht ein, daß, solange die Erregung in A noch die Größe  $Aa$  und die in B die Größe  $Bb$ , hat, das Sehfeld PP herrschen wird, für dessen Kurve eben die Ordinaten in A und B diese Größen haben. Für den Endzustand, in welchem die Ordinaten  $Aa_1$  und  $Bb$  gelten, gilt dann die entsprechende Gewichtskurve QQ. In diesem Zustand fallen auch die psychischen Sehfelder so auseinander wie die somatischen und dann ist die Umwertung vollzogen: das foveal gesehene B wird in der Mitte des neuen Sehfeldes QQ gesehen, dieses erscheint aber gegen das alte Sehfeld PP um den Betrag AB (= PQ) nach rechts verschoben und darum sieht man den Punkt B, trotzdem er sich ebenso foveal abbildet wie sich A vor der Bewegung abgebildet hat, um den Betrag AB weiter nach rechts. Das ist der statische Endzustand, wie er auch ohne stroboskopische Bewegung vorhanden wäre, wenn man bei gleichzeitiger Sichtbarkeit von A und B mit der Blicklinie von dem ersteren auf letzteres übergegangen wäre. — Es handelt sich also nur darum, daß man den Vorgang, wie er der Objektrube bei willkürlicher Blickbewegung zugrunde liegt, nicht mehr sprunghaft, sondern in allmählicher Entwicklung sich vollziehen denkt. Die Allmählichkeit aber ist darin begründet, daß die Erregungs-

größe (das Gewicht) von B seinen endgültigen Betrag nur in dem Maße erreicht, als das Gewicht des primären Residuums von A absinkt. Im Endzustand hat dann dieses letztere denjenigen Betrag, der ihm in der Kurve QQ des neuen Sehfeldes zukommen kann.

Damit ist der Anfang und das Ende der stroboskopischen Bewegung physiologisch charakterisiert. Der Verlauf ist dann leicht zu verstehen, wenn man sich die Verhältnisse klar macht, wie sie in irgend einem Zwischenstadium liegen müssen.



Figur 10.

In der obenstehenden Figur (oberer Teil) bedeuten PP und QQ wieder die Sehfelder bzw. die dazugehörigen Gewichtskurven wie sie dem eben beschriebenen Anfangs- bzw. Endzustand entsprechen. Während nun das Gewicht des ersten Punktes von  $Aa_1$  auf  $Aa_3$  absinkt, das des zweiten von  $Bb_1$  auf  $Bb_3$  ansteigt, wird ein Zustand passiert, in welchem der erste Punkt das Gewicht  $Aa_2$ , der zweite das Gewicht  $Bb_2$  hat. Dementsprechend liegen auch die Sehfeldgrenzen links und rechts zwischen P und Q. Wir wollen annehmen, sie lägen in MM, d. h. es gälte diejenige Gewichtskurve (hier punktiert gezeichnet), welche in A und B die Ordinaten  $Aa_2$  bzw.  $Bb_2$  hat, m. a. W. es herrschen diejenigen Sehfeldgrenzen, die be-

stehen würden, wenn der Blick von A nicht auf B, sondern blofs auf C überginge. Ob man dabei der früher (S. 248 ff. des 1. Artikels) erwähnten Schwerpunktsvorstellung folgen will oder nicht, ist belanglos; irgendein Ort wird sich jedenfalls finden lassen, bei dessen Fixation das Sehfeld dieselben Grenzen hat, welche in dem jetzt betrachteten Zwischenstadium gelten; und dieser Ort wird sicher zwischen A und B liegen. Für diesen Ort ist dann die Umwertung eine vollständige, m. a. W. das Sehfeld hat diejenige Verlagerung durchgemacht, wie sie im unteren Teil der Fig. 10 (S. 17) dargestellt sind.  $C_s$  liegt im augenblicklichen Sehfeld median, nimmt also die Stellung ein, die in Fig. 9 (S. 5)  $B_s$  einnahm und unser dermaliges  $A_s$  liegt links davon. Demnach ist von der Verschiebung der Netzhautbilder, die beim Übergang des Blickes von A bis B (Fig. 10) offenbar die Gröfse AB hat, nur ein Teil, nämlich AC, kompensiert. Es bleibt ein unkompensierter Rest vom Betrage BC. Verdeutlichen wir die Situation durch das oben (S. 9) erwähnte Modell, so heifst das: Das rote Scheibchen wurde auf dem schwarzen Kartonstreifen um den Betrag AB nach links verschoben, der Kartonstreifen aber aus seiner Anfangsstellung blofs um den Betrag AC nach rechts; daher liegt das Scheibchen gegenüber seiner Anfangsstellung um den Betrag BC nach links.

Entschlieft man sich zur Hilfsvorstellung eines Schwerpunktes, so erleichtert das die Darstellung ohne sie eigentlich mit einem hypothetischen Element zu belasten. Man kann sich dann die Kurve PP allmählich in die Lage QQ hinübergeschoben denken; der jeweilige Fußpunkt ihrer Scheitelordinate zerteilt dann den Betrag der Netzhautbildverschiebung in einen kompensierten und einen nichtkompensierten Teil. Und außerdem gewinnt man damit eine Brücke, die die stroboskopische mit der reellen Bewegung verbindet: die Umwertung bei der ersteren kann durch diejenige Umwertung ersetzt werden, welche entstehen würde, wenn man einem reellen Objekt mit dem Blick folgte, das dieselbe Bewegung macht wie in unserem Falle der Schwerpunkt.

Die wesentliche Gleichheit der Vorgänge, die der reellen und stroboskopischen Bewegung zugrunde liegen, geht aus unserer Theorie unzweifelhaft hervor und bildet einen ihrer

Vorzüge. Hat doch WERTHEIMER empirisch festgestellt, daß ein phänomenologischer Unterschied zwischen beiden nicht zu erkennen ist. Eine einzige Einschränkung muß sich letztere Feststellung gefallen lassen, aber gerade diese ergibt sich aus unserer Theorie mit Notwendigkeit. Wir haben ihrer schon früher (S. 236 des 1. Artikels) gedacht: das Anfangsgewicht, mit welchem der Punkt B auftritt, kann sehr gering sein und ist es namentlich dann, wenn die Blicklinie sofort auf ihn übergeht. Es ist darum auch nicht genau festzustellen, wo die stroboskopische Bewegung beginnt. Selbst im Falle der „Ganzbewegung“ bleibt noch immer ein gewisser Zweifel, ob der bewegte Punkt wirklich die ganze Strecke AB zurücklegt, oder ob er bloß in der Nähe von A „aus dem Dunkel auftaucht.“ Und auch die Meinungsverschiedenheiten darüber, ob es überhaupt eine duale Teilbewegung gebe, dürften darauf zurückzuführen sein, daß sich der Anfangspunkt der Bewegung nicht genau feststellen und daher auch eine eventuelle leere Zwischenstrecke nicht genau begrenzen läßt. Daß Ähnliches für reelle Bewegungen nicht gilt, leuchtet ohne weiteres ein. In dem geringen Anfangsgewicht ist es auch begründet, daß man nicht genau angeben kann, wo das positive Nachbild von A aufhört und die Empfindung von B anfängt, m. a. W. wo der Qualitätenwechsel stattfindet. (Vgl. S. 233 des 1. Artikels.)

Anmerkung. Ist die Theorie richtig, dann müssen sich aus ihr auch alle die unbeholfenen und manchmal etwas kindlich anmutenden Äußerungen mancher Vp. erklären lassen, die der Psychologe zwar nicht als vollwertige Feststellung, wohl aber als interessantes und der Erklärung bedürftiges Symptom aufnehmen darf. „Ein Etwas huscht hinüber“, zeigt, daß die Vp. wegen des unmerklichen Qualitätenwechsels (siehe oben) nicht anzugeben wagt, welches Objekt sich bewegt. Der Psychologe würde aber die Kindlichkeit seiner Vp. teilen, wenn er, wie es geschehen ist, daraus den Schlufs zöge, es gebe Bewegungen ohne bewegtes Objekt. Und er würde noch eine Konfusion auf eigene Rechnung beifügen, wenn er diese „Feststellung“ mit der richtigen, schon von S. EXNER vertretenen Behauptung verwechselte, die Bewegung sei ein Phänomen *sui generis*. Mit dieser letzteren Behauptung sollte ja nur gesagt sein, daß die Bewegung nicht aus einer gedächtnismäßigen Aneinanderreihung von Einzelstellungen besteht, sondern dieser gegenüber sowohl phänomenologisch wie genetisch ein *Novum* darstellt — was ja auch richtig ist. Aber mit der Absurdität einer „Bewegung ohne bewegtes Objekt“ hat diese Feststellung nichts zu tun. Das „Hinüber-

huschen eines Etwas“ kann auch noch durch eine andere Besonderheit der stroboskopischen Bewegung motiviert sein, auf die auch schon früher (S. 238 des 1. Artikels) hingewiesen wurde. Ein reell bewegter Lichtpunkt würde bei solcher Geschwindigkeit einen Nachbildstreifen in Form einer simultan leuchtenden Linie zurücklassen. Wir wissen aber bereits, dafs und warum von einem stroboskopisch bewegten Punkt Ähnliches nicht gilt. Die Vp., die den Grund dieses abweichenden Verhaltens nicht ahnt (der Versuchsleiter ahnt ihn gewöhnlich auch nicht!), ringt nach einem sprachlichen Ausdruck, um diese Abweichung von der reellen Bewegung doch irgendwie anzudeuten.

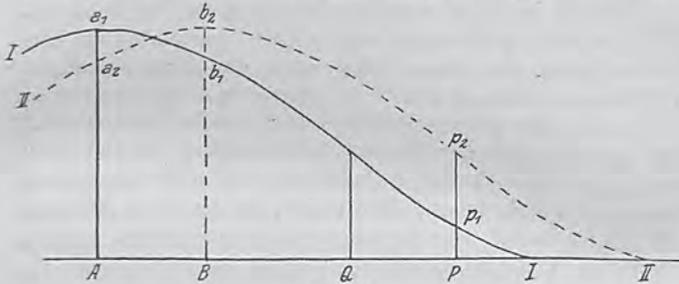
IV. Die stroboskopische Bewegung bei ruhendem Blick, d. h. bei ständiger Fixation des ersten Objektes. Es handelt sich jetzt darum zu erklären, wie es zu einer Verschiebung des Sehfeldes auch dann kommen muß, wenn der Blick ruht, d. h. wenn er nach dem Verschwinden des ersten Lichtpunktes A auf die von diesem verlassene, nunmehr dunkle Stelle gerichtet bleibt.

Die Überlegung, die den Übergang zu diesem Fall herstellt, ist schon früher (S. 245 ff. des 1. Artikels) angedeutet worden und kann jetzt an der Hand der daselbst benützten Figur 6. (S. 236 des 1. Artikels) näher ausgeführt werden.

Das Prinzip, das die Verbindung zwischen der allmählichen Gewichtszunahme und der allmählichen lokalen Umwertung herstellt, läßt sich für den Fall des wandernden Blickes so ausdrücken: das Sehfeld muß sich solange verschieben, bis es diejenige Lage hat, in der das Gewichtsmaximum wieder der Fovea zukommt. Man kann bildlich sagen: die Fovea zieht das Sehfeld so lange an sich bis die autonome Beziehung zwischen Fovea und Gewichtsmaximum wieder hergestellt ist. Diese Beziehung war ja heteronom gestört, da wegen des Gedächtnisresiduums von A der neufixierte Punkt B nicht sofort das der Fovea gebührende Maximalgewicht erlangen konnte. Mit der allmählichen Erlangung dieses Maximalgewichtes geht eine Verschiebung des Sehfeldes parallel, derart, dafs diese letztere ihr Ende erreicht, sobald die Fovea wieder in seiner Mitte steht. Die Verschiebung des Sehfeldes kann also als Streben zur Herstellung der gestörten Gewichtsautonomie angesehen werden.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wir kennen dieses Streben bisher nur in seiner motorischen Äußerung. Die reflektorische Überführung der Blicklinie auf einen be-

Dieses Prinzip kann natürlich auf jede beliebige Netzhautstelle ausgedehnt werden. Man kann hinsichtlich jeder sagen, daß wenn sie ihr autonomes Gewicht nicht besitzt, das Sehfeld sich so lange verschieben muß bis dieser Zustand erreicht ist. Nur besteht bezüglich der Umstände, die zu einer Störung führen, ein Unterschied zwischen der Fovea und einer peripheren Netzhautstelle. Eine Verlagerung der Aufmerksamkeit geschieht naturgemäß in der Form, daß man ihr Maximum einem seitlichen Ort zuzuwenden strebt. Es ist aber nicht möglich, einem seitlichen Ort ein bloß etwas größeres Gewicht zu erteilen als er bisher hatte, ihm also etwa die isolierte Aufmerksamkeit nur „ein wenig“ zuzuwenden.



Figur 11.

Wir können also (siehe Fig. 11) bei Fixation von A zwar dem Punkte B die Aufmerksamkeit voll zuwenden und dadurch die Gewichtskurve II. II. an die Stelle von I. I. treten lassen; aber wir können diesen Erfolg nicht dadurch erzielen, daß wir den lateralen Punkt P nur etwas mehr beachten und ihm dadurch an Stelle des Gewichtes  $Pp_1$  das Gewicht  $Pp_2$  zuteilen. Wohl gemerkt: bei isolierter Aufmerksamkeit. Bei verteilter ist das ohne weiteres möglich. Fixiert man die Stelle A und beachtet durch Verteilung der Aufmerksamkeit zugleich den Punkt P, so läßt sich ja die Aufmerksamkeit in verschiedenem Verhältnis auf beide Stellen aufteilen. Es ist daher möglich, das

achteten Punkt des seitlichen Gesichtsfeldes (der „Fixationsreflex“) ist ja auch nichts anderes als die Wiederherstellung der gestörten Gewichtsautonomie. Die Fovea erhält sozusagen wieder das ihr gebührende Gewichtmaximum.

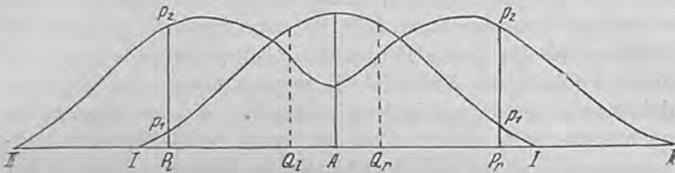
dem A zugewendete Quantum blofs auf den Betrag  $Aa_2$  sinken und damit das auf P fallende Quantum blofs auf den Betrag  $Pp_2$  steigen zu lassen. Dann gelten die Sehfeldgrenzen der punktierten Kurve und die Verschiebung des Sehfeldes II. II. gegenüber dem Sehfeld I. I. äufsert sich in der stroboskopischen Bewegung von P, deren Ausmafs QP offenbar gleich AB sein wird. Man braucht die Hilfsvorstellung eines Schwerpunktes hier nicht notwendig einzuführen. Will man es aber tun, so kann man sagen: die stroboskopische Bewegung von P ist nach Sinn und Ausmafs dieselbe, wie wenn man nach Verschwinden von A den Punkt B aufleuchten lassen und den Blick auf ihn überführen würde.

Hiermit ist die stroboskopische Bewegung bei ruhendem Blick erklärt; es ist aber auch erklärt, warum sie nur eine Teilbewegung sein kann. Nur wenn die Aufmerksamkeitsverteilung zwischen A und P so wäre, dafs A ein sehr kleines, P aber ein sehr grofses Gewicht erhält, würde die Strecke QP den gröfsten Teil der Distanz AP ausfüllen, die Bewegung also nahe beim Punkte A beginnen und somit einer Ganzbewegung nahekommen. Man ersieht aus der Figur, dafs man für die Kurve I. I. nur diejenige Stelle aufzusuchen braucht, an der die Ordinate dieselbe Gröfse hat wie die Ordinate  $Pp_2$  in der punktierten Kurve: der Fußpunkt Q bezeichnet dann den Anfang, P das Ende der stroboskopischen Bewegung.

Nunmehr bietet auch die Erklärung des Falles, dafs bei Alternieren eines medianen Punktes mit zwei lateralen, einem links und einem rechts gelegenen, zwei entgegengesetzt gerichtete stroboskopische Bewegungen gleichzeitig entstehen, keine Schwierigkeit. Man braucht sich nur den Vorgang, wie er an der Hand der Fig. 11 (S. 21) erörtert wurde, verdoppelt zu denken, d. h. die Zeichnung zur linken der Ordinate Aa symmetrisch zu wiederholen. In der nebenstehenden Figur 12 ist eine derartige symmetrische Verdoppelung durchgeführt.

Nach Verschwinden des medianen Punktes A tauchen sofort die beiden lateralen Punkte  $P_1$  und  $P_r$  auf; an die Stelle der ursprünglichen Gewichtskurve I. I. tritt die neue Kurve II. II., die zwei laterale Maxima, in der Mitte aber eine Einsenkung hat. Man kann sich auch hier leicht denken, dafs sich der Übergang nicht plötzlich, sondern allmählich vollzieht.

Gilt im ersten Augenblick noch die alte Gewichtskurve I. I., so müssen die beiden lateralen Punkte zunächst in  $Q_l$  und  $Q_r$  lokalisiert werden, d. h. an den Stellen, die den Gewichten  $P_l P_2$  und  $P_r P_2$  in der alten Gefällskurve entsprechen. Die stroboskopische Bewegung ist zu Ende, wenn die Gewichtskurve diejenige Gestalt erlangt hat, bei der in den Punkten  $P_l$  und  $P_r$  die den endgültigen Gewichten entsprechenden Ordinaten gelten. Der Weg der stroboskopischen Bewegung ist durch die Strecken  $Q_l P_l$  bzw.  $Q_r P_r$  definiert.



Figur 12.

Es mag vielleicht einige Schwierigkeit haben auch hier an unserem Grundgedanken festzuhalten, daß die Umwertung durch eine allmähliche und sozusagen nachhinkende Verschiebung des Sehfeldes zustande komme, da sich dieses, wie man denken könnte, doch nicht zur einen Hälfte nach links, zur anderen nach rechts verschieben kann, wenn man nicht die paradoxe Annahme einer Zerreißung des Sehfeldes machen wolle. Allein an eine solche braucht gar nicht gedacht zu werden; es genügt, eine doppel­seitige, entgegengesetzt gerichtete Erweiterung des Sehfeldes anzunehmen, also eine Verschiebung seiner Grenzen nach rechts und links. Eine „Annahme“ ist das aber kaum zu nennen; denn wenn man die Aufmerksamkeit anstatt sie isoliert auf A zu richten, auf die Punkte  $P_l$  und  $P_r$  verteilt, so ist es von vornherein plausibel, daß das merkbare Sehfeld sich nunmehr nach beiden Seiten weiter erstrecken wird als im ursprünglichen Zustand.

Interessant ist hier auch die folgende Tatsache. Wenn man die Aufmerksamkeit nicht ganz gleichmäßig auf beide lateralen Punkte verteilt, sondern von vornherein etwa den linken Punkt  $P_l$  bevorzugt, so verteilt sich auch die stroboskopische Bewegung nicht gleichmäßig auf beide Punkte. Fixiert man nämlich A, wendet aber die Aufmerksamkeit der

linken Sehfeldhälfte mehr zu als der rechten, so verläuft die stroboskopische Doppelbewegung nicht wie früher ganz symmetrisch, sondern hat linkerseits ein größeres Ausmaß als zur rechten; es kann links nahezu zu einer Ganzbewegung zwischen A und  $P_1$  kommen, während das rechte  $P_2$  nur ein ganz kleines Stück gegen A wandert und dann im Dunkel verschwindet, bzw. (bei der entgegengesetzten Phase) in nächster Nähe aus dem Dunkel auftaucht und mit einem kleinen Ruck in seine endgültige Stellung fährt. Je größer also der eine Teil der Doppelbewegung, desto kleiner der andere. Man braucht sich unsere Fig. 12 (S. 23) nur insoweit geändert zu denken, daß das rechte  $P_2$  kleiner ist als das entsprechende linke, wodurch die Kurve II. II. asymmetrisch wird und sich daher nach rechts weniger weit über I. I. hinaus erstreckt als nach links. Es hängt also nur vom Verhalten der Aufmerksamkeit ab, ob die Erweiterung des Sehfeldes beide Seiten gleichmäßig betrifft oder die eine in höherem Maße als die andere. Der Ort der Fixation ist dafür nicht entscheidend. Das geht aus der folgenden Modifikation des Versuches hervor. Fixiert man geradezu das linke  $P_1$ , richtet aber die Aufmerksamkeit auf die rechte Hälfte, so beteiligt sich das linke P gar nicht mehr an der Bewegung, die letztere findet nur mehr zwischen A und dem rechten P statt. Offenbar erweitert sich diesfalls das Sehfeld einseitig nach rechts.

Die symmetrische stroboskopische Bewegung, wie man sie bei gleichzeitiger Erweiterung des Sehfeldes nach rechts und links beobachtet, liegt wohl auch jenen von SCHUMANN<sup>1</sup> beschriebenen Dehnungen und Schrumpfungen zugrunde, die man bei plötzlicher Ersetzung einer kleineren Flächenfigur durch eine größere (bzw. umgekehrt) beobachten kann. Überhaupt dürften mancherlei Größen- und Lagetäuschungen ihre Erklärung finden, wenn man sie nicht als statische, sondern als dynamische Phänomene auffaßt, d. h. wenn man auf den Prozeß der Änderung selbst und nicht bloß auf deren fertiges Ergebnis das Schwergewicht legt. Auch der Sukzessivvergleich als solcher rückt dann in eine andere Beleuchtung,

<sup>1</sup> Vgl. das Kapitel „der Sukzessivvergleich“ in SCHUMANN'S „Beiträge zur Analyse der Gesichtswahrnehmungen“, 1. Heft, S. 66 u. ff.

insofern man vielfach seine Basis in den Akt der Sukzession selbst zu verlegen hat und ihn nicht wie einen Simultanvergleich zwischen einer gegenwärtigen Empfindung und einem ebenso gegenwärtigen Erinnerungsbild behandeln darf: Die Versuche SCHUMANN'S haben die alten Anschauungen über den Sukzessivvergleich ohnehin so sehr erschüttert, daß jene Parallelisierung mit dem Simultanvergleich kaum mehr möglich ist.

Um aber noch einmal auf die entgegengesetzten stroboskopischen Bewegungen zurückzukommen, möchte ich auf eine theoretisch interessante Beobachtung aufmerksam machen, die ich ausnahmslos bestätigt gefunden habe. Wenn man alle drei Punkte in eine und dieselbe Sehfeldhälfte verlegt, etwa so, daß sie alle zur Rechten einer Fixationsmarke liegen, so läßt sich jene gegensinnige Doppelbewegung nicht mehr erzielen. Man denke sich also zur Rechten der medianen Fixationsmarke M die Lichtpunkte A, C, B in dieser Reihenfolge aufgestellt und eine Blendenvorrichtung derart, daß C mit dem Punktepaar AB alterniert. Ein Zusammenschießen der Punkte A und B gegen das dazwischen liegende C, bzw. ein symmetrisches Auseinanderfahren von C weg, findet dann nicht mehr statt. B allein fährt beim Verschwinden gegen C hin, bzw. kommt beim Wiederauftreten in der Gegend von C aus dem Dunkel. Was aber das Merkwürdigste ist: A macht eine mit B gleichsinnige Bewegung. Es sieht so aus, wie wenn A mit B verkoppelt wäre: wenn B auf C zufährt, also eine Bewegung nach links macht, so fährt auch A nach links und verschwindet im Dunkel. Man kann sofort wieder die gegensinnigen Bewegungen von A und B erzeugen, wenn man die linke Fixationsmarke M wegläßt und den Blick nunmehr auf C richtet. Diese Tatsachen fügen sich unserer obigen Deutung ohne Schwierigkeit; es ist zweifellos möglich einen Zustand verteilter Aufmerksamkeit zu schaffen, der dem Schema der obigen Figur 12 (S. 23) entspricht und zwei Maxima zu beiden Seiten des Fixationspunktes hat, wodurch eben eine symmetrische Erweiterung des Sehfeldes entsteht. Es dürfte aber unmöglich sein, die Aufmerksamkeit so zu verteilen, daß sie auf einer Seite des fixierten Punktes zwei Maxima erreicht. Man kann zu einer und derselben

Seite des Fixationspunktes das Sehfeld nur in toto weiter hinaus schieben und daher sind Dehnungen und Schrumpfung des Sehfeldes an die Bedingung der Symmetrie relativ zum fixierten Punkt gebunden.

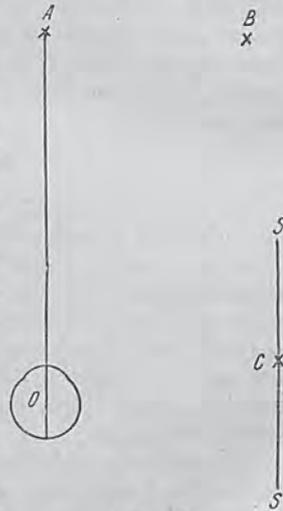
Der naheliegende Einwand, daß man ja bei kinematischen Vorführungen gleichzeitig Bewegungen nach allen möglichen Richtungen sehe, müßte erst auf seine tatsächliche Grundlage hin geprüft werden. In der Regel beobachtet der Zuschauer im Kino doch nicht in starrer Fixationsstellung, sondern verfolgt denjenigen Vorgang, der ihn gerade am meisten interessiert, mit dem Blick. Natürlich macht er eben darum bald diese, bald jene Blickbewegung und kann sich dann hinterher leicht einreden, er habe die verschiedensten Bewegungen gleichzeitig gesehen, selbst solche, die zu einer Seite des fixierten Punktes nach entgegengesetzten Richtungen verliefen — was nach den Versuchen im Laboratorium nicht vorkommt. Es wäre das, um mit G. E. MÜLLER zu sprechen, eine Beobachtung nach der „Methode der vermeintlichen Reminiszenzen“. Hingegen verträgt es sich mit unserer Auffassung durchaus, daß etwa zwei aufeinander senkrechte stroboskopische Bewegungen gleichzeitig gesehen werden, denn nichts hindert, daß sich die neuen Sehfeldgrenzen gegenüber den alten sowohl von links nach rechts als auch von oben nach unten verlagern.

Beobachtungen von der Art des LINKESchen „Zweikreuzversuches“ (ein stehendes Kreuz geht in ein liegendes über) bieten keine Schwierigkeit, da man es hier nur mit Sehfeldverschiebungen zu tun hat, die symmetrisch zum Fixationspunkt erfolgen, also mit den symmetrischen Dehnungen und Schrumpfung, wie wir sie oben erwähnt haben, in eine Klasse gehören.

#### **Unmittelbarer Nachweis der Sehfeldverschiebung bei stroboskopischen Bewegungen.**

Wenn die stroboskopische Bewegung wesentlich auf einer Änderung der sog. „absoluten Lokalisation“ beruht, diese aber in nichts anderem besteht als in einer durch Wegfall, bzw. Zuwachs von Orten begründeten Verschiebung des Sehfeldes,

so liegt es nahe, an einen unmittelbaren empirischen Nachweis dieser Verschiebung zu denken. Ein solcher könnte dadurch erbracht werden, daß man ein Objekt, welches an der äußersten Grenze des alten Sehfeldes liegt, durch die Verschiebung der Grenzen verschwinden macht; aber auch dadurch, daß ein Objekt, welches dem im neuen Sehfeld zuwachsenden Gebiet angehört, erst sichtbar wird, sobald diese neuen Sehfeldgrenzen in Geltung kommen. Der erstere der beiden Wege wurde in einem Versuch betreten, den ich in der Mayer-Festschrift S. 238ff. angegeben habe, dort allerdings ohne Zusammenhang mit der Stroboskopie. Ich bin inzwischen zu der Überzeugung gekommen, daß sich der zweite Weg besser empfiehlt. Bei Objekten nämlich, die ohnehin an der äußersten Grenze des Sehfeldes liegen, ist es, selbst wenn sich die Sehfeldgrenzen gar nicht ändern, unvermeidlich, daß solche ohnehin nur schwach sichtbare Lichtpunkte infolge der lokalen Adaptation (Ermüdung!) zeitweise verschwinden. Das macht den Versuch natürlich zweideutig. Ich habe nunmehr die folgende Anordnung benützt (siehe Fig. 13). O bedeutet das hier verwendete rechte Auge, A und B sind die zwei Lichtpunkte, die bei alternierendem Auftreten eine stroboskopische Bewegung ergeben. Der Blick darf hier nicht nachgehen, sondern muß auf A festgehalten werden. Denn daß sich bei wanderndem Blick die Grenzen des Sehfeldes ändern, ist selbstverständlich und bedarf keines Versuches.



Figur 13.

Zunächst wird B abgeblendet und dem auf der Bahn SS' verschiebbaren Lichtpunkt C eine solche Stellung gegeben, daß er bei strenger Fixation von A gerade etwas jenseits der rechten Sehfeldgrenze liegt, also nicht mehr gesehen wird. Wichtig ist, daß man bis hart an die Sehfeldgrenze geht und

sich auch während der stroboskopischen Bewegung gegen eventuelle unwillkürliche Augenbewegungen sichert. Da dies nach dem Verschwinden von A nicht ganz leicht zu erreichen ist, habe ich etwas unterhalb A und diesseits der (hier nicht gezeichneten) rotierenden Blende einen dauernden Lichtpunkt angebracht, der als Fixationsmarke dient. Läßt man nun sofort nach dem Verschwinden von A den Punkt B auftauchen und folgt dem stroboskopisch bewegten Punkt mit der Aufmerksamkeit, nicht aber mit der Blicklinie, so sieht man, sobald B seinen endgültigen Ort erreicht hat, an der äußersten rechten Grenze des Sehfeldes auch den schwachen Lichtpunkt C, der zu Anfang der Bewegung unsichtbar war und auch wieder unsichtbar wird, wenn man nach Beendigung des Versuches die Aufmerksamkeit wieder ganz der medianen Stelle zuwendet. Wegen der großen Geschwindigkeit der stroboskopischen Bewegung ist es natürlich nicht möglich, sich darüber Rechenschaft zu geben, in welchem Augenblick der Bewegung der Punkt C in das merkbare Sehfeld eintritt. Es genügt, daß er am Ende der Bewegung sichtbar ist, am Anfang aber nicht.

#### **Rückblick.**

Mein Bestreben war, den stroboskopischen Bewegungen eine möglichst hypothesenfreie Theorie zugrunde zu legen, d. h. nur solche Ursachen einzuführen, die in gleicher Wirksamkeit bereits anderwärts bekannt sind und von denen es sich wahrscheinlich machen läßt, daß sie auch hier verwirklicht sind. Es wird sich empfehlen durch einen prüfenden Rückblick auf die einzelnen Bestandteile dieser Theorie sich noch einmal zu vergewissern, ob und in wie weit dieses Ziel auch erreicht worden ist.

Wir fassen die stroboskopische Bewegung als Ausdruck einer allmählichen Umwertung, die der retinale Ortswert der dem zweiten Punkte zugehörigen Netzhautstelle erfährt und die sich daher während der zweiten Expositionszeit vollzieht, wobei es gleichgültig ist, ob dieser Ort bereits in der Qualität des neuen Reizes erscheint oder etwa noch in der des positiven Nachbildes vom ersten Reiz her. Nicht als Ergänzung einer Lücke sehen wir die Bewegung an, sondern als eine Umwertung, die der retinale

Ort des zweiten Objektes erfährt. Man kann, um mit WEERTHEIMER zu sprechen, zwischen einer Pflanze, einem Vogelkäfig und einer Weintraube stroboskopische Bewegung erzeugen; und in der Tat beobachtet man solche Effekte zwischen Wahrnehmungsobjekten, die nicht die mindeste innere Ähnlichkeit haben, bei denen also von Identifikation gar nicht die Rede sein kann. Wenn die Buchstaben einer elektrisch erleuchteten Reklametafel, die das Wort KINO zeigt, sukzessive aufleuchten, so hat jedermann einen Bewegungseindruck, aber man kann nicht sagen, das K gehe in das I, dieses in das N usf. über. Vielmehr verschwindet das K und das I kommt von links her bis an seine endgültige Stelle. Ob es genau vom Orte des entschwundenen K herkommt oder nur aus dessen Nähe, hängt von den besonderen Versuchsbedingungen ab und läßt sich wegen der geringen Deutlichkeit, die dem Bewegungsbeginn anhaftet, nicht mit Sicherheit entscheiden. Aus eben diesem Grunde ist auch der Augenblick nicht mit Sicherheit zu erkennen, in welchem die Qualität eines eventuellen positiven Nachbildes von K der Qualität des I Platz macht. Das Nachbild ist überhaupt gänzlich unwesentlich, tritt vielfach gar nicht auf und nimmt, falls es auftritt, nur ein ganz kurzes Anfangsstück der Bewegungsbahn ein. Diese Tatsachen gehören zur reinen Phänomenologie und bieten daher für Hypothesen überhaupt keinen Platz. Dafs der retinale Ortswert einer Netzhautstelle überhaupt eine Umwertung erfahren kann und dafs dies bei willkürlichen Bewegungen immer der Fall ist, steht fest: wir sehen bei rechts gewendeter Blicklinie das foveal abgebildete Objekt rechts. Dasselbe geschieht, wenn das stroboskopisch nach rechts bewegte Objekt sein Ziel erreicht hat. Der Endzustand muß also beiderseits in gleicher Weise erklärt werden. Nur kann man bei reeller Bewegung diese Umwertung nicht durch das „Stellungsbewußtsein“ erklären; da bei einem reell nach rechts bewegtem Objekt und mitbewegter Blicklinie auf jeden Fall Teile des alten Sehfeldes auf der einen Seite wegfallen, auf der anderen neue zuwachsen, so kann die nunmehrige Rechtslokalisation mit der Fovea nur daher kommen, dafs das foveal abgebildete Objekt zwar innerhalb des neuen Sehfeldes abermals median liegt, die Grenzen des neuen Sehfeldes sich

aber gegenüber denen des alten so weit nach rechts verschoben haben, daß nunmehr die Mitte des neuen Sehfeldes identisch ist mit einer im alten Sehfeld rechts gelegenen Stelle. Es ist also selbstverständlich, daß das, was wir „Umwertung“ genannt haben, eigentlich diesen Namen gar nicht verdient. Nicht die Funktion der Netzhautstelle ist eine andere geworden — die Fovea sieht ja im neuen Sehfeld gerade so median wie im alten — sondern das durch seine Grenzen bestimmte Sehfeld hat sich verschoben. Bis hierher ist von keiner Hypothese die Rede; auch darin liegt keine Hypothese, daß diese „Umwertung“ nicht durch die Blickbewegung als solche, sondern durch ihr Vorstadium bedingt ist, in welchem der rechtsgelegene Ort noch in der alten Fixationsstellung von der Aufmerksamkeit ergriffen wurde. Das läßt sich erstens dadurch nachweisen, daß bei unwillkürlichen Blickbewegungen diese „Umwertung“ ausbleibt, dann aber dadurch, daß bei bloßer Verlagerung des Aufmerksamkeitsortes Objekte, die hart an der Sehfeldgrenze lagen, nunmehr aus dem Sehfeld entwinden. Damit ist die eigentlich selbstverständliche Tatsache erwiesen, daß der Ort maximaler Deutlichkeit sozusagen das Sehfeld mit sich schleppt.

Wenn ein Netzhautbild von einer Netzhautstelle auf eine andere verlegt wird, ohne daß jene gleichgroße Verschiebung des Sehfeldes stattfindet, so kommt es immer zu Scheinbewegungen. Das wissen wir aus den Erfahrungen bei mechanisch, aber auch bei labyrinthogen mobilisiertem Bulbus und es ließe sich dieses Verhalten aus unserer Auffassung des kompensatorischen Faktors auch voraussagen. Es ist also noch immer keine Hypothese, wenn wir sagen: falls die Sehfeldgrenzen bei einer Verschiebung der Netzhautbilder auch nur für einen Augenblick die alten bleiben, so wird das foveal abgebildete Objekt eben für diesen Augenblick so lokalisiert, wie wenn gar keine Augenbewegung erfolgt wäre; das foveal Abgebildete z. B. wird in die Mediane des alten Sehfeldes d. h. dorthin lokalisiert, wo der soeben entschwundene erste Punkt gesehen wurde. Es ist dann selbstverständlich, daß mit der allmählichen Verschiebung des Sehfeldes auch der fixierte Punkt eine allmähliche Verschiebung erfährt, die erst dann aufhört, wenn das Sehfeld so weit verschoben ist, daß es sich

nun wieder symmetrisch um den Ort des fixierten Punktes gruppiert. Hypothetisch könnte man höchstens den Zusammenhang finden, der nach unserer Theorie zwischen dem allmählichen Anwachsen des dem zweiten Punkt eigenen Gewichtes und der Verschiebung des Sehfeldes bestehen soll; und unmittelbar läßt sich dieser Zusammenhang auch nicht nachweisen. Aber höchstwahrscheinlich ist es doch sicher, daß erst, wenn die Fovea das ihr zukommende Gewichtmaximum auch wirklich erreicht hat, das Gewichtsgefälle sich zu ihren beiden Seiten symmetrisch gruppieren und sie daher in der Mitte des neuen Sehfeldes liegen wird. Wenn die foveale Stelle, wie das der Auffassung von JAVAL und SACHS entspricht, durch das Deutlichkeitsmaximum (nicht durch den „feinsten Raumsinn“) charakterisiert ist, so kann sie zeitweilig dieser Eigenschaft entbehren und dann wird sich das Sehfeld eben auch asymmetrisch um sie gruppieren. Es bliebe also nur zu erklären, woher es kommt, daß sie zeitweilig nicht Trägerin des Deutlichkeitsmaximums ist. Bedenkt man aber, daß die Aufmerksamkeit soeben noch dem gerade entschwundenen ersten Punkt voll zugewendet war und dieser doch jedenfalls ein primäres Gedächtnisresiduum zurückgelassen hat, so liegt der Fall wohl kaum anders als auch sonst, wenn uns bei plötzlichem Wechsel des Gegenstandes zugemutet wird, wir sollten die Aufmerksamkeit sofort dem neuen Objekt voll zuwenden. Die tägliche Erfahrung zeigt, daß wir erst das Abklingen des primären Gedächtnisbildes abwarten müssen, und daß der neue Gegenstand erst nach Maßgabe dieses Abklingens seine volle Deutlichkeit erhält. Wesentlich derselbe Fall, nämlich der allmähliche Anstieg der Deutlichkeit, ist aber sicher auch dann gegeben, wenn wir den zweiten Punkt nicht fixieren, sondern in der alten Blickstellung verharren. Wir können dann freilich durch Verteilung der Aufmerksamkeit dem lateralen zweiten Punkt eine größere Deutlichkeit verschaffen als er bei isolierter Beachtung des ersten hatte; aber auch diese Verteilung braucht Zeit und gelingt nicht schon im ersten Augenblick. Daß diese Erstreckung der Aufmerksamkeit in ein laterales Gebiet zu einer Verschiebung des merkbaren Sehfeldes führt, ist eigentlich selbstverständlich, konnte aber überdies noch direkt nachgewiesen werden durch einen Ver-

such, in welchem ein Lichtpunkt, der soeben noch auferhalb der Sehfeldgrenzen gelegen war, nunmehr in das merkbare Sehfeld einbezogen wurde. Damit hat sich auch die Möglichkeit ergeben, der Tatsache entgegengesetzt gerichteter stroboskopischer Bewegungen gerecht zu werden; man kann ja durch doppelseitige Erweiterung des Deutlichkeitsfeldes die Sehfeldgrenzen nach links und rechts hinausschieben. Charakteristisch ist, daß man diesen Erfolg nur erreichen kann, wenn das an zweiter Stelle erscheinende Punktepaar zu beiden Seiten des fixierten Punktes liegt. Es gelingt nicht, eine gegensinnige stroboskopische Doppelbewegung zu erzeugen, die ganz in der rechten oder ganz in der linken Sehfeldhälfte sich abspielt. Von unserem Standpunkt wäre eine solche Bewegung auch nicht zu erklären; sie würde dem Sehfeld zwei Verschiebungen zumuten, die gleichzeitig unmöglich wären.

Ich sehe also in der ganzen hier entwickelten Theorie kein Element, das nicht erfahrungsmäßig nachweisbar wäre oder sich nicht mindestens als notwendige Konsequenz anderweitiger Erfahrungen ansehen ließe. Die Grundlage aber bildet meine Auffassung von der Natur der Objektruhe bei willkürlichen Blickbewegungen; denn auch bei der Stroboskopie hat es sich um denjenigen Faktor gehandelt, der unter dem unpassenden Namen „absolute Lokalisation“ schon längst in die physiologische Optik eingeführt worden ist um zu erklären, warum die Sehobjekte trotz der Verschiebung der Netzhautbilder in Ruhe bleiben können. Die Analyse der willkürlichen Blickbewegung hat ergeben, daß dieser rätselhafte Faktor nicht dem Akt des Bewegungsvollzuges angehört, sondern jenem Vorstadium, das wir mit HERING als „Verlegung des Aufmerksamkeitsortes“ bezeichnet haben. Wenn wir also von diesem Faktor auch hier Gebrauch machen, so haben wir die stroboskopischen Erscheinungen nicht etwa auf Augenbewegungen zurückgeführt — was ja unerlaubt wäre — sondern auf einen Vorgang, der schon bei ruhendem Blick auftreten kann und auch bei Augenbewegungen ihrer tatsächlichen Ausführung bereits vorangeht.

Aus unserer Theorie lassen sich aber auch viele von den mystischen und manchmal ganz absurden Äußerungen der Vpn. erklären, die die „Psychologen“ nicht hätten als bare Münze nehmen, sondern als Verlegenheitssymptome behandeln

sollen. Von dem „Auftauchen aus dem Dunkel“, „Hinüberhuschen eines Etwas“, u. dgl. war schon die Rede; wir wissen, daß die Undeutlichkeit gewisser Phasen der Bewegung geradezu zu ihrem Wesen gehört, und werden uns daher nicht wundern, wenn die Versuche mancher Beobachter, etwas zu beschreiben, was prinzipiell nicht deutlich beschreibbar ist, zu derartig hilflosen Ausdrücken führen.

Aber auch sonst muß man sich klar halten, daß die sprachlichen Ausdrücke, die den Vpn. zur Verfügung stehen, von den normalen Bewegungserscheinungen reeller Objekte herstammen und daher auf diejenigen Züge der stroboskopischen Bewegungen nicht anwendbar sein können, in denen diese von den gewöhnlichen Bewegungserlebnissen abweichen. Hier noch ein Beispiel. Die gewöhnlichen Bewegungen des alltäglichen Lebens vollziehen sich in der Regel so, daß ein Sehobjekt gegenüber einer ruhenden Umgebung seinen Ort ändert. Es entfernt sich also von dem einen Teil der Umgebung, nähert sich einem anderen und passiert Objekte, die auf seiner Bahn liegen, kurz, macht Relativbewegungen gegenüber der ruhenden Umgebung. Ändert sich aber, wie bei der stroboskopischen Bewegung, die „absolute Lokalisation“, so ergreift diese Verlagerung des ganzen gleichzeitigen Sehfeldes alle Objekte und ändert nur die Relationen gegenüber vergangenen Sehfeldern, nicht aber die Relationen zwischen den Gegenständen des augenblicklichen Sehfeldes; daher „passiert“ das stroboskopisch bewegte Objekt niemals die anderen Objekte des gleichzeitigen Sehfeldes und daraus erklären sich die Äußerungen mancher Vpn., es sei im „Zwischenfeld“ nichts zu bemerken. Keineswegs darf aber aus derartigen Äußerungen eine so absurde Konsequenz abgeleitet werden wie die, es gebe eine Bewegung ohne Bewegtes, ja sogar, die Bewegung könne anschaulich sein, während der bewegte Gegenstand dies nicht sei.

Ich habe, um das Verhalten eines stroboskopisch bewegten Punktes im „Zwischenfeld“ genauer zu studieren, Versuche angestellt, in denen eine konstante Marke bald auf diesem, bald auf jenem Punkt der Bewegungsbahn aufgestellt war; der als Marke M dienende dritte Lichtpunkt mußte zu diesem Zweck vor der Blende aufgestellt werden. Wenn er an einen der Endpunkte der Bewegungsbahn orientiert wurde, habe ich

ihn etwas tiefer gestellt, um die völlige Koinzidenz mit dem Anfangs- oder Endpunkt zu vermeiden; sonst aber in die Bahn der Bewegung selbst. Hier sei nun sogleich bemerkt, daß eine derartige Marke keineswegs ein harmloses Objekt ist, das man sich wie eine indifferente Zutat vorstellen darf, die im übrigen an der stroboskopischen Bewegung nichts ändert. Das ist meines Wissens nie hervorgehoben worden; ein Beweis, mit wie geringer Sorgfalt derartige Beobachtungen angestellt wurden.

Es sei A ein medianer, B ein rechts gelegener Lichtpunkt; die übrigen Bedingungen seien so eingerichtet, daß eine möglichst gute Bewegung von A bis B stattfindet. Setzt man nun die konstante Marke M etwas unterhalb B, so sieht man sie vor Beginn der stroboskopischen Bewegung in normaler Lage, d. h. etwas unterhalb des Ortes, an welchem die Bewegung später endet. Hat sich die Bewegung nun vollzogen und ist der bewegte Punkt an seinem Ziel B eingetroffen, so liegt die Marke, wie zu erwarten, am selben Ort wie zu Anfang; aber sie wird während der ganzen Bewegung nicht bemerkt, vorausgesetzt natürlich, daß dem bewegten Punkt die volle Aufmerksamkeit zugewendet war. Man kann also von einer Ortsrelation zwischen dem bewegten Punkt und der ruhenden Marke während der Bewegung überhaupt nicht sprechen.

Anders fällt die Beobachtung aus, wenn man unter den genannten Umständen die Aufmerksamkeit schon zu Beginn des Versuches so fest als möglich der Marke zuwendet und damit natürlich auch der Gegend, in welcher B auftreten wird. Man unterdrückt dadurch die stroboskopische Bewegung gänzlich. Es ist ja damit der bereits früher (S. 238 ff. des 1. Artikels) diskutierte Fall gegeben: B erhält schon im Augenblick seines Auftretens ein so großes Gewicht, daß eine weitere Gewichtszunahme gar nicht mehr stattfinden kann.

Stellt man aber die Marke M an einen Ort der Bewegungsbahn, etwa in die Mitte zwischen A und B, so findet die stroboskopische Bewegung nicht mehr im ursprünglichen Ausmaße statt, sondern nur in einem Gebiete zwischen M und B. Sie muß nicht einmal in M selbst beginnen; vielmehr taucht der bewegte Punkt häufig erst rechts von der Marke aus dem Dunkel auf und fährt in seine Endstellung B, macht also eine

singulare Endbewegung. Man erkennt den Unterschied deutlich, wenn man zwischendurch die Marke M plötzlich beseitigt; die Bewegung erhält dann wieder ihr altes Ausmaß, wird also eine Ganzbewegung oder nahezu eine solche.

Es ist also zwar richtig, daß der stroboskopisch bewegte Punkt ein zwischen den Endstellen eingeschaltetes konstant sichtbares Objekt niemals „passiert“. Aber er tut es nur darum nicht, weil die Bewegung überhaupt erst nach jenem eingeschalteten Objekt beginnt — und damit fallen alle die absurden Schlüsse auf eine Bewegung, in deren Bahn kein bewegtes Objekt sichtbar sein soll.

Nicht uninteressant ist es zu beobachten, welche Wirkung eine rechts von B aufgestellte Marke ausübt. Sie liegt freilich nicht mehr im Zwischenfeld und von einem „Passieren“ kann daher nicht die Rede sein. Aber man kann sich doch fragen, ob sich der stroboskopisch bewegte Punkt dieser Marke so nähert, wie es ein reell bewegter tun würde. Das scheint mir nun nicht der Fall zu sein. Vielmehr habe ich den deutlichen Eindruck, daß namentlich während des Endstückes der Bewegung auch die Marke sozusagen nach rechts hinausgestoßen wird. Das läßt sich mit unserer Theorie sehr gut vereinigen, denn wenn eine Verschiebung des ganzen Sehfeldes stattfindet, müssen alle dem Sehfeld angehörige Punkte sie mitmachen.

Der Einfluß, den Objekte, die nicht unmittelbar an der stroboskopischen Bewegung beteiligt sind, auf diese ausüben, müßte erst systematisch studiert werden. Es geht aber keinesfalls an, a priori anzunehmen, daß ein solcher Einfluß gar nicht bestehe und die stroboskopische Bewegung sich, unbekümmert um neu eingeschaltete Objekte, ebenso abspielen müsse, wie wenn diese gar nicht vorhanden wären. Die naive Vp. wird natürlich schon durch den Umstand, daß die stroboskopische Bewegung sich durch ihre unmittelbare Anschaulichkeit von einer reellen gar nicht unterscheidet, sich verleiten lassen, auch in den mittelbaren Begleiterscheinungen (zu denen ja das Passieren ruhender Objekte im Zwischenfeld gehört) von vornherein völlige Äquivalenz zu erwarten. Versagt die letztere, so ist es begreiflich, daß eine solche Vp. durch die Forderung zu beschreiben, was sie sieht, in Verlegenheit gerät und Wendungen gebraucht, die innere Widersprüche

enthalten, wie etwa, daß sich ein Punkt bewege, aber im Zwischenfeld nichts vorhanden sei. Sache des Psychologen ist es dann, eine Interpretation zu finden, die es begreiflich macht, wie derart absurde Beschreibungen entstehen können, nicht aber sie als adäquaten Ausdruck eines tatsächlichen Erlebnisses hinzunehmen. Die Tatsache, der der Psychologe gegenübersteht, besteht ja nicht darin, daß Bewegung ohne Bewegtes gesehen wird, sondern darin, daß die Vp. angibt, sie sehe Bewegung ohne Bewegtes.

### I. Anhang. Kritisches.

I. Die WERTHEIMERSche Kurzschlufstheorie. Durch eine systematische und sorgfältige Untersuchung der Tatsachen hat sich W. um das Verständnis des stroboskopischen Elementarphänomens zweifellos große Verdienste erworben. Er hat aber auch — wenigstens skizzenhaft — eine physiologische Theorie entwickelt, die, wenn wir KOFFKA und seinem Kreise glauben dürfen, von Seite der Tatsachen eine „glänzende Bestätigung“ erfahren hat. Meiner Ansicht nach ist diese sog. „Kurzschlufstheorie“ ein Musterbeispiel solcher Theorien, die durch einen Panzer von Unklarheit gegen alle Angriffe gewappnet sind.

Machen wir uns den Grundgedanken soweit klar als hier von Klarheit überhaupt die Rede sein kann.

Sind die beiden beim stroboskopischen Versuch erregten Netzhautstellen A und B, so ist die zwischenliegende Netzhautstrecke sicher unerregt; in sie könnte man ohne Gewaltbarkeit keine Erregungen hineinverlegen. Hingegen steht das Zentralorgan zur Verfügung, das sich, da seine Funktionen hinreichend unbekannt sind, solche hypothetische Zwischen-erregungen schon gefallen lassen kann. Nicht also zwischen die Netzhautstellen A und B, sondern zwischen ihre zentralen Vertretungen a und b können wir solche Zwischenprozesse in Gestalt eines „Hinüberflutens der Erregung“ von a nach b hineinkonstruieren. W. will aber nicht eine bloße Hypothese ad hoc machen, sondern möchte diese Zwischenprozesse aus Tatsachen ableiten, die durch „neuere hirneurologische Forschungen“ (durch welche, sagt er nicht) wahrscheinlich ge-

macht seien. Diese Ableitung ist es, die wir uns etwas näher ansehen wollen.

Nach W. soll man mit Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, „dafs mit einer Erregung einer zentralen Stelle a eine physiologische Wirkung in gewissem Umkreis um dieselbe gesetzt ist“. Dasselbe muß natürlich auch von der Stelle b gelten. Und wenn diese letztere kurze Zeit nach der Stelle a erregt wird, so trete „eine Art physiologischen Kurzschlusses von a nach b ein: im Abstand zwischen beiden Stellen finde ein spezifisches Hinüber von Erregung statt“.

Wir fragen zunächst: worin besteht jene Umkreiswirkung? Besteht sie darin, dafs aktuelle Erregung von der primär gereizten Stelle sich fortpflanzt oder dafs die Erregbarkeit, in bestimmter Richtung fortschreitend, erhöht wird? Kurz gesagt: geht eine erregende oder eine bahnende Umkreiswirkung von a bzw. b aus? W. behauptet bald das eine, bald das andere. Aus der zitierten Stelle geht hervor, dafs er an eine Fortpflanzung der Erregung selbst denkt. Und in der Tat, nur eine fortgepflanzte aktuelle Erregung könnte ja Träger der stroboskopischen Bewegung sein. Wir werden aber notwendig und zwar primär auch eine fortgepflanzte Bahnung annehmen müssen. Dies geht schon aus Ws. Bemerkung hervor, der Umkreis sei „für Erregungsvorgänge prädisponiert“ (von mir gesperrt); es ergibt sich aber auch aus inneren Gründen; denn wenn sich einmal Erregung von a aus fortpflanzt, warum nicht nach allen Seiten? Woher kommt es, dafs durch die spätere Erregung b gerade die Bahn a b ausgewählt wird, wenn nicht durch die Erregung b gerade dieser Weg gebahnt und damit vor allen anderen ausgezeichnet wurde? Auch der Fall der bewegungslosen Sukzession infolge zu langer Pause wird ja von W. dadurch erklärt, dafs die Umkreiswirkung um a schon erloschen sei, wenn die von b eintritt. Und zudem würde ja von der ohnehin sehr mangelhaften Metapher „Kurzschluss“ überhaupt nichts mehr übrig bleiben, wenn wir nicht annehmen, dafs die Wegstrecke a b ähnlich gebahnt sei wie man für einen elektrischen Strom den Weg geringsten Widerstandes als „gebahnt“ bezeichnen kann. Die „Umkreiswirkung“ muß also, schon um den Weg a b auszuzeichnen, als eine bahnende Wirkung angesehen und diese

Wirkung muß notwendig als die primäre gegenüber der Erregungsleitung selbst betrachtet werden. „Primär“ braucht natürlich nicht im Sinne eines zeitlichen Vorangehens, sondern nur im Sinne der Bedingung gegenüber dem Bedingten verstanden zu werden; nur kann natürlich die Erregungsleitung auf dem Wege a b nicht früher erfolgen als dieser Weg gebahnt ist. Also erst wenn der ganze Weg a b gebahnt ist, ist der Umkreiswirkung im zweiten Sinne, nämlich im Sinne einer aktuellen Erregungsleitung, der Weg vorgezeichnet. Wenn aber die Umkreiswirkung in letzterem Sinne sowohl für a wie für b angenommen werden muß, warum flutet die Erregung bloß in der Richtung von a nach b und nicht auch umgekehrt? Warum gibt es neben dem spezifischen „Hinüber“ nicht auch ein spezifisches „Herüber“? Wenn der Weg a b einmal gebahnt ist und nun von beiden Endpunkten Erregungen ausgehen, die sich auf dieser gebahnten Strecke fortpflanzen, so müßte man konsequent schließen, daß von a, aber auch daß von b eine Erregungswelle ausgeht und sich beide an irgendeiner Zwischenstelle treffen, von der man höchstens annehmen kann, daß sie der zeitlich später erregten Stelle b näher liegt als der Stelle a. Verhält sich die zentrale Erregungsleitung nur einigermaßen ähnlich derjenigen, wie wir sie im Gebiete des peripheren Nervensystems heute genau genug kennen, so müßten die beiden Erregungswellen an ihrem Treffpunkt erlöschen, da nach unseren heutigen Kenntnissen eine Erregungswelle nicht auf derselben Bahn vor einer schon bestehenden zweiten Welle vorbeipassieren kann<sup>1</sup>. Die Entstehung einer einseitig gerichteten stroboskopischen Bewegung ist also gerade

<sup>1</sup> Vgl. dazu RUDOLF DITTLER „Über die Begegnung zweier Erregungswellen in der Skelettmuskelfaser“ (*Pflügers Archiv* 150, S. 262 ff.). In dieser sorgfältigen Untersuchung wird bewiesen, „daß die beiden sich begegnenden Wellen nicht übereinander hinweglaufen können, sondern infolge des von ihnen geschaffenen absolut refraktären Stadiums an der Begegnungsstelle erlöschen“. Bei dem hinsichtlich der Erregungsleitung durchaus gleichartigen Verhalten von Nerven- und Muskelfaser darf man sicher annehmen, daß auch in der Nervenfasern Erregungswellen nicht übereinander hinweglaufen. — Wenn bei submaximalen Erregungen der Schein entsteht, daß sie aneinander vorbeipassieren können, so ist hier niemals Gewähr geboten, daß die Erregungen wirklich in denselben Fasern verlaufen.

auf der Basis der W.schen „Umkreiswirkung“ vollkommen unverständlich.

Ähnlich unverständlich bleibt auch die Simultanruhe bei zu kurzer Zwischenpause — wobei ich ganz davon absehe, daß diese Tatsache gar nicht besteht, da, wie auch BENNUSI bemerkt, die bloße Verkleinerung der Zwischenpause (sogar auf den Betrag  $\sigma$ ) die stroboskopische Bewegung durchaus nicht zu zerstören braucht. Nehmen wir aber einmal an, es entstehe bei zu kleiner Pause wirklich das Simultanstadium ohne Bewegung, so würde sich diese Tatsache aus den Annahmen W.s durchaus nicht erklären lassen. Bei zu kurzer Zwischenpause soll nach W. die Umkreiswirkung von a und b „zu gleichzeitig“ auftreten (resp. die um a im kritischen Momente noch nicht ihre genügende Höhe erreicht haben) um einen gerichteten Kurzschluß zu ermöglichen, und dadurch entstehe die Simultanruhe. Verstehen wir hier unter Umkreiswirkung eine fortschreitende Erhöhung der Erregbarkeit, fortschreitend natürlich von a gegen b und von b gegen a, wie kann diese „zu gleichzeitig“ sein? Wenn die Bahnung gleichzeitig von a und b ausgeht, dann wird eben in dem Augenblick, in welchem beide Umkreiswirkungen zusammentreffen, die ganze Strecke eine erhöhte Erregbarkeit haben, also für Erregungen gebahnt sein. Pflanzen sich dann aktuelle Erregungen von a gegen b und von b gegen a fort, so müssen diese Erregungswellen in der Mitte zusammentreffen und nach den Erfahrungen, wie sie wenigstens im Gebiet des peripheren Nervensystems bestehen, erlöschen. Aber warum sie überhaupt und vom Anfang an nicht entstehen sollen, ist nicht einzusehen. Es bleibt also das bewegungslose Simultanstadium ebenso unerklärt wie die Optimalbewegung. Man fragt sich, wozu diese unklaren Voraussetzungen von Umkreiswirkungen überhaupt dienen sollen. W. will offenbar dem Vorwurf begegnen, seine Theorie sei eine bloße Übersetzung der zu erklärenden psychologischen Tatsachen in eine physiologische Sprache und darum sucht er nach einem Fundament in angeblichen Ergebnissen hirnpfysiologischer Forschung. Wir sehen aber, daß das Verhalten der Erregungen, welches die Basis der stroboskopischen Erscheinungen abgeben soll, aus diesen allgemeineren Voraussetzungen gar nicht hervorgeht

und somit der Vorwurf bestehen bleibt, er habe dieses Verhalten sich so geartet gedacht, wie er es eben von Fall zu Fall benötigte.

Man findet übrigens schon bei W. selbst die Tendenz, seine eigene Theorie in dem Sinne zu deuten, „dafs nicht die Erregungsvorgänge in den erregten Zellen selbst oder die Summe dieser Einzelregungen das einzig Wesentliche“ seien, sondern dafs es sich um Quer- und Gesamtvorgänge handle, die aus der Erregung der Einzelstellen „als spezifisches Ganzes“ . . . resultieren.

Auch von den Anhängern der W.schen Theorie hören wir immer wieder betonen, dafs durch die Einzelreize ein „Gesamtvorgang“ zustande komme, den man nicht in Einzelvorgänge zerlegen dürfe.<sup>1</sup> Allein gerade W. selbst verstößt gegen dieses Verbot, indem er von jeder Einzelregung Umkreiswirkungen ausgehen läßt und zeigen will, wie sich aus diesen ein einseitig gerichtetes „Hinüberfluten der Erregung“ von a nach b ableiten läßt. Wenn nun diese Ableitung vollständig mißlingt, dann soll mit einem Male aus den Einzelregungen ein „spezifisches Ganzes“ resultieren, an das sich keine Analyse heranwagen darf. Ja, welche Eigenschaften hat denn dann dieses „spezifische Ganze“, wenn sie nicht aus den Eigenschaften der supponierten Einzelregungen abgeleitet werden dürfen? Offenbar diejenigen, die man gerade benötigt. Aber dieses Resultat hätte man billiger haben können; man hätte nur zwischen Reiz und Bewegungswahrnehmung irgendeinen physiologischen Prozeß hineinzudichten gebraucht, der gerade die Eigenschaften hat, die man von ihm verlangt. Aber man wollte doch wenigstens den Schein einer echten Erklärung wahren. Ich rechne es KOFFKA zum Verdienst an, dafs er hier offener gewesen ist. Er gibt den Inhalt der W.schen Theorie mit folgenden Worten an: „An die Sukzession zweier optischer Reize ist innerhalb eines gewissen Bereiches der Sukzessionsgeschwindigkeit das Erlebnis der einheitlichen Bewegung ebenso gesetzmäßig und (psychisch) unvermittelt gebunden wie an die Wirkung eines einzigen Reizes die ihm entsprechende Empfindung. Die einzeln nach-

<sup>1</sup> So KORTE, *Zeitschr. f. Psychol.* 72, S. 276.

einander dargebotenen Reize sind, wie WATT treffend interpretiert, lediglich Reize für das Bewegungserlebnis, nicht es fundierende Inhalte.“<sup>1</sup>

Also wie ein Licht von der Wellenlänge 520 den Anlaß zur Entstehung der Empfindung Grün gibt ohne daß wir sagen können, warum gerade Grün und nicht Rot entsteht, so geben zwei alternierende Lichtreize mit entsprechender Pause den Anlaß zur Erscheinung eines bewegten Objektes. Damit ist wenigstens die Möglichkeit einer Erklärung und natürlich auch jeder Anspruch auf eine solche offen abgelehnt. Aber daß sie abzulehnen sei, muß ausdrücklich hervorgehoben werden. Ich kann hier LINKE nur beistimmen, wenn er mit Bezug auf den zitierten Ausspruch KOFFKAS sagt: „Nun ist die Auslösung einer ‚Empfindung‘ . . . durch einen Reiz vielleicht das größte Rätsel der ganzen Psychologie überhaupt und wird vermutlich für immer ein solches bleiben. Wenn also W. unser Problem nur dadurch aufhellen zu können glaubt, daß er es für ebenso problematisch erklärt wie etwas, das anerkannterweise für immer problematisch bleiben muß, so bedeutet das wahrlich keinerlei Gewinn für unsere Einsicht, wenigstens so lange wir über die Gründe, die zu einer solchen Verzichtleistung nötigen, so im Dunkeln gelassen werden wie das hier geschieht.“<sup>2</sup>

II. LINKES Theorie der assimilativen Wahrnehmung. So lautet der Name nicht, den man gewöhnlich der Theorie LINKES gibt, vielmehr pflegen sie Anhänger und Gegner als „Theorie der Identifikationstäuschung“ zu bezeichnen und zu glauben, ihr Urheber habe mit ihr eine genetische Erklärung der stroboskopischen Phänomene geben wollen. So berichtet z. B. WERTHEIMER, durch die Identifikation (sc. der beiden Objekte, die den alternierenden Reizen entsprechen) entstehe der Bewegungseindruck; und seine Opposition gründet sich u. a. auf die Beobachtung, daß der Bewegungseindruck auch dort vorhanden sein könne, wo keine Identität der beiden Objekte gegeben sei und es daher nicht angehe, „den Identitätseindruck . . . als primäre conditio sine

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. Psychol.* 67, S. 354.

<sup>2</sup> LINKE, *Grundfragen d. Wahrnehmungslehre*. München 1918. S. 315.

qua non aufzufassen“.<sup>1</sup> Und auch H. LEHMANN, der in seiner vortrefflichen Schrift „Die Kinematographie, ihre Grundlagen und ihre Anwendungen“<sup>2</sup> über LINKES Theorie zustimmend referiert, sagt von ihr, daß sie uns über die Ursache der stroboskopischen Täuschung aufklärt“ (S. 17). In der Tat finden sich in LINKES ausführlicher Abhandlung über „die stroboskopischen Täuschungen und das Problem des Sehens von Bewegungen“<sup>3</sup> mancherlei Äußerungen, die der unbefangene Leser wohl nur im Sinne einer genetischen Erklärung deuten wird. Wenn der Verfasser wiederholt die Identifikation als „Grundbedingung“ des Bewegungseindruckes bezeichnet (so S. 530) so liesse sich allenfalls noch daran denken, daß man auch ein notwendiges Bestandteil einer Erscheinung als eine ihrer „Bedingungen“ bezeichnen kann; aber an eine kausale Erklärung wird man wohl denken müssen, wenn uns gesagt wird, eine unmittelbar erlebte Identifikation löse eine Bewegungsvorstellung aus.<sup>4</sup> Wenn sich also LINKE in seiner neuesten Publikation<sup>5</sup> förmlich darüber beschwert, daß man ihm eine Identitätstheorie im Sinne einer genetischen Theorie zugeschrieben habe, so muß zur Entschuldigung WERTHEIMERS und anderer doch gesagt werden, daß LINKE selbst das Möglichste getan hat, um einem solchen Mißverständnis seiner Lehre Vorschub zu leisten.

Wir nehmen nunmehr von seinen neueren Erklärungen Kenntnis, denen zufolge die sog. Identitätstheorie lediglich den „klar vor aller Augen liegenden deskriptiven Tatbestand“ analysieren und keineswegs eine genetische Erklärung bieten wollte.<sup>6</sup> Der Verfasser vertritt jetzt allerdings mit voller Klarheit die Ansicht, daß die für das Verständnis der stroboskopischen Bewegung entscheidenden Tatsachen bereits „im deskriptiven Gebiete“ lägen und daß WERTHEIMER nicht gut daran getan habe, seine Erklärung sogleich auf physikalische

<sup>1</sup> WERTHEIMER, Exper. Stud. üb. d. Sehens von Bewegung. *Zeitschr. f. Psychol.* 61, S. 238.

<sup>2</sup> Aus Natur und Geisteswelt. 358. Bänden.

<sup>3</sup> *Psychol. Stud.* 3, S. 393 ff.

<sup>4</sup> *Psychol. Stud.* 3, S. 532.

<sup>5</sup> Grundfragen der Wahrnehmungslehre. München 1918.

<sup>6</sup> Grundfragen der Wahrnehmungslehre. S. 304.

Reize und zentrale physiologische Vorgänge zu gründen, ehe noch der deskriptive Tatbestand genügend festgestellt sei.

LINKES Ansicht, die grundsätzlich das „intentionale“ Gebiet nicht überschreitet, stellt zunächst fest, zum Sehen einer Bewegung überhaupt (nicht bloß einer stroboskopischen) sei nötig, daß mindestens zwei Gesichtswahrnehmungen nacheinander bestehen, die in ihren räumlichen Bestimmungen wenig genug voneinander abweichen, um identifiziert, d. h. auf einen einzigen Gegenstand bezogen werden zu können. Diese Identität müsse unmittelbar erlebt werden; dazu sei nötig, daß die beiden Wahrnehmungen hinreichend rasch aufeinander folgen, um als ein einziges, einheitliches Ganze im Bewußtsein zu wirken. Sie müssen also wenigstens in dem Sinn gleichzeitig vorhanden sein, als man dies von einem gesprochenen Wort oder einer kurzen Reihe von Taktschlägen behaupten kann. Die Identität muß man also schon aus gegenstandstheoretischen Gründen von jeder Bewegung und daher auch von der stroboskopischen verlangen. Das Besondere der letzteren besteht aber darin, daß im eigentlichen Sinne doch nur die beiden Endlagen wahrgenommen werden. Indem man diese (allerdings fälschlich) identifiziert, muß das Bewegungsbewußtsein entstehen, da Identität des räumlich Unterschiedenen nicht vorstellbar ist ohne den Gedanken an Bewegung oder das Bestehen von Zwischenphasen. Dieses Bewegungsbewußtsein verschmilzt assimilativ mit den eigentlich wahrgenommenen Elementen, so daß diese einen eigentümlichen Bewegungscharakter erhalten, ohne daß man den letzteren deshalb als wahrnehmungsmäßig gegeben erlebt. Die stroboskopische Bewegung ist also eine „Gestaltumformung“. „Forme ich zwei örtlich verschiedene Punkte oder Striche so um, daß der eine die Anfangs-, der andere die Endphase einer einheitlichen Bewegung bildet, so bin ich damit infolge der Natur der Bewegung eo ipso genötigt, so vorzugehen, daß diese Bewegung . . . sich in einem zeitlichen Kontinuum über ein räumliches Kontinuum hinwegerstreckt (daß also kontinuierliche Zwischenphasen zwischen der Anfangs- und der Endphase bestehen), daß ferner dabei ein bewegtes Etwas als identischer ‚Träger‘ der Bewegung bestehen bleibt usw.“<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grundfragen usw. S. 258.

Man sieht: die Identität kommt dem stroboskopisch Bewegten zu, weil sie aus gegenstandstheoretischen Gründen dem Bewegten überhaupt zukommt. Hier haben wir es also noch nicht mit einer Besonderheit der stroboskopischen Bewegung zu tun. Damit begegnet LINKE auch dem Einwand, daß selbst, wenn beide Objekte nicht identifiziert werden, jedes für sich eine Bewegung ausführen könne; denn hier sei wenigstens für jede Einzelbewegung je ein identisches Objekt gegeben.<sup>1</sup>

Für die spezifisch stroboskopische Bewegung liegt natürlich das Schwergewicht auf der assimilativen Wahrnehmung und darum haben wir LINKES Theorie auch als Theorie der assimilativen Wahrnehmung bezeichnet. Aber auch diese Theorie ist vom Verfasser nicht im Sinne einer genetischen Erklärung gemeint. In der Tat, wenn jene assimilative Ergänzung doch nicht den Charakter des eigentlich Wahrgenommenen an sich trägt — Verfasser bezeichnet sie selbst als „unanschaulich“<sup>2</sup> —, so muß sich ja die stroboskopische Bewegung von der reellen schon deskriptiv unterscheiden. Nichtsdestoweniger kann man natürlich die Frage aufwerfen, woran es denn liege, daß im Falle der stroboskopischen Bewegung eine solche Verbindung von wahrgenommenen und vorgestellten Komponenten zu einer assimilativen Wahrnehmung überhaupt stattfindet. LINKE erörtert, wo er diese Frage aufwirft, mehrere Möglichkeiten, darunter auch die einer reproduktiven Assimilation, also einer Assimilation im Sinne WUNDTs, daneben auch die von angeborenen Dispositionen. Aber die Erörterung endet mit der Erklärung: „Zwischen diesen Möglichkeiten wollen und können wir hier keine Entscheidung treffen.“<sup>3</sup> Die reproduktive Assimilation will er jedenfalls ausgeschlossen wissen.<sup>4</sup>

So viel ist also sicher, daß er die Stelle leer läßt, die unsere Untersuchung auszufüllen bestrebt ist, und damit würde auch für uns die Notwendigkeit einer kritischen Auseinandersetzung mit LINKES deskriptiver Theorie wegfallen, was mir

<sup>1</sup> Grundfragen. S. 313.

<sup>2</sup> Grundfragen. S. 301.

<sup>3</sup> Grundfragen. S. 286.

<sup>4</sup> S. 286 u. 314.

um so willkommener ist, als ich ihre Grundlagen, soweit sie in das allgemeinere Gebiet der Wahrnehmungslehre führen, ohnehin nicht verstanden habe und ich eine Auseinandersetzung mit einem Autor, dessen widerwärtig anmaßender Ton auch so ruhige Naturen wie DÜRR und MARBE schon etwas aus dem Gleichgewicht gebracht hat, gern vermeide.<sup>1</sup>

Ich bin mit LINKE durchaus einverstanden, wenn er vor jeder genetischen Erklärung eine genaue deskriptive Feststellung des Tatbestandes verlangt. Die Berufung auf den Grundsatz „*entia non sunt multiplicanda . . .*“ (S. 309) ist allerdings nicht am Platze, wenn er die Vermeidung einer genetischen Erklärung rechtfertigen soll. Bleibt man im deskriptiven Gebiet, so ist jener Satz ohnehin selbstverständlich. Sucht man aber nach einer genetischen Erklärung, so müssen die gegebenen *entia* auf jeden Fall überschritten werden. Der Sinn jenes Satzes kann aber doch nicht in dem Verbot bestehen, sich mit genetischen Problemen überhaupt zu beschäftigen. Es kann niemandem verwehrt werden, sich aus Scheu vor sog. Theorien von genetischen Problemen überhaupt zurückzuhalten, aber daraus folgt keineswegs, daß man sie dort, wo sie der Natur der Sache nach vorliegen, durch Vergewaltigung der Tatsachen hinausschaffen darf. Das gilt z. B. von dem Problem der Adaptation, das sich doch sicher auf das Verhältnis von Reiz und Empfindung bezieht und in diesem Sinne notwendig ins Gebiet der „Theorie“ führt. LINKE glaubt auch hier den Tatbestand rein deskriptiv erschöpfen zu können. Dunkle Gegenstände „verwandeln sich“ in hellere und dazu brauche es keinen Rekurs ins Gebiet der Reize: „Ich kann mithin nur konstatieren, daß die fragliche Verwandlung sich ausschließlich im intentionalen Gebiet vollzogen

<sup>1</sup> Bei LINKE wird sich kaum eine polemische Stelle finden lassen, an der er den Gegner bloß sachlich ins Unrecht setzt oder ihm etwa ungenügende Kenntnisse vorwirft, was ja erlaubt ist. Stets ist die gegnerische Ansicht „natürlich“ falsch, „selbstverständlich“ gilt das Gegenteil“ u. dgl. Der Gegner soll nicht nur Unrecht haben, sondern dem Leser als Schwachkopf präsentiert werden, der das „Natürliche“ nicht sieht, das „Selbstverständliche“ nicht versteht. Ich möchte LINKE dringend anraten sich diese schriftstellerischen Unarten beizeiten abzugewöhnen.

hat“ (S. 265). Die Äquivokation, die LINKE wahrscheinlich nicht bemerkt hat, liegt in dem Ausdruck „Verwandlung“. Die Aufhellung erfolgt niemals mit einer solchen Geschwindigkeit, daß man den Vorgang selbst wahrnehmen könnte, etwa wie man ihn wahrnimmt, wenn man durch Aufdrehen des Hahnes den Gaszufluß sehr rasch steigert; kurz, die merkbare Aufhellung erfolgt nicht während der psychischen Präsenzzeit. Man kann deskriptiv überhaupt nicht von einem Vorgang sprechen, der „vorläge“, sondern nur von zwei Wahrnehmungen, einer früheren und einer späteren. Daß man aber früher einmal dunkel gesehen hat und jetzt hell sieht, begründet noch kein deskriptives Problem, die Problemstellung beginnt erst, wenn es sich zeigt, daß ein und derselbe Reiz einmal zur Dunkel-, einmal zur Hellempfindung geführt hat. Will man auch hier von einer „Verwandlung“ sprechen, so hat dieses Wort doch offenbar nicht den Sinn einer Verwandlung, die man als solche wahrnimmt.

Sofern ich über die Priorität der deskriptiven Problemstellung mit LINKE einig bin, hinsichtlich der Genesis der stroboskopischen Bewegungen aber ein Gegensatz nicht bestehen kann, da LINKE eine genetische Erklärung gar nicht geben will, könnte ich mir, wie es scheint, eine weitere Auseinandersetzung mit diesem Autor ersparen. Tatsächlich geht dies leider nicht an. Zwischen LINKE und mir ergibt sich nämlich eine erhebliche Differenz hinsichtlich der Abgrenzung, die wir dem Umfang des Begriffes „stroboskopische Erscheinung“ zuteil werden lassen, mit anderen Worten es sind nicht dieselben Erscheinungen, die wir beide dem Gattungsbegriff Stroboskopie unterordnen. Jede erklärende Theorie (wie etwa die von mir vertretene) wird bestrebt sein, das deskriptiv Zusammengehörige auch genetisch einheitlich zu erklären. Da nun LINKE die stroboskopischen Erscheinungen als Identifikationstäuschungen so allgemein faßt, daß auch Fälle, in denen überhaupt keine Bewegung gesehen wird, noch unter diesen Titel subsumiert werden, während unsere Theorie ausschließlich für stroboskopische Bewegungen gilt, darf ich wohl in eine Auseinandersetzung über diesen allgemeineren Begriff der Stroboskopie eingehen, ohne den Vorwurf eines bloß terminologischen Streites besorgen zu müssen.

Es handelt sich also jetzt um die Frage, mit welchem Recht man von stroboskopischen Erscheinungen ohne Bewegung sprechen kann, von „freien stroboskopischen Erscheinungen“, wie sie LINKE nennt mit Rücksicht darauf, daß sie auch ohne spezielle Apparate frei in der Natur vorkommen. Bei dieser Begriffsbildung liegt das Schwergewicht in dem Moment der falschen Identifikation; denn eine assimilative Wahrnehmung findet ja hier, wo alles im eigentlichen Sinne wahrgenommen wird, nicht statt, wie LINKE selbst sagt.

Sehen wir uns zunächst nach Beispielen um. Wenn ein Gegenstand meines Gesichtsfeldes, während ich die Augen schliesse, entfernt und noch während des Augenschlusses durch einen ihm vollkommen gleichenden ersetzt wird,<sup>1</sup> ja selbst, wenn derselbe Gegenstand weggenommen und sofort wieder an seinen früheren Platz gesetzt wird,<sup>2</sup> sei eine Identifikationstäuschung und damit eine stroboskopische Erscheinung gegeben. Und ähnlich steht es mit dem Fall, den LINKE S. 353 f. seiner „Grundfragen“ konstruiert. Ein Gegenstand unseres Gesichtsfeldes a werde plötzlich, wie mit einem Zauberschlage, vernichtet und ein ihm genau gleichender Gegenstand b wieder mit einem Zauberschlag an dieselbe Stelle gesetzt. Fallen die beiden Zauberschläge zeitlich zusammen, so liegt der Fall offenbar so, wie wenn ein einziger ruhender Gegenstand während der Gesamtzeit allein intentional erlebt würde. Trotzdem liege Identifikations- und damit echte stroboskopische Täuschung vor (Grundfragen S. 354).<sup>3</sup>

Ein anderes Beispiel bietet der Fall, daß man hinter dem vertikalen Spalt eines Schirmes einen weissen, gegen den Spalt schräg stehenden Streifen legt, aus welchem der Spalt ein Stück von der Gestalt eines Parallelogrammes ausschneidet. Zieht man den Streifen in seiner eigenen Längsrichtung hinter dem Spalt vorüber, so scheint dieses Parallelogramm zu ruhen,

<sup>1</sup> *Psychol. Stud.* 3, S. 399.

<sup>2</sup> *Psychol. Stud.* S. 404.

<sup>3</sup> Beiläufig bemerkt hat L. vergessen, daß er es 9 Jahre zuvor als Bedingung einer Identitätstäuschung bezeichnet hatte, daß eine zeitliche Differenz der einzelnen Expositionen subjektiv bestehen bleiben müsse (*Psychol. Stud.* 3, S. 401), was bei der Koinzidenz von End- und Anfangspunkt der beiden Expositionszeiten offenbar nicht zutrifft.

obwohl immer neue Teile des Streifens sichtbar werden. Nach LINKE liegt hier „ein besonders einfacher Fall“ einer Identitätstäuschung vor, dessen Grund sich „auf dem Boden“ seiner Anschauung von selbst ergebe (S. 357): Es befinden sich zwar sukzessiv immer andere Streifenteile im Spalt, aber sie unterscheiden sich durch nichts, werden daher (fälschlich) identifiziert, also wieder eine stroboskopische Täuschung ohne Bewegung. Man kann sie in eine Bewegungstäuschung überführen, wenn man den Streifen parallel mit sich selbst hin- und herschiebt; das Parallelogramm wandert dann im Spalte auf und ab, auch hier liege Identitätstäuschung vor, aber natürlich mit Bewegung.

Auch das sog. „Speichenphänomen“ wird zur Illustration herangezogen. Dreht sich ein Rad mit 4 ganz gleich aussehenden Speichen (der Radkranz kann auch weggelassen werden) bei intermittierender Beleuchtung, so sieht man das Rad in Ruhe, wenn es sich in der Intermissionszeit gerade um einen Quadranten (oder um ein ganzes Vielfache eines Quadranten) gedreht hat. Es steht ja dann bei jeder Exposition an der Stelle, wo früher eine Speiche stand, wieder eine Speiche; zwar in Wirklichkeit eine andere, aber wegen der vollkommenen Gleichheit von der vorigen nicht zu unterscheidende. Erst, wenn das Ausmaß der objektiven Drehung während einer Intermission sich um den Winkel  $\pm \varphi$  von dem eben erwähnten Betrag unterscheidet, haben die Speichen bei jeder folgenden Exposition eine Stellung, die sich um  $\pm \varphi$  von der vorhergehenden unterscheidet. Diese Stellungen können dann zu einer stroboskopischen Bewegung vereinigt werden, die natürlich nur mit dem Betrage  $\pm \varphi$  erfolgt. Aber für unsere dermaligen Zwecke kommt nur der ersterwähnte Fall<sup>1</sup> in Betracht. Er zeigt wieder eine stroboskopische Täuschung ohne Bewegung.

Wie schon bemerkt, verdanken diese Fälle ihre Einreihung unter den Titel Stroboskopie nicht der Tatsache einer assimilativen Wahrnehmung (denn eine solche findet hier auch nach LINKE nicht statt), sondern nur der einer fälschlichen Identifikation. Wir fragen aber: was wird hier fälschlich identifiziert? Ist es das in der unmittelbaren Wahrnehmung Ge-

<sup>1</sup> Drehung um eine ganze Anzahl von Quadranten.

gebene, das „Wahrnehmungsintentionale“, um mit LINKE zu sprechen, oder ist es „der an Stelle des wahrgenommenen Gegenstandes vermutlich vorhandene wirkliche Gegenstand“, also das „Wahrnehmungsreal“?<sup>1</sup> Wenn sich zwei aufeinanderfolgende „Gegebenheiten“ durch gar nichts außer durch die Zeitlage unterscheiden, so sind die Wahrnehmungsintentionale identisch. Wenn sie also „identifiziert“ werden, so ist die Identifikation der „Intentionale“ gar keine Täuschung. Erst die Bezugnahme auf das „Wahrnehmungsreal“ kann den Ausdruck Täuschung rechtfertigen. Das Wahrnehmungsreal aber liegt außerhalb des deskriptiven Tatbestandes, wie LINKE wiederholt und mit Recht betont. Charakterisiert man also die stroboskopischen Erscheinungen in jener allgemeinen Bedeutung, in der sie auch die Fälle ohne Bewegung umfassen sollen, durch das Moment der Identifikationstäuschung, so hat man das rein deskriptive Gebiet verlassen im Gegensatz zu dem Verfahren, das man bei Charakteristik der stroboskopischen Bewegungen eingeschlagen hat. Denn bei den letzteren spielt sich die Täuschung auf dem Gebiet der „Wahrnehmungsintentionale“ ab; hier gilt ja, was LINKE S. 300 sagt: „Das, was ich eigentlich wahrnehme, ist noch keine Bewegung; trotzdem „habe“ ich Bewegung: sie ist unter allen Umständen für mich<sup>2</sup> gegeben.“

Bleibt man also, was LINKE immer verlangt, auf deskriptivem Gebiet, so muß man hinsichtlich des hinter dem Spalt bewegten Streifens sagen: wird er in seiner Längsrichtung bewegt, so ist das „Intentionale“ in tatsächlicher Ruhe; verschiebt man ihn parallel zu sich selbst, so bewegt sich das Intentionale tatsächlich auf und ab. Auf intentionalem Gebiet findet also überhaupt keine Täuschung statt — im Gegensatz zur stroboskopischen Bewegung, wo sich, wenigstens nach LINKE, die Täuschung gerade auf diesem Gebiet abspielt.

Analog verhält es sich beim Speichenphänomen. Wenn die Speichen in sich ununterscheidbar sind, so ruht das Rad als „Wahrnehmungsintentionale“ tatsächlich.

Und auch von dem Gegenstand, der während des Augen-

<sup>1</sup> Über diese Ausdrücke vgl. Grundfragen S. 204 f. u. 365.

<sup>2</sup> Von mir gesperrt.

schlusses entfernt und durch einen ganz gleich aussehenden ersetzt wird, gilt Analoges. In dem Falle, daß sogar der weggenommene Gegenstand selbst wieder an die alte Stelle gebracht wird, hat sich LINKE die eigene Position durch eine unnötige Zutat noch weiter erschwert, denn hier findet nicht einmal bezüglich des Wahrnehmungsreales eine falsche Identifikation statt; von einer Täuschung könnte man also nur reden, wenn der Beobachter behauptete, es sei während des Augenschlusses überhaupt nichts geschehen. Aber sollte man nun auch diesen Irrtum als „stroboskopische Täuschung“ bezeichnen? Dann würde man diesen Begriff schließlichs erweitern, daß jede Leugnung eines wirklichen, aber nicht wahrgenommenen Tatbestandes in seinen Umfang fällt; denn in diesem Sinne könnte man ja jede derartige Leugnung als eine Identifikation der Sachlage, wie sie vor diesem mit Unrecht geleugnetem Vorgang bestanden hat, mit der Sachlage nach ihm auffassen.

Immerhin bleibt es, auch abgesehen von dieser neuen Entgleisung, ein Irrtum, wenn LINKE meint, die Identifikations-täuschung ohne Bewegung sei der allgemeinere Fall, der die stroboskopische Bewegung als Spezialfall einschliesse. Ist nun schon die deskriptive Klassenbildung verfehlt, so fällt auch jeder Anlaß weg, nach einer genetischen Erklärung zu suchen, die dieser ganzen widersinnig gebildeten Klasse gerecht wird. Und nur aus Rücksicht darauf mußten wir uns mit diesem verallgemeinerten Begriff der „stroboskopischen Täuschungen“ auseinandersetzen.

III. Stroboskopische Bewegung und sukzessive Lichtmischung. КОФКА. Sollte ich die Frage, welche Beziehung zwischen diesen beiden Tatsachen mir zu bestehen scheint, summarisch beantworten, so würde ich sagen: gar keine. Wie in der Einleitung bemerkt, kann man es aus dem historischen Entwicklungsgang des Problems der Scheinbewegung begreifen, daß nach einer Brücke zwischen ihr und der sukzessiven Lichtmischung gesucht wurde. Aber — hierin kann ich der Kritik LINKES, wenn auch nicht der Form, so doch der Sache nach, beipflichten — gefunden hat man sie nicht. Will man von einer „Verschmelzung“ sprechen und

Aquivokationen vermeiden,<sup>1</sup> so kann man die sukzessive Lichtmischung nur als eine Verschmelzung mehrerer Erregungen zu einer einzigen auffassen: die Wahrnehmung ist eine einzige, einfache und läßt keine Korrelate der Komponenten erkennen. Sie ist sicher an die Ortsgleichheit der Einzelreize gebunden. Von der stroboskopischen Bewegung gilt das Gegenteil: nicht eine neue Wahrnehmung entsteht, die von den Wahrnehmungen der einzeln exponierten Objekte nichts erkennen ließe, sondern diese letzteren bleiben unversehrt erhalten. Damit ist über die vollständigen Trennung der beiden Tatsachen bereits entschieden und auch eine Hypothese, die von dem oszillatorischen Charakter des Erregungsvorgangs, wie er vielleicht beiderseits besteht, Gebrauch macht, kann über diese Kluft nicht hinüberhelfen.

Es ist zuzugeben, daß die sukzessive Lichtmischung eine akzidentelle Rolle auch bei der stroboskopischen Bewegung spielen kann, namentlich wenn man sich der üblichen Stroboskope (z. B. des Dädaleums) oder der kinematographischen Projektionsapparate bedient. Im ersteren Fall kann sie dazu dienen, die Ruhe der tatsächlich vorüberziehenden Bilder herzustellen; im letzteren dazu, die Wirkung der zur Verbergung des Bildtransportes angewendeten Blende aufzuheben und so das störende Flimmern zu beseitigen. Da bei kinematographischen Projektionen auch ruhende Objekte vorkommen (die üblichen projizierten Titelüberschriften sind z. B. durchwegs ruhende Objekte) und selbst die bewegten Objekte Überdeckungsgebiete haben, hinsichtlich deren sie eben ruhende Objekte sind, ist es begreiflich, daß man ein Hilfsmittel, welches diese Störungen beseitigt, d. h. auch das Flimmern der ruhenden Objekte vernichtet, als für die Stroboskopie selbst wesentlich angesehen hat. Man kann aber LINKE nur zustimmen, wenn er in der „Nachbildwirkung“ nur ein technisches Hilfsmittel sieht,<sup>2</sup> dessen man zudem ganz entraten kann, wenn man das Filmband nicht mechanisch, sondern optisch „stationär“ macht, wodurch die Blendenvorrichtung überflüssig wird.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Vgl. darüber LINKE, *Zeitschr. f. Psychol.* 47, S. 214 f.

<sup>2</sup> LINKE, *Psychol. Stud.* 3, S. 463 ff.

<sup>3</sup> Vgl. LINKE, *Grundfragen*, S. 355.

Trotz dieser Erwägungen hat neuerdings KOFFKA<sup>1</sup> und vor ihm auch KORTE<sup>2</sup> den Gedanken an eine Beziehung dieser beiden Tatsachengebiete wieder aufgegriffen und der erstere ist auf der Suche nach einer Theorie, „die für Verschmelzungs- und Bewegungstatsachen gemeinsam gilt“.<sup>3</sup>

In Kürze ist der Grundgedanke der, dafs man bei einer stroboskopischen Bewegungserscheinung nur den Weg, also den Abstand = Null zu machen brauche, um die Bedingungen der sukzessiven Lichtmischung herzustellen. Es liege darum nahe „die Verschmelzungstatsachen nur als den Spezialfall einer allgemeineren Gesetzmäßigkeit“ aufzufassen.<sup>4</sup>

Mir scheint nun die obige Überlegung bezüglich der ErregungsverSchmelzung allein schon einem derartigen Grenzübergang zu verbieten. Der Weg 0 ist gewifs die letzte Grenze einer immer kleiner werdenden Wegstrecke. Solange man also von Reizen spricht, kann er als Grenzfall betrachtet werden; aber hier handelt es sich doch auch um die Wirkung der Reize und bezüglich dieser bleibt die Unstetigkeit bestehen, dafs eine ErregungsverSchmelzung bei terminalen Reizen ungleichen Ortes nicht vorhanden ist, bei Koinzidenz der Orte aber plötzlich möglich wird. Es besteht also eine Unstetigkeit in der Funktion, die einen Grenzübergang verbietet. Man könnte ebensogut einem Reisenden die Sefshaftigkeit zusprechen; es braucht blofs ein Reisender zu sein, der den Weg 0 durchwandert, d. h. keine Reise macht.

Aber auch im einzelnen zeigt sich bei KOFFKA, dafs er von Grenzbetrachtungen einen ganz unerlaubten Gebrauch macht.

Seine mit CERMAK durchgeführte Arbeit untersucht die Bedingungen, unter welchen ein intermittierend beleuchtetes, in Bewegung befindliches Objekt glatte Bewegung zeigt, unter welchen es in eine simultane Mehrheit von Objekten zerfällt und schliesslich unter welchen das Objekt sukzessive an verschiedenen Stellen ohne Bewegung auftritt, also in diesem

<sup>1</sup> CERMAK und KOFFKA, Beiträge zur Psychol. der Gestalt. Psychol. Forschung I, S. 66 ff.

<sup>2</sup> Zeitschr. f. Psychol. 72, S. 291.,

<sup>3</sup> A. a. O. S. 117.

<sup>4</sup> KORTE a. a. O. S. 291.

Sinne flimmert.<sup>1</sup> Es sind also ähnliche Erscheinungen, wie man sie beobachten kann, wenn man beim Licht einer Wechselstrombogenlampe etwa einen Säbel quer durchs Gesichtsfeld führt; bei raschem Durchschlagen sieht man eine größere Anzahl räumlich diskontinuierlicher und zeitlich simultaner Säbelbilder. Erst von einem gewissen Grade der Langsamkeit an bewegt sich ein Säbel kontinuierlich durch das Sehfeld. Das Suk-Stadium fehlt hier, worüber später. Bei KOFFKA ist der Säbel ein weißer Strich, der, auf einem schwarzen über zwei Rollen gehenden endlosen Band befestigt, sich mit variabler Geschwindigkeit durch das Gesichtsfeld bewegen läßt und von einer mit rotierender Blende versehenen Lichtquelle intermittierend beleuchtet wird. Bei konstanter Intermissionsfrequenz treten also die Bilder in immer gleichen Zeitintervallen auf, aber ihr räumlicher Abstand wird kleiner und größer, je nachdem das Band mit kleinerer oder größerer Geschwindigkeit bewegt wird. Bewegt man es mit der Geschwindigkeit 0, d. h. bleibt der Streifen stehen, so ist offenbar ein Fall sukzessiver Lichtmischung gegeben. Es lag daher nahe, diesen als Grenzfall des Suk-Stadiums aufzufassen: Weg  $s$  und Geschwindigkeit  $c=0$ .

Ich möchte im folgenden auf gewisse Schwierigkeiten hinweisen, die mir im logischen Aufbau der neuesten Untersuchung KOFFKAS gelegen scheinen, die man aber, erstickt in einem Wust von Buchstabensymbolen, nicht leicht durchschaut.

<sup>1</sup> Wenn KOFFKA diese dreierlei Eindrücke ohne weiteres mit den drei Hauptstadien WERTHEIMERS in Parallele bringt (Sim, Opt, Suk), so ist das nur bedingt richtig, nämlich insofern wirklich entweder mehrere Objekte simultan gesehen werden oder aber ein Objekt in Bewegung oder schließlich mehrere Objekte in diskontinuierlicher Sukzession. Hinsichtlich der Entstehungsart besteht dieser Parallelismus nicht. Bei konstanter Intermission der Lichtquelle sind die Zeiten, während deren das Objekt belichtet und verdunkelt wird, ebenfalls konstant, das Objekt (der weiße Strich) mag mit welcher Geschwindigkeit immer bewegt werden. Nur die räumlichen Abstände der Einzelbilder ändern sich, sind groß bei großer, klein bei geringer Geschwindigkeit. Bei WERTHEIMER ist es aber gerade die variable Zwischenpause, von der er glaubt, daß sie nur bei einer gewissen Größe das Optimalstadium, bei geringerer Sim, bei zu großer Suk erzeugt. — Wir gebrauchen weiterhin im Anschluß an KOFFKA die Abkürzungen: Sim, Opt, Suk für die 3 Stadien WERTHEIMERS.

Will man die stroboskopischen Erscheinungen mit der sukzessiven Lichtmischung unter einen Gesichtspunkt bringen, so muß zunächst entschieden werden, welche Erscheinungen des letzteren Gebietes den drei Stadieneindrücken auf ersterem entsprechen, dem Sim, dem Opt und dem Suk.<sup>1</sup> Nun erfahren wir zwar, dem Sim entspreche die Verschmelzung, dem Suk das eigentliche Flimmern. Aber was entspricht dem Opt? Zwischen Verschmelzung und Flimmern gibt es kein Zwischenstadium, während doch das Opt das Zwischenstadium zwischen Sim und Suk ist. Also gerade für dasjenige Stadium (Opt), das uns besonders am Herzen liegt — LINKE nennt mit Recht Stroboskopisch und Optimal „zwei verschiedene Ausdrücke für eine und dieselbe Sache“<sup>2</sup> — fehlt das Analogon. — KORTES Gesetze gelten nur für das Opt-Stadium; und wenn KOFFKA<sup>3</sup> sagt, sie enthielten implizite auch Aussagen darüber, was aus der optimalen Bewegung wird, wenn der Reizkomplex die in diesen Gesetzen ausgesprochenen Bedingungen nicht erfüllt, so meint er offenbar, daß diese Gesetze implicite auch über die Bedingungen von Sim und Suk entscheiden. Das ist nun

<sup>1</sup> Zur Orientierung des Lesers sei hier an die Bedeutung der 3 Ausdrücke: Simultan-, Optimal- und Sukzessivstadium erinnert. Wenn zwischen 2 alternierenden Objekten A und B eine Scheinbewegung entsteht, die die ganze Strecke AB ausfüllt, so spricht WERTHEIMER vom Optimalstadium (Opt). Findet keine Bewegung zwischen A und B statt, so können die beiden diskreten Objekte gleichzeitig erscheinen: Simultanstadium (Sim), oder nacheinander: Sukzessivstadium (Suk). Nach WERTHEIMER hängt es wesentlich von der Länge der Zwischenpause ab, welches der 3 Stadien eintritt: bei zu kurzer Pause entsteht Sim, bei zu langer Suk, bei einer gewissen mittleren Größe Opt. Macht man, wie es KOFFKA tut, die Versuche mit einem reell bewegten Objekt bei intermittierender Beleuchtung (wie der Säbel, der bei Wechselstromlicht durchs Gesichtsfeld geschlagen wird) so finden sich diese 3 Stadien mutatis mutandis wieder: Das Objekt zerfällt entweder in mehrere Bilder, die gleichzeitig bzw. nacheinander erscheinen (Sim, bzw. Suk) oder es zerfällt überhaupt nicht, sondern wird in glatter Bewegung gesehen (Opt). — Reduziert man den Abstand AB auf 0, so erhält man den Fall sukzessiver Lichtmischung, wobei Verschmelzung oder Flimmern entstehen kann. Welchem der drei WERTHEIMERSchen Stadien (Sim, Opt, Suk) Verschmelzung und Flimmern als Grenzfälle zuzuordnen sind, wird im Text erörtert.

<sup>2</sup> Grundfragen S. 351.

<sup>3</sup> *Zeitschr. f. Psychol.* 82, S. 259.

nicht richtig; denn nicht „implizite“, sondern nur mit Hinzunahme der WERTHEIMERSCHEN Anschauungen, denen zufolge Vergrößerung der Pause zum Suk-Stadium, Verkleinerung zum Sim führe, läßt sich aus den von KORTE festgestellten Bedingungen für das Opt ein Schluß auf die Bedingungen des Sim und des Suk ziehen — und von diesen Anschauungen ist, wie wir wissen, die auf das Sim bezügliche noch dazu falsch. Überdies würde uns selbst diese Ausdehnung der KORTESCHEN Gesetze über das Opt-Stadium hinaus trotzdem nicht der Notwendigkeit entheben, auf dem Gebiet der Lichtmischung ein Stadium namhaft zu machen, das dem Opt entspräche. Denn eben, wenn Sim und Suk nur als gegensinnige Verschlechterungen von Opt aufgefaßt werden, muß man für die Lichtmischung ein Analogon suchen, das bei gegensinniger Änderung einerseits zur Verschmelzung, andererseits zum Flimmern führt. Dieses Analogon vermisse ich.

Aber sehen wir davon ab, so ist mir auch für Sim und Suk nicht klar geworden, mit welchem Recht sie mit Verschmelzung bzw. Flimmern in Parallele gesetzt werden. In der Natur der so parallelisierten Erscheinungen kann der Grund nicht liegen. Für Suk — Flimmern sagt ja KOFFKA selbst (S. 72), man könne den unruhigen Eindruck beim Suk zwar auch „Flimmern“ nennen; aber dieses und das Flimmern eines ruhenden Gegenstandes (oder eines rotierenden Kreisels) seien „wohl zu unterscheiden“, es handle sich um „verschiedene Phänomene“. Dafs aber die Parallelisierung Sim — Verschmelzung nicht schon aus der Natur der beiden Phänomene hervorgehe, ist bereits oben ausgeführt worden. Wir brauchen also Beweise für die beiden Entsprechungen.

Nun ist KOFFKA bemüht, für beide Gebiete, stroboskopische Bewegung und Lichtmischung, „Parallelgesetzlichkeiten“ ausfindig zu machen. So sei es z. B. ein Parallelgesetz, dafs Verringerung von  $t$  (= Expositionszeit + Dunkelpause) hier Sim, dort Verschmelzung begünstige. Aber es ist klar, dafs die Parallelisierung Sim — Verschmelzung bereits als berechtigt erwiesen sein muß, wenn man hier von einem Parallelgesetz reden will; denn wenn diese erst durch das Parallelgesetz begründet wäre, dann läge ja die *Petitio principii* auf der Hand.

Wir können aber noch um einen Schritt weiter gehen. Man könnte daran denken, durch eine Grenzbetrachtung den Übergang von Sim zur Verschmelzung, von Suk zum Flimmern zu finden und so die Parallelisierung zu rechtfertigen. Man würde z. B. suchen, für das zweite KORTESCHE Gesetz, demzufolge mit steigender Intensität  $i$  die Pause  $t$  abnehmen muß, ein entsprechendes Verhalten auch bei der Lichtmischung zu finden. Und in der Tat spricht ja KORFFKAS erstes Parallelgesetz (S. 102) ein solches gemeinsames Verhalten aus, der Grenzübergang ist dann so zu denken, daß man den Weg  $s$  (bzw. eine äquivalente Größe wie die Geschwindigkeit  $c$ ) auf 0 sinken läßt; nunmehr muß sich zeigen, ob die reziproke Beziehung, die zwischen  $i$  und  $p$  bei endlichem Weg besteht, sich auch bei  $s = 0$  bewahrheitet.

Verhält sich dies aber so, dann ist klar, daß man von den KORTESCHEN Gesetzen nur diejenigen auf die Lichtmischung übertragen kann, in denen (wie in dem eben erwähnten) der Weg oder ein ihm äquivalenter Ausdruck nicht vorkommt. Denn wenn man behufs Gewinnung eines Grenzübergangs den Weg auf 0 reduzieren muß, so hat man ihn ja nicht mehr als Variable zur Verfügung. Daher eignet sich von den KORTESCHEN Gesetzen das zweite (Pause und Intensität) oder das vierte (Pause und Exposition) wenigstens formell zu einem Grenzübergang; womit ich aber nicht einmal zugestehen will, daß damit schon die Parallelisierung Sim — Verschmelzung gerechtfertigt sei — denn wohin kämen wir, wenn wir um der gleichen quantitativen Funktionalbeziehung willen schon die Vorgänge, zwischen denen diese Beziehung besteht, für wesensverwandt hielten! Hingegen sind diejenigen seiner Gesetze, die den Weg oder Abstand  $s$  enthalten (und das ist beim ersten und dritten der Fall) schon aus formallogischen Gründen zu einem Grenzübergang, der von der Bewegung zur Lichtmischung führt, von vornherein ungeeignet. Denn, um es noch einmal zu sagen, eine Beziehung zwischen den Variablen  $s$  und  $p$  kann nicht auf einen Grenzfall ausgedehnt werden, der selbst durch  $s = 0$  definiert ist und für den daher  $s$  keine Variable sein kann. Dasselbe gilt natürlich auch dort, wo  $s$  nicht explizite auftritt, sondern nur eine Größe, in der  $s$  implizite enthalten ist. So würde z. B. in der KORFFKASCHEN Versuchsanordnung

(bewegtes Objekt bei intermittierender Beleuchtung) die Intermissionsfrequenz  $v$  das  $s$  implizite enthalten: mit wachsendem  $v$  nimmt  $s$  ab. Diesen Fall muß man besonders beachten, weil ja  $s$  zugleich auch in derjenigen GröÙe  $c$  (Geschwindigkeit des bewegten Streifens) implizite enthalten sein kann, deren Reduktion auf 0 eben den Grenzübergang ausmacht. Es sind also etwas komplizierte Verhältnisse, die um so undurchsichtiger werden und daher um so leichter Verwirrung schaffen können, je mehr sich die kritischen Variablen in der Umhüllung anderer verbergen. Von KOFFKA'S Darstellung kann man nicht sagen, daß sie dem Leser die Durchsicht erleichtert. Soweit sie mir selbst gelungen ist, glaube ich sagen zu können, daß KOFFKA die Verbindung Sim-Verschmelzung bzw. Suk-Flimmern durch eine Grenzbetrachtung zu erreichen trachtet und nunmehr, nachdem sie ihm feststeht, Parallelgesetze zwischen stroboskopischer Bewegung und Lichtmischung zu ermitteln sucht, für die er von jenen beiden Entsprechungen bereits Gebrauch machen zu dürfen glaubt. (Die Grenzbetrachtung würde bis zum III. Teil S. 97 seiner Arbeit reichen, von da weg kämen die Parallelgesetze an die Reihe.)

Wir wollen uns nun eine solche Grenzbetrachtung an der Hand von KOFFKA'S Versuchsanordnung näher ansehen, und zwar diejenige, die vom Suk zum Flimmern führt. Als Ausgangspunkt kann nur das 3. KORTESCHE Gesetz in Betracht kommen, weil nur dieses die hier nötige Beziehung zwischen Dunkelpause  $t$  und Abstand  $s$  herstellt. Die Formel für dieses Gesetz heißt:

$$t_{\text{opt}} \sim s$$

In Worten: Zur Aufrechterhaltung eines optimalen Bewegungseindruckes muß man Abstand und Pause im selben Sinne ändern.<sup>1</sup>

Dieses Verhältnis muß zunächst so gestört werden, daß aus der optimalen Bewegung bewegungslose Sukzession wird, also aus Opt Suk. Hierauf muß durch Reduktion von

<sup>1</sup> Das Zeichen  $\sim$  soll bedeuten, daß nicht strenge Proportionalität besteht, sondern nur daß beide GröÙen gleichzeitig wachsen und abnehmen.

s auf o der Grenzzustand der Lichtmischung herbeigeführt werden, um zu sehen, ob sich dieser als Flimmern (im eigentlichen Sinne) darstellt. Man erinnere sich zuvörderst, daß  $v$  (Intermissionsfrequenz) und  $c$  (Geschwindigkeit des bewegten Striches) die einzigen Größen sind, die sich in der KOFFKASchen Anordnung unmittelbar ändern lassen.  $t$  ( $= e + p$  d. h. = Belichtungs- + Verdunklungszeit) ändert sich zusammen mit  $s$  und zwar beide umgekehrt wie  $v$ , und ferner ändert sich der räumliche Abstand  $s$  proportional mit  $c$ . Will man also eine optimale Bewegung in der Richtung nach Suk stören, so könnte man dies durch eine Änderung von  $v$  niemals erreichen; denn man würde damit  $t$  und  $s$  ex definitione proportional ändern und würde damit zufolge des dritten KORTESchen Gesetzes das Opt aufrecht erhalten. Man könnte daher nur an eine Änderung der Geschwindigkeit  $c$  denken; mittels dieser hätte man es ja in der Hand  $s$  so zu ändern, daß die KORTESche Bedingung des Opt in der Richtung nach Suk gestört wird. Allein — ich verweise auf die obigen Erörterungen — die Änderung des  $c$  (und zwar bis zum Nullwert) benötigen wir ja zum Grenzübergang;  $c$  steht uns also nicht als freie Variable zur Störung des Opt zur Verfügung. Also sind alle Wege verschlossen in theoretisch diskutierbarer Weise das Suk-Stadium bei räumlich verschiedenem Reizen in das Flimmer-Stadium bei örtlicher Identität überzuführen und so durch einen Grenzübergang die Parallelisierung beider zu rechtfertigen.

Wollte man den Einwand machen, daß sich ex definitione  $t$  und  $s$  proportional ändern, während das KORTESche Gesetz bloß gleichzeitige Änderung im selben Sinne, aber nicht strenge Proportionalität verlangt, so würde ich antworten: eine so ungenau formulierte Beziehung läßt sich überhaupt nicht zur Grundlage einer Grenz Betrachtung machen; eine solche setzt eine Funktion voraus, aber nicht die bloße Feststellung, daß etwas wächst, wenn ein anderes wächst.

Eine analoge Betrachtung liefse sich hinsichtlich der Überführung des Sim in Verschmelzung anstellen.

KOFFKA hat allerdings neben das dritte KORTESche ein „Ergänzungsgesetz“ gestellt, von dem aus sich, wie es scheint, ein Grenzübergang zur Lichtmischung finden läßt. Für große

Intermissionsfrequenzen  $v$  gilt nämlich das KORTESche Gesetz nicht mehr, wie er findet. Der Wertebereich der  $c$ , innerhalb dessen noch glatte (Opt) Bewegung gesehen wird, reicht weiter hinab als er es zufolge des KORTESchen Gesetzes tun sollte. Wenn bei irgendeiner Frequenz  $v$  und irgendeiner Geschwindigkeit  $c$  glatte Bewegung gesehen wird, so sollte es dem KORTESchen Gesetz zufolge durch bloße Verminderung des  $c$  zum Sukzessivstadium kommen, der bewegte Strich sollte nacheinander an verschiedenen Orten erscheinen ohne eine Bewegung zu machen. Er sollte das bei jeder Intermissionsfrequenz tun, also bei jedem Wert von  $v$ . Tatsächlich tritt dieser Erfolg aber nur bei niedrigen Werten von  $v$  ein: nur wenn die Lichtquelle langsam intermittiert, sieht man den langsam bewegten Strich in diskontinuierlicher Sukzession. Ist die Frequenz  $v$  aber groß, so bleibt trotz Verlangsamung der Strichbewegung diese letztere optimal. Wir haben dieser Tatsache schon bei unserem Säbelbeispiel gedacht; wenn man den Säbel bei der hohen Frequenz der üblichen Wechselstromlampen auch noch so langsam bewegt, so erscheint er immer noch in glatter Bewegung. Man müßte gleichzeitig auch die Intermissionsfrequenz stark herabsetzen um jenes Sukzessivstadium zu erzielen, womit übrigens bewiesen ist, daß dieses Stadium, wenn man es erreicht, auf Rechnung der langen Zwischenpausen zu setzen ist und nicht auf Rechnung des geringen räumlichen Abstandes.

KOFFKA hat dieser Abweichung vom KORTESchen Gesetz durch ein besonderes Gesetz Ausdruck gegeben, das er „Zonengesetz“ nennt. Dieses Zonengesetz stößt also, beiläufig gesagt, das dritte KORTESche Gesetz um, wenn man dieses so allgemein faßt, wie es sein eigener Urheber getan hat. Daß es durch das Zonengesetz nur „ergänzt“ (S. 73), von ihm nur „überdeckt“ werde, (S. 88) sind allzu schonungsvolle Redewendungen, die über den wahren Sachverhalt nicht hinwegtäuschen können. Doch das nur nebenbei.

Indem nun KOFFKA von diesem Zonengesetz aus (statt vom dritten KORTESchen) einen Grenzübergang macht, kommt er zu dem Resultat, daß für  $c = 0$  (Lichtmischung, ruhender Säbel)  $v$  den Wert von MARRÉS „kritischer Verschmelzungsfrequenz“,  $t$  den Wert von MARRÉS „kritischer Periodendauer“

erreicht. Auf diese Weise wäre der Übergang zur Lichtmischung gefunden. Aber unserem augenblicklichen Problem ist auch damit nicht geholfen; wir brauchen eine Verbindung von Suk mit Flimmern, das Zonengesetz aber verhilft uns besten Falles zu einer solchen zwischen Optimalbewegung und Verschmelzung, was noch dazu recht auffallend ist, da wir doch bisher gehört haben, daß Verschmelzung und Sim äquivalent sind, nicht aber Verschmelzung und Opt.

Es ist also auch auf dem Wege der Grenzbetrachtung nicht gelungen, die Analogien Sim — Verschmelzung und Suk — Flimmern herzustellen und damit die Basis zu schaffen, auf der die acht von KOFFKA namhaft gemachten „Parallegesetze“ sich wirklich als parallele Gesetze legitimieren können. Ich kann daher der noch im Schofse der Zukunft liegenden Theorie KOFFKAS, sofern sie Verschmelzung und Bewegung auf gemeinsame Grundlage bringen will, keine günstige Prognose stellen; und das um so weniger, als sie sich, wie wir jetzt schon sehen, physiologisch an die so unklaren Vorstellungen WERTHEIMERS anlehnen wird. Anders kann es natürlich mit ihrem heuristischen Wert stehen, über den ich durchaus nicht absprechen will. Auch die unsinnigsten Annahmen können mitunter heuristisch höchst fruchtbar sein und leisten damit, was man von ihnen verlangen kann. Aber solche Hypothesen sind Provisorien und liegen als bloße Forschungsmotive jenseits von Wahr und Falsch. Eine Hypothese, die diesen Namen verdient, muß aber — darin bin ich mit KOFFKA<sup>1</sup> einig — richtig oder falsch sein können; und bei den Grundlagen, soweit wir sie heute überblicken können, scheinen mir die Aussichten nicht gerade vielversprechend.

Hinsichtlich der Grenzbetrachtungen hoffe ich nicht mißverstanden zu werden. Exakt und einwandfrei durchgeführt sind sie hier wie überall erlaubt und von größtem Wert — auch wir haben ja wiederholt von ihnen Gebrauch gemacht. Es ist z. B. gewifs gestattet zu schliessen: wenn die Verkürzung der Expositionszeit  $T_2$  die Wegstrecke der stroboskopischen Bewegung verkleinert, so wird sich eine Expositionszeit von solcher Kürze finden lassen, daß die Bewegung überhaupt

<sup>1</sup> *Zeitschr. f. Psychol.* 82, S. 258.

aufhört. Aber hier konvergieren äußere Ursache und psychischer Effekt beide gegen O und von einer Unstetigkeit kann keine Rede sein.

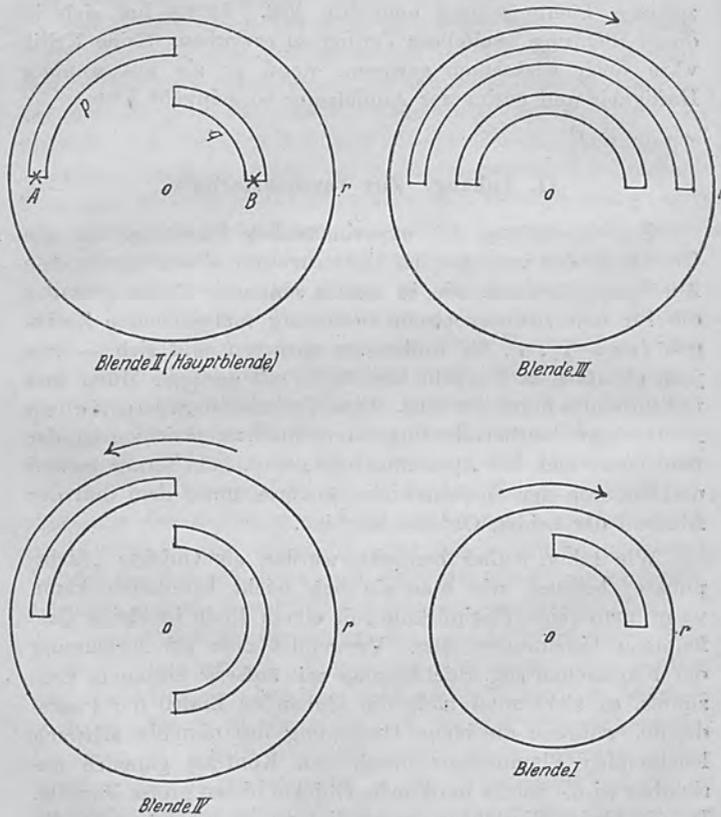
Alles in allem glauben wir sagen zu dürfen: auf eine fruchtbare Theorie der stroboskopischen Erscheinungen ist jedenfalls nur dann zu hoffen, wenn man die widernatürliche Verbindung zwischen ihnen und den Phänomenen der sukzessiven Lichtmischung endgültig löst. LINKE hat sich in dieser Richtung zweifellose Verdienste erworben. Seine Kritik wäre noch wirksamer gewesen, wenn er sie mit weniger Heftigkeit und geringerer Anmaßung vorgebracht hätte.

## II. Anhang. Zur Versuchstechnik.

Zur Gewinnung des experimentellen Materials, das die Grundlage der vorliegenden Untersuchung bildet, wurde eine Anordnung benützt, die in höchst einfacher Weise gestattet die für eine stroboskopische Bewegung maßgebenden Zeitgrößen  $T_1$ ,  $\tau$ ,  $T_2$  isoliert zu variieren und sich — was jetzt ebenfalls in Betracht kommt — mit geringer Mühe und fast kostenlos herstellen läßt. Eine Variation der räumlichen Abstände war hierbei allerdings nur dadurch zu erreichen, daß der Beobachter sich der Apparatur bald näher, bald ferner befand und dadurch den Gesichtswinkel änderte, unter dem ihm der Abstand der beiden Objekte erschien.

Wie schon früher bemerkt, wurden als Objekte „Lichtpunkte“ benützt, wie man sie sich leicht beschaffen kann, wenn man feine Platindrähte mit einem Ende in kleine Gasflammen hineinragen läßt. Verwendet man zur Erzeugung der Flämmchen sog. Stichtbrenner mit äußerst geringem Gaszufluß, so sieht man bloß die glühenden Enden der Platindrähte, während die blaue Umgebung des ohnehin schwach leuchtenden Flämmchens durch den Kontrast gänzlich unsichtbar wird. Solche punktuelle Objekte bieten große Vorteile. Da die übrige Einrichtung wesentlich aus Blenden besteht, die den Ausblick auf die Glühpunkte bald offen lassen, bald verdecken, so fällt die lästige Komplikation fort, daß das Objekt allmählich verdeckt und allmählich frei gegeben wird; es

verschwindet vielmehr augenblicklich im ganzen und tritt augenblicklich im ganzen wieder auf. Auch wird es vermieden, daß die nacheinander auftretenden Objekte räumliche Überdeckungsgebiete haben und daher echtes Flimmern entstehen kann. Will man überdies die Intensitäten oder die Färbung ändern, so läßt sich dies durch Vorsetzen grauer oder farbiger Glasplättchen leicht erreichen.



Figur 14.

Der wesentliche Teil der Versuchsanordnung besteht in einer Kombination von vier kreisrunden Blenden, die auf die

gemeinsame Achse eines Rotationsapparates aufgesetzt und mittels Motors gedreht werden können. Die Umdrehungsgeschwindigkeit muß durch einen Regulierwiderstand beliebig groß gewählt werden können; für sehr geringe Geschwindigkeiten benutzt man eine passende Übersetzung mittels Schnurlaufes.

Die vier in der nebenstehenden Zeichnung wiedergegebenen Blenden werden in der Stellung, in der sie gezeichnet sind, auf eine Achse gesetzt, also so, daß die Radien  $Or$  übereinander liegen. Die mit  $p$  und  $q$  bezeichneten Kreisringstücke sind mit scharfem Messer aus schwarzem Karton ausgeschnitten. Gedreht wird rechtläufig. Um die Funktion der einzelnen Blenden zu erklären, beginnen wir mit

Blende II — Hauptblende. Die durch die beiden Kreuzchen  $A$  und  $B$  angedeuteten Lichtpunkte stehen etwas hinter der Blende unverändert fest. Sie sind dem Beobachter sichtbar, so lange die ringförmigen Ausschnitte  $p$  bzw.  $q$  an ihnen vorüberziehen.  $p$  kommt also (bei rechtläufiger Drehung) vom linken unteren Quadranten herauf und läßt den Ausblick auf  $A$  so lange frei, bis der Ring die Stellung hat, die er in der Figur einnimmt. In diesem Augenblick verschwindet  $A$  und gleichzeitig wird  $B$  sichtbar und bleibt es bis der Ausschnitt  $q$  an diesem Lichtpunkt vorbeigezogen ist. Dann sieht man eine Zeitlang gar nichts (nämlich während einer halben Drehung), bis wieder  $q$  an  $A$  vorbeizuziehen beginnt und sich das beschriebene Spiel wiederholt. Wir haben also zwei gleich lange Expositionen, deren Dauer  $T_1 = T_2$  durch die Umdrehungsgeschwindigkeit der Blende gegeben ist und die sich unmittelbar ablösen, also  $\tau = 0$ . Da durch die später zu erwähnenden Zusatzblenden die Expositionszeiten nur verkleinert, nicht vergrößert werden können, wählt man die Umdrehungsgeschwindigkeit gleich vom Anfang an so gering wie möglich, um  $T_1$  und  $T_2$  so lang wie möglich zu machen; jedenfalls so lang, daß eine weitere Verlängerung an der stroboskopischen Bewegung nichts mehr ändert. Damit sich die beiden Expositionen genau ablösen, ist es nötig, die Stellung der beiden Lichtpunkte relativ zum Beobachter, der selbst immer einen und denselben Platz einnehmen muß

(Kinnstütze, Stirnbügel, nötigenfalls Beifsbrett), sehr sorgfältig zu regulieren, was ein für alle Male geschehen kann. Durch Vertikalverstellung der Lichtpunkte oder auch der Blende kann man diese Regulierung genau bewerkstelligen: steht die Blende zu tief, so sieht der Beobachter für einige Zeit beide Lichtpunkte gleichzeitig; steht sie zu hoch, so entsteht eine dunkle Pause zwischen dem Erlöschen von A und dem Eintreten von B. Man findet bald die richtige Höhe, für die  $\tau = 0$  wird. Vor jeder Versuchsreihe ist die Stellung immer aufs neue zu kontrollieren.

Würde man alle 4 Blenden in der durch die Figur angedeuteten Stellung (Koinzidenz von o r) hintereinanderschalten, so wären die Verhältnisse dieselben, wie wenn man nur die Hauptblende verwendete; das Licht kann ja immer wieder bloß die Ringstücke p und q der Hauptblende passieren.

Blende III. Denken wir uns nun die Blende III hinter die Hauptblende gelegt, aber etwas im Uhrzeigersinn gegen diese verdeckt. Dann wird der unterste Teil des Ausschnittes p verdeckt; während dieses verdeckte Stück an A vorüberzieht, sieht man natürlich A nicht, es entsteht also eine Pause zwischen dem Erlöschen von A und dem Auftreten von B. Ihre Länge ist bei konstanter Umdrehungsgeschwindigkeit durch den Winkel gegeben, um den man die Blende III aus ihrer Anfangsstellung herausgedreht hat.

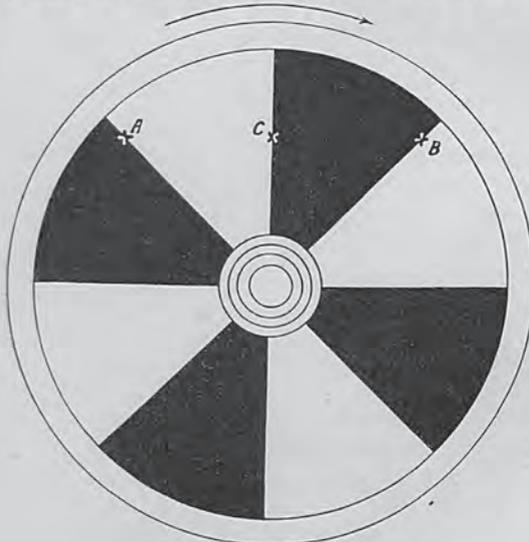
Blende IV. Dreht man diese Blende um einen kleinen Winkel aus ihrer Anfangsstellung gegen den Sinn des Uhrzeigers, so verdeckt man damit das obere Ende des Ausschnittes p der Hauptblende: der Lichtpunkt A wird dadurch etwas später freigegeben und damit seine Expositionszeit  $T_1$  verkürzt. Man kann hier beliebig weit gehen, von einer geringfügigen Verkürzung bis zu einer so großen, daß A nur für einen Augenblick aufblitzt.

Blende I. Der Durchmesser dieser Blende ist kleiner als der aller übrigen; sie soll nur die Größe des Ausschnittes q beeinflussen, aber bis p gar nicht heranreichen. Verdreht man diese Blende im Uhrzeigersinne, so verdeckt man damit

das obere Ende von  $q$  und führt so ein früheres Erlöschen von B herbei: Verkürzung der Expositionszeit  $T_2$ .

Durch diese 4 Blenden kann man also die 3 Zeiten  $T_1 \dots \tau \dots T_2$  beliebig und zwar isoliert variieren. Da bei der Ausgangsstellung (langes  $T_1$ , langes  $T_2$ , keine Pause) optimale Bewegung von A nach B entsteht, läßt sich ermitteln, durch welche Änderung der einzelnen Zeiten, aber auch durch welche Kombinationen solcher Änderungen die Bewegung verschlechtert wird bis zu den beiden Extremen: der Simultanruhe und der Sukzessivruhe.

Wollte man, ohne den Standort des Beobachters zu wechseln, den räumlichen Abstand AB variieren, so müßte man mehrere derartige Blendensysteme von verschiedener Größe anfertigen und dementsprechend auch die Lichtpunkte A und B verstellen. Ich habe zu letzterem Zwecke die Stichtbrenner auf eine optische Bank aufgesetzt, so daß sie sich leicht verschieben lassen, ohne ihre Höhenstellung zu ändern.



Figur 15.

Schließlich möchte ich noch einer Blende Erwähnung tun, die zur Erzeugung zweier gleichzeitiger und entgegengesetzt

gerichteter stroboskopischer Bewegungen dient. Ich nenne sie Oktantenblende. Sie ist nichts anderes als ein Episkotister mit 4 durchlässigen und 4 undurchlässigen Sektoren. Wenn die 3 Lichtpunkte so hinter der Blende aufgestellt werden, wie die Figur dies andeutet, so tritt C in dem Augenblick in einen durchlässigen Sektor ein, in welchem A und B durch je einen undurchlässigen verdeckt werden, und umgekehrt; es entsteht ein periodisches Auseinander- und Zusammenfahren der beiden Seitenpunkte. Dafs die Bewegungen nicht im Mittelpunkt C selbst enden bzw. nicht von ihm selbst ausgehen, wurde schon früher erwähnt. Die genaue Einstellung der Lichtpunkte und der Blende ist bei dieser Anordnung ziemlich mühsam.

(Eingegangen Mitte Januar 1922.)



# Sachregister

Die Einträge im Sachregister beziehen sich auf die faksimilierten Schriften von Franz Hillebrand und nicht auf den Einleitungstext. Das „A“ hinter einer Seitenzahl bedeutet, dass das entsprechende Stichwort lediglich in den Fußnoten zu suchen ist.

## A

Allee, scheinbare 392, 411, 414, 424, 427  
Allee-Kurven 392, 419ff, 426ff, 431  
Allee-Versuche 392ff, 399ff  
Augenbewegungen 170ff, 216, 219, 373ff, 438, 463, 467, 472ff, 477, 727, 756

## B

Bewegung, stroboskopische 659, 663f, 679, 683, 685, 688ff, 693f, 703, 706, 710f, 713, 715f, 722, 725f, 735, 739ff, 750ff, 762f, 767f, 770, 773ff, 779, 785, 790  
Blicklinie, binokulare 442A, 449f, 452, 477ff, 497f, 499A, 500f, 506

## D

Diaphragma (Aubert) 70, 72  
Disparation 111f, 115, 147, 157, 173, 175f, 196, 215, 305, 313A, 322, 329f, 345ff, 352, 358f, 361ff, 365, 368, 373, 400ff, 411f, 419f, 432, 616f, 621, 625  
Doppelbilddistanz 365ff  
Doppelbilder 111, 170A, 196, 351ff, 358f, 361ff, 364f, 368, 429, 432, 455A, 461, 464, 466A, 475A, 476f, 486A, 502, 510, 611, 616f, 620ff, 646

## E

Elementarbewegung 680, 682A  
Elementarhypothese, s.a. Hypothesenbildung 285, 287  
Empfindungen 47ff, 60ff, 86, 90f, 96f, 102ff, 115, 130, 143, 157f, 166f, 176, 186, 214f, 280, 330, 332, 351, 363, 368, 370ff, 412, 429, 432, 439, 448, 512A, 549, 556f, 559ff, 565ff, 596, 603f, 609ff, 613, 617ff, 628, 631, 633ff, 647ff, 654, 664, 676, 678f, 702, 706, 727A, 738, 764  
Erinnerungsnachbild (Fechner), s.a. Nachbild 686, 688, 690

Erkenntnistheorie 223, 225, 256, 265, 526, 532, 549  
Esophorie 468, 490  
Exophorie 466A, 467A, 468ff, 477, 516

## F

Farbempfindungen, s.a. Empfindungen 53f, 67f, 72A, 93  
Farbtheorie 567ff  
Fechnersche Gesetz 597, 599

## G

Gegenfarben 569f  
Gegenfarbentheorie (Hering) 49, 88f, 91f, 93, 96  
Gesichtsempfindungen, s.a. Empfindungen 47, 49f, 52f, 57, 60, 65f, 89, 103, 105  
Gesichtsfeld 57, 64, 71, 84, 95, 106, 179, 209, 557  
Gesichtslinie 501  
Gesichtswinkel 381ff, 388, 394, 396f, 402, 410ff, 420f, 428, 432f  
Grundgesetz, psychophysisches (Hering) 565f

## H

Helligkeit 54f, 60, 62, 66ff, 73, 78f, 81, 84f, 88ff, 94, 96f  
Helligkeit von Farben 47ff  
Helligkeitskonstanz 602  
Helligkeitskontrast 601  
Heterophorie 437f, 456, 459, 461ff, 468A, 473, 489ff, 496, 501A, 516  
Heuristisches Prinzip 289  
Höhendisparation, s.a. Disparation 123, 125ff, 132, 154A, 158  
Horizontalhoropter, s.a. Horopter 115  
Horopter 402, 418, 422, 425f, 445, 615ff  
Horopter, empirischer 402, 413, 418, 421f, 424f, 427f, 431, 615  
Horopter, mathematischer 402, 413, 445f  
Horopterkreis (Müller) 118, 409f, 412, 415, 420, 424f  
Hypothesenbildung 223, 226, 248, 250, 254, 268ff, 281, 286, 553, 578, 637f, 641, 644  
Hypothesenlehre (Mill / Mach) 228, 231, 237ff, 256, 281

## I

Idealhoropter, s.a. Horopter, mathematischer 445f  
Identifikationstäuschung (Theorie / Linke) 765

**K**

Korte'sche Gesetze, s.a. Scheinbewegungen 782f  
 Kurzschlusstheorie (Wertheimer) 662f, 667, 760

**L**

Längshoropter, s.a. Horopter 115, 117, 137, 154, 155A, 409, 418, 421, 427ff, 446, 615  
 Lehre vom Lichtsinn (Hering) 65  
 Lichtstärke 54, 561ff, 566, 594ff, 598ff, 630  
 Lokalisation, absolute 309ff, 317, 319, 326, 339f, 348ff, 352, 355, 357ff, 363f  
 Lokalisation, relative 295, 309ff, 317, 319ff, 326, 348, 352, 362  
 Lokalisation, unbestimmte 302ff, 313, 319, 327, 350  
 Lokalisationsdifferenz 495ff  
 Lokalzeichen 372, 634f, 646, 649

**M**

Metaphysik 226, 526, 532, 549  
 Monokularlokalisationsdifferenz 453f, 456ff, 478, 480, 482, 487, 490

**N**

Nachbild 471f, 517, 582, 584, 587ff, 593, 611, 686, 688, 705, 775  
 Nachbild, negatives 582f, 586f, 590, 593  
 Nachbild, positives 683, 687, 690, 693f, 704, 718, 752  
 Netzhautbild 107, 110ff, 116, 124, 135, 146f, 151, 153, 157, 180ff, 205A, 217, 305,  
 307, 311, 321f, 381ff, 449, 457, 479, 506ff, 575, 623, 644, 648f, 663, 669, 739, 742,  
 754, 756

**O**

Optimalbewegung 712ff  
 Orthophorie 459, 461f, 468f, 473, 476, 478, 501A, 516

**P**

Parallelgesetze (Koffka) 784  
 Parallelismus 384f, 419, 557f, 628  
 Parallelismus, physiologischer 390  
 Parallelismus, scheinbarer 384f, 391, 432  
 Projektionstheorie 637  
 Promemoria 512f, 524, 527, 530, 533, 535ff

Psychologie, experimentelle 528, 532, 536

Psychophysik 552f, 564, 567

## Q

Querdisparation, s.a. Disparation 116, 158, 625

Querhoropter, s.a. Horopter 115, 615f

## R

Raumanschauung 101

Raumempfindung, s.a. Empfindung 108, 192, 608

Raumsinn 101A, 463, 606, 608

Raumwahrnehmung 438, 633, 645

Reiz 554, 578, 643

Reize, psychische (Theorie) 610

## S

Scheinbewegungen 217, 218A, 219, 450, 456, 473, 479ff, 497A, 502, 507, 509, 660f, 678, 713, 735

Scheinbewegungen (Hering) 452, 479, 481f, 497A, 503A

Sehding 101ff, 108, 110, 181, 414, 448

Sehraum 113, 485, 505f, 508

Sehrichtung 443ff, 451A, 452f, 466, 481ff, 497, 505f, 510f, 513ff, 612, 617, 621

Sehrichtung, identische (Gesetz) 113, 437ff, 447ff, 477ff, 481ff, 496ff, 500, 515, 611

Sinnesempfindungen, s.a. Empfindungen 549ff

Sinnesenergien, spezifische (Gesetz / Müller) 608

Stereoskopie, binokulare 401

## T

Tiefenlokalisierung 103, 107, 109, 116, 125, 127, 131, 157, 165ff, 172, 174A, 175, 179ff, 295f, 299, 327, 333, 361f, 364ff, 433, 620, 632

Tiefenlokalisierung, binokulare 118, 132, 153, 354

Tiefenlokalisierung, disparative 112, 135, 145, 153

Tiefenwahrnehmung 128, 188, 196, 216, 329, 346, 359, 626

Totalhoropter, s.a. Horopter 615

**U**

Unterschied, ebenmerklicher 397ff, 556

Unterschiedsempfindlichkeit 73, 87, 142A, 610

**V**

Vertikaldisparation, s.a. Disparation 131

Vertikalhoropter, s.a. Horopter 115

**W**

Webersche Gesetz 556

**Y**

Young-Helmholtz'sche Theorie (= Dreifarbentheorie) 49, 88f, 92, 95f, 639, 642

**Z**

Zonengesetz (Koffka) 783



Im Oktober 1896 hat Franz Hillebrand (1863–1926) seine Innsbrucker Antrittsvorlesung „Die experimentelle Psychologie, ihre Entstehung und ihre Aufgaben“ gehalten. 1897 konnte er das Innsbrucker „Institut für experimentelle Psychologie“ errichten. Franz Hillebrands Arbeiten zur Geometrie der Raumwahrnehmung, zu den Beziehungen zwischen wahrgenommener Größe und Beobachtungsentfernung oder seine Studien über Scheinbewegungen und über die Stabilität der visuellen Wahrnehmung zählten um 1900 zu den Pionierleistungen in der noch jungen experimentalpsychologischen Disziplin. Franz Hillebrands Nachfolger Theodor Erismann, Ivo Kohler und Manfred Ritter haben die Innsbrucker wahrnehmungspsychologische Forschungsrichtung fortgeführt.

