

Aufgabenangemessene Gestaltung von CAD-Systemen

Peter Martin, Kassel

Zusammenfassung

Die Entwicklung und Anwendung von CAD-Software hat in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. Die Systeme sind benutzungsfreundlicher geworden und ihre Funktionalität hat sich verbessert, wobei bis heute umstritten ist, ob es sich bei diesen Systemen tatsächlich um solche zur Konstruktion oder lediglich zur Zeichnungserstellung handelt. In dem vorliegenden Beitrag wird diese Frage implizit diskutiert, es werden die arbeitsinhaltlichen Dimensionen des Konstruktionshandelns beschrieben, arbeitswissenschaftliche Gestaltungskriterien dargelegt und die Realität der Entwicklung und Anwendung von CAD-Software problematisiert.

1. Einleitung

Der Titel der diesjährigen Tagung Software-Ergonomie "Aufgabenorientierte Systemgestaltung und Funktionalität" hat die für eine menschengerechte Entwicklung und Benutzung von Rechnersystemen scheinbar wichtigsten Kriterien in den Mittelpunkt gestellt. Rechnersysteme sollen die Aufgabenbearbeitung unterstützen, indem sie eine entsprechende Funktionalität anbieten. Der Titel impliziert aber auch eine inhaltliche Enge: es stellt sich die Frage, ob es richtig ist, den Blick nur auf das System und seine Funktionalität zu richten? Ist es nicht vielmehr so, daß Softwaregestaltung zugleich auch Arbeitsgestaltung ist? Muß die aufgabenorientierte Systemgestaltung und Funktionalität nicht im Kontext der allgemeinen Arbeitsgestaltung gesehen werden? Und hat es in der Vergangenheit nicht zahlreiche Fehlentwicklungen gegeben, die auf die Vernachlässigung dieses Zusammenhangs zurückzuführen sind, wie es sich z.B. in folgender Aussage widerspiegelt:

"Hinderlich wird auch die wachsende Diskrepanz zwischen der Entwicklung rechnerunterstützter Systeme für die Konstruktion und der Konstruktionswissenschaft, insofern es einerseits am methodischen Vorlauf für Softwareentwicklung, andererseits an Anpassung der rechentechnischen Systeme an methodisch-psychologische Gegebenheiten beim Konstruieren mangelt. Notwendig wäre, daß selbstbewußte, sowohl konstruktionswissenschaftlich wie rechentechnisch versierte Konstrukteure den Informatikern die Führung der Entwicklung aus der Hand nehmen." (MÜLLER 1988, S.226)

Hinter dieser Auffassung, die von anderen Konstruktionswissenschaftlern (wie später zu zeigen sein wird) in unterschiedlicher Weise geteilt wird, verbergen sich differierende Auffassungen über das Konstruktionshandeln, die Aufgaben und Methoden des Konstruierens. Bevor über die aufgabenorientierte Systemgestaltung und Funktionalität von CAD-Systemen gesprochen werden kann, müssen die Aufgaben des Konstruierens bekannt sein. Darüber hinaus kann die Kenntnis des Konstruktionshandelns nur dann sinnvoll (im Sinne von menschengerecht) in eine Systemfunktionalität überführt werden, wenn sie mit arbeitswissenschaftlichen Gestaltungszielen, die als Leitlinien zur

Systementwicklung dienen können, kombiniert werden. Um rechnergestützte Systeme aufgabenangemessen gestalten zu können, bedarf es also einer ganzheitlichen Darstellung des Konstruktionshandelns und arbeitswissenschaftlicher Ziele zur Gestaltung menschengerechter Arbeit. Auf beide Bereiche soll hier, dem zur Verfügung stehenden Platz entsprechend, eingegangen werden.

2. Konstruktionshandeln

Will man versuchen, Aufgaben und Arbeitsweise des Konstruierens zu definieren, so stößt man auf die Schwierigkeit, daß es keinen einheitlichen Ansatz zur Beschreibung des Konstruktionshandelns gibt. Zu unterschiedlich sind die Branchen, die Betriebsgrößen, die Betriebsorganisationen, die Produkte und die Fertigungsmittel. Diese Komplexität ist mit eine Ursache dafür, daß es seit den 60er Jahren unterschiedliche Methodikschulen gibt, welche vor allem mit den Namen HUBKA (1984), KOLLER (1985), PAHL/BEITZ (1977), RODENACKER (1984) UND ROTH (1982) in Verbindung gebracht werden. Auch wenn die Methodikschulen unterschiedliche Wege beschreiten, so liegt ihnen doch eine gemeinsame Problemstellung zugrunde: Die Komplexität der zu antizipierenden Gebilde beim Konstruieren hat in der Vergangenheit ständig zugenommen und parallel sind die zu berücksichtigenden Restriktionen des Konstruierens größer geworden; aus diesem Grund soll das Konstruieren durch systematisches Vorgehen erleichtert werden.

Stellvertretend für die unterschiedlichen Ansätze soll hier auf eine neuere Richtlinie des Vereins Deutscher Ingenieure eingegangen werden (VDI 2221, 1986). Diese "Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte" dient als Rahmenrichtlinie, die je nach Detaillierungsgrad des Vorgehens durch weitere Richtlinien für bestimmte Konstruktionsphasen oder auch spezielle Branchen ergänzt werden kann.

Auf der Basis eines systemtechnischen Vorgehensmodells werden die verschiedenen Phasen des Konstruierens als Problemlösungsprozeß dargestellt, wobei der zeitliche Werdegang vom Abstrakten zum Konkreten als Lebensphasen eines Systems bezeichnet wird. Es wird davon ausgegangen, daß es unterschiedliche systemtechnische Problemlösungszyklen gibt, die sich in den Phasen wiederholen können. Diese Problemlösungszyklen bestehen aus Problemanalyse, Problemformulierung, Systemanalyse, Systemsynthese sowie aus Bewertung und Entscheidung.

Wenn es sich um komplexe Problemstellungen handelt, wird ein mehrmaliges Wiederholen des beschriebenen Problemlösungszyklus empfohlen, da durch dieses iterative Vorgehen das Informationsniveau und dadurch die Lösungsqualität steigt. Dies wird mit einem gesteigerten "Informationsumsatz" beim jeweiligen Durchlauf des Problemlösungszyklus begründet. So ist der in den Vorgehensschritten enthaltene Weg der Informationsgewinnung, -verarbeitung und -ausgabe eine Möglichkeit, um Probleme auf immer höherem Niveau einer Lösung zuzuführen.

Wenn komplexe Probleme auftreten, die durch das beschriebene Vorgehen nicht zu bearbeiten sind, wird empfohlen, den Problemlösungsprozeß in parallel laufende Lösungswege zu gliedern. Es handelt sich dabei um eine Aufgliederung des Gesamtproblems in Teil- und Einzelprobleme. Die Einzelprobleme sollen dann wiederum zu Teillösungen und dann zu einer Gesamtlösung zusammengeführt werden.

Es wird weiterhin davon ausgegangen, daß Entwicklungs- und Konstruktionsaufgaben aufgrund ihrer unterschiedlichen Aufgabenvielfalt, der Fertigungsart und des Neuheitsgrades stark voneinander abweichen können. Außerdem kann der Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß selber variieren, da es externe Zwänge und innerbetriebliche Notwendigkeiten gibt, die mit der Wettbewerbssituation, dem Kostendruck, dem Termindruck, den Sonderwünschen, der Vorschriftenvielfalt, der Fremdfertigung, den gestiegenen Anforderungen und der Komplexität der Produkte, dem Eindringen der Mikroelektronik und auch den großen Forschungs- und Entwicklungsfortschritten (z.B. in der Werkstofftechnik und anderes) zusammenhängen.

Es werden dann generelle Arbeitsabschnitte unterschieden, die das Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren kennzeichnen. Es handelt sich dabei um sieben Arbeitsabschnitte, die entweder vollständig oder auch nur teilweise und iterativ durchlaufen werden können (Arbeitsergebnisse in Klammern):

- Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung (Anforderungsliste)
- Ermitteln von Funktionen und deren Strukturen (Funktionsstruktur)
- Suchen nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen (prinzipielle Lösung)
- Gliedern in realisierbare Module (Modulare Struktur)
- Gestalten der maßgebenden Module (Vorentwürfe)
- Gestaltung des gesamten Produkts (Gesamtentwurf)
- Ausarbeitung der Ausführungs- und Nutzungsangaben (Produktdokumentation).

Bevor auf die Kritik dieses konstruktionsmethodischen Ansatzes genauer eingegangen wird, soll hier anhand einiger Zitate dargelegt werden, daß auch in den Standardwerken der Konstruktionswissenschaftler ähnliche systemtechnische Ansätze zu finden sind.

KOLLER (1982) vertritt die Auffassung: "Rechnerunterstütztes Konstruieren und methodisches Konstruieren sind prinzipiell identisch; rechnerunterstütztes Konstruieren ist letztlich nichts anderes als programmiertes bzw. automatisiertes methodisches Konstruieren" (KOLLER 1982, S. 239).

RODENACKER (1984) sieht das Konstruieren als Informationsumsatz, d.h. menschliches Wahrnehmen, Überlegen und Entscheiden bzw. Tun ist mit der Informationsgewinnung, -verarbeitung und -abgabe zu vergleichen. Er formuliert: "Man kann das Konstruieren als einen Informationsumsatz auffassen, der von der Aufgabe bis zu den Fertigungsunterlagen führt. Der Vorgang ist mit dem psychologischen Verhalten des Menschen und der Funktionsweise einer Rechenmaschine vergleichbar..." (RODENACKER 1984, S. 289).

Auch bei PAHL/BEITZ (1977) finden sich ähnliche Aussagen, die meines Erachtens aber differenzierter auf die in den konstruktionsmethodischen Ansätzen unterstellte Linearität von Konstruktionsprozessen eingehen: "Ein wesentlicher Teil unserer Arbeitsweise beim Lösen von Aufgaben besteht in einem Vorgang der Analyse und in einem anschließenden Vorgang der Synthese und läuft in Arbeits- und Entscheidungsschritten ab. Dabei wird in der Regel vom Qualitativen immer konkreter werdend zum Quantitativen vorgegangen. Diese Tätigkeit des Konstruierens wird ... als Informationsumsatz aufgefaßt. Nach jeder Informationsabgabe kann es nötig werden, weitere Verbesserungen ... des Ergebnisses des gerade durchlaufenen Arbeitsschrittes vorzunehmen, d.h. er ist auf einer höheren Stufe an Informationsgehalt in einer Schleife nochmals zu durchlaufen und solange zu wiederholen, bis die nötige Verbesserung erzielt ist." (PAHL/BEITZ 1977, S. 47).

Die Phasenmodelle des Konstruierens bilden aus verschiedenen Gründen das Konstruktionshandeln nicht ausreichend ab. RIEHM (1983) unterscheidet drei wesentliche Kritikpunkte, sie betreffen das Bemühen um die Elementarisierung der Konstruktion, die Auffassung vom Konstruktionsprozeß als informationsverarbeitendem Prozeß und die Auffassung, daß es sich beim Konstruktionsprozeß um ein einfaches Ablauf- und Phasenschemata handelt (s.a. EHRENSPIEL/RUTZ 1987). Es wird vor allem kritisiert, daß der Konstruktionsprozeß vorwiegend als technischer Prozeß aufgefaßt wird und nicht als Arbeitsprozeß. Dies seien auch die Gründe, warum die konstruktionsmethodischen Ansätze nur in geringem Maße in der betrieblichen Praxis Anwendung finden (s.a. FRANKE 1985).

EKARDT/RIEHM (1985) gehen davon aus, daß der Konstruktionsprozeß kein linearer, in eindeutig trennbare Phasen aufzuspaltender Prozeß sei. Sie vertreten die Auffassung, daß die von der Konstruktionswissenschaft entwickelte Konstruktionsmethode in einem umfassenden und zugleich empirisch orientierten Modell von Konstruktionsarbeit aufgehoben werden kann. Sie gehen davon aus, daß die Arbeitsorganisation und der Arbeitsprozeß ganz erheblich von der vorliegenden Konstruktionsaufgabe abhängen, vom sogenannten task environment, von der Umwelt der Konstruierenden und schließlich davon, wie die Akteure mit der Konstruktionslogik umgehen (EKARDT/RIEHM 1985, S. 970ff; s.a. EKARDT 1978).

Auch DÖRNER (1982) kritisiert (insbesondere im Hinblick auf Handlungsstrukturtheorien) allzu lineare Auffassungen vom Arbeitshandeln und betont Außeneinwirkungen sowie individuelle Handlungsalternativen, die lineare Prozesse jederzeit verändern können. Nach seiner Auffassung betrachten diese Modelle die komplexen kognitiven Prozesse nicht ausreichend trennschaft. Er kritisiert diese Ansätze und gibt zu bedenken, daß Denkprozesse zwar eine zum Ziel führende Kette von Handlungselementen seien, diese aber durch unterschiedliche Gründe modifiziert oder unterbrochen werden können (DÖRNER 1982, S. 27ff)

Die zusammenfassende Darstellung der Grenzen konstruktionsmethodischer Ansätze macht deutlich, daß eine ganzheitliche Betrachtung des Konstruktionshandelns notwendig ist, um die Voraussetzung für aufgabenorientierte Systemgestaltung zu schaffen (PAHL 1986, WETH 1988, BEITZ/EHRENSPIEL 1984). Im folgenden wird ein Rahmenmodell des Konstruktionshandelns entwickelt, welches alle Elemente des Konstruierens erfaßt, die zur Produktentstehung beitragen. Das Rahmenmodell hat einen inneren und äußeren Bereich, der innere Teil beschreibt die konstitutiven Aspekte der individuellen Arbeitsweise, der äußere Bereich die konstitutiven Aspekte der Produktentwicklung und -gestaltung.

Der innere Bereich des Konstruktionshandelns erhält seine Schwerpunkte durch soziale Beziehungen innerhalb einer Arbeitsgruppe, zwischen den Arbeitsgruppen und zu anderen Abteilungen; inhaltliche Aufgaben sind die Konzeptphase (Funktion, Physik, Wirkstruktur), die Gestaltphase (Baustruktur und Teile mit Geometrie, Oberfläche und Werkstoff) sowie die methodische Arbeitsweise vom Abstrakten zum Konkreten (Klärung der Aufgabe, Lösungssuche und Lösungsauswahl), verstanden als antizipierender Vorgang, der in starkem Maße von der "... Erkenntnis-, Kritik- und Lernfähigkeit ..." (FRANKE 1985, S. 913) der Akteure in der Konstruktion abhängt. Die konstitutiven Aspekte der individuellen Arbeitsweisen sind interindividuell unterschiedlich stark ausgeprägt, was vor allem durch die Qualifikation, das Erfahrungswissen und die persönlichen Problemlösungsstrategien (DÖRNER 1979) zu erklären ist. Außerdem gibt es wesentliche Unterschiede in den zu bearbeitenden Konstruktionsaufgaben, wie etwa die Aufgabenkomplexität u.a..

Der äußere Bereich des Konstruktionshandelns ist bestimmt durch zahlreiche Anforderungen an die Konstruktion, die z.T. durch die Marktsituation bzw. durch Kundenwünsche determiniert sind. Im einzelnen lassen sich folgende wichtige Gesichtspunkte unterscheiden: Mensch-Maschine-Verhältnis (Handhabbarkeit usw.), Funktion (Langlebigkeit usw.), Form (geschlossene harmonische Gestalt usw.), Sicherheit (optimale Dimensionierung, Materialstärken usw.), Kosten (Standardisierte Produkte einsetzen usw.) und Betriebsspezifika (Maschinendaten berücksichtigen, Fertigungsprozesse des Betriebes kennen usw.).

Schließlich können zur "Vermittlung" von äußerem und innerem Bereich Problemlösungsmethoden, häufig auch Kreativitätstechniken genannt (Morphologischer Kasten oder Brainstorming usw.), eingesetzt werden, um neue Lösungen zu finden oder bewährte Lösungen neu miteinander zu kombinieren.

Es gibt in diesem Modell des Konstruktionshandelns konstitutive Aspekte, die von der Konstruktionsmethodik nicht erfaßt und auch nicht zu algorithmieren sind: die sozialen Aspekte, die interindividuellen Unterschiede, die Kundenwünsche oder Markterfordernisse, die sich häufig verändernden Betriebsspezifika, die ästhetischen Gestaltungsanforderungen und vieles mehr. CAD und konstruktionsmethodische Ansätze berücksichtigen heute lediglich einen Teil der Aspekte des inneren Bereichs von Konstruktionshandlungen, in dem durch die Möglichkeiten der Modellerstellung und -manipulation die Konzept- und Gestaltphase tatsächlich zu einem iterativen Prozeß werden kann, da sich einmal festgelegte Konzepte leichter ändern lassen. Darüber hinaus ist die Konstruktionsmethode ein elaboriertes Hilfsmittel, um in einem iterativen Prozeß komplexe Sachverhalte vom Abstrakten zum Konkreten zu bearbeiten.

3. Arbeitswissenschaftliche Gestaltungsziele

Neben der Definition des Konstruktionshandelns zur aufgabenorientierten Systemgestaltung müssen Leitkriterien zur menschengerechten Arbeitsgestaltung stehen. Ohne diese Leitkriterien können bestehende Gestaltungsspielräume bei der Entwicklung, Einführung und Anwendung von CAD-Systemen nicht im positiven Sinne genutzt werden (MARTIN, S. 84ff).

In der Arbeitswissenschaft gibt es einen Konsens darüber, daß es auf unterschiedlichen Ebenen Kriterien zur Bewertung von menschengerechter Arbeit gibt (LUCZAK u.a. 1987):

- Schädigungslosigkeit und Erträglichkeit der Arbeit
- Ausführbarkeit der Arbeit
- Zumutbarkeit, Beeinträchtigungsfreiheit, Handlungs- und Tätigkeitsspielraum der Arbeit
- Zufriedenheit der Arbeitenden, Persönlichkeitsförderlichkeit der Arbeit
- Sozialverträglichkeit der Arbeit, Beteiligung der Arbeitenden an der Gestaltung.

Zwischen den genannten Ebenen besteht eine Abhängigkeit insofern, als die Kriterien einer niedrigeren Ebene erfüllt sein müssen, damit die auf der nächst höheren Ebene greifen können.

Die Kriterien der Schädigungslosigkeit und Erträglichkeit der Arbeit beziehen sich auf die physiologisch-ökologische Ebene. Das Kriterium der Ausführbarkeit der Arbeit bezieht sich auf die Ebene der Operationen mit Werkzeugen und an Maschinen. Die Kriterien Zumutbarkeit, Beeinträchtigungsfreiheit, Handlungs- und Tätigkeitsspielraum der

Arbeit beziehen sich auf die Gestaltung der Arbeitsaufgaben und Arbeitsumgebungen. Die Kriterien Zufriedenheit der Arbeitenden und Persönlichkeitsförderlichkeit der Arbeit beziehen sich auf das Netzwerk produktiver Funktionen. Die Kriterien Sozialverträglichkeit der Arbeit und Beteiligung der Arbeitenden an der Gestaltung beziehen sich auf die kooperative Organisation der Produktion oder der Dienstleistung.

Die Kriterien zur Bewertung von Arbeitsgestaltungsmaßnahmen müssen nun auf die Gestaltung von Rechnersystemen übertragen werden. Für den Bereich der rechnergestützten Arbeit hat HACKER (1987) eine "Hierarchie der Gestaltungsgegenstände bei rechnergestützter Arbeit" vorgeschlagen. Hier soll ein modifiziertes Modell dargestellt werden, welches das Hacker'sche Modell vereinfacht. Es werden die Bereiche Mensch-Mensch-Aufgabenverteilung, Mensch-Rechner-Funktionsteilung, Dialoggestaltung, Ausführungsbedingungen sowie Einführungsstrategie und Weiterbildung unterschieden.

Der *Mensch-Mensch-Aufgabenverteilung* liegt ein Organisationsgrundkonzept zugrunde, welches vor allem durch die Wahl von zentralen oder dezentralen Organisationsstrukturen bestimmt wird. CAD-Technik verändert nicht zwangsläufig die Arbeitssituation, es gibt vielmehr Optionen für unterschiedliche Entwicklungs- und Anwendungsmöglichkeiten, die von dem Organisationsgrundkonzept eines Betriebes bestimmt werden. Eine angemessene Teilung und Kombination von Arbeiten auf dieser übergeordneten Ebene wird durch eine sequentiell und hierarchisch vollständige Gesamtaufgabe ermöglicht. Sequentiell vollständig ist eine Tätigkeit dann, wenn die Vorbereitungsfunktionen (Aufstellen von Zielen und Vorgehensweisen), die Organisationsfunktionen (Kooperation mit anderen Arbeitenden) und die Kontrollfunktionen, mit denen die Zielerreichung kontrolliert wird integriert werden. Hierarchisch vollständig sind Tätigkeiten, wenn sie nicht auf intellektuelle oder aber motorische Tätigkeitselemente reduziert werden, sondern alle Ebenen der Handlungsregulation umfassen (HACKER 1987, S.31 ff).

Auf der Ebene der *Funktionsteilung zwischen Mensch und Rechner* werden die Teilaufgaben hinsichtlich der Instrumentalität der Gesamtaufgabe und der Regulationsanforderungen untersucht. Mit anderen Worten, hier wird insbesondere die Dialogstruktur festgelegt, die Werkzeugcharakter haben soll, ihre Güte wird durch die beim Menschen verbleibenden geistigen Anforderungen bestimmt. Die Funktionsteilung ist darüber hinaus immer im Hinblick auf die Lösung der Gesamtaufgabe zu gestalten.

Die *Dialoggestaltung* umfaßt die software-ergonomischen Kriterien, wie sie in der DIN 66234 (Teil 8) beschrieben werden.

Die *Ausführungsbedingungen* werden durch die menschengerechte Gestaltung des Arbeitsplatzes, der Arbeitsumgebung und der Arbeitszeit geregelt.

Die Gestaltungsebene der *Einführungsstrategie* und *Weiterbildung* steht vertikal zu den bislang genannten Ebenen der Gestaltung, sie soll parallel zur Technikauswahl und -einführung beachtet werden.

Die genannten Kriterien menschengerechter Arbeitsgestaltung und die Hierarchie der Gestaltungsgegenstände befinden sich auf einem relativ abstrakten Niveau der Anforderungsdefinition an die Gestaltung von Rechnersystemen. Dennoch sind die einzelnen Kriterien geeignet, die Arbeits- und Systemgestaltung sowie -bewertung zu unterstützen. Die Kriterien müssen operationalisiert werden, um zu einer menschengerechten rechnergestützten Konstruktionsarbeit beizutragen.

4. Rechnergestütztes Konstruieren

Gleichsam als Kontrapunkt zu dem dargestellten Rahmenmodell des Konstruktionshandelns und den arbeitswissenschaftlichen Gestaltungszielen, wird hier eine "Modellvorstellung für den Konstruktionsprozeß" von BEITZ (1984) zitiert, in dessen Zentrum ein CAD-System steht. Er führt aus, welche Arbeitsteilung zwischen Konstrukteur und CAD-Rechner zu erwarten ist, und postuliert: "Der gesamte Ablauf dieser Arbeitsteilung wird durch eine Ablauflogik erzwungen, die das CAD-System enthält" (BEITZ 1984, S.118).

Auch ROTH (1988) konstatiert, daß CAD-Systeme derzeit nur Routinearbeiten wie Zeichnen, Rechnen und Ordnen übernehmen, aber anspruchsvollere Konstruktionsaufgaben nicht ausführen können. Er hält dies aber für realisierbar und entwickelt Methoden, die es ermöglichen sollen, daß Rechner automatisch Konstruktionsaufgaben lösen. Es wird daran gearbeitet, "... immer mehr konstruktive Tätigkeiten Schritt für Schritt dem Rechner zu übertragen und von ihm ausführen zu lassen." (ROTH 1988, S 81, s.a. SPUR/KRAUSE 1986 UND SPUR/BIENERT/LEHMANN 1988).

Die Zitate machen deutlich, daß die Weiterentwicklung von CAD-Software auf das Technische reduziert wird und mindestens zwei Fehlentwicklungen eingeleitet oder fortgesetzt werden:

- Die Kriterien zur Gestaltung menschengerechter Arbeit und software-ergonomischer Systemgestaltung bleiben unberücksichtigt; es wird im Gegenteil versucht, Verfahren zu implementieren, die einen Weg des Konstruierens vorschreiben. Hiermit werden die Maßgaben menschengerechter Arbeits- und Systemgestaltung vernachlässigt und Gestaltungspotentiale erheblich minimiert oder gar ausgeschlossen (zum Verhältnis von Gestaltungspotential und Optionscharakter s. RÖDIGER 1988). Die reduktionistische Betrachtungsweise der im zweiten Kapitel dargestellten konstruktionsmethodischen Ansätze wird so reproduziert und ungebrochen fortgeschrieben. Die spezifischen menschlichen Fähigkeiten, die intuitive Gestaltungskraft der Konstrukteure, werden wiederum negiert - nicht die Mensch-Maschine-Beziehungen werden untersucht und gestaltet, sondern nur die Maschinen.

- Bei der auf das Technische reduzierten Betrachtungsweise zur Weiterentwicklung der CAD-Systeme geht es nicht um die Optimierung der CAD-Software als Werkzeug für die Akteure der Konstruktion, sondern um die Objektivierung ihres Wissens, um es den Rechnern einzuverleiben - die implementierte Theorie soll ohne menschlichen Eingriff problemlösend tätig werden. Damit geht die Konstruktionstechnik einen ähnlich falschen Weg, wie es die Forschungen zur "Künstlichen Intelligenz" getan haben. Es wird in der Zukunft sicher gelingen, vereinzelte und isolierte Konstruktionsteilaufgaben automatisch lösen zu lassen und somit menschliches Expertenwissen durch formale Regeln zu ersetzen. Da das Konstruktionshandeln aber ein überaus komplexer Problemlösungsprozeß ist, bei dem es vor allem auf spezifische menschliche Fähigkeiten wie erkennen, synthetisieren und intuitiv erfassen ankommt, wird es den zitierten Konstruktionstechnikern vielleicht so gehen, wie es dem KI-Forschern, die "... mehr und mehr vom Informationsverarbeitungsmodell abspringen." (DREYFUS/DREYFUS 1987, S.138).

Nicht die Automatisierung von Konstruktionstätigkeiten sollte das Ziel der CAD-Softwareentwicklung sein, sondern die Unterstützung des Konstruktionshandelns. Expertensysteme sollten zur Beschaffung von Informationen bereitgestellt werden und als Hilfsmittel bei der Lösungssuche und Konstruktion von Alternativen dienen. Auf unter-

schiedlichsten Ebenen der Konkretisierung von Lösungsideen, etwa während der Festlegung von Funktionsstrukturen, Lösungsprinzipien oder Materialauswahl und -dimensionierung, würden sich hier Aufgaben ergeben.

Die CAD-Softwaregestaltung erfährt durch die Möglichkeiten der objektorientierten Programmierung erhebliche Entwicklungsimpulse und verstärkt den Werkzeugcharakter auf der Ebene der Modellierung von Modellen (s.a. Direkte Manipulation, Fenstertechnik usw.).

Vollkommen unberücksichtigt bleiben bislang Forderungen nach Gruppenarbeit und entsprechender technischer Unterstützung; auch hier sind neue und lohnende Aufgabenfelder für die Softwareentwicklung.

Ein zentraler Widerspruch zwischen den Bemühungen um eine arbeitsorientierte Gestaltung von CAD-Systemen und der technischen Realisierung bleibt allerdings bestehen und ist auch nicht durch eine aufgabenorientierte Systemgestaltung aufzulösen. Auch software-ergonomisch gestaltete Rechner "leben" von formalisierten und standardisierten Abläufen. Rechner benötigen Algorithmen, um ihre Funktion zu erfüllen. Es müssen genaue Regeln zur Erfassung, Weitergabe, Speicherung und Verarbeitung von Informationen vorgegeben werden, damit ein Rechner eingesetzt werden kann. Dies hat Auswirkungen auf die Erstellung von Zeichnungen mit CAD-Systemen (Modellgenerierung, -manipulation usw.). Rechner sind heute zum dominierenden Werkzeug in der Konstruktion geworden; es bleibt abzuwarten, ob sie durch den Einsatz von Expertensystemen auch zum dominierenden "Denkzeug", mit festen Regeln und dem Konstruieren nach Algorithmen werden. Ohne Zweifel besteht die Gefahr, daß immer mehr Funktionen vom Rechner übernommen werden, dies macht eine Orientierung auf menschliche Qualitäten in der Zukunft noch dringlicher.

Literaturverzeichnis

- BEITZ 1984 Beitz,W.: Entwicklungszwänge für den Konstrukteur. Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung 79 (1984) 3, S.116-119.
- BEITZ/EHRENSPIEL 1984 Beitz,W.; Ehrlenspiel,K.: Modellvorstellung für Entwicklung und Konstruktion. VDI Zeitschrift 126 (1984)7, S. 201-207.
- DIN 66234 1988 Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 66234 (Teil 8) Bildschirmarbeitsplätze - Grundsätze der Dialoggestaltung. Berlin: Beuth 1988.
- DÖRNER 1979 Dörner,D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung. 2. Auflage. Stuttgart: Kohlhammer 1979.
- DÖRNER 1982 Dörner,D.: Kognitive Prozesse und die Organisation des Handelns. In: HACKER,W.; VOLPERT,W.; CRANACH,M.von (Hrsg.): Kognitive und motivationale Aspekte der Handlung. Bern Stuttgart Wien: Huber 1982, S.26-37.
- EHRENSPIEL/RUTZ 1987 Ehrlenspiel,K.; Rutz,A.: Konstruieren als gedanklicher Prozeß. Konstruktion 39 (1987) 10, S.409-414.
- EKARDT 1978 Ekhardt,H.-P.: Entwurfsarbeit. Organisations- und handlungstheoretische Ansätze zur soziologischen Analyse der Arbeit von Bauingenieuren im Tragwerksentwurfsbereich (Dissertation). Darmstadt 1978.
- EKARDT/RIEHM 1985 Ekardt,H.-P.; Riehm,U.: Konstruktion zwischen Organisation und Individualität - Anmerkungen aus arbeitssoziologischer Sicht. In: HUBKA,V. Hrsg.: Proceedings of ICED 85. Zürich: Heurista 1985, S.967-978.

- FRANKE 1985 Franke, H.-J.: Konstruktionsmethodik und Konstruktionspraxis - eine kritische Betrachtung. In: HUBKA, V. (Hrsg.): Proceedings if ICED 85. Zürich: Heurista 1985. S.910-924.
- HACKER 1987 Hacker, W.: Software-Gestaltung als Arbeitsgestaltung. In: FÄHNRIK, K.-P. (Hrsg.): Software-Ergonomie. München: Oldenbourg 1987, S.29-42.
- HUBKA 1984 Hubka, V.: Theorie technischer Systeme. Heidelberg New York Tokyo: Springer 1984.
- KOLLER 1982 Koller, R.: Programmsystem RUKON zur Konstruktion und Zeichnungserstellung von Maschinen- und Gerätebaugruppen. In: Konstruktion 34 (1982) 6, S.239-244.
- KOLLER 1985 Koller, R.: Konstruktionslehre für den Maschinenbau. Grundlagen des methodischen Konstruierens. 2.Auflage. Berlin Heidelberg New York: Springer 1985.
- LUCZAK u.a. 1987: Luczak, H.; Volpert, W.; Raeithel, A.; Schwier, W.: Arbeitswissenschaft. Kerndefinition - Gegenstandskatalog - Forschungsgebiete. RWK 1987.
- MARTIN 1988 Martin, P.: CAD im Konstruktionsprozeß. Bad Salzdetfurth: Franzbecker 1988.
- MÜLLER 1988 Müller, J.: Zur Entwicklung der Konstruktionstechnik im deutschsprachigen Raum nach 1970 unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten in der DDR. Konstruktion 40 (1988), S.221-226.
- PAHL 1986 Pahl, G.: Konstruktion auf dem Weg zur systematischen Anwendungsmethodik. Technische Rundschau (1986) 1/2, S.8-13.
- PAHL/BEITZ 1977 Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre. Handbuch für Studium und Praxis. Berlin Heidelberg Now York: Springer 1977.
- RIEHM 1983 Riehm, U.: Konzeptionelle Mängel der Konstruktionswissenschaft und deren Auswirkungen auf CAD. In: HUBKA, V., ANDREASEN, M. (Hrsg.): Proceedings of ICED 1983, S.314-326.
- RODENACKER 1984 Rodenacker, W.G.: Methodisches Konstruieren. Grundlagen, Methodik, praktische Beispiele. 3. Auflage. Berlin Heidelberg New York Tokyo: Springer 1984.
- RÖDIGER 1988 Rödiger, K.-H.: Gestaltungspotential und Optionscharakter. In: RAUNER, F. (Hrsg.): "Gestalten" - eine neue gesellschaftliche Praxis. Bonn: Neue Gesellschaft 1988.
- ROTH 1982 Roth, K.: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen. Systematisierung und zweckmäßige Aufbereitung technischer Sachverhalte für das methodische Konstruieren. Berlin Heidelberg New York Tokyo: Springer 1982.
- ROTH 1988 Roth, K.: Ausführung echter Konstruktionsarbeiten vom Rechner. Konstruktion. 40 (1988), S.81-89.
- SPUR/KRAUSE 1986 Spur, G.; Krause, F.-L.: Forschungsaufgaben für die Weiterentwicklung der CAD-Technik. Technische Rundschau. (1986) 4, S. 44-50.
- SPUR/BIENERT/LEHMANN 1988 Spur, G.; Bienert, M.; Lehmann, C.M.: Neue CAD-Systemarchitekturen durch die Kopplung von Wissensverarbeitung und Methoden- und Modellbanksystemen. Zeitschrift wirtschaftliche Fertigung. 83 (1988) 3, S. 143-147.
- WETH 1988 Weth, R. von der: Konstruktionstätigkeit und Problemlösen. In: FRIELING, E.; KLEIN, H.: Rechnerunterstützte Konstruktion. Bern: Huber 1988.