

**Konstruktionsmethodik, Arbeitsmittel**

# Unterstützung des Denkens und Handelns beim Konstruieren durch Prototyping

P. Sachse, W. Hacker

12

**Inhalt** Das Konstruieren wird als anspruchsvollste Denktätigkeit von der Art des schöpferisch-entwerfenden Problemlösens beschrieben. Für die frühen Phasen des Konstruierens geeignete Unterstützungsmöglichkeiten werden analysiert, bewertet und in experimentellen Studien geprüft. Dabei nehmen die Wechselbeziehungen zwischen dem Denken und Skizzieren, Modellieren sowie weiteren Formen der Prototypenentwicklungen eine besondere Rolle ein. Aus den Analysen und Resultaten leiten sich Konsequenzen für Unterstützungsmöglichkeiten des konstruktiven Entwurfsprozesses ab.

## *Assisting engineering design by early rapid prototyping*

**Abstract** Engineering design is analyzed in terms of design problem solving. The first two steps of design problem solving, identification of the problem and development of solution principles, will have the highest impact on the future result and are the most difficult steps. Therefore possibilities to assist these early steps are analysed and evaluated in field and experimental studies. The main interest is in the interrelationships between mental problem solving on the one side and sketching, physical modelling and other types of prototyping on the other one. Possibilities of an assistance of the early steps of engineering design are offered.

**1**

## Konstruieren als Denktätigkeit

Konstruieren gehört wie andere Entwurfstätigkeiten, beispielsweise das Entwerfen eines technischen Verfahrens, einer Herstellungstechnologie oder von Software, zu den Arbeitstätigkeiten mit dem größten Einfluß auf zwei Kernfragen der Wirtschaftsentwicklung: auf die markterschließenden Produktinnovationen und auf die wettbewerbsentscheidenden Herstellungskosten der Produkte. Damit ist das Konstruieren ein Schlüssel zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit.

Das Konstruieren wird nach Steuer [1] definiert als „schöpferisches und lückenloses Vorausdenken eines technischen Gebildes, das den Forderungen des historisch bedingten Standes der technischen Entwicklung entspricht, und Schaffen aller zweckmäßigen Unterlagen für seine stoffliche Verwirklichung. Konstruktion besteht aus Entwerfen und Gestalten.“

Konstruieren ist im Sinne der Definition Denktätigkeit, und zwar innerhalb der vielfältigen Arten von Denktätigkeiten sogar die anspruchsvollste. Es ist Vorausdenken, nicht Bedenken des Gegebenen, sondern denkgestütztes Entwerfen des gerade nicht Gegebenen, eines noch nicht existierenden künftigen Gebildes. Mehr noch, dieses Vorausdenken bedarf mindestens teilweise einer schöpferischen Qualität, denn das

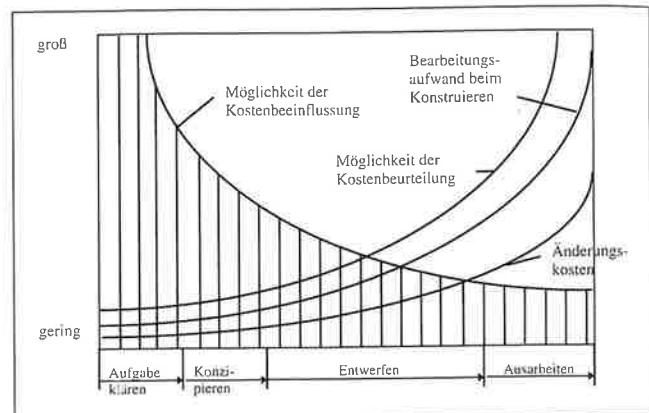


Bild 1. Phasen des konstruktiven Entwurfsprozesses und Kosten [4]

zu entwerfende künftige Gebilde soll nützliche neue Eigenschaften aufweisen.

Dieses Konstruieren als anspruchsvollste Denktätigkeit von der Art des schöpferisch-entwerfenden Problemlösens hat Phasen. Seine Hauptphasen sind das Erfassen und Klären des Problems, das Konzipieren, das Entwerfen und Ausarbeiten [2]. Im Konstruktionsprozeß sind dabei die frühen Phasen der Problemfindung und Problemanalyse und des Auswählens und Konzipierens eines Lösungsprinzips ergebnis- und kostenbestimmend [3, 4].

Ehrlerspiel [4] hat das eindrucksvoll verdeutlicht für die Möglichkeit der Kostenbeeinflussung: Sie ist unvergleichlich größer in der frühesten Phase der Problemerfassung und -klärung, aber – und das ist ein dialektischer Widerspruch – hier auch am wenigsten sicher beurteilbar (Bild 1). Übertrieben formuliert: Wirklich sicher sind die Kosten erst dann zu beurteilen, wenn es dafür zu spät ist.

Damit ist Konstruieren in seinen ergebnisbestimmenden frühen Phasen entwerfendes Problemlösen (design problem solving, [5, 6]) mit hoher Ergebnisunsicherheit. Diese Unsicherheit ist einerseits eine Chance und Herausforderung, mit der eigenen Denktätigkeit zum Sichereren vorzudringen. Aber Unsicherheit bedeutet auch Risiko, die Möglichkeit zu Umgewegen, Fehlwegen oder sogar des Scheiterns. Risiko kann nicht nur Herausfordern, sondern auch kleinmütig und ängstlich machen und damit die neue schöpferische Lösung verfehlten lassen. Konstruieren ist also schöpferisch-entwerfendes Problemlösen mit einem unaufhebbaren Kernwiderspruch zwischen anspornender Chance und beeinträchtigendem Risiko.

**2**

## Konstruieren als Handeln

Konstruieren ist eine zielgerichtete Tätigkeit. Es umfaßt komplexe Denk- und Handlungsvorgänge mit unterschiedlichen Bearbeitungs-, Beurteilungs- und Entscheidungsabschnitten.

Auf den Zusammenhang, daß das Handeln stets „innere“, geistige und „äußere“, bewegungsmäßige Anteile vereinigt, wies in theoretisch verallgemeinerter Form bereits Galperin [7] in seinem Interiorisations- / Exteriorisationskonzept des geistigen Handelns hin. Während des konstruktiven Entwurfsprozesses wechseln Verinnerlichung (Interiorisierung) und Veräußerlichung (Externalisierung) häufig miteinander. Bei Lösungsschwierigkeiten, z.B. Behaltensprobleme für Teilergebnisse, treten Veräußerlichungen zu entfaltetem Bewegungshandeln auf. Entscheidend ist, daß die Externalisierung nicht einfach einer Fixierung intern fertigter Lösungen entspricht, sondern ein Stück Lösungserzeugung ist. Der Entwurfsprozeß benötigt eine bewegungsmäßige und sinnliche (sensumotorische) Stütze, denn Menschen denken mit der Hand. Das „Greifen“ ist im Sinne von Piaget [8] nicht nur motorische Fertigkeit, sondern auch Erkenntnis handlung, die zur Organisation einer komplexen, flexiblen (Handlungs-) Struktur beiträgt. Analog zu von Kleist's Aussage über die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Reden [9] verfertigt sich häufig der Lösungsgedanke allmählich beim Skizzieren und Modellieren. So werden z.B. das Gesamtprinzip oder Lösungsideen vorerst als abstrahierende Prinzipskizze zu Papier gebracht und im Rückkopplungsvorgang von Denken, Skizzieren und kritischem Skizzenbe trachten konkretisierend entwickelt. „Die Entwurfsskizze widerspiegelt nicht nur das Ergebnis des Denkens des Konstrukteurs, sondern dient ihm in erster Linie als Arbeitsmittel“ [10].

Das Skizzieren und Modellieren als „materialisierte“ Entwurfshandlungen vergegenständlicht damit einerseits Lösungsvorstellungen oder -ideen (interne Repräsentation), andererseits vermag es dabei rückwirkend zu deren Differenzierung, Korrektur, Kontrolle und gedächtnisentlastender Stützung beizutragen. Die Lösungserzeugung ist „Denken mit der Hand“ und „Zeichnen/Modellieren mit dem Kopf.“

Der Konstrukteur benötigt zur schöpferischen Arbeit „Objektpaxis“: Er muß sich mit jeder für ihn relevanten technischen Gestalt unmittelbar und gründlich befaßt haben, „er muß sie angefaßt haben“ [11].

Die Wechselbeziehungen zwischen dem Denken als ein „Probehandeln im Kopf“ und z.B. dem Skizzieren, Modellieren als materialisierten Entwurfshandlungen sowie weiteren Formen der Prototypenentwicklung haben demnach im konstruktiven Entwurfsprozeß eine besondere Rolle.

So werden neben Zeichnungen verbreitet auch Stifte, Stäbe, Papp-, Draht- oder Plastilin-Modelle sowie Baukästen neben den anspruchsvollen Berechnungs-, CAD- oder FEM-Modellen als Materialisierungen geistigen Handelns genutzt.

Mit einer Befragung von 40 Konstrukteuren / Maschinenbauern unterschiedlichster Arbeitsbereiche wurde unter anderem zu ermitteln versucht, welche Funktionen Modelle im konstruktiven Entwurfsprozeß erfüllen [12, 13].

Die Aussagen ließen sich unter psychologischen Aspekten nach ihrer Unterstützungsart im konstruktiven Entwurfsprozeß klassifizieren. Es ergaben sich folgende Hauptfunktionen solcher Prototypen-Nutzung.

Die Prototypen dienen als

- Analysehilfe,
- Bewertungshilfe (besonders zur Funktionsprüfung),
- Lösungshilfe (meist zur Erzeugung neuer Ideen),
- Speicherhilfe (zur Arbeitsgedächtnisentlastung),
- Kommunikationshilfe (bei der Kooperation) sowie als
- Dokumentationshilfe.

Einen Hinweis auf den Nutzen solcher Modelle geben die Erschwernisse, über die berufserfahrene Konstrukteure im Falle eines Vernachlässigens des Modellierens in der Befra-

gung berichteten. Angaben in der Literatur bekräftigen diese Befragungsaussagen. Von 76 Aussagen der 40 befragten berufserfahrenen Konstrukteure entfallen auf

- |   |      |
|---|------|
| - Erschwernisse beim Aufbau der Problem- und Aufgabenrepräsentation | 38%, |
| - Erschwernisse beim Operieren an diesen Repräsentationen           | 42%, |
| - Erschwernisse für den Erfahrungsgewinn                            | 20%. |

### 3

## Prototyping unterstützt das Konstruieren

13

### 3.1

### Formen und Funktionen externer Unterstützungen

Beim Analysieren, Bewerten und Speichern direkt wahrnehmbarer oder erschließbarer Informationen bzw. beim Lösen von Problemen werden unterschiedlichste Forderungen an den Konstrukteur gestellt, die er unter Zuhilfenahme von Modellen und weiteren externen Unterstützungsformen leichter bewältigen kann. Dabei stehen die äußeren Modelleigenschaften, z.B. Materialien und Fertigungsverfahren, nur insofern im Blickpunkt des Interesses, da sie der Stützung einen Bezugsrahmen geben; eine Einteilung der Modelle anhand ihrer äußeren, stoffgebundenen Merkmale wird aber ungenau bleiben, sofern sie die psychischen Prozesse und Wirkungen nicht berücksichtigt, die eine Benutzung nach sich ziehen kann.

Angemessener erscheint hingegen eine Taxonomie nach

- den Funktionen der externen Unterstützungsformen (Skizzen, Modelle, Prototypen),
- dem Einsatzzeitpunkt und der damit verknüpften Forderung im Konstruktionsprozeß und
- der Distanz des frühen Entwurfs zum Endprodukt.

Die Anwendung einer Unterstützungsform wird nur dann ökonomisch sein, wenn sie die genannten Kriterien beachtet. So können beispielsweise hochkomplexe High-tech-Prototypen (z.B. stereolithographische Prototypen) zur frühzeitigen Analyse eingesetzt werden. Diese sind dabei allerdings keineswegs zeit- und kostengünstig und ihr Einsatz gestaltet sich aufgrund der gewöhnlich noch recht vagen Vorstellung vom Endprodukt problematisch. Dagegen können die in dieser Phase relevanten Funktionen auch von einfachen, aufwandsarmen Skizzen und Modellen adäquat wahrgenommen werden. Die zuletzt erwähnten Unterstützungsformen „versagen“ allerdings in späteren Konstruktionsphasen. Grund ist der dann größere Abstraktionsgrad der Darstellung relevanter Produktaspekte im Modell, zumal zu diesen Zeitpunkten die Lösungsvarianten zu bewerten sind.

Im Rahmen von Untersuchungen bei Styner & Biehn AG, Niederwangen (Schweiz), wurden solche externen Unterstützungsformen und Modelle auf der Grundlage von Dokumentenanalysen und fragegebundenen Interviews unter anderem hinsichtlich der wahrgenommenen Funktionen und des Einsatzzeitpunkts im Konstruktionsprozeß bewertet. Die dabei ermittelten Unterstützungsformen lassen sich in folgende Klassen einteilen [14]:

- (1) Freihandskizzen zur Fixierung der ersten Ideen,
- (2) Konstruktionszeichnungen,
- (3) einfache und aufwandsarme Modelle aufgrund unklarer Vorstellungen,
- (4) einfache und aufwandsarme Modelle gefertigt nach bereits vorliegenden Zeichnungen,
- (5) Modelle aus gleichen und gleichwertigen Materialien,
- (6) Prototypen und
- (7) Versuche (Messen, Prüfen, Optimieren).

Die Tabellen 1 und 2 bieten einen auszugsartigen Überblick über die ermittelten Funktionen und Einsatzzeitpunkte der bewerteten Klassen externer Unterstützungsformen.

Unter Einbeziehung der mit den Konstruktionsphasen verknüpften spezifischen Forderungen und der daraus resultierenden Distanz des Entwurfs zum Endprodukt lassen sich aus den in der Tabelle 1 dargestellten Funktionen die Zeitpunkte ableiten, an denen eine Anwendung der externen Unterstützungsformen ökonomisch und nutzbringend erscheint.

Die dargestellten Ergebnisse machen deutlich, daß die bewerteten Klassen externer Unterstützungsformen unterschiedliche Funktionen wahrnehmen. Somit können sie in verschiedenen Phasen des Konstruktionsprozesses zum Einsatz kommen. Werden die „Modellierungen“, die hauptsächlich die Analyse und das Erschließen möglicher Lösungsvarianten stützen, vornehmlich in den frühen Prozeßphasen angewandt, so liegt der Schwerpunkt des Einsatzes der vorwiegend die Lösungsvarianten-Bewertung stützenden externen Klassen deutlich in den späteren Phasen des Konstruktionsprozesses.

Freihandskizzen dienen als Analyse- und Speicherhilfen. Sie unterstützen damit die frühzeitige Problemerkennung, die Veranschaulichung und die Visualisierung des vorliegenden Problems. Skizzen können ein Beitrag zur Entlastung der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses sein; Grund ist das Anlegen eines externen Speichers. Konstruktionszeichnungen werden dagegen vorrangig als Speicherhilfen zur Bereitstellung und Festlegung von Informationen und Lösungen eingesetzt. Wegen der umfassenden Abbildung des Produkts und der einheitlichen Regeln bei der Erstellung sind Konstruktionszeichnungen zudem geeignete Kommunikations- und Dokumentationsmittel.

Einfache und aufwandsarme Modelle (z.B. Papp-, Papier-, Knet-, Draht-, Holzmodelle) werden wegen unklarer und vager Vorstellung und / oder nach bereits vorliegenden Zeichnungen oder Skizzen gefertigt. Diese Modelle fungieren hauptsächlich als Analysehilfen in den frühen Prozeßphasen; mit ihnen kann sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens

**Tabelle 1.** Klassen externer Unterstützungsformen und deren wahrgenommene Funktionen (•)

Funktion	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Analysehilfe	•		•	•			
Bewertungshilfe				•	•	•	
Speicherhilfe	•	•			•		
Lösungshilfe	•						
Kommunikationshilfe	•	•	•	•	•	•	•
Dokumentationshilfe	•	•				•	

**Tabelle 2.** Einsatzzeitpunkte der Klassen externer Unterstützungsformen (•)

Phase des Prozesses	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Aufgabe klären	•		•				
Konzipieren	•	•	•	•			
Entwerfen	•	•	•	•	•	•	•
Ausarbeiten		•				•	•

von Denkfehlern verringern. Dagegen dienen diese Modelle nur bedingt als Bewertungshilfen.

Diese Funktion können Modelle gleichen oder gleichwertigen Materials sowie Prototypen und Versuche abdecken. Die umfassende Abbildung relevanter Aspekte im Modell bietet die Möglichkeit, physikalische Sachverhalte, Lösungen und Montageeigenschaften zu bewerten, Kosten und Fertigungs-Know-How zu beurteilen sowie Fehler festzustellen und zu prüfen. Die Anwendung dieser Unterstützungsformen ist jedoch mit relativ hohem Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Ihr Einsatz erfordert neben Spezialkenntnissen auch konkrete Vorstellungen vom Endprodukt, weswegen ihre Anwendung vorwiegend in den späteren Prozeßphasen wirtschaftlich ist.

Ehrlenspiel u.a. [15] sowie Lindemann [16] schlußfolgern aus analogen Befunden, daß besonders in den frühen Phasen des Konstruktionsprozesses einfache Modelle von erheblichem Nutzen sein können. Deshalb sollen sie zusätzlich zu den aufwendigeren rechnergestützten Verfahren (CAD, FEM) und den kostenintensiven Rapid-Prototyping-Versionen wie Stereolithographie der späteren Phasen als Unterstützmöglichkeit empfohlen und verbreitet werden.

### 3.2

#### Experimentelle Befunde

Die Darlegungen wiesen wiederholt auf die notwendige Unterstützung der frühen Phasen des konstruktiven Entwurfsprozesses durch Prototyping hin. Im Rahmen quasiexperimenteller Studien wurde zu klären versucht, ob beziehungsweise wenn solche einfachen materialisierten Entwurfshandlungen (z.B. Skizzieren, Modellieren) tatsächlich eine Unterstützung des Problemlösens im konstruktiven Entwurfsprozeß sind. Darüber hinaus ist wichtig zu wissen, wann, worin beziehungsweise in welchen Faktoren sich solch eine mögliche Unterstützung der Lösungsprozesse durch das Prototyping äußert.

##### 3.2.1

###### Studie 1

Es wurden drei Konstruktionsaufgaben mit zunehmender Komplexität von vergleichbaren Probandengruppen am Rechner nacheinander bearbeitet und zwar bei einer Gruppe ohne, bei der anderen mit durch Skizzieren gestützter Analyse der Aufgabenstellung ( $N=34$ ). Die Problemlösungen wurden per Video aufgezeichnet und nach einem Kategorisierungsschema ausgewertet [17].

###### Ergebnisse (Auszug):

Bei der komplexesten Aufgabe – und nur bei dieser – führt die Skizze zu geringerer Gesamtschrittzahl (Bild 2), weniger verworfener Erwägungen, niedrigerer Einschätzung der Schwierigkeit und – trotz des Zeitmehraufwands für das Skizzieren – zu geringerer Gesamtbearbeitungszeit als ohne Skizze.

Ferner trägt die (beschriftete) Skizze als externer Speicher zur Entlastung des Nadelöhrs kreativen Entwerfens, des sogenannten Arbeitsgedächtnisses, mit bei. Denn, so belegen die Befunde, je geringer seine Kapazität ist, desto mehr überflüssige Schritte, desto mehr Erwägungen ineffizienter Möglichkeiten und desto größer ist der Zeitbedarf beim Entwerfen. (Die Arbeitsgedächtniskapazität wurde mittels der Rechenspanne in Analogie zur Lesespanne ermittelt [18]).

##### 3.2.2

###### Studie 2

Die Probanden erhielten hierbei die Aufgabe, eine funktionsfähige Haltevorrichtung entweder mit oder ohne (vorheri-

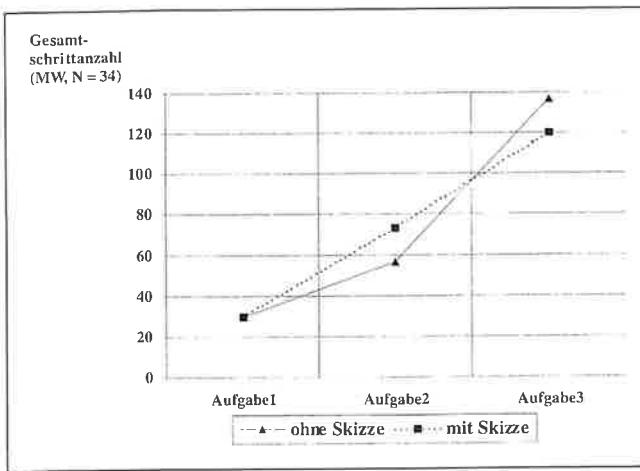


Bild 2. Gesamtschrittzahl in Abhängigkeit von der Skizzenbenutzung beim Bearbeiten von drei Konstruktionsaufgaben unterschiedlicher Komplexität (Studie 1)

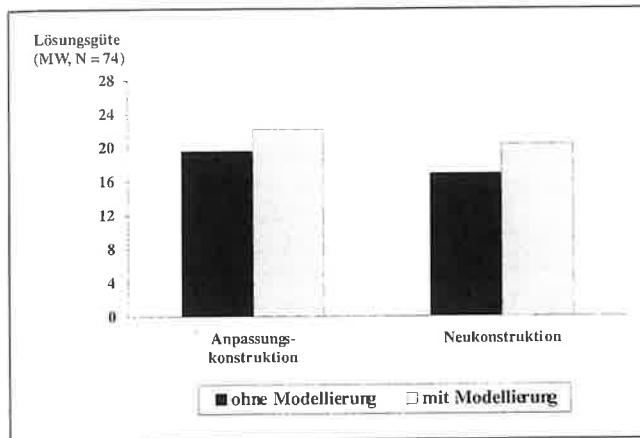


Bild 3. Lösungsgüte in Abhängigkeit vom Modellieren / Skizzieren – maximal 28 erreichbare Bewertungspunkte (Studie 2)

gem) Skizzieren / Modellieren als Neu- bzw. Anpassungskonstruktion zu entwickeln ( $N=74$ ). Die Lösungsfindung wurde wiederum aufgezeichnet und nach einem Kategorisierungsschema ausgewertet [13].

#### Ergebnisse (Auszug):

Wie bei Studie 1 nehmen auch hier die beim Einsatz materialisierter Entwurfshandlungen benötigten Gesamtschritte gegenüber den ungestützt konstruierten statistisch gesichert ab. Damit sinken zugleich die Zahlen der Probier-, der Wiederholungs- und der notwendigen Anpassungsschritte.

(Anmerkung: Von den 36 Probanden, die zuvor Prototypen erstellten, haben 78% ihre Lösung skizziert und die verbleibenden 22% ein Modell aus Pappe, Draht, Knete usw. zur Lösungsfindung gefertigt.)

Des weiteren kam es trotz des wiederum größeren Zeitaufwands für das Prototyping zu keiner signifikanten Verlängerung der Gesamtlösungszeit.

Die Lösungsgüte, die Experten anhand der Kriterien Funktion, Fertigung, Montage, Gestaltung, Zuverlässigkeit in Anlehnung an ein Verfahren zur Bewertung von Konstruktionsergebnissen bestimmten [19], nimmt mit Prototypentechniken (Skizzieren / Modellieren) gegenüber der ungestützten Lösungsfindung der Probanden statistisch gesichert zu (Bild 3).

## 4

### Zusammenfassende Schlußfolgerungen

Konstruieren ist eine der anspruchsvollsten Denktätigkeiten von der Art des schöpferisch-entwerfenden Problemlösen.

Das Skizzieren und Modellieren als materialisierte Form des Denkhandelns fördert speziell in den frühen Phasen des Konstruktionsprozesses das Erzeugen und Konzipieren und Korrigieren von Lösungen. Daher sollten sie gerade in den frühen Phasen des Entwerfens – nicht erst als Prototyping fertiger Entwurfslösungen – gezielt angewandt und ihre Nutzung unterstützt werden.

Die Wahl und Anwendung der angemessensten (zeit- und kostengünstigsten) prototypischen Unterstützung sollte mindestens die jeweiligen Hauptfunktionen solcher externen Unterstützungsformen, den Einsatzzeitpunkt (Phase im Konstruktionsprozeß) und die damit verbundenen spezifischen konstruktiven Forderungen sowie die Distanz des frühen Entwurfs zum Endprodukt berücksichtigen.

Das frühe Prototyping kann als Unterstützungsform des Problemlösen im konstruktiven Entwurfsprozeß

- zur Verringerung der Zahl der benötigten Lösungsschritte,
  - zu einer niedrigeren Einschätzung der erlebten Problem- bzw. Aufgabenschwierigkeit,
  - trotz des Zeitmehraufwands zu geringerer bzw. relativ unveränderter Gesamtbearbeitungszeit,
  - zur Zunahme der Güte der konstruktiven Lösung und
  - zur Entlastung des Arbeitsgedächtnisses beitragen.
- Ferner folgt für das Unterstützen des Konstruierens und für die Konstruktionsausbildung, daß alle Möglichkeiten für einen – auch impliziten – breiten Erfahrungserwerb gerade in der Problemanalyse und beim Konzipieren gefördert werden sollten.

### Literatur

1. Steuer, K.: Theorie des Konstruierens in der Ingenieurausbildung. Leipzig: Fachbuch-Verlag 1968
2. Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre. 3. Aufl. Berlin: Springer 1993
3. Marti, K.: Flexible Fertigung – wohin? Management Z. 55 (1986) H. 1, S. 34–36
4. Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung, Methoden für Prozeßorganisation, Produkterstellung und Konstruktion. München: Hanser 1995
5. Carroll, J. M. u.a.: Presentation and representation in design problem-solving. Brit. J. of Psych. 71 (1980), S. 143–153
6. Hegarty, M.: Knowledge and processes in mechanical problem solving. In: Sternberg, R. J.; Frensch, P. A. (Hrsg.): Complex problem solving: Principles and mechanisms. Erlbaum: Hillsdale 1991
7. Galperin, P. I.: Die geistige Handlung als Grundlage für die Bildung von Gedanken und Vorstellungen. In: Lompscher, J. (Hrsg.): Probleme der Lerntheorie. Berlin: Volk und Welt 1966
8. Piaget, J.: Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde. Stuttgart: Klett 1969
9. Kleist, H. von: Die allmähliche Verfertigung der Gedanken beim Reden. Sämtliche Werke, Bd. 2. München: DTB-Verlag 1987
10. Görner, R.: Zur psychologischen Analyse von Konstrukteur- und Entwurfstätigkeiten. In: Bergmann, B.; Richter, P. (Hrsg.): Die Handlungsregulationstheorie. Von der Praxis einer Theorie. 1994
11. Bach, K.: Denkvorgänge beim Konstruieren. Konstruktion 25 (1973), S. 1–5
12. Sachse, P.; Hacker, W.: Early low-cost prototyping I. Zur Funktion von Modellen im konstruktiven Entwicklungsprozeß. Forsch.-ber. TU Dresden, Inst. f. Allg. Psych. u. Method. d. Psych., Bd. 19 (1995)
13. Riemer, S.: Prototyping als Unterstützmöglichkeit des Problemlösen im konstruktiven Entwurfsprozeß. Unveröff. Dipl.-Arb., TU Berlin 1996
14. Sachse, P. u.a.: Early low-cost prototyping II. Entwicklung einer Modelltaxonomie. Forsch.-ber. TU Dresden, Inst. f. Allg. Psych. u. Method. d. Psych. 1996

15. Ehrlenspiel, K. u.a.: Unterstützung des Konstruktionsprozesses durch Modelle. In: Hacker, W.; Sachse P. (Hrsg.): Bild und Begriff III. Zur Rolle von Anschauung und Abstraktion im konstruktiven Entwurfsprozeß, S. 45-59. TU Dresden, Inst. f. Allg. Psych. u. Method. d. Psych. (1995)
16. Lindemann, U.: Unterstützung der Produktentwicklung durch Modelle. In: Franke, H.-J. (Hrsg.): Bild & Begriff IV. TU Braunschweig, Inst. f. Konstruktionslehre (im Druck)
17. Sachse, P.; Hacker, W.: Unterstützung des Problemlösens im konstruktiven Entwurfsprozeß durch Prototyping. In: Franke, H.-J. (Hrsg.): Bild & Begriff IV. TU Braunschweig, Inst. f. Konstruktionslehre (im Druck)
18. Hacker, W. u.a.: Verarbeitungskapazität für Text: Ergebnisse der Entwicklung eines deutschsprachigen Prüfverfahrens des Arbeitsgedächtnisses. Z. f. Psych. (1994), S. 295-320
19. Langner, T.: Analyse von Einflußfaktoren beim rechnerunterstützten Konstruieren. Schrift.-R. Konstruktionstech. d. TU Berlin, H. 20 (1991)

**Anwendungen aus der Sicht des Herausgebers** Das Konstruieren als anspruchsvolle Denktätigkeit und als schöpferischer Problemlösungsprozeß hat seit Jahren das Interesse führender Psychologen gefunden, deren Aussagen aus theoretischen Analysen und experimentellen Felduntersuchungen wertvolle Ansätze für die Verbesserung des Konstruierens bedeuten. Das trifft besonders für die frühen Phasen des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses zu, da bei diesen auch im Zeitalter der Rechnerunterstützung die Fähigkeiten des Menschen im Vordergrund stehen. Der Beitrag ist unmittelbar für die Konstruktionspraxis einsetzbar.

## Buchbesprechungen

Sihm, W.: **Unternehmensmanagement im Wandel – Erfolg durch Kunden-, Mitarbeiter- und Prozeßorientierung**. München: Hanser 1995. 266 S., zahlr. Abb., geb. DM 78,-

Die zehn Autoren gehen davon aus, daß Unternehmen drei wesentliche Aufgaben zu lösen haben:

- Prozesse müssen effektiv gestaltet werden (ergibt die kostengünstige Produktion),
- Mitarbeiter sind zu motivieren (führt zu qualitativ hochwertigen Produkten) und
- Kunden sind bestens zu bedienen (sie wandern sonst zum Wettbewerb).

Unternehmensmanagement bei turbulenter Umwelt, die komplette Umstrukturierung eines Unternehmens, die Eingliederung indirekter Bereiche (Beispiel Instandsetzung) in die Wertschöpfungskette, Veränderungen bei Wertschöpfungs- und Geschäftsprozessen, die Gewinnverbesserung aufgrund besserer Serviceleistungen, die Rolle des Menschen bei der Unternehmensentwicklung, Informations- und Steuerungssysteme in der Fraktalen Fabrik sowie ein Ausblick auf neue Produktionstechnologien sind Themen.

Die im Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart, tätigen Autoren geben vielfältige Impulse zur Gestaltung des komplexen Zusammenspiels von Mensch, Technik und Organisation in einem Industriebetrieb.

Ha.

DIN (Hrsg.): **Graphische Symbole zur Anwendung an Einrichtungen – Bildzeichen – Übersicht**, DIN-Fachber.

4, 7. überarb. Aufl. Berlin: Beuth 1995. 131 S., 3400 Bildzeichen, brosch. DM 58,-

Visuelles prägt sich häufig leichter ein. Darüber hinaus kann ein Bildzeichen mehr als ein Wort, meist auch einen Satz oder eine längere Aussage ersetzen, und es wird häufig ohne Dolmetscher von Menschen verschiedener Sprache verstanden. Das sind Gründe für den Einsatz von Bildzeichen.

Bei ihrem Gebrauch ist es jedoch wichtig, daß Zeichen und Aussage eindeutig zuordenbar sind. Auskunft über die genormten Symbole gibt der DIN-Fachbericht 4, der in der 7. Auflage erschienen ist. Gegenüber der vorhergehenden 6. Auflage sind über 700 Zeichen entweder überarbeitet oder neu

hinzugekommen. Zu den Zeichen sind jeweils DIN-Registriernummer und Bedeutung angegeben und, falls ein Zeichen mit einem international genormten Symbol identisch ist, auch dessen ISO- oder IEC-Bezeichnung. Ein umfangreiches alphabetisches Schlagwortverzeichnis erleichtert die Suche. Eine Vergleichstabelle zwischen ISO 7000 und DIN 30600 ergänzt sinnvoll den Fachbericht.

Red.

Jendritza, D.J.: **Technischer Einsatz neuer Akten – Grundlagen, Werkstoffe, Designregeln und Anwendungsbeispiele**. R. Kontakt & Studium, Bd. 484. Renningen: Expert 1995. 490 S., 309 Abb., 35 Tab., 412 Zit., brosch. DM 118,-

Aktoren sind Verbindungsglieder zwischen technischen Prozessen und dem informationsverarbeitenden Teil elektrischer Steuerungen. 17 Autoren geben einen Überblick zum Stand der Wissenschaft, Entwicklung und Technik. In 18 Schwerpunktthemen werden unter anderem Fragen zum mechanischen Aufbau, zur elektronischen Ansteuerung, zur Technologie, aber auch zum Markt behandelt.

Exp.