

GESTALTUNG DER MENSCH-MASCHINE-SCHNITTSTELLE IN COMPUTER-  
GESTÜTZTEN FERTIGUNGSPROZESSEN - ZIELE, ANSÄTZE UND  
BISHERIGE ERFAHRUNGEN IM PROGRAMM FERTIGUNGSTECHNIK -

T. Martin, Karlsruhe

Zusammenfassung: In allen Bereichen der industriellen Fertigung werden mehr und mehr Computer eingesetzt. Dadurch wird die Qualität der Arbeit immer stärker von der software-ergonomischen Gestaltung der Interaktion zwischen Mensch und Computer bestimmt. In diesem Beitrag wird über praktische Versuche humaner Technikgestaltung im Programm Fertigungstechnik (mit Beispielen) berichtet. Das Bestreben, die Informationstechnologie wirklich zum Vorteil der Arbeitenden zu nutzen, führt zu einem gegenüber der bisherigen Praxis erweiterten Verständnis von Software-Ergonomie.

1 Einleitung

Das Programm Fertigungstechnik, das von einem Projektteam am Kernforschungszentrum Karlsruhe im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie geplant und geleitet wird, hat als Ziele,

- die Einführung moderner Technologien - vor allem der Informationstechnologie - in die Fertigungstechnik zu fördern, um die Wettbewerbsfähigkeit der Ausrüster zu sichern (und damit indirekt auch die der Anwenderbranchen),
- bei der Gestaltung solcher modernisierter industrieller Fertigungseinrichtungen die Qualität der Arbeitsplätze möglichst zu erhöhen,
- mittelständische Strukturen zu stärken.

Immer mehr Fertigungseinrichtungen zum Fertigen und Handhaben von Teilen und zum Montieren werden von Computern gesteuert. Die Arbeitsperson verliert dadurch den direkten Bezug des Arbeitens mit einem Werkzeug am Werkstück; stattdessen bedient sie den Computer, der das Werkzeug führt. Da das funktionstragende Element am Computer seine Software ist, fällt ihr hinsichtlich der Gestaltung des Arbeitsplatzes die Schlüsselrolle zu.

Das Gleiche gilt für die der eigentlichen Fertigung vor- und nebengelagerten Bereiche, der Konstruktion, Fertigungsvorbereitung und Fertigungssteuerung. Auch in diesen Funktionsbereichen des Fertigungsprozesses, wo es überwiegend um Informationsverarbeitung geht und noch große Rationalisierungspotentiale winken, werden computergestützte Systeme in wachsendem Umfang eingesetzt. Diese über Bildschirmarbeitsplätze zu benutzenden Systeme kann man ebenfalls nur dann in einer für die Benutzer sinnvollen Weise gestalten, wenn es gelingt, die "sinnvollen" Anforderungen mittels der Software zu implementieren.

Sind wir in der Lage, dem Softwareingenieur operationale, d.h. für ihn verständliche Anforderungskriterien und Qualitätsmerkmale an die Hand zu geben, mit denen er außer funktionalen und wirtschaftlichen Aspekten auch personenbezogene Arbeitsplatzgesichtspunkte berücksichtigen kann? Und verfügt er über Methoden, mit denen er dann seine Software nach diesen für ihn verständlichen Kriterien und Merkmalen entwerfen und implementieren kann? Diese zwei Fragen stellen sich sehr ernst in Projekten der betrieblichen Praxis, in denen nicht gedanken- oder rücksichtslos rationalisiert werden soll; sie stellen sich in zahlreichen öffentlich geförderten Vorhaben des Programms Fertigungstechnik.

Im folgenden wird berichtet, wie wir versuchen, computergestützte Arbeitsplätze im Fertigungsprozeß besser als bisher üblich an die Arbeitsperson anzupassen, indem wir uns bemühen, personenbezogene Aspekte in den Entwurf der Software einzubringen.

## 2 Ziele der Arbeitsplatzgestaltung im Fertigungsprozeß

Wie eine Vielfalt sozialwissenschaftlicher Untersuchungen und arbeitsmedizinischer Befunde aufzeigt, sind die großen technischen Errungenschaften auch mit nachteiligen Auswirkungen auf die Arbeitspersonen einhergegangen. Häufig ist der Inhalt (die Qualität) der Arbeit verarmt, was dequalifizierend wirkt; schädliche Belastungen, namentlich mentaler Art, nehmen zu /9/. Bei Computern herrscht ein gefährlicher Trend, sie kritiklos so einzusetzen, daß sie menschliche Arbeit, insbesondere Kopfarbeit, auch dort ersetzen, wo der Mensch seine "unersetzlichen" Stärken hat. Ob

der Mensch der Maschine grundsätzlich überlegen sei, ist umstritten. Der Ansicht, er sei es nicht, liegt ein mechanistisches Verständnis des Menschen zugrunde, das alte philosophische Wurzeln hat /13/. Hier soll nicht der Versuch gemacht werden, sie zu widerlegen. Jedoch wollen wir von der These ausgehen, daß das beste Kapital, das unsere Volkswirtschaft hat, die Qualifikation ihrer arbeitenden Bevölkerung ist. Unter dieser Prämisse sind die Anzeichen fortschreitender Dequalifizierung alarmierend.

Im Bestreben, dequalifizierende Wirkungen der Technik zu vermeiden, kann nun aber die Informationstechnologie auch vorteilhaft genutzt werden. Indem die Arbeitsverrichtung nicht mehr eng in den technischen Prozeß eingewoben ist, wird entscheidend, die Schnittstellen zwischen Mensch und technischem Prozeß in geeigneter Weise auszugestalten. Diese Mensch-Maschine-Schnittstellen können bei gleichen Fertigungsprozessen sehr verschiedenartig gestaltet sein, ohne daß eklatante Unterschiede in der Wirtschaftlichkeit zwischen ihnen bestehen müßten. Jedoch können schon kleine Unterschiede, die in der Computersoftware leicht zu realisieren sind, weitreichende Auswirkungen auf die menschliche Arbeit und die von ihr geforderte Qualifikation haben. Ein gutes Beispiel ist die CNC-Steuerung von Werkzeugmaschinen (siehe unter Punkt 4.4).

"Was möglich und denkbar ist, wird deshalb noch nicht ohne weiteres realisierbar. Betriebe bevorzugen fast immer konservative, erprobte Strukturen und Lösungen. Und vielfach vernachlässigen die Ingenieure gerade die in ihrer Vorstellung zweitrangigen Probleme, deren Lösung aber eben doch darüber entscheidet, ob ein bestimmter Arbeitsplatz monoton oder interessant ist, die Möglichkeit zur Initiative und Verantwortung bietet oder nicht, qualifizierend ist oder nicht" /7/.

Sollen nun computergestützte Fertigungseinrichtungen entwickelt werden, die im umfassenden Sinne befriedigen, so müssen auch personenbezogene Anforderungen und Qualitätsmerkmale vorgegeben werden können. Solche Humankriterien müssen auf arbeitswissenschaftlichen Kenntnissen vom Menschen beruhen. Dabei genügen nicht Kenntnisse über das Wahrnehmungsvermögen des Menschen, wie sie recht gut entwickelt und in Gestaltungsrichtlinien für Bildschirme eingeflossen sind; beim Lenken komplexer Fertigungseinrichtungen geht es maßgeblich um Möglichkeiten menschlichen Denkens

und Handelns, um motivationale Aspekte und um das Bewältigen mentaler Belastungen. Hierfür ist das arbeitspsychologische Konzept der "Handlungsregulationstheorie" /16/ im Begriff, (wie uns scheint erstmals) brauchbare Kriterien von folgender Art handhabbar zu machen:

- Lernen am Arbeitsplatz,
- Einbeziehen aller kognitiver Regulations-  
ebenen in die Arbeitstätigkeit,
- notwendige menschliche Kommunikation,
- Vermeidung zu hoher Belastung.

Tabelle 1 zeigt ein hierarchisches, teilweise auf diesem Konzept beruhendes System von Kriterien zur ergonomischen Bewertung (im wesentlichen nach HACKER /6/) mit aufsteigender Wertigkeit (d.h. beim Übergang zur nächsthöheren Ebene müssen die Mindestanforderungen der darunter liegenden erfüllt sein).

Tab. 1 Hierarchisches System zur ergonomischen  
Bewertung von Arbeitsgestaltungsmaßnahmen

Bewertungs- ebenen	Unterebenen	Mögliche Kriterien (Beispiele)
Persönlich- keitsförder- lichkeit	<ul style="list-style-type: none"><li>o Höherqualifizierung</li><li>o Erhaltung der Qualifikation</li><li>o Dequalifizierung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>o Handlungsspielraum</li><li>o erforderliche Lern- aktivität</li></ul>
↑		
Beeinträchti- gungsfreiheit (Zumutbarkeit)	<ul style="list-style-type: none"><li>o ohne Beeinträchtigung</li><li>o verminderte Effektivität</li><li>o funktionelle Störungen</li></ul>	Stufen psychischer und physischer Belastungs- wirkungen
↑		
Schädigungs- losigkeit	Gesundheitsschäden <ul style="list-style-type: none"><li>o ausgeschlossen</li><li>o möglich</li><li>o sehr wahrscheinlich</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>o MAK-Werte (gesund- heitsschädlicher Ar- beitsstoffe)</li><li>o Unfallgefahr</li></ul>
↑		
Ausführbarkeit	Normwerte <ul style="list-style-type: none"><li>o eingehalten</li><li>o teilweise nicht eingehalten</li><li>o überwiegend nicht eingehalten</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>o anthropotechnische</li><li>o sinnesphysiologische</li><li>o psychische Normwerte</li></ul>
↑		

Das Kriterium der Persönlichkeitsförderlichkeit bezeichnet als anzustrebendes Ziel, daß die Arbeitsperson am Arbeitsplatz nicht nur nicht beeinträchtigt, sondern als Mensch gefördert werde. Über solche gesicherte Grundvorstellungen, auf die aufgebaut werden kann, hinaus bestehen dann allerdings, wenn es um ihre spezielle Anwendung geht, erhebliche Kenntnis- und Erfahrungsdefizite, so daß wir im Programm Fertigungstechnik genötigt sind, mit teilweise unvollkommenen Instrumentarien zu arbeiten. Um solche Defizite zu beheben, sind einige Forschungsvorhaben im Gange. Beispiele: Im Informatikbereich der TU Berlin läuft in Zusammenarbeit mit Arbeitspsychologen ein Vorhaben, das Grundlagen für die Gestaltung von Dialogschnittstellen von DV-Systemen in der Verwaltung erarbeitet. Ähnliche Bemühungen gibt es an der ETH Zürich. Ein anderes, im Programm Humanisierung des Arbeitslebens gefördertes Berliner Vorhaben entwickelt ein Verfahren, um kognitive Belastungen zu ermitteln, eine wichtige Grundlage (nicht nur) für die Fertigungstechnik. Andere, vor allem in USA betriebene Forschungen der Artificial-Intelligence-Richtung scheinen weniger hilfreich, Industriearbeit zu bewältigen, da sie dazu neigen, das menschliche Denken auf solche Aspekte einzuschränken, die algorithmisierbar sind.

### 3 Praktische Ansätze bei der Technikgestaltung

Häufig findet Arbeitsgestaltung in Fertigungsprozessen erst im Nachhinein statt, nachdem Nachteile für die Betroffenen festgestellt worden sind (z.B. wird Monotonie durch Job Enrichment abgebaut). Die Nachteile solcher korrektiver Arbeitsgestaltung können vermieden werden, wenn man bereits beim Entwerfen fertigungstechnischer Einrichtungen die arbeitswissenschaftlichen Erfordernisse berücksichtigt. Die Berücksichtigung des Kriteriums der Persönlichkeitsförderlichkeit verlangt darüber hinausgehend prospektive Arbeitsgestaltung /14/, d.h. die gedankliche Vorwegnahme von Möglichkeiten der Persönlichkeitsentwicklung.

### 3.1 Operationale Gestaltungskriterien für den Softwareingenieur

Die Frage, ob wir in der Lage sind, dem Softwareingenieur operationale, d.h. für ihn verständliche, Anforderungskriterien an die Hand zu geben, mit denen er auch personenbezogene Arbeitsplatzgesichtspunkte in die Software umsetzen kann, kann nach dem oben Gesagten nur bedingt bejaht werden. Die personenbezogenen Anforderungen an die computergestützte fertigungstechnische Einrichtung müssen zunächst vom Benutzer als Auftraggeber vorgegeben werden.

Sie sind unter folgenden Aspekten zu spezifizieren:

- Funktionsteilung zwischen Mensch und Computer
- Funktionsteilung zwischen Menschen (falls mehrere am Computer arbeiten)
- Art der Interaktion zwischen Mensch und Maschine
- Funktionen der Mensch-Maschine-Schnittstelle im einzelnen

Über die ersten beiden Aspekte entscheidet der Softwareingenieur als Auftragnehmer kaum (z.B. die wichtige Frage, welche Funktionen bewußt nicht automatisiert werden sollen). Die letzten beiden Aspekte betreffen ihn sehr stark, denn sie spezifizieren im wesentlichen die *B e n u t z e r o b e r f l ä c h e* des Systems, die er zu realisieren hat. Wenn diese Anforderungen von einem Arbeitswissenschaftler im Auftrag des Benutzers formuliert sind, wird sich der Softwareingenieur schwer tun. Alle drei Spezies haben noch zu wenig Erfahrung im Überbrücken ihrer drei Sprachwelten. Nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit können die notwendigen Brücken geschlagen werden (wobei wir unter Benutzer nicht nur den Fertigungstechniker, sondern auch und gerade den wirklichen Operateur meinen).

### 3.2 Softwaretechnische Realisierung

Die klassische Aufgabe des Softwareingenieurs ist, die in der Anforderungsdefinition vorgegebene Benutzeroberfläche mittels Software auf einer gegebenen Computerhardware (die er gegebenenfalls durch seine Überlegungen mit beeinflussen konnte) zu realisieren. Nur wenn es ihm gelingt, die spezifizierten umfassenden Anforderungen auch mittels Software zu realisieren, kann die Fertigungseinrichtung die gewünschten Eigenschaften erhalten. Trotz großer Fortschritte in der Softwaretechnik gibt es keine ge-

sicherten Methoden, mit denen Anforderungen in implementierte Software "gegossen" werden können. Ein Kennzeichen methodischen Vorgehens bei der Softwareentwicklung ist das kontrollierte (iterative) Fortschreiten durch die verschiedenen Tätigkeitsphasen des Entwicklungsprozesses hindurch. Gleich der ersten Phase, der Problemanalyse mit der Anforderungsdefinition als Ergebnis, wird größte Bedeutung zugemessen, denn hier begangene, nicht bemerkte Fehler ziehen sich bis zum Ende durch. Die eindeutige und vollständige formale Beschreibung von Anforderungen und deren Umsetzung in den Softwareentwurf ist nicht trivial. Erst in jüngster Zeit sind methodische Fortschritte auf diesem Gebiet erzielt worden. Für unsere Projekte kommt als Schwierigkeit hinzu, daß insbesondere über das Umsetzen humaner Anforderungen kaum Erfahrungen dokumentiert sind. Als methodischer Ansatz für die Spezifikation humaner Anforderungen ist eine Erweiterung der Funktionen/Kriterien-Matrix nach BOEHM vorgeschlagen worden /10/.

### 3.3 Erweitertes Verständnis von Software-Ergonomie

In den einschlägigen Computer-Gazetten wird der Begriff "Software-Ergonomie" sehr verengt auf die Anpassung der Software-Nutzung (meistens von Bildschirmterminals) an den Menschen durch eine erklärungs-fähige, funktionsgerechte und bedienungssichere (allenfalls noch bedienungsfreundliche) Dialoggestaltung angewendet. So wichtig solche Überlegungen angesichts der Zunahme derartiger Dialogsysteme auch sind /17/, verstehen wir unter Software-Ergonomie jedoch im Zusammenhang mit dem prospektiven Entwurf von Arbeitsplätzen an computergestützten Fertigungseinrichtungen den Einbezug der gesamten Arbeitssituation der Arbeitsperson, einschließlich der Frage, ob bestimmte Funktionen überhaupt dem Computer übertragen werden sollten. Daß diese Entscheidung nicht schon allein im Vorfeld vor der Softwareentwicklung getroffen werden kann, sieht man schon daran, daß die Frage, ob eine bestimmte Funktion dem Computer wieder entzogen werden können muß, natürlich im Softwaredesign zu berücksichtigen ist. Ein derart verstandener software-ergonomischer Entwurf von Fertigungseinrichtungen ist heute noch nicht Stand der Kunst. Um weitere Grundlagen dafür zu entwickeln, ist ein interdisziplinäres Modellvorhaben vorgeschlagen worden /9/.

#### 4 Bisherige Erfahrungen im Programm Fertigungstechnik

Im folgenden soll nun über Probleme und software-ergonomische Gestaltungsversuche an computergestützten Fertigungseinrichtungen in Schwerpunktbereichen des Programms Fertigungstechnik berichtet werden. Dabei wird auf arbeitsorganisatorische Maßnahmen, die mit der Arbeitsplatzgestaltung einhergehen müssen, soll humane Arbeit entstehen, hier weniger eingegangen.

##### 4.1 Computergestütztes Konstruieren

Das Verwenden von Computern in der Konstruktion, auch kurz mit dem Terminus CAD (Computer Aided Design) bezeichnet, wird kontrovers diskutiert. Die einen erwarten davon Vorteile wie

- das Verkürzen der Durchlaufzeit eines Auftrages,
- das Enlasten des Konstrukteurs von Routinetätigkeit (was nicht nur eine positive Seite hat),
- ein Senken der Kosten.

Die anderen befürchten etwa

- einen Verlust an Arbeitsautonomie,
- eine beschränkte Möglichkeit, "eigene Lösungen" zu entwickeln,
- ein Verdichten der Arbeit oder sogar automatische Leistungskontrolle.

Bisher bestätigen erst wenige Befunde diese Befürchtungen, schon deswegen, weil die große Mehrzahl der Maschinenbaufirmen kaum damit begonnen hat, CAD zu probieren. Daß jedoch die Gefahr besteht, daß CAD-Systeme nicht menschengerecht gestaltet werden, folgt schon daraus, daß nicht wenige Vertreter der Konstruktionswissenschaft ein mechanistisches Modell verfolgen, welches dem Ideal voll-determinierter Maschinenabläufe folgt /12/. Um dieser Gefahr entgegenzuwirken, sind Thesen zur Gestaltung der CAD-Technologie aufgestellt worden /4/. Einige davon lauten:

- Das CAD-System muß, soll es dem Konstrukteur ein Hilfsmittel werden, nach der Gesetzmäßigkeit menschlichen Denkens und Handelns gestaltet werden.
- Der Rechner soll den Menschen nicht zu festgelegten Vorgehensweisen zwingen.

- Die Interaktion soll an die jeweilige Aufgabenstruktur, den Lernfortschritt und den persönlichen Arbeitsstil angepaßt möglich sein.
- Die Eingabesprache soll sich am Wissen des Konstrukteurs orientieren.
- Das CAD-System darf die aufgabenbedingte Kooperation und die soziale Interaktion nicht behindern.

Im Bestreben, mehr Kenntnis über menschengerechte Anforderungen an CAD-Systeme zu gewinnen, wird im Programm Fertigungstechnik eine Untersuchung über betriebliche Einführungsbedingungen gefördert. Es muß jedoch konstatiert werden, daß durchaus noch arbeitspsychologische Grundlagen fehlen, um obige Thesen gestalterisch lösen zu können. Im neuen Sonderforschungsbereich "CAD im Maschinenbau" der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Berlin ist ausgerechnet das Teilvorhaben "Arbeitspsychologie", das Kriterien für eine vorausschauende Systemgestaltung nach humanwissenschaftlichen Gesichtspunkten entwickeln sollte, nicht genehmigt worden.

#### 4.2 Fertigungssteuerung

Mit einer besseren Nutzung computergestützter Fertigungssteuerungssysteme lassen sich in Betrieben der Kleinserienfertigung und des Sondermaschinenbaus beträchtliche Rationalisierungsmöglichkeiten erschließen, und zwar durch größere Termintreue, Abbau hoher Lagerbestände, Kürzung der langen Durchlaufzeiten und besseres Bewältigen von Eilaufträgen. Um Fehlentwicklungen zu vermeiden, wurde frühzeitig ein Auftrag vergeben, die Anwendungsbedingungen und die Auswirkungen schon genutzter Systeme zu untersuchen. Die Ergebnisse wurden auf zwei Fachgesprächen mit allen Betroffenen diskutiert und daraus schließlich Gestaltungskriterien abgeleitet /1/.

Dazu zählen folgende Gesichtspunkte: Deterministische Planungssysteme, die Vorgaben bis zum Einzelarbeitsplatz herunter machen, sind für den betrieblichen Alltag nicht flexibel genug, sondern verstärken die Bürokratie, und sie führen zu geringen Handlungsspielräumen bei den Sachbearbeitern. Es scheint für den Betrieb und die Menschen günstiger, die Entscheidungen auf der Werkstattebene den Menschen zu belassen (Vermeidung programmierter Entscheidungen). Die Dialogsysteme sind so zu gestalten, daß das Wissen und Können der Sachbearbeiter gefordert wird, sie Arbeitsabläufe selbst verbessern und sich dadurch weiterqualifizieren können. Die

menschengerechte Gestaltung der Geräte, Bildschirmmasken und Dialogabläufe geschieht im einzelnen nach Erkenntnissen der kognitiven Ergonomie. Zwei nach diesen Prinzipien konzipierte Systeme werden im Programm Fertigungstechnik gefördert /2/.

#### 4.3 Flexible Fertigungssysteme

Flexible Fertigungssysteme (das sind Systeme von über ein Transportsystem verketteten Bearbeitungsstationen, mit denen ein Spektrum von Werkstücken komplett bearbeitet werden kann) können bei dem heutigen Trend zu kleineren Losen und größerer Teilevielfalt mit Vorteil traditionelle Fertigungsorganisationen ersetzen.

Bei den im Programm Fertigungstechnik geförderten Systemen versucht man, von Erfahrungen mit bisherigen Systemen in der Praxis zu lernen. Diese Erfahrungen zeigen, daß Freiräume für menschengerechte Gestaltung bisher weder bei den Arbeitsplätzen, noch in den betrieblichen Organisationsstrukturen genutzt worden sind /3/. Ein Erfahrungsbericht aus USA /5/ zeigt, daß enge Taktbindung, geringe Entscheidungsbefugnis und stark arbeitsteilige, hierarchische Struktur der Bedienungsmannschaft zu einer sehr geringen Wirtschaftlichkeit des flexiblen Fertigungssystems führen. Im Gegensatz dazu wird im Programm Fertigungstechnik ein neues System so gestaltet, daß die "Bediener" wahlweise alle Stationen qualifiziert betreuen, d.h. einrichten, programmieren, instandhalten etc. können. Bei den Bedienungstableaus wird darauf geachtet, daß die Bildmasken gleichartig aufgebaut und daß gleiche Eingabearten realisiert sind.

#### 4.4 Programmierung der Werkzeugmaschinen

CNC-gesteuerte (direct numerical control) Werkzeugmaschinen können heute mit ganz unterschiedlich qualifizierten Arbeitskräften kombiniert werden. Im einen Fall sind sie an einen zentralen Rechner angeschlossen, von dem die Teileprogramme direkt in die Maschine übertragen werden. Dadurch wird der Maschinenbediener fast vollständig entqualifiziert. Im anderen Fall werden die Programme im direkten Dialog an der Maschine erstellt. Das ist möglich geworden, nachdem Mikrocomputer verfügbar sind,

die es gestatten, die benötigte Datenverarbeitungskapazität in die NC-Steuerung zu integrieren und dadurch die Teileprogrammierung an die Werkzeugmaschine zurückzuverlagern. Dazu war notwendig, eine Programmiersprache und ein Dialogbedienfeld software-ergonomisch so zu gestalten, daß sie der technologischen Denkweise des Facharbeiters entsprechen /8/. Zusätzlich ist noch eine grafische Simulation auf Bildschirm entwickelt worden, die dem Arbeiter gestattet, die von ihm programmierte komplette Bearbeitung eines Drehteils simuliert zu überprüfen, bevor er auf Automatikbetrieb schaltet /19/.

#### 4.5 Programmierung der Industrieroboter

Industrieroboter können zweifelsohne so eingesetzt werden, daß sie den Menschen repetitive, kurzfristig angelernte Tätigkeiten, die durch starke körperliche Belastungen und gesundheitsgefährdende Umgebungseinflüsse gekennzeichnet sind, abnehmen. Leider entstehen im praktischen Einsatz dann oft Resttätigkeiten, z.B. manuelle Einlegearbeiten, die stattdessen starke Schädigungen durch Taktbindung, Leistungsverdichtung und Monotonie hervorrufen. Solche Resttätigkeiten sollten entweder "weg-automatisiert" werden oder, wenn das nicht möglich ist, sollte die Arbeit durch Hinzunahme anderer Funktionen wie Anlagenüberwachung und Qualitätssicherung angereichert werden /15/.

In Zukunft werden Industrieroboter zunehmend für anspruchsvollere Aufgaben eingesetzt werden, z.B. für Bahnschweißen, Entgraten, Montieren und als Meßautomat. Hinsichtlich der Programmierung solcher Bearbeitungsroboter gelten ähnliche Prinzipien wie für die Werkzeugmaschinen; sie sollte möglichst von der Arbeitsperson, mindestens was das Korrigieren und Optimieren anbetrifft, interaktiv an der Steuerung des Roboters vorgenommen werden können. Dafür werden gegenwärtig mehrere fertigungstechnologisch orientierte Sprachkonzepte entwickelt /18/.

5        Literaturverzeichnis

- /1/ Brödner, P. (Hrsg.): Rechnergestützte Fertigungssteuerung für die mittelständische Industrie. Karlsruhe: Kernforschungszentrum 1982. = Forschungsbericht KfK-PFT 38
- /2/ Döbele-Berger, C.; Martin, H.: Arbeitswissenschaftliche Gestaltung und betriebliche Eingliederung des Systems PSK. In: /1/ 199-225
- /3/ Dostal, W. et al.: Flexible Fertigungssysteme und Arbeitsplatzstrukturen. Mitt. Arbeitsmarkt u. Berufsforschg. 15(1982) 182-191
- /4/ Fischbach, D.; Nullmeier, E.; Reimann, F.: Planung und Gestaltung der Mensch-Maschine-Funktionsteilung. TU Berlin-Journal (1980) 11 8-15
- /5/ Gerwin, D.: Arbeitnehmerreaktionen auf flexible Fertigungssysteme und Folgen für die Arbeitsorganisation. In: Lutz, B.; Schultz-Wild, R. (Hrsg.): Flexible Fertigungssysteme und Personalwirtschaft. Frankfurt: Campus 1982 57-72
- /6/ Hacker, W.: Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie. 2. Aufl. Berlin: Dt. Verlag d. Wiss. 1978
- /7/ Lutz, B.: Den Teufelskreis durchbrechen! Informationsbulletin d. Europ. Zentrums für die Förderung d. Berufsbildg. Nr. 5 (1981)
- /8/ Martin, W.; Klotz, V.; Dickmann, T.: Ansätze zur Arbeitsbereicherung an NC-Maschinen durch Mikrocomputer. Rationalisierung 30 (1979) 39-42
- /9/ Martin, T.: Anforderungen an die Software zur Gestaltung humaner Arbeitsplätze in computergesteuerten Fertigungsprozessen. In: Brauer, W. (Hrsg.): GI-11. Jahrestagung. Berlin: Springer 1981. =Informatik-fachberichte, Bd. 50 472-481
- /10/ Martin, T.: Human Software Requirements Engineering for Computer-Controlled Manufacturing Systems. In: Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems. Düsseldorf: VDI 1982 (erscheint bei Pergamon Press)
- /11/ Martin, T.: Entwurf eines Pflichtenheftes für das Vorhaben "Methodisches Vorgehen bei der Anforderungsbeschreibung und dem Entwurf der Software für die Interaktion zwischen Mensch und Rechner in Fertigungsprozessen"(über den Verf. erhältlich)
- /12/ Riehm, U.: Der Beitrag der Konstruktionswissenschaft zum Einsatz des Rechners in der Konstruktion. Karlsruhe: Kernforschungszentrum 1982. = AFAS-Primärbericht
- /13/ Rosenbrock, H.: Seeking an Appropriate Technology. Vortrag auf dem IFAC-Symposium "Systems Approach to Appropriate Technology Transfer", März 1983, Wien (erscheint bei Pergamon Press)

- /14/ Ulich, E.: Psychologische Aspekte der Arbeit mit elektronischen Datenverarbeitungssystemen. Schweiz. Techn. Zeitschr. 75 (1980) 66-68
- /15/ Ulich, E.: Realität statt Utopie: Neue Möglichkeiten für Mensch und Gesellschaft? In: Die Industrieroboter. Linz: Österr. Ges. f. Informatik 1982 118-136
- /16/ Volpert, W.: Psychologische Handlungstheorie in der Arbeitswissenschaft - Möglichkeiten und Grenzen. In: Döbele-Berger, C.; Martin, H.; Moritz, H. (Hrsg.): Die Arbeitswissenschaft in ihrer gesellschaftlichen Verantwortung. Kassel: GhK Forschungsgruppe Arb.wiss. 1982 147-163
- /17/ Weltz, F.: Arbeitsgestaltung an Bildschirmarbeitsplätzen aus soziologischer Sicht. AFA-Informationen 32 (1982) 2 15-20
- /18/ Wolter, H. (Hrsg.): Verbesserte Programmierung von Robotern in der Montage. Karlsruhe: Kernforschungszentrum 1981. = Entwicklungsnotiz PFT-E2
- /19/ Zeppelin, W.v.: Grafische Simulation erleichtert das Programmieren der NC-Drehbearbeitung. Zwf 77 (1982) 353-357

T. Martin  
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Projekträgerschaft Fertigungstechnik  
Postfach 3640  
D-7500 Karlsruhe 1