

Kommentar

Sinnmaschinen – Innovatives menschliches Handeln in soziotechnischen Systemen

Eine ingenieur- bzw. betriebswissenschaftliche Perspektive

Ralph Riedel

Technische Universität Chemnitz, Professur Fabrikplanung und Fabrikbetrieb

Die Aufgabe der Ingenieurwissenschaften ist die Forschung und Entwicklung, sowie die Gestaltung von technischen Systemen und Prozessen. Da in solchen Systemen und Prozessen zumeist Menschen arbeiten bzw. die Systeme von Menschen benutzt und genutzt werden, kann man sicherlich zurecht von soziotechnischen Systemen sprechen (Ulich, 2011). Speziell die Betriebswissenschaften haben dabei Fabrik- bzw. Produktions- und / oder Arbeitssysteme im Fokus (Wiendahl, 2014). Die Betrachtungsweisen sind dabei – selbst innerhalb derselben Disziplin – zwischen den Extrema technokratisch und humanzentriert angesiedelt (Strohm & Pardo-Escher, 1997; Ulich, 2011). Um solche Systeme zu verstehen und erklären zu können und somit gestalterisch tätig sein zu können, ist Wissen über die Grundzusammenhänge der einzelnen Elemente sowie zu deren Wechselwirkungen notwendig. Dafür gibt es seit dem Scientific Management (Hebeisen, 1999) diverse Modelle, die häufig auf der Systemtheorie aufbauen (Ropohl, 2009) und – bedingt durch den ingenieurwissenschaftlichen Ansatz – einen hohen Formalisierungsgrad anstreben (z. B. Hopp, 2001 oder Dangelmaier, 2017). Ansätze, den Menschen zu integrieren, existieren derzeit nur wenige (z. B. Verein Deutscher Ingenieure, 2001 oder Loch & Wu, 2007). Ein allumfassendes Modell, wie es durch die „Sinnmaschinen“ konzeptionell vorgestellt wird, ist somit auch für die Betriebswissenschaften höchst willkommen, noch dazu, da dieses Konzept einen übergreifenden Ansatz verfolgt und nicht nur das einzelne System, sondern auch übergreifende Wechselwirkungen (mit anderen Systemen) sowie dessen Einbettung in die Gesellschaft zum Gegenstand hat.

Derzeit befinden sich Fabrik-, Produktions- und Arbeitssysteme in einem Wandlungsprozess, der häufig mit den Schlagworten „Industrie 4.0“, „Digitalisierung“ oder „Digitale Transformation“ beschrieben wird. Über die Integration und Implementierung digi-

taler Technologien und durch das Zusammenwachsen von Informations- und Kommunikationstechnologien mit der Produktionstechnik soll eine neue Stufe der Organisation und Steuerung von Wertschöpfungsketten über den kompletten Lebenszyklus von Produkten und Services erreicht werden (Roth, 2016). Effekte, die damit erzielt werden sollen, sind eine höhere Effizienz, mehr Schnelligkeit, eine höhere Flexibilisierung und eine größere Individualisierung (ebenda). Ein zentrales Element der Industrie 4.0 sind so genannte Cyberphysische Systeme (CPS), womit die Kombination von Software- und Hardwaressystemen zu einem komplexen und intelligenten Verbund, in dem jedes einzelne physische Objekt eine eigene Identität besitzt, gemeint ist (Siepmann, 2016). Im Verbund sollen diese CPS dann in der Lage sein, die Produktion dezentral und kontextadaptiv über die Unternehmensgrenzen hinweg zu steuern (ebenda).

Es ist offensichtlich, dass sich die Rolle des Menschen in solchen Systemen gegenüber heute bzw. gegenüber der Vergangenheit eklatant ändern kann bzw. wird. Hermann et al. (2017) gehen davon aus, dass insbesondere einfache Tätigkeiten, wie zum Beispiel die Bedienung und Steuerung von Anlagen wegfallen werden, während neue Arbeitsplätze im Bereich der Forschung, der Entwicklung und der Informationstechnik entstehen. Im Weißbuch Arbeiten 4.0 des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (2017) werden digitale Plattformen und Crowdfunding, das Verhältnis von Mensch und Maschine (deren Funktionsteilung, Aufgaben und Rollen, Echtzeit und Dezentralisierung) sowie das zeit- und ortsflexible Arbeiten als wesentliche Veränderungen thematisiert. Bauer und Hofmann (2018) beschreiben ausführlich Implikationen der Industrie 4.0 für die Arbeitswelt in Bezug auf Arbeitsmittel und Tätigkeiten, Arbeitsort, -zeit, -inhalte und -organisation, Beschäftigung, Gesundheit, Qualifizierung und Führung. Die Veränderungs-

fähigkeit von Systemen (und Beschäftigten als wesentlicher Bestandteil) wird dabei als Schlüssel für deren Zukunftsfähigkeit gesehen (ebenda).

Aus (fabrik- bzw. arbeits-)gestalterischer Sicht führt dies u. a. zu folgenden Fragen (Botthof, 2015):

- Wie wird ein autonomes System / ein autonomer Prozess in die Arbeitsorganisation integriert?
- Wie könnte im Hinblick auf das körperliche und geistige Leistungsvermögen der Nutzer und der Entwicklung dieses Leistungsvermögens eine günstige Arbeitsorganisation aussehen?
- Welche Gestaltungsanforderungen und -optionen ergeben sich für autonome Systeme?
- Welche Gestaltungskriterien können aus der Sicht der Mensch-Technik-Interaktion für autonome Systeme formuliert werden?

Diese und ähnliche Fragen sind nur durch einen ganzheitlichen Blick auf das Gesamtsystem Produktion bzw. Fabrik zu beantworten. Da nicht nur die unmittelbar im Produktionsprozess Arbeitenden, sondern auch Führungskräfte, Technologen, Planer, Disponenten, von den Veränderungen betroffen sein werden, ist ein weiteres Verständnis von (Produktions-)Arbeit erforderlich, siehe dazu bspw. (Hirsch-Kreinsen, 2015 a).

Der mit den „Sinmmaschinen“ grundsätzlich verfolgte Ansatz, miteinander vernetzte Systeme zu betrachten, erscheint damit überaus sinnvoll, da dies in den vorhandenen Modellansätzen bislang häufig außer Acht gelassen und die Gestaltung von Arbeitssystemen ausschließlich auf den Arbeits- bzw. Fabrikkontext bezogen wird. Dabei vernachlässigt man jedoch, dass Arbeit und Privatleben aber auch soziales Engagement oder Ehrenamt schon seit geraumer Zeit, sicherlich befeuert durch die Digitale Transformation, aber auch geleitet von gesellschaftlichen Veränderungen, zunehmend verschmelzen. Es ist nur konsequent, dies bei zukünftigen Erklärungs-, Bewertungs- und Gestaltungsansätzen zu berücksichtigen.

Die in den „Sinmmaschinen“ vorkommenden Grundelemente Agenten, Objekte, Prozesse bzw. Akteure, Dinge, Aktivitäten lehnen sich an bereits etablierte Modellierungsansätze (Bracht et al., 2018) an, was der Kompatibilität und späteren Akzeptanz zuträglich ist. Von besonderer Bedeutung erscheinen die Ressourcen, welche ein üblicher Gestaltungsbereich der Betriebswissenschaften sind. Bedingt durch den Wandel in Wirtschaft / Industrie gibt es seit geraumer Zeit Forderungen, Fabriken und Produktionssysteme wandelbar bzw. agil zu gestalten (Nyhuis et al., 2008). Dies bedeutet auch, dass sich nicht nur technische Ressourcen und Strukturen, sondern auch die Menschen in solchen Systemen (als Individuum, aber auch als Gruppe bzw. als gesamte Organisation) ändern (können) müssen. Die bislang vorhandenen Ansätze,

z. B. Kompetenzmodelle, sind dazu nur bedingt tauglich. Was derzeit – speziell in den Ingenieurwissenschaften – noch zu wenig berücksichtigt wird, sind Ansätze, welche die generelle Wandelbarkeit und damit in Verbindung stehend die Lernfähigkeit und Problemlösefähigkeit auf verschiedenen Abstraktionsstufen thematisieren. Die in den „Sinmmaschinen“ vorgestellten Stufen der Anpassung (Umwelt verändern, Ressourcen verändern, Ziele verändern, Regeln verändern) sind ein guter Schritt, die oben genannten Entwicklungen und Anforderungen abzubilden. Eine Anschlussfähigkeit an Modelle aus den allgemeinen System- bzw. Managementwissenschaften (Beer, 1996; Gomez, 1978) wäre in diesem Zusammenhang wünschenswert. Zu den Elementen und Mechanismen des „Sinmmaschinen“-Konzeptes könnten bspw. strukturelle Entsprechungen zu den Ebenen und Prozessen „Viable Systems Model“ (ebenda) gesucht werden. Darüber hinaus wäre es unter Umständen vorteilhaft, beide Modellierungsansätze anhand gleicher, konkreter Anwendungsbeispiele zu spezifizieren, sodass Kongruenzen, aber auch eventuelle Unterschiede, deutlich werden.

Dass der Autor der „Sinmmaschinen“ das innovative menschliche Handeln in den Mittelpunkt seiner Betrachtungen rückt, erscheint plausibel, wird doch die Innovationsfähigkeit zunehmend wichtiger und stellt der Mensch auch in Zeiten künstlicher Intelligenz offensichtlich nach wie vor (glücklicherweise) die Quelle kreativer Problemlösung dar. Gerade in Zeiten drohender Entgrenzung durch Digitalisierung (Hirsch-Kreinsen, 2015 b) ist eine Integration und die Bereitstellung von Sinn (im vorgestellten Modell „Heilsversprechen“) von enormer Bedeutung, gelingt doch nur dadurch eine Integration der Akteure sowie die Kanalisierung vorhandener kreativer Energien. Aus ingenieurwissenschaftlicher, gestalterischer Perspektive sind in diesem Zusammenhang insbesondere die Ausführungen zur „Kultivierung“ interessant. Die Erhöhung der Selbstwirksamkeit und die verstärkte emotionale Evidenz, die zum Einsatz von mehr Ressourcen führen, sind im obigen Sinne der Innovationsfähigkeit wünschenswerte Zustände bzw. Prozesse, wobei zu beachten ist, dass Ressourcen endlich sein können und die Akteure ihre Ressourcen dynamisch auf bzw. zwischen mehreren „Sinmmaschinen“, deren Teil sie sind, verteilen (müssen). Die Herstellung und Aufrechterhaltung entsprechender Bedingungen ist somit eine zentrale Aufgabe von Organisationen, was auf organisationaler Ebene bestimmte Fähigkeiten (Funktionen und Ressourcen) erfordert. Im Bereich des strategischen Managements wurde dies bereits mit dem Konzept der Dynamic Capabilities (Teece et al., 1997) thematisiert. Eine Überprüfung bzw. Herstellung der Anschlussfähigkeit der verschiedenen Konzepte sowie eine weitere Spezifizierung der „Sinmma-

schinen“ wären somit absolut wünschenswert. Dazu sollte der vorgestellte Modellierungsansatz im Hinblick auf Koordination, Integration, Rekonfiguration, Transformation, Lernen detailliert werden, um einen entsprechenden Erklärungswert bereitzustellen.

Eine Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, ist, ob „Sinnmaschinen“ auch ohne menschliche Akteure denkbar sind – dies vor dem Hintergrund der weiteren technischen Entwicklung, insbesondere der künstlichen Intelligenz (KI) – bzw. denkbar sein sollen oder dürfen. Der grundlegende Modellansatz scheint die Möglichkeit dazu zu bieten. Eine Reflektion aus ethischer bzw. moralischer Perspektive, wie sie z. B. von der Datenethikkommission (2018) für die KI-Strategie erarbeitet wurde, um die Rolle des Menschen und Auswirkungen auf die Gesellschaft zu berücksichtigen, erscheint hier angezeigt. Andererseits wäre überlegenswert, ob, wenn eine bestimmte Innovationsfähigkeit zukünftig durch Technik realisiert werden kann (und soll), die entstehenden (kreativen) Freiräume nicht genutzt werden können (und sollen), um gesellschaftliche Probleme anzugehen. Unser wirtschaftliches und gesellschaftliches System müsste dafür vermutlich grundsätzlich verändert werden (Andelfinger, 2017).

Betrachtet man die industrielle Entwicklungen [z. B. von Industrie 1.0 bis 4.0 (Roth, 2016)], so scheinen diese mithilfe der „Sinnmaschinen“ erklärbar zu sein. Die genannten Entwicklungsstufen (Optimierung der Funktionalität, Entwicklung dogmatischer Strukturen, Entstehen neuer Sinnmaschinen) lassen sich nicht nur verallgemeinert, sondern ggf. auch ganz konkret auf historische (z. B. Textilindustrie) oder aktuelle Entwicklungen (z. B. Elektromobilität) übertragen. Die mit der Digitalisierung einhergehende Veränderung von Arbeitsinhalten und Arbeitsplätzen wird nach einer Optimierung vielfach dazu führen, dass sich „Sinnmaschinen“ neu erfinden und neu mit anderen Systemen vernetzen müssen. Eine Dogmatik („es kann nicht sein, was nicht sein darf“) wird auch hier nur zeitweise Bestand haben und letztendlich vom Fortschritt überrollt werden. Nicht vernachlässigt werden darf jedoch, dass Veränderungsprozesse sowohl von außen als auch von innen angestoßen und getrieben werden. Dieses Wechselspiel und zu vermutende bzw. offensichtliche Abhängigkeiten müssen mit den Mechanismen der „Sinnmaschine“ noch entsprechend beschrieben und vorzugsweise in Gestaltungsansätze überführt werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der vorgestellte Modellansatz auch aus ingenieurwissenschaftlicher Perspektive wertvoll erscheint, bildet er doch den (arbeitenden) Menschen in seinem Kontext ab. Dies ist wichtig, da sich Arbeit im Zeitalter der Digitalisierung ändern wird und diese Veränderungen und ihre Auswirkungen aufgrund ihrer Komplexität

nicht ohne weiteres in Gänze bewertbar sind. Von den Auswirkungen sind sowohl Menschen als handelndes Subjekt aber auch ganze Unternehmen als soziotechnisches System betroffen.

Aus dem derzeit vorliegenden Entwicklungsstand des Modellansatzes lässt sich allerdings noch nicht ableiten, ob die beschriebenen Mechanismen (z. B. die „Kultivierung“) gleichermaßen für dingliche, reale und nicht reale Entitäten gelten. Da Arbeit zukünftig vermehrt (bzw. noch mehr) aus Informationsverarbeitung bestehen wird, gehen damit zunehmend sinnliche Erfahrungen verloren und die in den „Sinnmaschinen“ enthaltenen „Dinge“ sind eher informationeller, virtueller oder konzeptioneller Natur. Es stellt sich die Frage, ob und wie dies abgebildet werden kann. Darüber hinaus wäre interessant, das Zusammenwirken menschlicher und künstlicher Intelligenz zu betrachten, da es durchaus möglich erscheint, dass durch die KI zukünftig Funktionen menschlicher Akteure insbesondere aus dem planerischen und selbst auch aus dem kreativen Bereich übernommen werden können.

Die zentrale Herausforderung bei der Modellierung besteht mit Sicherheit in der Beherrschung der Komplexität. Einerseits muss ein Modell abstrahieren um verständlich und beherrschbar zu sein. Andererseits muss ein Modell reichhaltig genug sein um dem gewünschten Zweck (Erkenntnisgewinn, Gestaltung) dienlich zu sein. Der vorgestellte Modellierungsansatz der „Sinnmaschinen“ ist zweifellos schon sehr reichhaltig und ergänzt vorhandene Modelle und Sichtweisen. (Digitale) Modelle von Fabriken bzw. Produktionssystemen und des Menschen, die in den Ingenieurwissenschaften bereits vorhanden sind (z. B. Bracht et al., 2018), können durch den vorgestellten Ansatz in trefflicher Weise angereichert werden und damit den Objektbereich der betriebswissenschaftlichen Gestaltung entsprechend erweitern – besonders vor dem Hintergrund veränderter Arbeitsbedingungen und Arbeitsweisen. Auswirkungen der Digitalisierung können so simuliert und bewertet, Gestaltungsoptionen überprüft werden. Darüber hinaus wäre eine grundlegende Sensibilisierung von Entscheidungsträgern denkbar.

Bei der Erarbeitung und Anwendung von Modellen muss sicher akzeptiert werden, dass der Mensch in seiner Vielfalt nicht komplett abgebildet werden kann und auch nicht abgebildet werden muss. Allerdings machen es die oben beschriebenen Veränderungen erforderlich, die derzeit vorhandene, eingeschränkte Betrachtungsweise zu erweitern. Der vorgestellte Modellierungsansatz stellt dafür einen guten Ausgangspunkt dar. Es bleibt dem Autor der „Sinnmaschinen“ zu wünschen, dass er die begonnene Arbeit fortführen, sein Konzept in der Praxis validieren und den Modellierungsansatz anwendungsorientiert weiterentwickeln kann.

Literatur

- Andelfinger, V. P. (2017). „Gesellschaftliche Veränderungen – wenn Menschen und Maschinen zu Konkurrenten werden.“ In V. P. Andelfinger & T. Hänisch (Hrsg.), *Industrie 4.0: Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern* (S. 149-164). Wiesbaden: Springer Gabler.
- Bauer, W. & Hofmann, J. (2018). „Arbeit, IT und Digitalisierung.“ In J. Hofmann (Hrsg.), *Arbeit 4.0 – Digitalisierung, IT und Arbeit: IT als Treiber der digitalen Transformation* (S. 1-16). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Beer, S. (1996). *Brain of the Firm: Managerial Cybernetics of Organization*. Chichester: Wiley.
- Botthof, A. (2015). „Zukunft der Arbeit im Kontext von Autonomik und Industrie 4.0“. In A. Botthof & E. A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 3-8). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Bracht, U., Geckler, D. & Wenzel, S. (2018). *Digitale Fabrik: Methoden und Praxisbeispiele* (2. Aufl. 2018). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2017). *Weissbuch Arbeiten 4.0: Diskussionsentwurf: Arbeit weiterdenken* (Stand: Januar 2017.). Berlin: Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
- Dangelmaier, W. (2017). *Produktionstheorie 1: Methodische Grundlagen*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Datenethikkommission (2018). *Empfehlungen der Datenethikkommission für die Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung*. Abgerufen von https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/2018/empfehlungen-datenethikkommission.pdf?__blob=publicationFile&v=1 [06.01.2019]
- Gomez, P. (1978). *Die kybernetische Gestaltung des Operations Management. Eine Systemmethodik zur Entwicklung anpassungsfähiger Organisationsstrukturen*. Bern: Haupt.
- Hebeisen, W. (1999). *F. W. Taylor und der Taylorismus. Über das Wirken und die Lehre Taylors und die Kritik am Taylorismus*. Zürich: vdf Hochschulverlag ETH Zürich.
- Hermann, W., Jasch, M., Jung, M., Marte, A. & Schuster, S. (2017). „Welche neuen Arbeitsbereiche entstehen in der Industrie 4.0“. In V. P. Andelfinger & T. Hänisch (Hrsg.), *Industrie 4.0: Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern* (S. 229-237). Wiesbaden: Springer Gabler.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2015 a). „Entwicklungsperspektiven von Produktionsarbeit“. In A. Botthof & E. A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 89-98). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2015 b). *Digitalisierung von Arbeit: Folgen, Grenzen und Perspektiven*. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 43/2015, Dortmund: Technische Universität Dortmund, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät.
- Hopp, W. J. (2001). *Factory physics: Foundations of manufacturing management* (2nd ed.). Boston, u. a.: Irwin McGraw-Hill.
- Loch, C. H. & Wu, Y. (2007). „Behavioral Operations Management“. *Foundations and Trends in Technology, Information and Operations Management*, 1 (3), 121-232.
- Nyhuis, P., Heins, M., Pachow-Frauenhofer, J., Reinhardt, G., Bredow, M., Krebs, P., Abele, E. & Wörn, A. (2008). „Wandlungsfähige Produktionssysteme – Fit sein für die Produktion von morgen“. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 103 (5), 333-337.
- Ropohl, G. (2009). *Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik* (3., überarb. Aufl.). Karlsruhe: Universitätsverlag.
- Roth, A. (2016). „Industrie 4.0 – Hype oder Revolution?“. In A. Roth (Hrsg.), *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0: Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis* (S. 3-14). Berlin, Heidelberg: Springer Gabler.
- Siepmann, D. (2016). „Industrie 4.0 – Grundlagen und Gesamtzusammenhang“. In A. Roth (Hrsg.), *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0: Grundlagen, Vorgehensmodell und Use Cases aus der Praxis* (S. 19-35). Berlin, Heidelberg: Springer Gabler.
- Strohm, O. & Pardo-Escher, O. (1997). *Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten. Ein Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik, Organisation*. Zürich: vdf Hochschulverlag ETH Zürich.
- Teece, D. J., Pisano, G. & Shuen, A. (1997). „Dynamic capabilities and strategic management“. *Strategic Management Journal*, 18 (7), 509-533.
- Ulich, E. (2011). *Arbeitspsychologie* (7., neu überarb. und erw. Aufl.). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2001). *VDI 3633 Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen*. Blatt 6: Abbildung des Personals in Simulationsmodellen. Düsseldorf: VDI.
- Wiendahl, H.-P. (2014). *Betriebsorganisation für Ingenieure* (8., überarb. Aufl.). München: Hanser.