

## Rechnerintegrierte Produktion: zur Entwicklung von Technik und Arbeit in der Metallindustrie

Hirsch-Kreinsen, Hartmut (Ed.); Schultz-Wild, Rainer (Ed.)

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerk / collection

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF München

### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Hirsch-Kreinsen, H., & Schultz-Wild, R. (Hrsg.). (1986). *Rechnerintegrierte Produktion: zur Entwicklung von Technik und Arbeit in der Metallindustrie* (Forschungsberichte aus dem Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.). Frankfurt am Main: Campus Verl. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-68134>

### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Hartmut Hirsch-Kreinsen,  
Rainer Schultz-Wild (Hg.)

---

---

# Rechnerintegrierte Produktion

Zur Entwicklung von  
Technik und Arbeit  
in der Metallindustrie

Campus Verlag  
Frankfurt/New York

Forschungsberichte aus dem  
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e. V.  
ISF München



Das Projekt "Integrativer Einsatz rechnergestützter Technik und Qualifikationsstruktur in der mechanischen Fertigung - Voraussetzungen und Ansätze zur Qualifikationssicherung in der Werkstatt" wird vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert.  
Förderkennzeichen: 02FT54015.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek.

Rechnerintegrierte Produktion: zur Entwicklung von Technik und Arbeit in d. Metallindustrie/Hartmut Hirsch-Kreinsen; Rainer Schultz-Wild (Hg.).- Frankfurt/Main; New York: Campus-Verlag, 1986.  
(Forschungsberichte aus dem Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V., ISF München) ISBN 3-593-33763-0.

NE: Hirsch-Kreinsen, Hartmut (Hrsg.)

Die Forschungsberichte werden herausgegeben vom Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. (ISF), München.

Copyright © 1986 bei ISF, München.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ohne Zustimmung des Instituts ist unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.  
Vertrieb: Campus Verlag, Bockenheimer Landstr. 100, 6000 Frankfurt 1.  
Druck und Herstellung: Uni-Druck, 8000 München 40.  
Printed in Germany.

## Inhalt

Vorwort	1
Burkart Lutz	
Einführung: Qualifikationsentwicklung in der mechanischen Fertigung - zur Fragestellung eines sozialwissenschaftlichen Forschungspro- jekts	5
Hartmut Hirsch-Kreinsen	
Technische Entwicklungslinien und ihre Konse- quenzen für die Arbeitsgestaltung	13
Helmut Maier	
Datentechnische Möglichkeiten und Probleme der CAD/CAM-Integration	49
Herbert Schulz	
Tendenzen beim Einsatz flexibler Fertigungs- systeme	83
Erhard Nullmeier, Karl-Heinz Rödiger	
Arbeitsorientierte Anforderungen an die Ge- staltung von PPS-Systemen	111
Rainer Schultz-Wild	
Entwicklungsbedingungen von Arbeitsstrukturen in der mechanischen Fertigung	143
Rainer Schultz-Wild	
Qualifizierte Gruppenarbeit bei flexibler Au- tomatisierung - ein Fallbeispiel	175
Das Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF - München	I



## Vorwort

Der vorliegende Band vereint sieben Einzelbeiträge, in denen entweder aus sozial- oder aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht bestimmte Aspekte und Probleme der Entwicklung von Fertigungstechnik und Industriearbeit aufgegriffen und diskutiert werden. Die Beiträge sind im Kontext eines Forschungsprojektes entstanden, das unter dem Titel "Integrativer Einsatz rechnergestützter Technik und Qualifikationsstruktur in der mechanischen Fertigung" seit Ende 1984 am Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. in München bearbeitet und vom Projektträger Fertigungstechnik in Karlsruhe betreut wird.

Das Projekt greift bestimmte Kernfragen der seit längerer Zeit geführten fachwissenschaftlichen wie gesellschaftspolitischen Diskussion um die "Zukunft der Fabrik" und die Veränderungen von Industriearbeit auf. Im Feld der Klein- bis Mittelserienfertigung der Metallindustrie soll geklärt werden, wie sich beim zunehmenden Einsatz rechnerintegrierter Produktionstechnik die Qualifikationsstruktur in den Produktionswerkstätten entwickelt. Insbesondere geht es um die Frage, unter welchen Bedingungen die Betriebe beim Einsatz von Computertechniken Interesse an der Nutzung von Facharbeiterqualifikationen haben oder entwickeln und dieses Interesse tatsächlich umsetzen. Darüber hinaus ist herauszuarbeiten, welche praktisch-politischen Maßnahmen ergriffen werden können, um die Bedingungen für eine facharbeiterorientierte Arbeitskräftepolitik zu verbessern. Frageperspektiven, Untersuchungsansatz und empirisches Vorgehen des Forschungsprojektes sind im ersten Beitrag (Burkart Lutz) näher erläutert.

Unter dem Schlagwort CIM (Computer Integrated Manufacturing) werden in der Fachöffentlichkeit zahlreiche Ansatzpunkte und Varianten einer zunehmenden Nutzung von Computertechniken in der Produktion diskutiert. Diese Diskussion bewegt sich zu einem großen Teil auf der Ebene von Konzepten und Planungen. Ziel einer ersten Phase des Forschungsprojektes war es daher, jene technischen Entwicklungslinien herauszuarbeiten, die heute und in absehbarer Zukunft in den metallverarbeitenden Betrieben von praktischer Relevanz sind. Diese Zwischenergebnisse sind für die weitere Ausrichtung der empirischen und analytischen Projektarbeiten von erheblicher Bedeutung.

Es entspricht der Konzeption des Projektträgers Fertigungstechnik, Forschungsvorhaben nicht erst nach ihrem Abschluß und mit ihren Endergebnissen zu präsentieren, sondern sie bereits während der laufenden Projektarbeit einer interessierten Fachöffentlichkeit vorzustellen. Damit sollen einerseits möglichst frühzeitig wichtige Entwicklungen, Zusammenhänge und Probleme im Untersuchungsfeld zur Diskussion gestellt werden; andererseits geht es darum, den Projektnehmern Anregungen und Hinweise, insbesondere auch aus der betrieblichen Praxis, zu vermitteln.

Mit dieser Zielsetzung veranstaltete der Projektträger Fertigungstechnik am 20. Februar 1986 ein Fachgespräch mit Experten aus der Industrie und aus wissenschaftlichen Instituten, mit Betriebsräten, Vertretern von Gewerkschaften und Fachverbänden. Zur Diskussion gestellt wurden sowohl die bis dahin erarbeiteten Ergebnisse und Überlegungen des ISF-Projektteams als auch drei ingenieurwissenschaftliche Expertisen, die im Laufe der ersten Projektphase zur fundierten Einschätzung bestimmter Technikentwicklungen erstellt worden sind. Die Aufsätze des vorliegenden Bandes basieren auf den Vorträgen des Fachgesprächs. Obwohl es sich, wie gesagt, erst um eine Zwischenbilanz des Forschungsvorhabens handelt und vielfach mehr offene Fragen aufzeigt als beantwortet werden, schien es sinnvoll, diese in einer Art Werkstattbericht breiter zugänglich zu machen.

Mit dem Beitrag "Technische Entwicklungslinien und ihre Konsequenzen für die Arbeitsgestaltung" (Hartmut Hirsch-Kreinsen) wird versucht, aus sozialwissenschaftlicher Sicht die nur schwer überschaubare Entwicklung rechnergestützter Fertigungstechniken zusammenfassend darzustellen. Es wird gefragt, welche Möglichkeiten der Gestaltung von Industriearbeit mit bestimmten technischen Entwicklungslinien verbunden sind. Besonders wird die These verfolgt, daß die im einzelnen durchaus unterschiedlichen Spielräume arbeitsorganisatorischer Gestaltung mit Strukturen und Konstellationen des Technikmarktes zusammenhängen.

Der Beitrag von Helmut Maier "Datentechnische Möglichkeiten und Probleme der CAD/CAM-Integration" behandelt aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht derzeitige Probleme und Barrieren für eine schnelle und weitreichende Verbreitung integrierter CAD/CAM-Systeme. Näher eingegangen wird besonders auf die Schnittstellenproblematik und die sich hierbei abzeichnenden Lösungsmöglichkeiten.

Ein weiterer ingenieurwissenschaftlicher Beitrag berichtet über "Tendenzen beim Einsatz flexibler Fertigungssysteme" (Herbert Schulz). Auszugehen ist danach von zunehmend differenzierteren Auslegungsmöglichkeiten flexibler Systeme. Wesentlich ist hierbei, daß die technische Entwicklung durch eine fortschreitende Modularisierung der Systemkomponenten gekennzeichnet ist, die einen schrittweisen Ausbau der Anlagen in den Anwenderbetrieben ermöglicht.

Unter dem Titel "Arbeitsorientierte Anforderungen an die Gestaltung von PPS-Systemen" diskutieren Erhard Nullmeier und Karl-Heinz Rödiger die Entwicklung von PPS-Systemen unter Gesichtspunkten der Software-Ergonomie. In dem Aufsatz wird nicht nur der Diskussionsstand einer neuen wichtigen Teildisziplin der Informatik dargestellt, sondern es werden auch die doch überraschend großen software-technischen Gestaltungsmöglichkeiten von PPS-Systemen offengelegt.

Schließlich wird in zwei weiteren Beiträgen aus dem ISF (Rainer Schultz-Wild) die Hauptfrage des Projektes nach den Möglichkeiten der Ausweitung des Facharbeitereinsatzes in der Produktion thematisiert. Zum einen wird gefragt, welche Bedingungen und Faktoren für die Nutzung der bei bestimmten Techniklinien gegebenen arbeitsorganisatorischen Gestaltungsspielräumen maßgeblich sind. Zum zweiten wird die Relevanz nicht-technischer Einflußgrößen am Fallbeispiel der Einführung eines flexiblen Fertigungssystems in einem Betrieb des Maschinenbaus genauer demonstriert.

Die Herausgeber möchten an dieser Stelle dem Veranstalter und den Teilnehmern des Fachgesprächs für die fruchtbare Diskussion danken. Die erhaltenen Anregungen werden in die weitere Projektarbeit einfließen. Zu danken ist auch den zahlreichen Gesprächspartnern in Anwender- und Herstellerbetrieben sowie in ingenieurwissenschaftlichen Instituten, durch deren Informationsbereitschaft es uns erst möglich geworden ist, zu einer Einschätzung der Technikentwicklung zu kommen. Besonders verpflichtet sind wir natürlich den Kollegen aus der Ingenieurwissenschaft, die durch die Ausarbeitung der Expertisen unsere Projektarbeiten unterstützt, ihre Ergebnisse auf dem Fachgespräch vorgetragen und in sehr kurzer Zeit in den hier vorliegenden Beiträgen zusammengefaßt haben.

München, im Mai 1986

Die Herausgeber

Burkart Lutz \*)

Einführung:

Qualifikationsentwicklung in der mechanischen Fertigung -  
Zur Fragestellung eines sozialwissenschaftlichen Forschungs-  
projekts

---

### Inhalt

I. Der Untersuchungsansatz: die Interdependenzen sozialer und technischer Faktoren	6
II. Nichttechnische Einflußgrößen und ihre Bedeutung	7
III. "Integrationspfade" und Auswahl der Untersuchungsbetriebe	9
IV. Die Bedeutung der Hersteller-Anwender-Beziehungen und des Technologiemarktes	10

---

\*) Prof. Dr. Burkart Lutz ist Forschungsdirektor am Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. München.

## I. Der Untersuchungsansatz: die Interdependenzen sozialer und technischer Faktoren

Eines der wichtigsten Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen - und hier insbesondere wieder industriesoziologischen Technikforschung der 70er Jahre - war die Erkenntnis, daß Arbeitsorganisation, Arbeitsteilung, Aufgabenzuschnitt und Qualifikationsanforderungen der Arbeitsplätze nicht unmittelbar und voll durch die technischen Parameter von Erzeugnis, Fertigungsverfahren und Fertigungsmittel determiniert sind.

Damit rückt die wissenschaftliche (und von ihr beeinflusst auch die politische) Diskussion zunehmend von Vorstellungen über die Beziehung zwischen Technik und menschlicher Arbeit ab, die lange Zeit weithin als geradezu selbstverständlich galten:

- o einmal von der Unterstellung, daß einer bestimmten Fertigungstechnik auch jeweils eine ganz bestimmte Form von Arbeitsorganisation und Personalstruktur entsprechen müssen, wenn nicht gravierende Einbußen an Effizienz und Rentabilität in Kauf genommen werden sollen;
- o zum anderen von der These, daß im Gefolge der zu beobachtenden und zu erwartenden technischen und/oder organisatorischen Umstellungen notwendigerweise der früher mehr oder minder breite qualifikatorische Mittelbau von Facharbeitern bzw. Fachangestellten notwendig an Bedeutung verliert, während - neben einer Minderheit von hochqualifizierten Arbeitsplätzen - vor allem Tätigkeiten neu entstehen, die allenfalls noch eine gewisse Anlernung erfordern.

Vielmehr ist ein und die gleiche Fertigungstechnik durchaus mit unterschiedlichen Formen von Arbeitsorganisation, Zuschnitt der Arbeitsplätze, vertikaler und horizontaler Arbeitsteilung und hieraus folgenden Qualifikationsanforderungen vereinbar, und zwar ohne daß eine dieser Varianten eindeutig allen anderen im Hin-

blick auf Rentabilität und Effizienz überlegen wäre. Praktisch bedeutet dies, daß:

- o unter strikt technisch-funktionalen Gesichtspunkten ein erheblicher Spielraum für die Gestaltung der Arbeitsplätze, der qualifikatorischen Zusammensetzung des eingesetzten Personals und der damit einhergehenden Arbeitsbedingungen besteht;
- o dieser Gestaltungsspielraum und seine Nutzung vermutlich unter bestimmten Bedingungen durch gezielte öffentliche Maßnahmen (z.B. Technologiepolitik oder der Bildungs- bzw. Arbeitsmarktpolitik) beeinflußt werden kann;
- o insbesondere auch nach den Möglichkeiten zu fragen ist, hierbei der bisher weithin vorherrschenden Tendenz zur Qualifikationspolarisierung und -entwertung entgegenzutreten und die Entwicklung in Richtung auf eine Neubewertung qualifizierter Arbeit innerhalb der industriellen Fertigung umzusteuern.

Damit sind auch die Untersuchungsmethoden und -verfahren, mit denen bisher eine derartige Fragestellung bearbeitet worden wäre, nämlich die einfache Gegenüberstellung von Betrieben bzw. Betriebsabteilungen mit unterschiedlichem technischem Entwicklungsniveau, deren Qualifikationsstrukturen beschrieben und miteinander verglichen werden, nicht mehr einsetzbar. Neuartige, kompliziertere und nicht zuletzt auch aufwendigere Vorgehensweisen werden notwendig.

## II. Nichttechnische Einflußgrößen und ihre Bedeutung

Die Tatsache, daß es bei gegebenen technischen Verhältnissen nicht eine einzige, optimale Art und Weise gibt, wie menschliche Arbeitskraft im Produktionsprozeß genutzt wird, daß also Taylors Vorstellung eines einzigen besten Weges, den es lediglich zu finden und einzuschlagen gelte, falsch ist, bedeutet allerdings nicht, daß Arbeitsorganisation und Arbeitsinhalt beliebig und

willkürlich gestaltbar wären. Die in den Betrieben vorfindlichen Verhältnisse sind vielmehr die Resultante vielfältiger Einflüsse und Bedingungen, deren Wirkung - einzeln und in jeweils variierenden Kombinationen - zu ermitteln, eine zentrale Aufgabe der Untersuchung ist.

Diese Einflüsse sind vor allem zweifacher Art:

Einmal handelt es sich um wirtschaftliche und soziale Rahmenbedingungen, die in vielfältiger Weise auf die Gestaltung von Arbeitsteilung und Qualifikationsstruktur einwirken, von der Lage auf den wichtigsten Absatzmärkten, deren Veränderungen und den sich hieraus ergebenden Anforderungen an eine erfolgreiche Absatz- und Innovationsstrategie bis zur Versorgungslage auf dem Arbeitsmarkt und die durch sie definierten Chancen und Kosten der Neurekrutierung spezifischer Qualifikationen.

Zum anderen spielen ganz offensichtlich die gegebenen betrieblichen Strukturen eine sehr wichtige Rolle, von Niveau und Verteilung der Qualifikation der vorhandenen Belegschaft über die Leistungsfähigkeit des betrieblichen Bildungs- und Weiterbildungswesens bis zu den oft in Jahrzehnten entwickelten und verfestigten Formen fachlicher, hierarchischer und funktionaler Arbeitsteilung und den hierauf gründenden Macht- und Einflußbeziehungen im Management und zwischen den wichtigsten Führungsgruppen.

Diese verschiedenen Einflußgrößen müssen in einer konkreten betrieblichen Konstellation keineswegs immer in die gleiche Richtung weisen. Im Gegenteil ist die Arbeitsorganisation eines Betriebs oftmals mit stark divergierenden, wenn nicht offen widersprüchlichen Anforderungen konfrontiert, die entweder auf Beibehaltung oder auf Veränderung eines bestehenden Zustands und in letzterem Falle auf Veränderungen in ganz unterschiedliche Richtungen drängen.

Der sich jeweils durchsetzende Zustand stellt also einen Kompromiß bzw. das Ergebnis eines Optimierungsprozesses dar, der von Fall zu Fall bei gleichen Anlagen sehr verschieden ausfallen kann, allerdings im Regelfall nicht bewußt und geplant, sondern gewissermaßen naturwüchsig, über verschiedene Etappen, abläuft und erhebliche Zeit beansprucht.

### III. "Integrationspfade" und Auswahl der Untersuchungsbetriebe

Derartige Einflußgrößen und ihr Zusammenspiel lassen sich weitaus am besten, vielfach sogar ausschließlich, auf der betrieblichen Ebene und aus der Perspektive betrieblicher Strukturen und betrieblicher Politiken erfassen. Deshalb wird sich auch die nunmehr anlaufende Hauptphase der Untersuchung auf detaillierte Erhebungen (Fallstudien) in einer beschränkten Zahl sorgfältig ausgewählter Betriebe konzentrieren.

Die Auswahl der Untersuchungsbetriebe muß sich zunächst einmal am aktuellen Stand der Entwicklung und Implementation integrierter rechnergestützter Systeme orientieren.

Deshalb ging es in der nunmehr abgeschlossenen ersten Projektphase vor allem darum, einen möglichst umfassenden Überblick über die wichtigsten fertigungstechnischen Entwicklungstendenzen im Untersuchungsfeld zu gewinnen. Da in diesem Feld offenkundig Vernetzungstendenzen und Integrationsbestrebungen von verschiedenen Ansatzpunkten ausgehen und dann auch jeweils primär verschiedene technische Funktionsbereiche miteinander verknüpfen, schien uns das Konzept der "Integrationspfade" ein geeignetes Strukturierungsprinzip für einen derartigen Überblick (vgl. den Beitrag von Hirsch-Kreinsen in diesem Band).

Zugleich sind jedoch im Interesse einer optimalen forschungsstrategischen (und forschungsökonomischen) Auswahl der Untersuchungsfälle auch soziale Tatbestände zu berücksichtigen:

Zahlreiche empirische Befunde legen die Vermutung nahe, daß Betriebe bei technischen Umstellungen und Innovationen Arbeitsorganisation und Arbeitsteilung soweit irgend möglich konservativ, d.h. im Sinne einer Aufrechterhaltung der bestehenden Verhältnisse und Strukturen, gestalten; im Regelfalle scheint die Mehrzahl der nichttechnischen Einflußgrößen von Arbeitsorganisation und Arbeitsstruktur in diesem Sinne zu wirken.

Die Untersuchung wird sich also zu fragen haben, ob und inwieweit dies auch bei fortschreitender Vernetzung und Integration rechnergestützter Informations- und Steuerungstechniken zutrifft oder ob gegenwärtig (und unter dem Einfluß welcher Bedingungen?) mit Strukturbrüchen zu rechnen ist, wie dies ja von verschiedenen Autoren - vor allem mit der These der "Reprofessionalisierung" von Fertigungsarbeit - behauptet wird.

Hierbei wird insbesondere auch - der Beitrag von Schultz-Wild (in diesem Band) geht auf diesen Punkt näher ein - die Vermutung zu überprüfen sein, daß in diesem Zusammenhang der Art und Weise erhebliche Bedeutung zukommt, wie die neue Technik jeweils im Betrieb implementiert wird.

#### IV. Die Bedeutung der Hersteller-Anwender-Beziehungen und des Technologiemarktes

Im Laufe der technikbezogenen Arbeiten der Beschreibung und Einschätzung von Integrationspfaden stellte sich mit zunehmendem Gewicht eine neue Frage, bei deren Beantwortung gleichfalls das Konzept der Integrationspfade, wenngleich in etwas abgewandelter Form, hilfreich sein könnte, die aber auch erhebliche Konsequenzen für die Anlage der weiteren Untersuchung haben wird:

In der Perspektive des einzelnen Anwenders ist der nicht-technische Charakter sozialer und ökonomischer Einflußgrößen, durch die der an sich in technisch-funktionaler Hinsicht bestehende Spielraum arbeitsorganisatorischer Gestaltung wieder stark ein-

geengt werden kann, oftmals nicht ohne weiteres (nicht selten sogar überhaupt nicht) sichtbar. Dies ergibt sich daraus, daß in aller Regel die verfügbare - im Betrieb schon vorhandene oder die beschaffbare - Technik bereits auf eine bestimmte Konstellation dieser Einflußgrößen zugeschnitten ist und - mehr oder minder fest "verdrahtet" - entsprechende Gestaltungsregeln mittransportiert. So sind z.B. sehr häufig Bearbeitungsmaschinen in der konstruktiven Auslegung ihrer Steuerungs- und Bedienelemente auf ein bestimmtes (maximales oder minimales) Niveau bzw. ein bestimmtes Profil der Qualifikation der zukünftigen Bediener abgestellt, wie sie bei den Anwendern (Käufern) dieser Maschinen überwiegend üblich sind. In ganz ähnlicher Weise kann - etwa bei der Einführung eines rechnergestützten Informationssystems - als technischer Sachzwang erscheinen, was in Wirklichkeit nur Effekt einer branchenüblichen Organisation bzw. einer weit verbreiteten Form von Aufgabenteilung zwischen Werkstatt und technischem Büro ist.

Zu fragen ist, ob mit Hilfe des Konzeptes der Integrationspfade auch in einer Untersuchung, die sich primär auf die Analyse der Verhältnisse im Anwenderbetrieb konzentrieren muß, ein Zugang zur Analyse des Technologiemarktes und der Hersteller-Anwender-Beziehungen eröffnet werden kann, insoweit sich über sie - als scheinbarer technischer Sachzwang - arbeitsorganisatorische Konzepte verbreitet durchsetzen.

Unsere Vermutung ist, wie im Beitrag von Hirsch-Kreinsen (in diesem Band) etwas detaillierter gezeigt wird, daß man eine Reihe verschiedener technischer Entwicklungslinien zu einzelnen Integrationspfaden bündeln kann, die sich durch unterschiedliche Konstellationen zwischen Herstellern und Anwendern und - wahrscheinlich korrelativ hierzu - auch durch verschieden hohe Offenheit der angebotenen, die Integration tragenden Systemkonfigurationen für spezielle, auf die besonderen Verhältnisse, Möglichkeiten und Bedürfnisse des Anwenders abgestellte betriebs- und arbeitsorganisatorische Lösungen unterscheiden.



Hartmut Hirsch-Kreinsen \*)

Technische Entwicklungslinien und ihre Konsequenzen für die  
Arbeitsgestaltung

---

Inhalt

Vorbemerkung	14
I. Zukünftige Fabrikstrukturen in der Metall- verarbeitung	14
1. Konzepte und Zielvorstellungen	14
2. Zum Begriff "Integration"	16
II. Einsatz und Verbreitung rechnergestützter integrierter Produktionstechniken	18
1. Komponenten rechnergestützter Integra- tion	18
2. Probleme und Stand des Rechneinsatzes	21
3. Entwicklungslinien rechnergestützter Integration	23
III. Spielräume arbeitsorganisatorischer Ge- staltung	31
1. Bedeutung der Hersteller-Anwender-Kon- stellatation	31
2. Integrationspfade	36
3. Integrationspfade im Betrieb	43
Literatur	46

---

\*) Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen, Dipl.-Wirtsch.-Ing., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. München.

## Vorbemerkung

Im folgenden geht es um den Stand der Einführung rechnergestützter integrierter Produktionstechniken in der metallverarbeitenden Klein- bis Mittelserienfertigung, um die Bedingungen und absehbaren Entwicklungsmöglichkeiten rechnergestützter Integration sowie um die damit einhergehenden Spielräume für die Gestaltung der Arbeitsorganisation. Die Befunde stützen sich auf eine Vielzahl von Gesprächen mit ingenieurwissenschaftlichen und technischen Experten, auf die laufende Analyse technischer Literatur sowie vor allem auf drei ingenieurwissenschaftliche Expertisen. Die Ergebnisse dieser Expertisen sind in den Beiträgen von Maier, Schulz und Nullmeier, Rödiger in diesem Band zusammenfassend dargestellt.

## I. Zukünftige Fabrikstrukturen in der Metallverarbeitung

### 1. Konzepte und Zielvorstellungen

Die Diskussion über die "Fabrik der Zukunft" ist inzwischen nicht mehr neu, sie gewinnt jedoch ständig an Intensität. Insbesondere für den Bereich der metallverarbeitenden Industrie gelten die herkömmlichen Fabrikstrukturen als überholt und den zunehmend drängenderen Problemen der industriell-kapitalistischen Produktion als nicht mehr angemessen. Betriebliche Rentabilität, so zusammenfassend die Diskussion, könne nicht mehr allein durch steigende Produktivität gesichert werden, sondern die wachsende Dynamik der Marktanforderungen erfordere zugleich eine steigende Flexibilität der Produktionsstrukturen. Das darin angelegte Rationalisierungsdilemma soll durch neuartige Fabrikstrukturen minimiert, wenn nicht gar überwunden werden.

Als Instrument hierfür gilt CIM: Computer-Integrated Manufacturing. Sämtliche Betriebs- und Produktionsbereiche sollen auf der Basis eines vereinheitlichten und der aktuellen betrieblichen Situation jeweils angepaßten Datenbestandes informationstechnisch miteinander vernetzt werden. Die rechnergestützte Umsetzung die-

ser Daten in Steuerungsanweisungen für den Auftragsdurchlauf und in Ausgangsinformationen für die Produkterstellung (Bild 1) sollen das Flexibilitätspotential und die Produktionsgeschwindigkeit der Betriebe enorm steigern. Zielvorstellungen dieser Art werden insbesondere auch für die metallverarbeitenden Klein- bis Mittelserienfertigung ins Auge gefaßt. Hier vorherrschende lange Produktionszeiten, intransparente Fertigungsstrukturen und bislang hohe Rationalisierungsbarrieren sollen mit CIM überwunden werden.

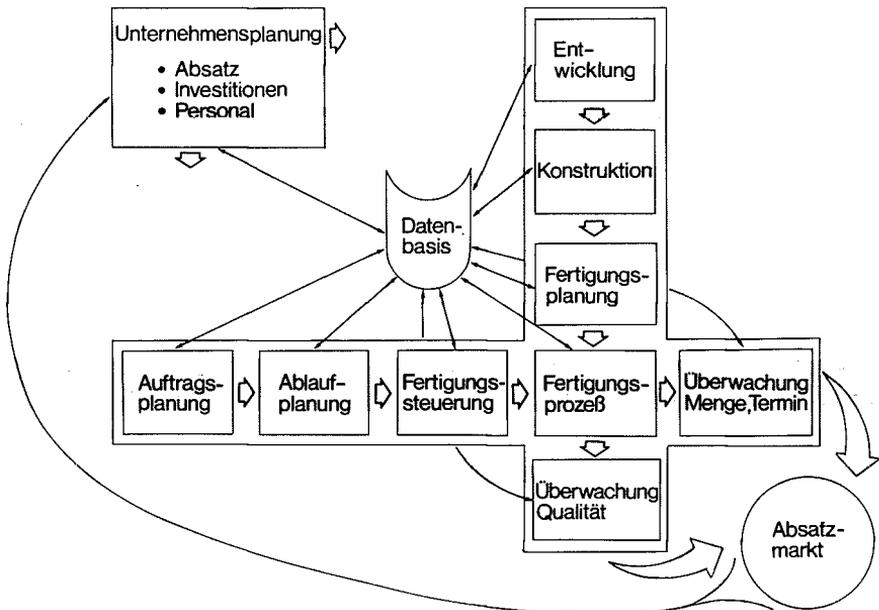


Bild 1: Horizontale und vertikale Integration des betrieblichen Informationssystems

Quelle: Brödner 1985, S. 96

Umstritten sind indes die Realisierungschancen von CIM. Die Prognosen schwanken hier zwischen einem überschaubaren Zeitraum, der nicht mehr als die nächsten zehn Jahre umfaßt (Spur 1985), und der Annahme, daß für die Realisierung umfassender Computernetze in

den Betrieben einige Jahrzehnte angesetzt werden müssen (Knetsch 1984 sowie Maier in diesem Band).

Ähnliches gilt für die, nicht nur aus sozialwissenschaftlicher Sicht, wesentliche Frage nach der Form der Arbeitsorganisation und den Möglichkeiten des Personaleinsatzes unter den Bedingungen einer informationstechnisch integrierten Fabrik. Genaueres findet man hier selten. Auf der einen Seite verbindet sich mit CIM unzweifelhaft das alte ingenieurwissenschaftliche Ideal einer automatischen Fabrik; in den Konzepten der "mannarmen Fertigung" kommt menschlicher Arbeit nur noch die Aufgabe zu, sich selbst regulierende Systeme in Gang zu setzen und aus großer Distanz zu überwachen (Spur 1984). Auf der anderen Seite verbindet sich mit den Konzepten einer "Fabrik der Zukunft" das Ziel, ganzheitliche und mit hohen Autonomiespielräumen versehene Arbeitsformen zu realisieren (Brödner 1985). Auf's Ganze gesehen greift die Diskussion über die Zukunft der Fabrik weit über die derzeitige wie auch absehbare betriebliche Realität hinaus. Dies gilt insbesondere für den weiten und heterogenen Bereich der metallverarbeitenden Klein- bis Mittelserienfertigung, wo bislang kaum rechnergestützte integrierte Produktionsprozesse anzutreffen sind.

## 2. Zum Begriff "Integration"

Als zentrales Merkmal zukünftiger Fabrikstrukturen gilt mithin die rechnergestützte Integration. Unter Integration soll im folgenden ein Prozeß verstanden werden, in dessen Verlauf Teilprozesse der Produktion in sachlichen und zeitlichen Dimensionen - Produktstrukturen, Kapazitäten und Produktionszeiten - vergleichbar gemacht und untereinander abgestimmt werden. Geschaffen werden soll damit ein kohärenter Gesamtprozeß der Produktion. Dies erfordert die Objektivierung der zentralen Prozeßdimensionen in Form eines Modells des Produktionsprozesses, mit dem der zeitliche und der sachliche Ablauf des Prozesses vorweggenommen und simuliert werden kann (Brandt u.a. 1978). Mit welchen Methoden und mit welcher Genauigkeit ein solches Modell gebildet werden kann und mit welchen Verfahren die Transformation dieses Modells in

einen realen Prozeß gelingt, ist zunächst abhängig von den jeweiligen Prozeßeigenschaften: Der Grad der Kalkulierbarkeit von Materialien, die Zuverlässigkeit der Maschinerie, die Seriengröße und die damit einhergehende Standardisierbarkeit von Produkten spielen eine Rolle. Dieser offensichtlich triviale Tatbestand verweist auf die besondere Bedeutung des gesamten Komplexes rechnergestützter Informationstechniken. Vermöge der besonderen Leistungsfähigkeit dieser Techniken werden die Grenzen für die Abbildbarkeit und Simulierbarkeit von Prozessen und damit die Integrierbarkeit von Teilprozessen zu einem Gesamtprozeß weit hinausgeschoben. Dies gilt insbesondere für die komplexen Produktionsprozesse in der Klein- bis Mittelserienfertigung. Mit den traditionellen Mitteln der Organisation und Technisierung war eine hinreichend genaue Modellbildung hier kaum, allenfalls im Hinblick auf grobe und ungefähre Eckdaten der Produktion, möglich. Erst die Entwicklung und der Einsatz moderner Informationstechniken eröffnen hier neue Möglichkeiten.

Der Prozeß der Integration kann dabei nicht nur informationstechnisch verstanden werden als der Einsatz von Softwarepaketen, Hardwarekomponenten und den Einrichtungen der Daten- und Informationsübertragung. Der Prozeß der Integration weist zugleich in hohem Maße prozeßorganisierenden Charakter auf. Der Ablauf von Produktionsprozessen in ihrer Gesamtheit wird systematisiert, zeitlich gestrafft und kontinuierisiert. Die Arbeitsprozesse und die Gestaltbarkeit der Arbeitsorganisation sind hiervon jedoch in unterschiedlichem Maße betroffen.

Auf der einen Seite ist von einer fortschreitenden Entkopplung von Produktionstechnik und arbeitsorganisatorischen Strukturen auszugehen (vgl. den Beitrag von Lutz in diesem Band). Dies gilt insbesondere für rechnergestützte Technikkomponenten, die sich prinzipiell durch eine hohe organisatorische Elastizität und vielseitige Einsetzbarkeit auszeichnen. Auf der anderen Seite sind diese prinzipiellen Gestaltungsspielräume für den einzelnen Betrieb, der Technik anwendet, keineswegs immer verfügbar. Die These von der fortschreitenden Entkopplung von Technik und Arbeitsorganisation ist zu differenzieren und zu präzisieren.

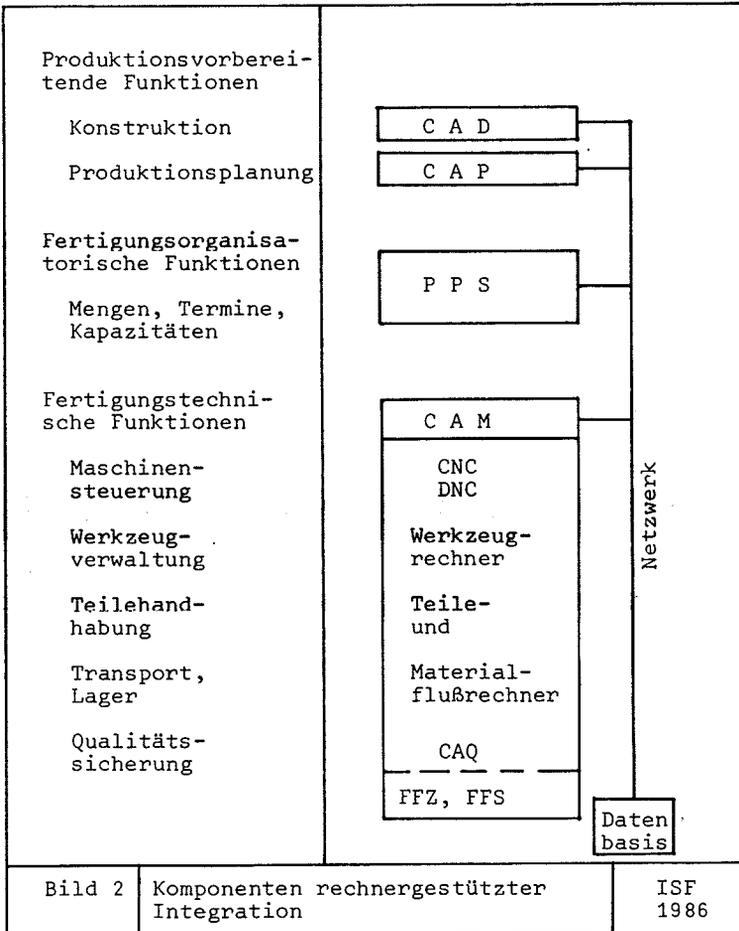
Technik wird durch ein ganzes Bündel sozioökonomischer Faktoren und Bedingungen verbreitet und generalisiert. Für den Bereich der Produktionstechnik sind es vorrangig der Konkurrenzzusammenhang und die sich darin wiederfindenden spezifischen Strategien und Konstellationen von Technikherstellern und Technikanwendern. Über diese Strategien und Konstellationen werden je spezifische Technischeinsatz- und Technikanwendungskonzeptionen transportiert, die die arbeitsorganisatorische Elastizität von Technik in bestimmter Weise nutzen und für die konkrete Anwendung beschränken. Dies gilt insbesondere für integrierte rechnergestützte Techniken, insofern als über die jeweilige Modellbildung und Form der Integration die Grundstrukturen der erfaßten Arbeitsprozesse präformiert werden. So werden über die Festlegung von Informations- und Datenströmen zwischen Rechnern und Rechnerkomponenten und über die Variabilitäten in der Funktionsverteilung zwischen diesen Rechnerkomponenten und den dazugehörigen Datenstationen eine sachliche und eine zeitliche Differenzierung von Prozeßfunktionen festgelegt; über die jeweilige Genauigkeit der mathematisierten Prozeßabbildung in den Computerprogrammen bestimmen sich die Simulierbarkeit und die Vorbestimmbarkeit der Arbeitsabläufe. Damit werden die Spielräume für die Gestaltung der Arbeitsorganisation, vor allem die Möglichkeiten der hierarchischen und horizontalen Konfiguration von Funktionen zu Aufgaben und Tätigkeiten für den Einzelbetrieb in unterschiedlicher Weise vorgegeben.

## II. Einsatz und Verbreitung rechnergestützter integrierter Produktionstechniken

### 1. Komponenten rechnergestützter Integration

Die Konzepte einer umfassenden rechnergestützten Integration setzen sich mehr oder weniger ausgeprägt und differenziert aus einer Reihe einzelner Komponenten des Rechnereinsatzes zusammen. Die Begrifflichkeit ist hier vielfach unklar und schwammig; eine hinreichend präzise Abgrenzung der einzelnen Komponenten kann er-

reicht werden, indem der Rechneinsatz auf Prozeßfunktionen bezogen wird (vgl. AWF 1985). Danach ergibt sich folgendes Schema:



Im Bereich der produktionsvorbereitenden Funktionen werden CAD-Systeme (Computer Aided Design) und CAP-Systeme (Computer Aided Planning) eingesetzt. CAD-Systeme richten sich auf den Bereich der

Konstruktion: Entwurf, Berechnung und Zeichnungserstellung für Produkte; CAP-Systeme richten sich auf den Komplex der Produktionsplanung mit den Teilfunktionen Arbeitsplanerstellung, Zeitwirtschaft und NC-Programmierung.

Produktionsorganisatorische Funktionen stehen im Zentrum von Systemen der Fertigungssteuerung und von Produktionsplanungs- und Steuerungssystemen (PPS). Fertigungssteuerungssysteme umfassen die Planung, Steuerung und Kontrolle von Material, Bearbeitungszeiten und Kapazitäten in der Teilefertigung. PPS-Systeme hingegen regulieren die gesamte Abwicklung eines Auftrags von der Angebotserstellung bis zur Auslieferung eines Produkts; neben der Teilefertigung werden hier vor allem die Bereiche Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Montage geplant und gesteuert.

Auf fertigungstechnische Funktionen bezieht sich der Einsatz von CAM-Systemen (Computer Aided Manufacturing). Hierbei handelt es sich um einen ganzen Komplex sehr unterschiedlicher Teilkomponenten des Rechnereinsatzes, zumeist nur in der Teilefertigung: einzelne CNC-Maschinen (Computerized Numerical Control); DNC-Systeme (Direct Numerical Control), die mehrere Maschinen und Fertigungseinrichtungen über einen Rechnerverbund informationstechnisch integrieren; Rechnersysteme zur Ausführung von Hilfsfunktionen wie Werkzeugverwaltung oder Materialflußsteuerung und schließlich die sehr verschiedenartigen Verfahren rechnergestützter Qualitätssicherung (CAQ: Computer Aided Quality Assurance). In begrenzten Bereichen der Teilefertigung können diese Teilkomponenten zusammenwachsen zu flexiblen Fertigungszellen (FFZ), deren Kern von einer einzelnen Bearbeitungsmaschine gebildet wird, oder zu flexiblen Fertigungssystemen (FFS), die mehrere Maschinen und Fertigungseinrichtungen umfassen.

Verknüpft werden sollen diese Rechnerkomponenten schließlich mit Hilfe kommunikationstechnischer Einrichtungen und Verfahren, die von der Weitergabe von Datenträgern über eine direkte Koppelung von Rechnerkomponenten bis hin zur Integration über ein alle Rechnerkomponenten einschließendes Netzwerk reichen können. Konzeptionen einer umfassenden Integration schließen dabei ein zen-

trales Datenbanksystem ein, mit dem eine für das Gesamtsystem einheitliche Datenbasis realisiert werden soll (vgl. den Beitrag von Maier in diesem Band).

## 2. Probleme und Stand des Rechnereinsatzes

Eine betriebsumfassende rechnergestützte Integration aller Prozeßfunktionen ist im Bereich der metallverarbeitenden Industrie der Klein- bis Mittelserienfertigung höchst selten, allenfalls unter Sonderbedingungen anzutreffen. Der betriebliche Rechnereinsatz ist vielmehr mit vielfältigen Problemen behaftet, die einer nachhaltigen Verbreitung von CIM in absehbarer Zeit nahezu unüberwindbare Barrieren entgegensetzen.

Eine wesentliche Barriere für einen schnell fortschreitenden innerbetrieblichen Integrationsprozeß bilden die vielfach ungewissen Vorteile und hohen ökonomischen Risiken integrierter Produktionssysteme. Größere integrierte Systeme benötigen einen Kapitalaufwand, der von mittleren Unternehmen häufig nur schwer erbracht werden kann; aufgrund unkalkulierbarer und langer Amortisationszeiten bleibt die Rentabilität unsicher. Besonders greifbar wird dies bei flexiblen Fertigungssystemen, wo der hohe Aufwand für die Peripherieeinrichtungen (Werkzeugspeicher und Werkzeuge, Vorrichtungen, Paletten und Transportsysteme, Rechnersysteme) die erzielten Produktivitätsvorteile rasch kompensieren (Warnecke, Steinhilper 1983).

Ähnliches gilt etwa auch für leistungsfähige CAD/CAP-Systeme, die Teile der Konstruktion und Arbeitsvorbereitung integrieren; funktionsfähige Systeme erfordern in der Regel überaus hohe Investitionssummen (ISI 1984, S. 44 f.). Zum Investitionsaufwand hinzu kommen die laufenden Kosten für Systemverwaltung und Systemicherheit; mit zunehmender Integration steigen sie überproportional (Wildemann 1985, S. 67). Einen Hinweis hierauf geben die Probleme der Verfügbarkeit bzw. des Ausfallrisikos der Systeme, die mit steigender Integration enorm anwachsen (Milberg 1985). Schließlich dürfte mit dem Einsatz integrierter Produktionssysteme

steme die Höhe der Fixkosten in den Betrieben der Klein- und der Mittelserienfertigung erheblich steigen. Deutlich wird dies wiederum bei flexiblen Fertigungssystemen: Die Systeme drängen auf eine Auslastung, die unter den Bedingungen einer kundenabhängigen Fertigung nur schwer realisierbar ist. Erforderlich werden letztlich größere Serien sowie zumeist eine hohe Wiederholhäufigkeit von Teilen, wie sie nur in wenigen Betrieben oder Fertigungsbereichen realisierbar sind.

Die ökonomischen Risiken sind zu einem Gutteil in Problemen der rechnergestützten Informationstechnik begründet. Neben dem auch im Produktionsbereich virulenten Grundproblem der Störanfälligkeit komplexer Rechnerstrukturen handelt es sich insbesondere um das Problem der Koppelbarkeit von Rechnern und der Regelung des Datenaustausches zwischen den verschiedenen Komponenten eines Rechnersystems. Bei diesem viel diskutierten "Schnittstellenproblem" (vgl. den Beitrag von Maier in diesem Band) geht es zum einen um die Kompatibilität von Hardwarekomponenten, von Rechnern und Peripheriegeräten, zum anderen um die Kompatibilität unterschiedlicher Softwarestrukturen. Unproblematisch ist meist nur die Koppelung von Geräten und Programmen gleichen Typs oder eines bestimmten Herstellers. Aufgrund mangelnder Normierung und Standardisierung ist dagegen die Verknüpfung von Rechner- oder Softwarekomponenten unterschiedlicher Hersteller außerordentlich aufwendig und schwierig, wenn überhaupt realisierbar. Auf der Ebene der Hardwarekoppelung zeichnet sich in jüngster Zeit ein allmählich vorankommender Normierungsprozeß ab. Nach Ansicht verschiedener Experten werden jedoch weitreichende Standardisierungskonzeptionen wie MAP (Manufacturing Automation Protocol) hier nicht nur bestimmte Integrationsprobleme offen lassen, sondern auch neue Probleme wie hohe Kosten oder fragwürdige Ausfallsicherheit von Systemen schaffen (Donnerbauer, Watson 1985, S. 12). Auf der Ebene der Softwarekoppelung sind bislang nur sehr wenige Lösungsmöglichkeiten erkennbar. Zu kompliziert ist offenbar die Standardisierbarkeit des Umfangs, der Inhalte und der logischen Strukturen zu übertragender Daten. Notwendig werden in nahezu jedem Fall der Integration unterschiedlicher Rechnerkomponenten die Entwicklung

und die Pflege überaus komplexer, auf den jeweiligen Anwendungsfall zugeschnittener Schnittstellenprogramme.

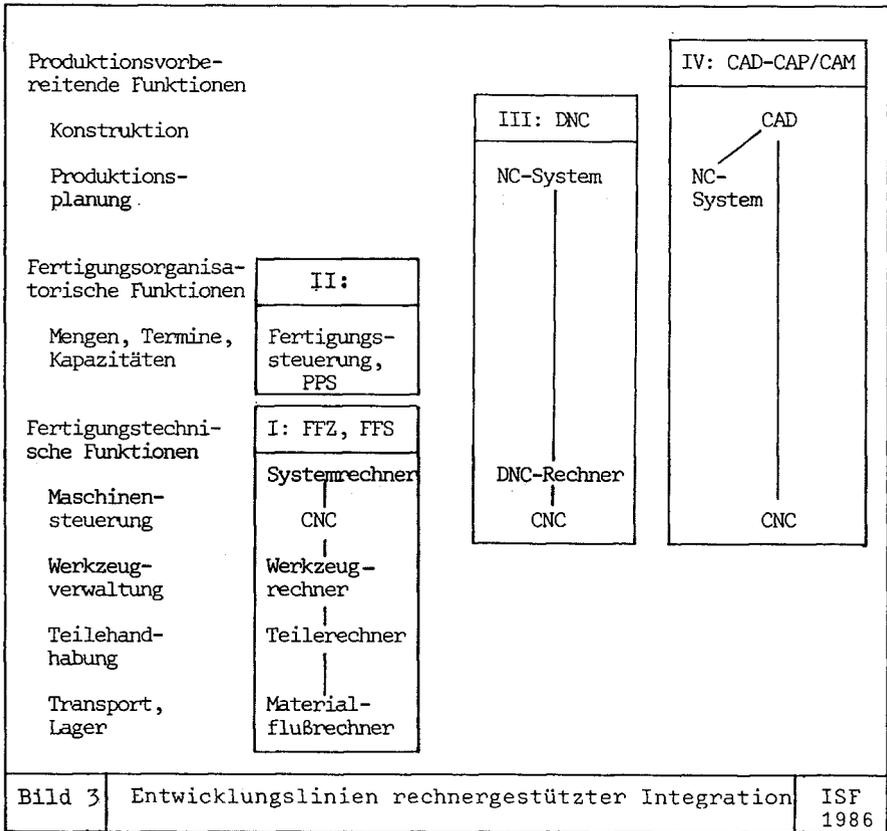
Insofern sind nicht nur integrierte Systeme selten, vielfach steht auch der Einsatz einzelner Komponenten der Integration erst am Anfang. Dies trifft insbesondere für den Maschinenbau als typischen Bereich der Einzel- bis Mittelserienfertigung zu. Obgleich vorliegende Befunde nicht selten differieren, ist davon auszugehen, daß die Automobilindustrie, die Luftfahrtindustrie und die elektrotechnische Industrie integrierte Systeme teilweise in weit größerem Umfang im Einsatz haben als der Maschinenbau (Büllinger u.a. 1985; Knetsch u.a. 1985). Im Bereich der Luft- und Raumfahrtindustrie finden sich einige wenige realisierte CIM-Lösungen, die aufgrund der spezifischen Bedingungen dieser Branche freilich keinesfalls als typisch für weitere Anwendungen anzusehen sind.

Im Bereich des Maschinenbaus selbst verfügen 1984 nur wenig mehr als die Hälfte aller Betriebe (53 %) über EDV-Anwendungen im technischen Bereich (FKM 1984, S. 38). Dabei zeigt sich die Tendenz, daß beim Einsatz von Rechnerkomponenten nach wie vor deutlich die wenigen Großbetriebe mit mehr als 1.000 Beschäftigten dominieren; der Anwendungsstand dieser Techniken liegt hier mehr als ein Drittel höher als in Mittelbetrieben mit bis zu 500 Beschäftigten. Zugleich zeigt sich jedoch, daß der Rechnereinsatz, wenn auch nur schrittweise, vordringt. Nicht nur Mittelbetriebe, sondern auch die überaus große Zahl von Kleinbetrieben mit weniger als 200 Beschäftigten wird allmählich vom Rechnereinsatz im technischen Bereich erfaßt (Förster, Syska 1985).

### 3. Entwicklungslinien rechnergestützter Integration

Soweit rechnergestützte integrierte Produktionssysteme eingesetzt sind, muß bis auf weiteres von ihrer Diversität und Inkompatibilität ausgegangen werden. Nach unseren Befunden zeichnen sich mehrere voneinander unterscheidbare Entwicklungslinien des Technischeinsatzes ab. Diese Entwicklungslinien bezeichnen Bandbreiten

absehbarer rechnergestützter Integration; aufgrund der skizzierten Schnittstellenprobleme sind sie zugleich informationstechnisch relativ stark voneinander abgeschottet. Wie im folgenden Bild 3 schematisch dargestellt, können vier Entwicklungslinien voneinander unterschieden werden.



## a) Entwicklungslinie I: Flexible Fertigungszellen und Fertigungssysteme

---

In der Entwicklungslinie I werden der Ausbau einzelner Werkzeugmaschinen zu flexiblen Fertigungszellen sowie der Einsatz kleinerer flexibler Fertigungssysteme mit zwei bis maximal fünf Fertigungseinrichtungen zusammengefaßt. Bei flexiblen Fertigungszellen handelt es sich um die Erweiterung einzelner CNC-Werkzeugmaschinen um Be- und Entladeeinrichtungen, Speichermöglichkeiten für Werkzeuge und Werkstücke sowie ein rechnergestütztes Steuerungs- und Überwachungssystem. Fast alle Werkzeugmaschinenhersteller bieten inzwischen Fertigungszellen der verschiedensten Art an: vor allem Zellen für die Bearbeitung prismatischer Teile, neuerdings auch Zellen für die Bearbeitung rotations-symmetrischer Teile sowie für Verfahrensbereiche wie Blechbearbeitung, Sägen und Brennschneiden. Die je konkrete Auslegung der Anlagen variiert stark. Dies gilt insbesondere für die häufig noch nicht gelösten Probleme der automatisierten Überwachung des Fertigungsprozesses.

Flexible Fertigungssysteme unterscheiden sich davon im Hinblick auf die Reichweite der Integration. Hierbei handelt es sich um die Verknüpfung mehrerer Werkzeugmaschinen über ein technisiertes Materialflußsystem (Lager, Transport, Handhabung) sowie ein übergreifendes Steuerungs- und Überwachungssystem. Auch hier variiert die Auslegung der Anlagen stark. Dies gilt nicht nur für die Art der Teile und Werkzeugversorgung, sondern insbesondere für das Steuerungssystem, dessen Umfang von der Verwendung bloßer Maschinen und Komponentensteuerungen bis hin zu umfassenden Leitrechnersystemen reichen kann. Von der Konzeption des Steuerungssystems hängt es ab, welche Zusatzfunktionen (wie insbesondere fertigungsorganisatorische Funktionen) in ein flexibles System integriert werden können und ob sich Verknüpfungen zu anderen Entwicklungslinien wie PPS-Systemen ergeben (für eine Übersicht vgl. Schmidt, Erkes 1985).

Der Übergang zwischen flexiblen Zellen und flexiblen Systemen dürfte aufgrund der fortschreitenden Standardisierung der Systemkomponenten zunehmend fließend werden. Wesentliches Merkmal der

neueren Entwicklung ist dabei, daß auf die in der Vergangenheit konzipierten "Großsysteme" mit einer Vielzahl von Maschinen und Fertigungseinrichtungen zugunsten kleinerer modular aufgebauter Systeme verzichtet wird (vgl. den Beitrag von Schulz in diesem Band). Hauptziel des Einsatzes dieser Anlagen ist der Abbau der in der Einzel- bis Mittelserienfertigung seit jeher hohen unproduktiven Nebenzeiten; durch die möglichst weitreichende Integration und Automatisierung fertigungstechnischer Hilfsfunktionen sollen die Laufzeiten der Anlagen erheblich ausgeweitet werden (Pausenbetrieb, dritte Schicht). Ferner soll eine Kontinuierisierung eines Teils des Fertigungsprozesses erreicht werden, ohne auf Flexibilität verzichten zu müssen.

Wie neueste Befunde belegen, ist bei diesen Anlagen in jüngster Zeit von deutlichen Zuwachsraten auszugehen. Im Herbst 1985 sind im gesamten Metallbereich der Bundesrepublik 195 flexible Zellen und 83 flexible Fertigungssysteme im Einsatz. Mit steigender Betriebsgröße zeigt sich eine zunehmende Einsatzhäufigkeit dieser Anlagen. Während in Großbetrieben mit mehr als 1.000 Beschäftigten mehr als 60 % aller Anlagen zu finden sind, sind in Betrieben mit weniger als 200 Beschäftigten nur knapp 9 % aller Anlagen installiert (Fix-Sterz u.a. 1986). Nach übereinstimmenden Expertenaussagen wird zwar die Verbreitung kleinerer Systeme und vor allem von flexiblen Zellen noch deutlich zunehmen, jedoch wird ihr Einsatz in der Einzel- bis Mittelserienfertigung auf längere Zeit begrenzt bleiben. Typisches Einsatzfeld sind Fertigungsbereiche, die bislang mit unverketteten konventionellen oder NC-Maschinen ausgestattet sind und deren Produktivität möglichst bei Erhalt ihrer flexiblen Struktur gesteigert werden soll. Um eine hinreichende Rentabilität zu sichern, ist der Einsatz dieser Anlagen jedoch an eine Untergrenze der Seriengröße und Wiederholhäufigkeit der zu fertigenden Teile gebunden.

## b) Entwicklungslinie II: Fertigungssteuerungs- und PPS-Systeme

In der Entwicklungslinie II werden die fortschreitende Verbreitung rechnergestützter Systeme der Fertigungssteuerung, die Effektivierung solcher Systeme sowie der schrittweise Ausbau von Fertigungssteuerungssystemen zu umfassenden PPS-Systemen erfaßt. Generell zielen diese Systeme auf die Kontinuierisierung und Systematisierung der gerade in der Einzel- bis Mittelserienfertigung noch häufig sehr diskontinuierlichen und mit hohen unproduktiven Zeitanteilen versehenen Produktionsprozesse. Bei einem funktionsfähigen und effizienten Einsatz dieser Systeme eröffnen sich, wie vielfach dokumentiert, hohe Rationalisierungspotentiale. Daher ist die Verbreitung von Systemen rechnergestützter Fertigungssteuerung relativ hoch; es handelt sich um eine der ältesten Rechneranwendung in der Produktion. Es ist davon auszugehen, daß vor allem mittlere und größere Betriebe über derartige Systeme verfügen. Nach einer älteren Untersuchung insbesondere im Maschinenbau und im Fahrzeugbau führten schon Anfang der 80er Jahre knapp 50 % der befragten Betriebe die Materialdisposition, ca. 45 % die Termin- und Kapazitätsplanung und mehr als 40 % die Betriebsdatenverarbeitung EDV-gestützt durch (Bußmann u.a. 1982). Nach neueren Zahlen führen im Jahre 1984 fast 34 % aller Maschinenbaubetriebe Fertigungssteuerungsfunktionen rechnergestützt aus (FKM 1984, S. 27).

Aufgrund ihres relativ breiten Einsatzes werden Systeme der Fertigungssteuerung verschiedentlich als Basis zukünftiger umfassender CIM-Systeme in den Betrieben betrachtet (Förster, Syska 1985; Spur 1985). Als weitergehende Integrationsmöglichkeit zeichnet sich zum einen die Vernetzung mit DNC-Systemen oder den Rechnern von flexiblen Fertigungssystemen ab, die die Funktionen der Feinplanung in Abstimmung mit dem übergeordneten Fertigungssteuerungssystem übernehmen (Hedrich 1983, S. 124 ff.). Zum zweiten bietet sich eine Verknüpfung zu CAD-Systemen an. Durch die dann mögliche direkte Nutzung von Konstruktionsdaten (Teilestammdaten, Stücklisten) sollen Materialdisposition und Planung des Fertigungsprozesses auf eine systematischere, der realen Auftragssituation jeweils besser angepaßte Basis gestellt werden.

Freilich liegt die Realisierung derartiger ausgreifender Entwicklungen noch in weiter Zukunft. Realistischer ist hingegen die Perspektive einer schrittweisen Weiterentwicklung und Differenzierung der Systeme und Konzeptionen ohne Bezug zu weiteren technischen Entwicklungslinien. Zum einen sind hier vor allem verbesserte Verfahren der Betriebsdatenerfassung sowie eine dialogorientierte Auslegung der Verarbeitungsfunktionen zu nennen (IGM 1983). Zum anderen wird diese Entwicklung unterstützt durch den sich abzeichnenden Einsatz werkstattumfassender technisierter Materialfluß- und Lagersysteme. Mit Hilfe derartiger Komponenten innerbetrieblicher "Logistik" soll ein systematischer und transparenter, d.h. leichter als bisher plan- und kalkulierbarer Fertigungsfluß realisiert werden (Wiendahl, Enghardt 1985).

### c) Entwicklungslinie III: DNC-Systeme und NC-Programmierung

Die Entwicklungslinie III wird in naher Zukunft an Relevanz gewinnen: Sie umfaßt die Einführung von DNC-Systemen und ihre Integration mit zumeist in den Betrieben schon vorhandenen Systemen der NC-Programmierung. Zentrale Funktionen eines DNC-Systems sind die Verwaltung und Archivierung der NC-Daten für die angeschlossenen Werkzeugmaschinen sowie ihre bearbeitungsabhängige Verteilung an die einzelnen Maschinen. Darüber hinaus können in ein DNC-System produktionsvorbereitende Funktionen und fertigungsorganisatorische Funktionen integriert werden: z.B. Programmkorrektur und Programmerstellung, Betriebsdatenerfassung und damit zusammenhängend Fertigungssteuerungsfunktionen (Weck 1982, S. 353 ff.).

Obgleich die Grundkonzeption solcher Systeme schon in der zweiten Hälfte der 60er Jahre entwickelt wurde, blieb ihre Verbreitung bislang begrenzt. Erst der ständig steigende Umfang von Daten und Programmen aufgrund immer komplexerer Maschinen und Produkte, die immer schwieriger auf konventionellem Wege bewältigt werden können, sowie die fortschreitende Rechnerentwicklung lassen DNC-Systeme für die Betriebe rentabel werden. Dies gilt insbesondere für Betriebe der Einzel- und Kleinserienfertigung, wo DNC-Systeme

zu einer Vereinfachung und besseren Kontrollierbarkeit des hier besonders unübersichtlichen und vielfältigen Informationsflusses im Werkstattbereich führen sollen (Granow u.a. 1983). Die Integration über ein DNC-System kann in diesen Betrieben durchaus als Alternative zum hier problematischen Einsatz von flexiblen Fertigungssystemen angesehen werden. Beim Einsatz von DNC-Systemen sind freilich eine ganze Reihe von informationstechnischen Problemen zu überwinden, die insbesondere in der Vernetzung teilweise sehr unterschiedlicher CNC-Steuerungen sowie der fehlerfreien Datenübertragbarkeit liegen. Gleichwohl werden, nach übereinstimmenden Angaben interviewter Experten, DNC-Systeme unterschiedlichsten Funktionsumfangs in absehbarer Zeit eine deutlich weitere Verbreitung erfahren. DNC-Systeme können dabei als Vorstufe eines späteren fertigungsumfassenden Leitrechnersystems angesehen werden (Hammer, Herholz 1983).

#### d) Entwicklungslinie IV: CAD-CAP/CAM-Integration

Schließlich zeichnet sich die Entwicklungslinie IV ab, die sich auf die betriebsorganisatorisch vertikale Integration über verschiedene Formen der Verknüpfung von CAD- und CAP-Systemen sowie CAD- und CAM-Systemen richtet. Das grundlegende Ziel dieser Systeme ist, über eine wiederholte Verwendung der in der Konstruktion erstellten Produktdaten (geometrische Modelle) den Arbeitsvorbereitungsaufwand und die Planungszeiten zu reduzieren, den Daten- und Informationsfluß zu vereinfachen sowie eine Steigerung der Planungsqualität zu erreichen.

Als mögliches Einsatzfeld dieser Systeme wird daher insbesondere die komplexe Einzel- und Kleinserienfertigung angesehen, in der häufige Umkonstruktionen und Umplanungen notwendig sind (Schulz 1985). Freilich existieren umfassende CAD/CAP-Systeme, soweit hierzu hinreichend genaue Aussagen möglich sind, allenfalls in sehr wenigen Großbetrieben. Einen Hinweis auf ihre extrem geringe Verbreitung geben Daten für die gesamte Industrie: Danach liegt der Einsatz von CAD/CAP-Systemen 1985 bei 2 % bis maximal 4 % aller Betriebe (VDI Nachrichten 46/1985).

Eine darüber hinausgehende Integration produktionsvorbereitender Funktionen mit fertigungstechnischen Funktionen in Form von CAD/CAM-Systemen ist vermutlich noch in weit weniger Fällen bislang realisiert. Neben Schnittstellenproblemen spielt hierbei der Umstand eine Rolle, daß bislang in den meisten Maschinenbaubetrieben die integrationsfähige CAD-Basis fehlt. Nach neueren Befunden haben im Jahre 1984 erst durchschnittlich 6,5 % aller Maschinenbaubetriebe CAD-Systeme im Einsatz (FKM 1984, S. 29), wobei es sich häufig wohl nicht um interaktiv grafische Systeme handelt, die Voraussetzung einer weitergehenden Integration sind. Nicht zuletzt aufgrund massiver staatlicher Förderungen ist jedoch damit zu rechnen, daß in absehbarer Zeit Systeme, die Teilbereiche der Konstruktion und die NC-Programmierung miteinander vernetzen, nachhaltige Verbreitung finden werden (CAD/NC) (Lay u.a. 1986). Es handelt sich jedoch nur um eine wenig weitreichende Integration, da in der Regel CAD/NC-Systeme bislang nur für begrenzte und spezifiziertere Teilespektren, insbesondere relativ einfacher, zumeist zweidimensionaler Dreh- oder Blechteile funktionsfähig sind. Der derzeitige Stand der Verbreitung von CAD/NC-Systemen dürfte nach wie vor relativ gering sein. Schon ältere Zahlen sprechen von ca. 140 CAD/NC-Systemen in der gesamten Industrie Ende 1983 (ISI 1984, S. 35 ff.).

Daneben zeichnet sich die Perspektive einer eng begrenzten Integration von CAD-Systemen direkt mit einzelnen NC-Maschinen ab. Die Produktdaten aus der Konstruktion sollen hier unmittelbar in die Werkstatt überspielt werden, wo unter Hinzufügung technologischer Bearbeitungsparameter NC-Programme erstellt werden sollen. Derartige Systeme sind inzwischen ebenfalls für geometrisch einfache Teile funktionsfähig (Steinhilper 1985).

### III. Spielräume arbeitsorganisatorischer Gestaltung

#### 1. Bedeutung der Hersteller-Anwender-Konstellation

Nach den vorliegenden Befunden zeigt sich, daß mit ein und derselben technischen Entwicklungslinie sehr unterschiedliche Bedingungen und Spielräume für die arbeitsorganisatorische Gestaltung korrelieren können. Diese unterschiedlichen arbeitsorganisatorischen Spielräume begründen sich jedoch keineswegs in spezifischen technischen Bedingungen. Sie verweisen vielmehr auf ein ganzes Bündel sozioökonomischer Faktoren und Bedingungen. Wie schon dargelegt, sind hierbei die Strukturen des Marktes rechnergestützter Produktionssysteme und die dort sich herausbildenden Hersteller-Anwender-Konstellationen überaus wesentlich. Angenommen werden muß, daß sich über diese Konstellationen je bestimmte technische und damit arbeitsorganisatorische Konzeptionen integrierter Produktionssysteme durchsetzen.

Ohne an dieser Stelle auf die überaus komplexen Hersteller-Anwender-Konstellationen näher eingehen zu können, ist anzunehmen, daß der Markt rechnergestützter Produktionssysteme in sehr weiten Bereichen von einer Dominanz der Hersteller geprägt ist. Die Herstellerdominanz begründet sich in der Spezifität der informationstechnischen Produkte. Hierbei handelt es sich nicht nur um die grundsätzliche Komplexität vor allem von Softwareelementen, sondern auch um die in der Regel aufwendigen und komplizierten Anpassungen an je anwenderindividuelle Bedingungen, die Voraussetzung eines funktionierenden Rechnereinsatzes sind. Sofern Standardlösungen für betriebliche Einsatzfälle auf dem Markt angeboten werden, erfordern diese in jedem Fall eine teilweise weitreichende betriebsspezifische Modifikation. Nicht selten, vor allem bei übergreifenden Integrationsprojekten, überwiegen Sonderentwicklungen informationstechnischer Komponenten. Dem entspricht eine mangelnde informationstechnische Kompetenz bei vielen Anwenderbetrieben. Zu vermuten ist, daß diese Situation für die überwiegende Zahl von Anwendern aus dem Bereich der metallverarbeitenden Klein- bis Mittelserienfertigung zutrifft. Mit der

Ausnahme weniger Großbetriebe sowie jener Betriebe, die zugleich Hersteller und Anwender sind, verfügen die meisten Betriebe nicht über entsprechende Entwicklungsstäbe, die die je konkrete Auslegung und Implementation rechnergestützter Systeme nachhaltig beeinflussen könnten. Diese Situation dürfte sich mit fortschreitender Integration und der trotz aller Normierungs- und Standardisierungsbemühungen damit einhergehenden Verkomplizierung von Hard- und Softwareelementen verstärken.

Wesentlich ist, daß die Hersteller aufgrund ihrer Dominanz nicht nur die technische Seite von Implementationsverläufen bestimmen, sondern in hohem Maße auch die arbeitsorganisatorischen Gestaltungsspielräume eingrenzen, über die der einzelne Anwenderbetrieb verfügen kann. Je nach Hersteller oder Herstellergruppen müssen freilich nicht unerhebliche Differenzen im Hinblick auf Implementationsverläufe und arbeitsorganisatorische Konzeptionen angenommen werden.

Insgesamt gibt es eine Vielzahl von Entwicklern und Anbietern von rechnergestützten Produktionstechniken. Soweit einschätzbar, bietet derzeit keiner der Hersteller sämtliche für eine produktionsumfassende Integration notwendige Komponenten gleichsam aus einer Hand an. Die Hersteller sind vielmehr zumeist spezialisiert auf einzelne Funktionsbereiche wie Werkstatt, Arbeitsvorbereitung oder Konstruktion. Dies kann beispielsweise bedeuten, daß bei der Realisation eines CAD/CAM-Systems, das Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Werkstatt umfaßt, die Rechnerkomponenten von mindestens drei verschiedenen, an unterschiedlichen informationstechnischen Logiken orientierten Herstellern gekoppelt werden müssen. Im einzelnen lassen sich folgende Gruppen von Herstellern unterscheiden:

(a) Die großen Elektrokonzerne und Computerhersteller, häufig US-Unternehmen; sie präsentieren neuerdings betriebsumfassende Integrationskonzepte. Soweit einzuschätzen, wird von diesen Großunternehmen der Standardisierungsprozeß von Schnittstellen in besonderem Maße beeinflußt. Mit den Konzepten der Großunternehmen wird in der Regel der Anspruch universeller Gültigkeit für nahezu

alle Betriebstypen verbunden. Faktisch jedoch bieten die Großhersteller bislang nur selten Systeme aus aufeinander abgestimmten Einzelkomponenten an. In der Regel haben sie vielmehr eine Vielzahl von Standardprogrammen und Standardkomponenten für nahezu alle Prozeßfunktionen in ihrer Produktpalette. Die angebotenen Systeme reichen von CAD/CAP über PPS bis hin zu DNC und CNC-Steuerungen. Verschiedentlich werden innerhalb der Produktpalette eines einzelnen Herstellers konkurrierende Konzepte für gleiche Funktionsbereiche, z.B. PPS-Systeme, angeboten. Diese Gruppe von Unternehmen dominiert nicht nur den Markt für PPS-Systeme, sondern auch den Markt für CAD/CAP-Systeme. Zwar werden allein in der Bundesrepublik 1984/85 mehr als 240 CAD-Systeme von ca. 150 Herstellern angeboten (Wildemann u.a. 1985, S. 44), jedoch verfügen auf diesem Markt derzeit nur fünf bis sechs Großunternehmen, zumeist aus den USA, über Marktanteile von über 80 % (Sellmer 1985).

(b) Die Gruppe der System- oder Softwarehäuser; sie erlebten in den letzten Jahren mit zunehmender Rechnerverbreitung im Produktionsbereich einen starken Boom. Es handelt sich dabei um Unternehmen, die nahezu die gesamte Palette des Rechnereinsatzes abdecken (Scharf 1985). Die Mehrzahl dieser Unternehmen hat weniger als 20 Beschäftigte, nur einige wenige überschreiten die Grenze von 100 Beschäftigten. Die Rolle der Systemhäuser umfaßt die Entwicklung und Implementation zumeist spezifischer, auf einen begrenzten Anwendungsfall zugeschnittener Computerlösungen, hauptsächlich für kleinere und mittlere Betriebe, die nicht über die notwendigen EDV-Erfahrungen verfügen. Nur wenige Systemhäuser verfolgen den Anspruch und verfügen über die notwendigen Ressourcen, umfassende Integrationslösungen zu entwerfen und anzubieten. Wenn überhaupt, geschieht dies nicht selten in enger Kooperation mit einem großen Computerhersteller oder einem Werkzeugmaschinenbauer. In der Regel jedoch fehlt das Kapital für langjährige Konzeptualisierungsarbeiten. Entwicklungen finden in der Regel nur auf Kundenauftrag statt. Gleichwohl wird häufig die These vertreten, daß die Systemhäuser die Entwicklung der rechnergestützten Produktionssysteme sehr maßgeblich mitbestimmen.

(c) Die Gruppe der Werkzeugmaschinenhersteller; aufgrund der fortschreitenden Verbreitung flexibler Fertigungszellen und Fertigungssysteme beeinflußt eine ganze Reihe von Werkzeugmaschinenherstellern die Entwicklung informationstechnischer Komponenten, die sich hauptsächlich auf fertigungstechnische Funktionen beziehen. Die Angebote reichen von CNC-Steuerungen über DNC-Systeme bis hin zu Leitrechnersystemen. Mehrheitlich handelt es sich dabei jedoch nicht um Eigenentwicklungen der Werkzeugmaschinenhersteller, sondern um Produkte, die in Kooperation mit Systemhäusern und ingenieurwissenschaftlichen Instituten hin und wieder mit staatlicher Unterstützung ausgearbeitet werden. Die Konzeptionen sind teilweise sehr differenziert und werden hierbei sehr stark von den traditionellen Absatzstrategien und Marktsegmenten der Werkzeugmaschinenunternehmen bestimmt. So werden einerseits Steuerungssysteme nur für einen begrenzten, mit anderen Rechnerkomponenten inkompatibeln Einsatz in Klein- und Mittelbetrieben entwickelt; andererseits Systeme, die von vornherein auf einen vernetzten Einsatz unter großbetrieblichen Bedingungen ausgelegt sind. Aufs Ganze gesehen, dürfte der Einfluß der Werkzeugmaschinenhersteller auf die Entwicklung rechnergestützter Produktionssysteme nicht unbedeutend sein.

(d) Schwerer einzuschätzen ist demgegenüber die Rolle wissenschaftlicher Institute, die im Rahmen der skizzierten Konstellation sicherlich nicht zu vernachlässigen sind. Es handelt sich dabei um ingenieur-, arbeits- und organisationswissenschaftliche Institute, die häufig mit einer Hochschule verbunden sind. Hervorzuheben sind hier eine ganze Reihe ingenieurwissenschaftlicher Institute, die in jüngerer Zeit eine erhebliche Expansion erfahren haben. Ohne Frage werden Möglichkeiten und Chancen des Rechnereinsatzes im Produktionsbereich in den Instituten sehr intensiv erforscht und diskutiert. Fraglich ist jedoch, inwieweit diese Institute die Entwicklung der rechnergestützten Techniken direkt beeinflussen. Vieles spricht für die Annahme, daß hier primär Auftragsforschung betrieben wird. Teilweise handelt es sich dabei um hochspezialisierte, eher grundlagenorientierte Fragestellungen, teilweise übernehmen die Institute die Rolle von Unternehmensberatern bei konkreten Rationalisierungsmaßnahmen. In den we-

nigsten Fällen dürften eigenständige Entwürfe vorangetrieben werden. Weitergehende konzeptionelle Arbeiten sind seltener, sieht man von grundlegenden Entwürfen einer "Fabrik der Zukunft" (Spur 1984), die sehr weit von der betrieblichen Realität entfernt sind, ab. Unverkennbar ist dabei eine Orientierung an den Strukturen größerer Betriebe der Serienfertigung und den darauf basierenden weitreichenden Automatisierungsmöglichkeiten. Nach übereinstimmenden Ausführungen interviewter Experten bestimmen Großbetriebe mit ihren Ressourcen und ihrer Personalpolitik, die vielfach auf die Rekrutierung von Absolventen der Institute setzt, direkt oder indirekt in starkem Maße die Forschungspolitik dieser Institutionen. Diese großbetrieblichen Orientierungen werden andererseits wiederum von den Instituten teilweise sehr massiv in die ingenieurwissenschaftliche wie auch die produktionspraktische Diskussion über die zukünftigen Fabrikstrukturen getragen. Hier dürfte die eigentliche Bedeutung vor allem der ingenieurwissenschaftlichen Institute liegen: Die Verbreitung vornehmlich technokratischer Konzeptionen eines möglichst weitreichenden Technikeinsatzes und einer möglichst umfassenden Automatisierung von Produktionsprozessen.

Eine Prognose über die zukünftige Entwicklung der Hersteller- und Entwicklungsstrukturen von rechnergestützten Produktionssystemen ist nur schwer möglich. Einige Indizien deuten darauf hin, daß der Markt zunehmend von großen Herstellern bestimmt wird. Zum einen dringen verstärkt die großen Computerhersteller vor; zum zweiten spricht einiges dafür, daß die Vielzahl kleiner Softwarehäuser durch die zunehmende Dominanz großer Systemhäuser reduziert wird. Damit einhergehen tendenziell eine fortschreitende Internationalisierung und Standardisierung insbesondere von Software (VDI-Nachrichten 2/86). Nach Expertenaussagen wird dieser Prozeß begleitet von einer überaus entwicklungsintensiven Zergliederung und Modularisierung komplexer Softwarestrukturen, um deren Einsetzbarkeit unter unterschiedlichsten Produktionsbedingungen zu erreichen.

## 2. Integrationspfade

Der Umstand, daß mit ein und derselben technischen Entwicklungslinie verschiedene Spielräume für die arbeitsorganisatorische Gestaltung einhergehen können, soll im folgenden mit dem Konzept der Integrationspfade genauer gefaßt werden. Kern der Integrationspfade sind die einzelnen technischen Entwicklungslinien, die sich hinsichtlich der vom Integrationsprozeß erfaßten Prozeßfunktionen und seiner möglichen Richtung wie (zeitlichem) Verlauf unterscheiden. Hauptmerkmal der einzelnen Integrationspfade ist jedoch, ob und gegebenenfalls welche arbeitsorganisatorischen Konzepte mit den jeweiligen Entwicklungslinien rechnergestützter Produktionstechniken transportiert werden. Von besonderem Interesse sind hier die grundlegende Struktur der Arbeitsteilung zwischen Disposition einerseits und Ausführung andererseits und die damit zusammenhängenden Spielräume für die Gestaltung der Arbeitsorganisation insbesondere im Werkstattbereich. Zugleich sollen jedoch die gewissermaßen hinter den arbeitsorganisatorischen Konzeptionen stehenden Hersteller-Anwender-Konstellationen mit dem Konzept der Integrationspfade erfaßt und der Analyse zugänglich gemacht werden.

Typisierend lassen sich zwei grundlegende und gegensätzliche Integrationspfade unterscheiden:

- o Erstens ein Integrationspfad, in dessen Verlauf sich arbeitsorganisatorische Konzepte durchsetzen, die auf eine Stabilisierung oder Vertiefung der hierarchisch-funktionalen Arbeitsteilung zwischen Disposition und Ausführung drängen oder zumindest diese nahelegen.
- o Zweitens ein Integrationspfad, in dessen Verlauf die Betriebe nicht von vornherein auf eine bestimmte Richtung arbeitsorganisatorischer Gestaltung festgelegt werden, sondern ihnen Wahlmöglichkeiten offenstehen. Im Hinblick auf die hierarchisch-funktionale Arbeitsteilung heißt dies, daß die rechnergestützten Systeme sowohl zentralistisch-arbeitsteilig als auch dezentral und wenig arbeitsteilig genutzt werden können.

Präzisiert man diese Dichotomie nun für die skizzierten technischen Entwicklungslinien, so lassen sich im einzelnen sieben Integrationspfade unterscheiden (Bild 4). Ihnen liegen je spezifische Hersteller-Anwender-Konstellationen zugrunde, über die sich beim gegenwärtigen Stand der vorliegenden Befunde allerdings nur sehr vorläufige und erste Annahmen formulieren lassen.

FZ/FFS	PPS	DNC	CAD-CAP/CAM
	Pfad II A zentralistisch- deterministisch	Pfad III A arbeitsteilig ausgelegt	Pfad IV A bürogebunden
Pfad I arbeitsorganisa- torisch offen	Pfad II B Rahmenplanung	Pfad III B werkstatt- orientiert	Pfad IV B werkstatt- orientiert
Bild 4	Integrationspfade		ISF 1986

#### a) Flexible Fertigungszellen und Fertigungssysteme

Der Einsatz flexibler Fertigungszellen und kleiner flexibler Fertigungssysteme (technische Entwicklungslinie I) bildet die Basis des Integrationspfades I. In arbeitsorganisatorischer Hinsicht weisen die Anlagen weite Spielräume und überaus hohe Variabilitäten auf. Dies gilt zum einen deshalb, weil die Zellen und kleinen Systeme aufgrund ihrer begrenzten Integrationstiefe gleichsam inselartig relativ problemlos in bestehende betriebliche Strukturen eingeführt werden können. Zum zweiten eröffnen die fortschreitende Entwicklung und der steigende Komfort der Steuerungssysteme

eine hohe Variabilität im Hinblick auf die Verteilung dispositiver und ausführender Arbeitsfunktionen. Die Arbeitsorganisation an diesen Anlagen kann sich zwischen zwei Polen bewegen:

- o Auf der einen Seite können nahezu alle anfallenden Arbeitsfunktionen vom Programmtest über Hilfsfunktionen wie Vorrichtung- und Werkzeugbereitstellung bis hin zur Anlagenbestückung und Anlagenüberwachung im Rahmen ganzheitlicher Arbeitsformen direkt in der Werkstatt ausgeführt werden; dies kann auch die Erstellung der Programme und die Terminierung des Auftragsdurchlaufs etwa an einem anlagennahen Werkstattrechner umfassen (Erkes, Schmidt 1984).
- o Auf der anderen Seite können die anfallenden Arbeitsfunktionen stark arbeitsteilig organisiert sein; möglich ist eine Differenzierung zwischen der Planung und Programmierung im Arbeitsvorbereitungsbüro und im Prinzip nur ausführenden Funktionen im Werkstattbereich, die ihrerseits wieder aufgeteilt werden können, beispielsweise in Arbeitsplätze für Systemführung, Maschinenbediener, Palettierer, Vorrichtungsbauer usw. (Lutz, Schultz-Wild 1982).

Diese hohe arbeitsorganisatorische Variabilität der Anlagennutzung ist maßgeblich zurückzuführen auf das Interesse der Werkzeugmaschinenhersteller, Systeme zu entwickeln, die unter den unterschiedlichsten betriebsstrukturellen Bedingungen einsetzbar sind.

#### b) PPS-Systeme

Der fortschreitende Ausbau von Fertigungssteuerungssystemen und Einsatz von PPS-Systemen (technische Entwicklungslinie II) beinhalten zwei mögliche Integrationspfade:

Der Pfad II A basiert auf dem Einsatz rechnergestützter Systeme der Produktionsplanung und Produktionssteuerung, denen eine zentralistisch-deterministische Konzeption zugrunde liegt. Über die

hier intendierte weitreichende Vorplanung und Steuerung sollen dem Arbeitsprozeß in der Werkstatt nur wenig Spielräume verbleiben. Diese Systeme sollen auf automatischem Wege sowohl eine längerfristige Vorplanung von Material, Terminen und Kapazitäten ausführen, als auch eine möglichst exakte kurzfristige Feinplanung des Werkstattprozesses erlauben. Nach diesen Konzeptionen soll das Werkstattpersonal möglichst keinen Auftrag ausführen, der nicht genau vorab eingeplant und dessen Bearbeitung nicht von einer übergeordneten Instanz genau kontrollierbar ist. Arbeitsorganisatorisch bedeutet dies, daß Planungs- und Koordinationsfunktionen, die zuvor personell ausgeführt wurden, gleichsam im PPS-System objektiviert werden. Bei einem funktionierenden zentralistisch-deterministischen System verbleiben in fertigungsorganisatorischer Hinsicht in der Werkstatt nurmehr ausführende Arbeitsfunktionen (Hirsch-Kreinsen 1984). Obgleich häufig nur von fragwürdiger Effizienz, finden sich in vielen Betrieben der Metallindustrie derartige Systeme. Sie werden entwickelt und angeboten von zumeist großen Computerherstellern. Diese Hersteller verfügen nicht nur über eine überaus starke Marktposition, sondern sie haben in der Regel auch langjährige und eingespielte Beziehungen zu den Anwendern ihrer Systeme.

Kern des Pfades II B sind PPS-Systeme, die auf eine weitreichende Feinplanung verzichten und in die gezielt arbeitsorganisatorische "Lücken" eingebaut sind. Ins einzelne gehende Arbeitsvorgaben sollen nicht mit Hilfe feststehender Algorithmen erstellt werden, sondern der Rechner soll hauptsächlich als Hilfsmittel zur Informierung und personellen Entscheidung über Termine und Kapazitäten genutzt werden können (vgl. den Beitrag von Nullmeier und Rödiger in diesem Band). Mit derartigen Systemen, die bislang von spezialisierten System- und Softwarehäusern entwickelt wurden, zeichnen sich deutlich organisatorische Gestaltungsspielräume für die Werkstatt ab. Auf der Basis einer zentralisierten Rahmenplanung, die lediglich Eckdaten für den Produktionsprozeß vorgibt, soll die Feinplanung in der Werkstatt durchgeführt werden. Möglich wird damit auf der einen Seite der Einsatz eines zentralen Leitstandes, wo im wesentlichen Werkstattvorgesetzte oder spezialisiertes Fertigungssteuerungspersonal die anfallenden Planungs-

funktionen ausführen; auf der anderen Seite können diese Funktionen aber auch von den Arbeitern selbst, etwa im Rahmen von Fertigungsinseln, problemlos übernommen werden.

Die Diffusionschancen derartiger Systeme sind indes schwer einzuschätzen. Ohne Frage wird ihre Verbreitung vor allem in kleineren Betrieben zunehmen. Ihre geringe Störanfälligkeit und organisatorischer Offenheit kommen den hier häufig komplexen Fertigungsbedingungen und disparaten Organisationsstrukturen entgegen. Inwieweit jedoch vor allem größere Betriebe mit schon langjährigem PPS-Einsatz diese neuen Systemkonzeptionen übernehmen, ist eine noch offene Frage. Indiz für die Situation ist, daß 1984 nur etwa 10 % fast aller auf dem Markt angebotenen PPS-Systeme den Rechner als Informationsmedium für personell zu treffende Entscheidungen nutzen und nicht von vornherein auf eine weitreichende zentralisierte Planung und Steuerung setzen (Kittel 1984).

### c) DNC-Systeme und NC-Programmierung

Mit dem sich in vielen Metallbetrieben abzeichnenden Einsatz von DNC-Systemen und ihrer Verknüpfung mit Systemen der NC-Programmierung (technische Entwicklungslinie III) verbinden sich gleichfalls zwei mögliche Integrationspfade:

Der Pfad III A umfaßt DNC-Systeme, die arbeitsteilig ausgelegt sind und die auf eine Konzentrierung informierender und überwachender Funktionen in der Arbeitsvorbereitung hinauslaufen. Integriert werden beispielsweise maschinelle Programmiersysteme, die aufgrund der verwendeten Programmiersprachen oder notwendiger informationstechnischer Zusatzeinrichtungen für einen Betrieb in der Werkstatt völlig ungeeignet sind; oder das DNC-System ist mit einem Leitstand für eine übergeordnete und zentralisierte Überwachung und Kontrolle des Fertigungsprozesses ausgestattet. Mit DNC-Systemen sollen in diesem Fall die Defizite der Arbeitsteilung zwischen Arbeitsvorbereitung und Werkstatt reduziert und der Daten- und Informationsfluß auf eine objektivierte Basis gestellt werden. Zentrales Ziel derartiger Konzep-

tionen ist, daß die früher intransparenten vom Werkstattpersonal durchgeführten Änderungen der NC-Programme jetzt über den DNC-Rechner ins NC-Büro zurückgespielt werden sollen. Die Programmänderungen werden damit nicht nur für die Arbeitsvorbereitung kontrollierbar, sondern sie können auch für eine nun genauere Zeitwirtschaft genutzt werden (Hammer, Herholz 1983). In der Regel handelt es sich bei diesen Konzeptionen um Entwicklungen größerer Computerhersteller, aber auch einiger Softwarehäuser und Werkzeugmaschinenhersteller, die sich in starkem Maße an den arbeitsteiligen Strukturen größerer Anwenderbetriebe orientieren.

Mit dem Pfad III B werden DNC-Systeme erfaßt, deren Konzeption als "werkstatorientiert" bezeichnet werden kann. Verzichtet wird hier beispielsweise auf einen Leitstand oder die Kopplung mit einem ausschließlich für Bürobetrieb ausgelegten NC-Programmiersystem, so daß die Verteilung programmierender und ausführender Funktionen nicht von vornherein arbeitsteilig angelegt ist. Der DNC-Rechner hat hier die Funktion eines "Datensammlers" für die NC-Steuerungen oder für Programmiersysteme, die auch für eine Nutzung im Werkstattbereich ausgelegt sind.

In welcher Weise die Programmierfunktionen ausgeführt werden, ist mithin offen. Wie verschiedentlich gezeigt (z.B. Weller 1983), können derartige Systeme sowohl im Rahmen der arbeitsteiligen Büroprogrammierung als auch ausschließlich in der Werkstatt genutzt werden. In diesem Fall ist wiederum offen, ob die Programmierung von Werkstattvorgesetzten oder dafür spezialisierten Werkstattpersonal oder von Maschinenarbeitern ausgeführt wird. Entwickelt werden diese Systeme von einigen Softwarehäusern und Werkzeugmaschinenherstellern, deren Absatzmarkt sich primär aus mittleren und kleineren Betrieben zusammensetzt.

#### d) CAD-CAP/CAM-Systeme

Auch im Fall des Einsatzes von CAD/CAP- oder CAD/CAM-Systemen (technische Entwicklungslinie IV) eröffnet sich für die Betriebe die Möglichkeit, zwei voneinander verschiedene Integrationspfade

zu verfolgen:

Technische Basis des Pfades IV A sind CAD/CAP-Systeme. Schwer zu beantworten ist beim gegenwärtigen Entwicklungsstand dieser Systeme die Frage nach den organisatorischen Restriktionen und Spielräumen, die sich mit diesen Systemen verbinden. Im Hinblick auf das Verhältnis zwischen Konstruktion und Arbeitsvorbereitung scheinen diese Systeme, wie neueste Befunde belegen, grundsätzlich weite Spielräume zu eröffnen (Manske u.a. 1986). Im Hinblick auf den Werkstattbereich, insbesondere die Ausführung planender und programmierender Funktionen in der Werkstatt, verringern sich die Gestaltungsspielräume vermutlich stark. Der Einsatz dieser CAD/CAP-Systeme kann als "bürogebunden" bezeichnet werden. Dies ist zunächst auf informationstechnische Barrieren zurückführbar: Mit den derzeitigen informationstechnischen Mitteln können in der Regel umfangreiche Geometriedaten aus der Konstruktion nur an einen Büroarbeitsplatz, nicht jedoch an einen werkstattgerechten Arbeitsplatz überspielt werden. Diese informationstechnischen Restriktionen mögen in absehbarer Zeit überwindbar sein. Wesentlich ist jedoch, daß die Mehrzahl der derzeit konzipierten CAD/CAP-Systeme auf die Effektivierung der Vorplanung, vor allem der Programmierung im Büro, zielt und eine engere informationstechnische Bindung der Arbeitsvorbereitung an die Konstruktion beabsichtigt. Inwieweit bei diesen Konzeptionen im Werkstattbereich noch Programmierfunktionen "übrig bleiben", ist nicht zuletzt davon abhängig, wie eng die NC-Programmierung hard- und softwaretechnisch mit einem CAD-System verknüpft ist (hierzu: ISI 1984). Konzipiert und angeboten werden solche Systeme von großen Computerherstellern und Softwarehäusern, die sich an arbeitsteiligen großbetrieblichen, oft auch den eigenen Fertigungsstrukturen orientieren. Wie schon skizziert, wird von diesen Herstellern derzeit der Markt für CAD/CAP-Systeme dominiert.

Demgegenüber werden mit dem Pfad IV B CAD/CAP- und auch CAD/CAM-Konzeptionen erfaßt, die auf einen werkstattorientierten Betrieb ausgelegt sind. Verzichtet wird hier auf ein Büroprogrammiersystem; die Konstruktionsdaten werden direkt an einem Werkstattrechner oder an eine einzelne NC-Maschine überspielt und dort zur Werkstattprogrammierung genutzt. Denkbar ist auch, daß ein CAD-Arbeitsplatz direkt im Werkstattbereich installiert wird (Gangl

o.J.; Leibinger 1983). Ähnlich wie bei werkstatorientierten DNC-Systemen ist damit vor allem die Arbeitsorganisation im Werkstattbereich freilich keineswegs festgelegt. Entwickelt werden Systeme vornehmlich von kleineren Softwarehäusern und Werkzeugmaschinenherstellern; sie sind zumeist konzipiert für kleinere Betriebe mit einer bislang wenig ausgebauten Arbeitsteilung. Inwieweit sich derartige Systeme auf breiter Front durchsetzen werden, ist eine derzeit nur schwer zu beantwortende Frage.

### 3. Integrationspfade im Betrieb

Den Anwenderbetrieben rechnergestützter integrierter Produktionstechniken stehen, wie gezeigt, eine Reihe von einander verschiedener Integrationspfade offen. Die Integrationspfade unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihres Ausgangspunktes im Betrieb, der im Zentrum stehenden Prozeßfunktion und der verwendeten Rechnerkomponenten, sondern sie unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Spielräume für die Gestaltung der Arbeitsorganisation. Entscheidende Differenz der Integrationspfade ist, inwieweit mit den rechnergestützten Techniken zentralistisch-arbeits-teilige Formen der Arbeitsorganisation zumindest nahegelegt, wenn nicht gar erzwungen werden, oder ob den Anwenderbetrieben bei der Gestaltung der Arbeitsorganisation prinzipiell Wahlmöglichkeiten gegeben sind. Im Falle des Integrationspfads mit arbeitsorganisatorischen Wahlmöglichkeiten können die technischen Entwicklungslinien sowohl arbeitsteilig als auch wenig arbeitsteilig genutzt werden. Eine wenig arbeitsteilige und werkstatorientierte Gestaltung der Arbeitsorganisation ist hier zwar ohne technische Restriktionen möglich, die Betriebe sind jedoch keineswegs gezwungen, diese Gestaltungsvariante zu realisieren.

Diese Befunde verweisen auf die Frage nach der tatsächlichen arbeitsorganisatorischen Nutzung rechnergestützter Techniken in den Betrieben. Zwei Teilfragen sind hier wesentlich:

- o Welche Gründe sind maßgeblich dafür, daß Betriebe bestimmten Integrationspfaden folgen?

- o Wo liegen die Gründe für die je spezifische Form der betrieblichen Nutzung der jeweils gegebenen arbeitsorganisatorischen Spielräume der Integrationspfade?

Die Beantwortung dieser Fragen erfordert die Analyse eines komplexen Zusammenhangs sozioökonomischer und betriebsstruktureller Bedingungen und Faktoren. Ohne Frage sind hier die jeweils eingespielten und unter Umständen im einzelnen Fall langjährig gewachsenen Hersteller-Anwender-Konstellationen sehr wesentlich. Wie gezeigt, transportieren diese je verschiedene technische Lösungen und arbeitsorganisatorische Konzeptionen. Darüber hinaus spielt hierbei aber eine Vielzahl weiterer Bedingungen und Einflußfaktoren eine wichtige Rolle. Wie im Beitrag von Schultz-Wild in diesem Band ausführlich dargelegt, lassen sich hier zwei überaus relevante Bedingungskomplexe herausfiltern: die jeweiligen Implementationsverläufe rechnergestützter Techniken in den Anwenderbetrieben sowie die jeweiligen betriebsstrukturellen Bedingungen.

Generell ist zu vermuten, daß Betriebe häufig nicht nur ausschließlich einem bestimmten Integrationspfad mit einer bestimmten arbeitsorganisatorischen Konzeption folgen, sondern daß verschiedene Integrationspfade in einem Betrieb nebeneinander laufen. In Rechnung zu stellen ist hier die betriebshistorische Ungleichzeitigkeit des Integrationsprozesses sowie, damit zusammenhängend, verschiedene betriebliche Instanzen, die die jeweiligen Implementationsverläufe anstoßen und kontrollieren. Ein wohl häufiger anzutreffendes Beispiel hierfür ist der längjährige Einsatz eines zentralistisch-deterministischen PPS-Systems unter der Regie der Arbeitsvorbereitung, dessen Funktionsweise abgestimmt werden muß mit einer weniger arbeitsteiligen Nutzung eines werkstattorientierten DNC-Systems, dessen Einführung etwa die Fertigungsleitung veranlaßt hat. Die verschiedenen betrieblichen Integrationspfade können sich dabei in prozeßfunktionaler Hinsicht überschneiden oder, wie im Beispiel, ergänzen. In der Regel werden sie in hohem Maße informationstechnisch inkompatibel sein. In arbeitsorganisatorischer Hinsicht können sie divergierende, wenn nicht gar gegenläufige Anforderungen an den Arbeitsprozeß stellen. Die Abstimmung dieser Anforderungen und damit zusammenhän-

gender unterschiedlicher Nutzungsinteressen im Betrieb dürfte schwierig, häufig nicht möglich sein. Vermutet werden kann daher, daß eine mit einem bestimmten dominanten Integrationspfad eingeschlagene Richtung arbeitsorganisatorischer Gestaltung nur sehr schwer wieder, etwa um den Preis von Friktionen im Prozeßablauf, verlassen werden kann.

## Literatur

- AWF (Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung e.V.): Integrierter EDV-Einsatz in der Produktion - Begriffe, Definitionen, Funktionszuordnungen, vervielfältigtes Manuskript, Eschborn, November 1985.
- BEY, J.; MENSE, H. (Hrsg.): Bewertung von Entwicklung und Einsatz moderner Fertigungstechnologien, KfK-PFT 119, Karlsruhe, März 1986.
- BRANDT, G.; KÜNDIG, B.; PAPADIMITRIOU, Z.; THOMAE, J.: Computer und Arbeitsprozeß, Frankfurt/New York 1978.
- BRÖDNER, P.: Fabrik 2000 - Alternative Entwicklungspfade in die Zukunft der Fabrik, Berlin 1985.
- BULLINGER, H.-J.; WARNECKE, H.-J. (eds.): Toward the Factory of the Future, Berlin 1985.
- BULLINGER, H.-J.; WARNECKE, H.-J.; LENTES, H.-P.: Toward the Factory of the Future. In: H.-J. Bullinger; H.-J. Warnecke (eds.): Toward the Factory of the Future, Berlin 1985.
- BUSSMANN, J.; GRANOW, R.; ZABRANSKY, J.: Einsatz von EDV und NC-Technik. In: VDI-Z, Nr. 1/2, 1982, S. 19-31.
- DONNERBAUER, R.; WATSON, K.: MAP ist noch nicht die Lösung aller Probleme. In: VDI-Nachrichten, Nr. 51, 1985.
- ERKES, K.; SCHMIDT, H.: Flexible Fertigung. In: VDI-Z, Band 126, Nr. 15/16, 1984, S. 577 ff.
- FIX-STERZ, J.; LAY, G.; SCHULTZ-WILD, R.: Stand und Entwicklungstendenzen flexibler Fertigungssysteme und -zellen in der Bundesrepublik Deutschland. In: VDI-Z, Juni 1986.
- FKM (Forschungskuratorium Maschinenbau e.V.): CAD/CAM im Maschinenbau, Forschungsheft 114, VDMA, Frankfurt 1984.
- FÖRSTER, H.-U.; SYSKA, A.: Rechnerintegrierte Produktion - Ergebnisse einer Umfrage zu Verbreitung und Entwicklungstendenzen von EDV-Systemen in der Produktion. In: FIR-Mitteilungen RWTH-Aachen, Sonderdruck 2, 1985.
- GANGL, P.: Praktische Gesichtspunkte beim Einsatz eines CAD/CAM-Systems, Manuskript, Darmstadt o.J.
- GRANOW, R. u.a.: Möglichkeiten zur Erstellung und Verteilung von NC-Daten. In: Zwf 78 (Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung), 1983, S. 1-4.
- HAMMER, H.; HERHOLZ, B.: NC-Programmierung und DNC-Betrieb. In: tz für Metallbearbeitung, 77. Jg., Heft 3, 1983, S. 24-30.

- HEDRICH, P.: Flexibilität in der Fertigungstechnik durch Computereinsatz, München 1983.
- HIRSCH-KREINSEN, H.: Organisation mit EDV - Bedingungen und arbeitsorganisatorische Folgen des Einsatzes von Systemen der Fertigungssteuerung in Maschinenbaubetrieben, Frankfurt 1984.
- IG-Metall (Hrsg.): "Maschinen wollen sie - uns Menschen nicht", Rationalisierung in der Metallwirtschaft, Kurzfassung, Frankfurt 1983.
- ISI (Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung): Wirtschaftliche und soziale Auswirkungen des Einsatzes von integrierten CAD/CAM-Systemen, Teil I: Technische Entwicklung, Diffusion und betrieblicher Einsatz integrierter CAD/CAM-Systeme, vervielfältigtes Manuskript, RWK, Eschborn 1984.
- KITTEL, T.: PPS-Fehleinschätzung mündet im User-Fiasko. In: Computerwoche 20.1.1984, Nachtrag 3.2.1984.
- KNETSCH, W.: CAD/CAM auf dem Wege zum Computer Integrated Manufacturing, Vortragsmanuskript, VDI, Düsseldorf 1984.
- KNETSCH, W.; de LESTAPIS, B.; NORTHOFF, J.: Die industrielle Anwendung der Mikroelektronik in der Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Markt & Technik, Haar b. München 1985.
- LAY, G.; BOFFO, M.; FIX-STERZ, J.; KUNTZE, U.; MEYER-KRAHMER, F.: Erste Ergebnisse der Wirkungsanalyse der indirekt-spezifischen Förderung zur betrieblichen Anwendung von CAD/CAM-Systemen. In: J. Bey; H. Mense (Hrsg.): Bewertung von Entwicklung und Einsatz moderner Fertigungstechnologien, KfK-PFT 119, Karlsruhe, März 1986.
- LEIBINGER, B.: Zukunftsperspektiven für die Klein- und Mittelserienfertigung. In: ZWF, Vorträge des Produktionstechnischen Kolloquiums Berlin, Sonderdruck, 1983.
- LUTZ, B.; SCHULTZ-WILD, R. (Hrsg.): Flexible Fertigungssysteme und Personalwirtschaft - Erfahrungen aus Frankreich, Japan, USA und der Bundesrepublik Deutschland, Frankfurt/München 1982.
- MANSKE, F.; WOBBE-OHLENBURG, W., unter Mitarbeit von MICKLER, O.: Rechnerunterstützte Systeme der Fertigungssteuerung in der Kleinserienfertigung - Auswirkungen auf die Arbeitssituation und Ansatzpunkte für eine menschengerechte Arbeitsgestaltung, KfK-PFT 90, Karlsruhe, Dezember 1984.
- MANSKE, F.; SPRINGER, R.; WOLF, H.: Rationalisierung mit CAD/CAP - Erste Ergebnisse einer Untersuchung in der ausrüstenden Industrie. In: SOFI-Mitteilungen (Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen), Heft 12, Februar 1986.

- MILBERG, J.: Entwicklungsstufen flexibel automatisierter Produktionssysteme. In: Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, TU-München (Hrsg.), Kolloquium Automatische Produktionssysteme, Februar 1985, Tagungsband, München 1985.
- MOLDASCHL, M.; WEBER, W.: Flexible Fertigungssysteme: Arbeitsorganisation, Qualifikation und Belastung. Eine prospektive Arbeitsplatzbewertung, unveröffentlichte Diplomarbeit, TU-Berlin, Institut für Psychologie, Berlin 1985.
- SCHARF, A.: Technologische Vermittler - Systemhäuser als Problemlöser. In: Hard and Soft, 0/1985, S. 116 ff.
- SCHMIDT, H.; ERKES, K.: Flexible Fertigung. In: VDI-Z 127, 15/16, 1985, S. 591 ff.
- SCHULZ, H.: Rechnergestützte Fabrikautomatisierung. In: Werkstatt & Betrieb, 118. Jg., Heft 9, 1985, S. 565 ff.
- SELLMER, U.: Der schnelle Weg zur Fertigung. In: VDI-Nachrichten, 1985, Jg. 39, Nr. 28-37.
- SPUR, G.: Über intelligente Maschinen und die Zukunft der Fabrik. In: Forschung - Mitteilungen der DFG, Heft 3, 1984.
- SPUR, G.: CIM mit heutigen Mitteln. In: VDI-Nachrichten 52, 27.12.1985, S. 14.
- STEINHILPER, R.: CIM = Chaos im Mittelbetrieb? In: NC-Praxis, September 1985, S. 19-28.
- VDI-Nachrichten, verschiedene Jahrgänge.
- WARNECKE, H.-J.; STEINHILPER, R.: Neue Entwicklungen zur flexiblen Automatisierung der Teilefertigung. In: VDI-Z, 125, 20, 1983, S. 853 ff.
- WECK, M.: Werkzeugmaschinen, Band 3, Automatisierung und Steuerungstechnik, Düsseldorf 1982.
- WELLER, H.: Die Datenübertragung zwischen numerischer Steuerung und einem übergeordneten Leitrechner. In: L. Wiese (Hrsg.): Neue Wege der NC-Programmierung, KfK-PFT 58, Karlsruhe, Juli 1983.
- WIENDAHL, H.-P.; ENGHARDT, W.: Logistikgerechte Fabrik, rechnergestützt geplant. In: Zwf 80, Heft 3, 1985, S. 131 ff.
- WIESE, L. (Hrsg.): Neue Wege der NC-Programmierung, KfK-PFT 58, Karlsruhe, Juli 1983.
- WILDEMANN, H. u.a.: Strategische Investitionsplanung für CAD/CAM, Manuskript, Universität Passau, Passau 1985.

Helmut Maier<sup>\*)</sup>

Datentechnische Möglichkeiten und Probleme der CAD/CAM-  
Integration

Inhalt

I. Einleitung	50
II. Stand der Technik der integrierten Informationsverarbeitung	51
1. Gründe für den CIM-Einsatz	51
2. Rechnerkopplung im Unternehmen	52
3. Datenkommunikation zwischen DV-Applikationen	55
4. Lokale Netzwerke	58
5. Softwaretechnische Integration	61
III. Schnittstellen in CAD/CAM-Systemen	67
1. Integration über Schnittstellenstandards	67
2. GKS - Grafisches Kernsystem	67
3. IGES - Kopplung von CAD/CAP/CAM-Systemen	68
IV. Integrationslinie CAD-NC	71
V. Anforderungen und Hindernisse für CIM	76
Literatur	81

---

\*) Dr.-Ing. Helmut Maier ist Unternehmensberater für CAD/CAM in Eggenstein-Leopoldshafen.

## I. Einleitung

Mit dem Vordringen neuer Technologien wie CAD, CAP, CAM, CAQ und PPS in weite Bereiche der Industrie und Verwaltung hat die Diskussion über die sozialen Folgen des technischen Fortschritts in der Öffentlichkeit wie in den einschlägigen Fachwissenschaften wachsende Aktualität erhalten. Den integrierten Einsatz dieser Komponenten bezeichnet man seit geraumer Zeit auch mit CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Der Ausschuß für Wirtschaftliche Fertigung - AWF - hat eine Richtlinie zur einheitlichen Begriffsdefinition erarbeitet (vgl. AWF 1985). CAD (Computer Aided Design) bezeichnet demnach den Computereinsatz in der Konstruktion. CAP (Computer Aided Planning) umfaßt die rechnerunterstützte Arbeitsplanung und NC-Programmierung. CAM (Computer Aided Manufacturing) versteht man als DV-Unterstützung bei der technischen Steuerung des Fertigungsprozesses. CAQ (Computer Aided Quality Assurance) deckt den Rechneinsatz im Qualitätswesen ab. Mit PPS (Produktionsplanung und Steuerung) werden die dispositiven und administrativen Abläufe abgedeckt.

Es geht beim Einsatz dieser Techniken um drängende Fragen, etwa: Inwieweit wird die Zahl der Arbeitsplätze beeinflusst? Wie verändern sich Strukturen, Inhalte und Qualität der Arbeit durch die Integration der neuen Technologien? Neue Möglichkeiten der Arbeitsorganisation, der Veränderungen von Qualifikationsanforderungen, der Formen des Personaleinsatzes müssen diskutiert werden. Änderungen in der Arbeitsorganisation stehen im Wechselspiel zu Rentabilität und Effizienz des Unternehmens.

Es sind zum einen rein fachlich/technische Gesichtspunkte, zum anderen strategische und wirtschaftliche Entscheidungsgründe, die heute und in nächster Zukunft Form und Umfang des integrativen Einsatzes rechnerunterstützter Techniken in der mechanischen Fertigung bestimmen. Die soziale Komponente muß darin unbedingt berücksichtigt werden.

## II. Stand der Technik der integrierten Informationsverarbeitung

### 1. Gründe für den CIM-Einsatz

Einige Fakten vorweg:

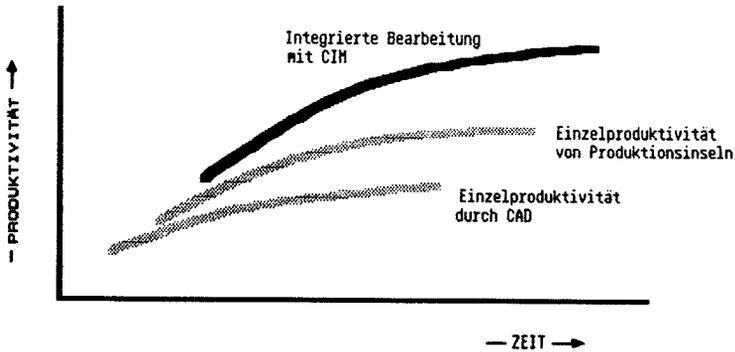
- o Die Bundesrepublik hat die dritthöchsten Lohnkosten je Arbeitsstunde bei gleichzeitig drittniedrigster Jahresarbeitszeit.
- o Auf stagnierende Märkte suchen neben den Industrieländern auch die sogenannten Schwellenländer zu drängen.

Die allgemeine Marktsituation zwingt zu Maßnahmen, mit denen die Ertragssituation stabilisiert, wenn nicht sogar gesteigert werden muß. Eine von diesen Maßnahmen ist die Erhöhung der Arbeitsproduktivität. Weitere begleitende Maßnahmen werden erforderlich zur Verbesserung

- der Materialproduktivität,
- der Energieproduktivität und
- der Informationsproduktivität.

Einen erheblichen Kostensenkungsschub zwischen 10 % und 35 % erwartet man im nächsten Jahrzehnt durch eine umfassende Automatisierung des Fertigungsprozesses durch CIM.

Der Stand heutiger rechnerunterstützter Anwendungen im Unternehmen ist in der Regel von Insellösungen in den einzelnen Anwendungsbereichen geprägt. Effizienzzuwachs und Weiterentwicklung solcher rechnerunterstützter Einzelsysteme im technischen Büro und in der Fertigung eines Unternehmens sind begrenzt. Es können jeweils nur Suboptima erreicht werden. Erst durch die rechnerinterne Integration der Informationsflüsse eines Unternehmens kann ein höheres Niveau der Effizienz- und Produktivitätssteigerung erreicht werden (Bild 1).



**Bild 1:** Entwicklung der Produktivität bei CA-Applikationen mit/ ohne Integration

Die benötigte Fülle an Informationen zur Steuerung des Fertigungsbetriebs ist heute manuell in vertretbar kurzer Zeit kaum mehr zu bewältigen. Erste Erfahrungen mit teilintegrierten Lösungsansätzen (CAD - Arbeitsplan - NC - DNC) haben gezeigt, daß

- die Termintreue verbessert werden kann,
- die Zahl der Eilaufträge rückläufig ist und
- die Durchlaufzeit verkürzt wird.

## 2. Rechnerkopplung im Unternehmen

Wichtigste Anforderungen an heutige und künftige computerunterstützte Automatisierungstechniken sind:

- Systemfähigkeit der Komponenten und
- Kommunikationsfähigkeit.

Die Durchgängigkeit von computerunterstützten Verfahrensketten steht bei der Realisierung im Vordergrund. An einigen Beispielen der Ablaufstruktur soll dies gezeigt werden.

### Auftragsabwicklung und Konstruktion:

Ausgehend von Kundenspezifikationen erfolgt im allgemeinen durch den Vertrieb, eventuell mit Unterstützung der Konstruktion, eine automatische, teilautomatische oder auch individuelle Angebotserstellung. Der nachfolgende Kundenauftrag wird in der Regel weiter spezifiziert und vorgeklärt.

Wenn der Kundenauftrag durch Produktstandards abgedeckt ist (z.B. Bestellung nach Katalog oder Wiederholauftrag), wird er direkt in einen Fertigungsauftrag umgewandelt und an die Fertigung weitergereicht. Diese fordert per DV die notwendigen Fertigungsunterlagen an und veranlaßt die termingerechte Disposition und Einsteuerung in den Fertigungsablauf.

Andernfalls wird der Auftrag zunächst an die Konstruktion zur Bearbeitung weitergeleitet. Dort wird möglichst auf gleiche oder ähnliche Lösungen zurückgegriffen. Fertigungszeichnungen und Stücklisten gehen nach Freigabe an den fertigungsvorbereitenden Bereich, der die restlichen Fertigungsunterlagen erstellt, die erforderlichen Betriebsmittel und Materialien disponiert. Danach geht der Auftrag weiter an die Fertigungssteuerung, die den Auftrag terminlich, nach Dringlichkeit und nach vorhandener Kapazität eingliedert.

### PPS und Konstruktion:

Die Konstruktion erstellt für Standardprodukte Zeichnungen, technische Grunddaten (Sachnummern, Teilestämme, Sachmerkmale, Klassifizierung) und Stücklistenstrukturen. Die notwendigen Informationen für Materialbedarfsplanung (z.B. Bedarfsauflösung, Bestellbedarf für Zukaufteile und fremdgefertigte Teile, Betriebsaufträge für eigengefertigte Teile, Reservierung von Teilen) und für die Kapazitätsbedarfsplanung (Grob- und Feinsteuerung der Fertigung) können aus den Stücklistenstrukturen und aus der auftragsgebundenen Stückliste abgeleitet werden.

Mit der Verbindung zwischen CAD und PPS müssen die aus dem CAD-System kommenden grafischen Daten in alphanumerische Daten umgesetzt werden. Durch den Stücklistenprozessor im CAD-System wird aus der Zusammenstellung eine Teileliste generiert, in der die Daten der verwendeten Einzelteile, Baugruppen und Normteile enthalten sind. Diese Teileliste wird als Datei an das PPS-System übergeben (dies kann unter Umständen sogar auf einem anderen Rechner installiert sein, z.B. IBM). Die Vervollständigung der Stückliste und der Stücklistenstruktur wird dann dort durch den jeweiligen Sachbearbeiter in der Normenstelle oder in der DV-Abteilung erfolgen (Bild 2).

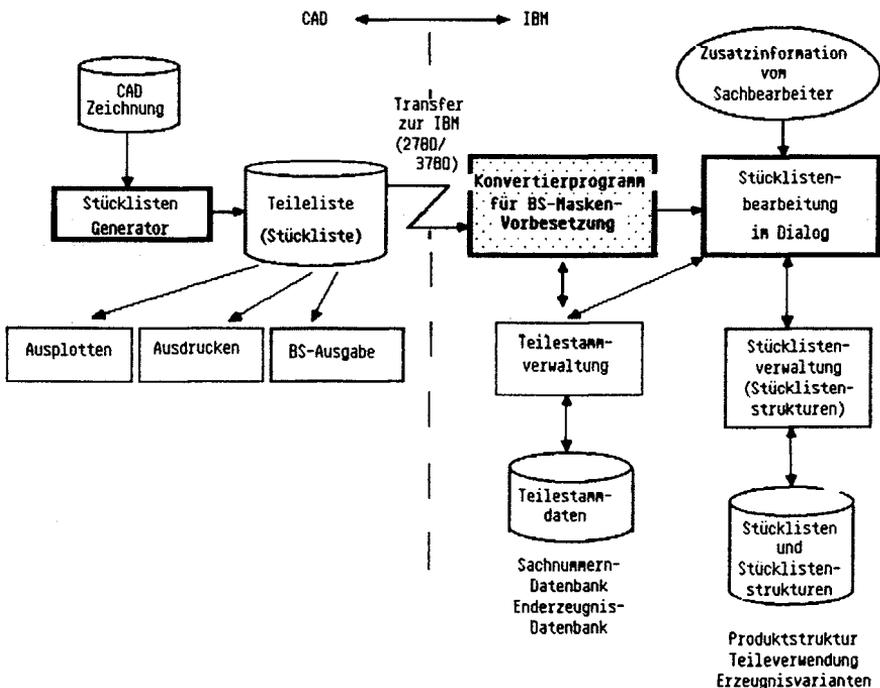


Bild 2: Kopplung zwischen CAD und Stücklistenwesen mittels Dateitransfer

Für die Auswertung von Zusammenbauzeichnungen mit dem Ziel, eine Stücklistenstruktur zu extrahieren und in das Stücklistensystem einzubinden, bieten heutige CAD-Systeme einen noch relativ geringen Komfort an. Der CAD-Stücklistengenerator erstellt meist nur eine einfache Mengenübersichtsstückliste. Die Verzeigerung zur PPS-Stücklistenstruktur erfolgt somit meist nur über den Zeiger der Artikelnummer und muß über die im PPS-System festgeschriebene logische Stücklistenstruktur (Struktur- oder Baukastenstückliste) nachträglich noch verarbeitet werden.

### PPS und Fertigungsplanung/Fertigung:

Mit dem PPS-System selbst werden dispositive Aufgaben der Fertigungssteuerung mit Bedarfsplanung, Kapazitätsterminierung, Auftragsverfolgung und dergleichen abgewickelt. Die Fertigungsplanung plant anhand der Fertigungsunterlagen wie Stücklisten und Zeichnungen die Arbeitsgänge, Zeitvorgaben, die Maschinenkapazitäts- und Betriebsmittelbedarfe. Zur Arbeitsplanerstellung und zur Arbeitsplanverwaltung gibt es aus den heute verfügbaren CAD-Systemen kaum direkte Schnittstellen. Wenn solche Schnittstellen zur Übernahme von Werkstückgeometrie vorhanden sind, sind zwei Arten zu unterscheiden:

- o Übertragung der Daten über genormte Datenschnittstellen wie IGES (Initial Graphics Exchange Specification). Nachteil solcher Verbindungen ist der geringe Automatisierungsgrad.
- o Übertragung der Daten mittels eines speziellen Kopplungsprogramms. Diese Lösung muß auf beide zu verbindende Systeme abgestimmt sein.

### 3. Datenkommunikation zwischen DV-Applikationen

Heute im Einsatz befindliche DV-Systeme oder computerunterstützte Verfahren sind meist als Insellösungen entstanden. Sie eignen sich in der Regel schlecht oder gar nicht zur effizienten Integration. Vereinzelt maschinelle Datenübertragungen zwischen DV-

Systemen (Punkt-zu-Punkt-Verbindungen) bieten zwar gewisse Abhilfen, stellen aber bei weitem nicht das Optimum dar, insbesondere nicht bezüglich Effizienz und Zukunftssicherheit.

Der computerunterstützte Produktionsprozeß der Zukunft besteht aus modularen und verknüpfungsfähigen Teilsystemen. Sie werden von dezentralen Rechnern gesteuert und sind über Hochgeschwindigkeitsnetze untereinander und mit einem zentralen Verwaltungsrechner gekoppelt. Für die Realisierung eines CIM-Konzepts können in den heutigen Unternehmen mehrere Stufen der physikalischen Datenkommunikation unterschieden werden:

#### Heute noch weit verbreitete Ausgangssituation:

Die Fertigungsunterlagen werden manuell erstellt. Bei rechnerunterstützten Teilprozessen werden die Daten von Handerfassungsbelegen meist an zentraler Stelle in die DV-Anlage eingegeben. Teilweise können die Daten mit Hilfe von Datenzwischenträgern (Lochstreifen, Diskette usw.) in maschinenlesbarer Form weitergereicht werden. Beispiele:

- o Stücklistendaten werden in Erfassungsformular eingetragen und in der Normenstelle oder in der DV-Abteilung erfaßt.
- o Teilezeichnungen werden manuell erstellt und vom NC-Programmierer in ein NC-Teileprogramm umgewandelt. Die Steuerdaten werden per Lochstreifen an die Maschine übergeben.

#### Integration mit Datenzwischenträgern:

Die Fertigungsdaten werden in den einzelnen Abteilungen bereits rechnerunterstützt erstellt (z.B. CAD-Zeichnungen, Stücklisten, NC-Programme usw.). Die Übergabe zwischen den einzelnen DV-Anwendungen erfolgt off-line mit Hilfe von Datenzwischenträgern, wie Magnetbänder oder Disketten. Auch Lochstreifen sind gebräuchliche Datenzwischenträger.

Die Datenformate müssen in der Regel durch Konvertierprogramme umgewandelt werden. Die physikalische Austauschbarkeit von Daten-zwischenträgern ist nicht zwangsläufig gegeben. Beispiele:

- o Die Koordinaten von Bohrungen werden aus dem CAD-System in Form einer Koordinatentabelle auf Diskette ausgegeben. Die Diskette spielt der NC-Programmierer in seinen NC-Programmierplatz ein, um sie für ein entsprechendes NC-Stanzprogramm zu übernehmen.
- o Das NC-Programm wird nach dem Postprozessorlauf als Lochstreifen ausgestanzt und an der NC-Maschine wieder eingelesen.

#### On-line Integration mit Punkt-zu-Punkt Verbindung:

Die einzelnen Anwendungssysteme sind per Datenleitung und entsprechender Emulationssoftware on-line miteinander verbunden. Jeder unterschiedliche Rechnertyp hat seine eigenen Schnittstellenkonventionen, die zu berücksichtigen sind. Häufig richten sich kleinere Systeme nach den Industriestandards der Marktführer (z.B. IBM oder DEC). Die Daten können per Leitung ohne Daten-zwischenträger von einem Rechnersystem zum anderen übertragen werden. Sie müssen aber in Format und Inhalt konvertiert werden.

Zwischen IBM und den meisten Nicht-IBM Rechnern ist eine Umwandlung der binären Zeichendarstellung erforderlich (IBM = EBCDI-Code; DEC, PRIME und andere = ASCII-Code). Diese Umwandlung und Simulation des Übertragungsprotokolls des Zielrechners übernehmen sogenannte Emulatoren. Oft kommunizieren zwei Systeme über eine Kommunikationsschnittstelle eines Drittsystems, das sich zum Beispiel als Industriestandard behauptet. Derartige Industriestandards sind unter anderem:

- IBM 3270 Dialogschnittstelle (Bildschirmbetrieb)
- IBM 2780/3780 Stapelschnittstelle (Dateitransfer)
- DEC VT100 Dialogschnittstelle

#### Beispiele:

- o Die Bohrungskordinaten werden aus der CAD-Zeichnung im DEC-System selektiert und als Datei per Leitung (Hardware) und per IBM 2780/3780 Übertragungsprotokoll (Software) an den NC-Programmierplatz (IBM 3279 mit APL-APT NC System) überspielt.

- o Der technische Rechner (z.B. DEC oder PRIME) emuliert ein IBM 3270 Terminal, so daß der Benutzer an seinem Terminal Stücklistendaten, die auf IBM z.B. unter COPICS verwaltet werden, im Dialog aufrufen, ändern und wieder zurückspeichern kann.

#### Integration mit lokalem Netzwerk:

Alle Anwendungssysteme sind an einem einheitlichen, hausinternen Netzwerk angeschlossen. Voraussetzung ist, daß alle Geräte eine Kommunikationsschnittstelle zu diesem Netzwerk besitzen.

Der on-line Datenaustausch im lokalen Netzwerk zwischen den einzelnen Rechnerknoten erfolgt nach festen Regeln, den sogenannten Protokollen. Ein Protokoll enthält unter anderem die Festlegungen des Übertragungscode, des Datenformats, der Erkennung und Korrektur von Übertragungsfehlern. Beispiel:

In einem Unternehmen laufen alle technischen Anwendungen (CAD, NC, Berechnungen, Roboterprogrammierung usw.) auf DEC Rechnern. Die Rechner sind über DECNET als lokalem Netzwerk miteinander verbunden und können Daten im Dialog und im Stapelbetrieb austauschen.

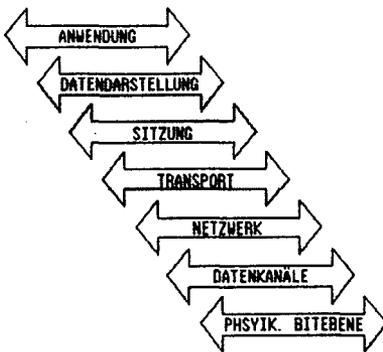
#### 4. Lokale Netzwerke

Lokale Netzwerke führen zukünftig im Unternehmen bei CIM Konzepten eine Schlüsselrolle. Die bisherige Netzwerk-Technik ist von herstellerepezifischen Lösungen gekennzeichnet, die unflexibel beim Anschluß artfremder Hardware-Komponenten sind. Die Anpassung ist oft nicht möglich, oder es ist zumindest der Anpassungsaufwand sehr hoch.

Die Kopplung von Rechnern ist unproblematisch, sofern es sich um Rechner der gleichen Familie und des gleichen Herstellers handelt. Der Trend zur dezentralen Datenverarbeitung im Unternehmen verstärkt jedoch den Zwang der Vernetzung von Rechnern und Steuerungen sowohl gleicher als auch unterschiedlicher Hersteller.

Ein Ansatz zur Vereinheitlichung von Netzwerkprotokollen ist der ISO Vorschlag (International Organization of Standardization) OSI (Open System Interconnect). OSI ist ein siebenstufiges Schichtenmodell (Bild 3):

- Physikalische Schicht für Bitübertragung;
- Datenverbindungsschicht mit strukturierten Bitströmen;
- Netzwerkschicht mit logischen Daten- und Verbindungskanälen;
- Transportschicht mit der Verwaltung der logischen Verbindungskanäle;
- Sitzungsschicht mit Kontrolle des Dialogverkehrs;
- Datendarstellungsschicht mit Formatumsetzung und Datenkomprimierung;
- Anwendungsschicht mit der eigentlichen Anwendung.



Protokollebenen  
des ISO Schichtenmodells  
bzw. des OSI-Entwurfs

Bild 3: Protokollebenen zur Standardisierung des Datenaustauschs zwischen Rechnersystemen

Die Integration innerhalb eines Unternehmens basiert im allgemeinen auf sogenannten lokalen Netzwerken (LAN = Local Area Network). Man unterscheidet verschiedene Netzstrukturen, wie vollvermaschtes Netz, Ring, Stern, Bus (Bild 4):

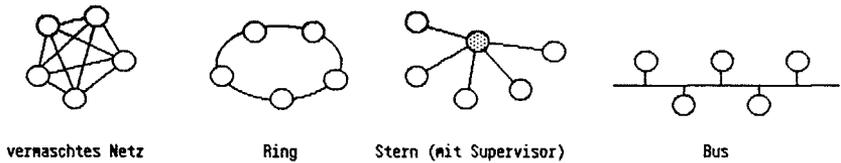


Bild 4: Architekturen von Rechnernetzen

Bus- und Ringstrukturen werden sich in Zukunft durchsetzen. Ein Ring arbeitet eindirektional. Die sogenannten Token-Protokolle (Token Passing) sind hier führend. Ob eine Station senden darf oder nicht, hängt davon ab, ob es ihr gelungen ist, ein bestimmtes Zeichen, das Token, zu akquirieren. Busarchitekturen sind am weitesten verbreitet. Auch Busse lassen sich über Token-Protokolle verwalten. Derzeit herrschen aber Protokolle nach dem CSMA Verfahren vor (Carrier Sense Multiple Access). Eine weite Verbreitung hat in diesem Zusammenhang ETHERNET gefunden. Die Station sendet dann, wenn sie eine freie Leitung vorfindet. Es ist möglich, daß zur gleichen Zeit eine andere Station ebenfalls sendet. Es kommt zur Kollision. Der Sendevorgang muß wiederholt werden.

Dem Anwender muß angesichts dieser vielfältigen technischen Möglichkeiten an einem hohen Grad an Standardisierung von Netzwerkschnittstellen gelegen sein. Es gibt derzeit noch keine universellen Standardisierungsvorschläge für lokale Netzwerke. MAP (Manufacture Automation Protocol) ist ein erster Versuch, der auf eine Initiative von General Motors zurückgeht. MAP ermöglicht die Datenkommunikation zwischen Rechnern und Steuerungen unterschiedlicher Hersteller. Das MAP-Konzept lehnt sich eng an den von ISO vorgeschlagenen OSI-Standard an. Basis von MAP ist Token Passing.

## 5. Softwaretechnische Integration

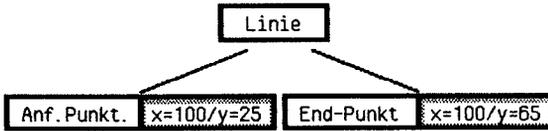
Zur hardwaretechnischen Integration gehört zwangsläufig immer eine softwaretechnische Komponente. Auf der Systemebene wird die on-line Übertragung zwischen zwei Rechnern durch die oben bereits mehrfach erwähnten Emulationsprogramme und Netzprotokolle kontrolliert. Bei der datentechnischen Kopplung sind mehrere Stufen zu unterscheiden:

### Austausch über einfach formatierte Dateien:

Formatierte Dateien werden von einem Anwendungsprogramm A in einer festen Satzstruktur, vergleichbar mit einer Tabelle, beschrieben. Ein Anwendungsprogramm B liest diese formatierte Datei und verarbeitet intern die eingelesenen Daten weiter. Das Beschreibungsformat der Datei muß beiden Programmen bekannt sein. Diese Form der softwaretechnischen Datenkommunikation ist relativ einfach, bietet wenig Komfort, kann aber einen hohen Automatisierungsgrad erreichen. Sie ist immer nur auf A und B bezogen. Eine Änderung der Satzstruktur in A hat zwangsläufig eine Programmänderung in B zur Folge. Das Prinzip der modularen Austauschbarkeit von A und B ist hier verletzt. Je mehr Programme auf diese Art gekoppelt werden, um so schwieriger ist die Veränderung einer Komponente. Sie zieht immer Anpassungen in anderen Programmen nach sich.

### Austausch über höhere Datenstrukturen:

Der Austausch von Daten zwischen unterschiedlichen Anwendungsprogrammen, die mit höheren Datenstrukturen (= Zusammenfassung von logischen Elementen, Zeigern und Benutzerdaten) arbeiten, muß mit Hilfe eines Konvertierprogrammes "A-nach-B" erfolgen. Dieses Übersetzungsprogramm wandelt die Datenstruktur A in die Datenstruktur B um. Die Informationsinhalte bleiben zunächst gleich. Zwei unterschiedliche Datenstrukturen für eine Linie sind in Bild 5 dargestellt.

**Struktur A****Struktur B**

Erläuterung:



**Bild 5:** Unterschiedliche Datenstrukturen A und B für eine Linie

Durch zusätzliche Informationen vom Benutzer oder von Tabellen in weiteren Dateien kann das Konvertierprogramm "A-nach-B" auch die Informationsinhalte der Datenstruktur B erweitern. Diese Form der softwaretechnischen Datenkommunikation zur Verkettung von Insel-lösungen nimmt stark zu.

Derzeit ist die Erstellung solcher Konvertierprogramme im allge-meinen aber noch Angelegenheit der jeweiligen Anwender.

In einigen Fällen bieten Softwareentwickler eigene Konvertierpro-gramme als spezielle Schnittstellen zu bestimmten, meist verbrei-teten Zielsystemen an.

Beispiel:

Es gibt zwischen dem CAD-System DETAIL-2, mit dem Rotationsteile konstruiert werden können, eine speziell entwickelte Schnittstel-le zum allgemein verwendbaren CAD-System MEDUSA. Dieser Baustein heißt DETMED. Er ist nicht für andere CAD-Systeme verwendbar. Er wandelt die DETAIL-2 Geometrie um in MEDUSA Geometrie.

Komplexe Datenstrukturen treten gerade bei grafischen Anwendungssystemen wie CAD in Erscheinung. Für die Konvertierung müssen Umwandlungsvorschriften durch zusätzliche Dialogeingaben oder durch Tabellen angegeben werden (Bild 6).

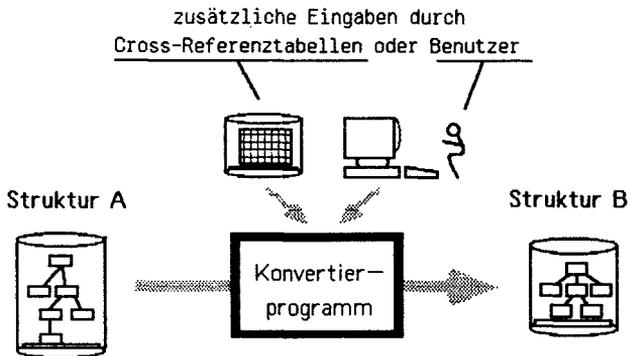


Bild 6: Umwandlung von Datenstruktur A nach B mit zusätzlichen Ergänzungen durch Tabellen und/oder Benutzereingaben

Weitere Arten von Konvertierprogrammen sind zum Beispiel:

NC-Postprozessorprogramme. NC-Postprozessoren konvertieren das neutrale DIN/ISO CLDATA Format, das aus dem NC-Prozessorsystem wie z.B. EXAPT kommt, in Maschinen-Steuerdaten um.

Der Postprozessor wiederum übersetzt das CLDATA anhand von Konvertiertabellen in maschinenspezifische Steuerdaten. Aus den Verfahrenswisungen (Werkzeugwege und Vorschubangaben) kann der Postprozessor die Hauptzeiten berechnen. Der Postprozessor kann gleichzeitig zur Konvertierung anhand von Dateien, in denen Erfahrungswerte mit durchschnittlichen Zeiten für Werkzeug- und Werkstückwechsel enthalten sind, eine Kalkulation für Vorgabezeiten durchführen.

### Austausch über Datenbanksysteme:

Eine bereits sehr hoch integrierte Form der Datenkommunikation ist der Austausch von Daten zwischen Programmen mit eigenen Datenstrukturen über ein zentrales Datenbanksystem. Jedes Anwendungsprogrammsystem ist autonom und verwaltet den überwiegenden Teil seiner Daten in seiner eigenen Datenstruktur. Schlüsseldaten mit zentraler Bedeutung und vor allem die Beschreibung von Zugriffspfaden auf Daten von zentralem Interesse (wo steht was?) werden in der übergeordneten Datenbank verwaltet. Es ist unvermeidbar, Daten doppelt zu verwalten. Der Abgleich der Daten und der Änderungsdienst wird aber vom übergeordneten Datenbanksystem kontrolliert bzw. ausgeführt.

Diese Form der Integration wird die in den nächsten Jahren anzustrebende sein. Sie gestattet es, vorhandene Anwendungssysteme in hohem Maße zu integrieren. Nachteilig ist die Datenredundanz (die aber bei den heutigen, nicht integrierten manuellen wie maschinellen Systemen noch wesentlich größer ist). Nachteilig ist auch, daß die Verfügbarkeiten solcher Datenbanksysteme starke Hardware-restriktionen mit sich bringen.

Es gibt relativ wenige Datenbanksysteme, die sowohl auf kommerziellen Rechenanlagen wie IBM und gleichzeitig auf technischen Rechenanlagen wie DEC oder PRIME installiert werden können. Sofern ein Datenbanksystem diese Bedingung erfüllt, kommt eine zweite Hürde: Für jede Rechenanlage, auf der der Anwender das Datenbanksystem betreibt, wird eine Lizenzgebühr fällig. Die dritte, meist größte Hürde liegt darin, daß das Unternehmen gezwungen wird, vor der Realisierung dieser hohen Integrationsstufe seine Datenströme und die Dateninhalte aufeinander abzustimmen und zu synchronisieren. Wobei dieser letzte Zwang durchaus positive Aspekte hat, aber auch mit zum Teil immens hohen Kosten verbunden ist.

Eine Voruntersuchung zur Ermittlung von Aufwand und Kosten in einem Unternehmen, das Antriebskomponenten fertigt, zur Bereinigung, Vereinheitlichung und Systematisierung von Datenbeständen, die in der Auftragsabwicklung bewegt werden, ergab einen Aufwand

von schätzungsweise fünf Mannjahren für die konzeptionelle Phase, von schätzungsweise vier Mannjahren für die Phase der Softwareanpassung und von schätzungsweise eineinhalb Mannjahren für die erneute Datenerfassung und Kontrolle. Insgesamt also zehneinhalb Mannjahre oder ca. eine Million DM über einen Zeitraum von zwei bis drei Jahren. Hinzu kommen Kosten für Datenbanksoftware, Rechnererweiterung und externe Unterstützung. Das Gesamtprojekt hätte sich auf etwa zwei Millionen DM erstreckt. Unsicherheitsfaktor mindestens 50 %. Nicht bewertet sind Folgefehlerkosten, die z.B. wegen der Umstellung in der Fertigung entstehen. Nutzen und Synergieeffekte waren kaum bewertbar. Sie beliefen sich nach der Realisierung auf schätzungsweise 80.000 bis 120.000 DM pro Jahr. Das Projekt wurde zurückgestellt.

#### Integration über zentrale Datenbank:

Die höchste Integrationsstufe ist eine zentrale Datenbank, auf der sämtliche Applikationen im Unternehmen aufsetzen. Dies dürfte solange eine Illusion bleiben, wie es an einheitlichen Datenbankstandards, Schnittstellenstandards und datenbankorientierter Applikationssoftware mangelt.

Selbst wenn zu erwarten wäre, daß im kommenden Jahrzehnt mit solchen Lösungen zu rechnen ist, könnte nach heutigen Vorstellungen die Umstellung in den Unternehmen auf erhebliche Kosten stoßen. Die Abhängigkeit der Unternehmen von der heute eingesetzten Software wird sich in den nächsten Jahren noch weiter verstärken. Ohne genormte Schnittstellen können Datenbestände und logische Informationsabläufe nur mit hohem Aufwand an neue Hard- und Softwarestrukturen angepaßt werden.

Zukünftig wird für eine integrierte, funktionsorientierte und gleichzeitig Redundanz minimierende Datenhaltung eher eine Mischform aus zentraler Datenbank und aus integrierten dezentralen Datenverwaltungssystemen vorherrschen. Dezentrale Systeme bieten dem Anwender größtmöglichen Entscheidungsspielraum, weil sie überschaubar sind und sich leicht in den permanent vollziehenden Wandel einbeziehen lassen, so daß auch eine absehbare Zukunftssicherheit gegeben ist.

Durch die übergeordnete Datenbank muß aber nicht nur der Datenfluß koordiniert werden können, sondern auch die Ablaufsteuerung

kann durch das Datenverwaltungssystem übernommen werden. Hierzu sind ein entsprechend leistungsfähiges Abfragesystem und eine übergeordnete Ablaufsteuerung erforderlich. Die Forderungen, die an eine solche übergeordnete Datenverwaltung und Ablaufsteuerung zu stellen sind, lauten unter anderem wie folgt:

- o Vom Arbeitsplatz im technischen Büro (Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Normenbüro, Disposition usw.) müssen zukünftig sowohl alphanumerische als auch grafische Daten abgerufen werden können.
- o Wegen der Dialogverarbeitung müssen kürzeste Antwortzeiten (im Mittel zwischen einer bis zwei Sekunden) realisiert werden können.
- o Die gespeicherten Daten müssen durch entsprechende Algorithmen je nach Benutzersicht verdichtet werden können, um so die Datenflut zu reduzieren. Das schließt sowohl umfangreiche Auswerteprogramme als auch die Möglichkeit der beliebigen Sortierung und Boole'schen Verknüpfung von Daten (mengentheoretische Verknüpfung) ein.

Um diese Forderungen zu erfüllen, müssen leistungsfähige Hardwaresysteme und schnelle Übertragungsnetze zur Verfügung stehen. Nach Stand der heutigen Technik liegen die Schwachstellen überwiegend

- in der zu hohen Auslastung der Zentraleinheit von Rechnern,
- in den immer noch zu geringen Übertragungsraten in Netzwerken sowie
- in den relativ langen Antwortzeiten der relationalen Datenbanksysteme.

### III. Schnittstellen in CAD/CAM-Systemen

#### 1. Integration über Schnittstellenstandards

Integration bedeutet, die tatsächlichen Informationen und Datenströme des direkten und indirekten Auftragsdurchlaufs im Unternehmen im Computer modellhaft nachzubilden. Realisierbar ist das Ganze nur mit der Definition sogenannter Schnittstellen. Es ist zwischen Geräteschnittstellen der Hardware und zwischen Programm- oder Datenschnittstellen der Software zu unterscheiden.

Für die Kopplung von Geräten (beispielsweise Bildschirme, Plotter, Drucker usw.) an einen Rechner sind auf das jeweilige Fabrikat abgestimmte Gerätetreiber, bestehend aus Hardware und Software, erforderlich. Gerätetreiber sind Hard- und Softwarekomponenten, die Programmfunktionen in Steuerbefehle der Gerätehardware umsetzen. In der Regel liefert der Gerätehersteller, Rechnerhersteller oder zuweilen auch der Softwareanbieter die erforderlichen Treiber.

#### 2. GKS - Grafisches Kernsystem

Um dem Schnittstellenproblem bei grafischen Geräten zu begegnen, entwickelt man seit einigen Jahren den DIN-Standard GKS (Grafisches Kern-System). GKS ist sowohl nationale Norm (DIN 66252) als auch internationale Norm (ISO/DIN 7942) für die Festlegung von grafischen Grundfunktionen für 2D-Vektor- und Rastergrafik.

Die Definition der Kernsystem-Funktionen ist unabhängig von speziellen Programmiersprachen oder von bestimmten Gerätearten. Mittels einer gerätespezifischen Treibersoftware werden die GKS-Informationen in Gerätedaten umgewandelt. Wenn bestimmte Funktionen an einem konkreten Arbeitsplatz nicht vorhanden sind, müssen sie seitens GKS durch Simulation abgedeckt werden.

Zur Speicherung der grafischen Informationen enthält das GKS eine Bilddatei, das sogenannte "GKS-Metafile" (Bild 7).

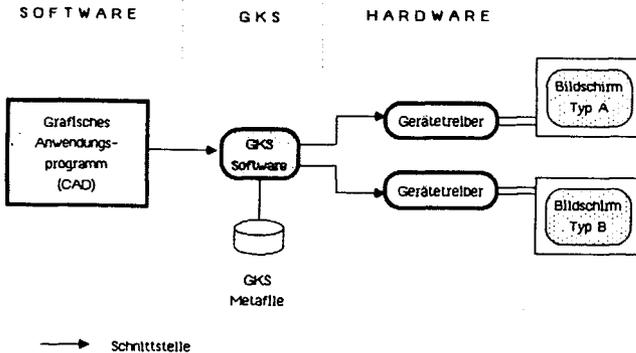


Bild 7: GKS Schnittstellenkonzept

### 3. IGES - Kopplung von CAD/CAP/CAM-Systemen

Die allgemeine Lösung des Modellaustauschs als Kopplung zwischen CAD/CAD-, CAD/CAP- und CAD/CAM-Software wird derzeit mit dem ANSI-Standard (American National Standardization Institute) IGES angestrebt. IGES (Initial Graphics Exchange Specification) enthält ein eigenes vereinfachtes, übergeordnetes Datenformat, dessen grafische und nichtgrafische Daten von einem IGES-Postprozessorprogramm aus der Modelldatenstruktur des einen CAD-Systems erzeugt und mit einem IGES-Preprozessorprogramm in die Datenstruktur des anderen CAD-Systems zurückgewandelt werden (Bild 8). Bei der Konvertierung entsteht eine IGES-eigene Datenstruktur. Die IGES-Norm legt für diese Umwandlung eine Menge von Elementen und deren Darstellungsformen im IGES-Dateiformat fest. Diese Datei ist sequentiell mit fester Satzlänge von 80 Zeichen im ASCII-Format aufgebaut.

Der derzeitige Stand der IGES-Definition kennt drei Elementklassen, die im IGES-Modell enthalten sein können:

- Geometrielemente wie Punkte, Linie, Kreis, Kreisbogen, Splinekurve, Ebene, Regelfläche, Splinefläche;
- Symbolische Elemente wie Bemaßung, Text, Schraffur, Linienart;
- Strukturelle Elemente wie Geometrieassoziation, Attribut, Gruppe, Textart, Transformationsmatrix.

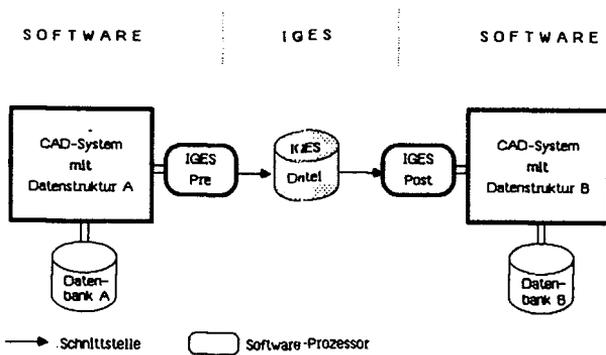


Bild 8: IGES Schnittstellenkonzept

Theoretisch kann jedes CAD/CAP/CAM-System seine Datenobjekte (Linien, Kreise usw.) auf IGES abbilden und umgekehrt, sofern es über einen speziell für dieses System geschriebenen IGES Pre- und Postprozessor verfügt. Über das IGES-Zwischenformat tauschen CAD- und/oder CAP/CAM-Systeme untereinander Daten aus. Wenn allerdings ein System über Objekte verfügt, die in der IGES-Datenstruktur nicht bekannt sind (z.B. Volumenelemente wie Zylinder, Kugel oder Flächen höherer Ordnung), ist das Konvertieren nicht oder nur über Ersatzelemente möglich.

International arbeiten die amerikanischen Standardisierungsinstitutionen wie NBS (National Bureau of Standards) und ANSI, europäische Institutionen wie DIN/ISO und namhafte Industriefirmen forciert an der Weiterentwicklung des IGES-Standards.

Übergeordnete Verbände wie VDMA/FKM, VDI, GI, CEFE, VDA, FVA usw. kümmern sich mit sehr unterschiedlichem Engagement inzwischen um Hirsch-Kreinsen/Schultz-Wild (1986): Rechnerintegrierte Produktion.  
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssao-68134>

die Formulierung von Pflichtenheften für Schnittstellen. Zum Teil haben Verbände auch bereits eigene Schnittstellen realisiert und bei ihren Mitgliedsfirmen installiert (z.B. VDA Flächenschnittstelle). Am stärksten fallen derzeit die Bemühungen um IGES und GKS auf.

Eine mehr oder weniger beispielhafte Verständigung auf gemeinsame Schnittstellen gibt es:

- o in der europäischen Luftfahrtindustrie (Airbus-Industries) mit Einigung bzw. Vorschrift auf den gemeinsamen Einsatz von CADAM als CAD-System und Austauschbarkeit der alphanumerischen Produktdaten auf IBM-Systemen;
- o in der deutschen Automobilindustrie (VDA) mit Definition einer eigenen Flächenschnittstelle (VDA/FS) zur Übergabe von CAD-Daten innerhalb bzw. auch nach außerhalb zu den Unterlieferanten des jeweiligen Automobilherstellers;
- o bei DIN, das zur Zeit Magnetbanddateien mit den DIN-Normen zusammenstellt. Der DIN-Ausschuß arbeitet an Standards zur Übergabe von DIN-Normen an die verschiedenen CAD-Systeme. Diese Bänder können künftig wie die DIN-Blätter bezogen und in das jeweilige System eingespielt werden.
- o BOEING, Seattle, als einer der größten CAD/CAM-Anwender der Welt arbeitet fast ausschließlich nur mit Firmen zusammen, die IGES-Informationen verarbeiten können.
- o GENERAL MOTORS droht jedem Hard- und Softwareanbieter mit Auftragsstop, der nicht willens ist, sich am MAP Standard zu beteiligen.
- o Hersteller von Normalien und Zukaufteilen gehen vereinzelt heute bereits dazu über, ihren Produktkatalog auch als sogenannte Makro- oder Symbolbibliothek anzubieten.

#### IV. Integrationslinie CAD-NC

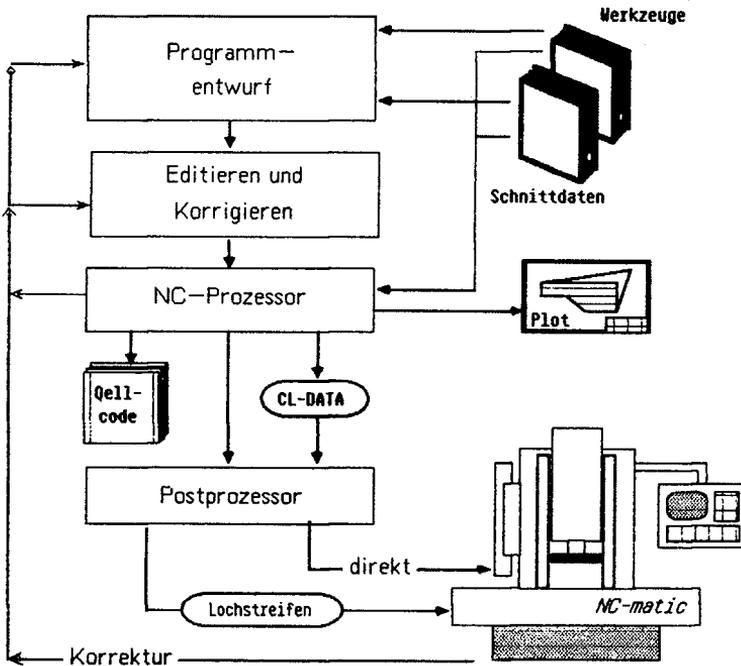
Ein bereits relativ weitgehender integraler Ansatz ist zur Zeit nur bei CAD- und NC/DNC erkennbar. Begründet ist dieses Faktum wohl darin, daß zwischen NC und CAD wegen der Bauteilgeometrie der höchste Überdeckungsgrad gemeinsamer Datenmengen vorliegt.

Eine optimale Anbindung der Anwendungssysteme CAD und NC besteht darin, daß das eine Anwendungspaket auf den Funktionsvorrat des anderen Anwendungspakets zugreifen kann. Dadurch wird dem Benutzer während der interaktiven Bearbeitung am Bildschirm die Möglichkeit gegeben, frei von einem System zum anderen zu wechseln.

Sobald die jeweiligen Anwendungspakete von unterschiedlichen Entwicklern kommen, ist eine solche Integration in der Regel nur sehr schwer nachträglich realisierbar. Konsequenz daraus ist, daß der Benutzer zwar relativ einfach zwischen den Funktionsvorräten der jeweiligen Systeme hin und her springen kann. Eine redundante Datenhaltung, d.h. Mehrfachabspeicherung von Daten mit gleichem Aussagegehalt, läßt sich dabei in der Regel jedoch kaum umgehen. Das hat Konsequenzen beim Änderungsdienst und bei der Verwaltung.

Der prinzipielle Ablauf der NC-Programmierung ist in Bild 9 dargestellt. Bei der Kopplung der NC-Teilprogrammierung an ein CAD-System sind drei Methoden zu unterscheiden:

- o Ausgabe der Bauteilgeometrie in einer NC-Sprachform (z.B. APT). Bei dieser Methode liefert das CAD-System eine Datei, in der die Bauteilgeometrie in der gewünschten NC-Sprachform aufgelistet ist. Der NC-Teilprogrammierer muß dann diese Datei mit dem Editor des NC-Systems bearbeiten und das lauffähige NC-Programm erstellen.
- o Kopplung mit Hilfe der IGES-Schnittstelle. Die Kopplung eines separaten NC-Programmiersystems (z.B. EXAPT) kann über Daten- und Modellaustausch auf der Basis von IGES erfolgen. Die NC-re-



**Bild 9:** Prinzipieller Ablauf der NC-Programmierung

levante Geometrie wird aus dem CAD-System mit einem IGES-Postprozessor in eine IGES-Datei überspielt.

- o Im CAD-System integrierte NC-Programmierung. Bei der integrierten NC-Programmierung entfällt die Geometrietransformation aus der Zeichnung in eine NC-gerechte Geometriebeschreibung. Von der gespeicherten Bauteilgeometrie ausgehend, beschreibt der NC-Programmierer am CAD-Arbeitsplatz im interaktiven grafischen Dialog die Werkzeugverfahrwege. Ergebnis ist ein NC-Programm im Quell- oder CLDATA-Code.

Der Entwicklungstrend in der NC-Programmierung geht heute eindeutig in die NC-Programmierung im grafisch-interaktiven Dialog. Für die grafisch unterstützte NC-Programmierung, die darüber hinaus

noch an ein CAD-System gekoppelt ist, sind folgende Gesichtspunkte von Bedeutung:

- o Der NC-Programmierer arbeitet am gleichen grafischen Arbeitsplatz wie der Konstrukteur. Er benutzt den gleichen Befehlsvorrat und hat die gleichen grafischen Arbeitsmöglichkeiten.
- o Die NC-Geometrie ist an die Bauteilgeometrie gekoppelt. Werkzeugverfahrwege und Bauteilgeometrie sind zueinander verzeigert. Bei Konstruktionsänderungen ändern sich die Verfahrwege mit.

Die Werkzeugdaten, wie beispielsweise Werkzeugname/-nummer, Werkzeugtyp, Schaftlänge, Schaftdurchmesser, Schneidenradius, allgemeine Bemerkungen, werden in Werkzeugkatalogen im CAD/NC-System abgespeichert. Der NC-Programmierer braucht das passende Werkzeug nur noch über den Namen anzusprechen. Bei der Generierung der Werkzeugwegdaten werden die Werkzeugparameter berücksichtigt.

Bevor die Situation der Kopplung CAD-NC geschildert wird, soll auf die unterschiedlichen Möglichkeiten der NC-Programmierung im Betrieb hingewiesen werden (Bild 10). Es gibt die manuelle und die maschinelle NC-Programmierung.

Bei der manuellen Programmierung benutzt der Programmierer ein Codiergerät (Lochstreifen-Stanzer mit Tastatur), um das Programm in Maschinensprache einzutippen und als Lochstreifen auszugeben. Eine andere Form der manuellen Programmierung ist die Werkstattprogrammierung. Der NC-Maschinenbediener gibt das Programm mittels Menü und geführttem Dialog über Bildschirm direkt an der Steuerung der Maschine ein.

Die maschinelle Programmierung benutzt höhere Programmiersprachen (z.B. APT und APT-Dialekte), die über einen Editor eingegeben werden. Das NC-Programm wird danach in ein maschinenneutrales Zwischenformat (CLDATA) oder direkt in Maschinendaten umgewandelt.

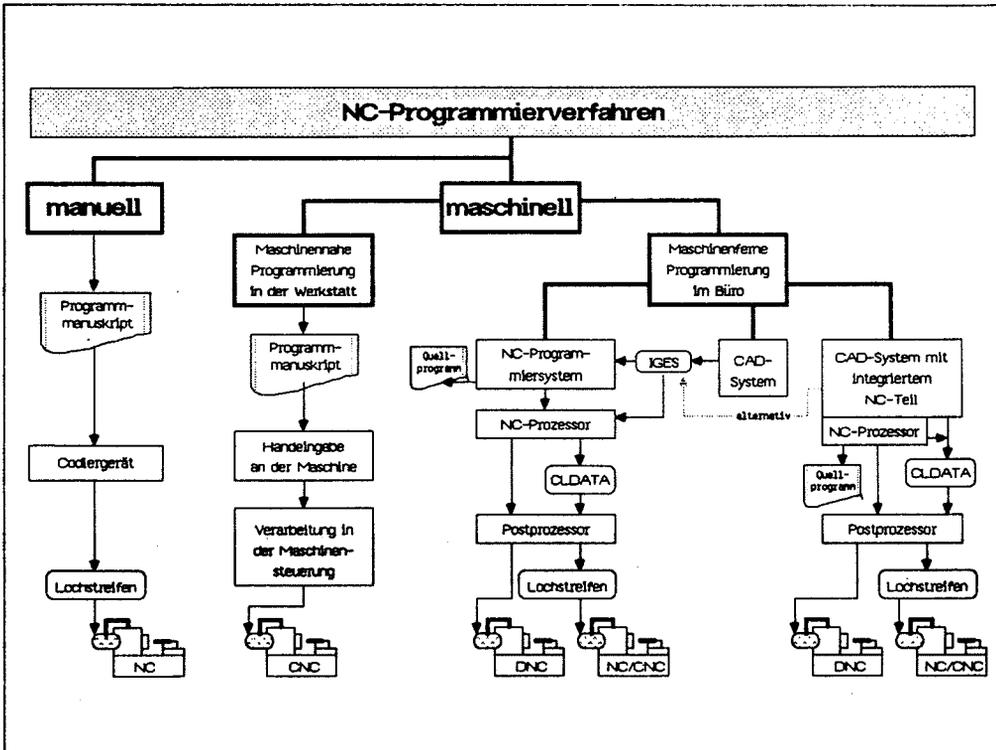


Bild 10: NC-Programmierverfahren

Die neuere Form der maschinellen Programmierung setzt grafische Editoren ein. Die komfortabelste Form eines grafischen Editors ist ein CAD-System. Die Situation der Kopplung der NC-Programmierung an ein CAD-System stellt sich in der Praxis heute wie folgt dar.

### Keine Kopplung CAD-NC:

Viele Firmen verzichten im Moment noch auf eine direkte Kopplung zwischen dem CAD- und dem NC-System. Die Begründung liegt zum Teil darin, daß manuelle Programmierung oder Werkstatt-Programmierung an der CNC-Maschine vorherrschen.

Bei einfachen Konturen der Bauteile wird häufig die Meinung vertreten, daß man auf eine Kopplung CAD-NC verzichtet, weil nicht unbedingt ein Zeitvorteil in der Integration zwischen CAD und NC zu sehen ist. Der NC-Programmierer hat die Teilegeometrie mindestens genauso schnell programmiert, wie der Vorgang der Geometrieübernahme und Anpassung dauert. Das ist jedoch keine Frage der prinzipiellen Vorgehensweise (bei einem CIM-Konzept muß eine Datenkopplung in Zukunft vorgesehen werden), sondern es ist vielmehr auf die Leistungsdefizite der Anwendungssysteme (CAD-NC) selbst und auf die mangelnden Hard- und Softwareschnittstellen zurückzuführen.

### Einfache Datenkopplung CAD-NC:

In den meisten Anwendungsfällen der CAD-NC-Kopplung findet man einfache Datenkopplungen vor. Die Geometrie wird als Datei in das NC-Programmiersystem überführt, wobei gleichzeitig die geometrische Darstellung in die normalerweise APT-orientierte Darstellungsform umgewandelt wird. Zu dieser APT-Geometrie editiert der NC-Programmierer den Bearbeitungsablauf und die verfahrenstechnischen Daten wie Werkzeugvorschub, Drehzahlen, Maschinenhilfsfunktionen und dergleichen.

### Komfortablere Dateikopplung über IGES:

Eine komfortablere Dateikopplung funktioniert heute bereits über einen Modellaustausch mit IGES. Voll integrierte NC-Module gibt es z.B. mit dem System NC Graphics bei Applicon, mit den NC-Modulen bei MC AUTO, Computervision, EUCLID usw.

Die Weiterentwicklung der Funktionalität und der Leistung von CNC-Steuerungen, deren Dialogfähigkeit zusammen mit der Verbilligung der Hardware zeigen zur Zeit einen zur CAD-Entwicklung gegenläufigen Entwicklungstrend. Die CNC-Steuerungen unterstützen die Werkstattprogrammierung bereits mit sehr hohem Benutzerkomfort.

Die Kopplung zwischen CAD-Systemen und frei programmierbaren CNC-Maschinensteuerungen mit dem Ziel, die Bauteilgeometrie an die Maschine weiterzureichen, scheitert heute weitgehend an fehlenden Schnittstellen.

Nach dem heutigen Stand der Technik würde darüber hinaus ein zusätzlicher Vorgang in der Arbeitsvorbereitung notwendig. Die Geometrie in der CAD-Zeichnung muß nämlich, je nach Bearbeitungsgang (ob Außenkontur drehen, Innenkontur drehen, Schleifen, Fräsen, Bohren usw.), vorsortiert werden. Dem CNC-Programmierer kann heute, wenn überhaupt, nur die jeweils für den NC-Bearbeitungsgang relevante Teilegeometrie an die Maschine überspielt werden.

#### V. Anforderungen und Hindernisse für CIM

Isolierte Automationslösungen sind aus der rapiden Verbreitung von dezentralen Computern, die für spezielle Aufgaben eingesetzt werden, entstanden. Die Integration dieser verteilten Computerleistung mit anderen, zentral installierten Maschinen zu einem Informationssystem, das das gesamte Unternehmen umspannt, wird durch insgesamt vier verschiedene Barrieren erschwert:

1. Organisatorische Strukturen im Unternehmen (Kompetenzgerangel);
2. Menschliches Verhalten, besonders der Widerstand gegenüber Veränderungen (Ausbildungssituation, Qualifikationsdefizit);
3. Elektronische Lücken im Kommunikationssystem (mangelnde Steckerkompatibilität);
4. Informationslücken im Kommunikationssystem (inkonsistente Daten).

Bild 11 stellt grob die oberste Organisationsschicht eines Unternehmens dar. Es ist allgemein üblich, daß die Datenverarbeitung durch eine Verwaltungsabteilung des Unternehmens koordiniert wird. Zu Beginn der Computerisierung der Arbeitswelt waren Computer schon ex definitione zentral installiert (d.h. sie waren einfach zu teuer, um im ganzen Unternehmen verteilt zu werden).

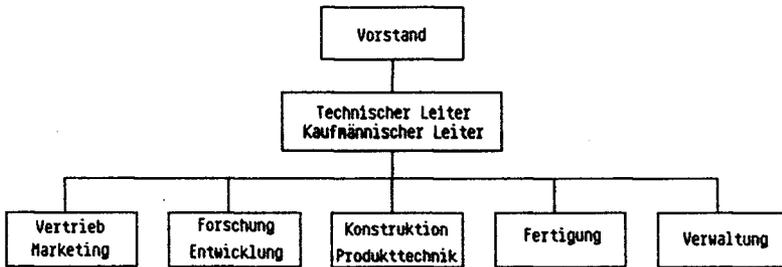


Bild 11: "Typische" Organisation eines Unternehmens

Um zu verstehen, was in einem Unternehmen vorgeht, sind mindestens drei Diagramme notwendig:

- ein Schaubild des Unternehmens (Organigramm),
- ein funktionales Diagramm und
- ein Finanzdiagramm.

Das Organigramm zielt darauf ab, die formale Organisations- und Weisungsstruktur darzustellen. Es definiert nicht Aufgaben, Beziehungen, Operationssequenzen, Informationsflüsse und/oder Materialien. Auch geben weder das Schaubild noch andere Funktionsdiagramme darüber Auskunft, wo die gewinnträchtigen Bereiche sind, und auf welche Weise Geld durch das Unternehmen fließt. Daher gehören ebenfalls ein Funktions- und ein Finanzdiagramm dazu, um für eine CIM-Strategie mindestens die organisatorischen und funktionalen Systemstrukturen zu berücksichtigen. Im Einzelfall sind die gerichteten Informationsströme und die Dateninhalte zu quan-

tifizieren und zu gewichten. Das Ergebnis wird in jedem Unternehmen anders aussehen.

Computer und CIM haben in der Bundesrepublik Deutschland eine höhere Akzeptanzschwelle als anderswo. Eine "Computermentalität" ist nicht vorhanden. Die Angstschwelle ist bei bestimmten Altersgruppen groß. Das fehlende Verständnis für die komplexen Vorgänge und Zusammenhänge verursacht ein enormes Unsicherheitsgefühl. Das führt zwangsläufig zu Widerstand gegenüber Veränderungen.

Überwindung des Widerstandes ist nur mit ausreichend Information, Schulung und Training möglich, um die Mitarbeiter im Unternehmen bereits in einem frühen Stadium mit den neuen Techniken vertraut zu machen und eventuell sogar in die Lösungsfindung einzubeziehen. Leider unterschätzen viele Unternehmen die Bedeutung von Schulungen, besonders wenn es darum geht, Geld zu investieren. Sachzwänge wie Termindruck und enge Personaldecke lassen die Wichtigkeit solcher vorbereitender Aktivitäten in den Hintergrund treten. Es ist eben auch eine zu berücksichtigende Tatsache, daß das Unternehmen primär an den Umsatz zu denken hat. Vom Erfolg der kurzfristigen Planungen leben die langfristigen Entscheidungen.

Es ist heute nicht selten zu beobachten, daß die technische DV als dezentrale Anwendung ein Eigenleben führt bzw. sogar eine Eigendynamik entwickelt. Solche Entwicklungen sind einer erfolgreichen CIM-Konzeption völlig abträglich. Es ist vielmehr darauf zu achten, daß bei allen beteiligten Stellen das notwendige Fachverständnis aufgebaut wird. Die Erfolgspotentiale werden bestimmt von:

- strategischen Faktoren
  - . Flexibilität
  - . Know-how
  - . Reproduzierbarkeit

- wirtschaftlichen Faktoren
  - . Qualität
  - . Stückkosten
  - . Durchlaufzeit

Strategische Faktoren sind im allgemeinen nicht quantifizierbar, während sich die wirtschaftlichen Faktoren mehr oder weniger genau quantifizieren lassen.

Studien, die bei der Implementierung von schlüsselfertigen CAD/CAM-Systemen gemacht worden sind, haben gezeigt, daß die Einarbeitung, die zur Erreichung der vom Hersteller angegebenen Produktivitätsverbesserungen notwendig ist, oft neun bis zwölf Monate in Anspruch nimmt und einen wesentlichen Bestandteil der Systemkosten ausmachen kann.

Zielkonflikte, die mit der Einführung integrierender Anwendungen einhergehen, können nicht auf Abteilungsebene allein, sondern müssen durch das Zusammenwirken aller direkt oder indirekt Beteiligten gelöst werden. Bereichsegoismen sind häufig erkennbar, aber absolut fehl am Platze. Das Denken im Gesamtsystem (Blick über den Tellerrand) muß in den Vordergrund rücken.

Einführung von CIM ist in erster Linie ein langfristiges strategisches Problem, das man bei der Einführung von CAD-Systemen z.B. nicht in diesem Maße kennt. Erfahrungen zeigen, daß die Planungsphase für die Anschaffung eines CAD-Systems im Durchschnitt neun bis zwölf Monate beansprucht. Dem schließen sich in der Regel weitere zwölf bis fünfzehn Monate an, in die die Installation, die Systemeinsatzvorbereitung, die Einarbeitung der Mitarbeiter und die organisatorische Eingliederung fallen. Frühestens zwei bis drei Jahre, nachdem die Management-Entscheidung für die CAD-Investition gefallen ist, kann man davon ausgehen, daß das CAD-System in das Produkt-Engineering an den wichtigsten Berührungspunkten eingegliedert sein wird. Für die Implementierung von CIM muß aus heutiger Sicht dagegen ein Zeitraum von etwa ein bis zwei Jahrzehnten angesetzt werden.

Erprobte Einführungsstrategien für CIM gibt es kaum. Je mehr Organisationsform und Führungsstil im Unternehmen offen und kooperativ geprägt sind, um so einfacher wird sich die Teamarbeit gestalten und das Systemdenken durchsetzen.

Mit herkömmlichen Wirtschaftlichkeitsverfahren wird es kaum gelingen, eine zufriedenstellende Amortisation der Investitionen in eine flexible, computerintegrierte Fertigung zu errechnen. Die Entscheidung zugunsten einer langfristigen (über-)lebensnotwendigen CIM-Strategie ist eine strategische Entscheidung.

Literatur

- Ausschuß für Wirtschaftliche Fertigung e.V. (AWF): Integrierter EDV-Einsatz in der Produktion - Begriffe, Definitionen, Funktionszuordnungen, Eschborn 1985.
- BURKHARDT, H.J.: Von Open Systems Interconnection zu Open Systems: Stand der internationalen Normungsarbeit und begleitende Aktivitäten innerhalb der Europäischen Gemeinschaft, Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Darmstadt 1986.
- EIGNER, M.: CAD - Bestand einer Unternehmensstrategie zur Produktivitätserhöhung. In: Technische Rundschau 43, 1984.
- EIGNER, M.; MAIER, H.: Einstieg in CAD - Lehrbuch für Anwender, München 1985.
- GRABOWSKI, H.; ANDERL, R.: Verfahren zur Speicherung von Norm- und Zukaufteilen nach IGES. Forschungskuratorium Maschinenbau FKM, Bericht Nr. 79, Frankfurt 1984.
- HAGEN, G.: Einbettung von CIM Strukturen in einen bestehenden rechnerunterstützten Betrieb. Proceedings CIM'85. Techno-Congress, München 1985.
- HELLWIG, H.-E.: CIM - Der Schritt nach CAD und CAM. In: VDI-Z 127, Nr. 5, 1985.
- MAIER, H.: Information als Produktionsfaktor - Entwicklungstendenzen in der Fertigungsautomation und Handhabungstechnik. ONLINE'86, Symposium V: Fertigungsautomation und Handhabungstechnik, Hamburg 1986.
- ONLINE'86: Fortschritt der Telematiksysteme und Kommunikationsnetze. Proceedings des Kongresses VI der ONLINE'86 in Hamburg, Online GmbH, Velbert 1986.
- SCHUSTER, R.; TRIPPNER, D.: Anforderungen an eine Schnittstelle zur Übertragung produktdefinierender Daten zwischen verschiedenen CAD/CAM Systemen, BMW AG, München 1984.
- SCHUSTER, R.; VÖGE, E.: Rechneinsatz in Konstruktion und Planung - Integration durch Beherrschung von Schnittstellen. VDI Bericht 570.1, Düsseldorf 1985.
- Verband der Automobilindustrie (VDA): VDAFS - Format zum Austausch geometrischer Informationen. Normenentwurf für DIN 66301. DIN NAM 96.4/25-84, Juli 1984.
- WARNECKE, H.-J.: Stand der flexiblen Fertigung im Maschinenbau (weltweit). VDMA Informationstagung 1984: Flexible Automation in der Produktion.



Herbert Schulz \*)

Tendenzen beim Einsatz flexibler Fertigungssysteme

Inhalt

I. Einleitung	84
II. Einführungsgründe und Ziele flexibler Fertigungstechnik	84
III. Generelle Tendenzen neuerer Konzepte flexibler Produktionsanlagen	86
IV. Wesentliche Unterscheidungsmerkmale neuerer Konzeptionen gegenüber Systemen der 1. Generation	91
V. Entwicklungen in Japan	93
VI. Systemkonfigurationen mit den besten Verbreitungschancen	96
VII. Einsatzhemmnisse	99
VIII. Personelle Konsequenzen	103
IX. Zusammenfassung	105
Literatur	107

---

\*) Prof. Dr.-Ing. Herbert Schulz ist Leiter des Instituts für Spanende Technologie und Werkzeugmaschinen, Technische Hochschule Darmstadt.

## I. Einleitung

Die grundsätzlichen Maximen für den Produktionsbereich haben sich entscheidend verschoben. Vorrang vor allen anderen Faktoren haben heute minimierte Durchlaufzeiten und niedrige Bestände. Die hohe Kapazitätsauslastung des Betriebes tritt somit in den Hintergrund.

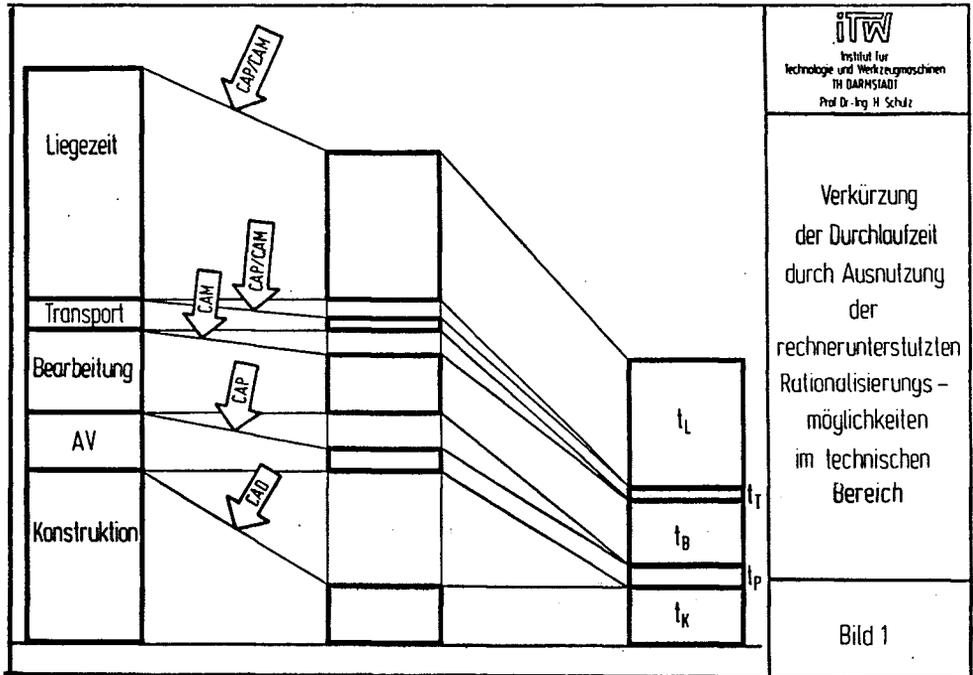
Die Beherrschung kostenoptimaler Produktionsstrukturen mit hoher Flexibilität, d.h. die Kenntnis eines optimalen Kosten-Nutzen-Verhältnisses, sind ein wesentlicher Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. Daher darf sich das einzelne Unternehmen heute gar nicht mehr die Frage stellen, ob die rechnergestützte Fabrikautomatisierung eingeführt werden soll oder nicht, sondern nur in welchem Umfang und wie die neuen Technologien genutzt werden müssen.

## II. Einführungsgründe und Ziele flexibler Fertigungstechnik

### 1. Organisation

Betrachtet man die gesamte Durchlaufzeit eines Werkstücks von der Entstehung in der Konstruktion bis zur Qualitätskontrolle, dann stellt man fest, daß die eigentliche Bearbeitungszeit nur ein Bruchteil (5 bis 15 %) der Gesamtdauer ausmacht. Noch zu Zeiten der Einführung von NC-Maschinen zielten alle Bemühungen darauf ab, vor allen Dingen die Bearbeitungsdauer des Werkstückes zu reduzieren. Selbstverständlich darf auch dies unter heutigen Gesichtspunkten nicht vernachlässigt werden, jedoch ist es notwendig, die Betrachtungsweise auf den gesamten Ablauf eines Auftrages und nicht auf einzelne Bearbeitungsvorgänge zu richten, d.h., es sind Organisationsformen einzuführen, die den Durchlauf eines Auftrages durch alle Funktionsbereiche des Betriebs erheblich abkürzen. Erreichbar ist dies nur durch eine Änderung der Produktionsphilosophie von der auslastungsorientierten losweisen Ferti-

gung hin zur bedarfsgerechten ablauforientierten Fertigung. Realisiert werden kann dies durch integrierte rechnergestützte Fabrikautomatisierung (CIM, Computer Integrated Manufacturing), d.h. durch simultane Integration von CAD, CAP und CAM (Bild 1).



## 2. Personalbereich

Flexible hochautomatisierte Fertigungstechnik führt zu einer starken Reduktion der Personalkosten am Produkt. Die Einführung wird daher vor allen Dingen bei solchen Produkten begünstigt, deren Personalkostenanteil relativ groß ist. Außerdem eröffnet die Reduzierung des Personalkostenanteils die Möglichkeit, seither fremdvergebene Produktionsanteile, vor allem in Niedriglohn-Länder, wiederum zurückzuholen und somit die Effektivität des Betriebes zu steigern. Auch der Mangel an hochqualifizierten Fach-

arbeitern kann ein Grund für die Einführung flexibler Fertigungsanlagen sein. In jedem Falle jedoch tragen flexible Anlagen zur Humanisierung der Arbeitswelt durch Entkopplung des Menschen vom Maschinentakt bei.

### 3. Wettbewerb

Flexible Produktion ermöglicht es, neue Produkte schneller auf den Markt zu bringen, ein größeres Produktspektrum mit gleichmäßig hoher Qualität herzustellen, Voraussetzungen für eine stärkere Diversifikation zu schaffen und vor allem auf strukturelle und kapazitätsmäßige Anforderungen des Marktes schneller zu reagieren.

### 4. Qualitätsverbesserung und Kosteneinsparung

Automatisierte Produktion führt automatisch zu Qualitätsverbesserungen, da in der Regel in automatischen Anlagen wesentlich mehr Funktionen überwacht und geprüft werden als bei der konventionellen Fertigung. Die Verminderung der Ausschußquote ist ein wesentlicher Kosteneinsparungsfaktor neben kürzeren Produktionszeiten, kürzeren Durchlaufzeiten und dem daraus resultierenden niedrigen Lagerbestand. Weiterhin ist die Nutzungsdauer solcher Anlagen steigerungsfähig bis auf theoretisch 24 Stunden pro Tag und sieben Tage in der Woche, wodurch sich relativ günstige Maschinenstundensätze ergeben können.

## III. Generelle Tendenzen neuerer Konzepte flexibler Produktionsanlagen

(1) Überwiegend kommen Systeme mit kurzfristiger Flexibilität zum Einsatz. Langfristig flexible Systeme nehmen aber in der Großserienbearbeitung entscheidend zu.

(2) Flexibilität dominiert über Produktivität. Das bedeutet generell, daß Beweglichkeit wichtiger sein kann als hohe Automatisierung. Dies hat in der Regel zur Folge, daß

- o sowohl Maschinen- als auch Personalüberkapazität in gewissem Maße vorhanden sein muß, die jedoch flexibel einsetzbar ist;
- o flexible Anlagen überwiegend aus Standardbearbeitungszellen aufgebaut werden, die sich gegenseitig ersetzen können und bereits serienmäßig mit allen notwendigen Überwachungseinrichtungen ausgerüstet sind.

(3) Hohe Verfügbarkeit dominiert über höchstmögliche Produktivität. Insofern gewinnt eine zuverlässige Sensorik entscheidend an Bedeutung.

(4) Die Mindestlosgröße von 1 ist eine Zielsetzung, jedoch nicht immer sinnvoll. Die Zusammenfassung von Losen zu Stückzahlen größer 1 bringt erhebliche Vorteile. Durch Verwendung von Mehrfachspannvorrichtungen, in die gleichzeitig mehrere Werkstücke aufgenommen werden können, ergibt sich eine entscheidende Erhöhung der Bearbeitungszeit, wodurch sich die Be- und Entladezeiten durch die Transportsysteme erheblich verlängern und somit unkritisch werden können.

(5) Flexible Fertigungssysteme müssen stufenweise in produktionsfähigen voneinander unabhängigen Bauabschnitten ausbaufähig sein. Allerdings ist möglichst von Anfang an eine grundsätzliche generelle Endausbauplanung erforderlich, um dies vor allem in entsprechenden Softwaremodulen bereits festlegen zu können.

(6) Systeme mit sich ersetzenden Maschinen werden Vorrang haben vor solchen Systemen mit integrierten Sondermaschinen, da letztere stets einen gefährlichen Engpaß darstellen. In jedem Fall muß bei Integration einer Sondermaschine dafür Sorge getragen werden, daß im Falle einer Störung zumindestens, wenn auch in zeitlich längerer Folge, sämtliche Bearbeitungen der Sondermaschine durch die anderen Maschinenkomponenten übernommen werden können.

(7) Kompaktsysteme aus wenigen, meist nur zwei bis drei Maschinen, haben große Einsatzchancen, weil sie ein guter, auch wirtschaftlich vertretbarer Ansatzpunkt sind, die Integration flexibler Strukturen, z.B. als Pilotprojekte, in den Produktionsstätten von Fertigungsbetrieben voranzutreiben.

(8) Für kleinere Anlagen ist der Einsatz schienengebundener Fahrzeuge zur Bewältigung des Materialflusses sinnvoll. Bei größeren Anlagen hat sich, vor allen Dingen auch wegen der einfacheren Erweiterungsmöglichkeiten, das induktiv gesteuerte Flurförderfahrzeug durchgesetzt. Allerdings gewinnen platzsparende Systeme in Zukunft erheblich an Bedeutung. Schienengebundene und induktive Flurförderfahrzeuge erfordern relativ viel Grundfläche, deshalb werden in zunehmendem Maße auch Bearbeitungszellen zu flexiblen Systemen mit Hilfe von Portalen oder auch NC-gesteuerten Krananlagen verknüpft.

(9) Eine zusätzliche Werkstückpufferung vor jeder Bearbeitungseinheit vermindert Probleme bezüglich der genauen Abstimmung zwischen der exakten zeitlichen Versorgung der Maschinen mit Werkstücken und den in der Regel sehr unterschiedlichen Bearbeitungszeiten. Natürlich steigt hierdurch der finanzielle Aufwand für die Schaffung der Puffer (Palettenspeicher). Dieser kann jedoch teilweise wieder reduziert werden durch Einsparung von Transportmitteln (z.B. Induktivfahrzeugen).

(10) Ein Problem stellt noch immer die Vielzahl der Spannvorrichtungen im System dar, deshalb versucht man, in verstärktem Maße mehrfach anwendbare Spannvorrichtungen zum Reduzieren des erforderlichen Paletten- und Vorrichtungsaufwandes einzusetzen. Dies kann aber nur dann von Erfolg gekrönt sein, wenn mehr und mehr in der Konstruktion bereits bei der Entwicklung neuer Werkstücke daran gedacht wird, innerhalb einer Teilefamilie die Aufspannstellen möglichst zu vereinheitlichen.

(11) Der Bearbeitungswechsel von Los zu Los erfolgt ohne langen Stillstand für den Werkzeugwechsel. Der Wechsel ganzer Werkzeugmagazine beim Umstellen der Produktion wird in neueren Anlagen

ersetzt durch den Austausch von Werkzeugen im Magazin während der Bearbeitung. Dies kann über ein eigenes Versorgungssystem, aber auch teilweise über das Werkstücktransportsystem bei ausreichender zeitlicher Verfügbarkeit erfolgen.

(12) Es ist wichtig, daß flexible Fertigungsanlagen keine Insellösungen innerhalb eines gesamten Produktionsablaufes darstellen. Die große Gefahr liegt in konventionellen Organisationsstrukturen, die sich an dem seitherigen Papierdurchlauf orientieren und somit dem Bemühen um Integration der flexiblen Systeme hemmend entgegenstehen.

Die Zugrundelegung eines betriebsspezifischen CIM-Konzeptes ist somit zwingende Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb solcher Systeme.

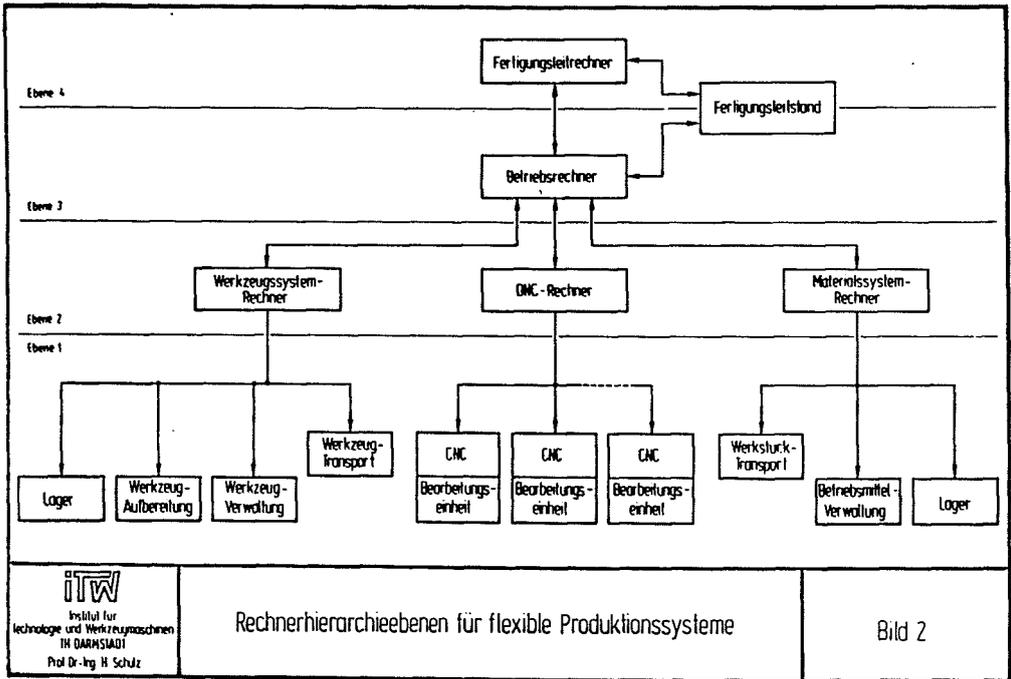
(13) Eine betriebssichere Arbeitsweise kann nur durch den Aufbau verschiedener Rechnerhierarchieebenen, die in sich autark arbeiten können, garantiert werden (Bild 2):

- **Unterste Ebene**

Jede Bearbeitungseinheit besitzt eine autonome Steuerung, so daß im Falle größerer Störungen die Fertigungszelle genau wie ein normales Bearbeitungszentrum betrieben werden kann.

- **Zweite Ebene: Zellenrechner**

Dieser versorgt und betreibt alle Bearbeitungseinheiten. Auf der gleichen Ebene müssen separate Werkzeug- und Materialsystemrechner angesiedelt werden. Diese sind verantwortlich für die gesamte Werkzeug- und Materialhandhabung. Hierzu zählen auf der Werkzeugseite die Verwaltung des Werkzeugbereitstellagers, die Werkzeugkommissionierung sowie die Werkzeugaufbereitung und der Werkzeugtransport und auf der Materialseite das Materiallager, die Werkstückkontrolle sowie die Werkstückauf- und -abspannung und der gesamte Transport.



### - Dritte Ebene: Betriebsrechner

Der Betriebsrechner verknüpft die Rechner der zweiten Ebene und somit den gesamten Produktionsablauf miteinander und stellt das Bindeglied zur vierten Ebene dar. Er dient hauptsächlich zur Betriebsdatenerfassung und -auswertung und zur Kommunikation mit dem Fertigungsleitstand. Dort werden der Fertigungsprozeß überwacht und ggf. notwendige Korrektur- oder Ausweichmaßnahmen eingeleitet.

### - Vierte Ebene: Fertigungsleitrechner

Dieser übernimmt die Planung der Produktionsaufträge, die Ermittlung der optimalen Kapazitätsauslastung, die zeitgerechte Einsteuerung der Aufträge sowie die Koordination mit anderen Produktionssystemen. Demzufolge gehört auch zur Aufgabe des Fertigungsleitrechners eine Simulation des Auftragsdurchlaufes sowie die Erarbeitung sog. Managementinformationen, wie z.B.

mögliche Produktionsänderungen infolge Umänderung von Produktionsprioritäten, Kapazitätsauslastungen, Maschinenbelegungen und dgl.

#### IV. Wesentliche Unterscheidungsmerkmale neuerer Konzeptionen gegenüber Systemen der 1. Generation

##### 1. Entwicklung zu kleineren Produktionseinheiten

Während die überwiegende Anzahl der vor einigen Jahren noch installierten Fertigungssysteme eine relativ große Zahl von Bearbeitungseinheiten aufwies, ist jetzt eine klare Tendenz zu kleineren Systemen zu beobachten. Man verfolgt hier praktisch die grundlegende Produktionsphilosophie der Fertigungsinsel, wobei an Stelle der Insel im klassischen Sinn jetzt ein flexibles kleineres Fertigungssystem tritt. Dadurch ist man in der Lage, bei Produktionsumstellungen noch rascher und flexibler reagieren zu können, als dies in der Vergangenheit bei Großsystemen der Fall war. Diese kleineren überschaubaren Einheiten werden durch eine weitere Rechner Ebene miteinander verknüpft. Solche kleinen Produktionseinheiten bestehen in der Regel aus zwei bis vier sich ersetzenden Maschinen. Diese sind teilweise auch wiederum nur mit schienengebundenen Transportmitteln verbunden. Die Anbindung nach außen erfolgt dann meist über flexiblere Transportmittel, wie z.B. Induktivwagen.

##### 2. Lagerwesen

Werkzeug- und vor allem Werkstücklager werden mehr und mehr dezentralisiert in unmittelbarer Nähe der flexiblen Fertigungssysteme untergebracht. Bei früheren Systemen war es üblich, die Werkstücklager zentral zusammenzufassen. Hierdurch ergaben sich unnötig lange Transportwege zwischen Lagerplatz und Bearbeitungseinheit. Bei neueren Systemen wird das Lager unmittelbar mit dem System verkoppelt, so daß das schienengebundene Fahrzeug die

Werkstücke unmittelbar zwischen Lager und Maschine austauschen kann. Allerdings muß darauf verwiesen werden, daß ein höherer Aufwand zu treiben ist, für die Abschirmung des Lagers gegenüber den Begleiterscheinungen der spanenden Fertigung, wie z.B. Späne, Staub, Kühlmittel usw.

### 3. Rechnerintegration

In früheren Systemen wurden vor allen Dingen der gesamte Transportablauf und auch überwiegend die Werkzeugversorgung über speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS bzw. PC) realisiert. Dies ist heute nicht mehr der Fall. Wie bereits erwähnt, wird die gesamte Organisation der Werkstücke und auch der Werkzeuge eigenen Subrechnersystemen (Ebene 2) übertragen, die alle notwendigen Funktionen in Realzeit verarbeiten.

### 4. Planung des internen Werkstückdurchlaufs

Die früher angestrebte "chaotische" Fertigung wird heute nicht mehr als Idealorganisation angesehen, vielmehr als fehlende vernünftige Ablaufstrategie. Außerdem birgt diese totale Flexibilität eine Reihe von Störfaktoren in sich, da alle möglichen Kombinationen und die daraus resultierenden Störungen nicht im voraus in allen Konsequenzen durchdacht werden können. Somit kann es zu einer Reduzierung der Verfügbarkeit kommen. Daher gilt heute als oberstes Strategiekonzept für den internen Materialfluß in einem flexiblen System, daß eine Minimierung der Rüstzeiten nur dann planbar ist, wenn eine feste Zuordnung der Werkstücke zu den Maschinen durchgeführt werden kann. Erst im Falle einer Störung, in der diese Festzuordnung nicht mehr gültig sein kann, ist als Notfallstrategie die wahlweise Umsteuerung auf andere Maschinen akzeptabel. Die Tendenz zu kleineren kompakten Baueinheiten kommt dieser planbaren Flexibilität erheblich entgegen. Als Konsequenz daraus läßt sich feststellen, daß, so paradox es klingen mag, der Einsatz flexibler Systeme zunächst einen höheren planerischen organisatorischen Aufwand erfordert.

## V. Entwicklungen in Japan

Obwohl es Tatsache ist, daß in Japan wesentlich mehr flexible Fertigungssysteme eingesetzt werden als in anderen Ländern, sind die angegebenen Zahlen jedoch erheblich überhöht, weil in Japan nicht so streng unterschieden wird zwischen flexiblen Fertigungszellen, Inseln und Systemen, wie dies bei uns der Fall ist. Vielfach werden ganz einfache Zellen ebenfalls auch als System bezeichnet.

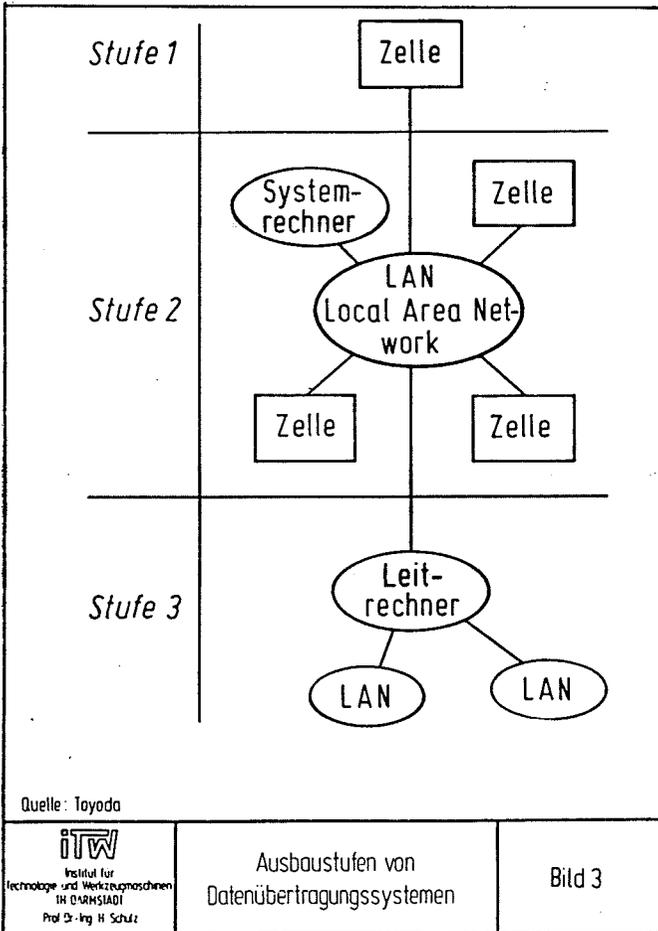
Konsequent vorangetrieben wird der Einsatz von flexiblen Bearbeitungszellen für den mannarmen Betrieb. Der Rundgang durch japanische Betriebe mit unterschiedlichen Produktpaletten zeigt generell, daß grundsätzlich an Bearbeitungszentren nicht nur Palettenwechsler, sondern ganze Palettenspeicher für mehrere Werkstücke angebaut sind, so daß die Bedienung von mehreren Maschinen durch einen Bedienungsmann möglich wird. Werden nun eine oder zwei solcher Zellen bedient, arbeitet vielfach der Bedienungsmann während seiner "freien Zeit" ganz normal an einer konventionellen Maschine.

Sowohl bei flexiblen Fertigungssystemen als auch bei Zellen ist eine ganz klare Tendenz zu größeren Werkzeugspeichersystemen zu beobachten. Dabei können sowohl ganze Magazine gewechselt, als auch Einzelwerkzeuge im System ausgetauscht werden. Die kombinierte Versorgung mit Werkzeugen und Werkstücken durch ein Transportsystem ist weit verbreitet.

Auch in Japan werden mehr und mehr Kompaktsysteme mit zwei bis vier Maschinen eingesetzt, die dann zu höheren Produktionsstrukturen durch zusätzliche Rechner verknüpft werden. Darüber hinaus sind fast alle diese Systeme nach Bedarf zusätzlich noch ausbaufähig.

Die Datenübertragung erfolgt mittlerweile überwiegend über Glasfaserkabel, wobei der Übertragungsbus als geschlossener Kreis ausgelegt wird, an dem die gesamten Informationssender und -emp-

fänger angeschlossen werden. Dadurch ist die Bearbeitungsgeschwindigkeit und auch die Betriebssicherheit beträchtlich erhöht worden. Bild 3 zeigt ein solches sog. lokales Netzwerk, das mehrfach mit anderen lokalen Netzwerken über einen Leitreechner verknüpft werden kann. Die Datenverarbeitungsgeschwindigkeit wurde von 30 kHz auf über 1 MHz gesteigert.



Japanische flexible Fertigungssysteme sind durchschnittlich für weniger unterschiedliche Werkstücke ausgelegt als europäische. Dadurch lassen sich nicht nur die Zahl der Maschinen und die Größe der Speichersysteme klein halten, sondern auch der gesamte Werkstückdurchlauf besser organisieren.

Die Realisierung der Stückzahl eins in flexiblen Systemen steht nicht mehr im Vordergrund. Häufig sind Spannvorrichtungen für mehrere Werkstücke zu beobachten, wodurch man die Bearbeitungszeiten erhöhen und die Zeiten für die Transportvorgänge unkritischer gestalten kann, mit der Konsequenz, unter Umständen auch weniger Transportmittel einsetzen zu müssen.

In zunehmenden Maße werden die Lager dezentralisiert direkt am flexiblen System installiert, wodurch sich sehr kurze Transportwege und -zeiten zwischen den Bearbeitungssystemen und der Lager-einheit ergeben.

Zwischen der europäischen und japanischen Produktionsphilosophie besteht eine deutliche Diskrepanz. Während man in Europa, insbesondere in Deutschland, stets versucht, die durch die Entwicklung neuzeitlicher Schneidstoffe möglichen hohen Zerspannungsvolumina zu realisieren und damit fast überwiegend die Maschinen an ihren Leistungsgrenzen betreibt sowie weiterhin die Zuverlässigkeit bestimmter Funktionen, wie z.B. des Werkzeugwechsels, durch extrem schnelle Abläufe gefährdet, geht die japanische Produktionsphilosophie vorwiegend davon aus, daß eine störungsfreie Arbeitsweise billiger ist als die Ausreizung von kapazitiven und zeitlichen Leistungsgrenzen: Nicht die Ausnutzung des maximal Möglichen, wie z.B. oberste Schnittgeschwindigkeitsgrenzen, Schnittleistungen und dgl., sondern vielmehr die betriebssichere Arbeitsweise steht im Vordergrund. Natürlich produziert man dann innerhalb einer Schicht von acht Stunden nicht die gleiche Menge wie in Europa, aber durch bedienerarmen Betrieb in der zweiten und dritten Schicht (max. 24 Stunden) kann jederzeit ein vergleichbarer, wenn nicht gar höherer Ausstoß auf sehr betriebssichere Weise erreicht werden. Außerdem steigt durch diese Fertigungsart die Lebensdauer der Werkzeuge ganz erheblich. Die Folge davon sind nicht nur reduzierte Werkzeugkosten, sondern auch wesentlich weniger erforderliche Werkzeugwechsel. Die berühmte Diskussion um Zehntel- bzw. Hundertstelsekunden-Differenzen beim Werkzeugwechsel sind für Japaner völlig unverständlich. Durch die geringere Belastung der Maschinen kann ferner mit einer relativ hohen Lebensdauer gerechnet werden.

## VI. Systemkonfigurationen mit den besten Verbreitungschancen

Kleinere inselartige Kompaktsysteme haben, wie bereits erwähnt, den Vorzug noch größerer Flexibilität vor Großsystemen. Der Markt verbreitert sich dadurch, daß auch kleinere Anwender solche Systeme finanziell verkraften können. Zudem ist der Gesichtspunkt sehr entscheidend, daß bei Fremdvergabe von Produktion sowohl im Hersteller- als auch im Zulieferwerk gleichartige Systeme installiert werden können, da diese kleineren Systeme auch für Zulieferer finanzierbar sind.

Das Know-how bei flexiblen Systemen liegt nicht mehr ausschließlich, wie bei Normalwerkzeugmaschinen, in der Mechanik und der dazugehörigen Elektronik, sondern verlagert sich mehr und mehr in das Engineering und die Software. Deshalb werden Hersteller, die das Engineering in eigener Regie betreiben und somit über ein umfangreiches Know-how neuer Strategien verfügen, größere Marktchancen haben als solche, die sich zur Erarbeitung der notwendigen Software und auch des Gesamtengineerings separater Softwarehäuser bedienen. Bei letzteren besteht die große Gefahr, daß wesentliches Know-how abfließen kann. Noch mehr als in der Vergangenheit, in der bereits Lieferanten, die in der Lage waren, Steuerung und Maschine aus einer Hand zu bieten, Präferenzen hatten, wird in Zukunft die Know-how-Konzentration in einer Hand entscheidende Bedeutung erlangen.

Der wirtschaftliche Einsatz flexibler Produktionsstrukturen wird bestimmt durch die Rahmenbedingungen der Automatisierung, die Produktkomplexität und die Produktionsstabilität. Ordnet man in diesem Raster die Betriebe des deutschen Maschinenbaus ein (Bild 4), dann ergeben sich durch Realisierung von CAM völlig unterschiedliche Einsparungsmöglichkeiten an den Gesamtkosten. Bild 5 zeigt unter Berücksichtigung des möglichen Anwendungsumfanges im deutschen Maschinenbau innerhalb der nächsten fünf Jahre (also bis 1990), daß vor allem im Bereich mittlerer Produktkomplexität

Positionierung  
 der deutschen  
 Maschinenbaubetriebe  
 nach Automatisierungs-  
 bedingungen

Quelle: ITW - McKinsey

Bild 4

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hütten- und Walzwerke</li> <li>- Maschinen u. Anlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flugzeugbau</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Druck u. Papiermaschinen</li> <li>- schwere Werkzeugmaschinen</li> <li>- Lokomotiven</li> <li>- Kraftmaschinen (Turbinen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Standard-Werkzeugmaschinen</li> <li>- Kraftmaschinen (Großdiesel)</li> <li>- Wehrtechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nutzfahrzeuge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personenkraftwagen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bergwerksmaschinen</li> <li>- Prüfmaschinen</li> <li>- Apparatebau (Kesselbau)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verpackungsmaschinen</li> <li>- Textilmaschinen</li> <li>- Antriebe (Getr.)</li> <li>- Baumaschinen</li> <li>- Kunststoffverarbeitungs- maschinen</li> <li>- Fördertechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Landmaschinen</li> <li>- Nähmaschinen (Bekleidungs- maschinen)</li> <li>- Holzbearb- Maschinen</li> <li>- Kraftmaschinen (Kleindiesel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waschmasch.</li> <li>- Unterhaltungselektronik</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Klein-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fördertechnik (Aufzüge)</li> <li>- Kompressoren</li> <li>- Lufttechnik</li> <li>- Schienenfahrzeuge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Armaturen</li> <li>- Präzisionswerkzeuge</li> <li>- Pumpen</li> <li>- Waagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Öl-Hydraulik</li> <li>- Kfz - Teile</li> <li>- Maschinenteile</li> </ul>
Fertigungs- anlagen	Groß- maschinen	Groß- Maschinen komponenten	Klein- komponenten
Produktkomplexität →			
niedrig      mittel      hoch      sehr hoch Produktionsstabilität →			

und Produktionsstabilität der Einsatz flexibler Systeme erheblich zur Gesamtkosteneinsparung beitragen kann.<sup>1)</sup>

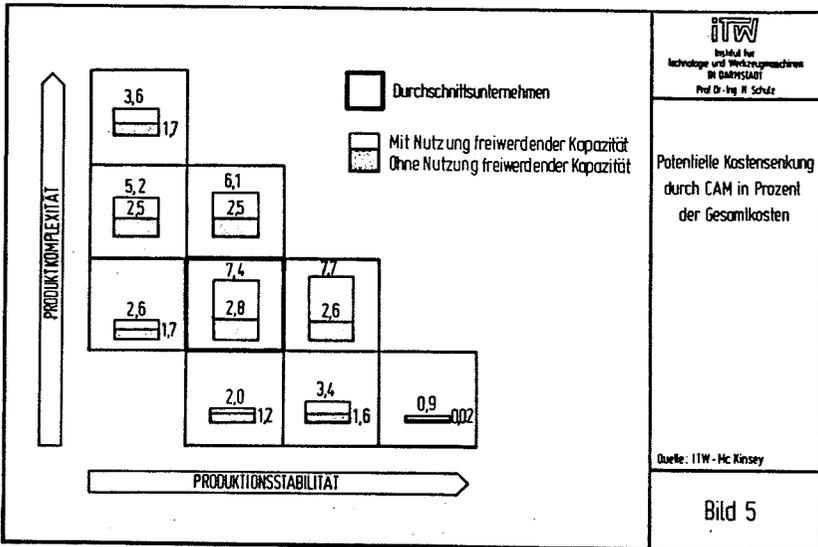
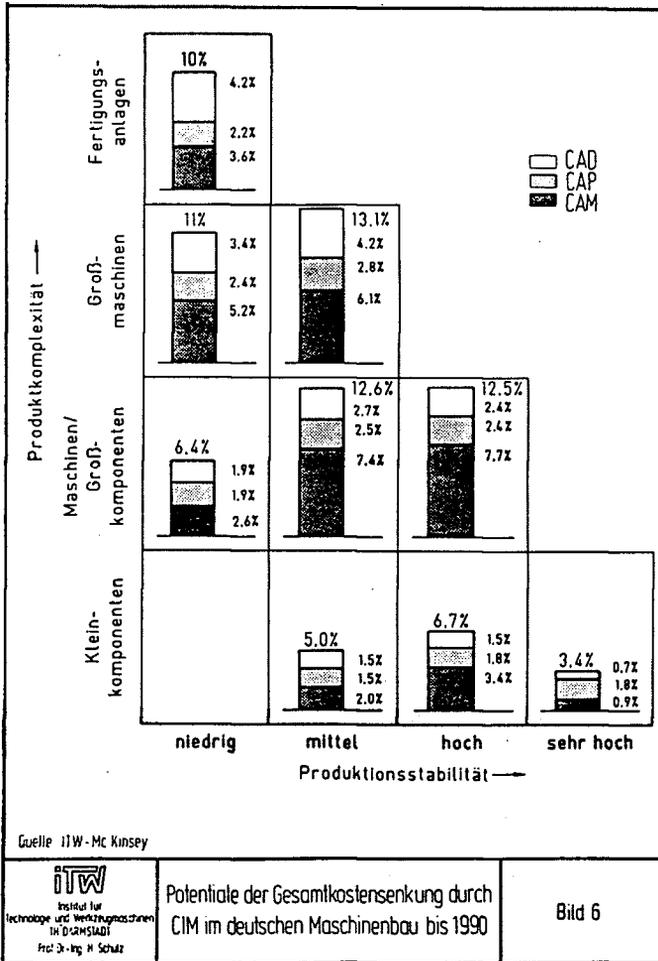


Bild 5

Erst die simultane Einführung rechnergestützter Fabrikautomatisierung in den Bereichen Konstruktion und Entwicklung, Arbeitsvorbereitung sowie Fertigung und Montage führt zu erheblichen Kosteneinsparungen. Wie aus Bild 6 hervorgeht, sind im CAM-Bereich mit rund zwei Drittel der Einsparungen die höchsten Rationalisierungserfolge zu erzielen. In der gesamten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung muß aber der Investitionsaufwand zur Erreichung dieser Werte kritisch berücksichtigt werden.

1) Die Daten entstammen einer Studie, die der Verfasser zusammen mit McKinsey durchgeführt hat; sie basieren auf Ergebnissen einer Umfrage bei Großunternehmen des deutschen Maschinenbaus (teils über Fragebogen, teils über Direktinterviews), Intensivanalysen in erfolgreichen Unternehmen sowie Literaturrecherchen und wurden in Diskussionen mit Fachleuten für einzelne Technologien hinsichtlich ihrer Plausibilität überprüft.



## VII. Einsatzhemmnisse

Als Hauptgründe für den vielfach noch immer relativ zögernden Einsatz von Komponenten zur rechnergestützten Fabrikautomatisierung, insbesondere flexibler Fertigungssysteme, sind folgende zu nennen:

- o unzureichende Kenntnis bzw. mangelhafte Erfahrung hinsichtlich der wirtschaftlichen Auswirkungen funktionsübergreifender, gekoppelter oder integrierter Systeme,

- o Fehlen einer Automatisierungsstrategie für das Gesamtunternehmen,
- o nicht erfolgte Änderung der Entscheidungsgrundlagen von der klassischen Investitionsrechnung zu einer Nutzwert- und Risikoanalyse,
- o zu enger Betrachtungshorizont, oftmals konzentriert auf Einzelmaschinen und nicht ausgedehnt auf eine Gesamtsystembetrachtung,
- o fehlende Risikobereitschaft,
- o unzureichende Methode zur Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Flexible Fertigungssysteme stellen eine grundlegende Veränderung der gesamten Produktionsstruktur dar. Es ergeben sich bereits vor Inbetriebnahme, d.h. schon in der Planungsphase, erhebliche Kosten. Auch zeigt die Erfahrung, daß flexible Fertigungssysteme nur sehr selten von Anfang an mit voller Kapazität und störungsfrei laufen, so daß Wirtschaftlichkeitsnachkalkulationen schon im ersten Jahr nicht sinnvoll sind. Die Verfügbarkeit steigt erst mit zunehmender Laufzeit. Dies muß im Wirtschaftlichkeitsansatz berücksichtigt werden. Außerdem geht man in vielen Fällen von völlig falschen Voraussetzungen aus, da nämlich sehr oft eine völlig veraltete Fertigungsstruktur mit einer neuzeitlichen flexiblen verglichen wird. Dies wirkt sich zugunsten des flexiblen Systems aus, da einige Zwischenstufen der flexiblen Automatisierung, z.B. CNC-Maschinen, flexible Zellen sowie eine verbesserte Organisation, total übersprungen worden sind. Bei näherer Untersuchung der Kostensenkungspotentiale zeigt sich deutlich, daß die indirekten Vorteile den direkten rechenbaren Nutzen bei weitem übersteigen (Bild 7). Der indirekte Nutzen ergibt sich hauptsächlich durch funktionsübergreifende Auswirkungen und gesamtunternehmerisch verbessernd wirkende Kostensenkungen. Daher führt erst die Nutzwertanalyse, wie z.B. beschleunigte Durchlaufzeiten, geringere Läger, weniger Ausschuß, bessere Maschinennutzung, geringerer Platzbedarf usw., zu einer richtigen Beurteilung der mögli-

Art des Nutzens		erreichbarer Nutzen bei 100%iger Anwendung				bis 1990 durchschnittlich erreichbarer Nutzen			
		CAD	CAP	CAM	$\Sigma$	CAD	CAP	CAM	$\Sigma$
direkter Nutzen	%	1,3	0,9	7,4	9,6	0,66	0,36	2,5	3,5
indirekter Nutzen (funktionsübergreifend)	%	4,0	1,1	0,8	5,9	2,00	0,64	0,3	3,0
indirekter Nutzen (Kapazität)	%	0	2,5	8,0	10,5	0	1,5	4,6	6,1
Summe des indirekten Nutzens	%	4,0	3,6	8,8	16,4	2,00	2,20	4,9	9,1
Gesamtnutzen *	%	5,3	4,5	16,2	26,0	2,66	2,50	7,4	12,6

\* Angaben in % der Gesamtkosten

Quelle: ITW - Mc Kinsey



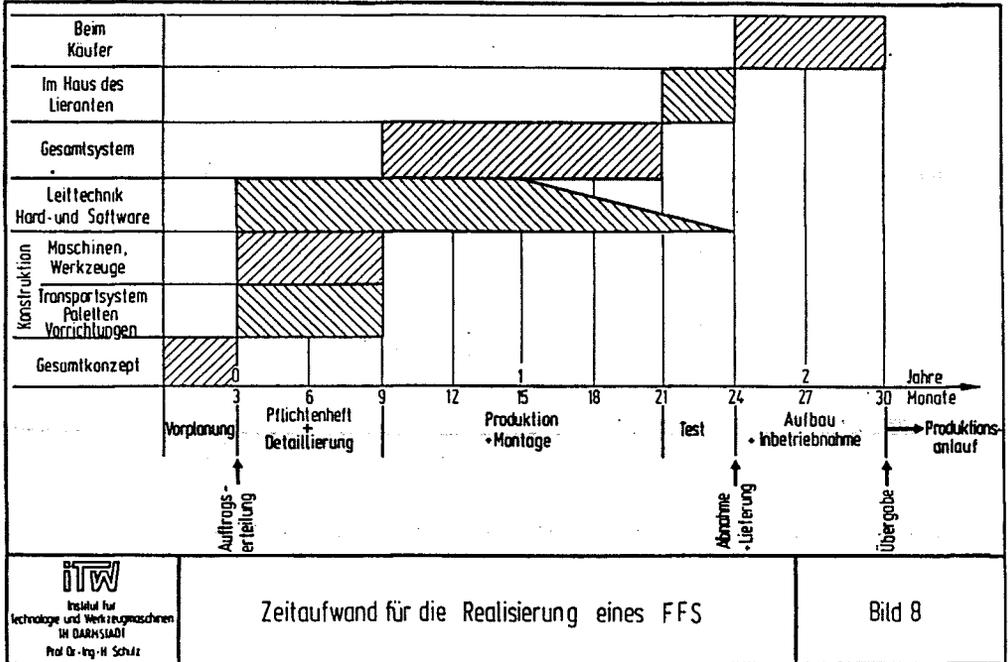
Potentiale direkten und indirekten Nutzens durch rechnergestützte Fabrikautomatisierung (Durchschnittsunternehmen)

Bild 7

chen Investitionen. Basierend auf den heutigen Erkenntnissen aber ist es jetzt möglich, mit den bisher verwandten Methoden zur Wirtschaftlichkeitsrechnung zu arbeiten, indem man praktisch den rechenbaren Nutzen mit dem zwei- bis dreifachen Wert ansetzt:

- o wichtige fehlende technisch-organisatorische Voraussetzungen, wie z.B. Vertrautheit mit NC-Technik, Umgang mit EDV-Anlagen, geeignetes Werkstückspektrum, geeignetes internes Organisationssystem,
- o strategische Lücken, wie z.B. genaue Marktkenntnisse, sowie fehlende klare Unternehmensziele,
- o zu hoher Erwartungshorizont.

Flexible Fertigungssysteme haben von der Planung bis zur reibungslosen Betriebsfähigkeit einen sehr langfristigen Realisierungszeitraum (Bild 8). Außerdem muß auch für die Einsatzbereiche von CAD und CAP klar sein, daß kurzfristig nur geringe Rationalisierungserfolge zu erwarten sind. Der eigentliche Nutzen wird sich erst mittel- bis langfristig einstellen.



### VIII. Personelle Konsequenzen

Grundsätzlich ist festzustellen, daß die Auswirkungen flexibler Produktionstechnik mit den Zielen zur Humanisierung der Arbeitswelt übereinstimmen, da hierdurch grundsätzlich eine Entkopplung der menschlichen Tätigkeit vom Maschinentakt erreicht wird. Außerdem ergibt sich eine höherwertige Arbeit mit umfassenderem Arbeitsinhalt. Dies ist ein Motivationsfaktor, der eine Steigerung der Arbeitszufriedenheit und Arbeitsqualität bewirken kann. Voraussetzung ist allerdings eine hohe Ausbildungsqualifikation der Mitarbeiter, die erst durch einen erheblichen Aufwand an zusätzlicher Schulung erreicht werden kann.

Höhere Qualifikation bedeutet auch höhere individuelle Lohnkosten. Die seitherigen Entlohnungssysteme sind auf die Bedienungsmannschaft flexibler Fertigungssysteme nur sehr schwer anwendbar. Übliche Entlohnungssysteme basieren auf einer pro Zeiteinheit hergestellten Stückzahl. Bei flexiblen Produktionsmitteln verschieben sich die Prioritäten für die Entlohnung auf Merkmale wie z.B. Qualität der Produkte, Verantwortungsbereich innerhalb eines größeren Teams sowie sorgfältiger Umgang mit dem Produktionsmittel.

Im Umfeld dieser veränderten Arbeitssituation ergeben sich mehrere wesentliche Hierarchiestufen innerhalb der gesamten Bedienungsmannschaft eines flexiblen Fertigungssystems:

- **Unterste Ebene: Auf- und Abspanner**  
Mitarbeiter dieser Hierarchiestufe sind lediglich dazu einzusetzen, die Werkstücke an den entsprechenden Spannplätzen auf- und abzuspinnen. Es können hier also im Prinzip angelegerte Kräfte tätig sein. Solche Kräfte können auch die Werkzeugvoreinstellung mit übernehmen.
- **Mittlere Ebene: Maschinenbediener**  
Die Maschinenbediener haben im Prinzip die Funktion des Einrichters in der klassischen Fertigung. Sie sind im Prinzip nur

dazu da, um neu in das System einzuschleusende Werkstücke anzufahren, d.h. z.B. Programme, Werkzeuge, Arbeitsabläufe usw. zu optimieren. Hier muß also Personal eingesetzt werden mit erheblicher praktischer Erfahrung. Im Prinzip kann hier ein sehr guter Facharbeiter mit entsprechender zusätzlicher Ausbildung Verwendung finden. Bei kleineren Kompaktsystemen ist die Trennung in Aufspanner und Maschinenbediener wirtschaftlich nicht sinnvoll. Hier muß Personal eingesetzt werden, das die Qualifikation des Maschinenbedieners aufweist, aber trotzdem die Auf- und Abspannung mit übernimmt.

#### - Oberste Ebene: Systemführer

Der Systemführer, der in der Regel innerhalb einer eigenen Steuerzentrale sitzt, ist verantwortlich für den reibungslosen Ablauf des Systems. Er korrespondiert normalerweise direkt mit Betriebs- und Zellenrechnern und kann entsprechend auch Einfluß nehmen auf die von Marktprioritäten diktierte Maschinenbelegung. Wichtig ist dabei, daß der Systemführer nicht nur über ein umfassendes technisches Wissen auf den Gebieten der Hard- und Software verfügt, sondern auch über ausreichende betriebswirtschaftliche Kenntnisse, um bei Einschleusung neuer Aufträge bzw. Änderung der Prioritäten der Bearbeitung mögliche Konsequenzen für das gesamtbetriebliche Geschehen abschätzen zu können.

#### - Zusatzebene

Ein gut geschultes und auch permanent trainiertes Servicepersonal ist in Bereitschaft zu halten, um im Falle von Störungen für eine unmittelbare Behebung zu sorgen. Es handelt sich hier meistens um Elektronik- und auch Softwarespezialisten. Der Systemführer und auch die Maschinenbediener wären hier sicherlich überfordert.

Zwischen dem Nutzen bzw. der Verfügbarkeit flexibler Fertigungssysteme und der Qualifikation der Betreiber besteht ein ursächlicher Zusammenhang. Deswegen ist sehr viel Sorgfalt auf die Auswahl sowie auf die Ausbildung und laufende Fortbildung des Bedienungspersonals ebenso zu legen wie auf entsprechende Motivation

der in einem solchen System tätigen Mitarbeiter durch notwendige Information, d.h. durch Vermittlung des notwendigen Überblicks über Konsequenzen der flexiblen Fertigung für das gesamte betriebliche und auch marktpolitische Geschehen.

### IX. Zusammenfassung

Die Ziele flexibler Fertigungstechnik bestehen in der Erhöhung der Flexibilität in bezug auf Stückzahlenschwankungen, unterschiedliche Bearbeitungsfolgen und die Bearbeitung differierender Werkstückformen, bei gleichzeitiger Verbesserung der Produktivität gegenüber vergleichbaren konventionellen Anlagen.

Durch Konzeption ausreichend standardisierter Lösungen zur Gestaltung der materialfluß- und informationstechnischen Hard- und Software sowie geeigneter Schnittstellen kann eine Kostenverminderung durch universell einsetzbare Bausteine, aber auch eine verbesserte Kombinations- und Integrationsmöglichkeit verschiedener Fertigungs- und Verkettungseinrichtungen bei unterschiedlichem Automationsgrad ermöglicht werden.

Der Planungsprozeß für die Einführung flexibler Fertigungssysteme ist außerordentlich umfangreich, da nicht nur der Produktionsbereich, sondern auch alle anderen Unternehmensbereiche direkt oder indirekt berührt werden. Untersuchungen in der Praxis zeigen, daß beim Aufbau flexibler Fertigungssysteme heute meist eine komplette Neuorganisation der Unternehmen nach einem übergeordneten Gesamtkonzept notwendig wird.

Die Einführung rechnergestützter Fabrikautomatisierung ist vor allem eine strategische Unternehmensentscheidung, der ein erweiterter neuartiger Ansatz zur Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Einbeziehung schwer quantifizierbarer Nutzeneffekte zugrunde gelegt werden muß. So müssen für eine objektive Betrachtung alle auf das gesamte Unternehmen direkt oder indirekt wirkenden Veränderungen einbezogen werden.

Im Vergleich zu nicht verketteten, konventionellen Anlagen ist bei flexiblen Fertigungssystemen mit entsprechenden Kapazitäten eine personaleinsparende Wirkung festzustellen. Zur optimalen Nutzung der bei flexiblen Fertigungsanlagen zur Verfügung stehenden Technik wird jedoch nach wie vor der arbeitende Mensch mit seiner betrieblichen Erfahrung benötigt. Diese neue Technik kann daher nicht als "Jobkiller" interpretiert werden, aber sie verändert wesentlich die Aufgabenbereiche. Für das Bedienungspersonal, das bei konventionellen Fertigungsanlagen ausschließlich rein technische Aufgaben zu erfüllen hatte, erweitert sich das Aufgabenfeld erheblich.

Die Entwicklung der flexiblen Fertigungstechnik in Deutschland gleicht sich unter der Zielsetzung der Wirtschaftlichkeit bei einer gleichzeitigen Mindestanforderung an die Maschinenkomplexität der aktuellen Entwicklung in Japan und den USA an. Dies bedeutet also Installation kleinerer Kompaktsysteme, die ausbaufähig sind und nach dem Prinzip von flexiblen Fertigungsinseln verknüpft werden.

Literatur

- BAUER, E.: Organisation des Werkzeug-Kreislaufs in einem flexiblen Fertigungssystem. In: Werkstatt und Betrieb (WeBe), 118. Jg., Heft 5, 1985, S. 241-304.
- BAUMGARTNER, J.P.; ZÜRCHER, Ph.: Schrittweiser Ausbau zu flexiblen Fertigungssystemen. In: WeBe, 117. Jg., Heft 12, 1984, S. 729-734.
- BURKART, G.: Fertigungszellen und Fertigungsinseln im Mehrschichtbetrieb. In: Praxis der FFS-Einsatzverfahren und Empfehlungen. Hrsg. vom VDI, Dokumentation der Fachtagung vom 13./14.6.1985, Böblingen 1985.
- CARTER, F.: Flexibel automatisieren - jetzt oder später? In: VDI-Z, Bd. 126, Nr. 5, 1985, S. 111-113.
- DIPPEL, G.; DIENER, U.; STEINMÜLLER, P.; STEINSIEK, E.: Einsatzchancen und Marktpotentiale für flexible Fertigungsstrukturen (FFS) - 1990. Hrsg. von der Gesellschaft für Wirtschaftsförderung und Marktplanung mbH.
- ERKES, K.; SCHMIDT, H.: Flexible Fertigung. In: VDI-Z, Bd. 126, Nr. 15/16, 1984, S. 577-591.
- EVERSHEIM, W.; ERKES, K.; SCHMIDT, H.: Wirtschaftliche Bewertung flexibler Fertigungsanlagen. In: Industrieanzeiger, 107. Jg., Nr. 44, 1985, S. 24-28.
- FELSING, W.: Tendenzen flexibler Automatisierung durch Industrieroboter in den USA. In: Zwf (Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung), 78. Jg., Nr. 11, 1983, S. 507-513.
- GANIYUSUFOGLU, O.S.: Materialbereitstellungssysteme für flexible Fertigungszellen. In: Zwf, 79. Jg., Nr. 4, 1984, S. 159-170.
- HÖRL, A.: Flexible Werkstückhandhabung in Fertigungszellen, Fertigungsinseln und Fertigungssystemen. In: Zwf, 77. Jg., Nr. 4, 1982, S. 187-191.
- HUTCHINSON, G.K.: Flexible Fertigungssysteme und Simulation. In: Zwf, 78. Jg., Nr. 2, 1983, S. 74-76.
- JACOBI, W.: Automatisierung im Karosseriebau unter Berücksichtigung der Flexibilität. In: Zwf, 77. Jg., Nr. 6, 1982, S. 253-257.
- KIEF, H.: Technisches Konzept und Einsatzerfahrung von zwei flexiblen Fertigungssystemen. In: Praxis der FFS-Einsatzerfahrungen und Empfehlungen. Hrsg. vom VDI, Dokumentation der Fachtagung vom 13./14.6.1985, Böblingen 1985.
- KLENK, R.: Ausbau vorhandener Bearbeitungszentren zu flexiblen Fertigungssystemen. In: WuB, 118. Jg., Nr. 5, 1985, S. 285-288.

- KLOCKE, F.; MEIER, H.; HEILIG, L.: Flexible Fertigung in Japan. In: Zwf, 78. Jg., Nr. 6, 1983, S. 262-267.
- MENGES, W.; HORNBERGER, W.: FFS in der Gehäusefertigung. In: Praxis der FFS - Einsatzerfahrungen und Empfehlungen, Hrsg. vom VDI, Dokumentation der Fachtagung vom 13./14.6.1985, Böblingen 1985.
- MORTIMER, J.: Flexible Fertigungssysteme. Der FFS-Report der Ingersoll Engineers. Bearbeitet von B.F. Holz und W. Gaebler, Düsseldorf 1985.
- OHMI, T.; ITO, Y.; YOSHIDA, Y.: Flexible Manufacturing Systems in Japan, Present Status. In: Proceedings of the 1st International Conference on Flexible Manufacturing Systems, Brighton U.K. 1984.
- o.V.: Computer Aided Industry. Hrsg. Siemens, 1985.
- o.V.: Erhöhte Produktivität auf vertikalen Bearbeitungszentren. In: tz für Metallverarbeitung, 79. Jg., Nr. 2, 1985, S. 53-57.
- o.V.: Optimierung flexibler Fertigungssysteme. Hrsg. ESG/FEG, München 1985.
- o.V.: Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung. Hrsg. von der Expertenkommission "Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung", Mainz 1985.
- RADERMACHER, K.H.; KNAUER, P.: Flexible Fertigungssysteme, Erkenntnisse und Erfahrungen eines Anwenders. Referat FTK, Stuttgart, Oktober 1985.
- RAPPISCH, W.; STOLL, S.: Die Fabrik von morgen heute schon Realität. In: Moderne Fertigung, Heft 9, 1985, S. 32-36.
- RIGEL, E.: Bearbeitungszentren. In: VDI-Z, Bd. 126, Nr. 10, 1984, S. 377-390.
- SCHMIDT, J.: FFS für die Serienfertigung. In: Praxis der FFS - Einsatzerfahrungen und Empfehlungen. Hrsg. vom VDI, Dokumentation der Fachtagung vom 13./14.6.1985, Böblingen 1985.
- SCHRÖDER, K.-J.; NEUGEBAUER, G.: Montagerechte Fertigung mit flexiblen Fertigungszellen. In: VDI-Z, Bd. 126, Nr. 10, 1984, S. 373-375.
- SCHULTE, H.J.: Flexible Fertigung von Serien-Dieselmotoren. In: VDI-Z, Bd. 126, Nr. 9, 1984, S. 31-314.
- SCHULZ, H.: Japans Strategien zur Technologie-Entwicklung. In: WeBe, 118. Jg., Heft 1, 1985, S. 7-10.
- SCHULZ, H.: Konsequente realisierte bedienerarme Fertigung. Bericht von der 12. Internationalen Japanischen Werkzeugmaschinen-Ausstellung. In: WeBe, 118. Jg., Heft 1, 1985, S. 37-42.

- SCHULZ, H.: Erfolgreiche Nutzung des Potentials rechnergestützter Fabrikautomatisierung. In: WeBe, 118. Jg., Heft 9, 1985, S. 565-568.
- SCHULZ, H.: Werkzeugmaschinenbau bald in der Situation der Video-Hersteller? In: WeBe, 116. Jg., Heft 1, 1983, S.1-2.
- SCHULZ, H.: Produktion rund um die Uhr - Eindrücke von der JIMTOF in Osaka, Japan. In: WeBe, 116. Jg., Heft 1, 1983, S. 3-8.
- SCHULZ, H.; MAYER, A.; GEIMER, H.: Leistungssteigerung im Maschinenbau durch CAD. In: WeBe, 118. Jg., Heft 10, 1985, S. 693-696.
- SCHULZ, H.; DEY, H.-J.; SCHMID, S.: Kostensenkungs-Potentiale in der Arbeitsvorbereitung durch Rechnerunterstützung. In: WeBe, 119. Jg., Heft 1, 1986.
- SCHULZ, H.; MAYER, A.: In welchem Umfang lassen sich die Gesamtkosten durch CAM senken? In: WeBe, 119. Jg., Heft 2, 1986.
- SOLOMENZEW, Y.M.: Technologische Probleme bei der Entwicklung flexibler Fertigungssysteme. In: Zwf, Nr. 2, 1984, S. 80-81.
- SPUR, G.; RITTINGHAUSEN, H.; VIEHWEGER, B.: Flexible Materialbereitstellung von rotationssymmetrischen Werkstücken. In: Zwf, 76. Jg., Nr. 10, 1981, S. 489-495.
- SPUR, G.; MERTINS, K.: Flexible Fertigungssysteme, Produktionsanlagen der flexiblen Automatisierung. In: Zwf, 76. Jg., Nr. 9, 1981, S. 431-448.
- STADIE, W.: Flexible Fertigungssysteme in Japan. In: Zwf, 75. Jg., Nr. 1, 1980, S. 28-32.
- WARNECKE, H.J.: Taylor und die Fertigungstechnik von morgen. Referat FTK, Stuttgart, Oktober 1985.
- WARNECKE, H.J.; STEINHILPER, R.; ROTH, H.P.: Perspektiven des erfolgreichen Einsatzes flexibler Fertigungssysteme. In: Praxis der FFS - Einsatzerfahrungen und Empfehlungen. Hrsg. vom VDI, Dokumentation der Fachtagung vom 13./14.6.1985, Böblingen 1985.
- WEGGEN, E.: Fertigungszellen und flexible Fertigungssysteme. In: Industrie-Anzeiger, 107. Jg., Nr. 44, 1985, S. 35-36.
- WERNTZE, G.: Flexible Werkstückbereitstellung an Bearbeitungszentren. In: Zwf, 77. Jg., Nr. 8, 1982, S. 388-394.
- WIRTH, S.; PETERMANN, J.: Material- und informationsflußtechnische Lösungen für automatisierte integrierte Fertigungen. In: FuB, 34. Jg., Nr. 6, 1984, S. 331-336.



Erhard Nullmeier \*)  
 Karl-Heinz Rödiger \*)

Arbeitsorientierte Anforderungen an die Gestaltung von  
PPS-Systemen

Inhalt

I. Rechner: Arbeits- oder Organisationsmittel?	112
II. Ein normativer Ansatz - Das Modell der Gestaltungsebenen	115
III. Arbeitsgestaltung	119
1. Aufgabenzuschnitt	119
2. Arbeitsabläufe	120
3. Mensch-Rechner-Funktionsverteilung	123
IV. Gestaltung des Arbeitsmittels	125
1. Werkzeughandhabung	126
2. Interaktionstechnik	130
3. Informationsdarstellung	133
V. Neuere Entwicklungen bei PPS-Systemen	136
Literatur	139

---

\*) Dr.-Ing. Erhard Nullmeier und Dipl.-Inform. Karl-Heinz Rödiger sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Angewandte Informatik der TU Berlin.

## I. Rechner: Arbeits- oder Organisationsmittel?

In zahlreichen Publikationen wird der Werkzeugcharakter des Arbeitsmittels Rechner hervorgehoben (Balzert 1982; Dzida 1982; Fischer 1983; Sundin 1980). Auch Hersteller bedienen sich in ihrer Werbung für Textverarbeitungs-, Bürokommunikations- und CAD-Systeme der Werkzeug-Metapher; sie soll offensichtlich einfache Einpaßbarkeit des Arbeitsmittels in die Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmens und in individuelle Arbeitsabläufe der Benutzer suggerieren. Andere hingegen widersprechen dem Bild vom Rechner als Werkzeug mit überzeugenden Argumenten (Nake 1985; Wingert, Riehm 1985). Letztere führen als Grund für die Beliebtheit der Werkzeug-Metapher an: "Mit 'Werkzeug' sollen Vorstellungen der Souveränität des Menschen über seine Arbeitsmittel geweckt werden, des problemlosen Umgangs und einer besonderen Operativität, also einer gelungenen und flüssigen Handhabung" (Wingert, Riehm 1985, S. 108). Mit einigen Beispielen aus der Maschinenbedienung und aus dem Einsatz von CAD kommen sie zu dem Schluß, daß ein wesentlicher Unterschied zwischen Rechnernutzung und Werkzeugeinsatz der Verlust an Gegenständlichkeit, die Mediatisierung von Einwirkung und Handlungskontrolle ist (ebd., S. 118).

Wie steht es nun mit der 'Souveränität des Menschen über seine Arbeitsmittel', mit dem 'problemlosen Umgang' und mit der 'besonderen Operativität' bei Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen (PPS-Systemen)? Liest man Beiträge über praktische Erfahrungen mit dem Einsatz solcher DV-Systeme (Kittel 1984; Mertens, Heigl 1984), wird über Probleme bei der organisatorischen Einbettung und Anpassung innerhalb der Anwenderorganisation berichtet. Erstaunlicherweise werden diese Probleme nicht als solche von Standardsoftware begriffen, sondern als diejenigen anachronistischer Organisationsstrukturen im Anwenderunternehmen. Daraus wird der Schluß gezogen, daß die Organisation Anpassungsleistungen an das DV-System zu erbringen habe. Diese Probleminvertierung wird unverhohlen zur Abkehr von Realitätsfremdheit und Anachronismus empfohlen: "Der potentielle Anwender ist gut beraten, den Einsatz dieser Produkte

(gemeint sind PPS-Systeme, die Verf.) zu einer organisatorischen Entrümpelungsaktion im eigenen Unternehmen zu benutzen" (Kittel 1984, S. 18).

In einer solchen Auffassung tritt ein Technikverständnis zutage, das Technik für invariant, Organisation und Arbeit hingegen für gestaltbar hält. Daß Gestaltungsspielräume auf der Ebene von Organisation und individueller Arbeitssituation vorhanden sind, belegen zahlreiche organisationstheoretische und industri soziologische Untersuchungen zum Einfluß von Technik auf Arbeit und Organisation (vgl. Kieser, Kubicek 1983; Lutz, Schultz-Wild 1982; Sydow 1985).

Ziel dieses Beitrags ist es aufzuzeigen, daß gerade Informationstechnologien in hohem Maße gestaltbar sind, so daß keinesfalls die bei der Einführung von DV-Systemen oft benutzte Sachzwangargumentation zutrifft. Ein weiteres Ziel der Ausführungen ist, die dieser Technik inhärente Problematik zu verdeutlichen, die sie außer zum Arbeitsmittel auch immer zum Organisationsmittel macht. Mit einem aus der arbeitspsychologischen Forschung entwickelten Gestaltungsansatz werden Wege aufgezeigt, wie dem Organisationsdilemma beim Einsatz von Informationstechnologien tendenziell zu entkommen ist, indem das Arbeitsmittel Rechner in Richtung auf ein Werkzeug hin weiterentwickelt wird. Eventuellen Mißverständnissen sei jedoch schon hier begegnet: Wir sind keinesfalls der Auffassung, Rechner und Software könnten völlig zu Werkzeugen werden und sich dadurch sozusagen in den Zustand organisatorischer Unschuld versetzen lassen. Mit der Werkzeug-Metapher wollen wir jedoch als Tendenzaussagen der heute verbreitetsten Form von Rechnerbenutzung, der Maschinenbedienung, entgegenreten.

Zu Beginn jeder soziotechnischen Systementwicklung (Mumford 1981) stehen Entwickler vor der Aufgabe, Software für neue Arbeitsaufgaben und -abläufe entwickeln zu müssen, wobei allenfalls Kenntnisse über alte Aufgaben und Abläufe vorliegen. Anforderungen an die Software können zu Beginn einer Systementwicklung nur aus dieser Kenntnis heraus formuliert werden. Jeg-

liche Software, die in Arbeitsabläufe von Menschen eingebettet wird, verändert mit dieser Einbettung Aufgabenzuschnitte und Arbeitsabläufe. Vom Namen her mag die alte Aufgabe durchaus erhalten sein; verfeinert man jedoch die Sichtweise und betrachtet die zur Aufgabenerfüllung notwendigen Arbeitsschritte, so sind z.B. zur Auftragseinplanung in einem PPS-System andere Aktivitäten notwendig als bei der manuellen Einplanung. Im Umgang mit dem neuen Arbeitsmittel verändern sich damit auch die Anforderungen an die Software; in einem wohlstrukturierten Systementwicklungsprozeß muß man diesen Umstand antizipieren können.

Um veränderte Anforderungen in der Arbeitstätigkeit bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Arbeitenden analysieren und bewerten zu können, bedarf es Untersuchungsverfahren und Evaluationskriterien. Einige objektive Arbeitsanalyseinstrumente benutzen als Bezugsgröße die Arbeitsaufgabe; mit dem Einsatz von DV-Systemen verändern sich jedoch Aufgaben soweit, daß sie im Kontext der Analyseverfahren nicht mehr vergleichbar sind.

Normalerweise existiert zu jeder Arbeitsaufgabe eine Klasse möglicher Arbeitsabläufe. Charakteristisch für die bisherige Softwareentwicklung ist, daß zu einer Arbeitsaufgabe meist nur ein Arbeitsablauf modelliert und für alle Benutzer verbindlich implementiert wird. Damit unterstützt das Arbeitsmittel Software genau diese Aufgabe und den modellierten Arbeitsablauf. Hieraus resultiert das zweite Problem von Softwareentwicklung, insbesondere von Standardsoftware: Problemangemessen ist sie nur bei identischen Aufgaben und gleichen Arbeitsabläufen. In allen anderen Fällen treten die Probleme auf, die vom Umgang mit Standardsoftware bekannt sind: Sie paßt nicht in die Unternehmung, oder das Unternehmen muß mehr oder weniger große Anpassungsleistungen erbringen.

Wieweit überhaupt fertige Softwaresysteme unterschiedliche Formen der Arbeitsorganisation zulassen, ist durchaus offen und nur im Einzelfall zu entscheiden. Da Software immer auch Organisationsmittel ist und beispielsweise bestimmte Formen der

Arbeitszerlegung widerspiegelt, ist manchmal nur schwer nachzuweisen, wieweit ein System unterschiedliche Formen der Arbeitsorganisation erlaubt. Prinzipiell kann jedoch ein solcher Nachweis gelingen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen: Der Einsatz von DV-Systemen verändert, anders als bei klassischen Werkzeugen, immer Aufgabenzuschnitt und Arbeitsabläufe. Zudem wird in den meisten Systemen nur ein Arbeitsablauf, mithin also ein Verfahren, implementiert, statt eine Vielzahl möglicher Arbeitsabläufe zuzulassen, die u.a. zur differentiellen Arbeitsgestaltung (Ulich 1978) genutzt werden könnten. Mit dem Arbeitsmittel Rechner werden somit immer auch Eingriffe in das arbeitsorganisatorische Gefüge transportiert; DV-Systeme treten in Wechselwirkung zur betrieblichen Organisation: Sie setzen auf eine bestimmte, notwendige Arbeitsteilung und auf vorab formalisierte Abläufe, verändern diese allein schon dadurch, daß Anteile geistiger, informationsverarbeitender Tätigkeiten vom Menschen auf den Rechner übergehen, und wirken als organisierende Systeme auf die betrieblichen Strukturen verändernd zurück.

Im folgenden soll anhand eines ganzheitlichen Gestaltungsansatzes und mittels einzelner Vorschläge der Charakter des Rechners als Organisationsmittel zurückgedrängt und der Werkzeugaspekt des Arbeitsmittels in den Vordergrund gestellt werden.

## II. Ein normativer Ansatz - Das Modell der Gestaltungsebenen

Der hier vertretene Ansatz arbeitsorientierten Gestaltens wird nicht nur als ein am Arbeitsprozeß ausgerichteter verstanden, sondern als einer, der an den spezifischen Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten des einzelnen Arbeitnehmers ansetzt. Mit ihm sollen physische, psychische und soziale Beeinträchtigungen des Arbeitenden vermieden und Forderungen nach Persönlichkeitsförderlichkeit oder Lernrelevanz in der Arbeitstätigkeit eingelöst werden.

Dazu werden Anforderungen sowohl an das Produkt Software wie an den Prozeß ihres Zustandekommens formuliert. Da mit der Einführung von DV-Systemen im Betrieb auch organisatorische Umstellungen einhergehen, sind zunächst die organisatorischen und alle weiteren Fragen, die im Vorfeld des Rechnereinsatzes für die Qualität der Arbeit mitentscheidend sind, zu klären. Erst dann sind, resultierend aus den vorherigen Entscheidungen, Anforderungen an das Arbeitsmittel festzulegen, denn die Gestaltung des Arbeitsmittels kann arbeitsorganisatorische Entscheidungen allenfalls unterstützen, nicht jedoch aufheben. Die Frage nach der Qualität der Software ist damit diejenige, wie adäquat sich Software als Arbeitsmittel in arbeitsorganisatorische Entscheidungen einbetten läßt.

Die für die Qualität der Arbeit mit Dialogsystemen gravierendsten Entscheidungen werden bei der Verteilung der Arbeit unter den Arbeitenden, bei der Festlegung der Arbeitsabläufe und bei der Aufteilung der Arbeit zwischen Mensch und Rechner getroffen. Die Entscheidung, einen Dateneingabeplatz einzurichten, bedeutet, einen Arbeitsplatz von großer Monotonie und geringem Handlungs- und Entscheidungsspielraum zu schaffen, der auch durch eine bestens gestaltete Dialogschnittstelle kaum noch aufgewertet werden kann. Da solche Arbeitsplätze im Umgang mit Massendaten nicht immer zu vermeiden sind, soll hier keineswegs gegen eine gut gestaltete Dialogschnittstelle oder gegen gute Hardwareausstattung argumentiert werden. Vielmehr soll die Aufmerksamkeit auf die Frage gelenkt werden, wie Arbeit neu zu verteilen ist, damit solche Arbeitsplätze nicht erst entstehen; damit sollen auch Hinweise gegeben werden, wie Dateneingabeplätze zugunsten von Mischarbeitsplätzen aufgelöst werden können.

Eingedenk dessen, daß auch eine gut gestaltete Schnittstelle tayloristische Formen der Arbeitsteilung nicht ansatzweise aufwiegen kann, und vor dem Hintergrund eigener Untersuchungen von Bildschirmarbeitsplätzen in Büro und Verwaltung (Rödiger 1986) wurde in dem Interdisziplinären Forschungsprojekt 'Gestaltung von Dialogschnittstellen' an der Technischen Universität Berlin ein Modell der Gestaltungsebenen für Benutzer-

schnittstellen beim Einsatz von rechnergestützten Systemen entwickelt. Dieses Modell soll alle Einflußgrößen auf die Gestaltung eines Bildschirmarbeitsplatzes ausweisen (Bild 1).

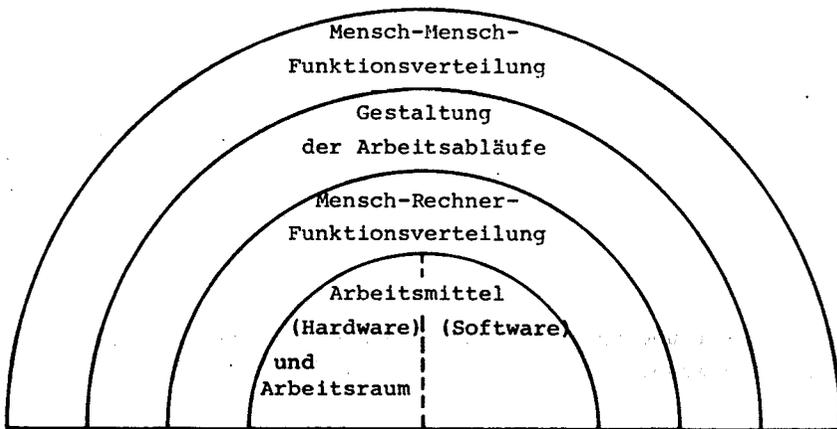


Bild 1: Gestaltungsebenen für Benutzerschnittstellen  
beim Einsatz von rechnergestützten Systemen

Wegen der einfacheren Änderbarkeit, zur Reduzierung von Komplexität und aus Portabilitätsgründen strebt man in der Softwaretechnik nach sinnvollen Modularisierungen. Deshalb wurde der Softwareanteil des Arbeitsmittels in Anlehnung an das IFIP-Modell für Benutzerschnittstellen (Dzida 1983) weiter zerlegt:

- Werkzeughandhabung  
Aufruf von Operationen, Funktionen, Anwendungsprogrammen,  
Erklärungen, Regeln zu ihrer Verknüpfung

### - Interaktionstechnik

Frage-Antwort-Modus, Formular- bzw. Maskentechnik, Kommandosprache, natürliche Sprache, direkte Manipulation, Fenster-technik

### - Informationsdarstellung

Gestaltung und Darstellung von Zeichen, Codierung und Darstellung von Informationen, Art und Form der Eingabe, Verwendung von touch screen, Maus oder Lichtgriffel.

Das hier vorgestellte Modell der Gestaltungsebenen legt nahe, Arbeit zunächst ohne Rücksicht auf Technikeinsatz neu zu verteilen. Um jedoch den Gestaltungsspielraum einer solchen von Technik losgelösten Arbeitsaufgabenplanung ausloten zu können, muß herausgearbeitet werden, welche Potentiale Technik beinhaltet, damit man sie an beliebige Aufgabenzuschnitte und differenzierte Ablaufgestaltung möglichst flexibel anpassen kann. Des weiteren ist zu untersuchen, ob sie neue Formen der Arbeitsgestaltung überhaupt erst ermöglicht, die unter den Bedingungen hochgradig arbeitsteiliger und spezialisierter Produktion bisher nicht realisierbar waren.

Flexibilität von DV-Systemen ist bisher mehrheitlich unter dem Aspekt der Einpaßbarkeit von Standardsoftware in Organisationen diskutiert worden. So stellen die in PSK 2000 (Kölle u.a. 1984) und PIUSS-0 (PSI 1985) realisierten Modularisierungen der Gesamtsysteme darauf ab, die Systeme leichter an die Anforderungen des jeweiligen Unternehmens anpassen zu können (Kölle u.a. 1984, S. 18). Die arbeitsorientierte Forderung nach differentieller Arbeitsgestaltung ist weitergehend und erfordert außer auf der betrieblichen Ebene auch auf der Ebene der Stelle individuelle Gestaltbarkeit der Software.

### III. Arbeitsgestaltung

#### 1. Aufgabenzuschnitt

Spezialisierung und Koordination werden in der Organisationslehre als die Grundprinzipien angesehen, auf denen Organisationsstrukturen beruhen (Kieser, Kubicek 1983). Spezialisierung meint dabei Teilung der betrieblichen Gesamtaufgabe nach Art und Umfang; Arbeitsteilung wiederum erzeugt einen Koordinationsbedarf.

Regeln zur Spezialisierung legen Aufgaben fest; die auf eine gedachte Person verteilten Aufgaben definieren die Stelle oder funktionelle Rolle. Der letztere Begriff ist treffender, da er auch auf Benutzer eines DV-Systems anwendbar ist, die nicht der betrachteten Organisation angehören, dennoch aber das betreffende DV-System, z.B. als Kunden einer Bank oder als Benutzer einer Bibliothek, in Anspruch nehmen.

Rechnereinsatz in der Arbeit setzt einerseits Arbeitszergliederung sowie Formalisierung und Standardisierung der Abläufe voraus, andererseits wirkt er verstärkend auf diese Prozesse zurück. In jedem Fall aber wird lebendige geistige Arbeit, Informationsverarbeitung, mittels eines DV-Systems automatisiert. Damit wird der Arbeitsinhalt pro funktionelle Rolle nach Art und Umfang ausgedünnt. Durchgängige Rationalisierungsstrategie im Büro und in der Produktion ist bisher - soviel wie möglich - zu automatisieren und Menschen als Störfaktor in der Arbeit zu eliminieren.

Verfolgt man statt dieses technokratischen Ansatzes einen arbeitsorientierten, müssen neue Aufgabenzuschnitte entwickelt werden, die die Arbeit auf dem alten oder möglicherweise erhöhtem Anforderungsniveau zusammenführen, die vor allem tayloristische Formen der Arbeitsteilung, die Trennung von Planung, Ausführung und Kontrolle, tendenziell zu überwinden helfen.

Mit der Konzentration auf Planungsprozesse in der Arbeit läßt sich diejenige Dimension in die Arbeitstätigkeit zurückholen, die durch Aufgabenzergliederung und Rechneinsatz verlorengelassen ist, die jedoch allgemein als die wesentliche Komponente menschlichen Arbeitshandelns angesehen wird, der Handlungs- und Entscheidungsspielraum (Ulich 1972). In dem Maße, in dem Planung von der Ausführung abgetrennt, in eigene Planungsinstanzen verlagert oder von rechnergestützten Systemen vereinnahmt wird, führt Produktionsarbeit zu physischen und psychischen Beeinträchtigungen (Volpert 1985). Der Zwang, die Spezialisierung in der Arbeit durch zentrale Koordination auszugleichen, ist so lange gegeben, wie die Zergliederungsprozesse in der Arbeit tayloristischen Prinzipien der Trennung von Planung und Ausführung folgen (Brödner 1985).

In dem Maße jedoch, in dem notwendige Planung in die Ausführung reintegriert wird, wird auch differentielle Arbeitsgestaltung möglich, werden gesundheitliche Beeinträchtigungen vermeidbar, ist der Zwang zu zentraler Planung zu überwinden. In der Arbeitspsychologie sind Instrumente entwickelt worden, mit denen der in einer Arbeitsaufgabe enthaltene Handlungs- und Entscheidungsspielraum analysiert und bewertet werden kann (Iwanova, Hacker 1984; Volpert u.a. 1983; IFP-Mitarbeiter 1986).

Seitens der Informatik besteht keinerlei Zwang, in Informationssysteme, die dem Arbeitenden alle Informationen über Arbeitspläne, Stücklisten, Materialverbrauch und -vorrat, Fertigungszeiten etc. bereitstellen, Planung zu inkorporieren. Die Entscheidung, wer auf welcher Ebene nach welchen Vorgehensweisen plant, ist ausschließlich eine arbeitsorganisatorische.

## 2. Arbeitsabläufe

Wird auf der Ebene der Mensch-Mensch-Funktionsverteilung das 'Was' der Arbeitsaufgabe, der Arbeitsinhalt, festgelegt, so ist es auf der Ebene der Arbeitsabläufe das 'Wie', beispielsweise eine Bearbeitungsreihenfolge. Die Reihenfolge kann zum Teil

sachlogisch vorgegeben sein. Über den in einer Arbeitsaufgabe enthaltenen Handlungs- und Entscheidungsspielraum wird in erster Linie auf der Ebene der Festlegung des Aufgabenzuschnitts entschieden; der nach diesen Entscheidungen verbliebene Spielraum kann durch Festlegung auf einen bestimmten Arbeitsablauf weiter eingeschränkt werden.

Tayloristische Formen der Arbeitsteilung in der Produktion finden ihren Ausdruck in einer zentralen Planungsabteilung, in der die Reihenfolge der Auftragsbearbeitung auf einer Maschine bis in das letzte Detail festgelegt wird, bevor die Fertigung beginnt. Denkbar wäre aber auch eine Abfolge, bei der zentral nur grob geplant wird, beispielsweise bis zur Ebene von typisierten Arbeitsplänen; dezentral, innerhalb der Fertigungsinsel oder an der einzelnen Maschine, werden diese Grobpläne weiter zerlegt und die Fertigung geplant und gesteuert. Diese Konzeption findet sich ansatzweise in PPS-Systemen wie PSK 2000 und PIUSS-0 wieder.

Eine Reintegration von Planungsanteilen in die Fertigung ist an einige Voraussetzungen gebunden: Es müssen lokal, etwa an der Fertigungsinsel, alle benötigten Informationen zur Verfügung stehen. Damit entfällt weitgehend die Notwendigkeit, Daten aus der Fertigung aktuell und valide mittels einer zeitlich engen Betriebsdatenerfassung an die zentrale Planungsabteilung rückzumelden. Viele Daten werden lediglich für weitere Planungen in der Fertigung selbst benötigt. Zur Bearbeitung dieser Daten, beispielsweise zum Kapazitätsabgleich durch Variationen der Belastung müssen geeignete Operationen angeboten werden. Die Dialogschnittstelle sollte so klar strukturiert sein, daß sie weder den DV-Fachmann oder den Systemspezialisten voraussetzt, noch Lesen von Handbüchern oder von langen Hilfetexten auf dem Bildschirm erfordert.

Die Forderung, Feinplanung dezentral in der Werkstatt durchzuführen, wird durch das Konzept der belastungsorientierten Auftragsfreigabe (Kettner, Bechte 1981) unterstützt. In der Arbeitsvorbereitung werden die Steuerungsdaten für einen Algo-

rhythmus festgelegt, durch den Aufträge in die Werkstatt je nach der aktuellen Maschinenbelastung freigegeben werden. Die Produktion wird wegen der Menge und der Unsicherheit der zu berücksichtigenden Daten als stochastisch angesehen; eine detaillierte, deterministische Maschinenbelegung würde den Planungsaufwand vervielfachen, ohne bessere Planungsergebnisse hervorzubringen. Damit verbleibt dem Arbeitsvorbereiter, Steuerungsparameter zu setzen, z.B. die vorgesehene Gesamtbearbeitungszeit vor jeder Maschine; die Werkstatt kann die Aufträge vor jeder Maschine nach eigener Entscheidung abarbeiten.

Die Planungsphilosophie, Grobplanung zentral und Feinplanung dezentral vorzunehmen, liegt auch dem KANBAN-Prinzip zugrunde. Zentral werden einige Steuerungsparameter, die Dimensionierung der KANBAN-Kreise, festgelegt; alle Entscheidungen zur Fertigungssteuerung hingegen werden dezentral getroffen. Als Erweiterung der KANBAN-Technik, bei der mit Karteikarten gearbeitet wird, können für dezentrale Planungsvorgänge auch PCs eingesetzt werden (Sainis 1985). Dies ist dann besonders sinnvoll, wenn zur Teilebeschreibung viele Informationen benötigt werden, die auf einer Karteikarte unter Umständen keinen Platz finden.

Die notwendigen Daten können zwischen den dezentralen Rechnern über ein Local Area Network (LAN) übermittelt werden. Dabei sind die einzelnen Knoten untereinander nicht über eine Zentrale verbunden, wie bei Bildschirmgeräten an einem Großrechner, sondern direkt über eine passive Leitung. Die kann topologisch als Bus oder Baum ausgelegt sein. Topologie und Auslegung des LAN sind durch die Struktur und Anzahl der KANBAN-Kreise teilweise vorgegeben.

Die Verbindung zwischen Zentralrechner und darauf installierter Datenbank und dem LAN stellt den Zugriff des jeweils ersten dezentralen Rechners eines KANBAN-Kreises sicher. Diese Verbindung kann mit einem Gateway realisiert werden, d.h. mit Hilfe eines Kommunikationsrechners, dessen einzige Aufgaben Datentransfer und Protokollumsetzung zwischen zentralem Rechner und LAN sind.

Die zentrale Grobplanung kann im Batch-Betrieb erfolgen, da sie zeitraumbezogen ist und große Datenbestände zu verarbeiten sind. Die dezentrale Planung und Steuerung sollte auf jeden Fall im Dialog durchgeführt werden, um zu jedem Zeitpunkt sicherzustellen, daß auch bei unvorhergesehenen Ereignissen, wie Materialausfällen oder Eilaufträgen, der dezentrale Rechner als Planungshilfsmittel eingesetzt werden kann (vgl. Scheer 1983).

### 3. Mensch-Rechner-Funktionsverteilung

Die Mensch-Rechner-Funktionsverteilung beinhaltet Auswahl und Festlegung von Systemfunktionen zur Erfüllung der gestellten Anforderungen. Hierbei ist zu entscheiden, welche Funktionen an den Rechner delegiert werden und welche beim Benutzer verbleiben. Jede Tätigkeit, die an einen Rechner delegiert wird, verändert das vom Arbeitenden Auszuführende nach Art und Umfang. Prinzipiell lassen sich alle Tätigkeiten automatisieren, die algorithmisch zu beschreiben sind.

Arbeiten über den Zusammenhang von Arbeit und Persönlichkeit geben Anhaltspunkte dafür, wie negative Folgen aus der Arbeit mit DV-Systemen vermieden werden können. Sie weisen dem Arbeitenden diejenigen Tätigkeiten zu, die sein körperliches und psychisches Befinden nicht beeinträchtigen, die er aufgrund seiner Qualifikationen ausführen kann und die für ihn Persönlichkeitsförderlichkeit und Lernrelevanz beinhalten. Arbeiten über Aufgabenvokabulare für informationsverarbeitende Systeme (Miller 1971) können normative Entscheidungen bei der Funktionsverteilung unterstützen.

Bezogen auf die Funktionsverteilung bei PPS-Systemen heißt das, Planungs- und Entscheidungsanteile in der Arbeit beim Benutzer zu belassen. Im Lauf der Entwicklung von PPS-Systemen wurde der Einsatz zentral vom DV-System ausgeführter Planungsalgorithmen schrittweise reduziert: von deterministischen Operations-Research-Verfahren zur Termin- und Kapazitätsplanung über stochastische Ansätze der Warteschlangentheorie bis zu der Erkennt-

nis, diese Steuerungsfunktionen dem Werkstattpersonal zu überlassen.

Im Sinne des zuletzt genannten Ansatzes stellt das DV-System lediglich Daten und Funktionen zur Simulation von Entscheidungssituationen, beispielsweise zur Simulation einer Maschinenbelegung, bereit. Statt komplexer Verfahren sollten mit dem DV-System Werkzeuge zur Planung angeboten werden.

Damit ist auch die Differenzierung zwischen Standard- und Sonderfallbearbeitung in der Tendenz aufzuheben. Meist werden routinemäßige Aufgaben, die algorithmisch vollständig beschreibbar sind und zu denen alle benötigten Daten bereitstehen, weitgehend automatisiert auf einem Rechner bearbeitet. Die unvollständigen Sonderfälle hingegen verbleiben dem Sachbearbeiter. Dies ist eine Inkarnation der Resttätigkeitenstrategie: Dem Arbeitenden verbleiben nur die unter ökonomischen Gesichtspunkten (noch) nicht zu automatisierenden Aufgaben. Verfolgt man den Gedanken, Verfahren zugunsten von Werkzeugen bei der Entwicklung von DV-Systemen zurückzudrängen, konsequent zu Ende, kann der Sachbearbeiter für sich entscheiden, was Standard ist, indem er aus immer wiederkehrenden Abfolgen von Grundoperationen größere Einheiten bildet. Grundoperationen sind dabei die vom DV-System angebotenen Planungshilfsmittel.

Da man auch bei DV-Systemen am besten aus Fehlern lernt, sollte das System Probehandeln ermöglichen und fehlerhafte Entscheidungen bearbeiten, ohne gleich durch akustische und optische Signale oder durch Blockieren weiterer Transaktionen den Benutzer zu verschrecken. Werden statt dessen auch fehlerhafte Ergebnisse zu grafischer Form aufbereitet, wird beispielsweise gezeigt, daß eine Maschine überlastet ist, bemerkt ein Planer Fehlentscheidungen auch ohne warnende Hinweise. Komplexe Systeme sollten inhaltliche Fehler erlauben, um Lernen zu ermöglichen. Bedienungsfehlern hingegen sollte nicht vornehmlich mit aufwendigen Hilfesystemen, Help-Tasten und Texthinweisen begegnet werden; sie sollten beim Entwurf des Systems durch eine klare, möglichst homogene Bedienungsoberfläche antizipiert werden.

#### IV. Gestaltung des Arbeitsmittels

Portabilität als Problem, ein PPS-System auf der Hardware unterschiedlicher Hersteller betreiben zu können, kann mittelbar als eine arbeitsorientierte Forderung begriffen werden: Dem Benutzer des Systems soll unabhängig von der verwendeten Hardware eine möglichst einheitliche Bedienungsoberfläche zur Verfügung stehen. Nach der Untersuchung von Brief u.a. (1983) sind nur ca. ein Drittel aller PPS-Systeme portabel. Das erstaunt bei der Komplexität und der Entstehungsweise solcher Systeme nicht sonderlich; erstaunlich hingegen ist, daß die Entwickler von PSK 2000 Portabilität nicht zu den Entwicklungszielen zählten und dieses System dementsprechend nur auf dedizierter Hardware (Data General) läuft. Bezüglich Portabilität herausragend ist das PS-System von PS-Systemtechnik, Bremen, das 1983 Implementierungen auf zehn verschiedenen Rechnern aufweisen konnte.

Nachfolgend werden Anforderungen an die Schnittstelle zwischen Mensch und Rechner als Anforderungen an das Softwareprodukt entwickelt, wie es sich an seiner Oberfläche den damit Arbeitenden darbietet. Dies ist der Gegenstandsbereich der Softwareergonomie im engeren Sinn; er reicht von allgemeinen Grundsätzen der Dialoggestaltung über Interaktionstechniken und Informationsdarstellung bis zu Ein-/Ausgabetechniken.

Im Entwurf zur DIN-Norm 66 234, Teil 8 "Grundsätze der Dialoggestaltung", werden Anforderungen an die Schnittstelle benannt. Mit dem Normentwurf "sollen die Eigenschaften des Dialogsystems an die psychischen Eigenschaften der damit arbeitenden Menschen angepaßt werden" (Deutsches Institut für Normung e.V. 1986, S. 1). Die fünf Gestaltungsgrundsätze dieses Entwurfs in der revidierten Fassung vom Januar 1986, die auf jedes Softwaresystem möglichst immer geschlossen angewendet werden sollen, sind:

- Aufgabenangemessenheit
- Selbsterklärungsfähigkeit
- Steuerbarkeit

- Erwartungskonformität
- Fehlerrobustheit

Da hinter diesem Normentwurf die Vorstellung einer anwendungs-unabhängigen Schnittstelle steht, sind die Kriterien wenig operational definiert. Der Bedeutungsgehalt der Grundsätze wird durch Aufzählen von Beispielen vermittelt. Der Entwurf ist an einem Arbeitsplatz orientiert, der in der Beherrschung von Arbeitsaufgabe und Arbeitsmittel hohe Anforderungen an den Arbeitenden stellt. Zutreffend angewendet werden können diese Grundsätze beispielsweise auf den Arbeitsplatz eines Systemprogrammierers oder eines Disponenten. Bei Arbeitsaufgaben mit geringen Anforderungen sind einzelne Kriterien unter Umständen nicht anwendbar.

In Abgrenzung zum DIN-Normentwurf und zum IFIP-Modell für Benutzerschnittstellen wird hier die Auffassung vertreten, daß Schnittstellen ebenso wie Teilaspekte derselben immer auch aufgabenabhängig entwickelt werden sollten. Anwendungsunabhängige Schnittstellen, d.h. die Bestimmung von Dialogtechniken und Informationsdarstellungen, unabhängig von einer konkreten Arbeitsaufgabe, können zu disfunktionalen Lösungen führen.

Die nachfolgende Darstellung der Gestaltungsforderungen und -möglichkeiten (nach Hildmann 1985) orientiert sich am Modell der Gestaltungsebenen. Die Zergliederung der Dialogschnittstelle in Werkzeughandhabung, Interaktionstechnik und Informationsdarstellung erlaubt, Anforderungen aus arbeitsorientierter Sicht den jeweiligen Teilbereichen der Schnittstelle zuzuordnen.

### 1. Werkzeughandhabung

Dieser Aspekt der Dialogschnittstelle umfaßt alle verfügbaren Operationen sowie die dazugehörigen Erläuterungen. In ihm werden die Freiheitsgrade festgelegt, die dem Arbeitenden verbleiben, seinen Arbeitsablauf selbst zu bestimmen. Sind komplexe Verfahren implementiert, wie eine Kapazitätsterminierung, die

nur angestoßen werden muß und dann selbsttätig abläuft, bleiben kaum Eingriffsmöglichkeiten.

Die Forderung nach Werkzeugen zur Planung, die den Benutzer in der Werkstatt unterstützen sollen, läßt sich durch Objektorientierung einlösen. Unter Objektorientierung wird verstanden, daß auf dem Bildschirm alle diejenigen Objekte in ikonischer oder begrifflicher Form dargestellt und verfügbar sind, die auch in der realen Arbeitsumgebung des Benutzers vorkommen. Auf diese, beispielsweise ständig in einer Menüleiste angezeigten Objekte kann der Benutzer zugreifen, er kann sie modifizieren, oder er kann sich neue Objekte generieren. Damit wird die intuitive Fähigkeit des Benutzers, sein Problem durch Analyse und Synthese zu lösen, unterstützt (vgl. Goldberg 1984, S. 79).

Objekte in der Planung sind Aufträge, Maschinen, Kapazitäten, oder auch ein Postkorb, der die Kommunikation mit anderen Benutzern unterstützen soll. Zu jedem Objekt gibt es eine Menge von Operationen, mit denen diese Objekte manipuliert werden können. Für ein Objekt vom Typ 'Aufträge' sind die Operationen Zeigen, Übernehmen, Verschieben, Suchen, Abschließen, Stornieren und Beiseite legen definiert (Bild 2).

Grundelemente eines solchen PPS-Systems sind Objekte und Grundoperationen. Grundoperationen stellen die kleinsten Einheiten dar, die im gegebenen Anwendungskontext sinnvoll und möglich sind. Mit solchen Objekten und den dazugehörenden Operationen, die je nach individuellen Gewohnheiten manipuliert werden können, läßt sich die Forderung nach einem Planungswerkzeug einlösen. Zusätzlich wird eine einfache Spezifikationsprache benötigt, die es erlaubt, Grundoperationen zu mächtigeren Operationen - ggf. auch zu Verfahren - zu verknüpfen. Dieser Ansatz unterscheidet sich von anderen, bei denen ebenfalls nur ein Rahmen vorgegeben wird, dadurch, daß das PPS-System nicht alle Planungen vorwegnimmt, sondern Informationen bereitstellt.

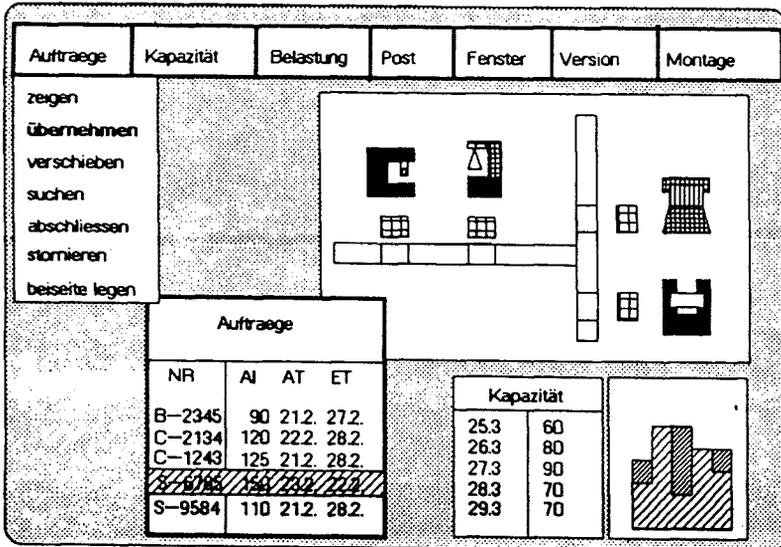


Bild 2: Zulässige Operationen auf dem Objekt 'Auftrag'  
(nach Jahn, Kalb 1985, S. 262)

Die Definition einer Spezifikationsprache, mit der sich der Benutzer in der Werkstatt neue Objekte oder Operationen erzeugt, ist nicht unproblematisch, muß sie doch neben logischen Operationen auch Kontrollstrukturen beinhalten, um sinnvolles Spezifizieren zu ermöglichen; Fallunterscheidungen und Schleifen werden als Konstrukte mit Sicherheit benötigt.

Voraussetzung für eine derartige Ausgestaltung der Werkzeug-schnittstelle ist die Ermittlung aller benötigten Objekte und der darauf zulässigen Operationen. Regeln lassen sich hierfür zur Zeit nicht angeben; weiterhin existieren bisher kaum Methoden

und Hilfsmittel, die alle Anforderungen an ein solches System sicherstellen. Da es nicht darum gehen kann, Arbeiten mit dem Rechner wieder auf binäre Zustände oder arithmetische Operationen zu reduzieren, müssen Operationen pragmatisch aus dem Arbeitskontext eines Disponenten im Umgang mit den Objekten, die er vor dem Rechnereinsatz zur Planung auf dem Schreibtisch benötigte, bestimmt werden. Wieweit solche Operationen den Benutzer unterstützen oder schon in seinen Entscheidungen einengen, bedarf eingehender arbeitswissenschaftlicher Untersuchungen.

Ein partizipativer Ansatz der Systementwicklung bei der Ermittlung von Objekten und Operationen wird dabei nicht alle Probleme lösen können, da die zukünftigen Benutzer solcher Systeme oft schon Benutzer von Softwaresystemen sind, in denen komplexe Verfahren implementiert sind. Der Umdenkprozeß erfordert verständlicherweise viel Phantasie und Kreativität, die durch konventionelle Systeme meist schon angegriffen wurden.

Das Konzept, nur Grundoperationen zu implementieren, ist nicht neu; auch ein Taschenrechner realisiert sie durch Bereitstellen arithmetischer Operationen. Das Prinzip ist allerdings dann neu, wenn es als konsequente Abkehr von einem technozentrischen Ansatz angewendet wird. Unterstützung findet es in objektorientierten Sprachen wie Smalltalk (Goldberg 1984). Die konsequente Verfolgung eines solchen Konzepts als Modularisierungsprinzip ist geeignet, Informationssysteme an beliebige Organisationen anpaßbar zu machen. Des weiteren kann damit die Forderung nach individueller Anpaßbarkeit der Software als Voraussetzung differentieller Arbeitsgestaltung eingelöst werden. Außerdem ist die Forderung nach Erwartungskonformität aus dem DIN-Entwurf erfüllbar, bei gleichen oder ähnlichen Aufgaben gleiche oder ähnliche Funktionen benutzen zu können.

## 2. Interaktionstechnik

Dieser Aspekt der Dialogschnittstelle beinhaltet die Art und Weise, wie Benutzer mit Rechnern interagieren. Hier wird über Freiheitsgrade in der Dialogführung und über Schwierigkeiten, die im Umgang mit Dialogsystemen auftreten, entschieden. Unter den Gesichtspunkten Erwartungskonformität und Selbsterklärungsfähigkeit, Gestaltungsgrundsätzen des DIN-Entwurfs, lautet die angemessene Forderung an diesen Aspekt der Dialogschnittstelle: Implementierung einer auch bei unterschiedlichen Anwendungen einheitlichen Interaktionsform, um den Benutzer nicht mit unnötigen Hindernissen, die das Arbeitsmittel verursacht, zu belasten. Des weiteren sollte die Interaktionsform dem Arbeitenden größtmögliche Freiheit in der Dialogführung belassen. Für ungeübte Benutzer kann es durchaus sinnvoll sein, wenn der Rechner in einer Einführungsphase die Dialogführung übernimmt; der Arbeitende sollte jedoch immer die Möglichkeit haben, aus einem rechnergeführten Dialog auszusteigen und selbst die Initiative zu übernehmen.

Für einen Kapazitätsabgleich kann es notwendig sein, sich zuvor über Werkzeuge und Material zu informieren. Muß man hierzu den laufenden Prozeß unterbrechen und einen anderen anstoßen, sollte man im PPS-System jederzeit an den Unterbrechungspunkt zurückkehren können, um die Arbeit fortzusetzen. Insbesondere sollte es möglich sein, jederzeit den Status des Systems, bestehend aus der Menge der aktuell möglichen Befehle, der Menge der aktuell veränderbaren Daten und der Geschichte des Dialogablaufs anzuzeigen, ohne den Kontext des Dialogs zu zerstören.

Kommandosprachen sind für die Interaktion zwischen Benutzer und System weit verbreitet. Ihre Syntax erlaubt die Formulierung komplexer Kommandos, die man lernen oder bei der Benutzung reaktivieren muß. Als Alternative dazu gibt es Menüs, deren Befehle durch Cursorpositionierung angesprochen werden. Die meisten PPS-Systeme arbeiten mit Menüs, die einen baumartigen Zugriff auf einzelne Funktionen erlauben. Da diese Form für geübte Benutzer sehr zeit- und eingabeaufwendig ist, kann man in vielen Systemen

eine Funktion oder ein bestimmtes Menü mittels eines Kommandos auch direkt aufrufen.

Verfolgt man das Konzept der Werkstattprogrammierung bei CNC-Maschinen und will zudem Teile der Planung unmittelbar an die Maschine zurückholen, so könnte ein solches Konzept unter Umständen daran scheitern, daß der Facharbeiter, dessen Hauptaufgabe die spanende Bearbeitung von Werkstücken ist, durch die unterschiedlichen Dialogschnittstellen von CNC-Maschine, Maschinen- oder Inselrechner sowie PPS-Rechner überfordert wird. Die Gefahr ist deshalb so groß, weil er auf beiden Rechnern nur gelegentlicher Benutzer ist, der unter Umständen sein Wissen über die Interaktionsformen bei jeder Benutzung über Bedienungsanleitungen oder Hilfetexte reaktivieren muß.

Die Ingenieurgesellschaft für Prozeßautomation Bernhard Hilpert (IBH), Schwieberdingen, bietet mit ihrem IBH-COM Leitsystem eine einheitliche Schnittstelle in der Technik der direkten Manipulation für PPS-System und NC-Programmierung auf einem Personal Computer des Typs 'IBM AT' an. Über Local Area Networks kann dieses System mit anderen Fertigungshilfsmitteln, wie Lager, Transport etc., und mit netzwerkfähigen Maschinen verbunden werden.

Unter direkter Manipulation wird ein Konzept verstanden, das auf PCs verbreitet ist. Wesentliche Charakteristika der direkten Manipulation sind: kontinuierliche Darstellung aller interessierenden Objekte, physikalische Aktionen oder Funktionstasten anstelle von komplexer Syntax, schnelle inkrementelle und reversible Schritte, deren Auswirkungen auf das jeweils interessierende Objekt sofort sichtbar sind.

Bei der direkten Manipulation wird ein der Realität entlehntes Bild, wie etwa eine Schreibtischoberfläche, durch Objekte simuliert. Direkt manipuliert wird ein Objekt durch die syntaktische Reihung Objekt - Operation, auf die ein unmittelbares Feedback durch Anzeige des manipulierten Objekts erfolgt. Aufgaben werden durch die inkrementelle Aneinanderreihung elementarer Benutzer-

aktionen bearbeitet. Hiermit wird dem Prinzip Rechnung getragen, daß Sehen und Zeigen von Objekten und Operationen leichter ist, als sich an diese zu erinnern und anschließend einen Befehl über eine alphanumerische Tastatur einzugeben.

Ein Auftrag vor einer Maschine wird dadurch auf die folgende Woche verschoben, daß zunächst der Auftrag und die dazugehörige Kapazität aus der Menge aller Aufträge in ein Fenster des Bildschirms geholt wird. Zu jedem Auftrag gehört neben der Identifikation der Arbeitsinhalt sowie der Anfangs- und Endtermin für die gegebene Kapazität. Wird jetzt der Anfangstermin durch Überschreiben nach hinten verschoben, so werden die kapazitiven Auswirkungen für beide Perioden sofort grafisch angezeigt (Bild 3).

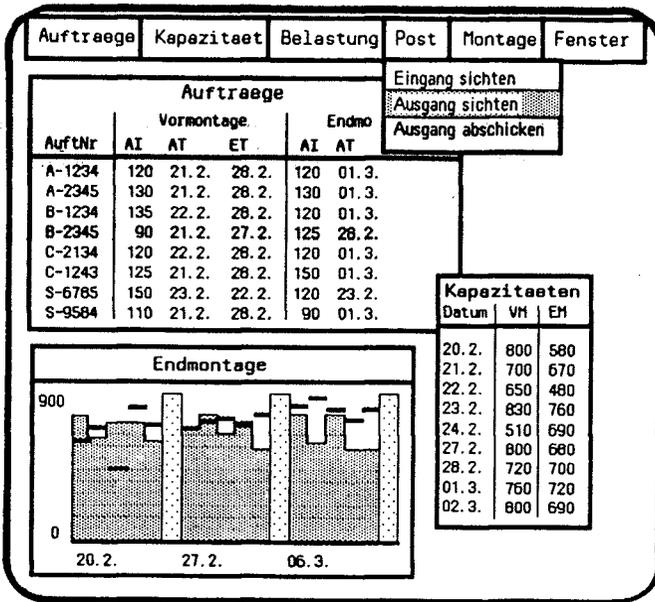


Bild 3: Verschieben eines Auftrags  
(nach Jahn, Kalb 1985, S. 268)

Mit der Technik der direkten Manipulation wird die Differenzierung zwischen Dialogformen für ungeübte und geübte Benutzer in der Tendenz hinfällig; direkte Manipulation ist für beide Benutzerklassen selbsterklärend und einfach handhabbar, da keine langen Hilfetexte am Bildschirm oder im Handbuch notwendig sind.

### 3. Informationsdarstellung

Dieser Aspekt der Dialogschnittstelle beinhaltet sowohl die hardwareabhängige Form der Informationsdarstellung, wie Zeichensatz, Gestalt der Zeichen, Farbe, akustische Signale etc., als auch die Organisation der Informationen auf dem Bildschirm sowie die Art und Weise der Informationseingabe. Die Art der Informationsdarstellung hat wesentlichen Anteil an der Leichtigkeit der Informationsaufnahme durch den Benutzer. Zwar ist eine Tabelle, in der beispielsweise zu den Auftragsnummern nur die geplanten Liefertermine gezeigt werden, unter Umständen die angemessene Antwort auf Datenfriedhöfe in Masken (Jahn, Kalb 1985); auch ist die Anzeige zu manipulierender Objekte in ikonischer oder textueller Form selbsterklärender als das Erscheinungsbild eines Funktionsaufrufs; dennoch sind diese Lösungen dann nicht aufgabenangemessen, wenn zu einem Geschäftsvorfall, z.B. der Aufnahme eines Kundenauftrags im Rechner, viele Merkmale (Gegenstand, Abmessungen, Toleranzen, Liefertermin, Preis, Zahlungsweise etc.) zu einem Vorgang zusammengefaßt werden müssen. Hierfür können die Daten nur angemessen in einer Maske dargestellt werden.

Zu fordern ist, daß nur so viele Daten auf dem Bildschirm angezeigt werden, wie für den unmittelbaren Arbeitskontext notwendig und hinreichend sind; diese sind so übersichtlich zu gruppieren, wie das nach den Erkenntnissen der Wahrnehmungspsychologie (Gesetz der Nähe, Gesetz der Lokalität etc.) möglich ist. Gute Gestaltungshinweise hierzu sind in den DIN-Normen 66 234 - Bildschirmarbeitsplätze, Teile 1, 2, 3 und 5, bei Benz u.a. (1981), Döbele-Berger u.a. (1984) sowie bei Moritz (1983) zu finden.

Bei der Verwendung von Masken sollten Eingaben auch feld- und zeichenweise verarbeitet werden können, um Arbeitstätigkeiten nicht unnötig zu komplizieren und um Eingabefehler möglichst sofort und lokal feststellen und anzeigen zu können. Wird neben der wahlweisen Feld- und Zeichenverarbeitung auch noch ein Maskengenerator angeboten, mit dem der Benutzer seine Arbeitsumgebung gestalten kann, erhält man größtmögliche Flexibilität. Nach einer Untersuchung aus dem Jahre 1983 (Brief u.a. 1983) verfügen 20 von 31 untersuchten PPS-Systemen über einen Maskengenerator zur Auswertung gespeicherter Daten.

Ein im allgemeinen noch nicht zufriedenstellend gelöstes Problem der Informationsdarstellung ist die Frage, wie viele Daten gleichzeitig auf dem Bildschirm angezeigt werden sollen. Dieses Problem rührt einerseits aus der Vielzahl möglicher Merkmale zu einem Gegenstand, beispielsweise einem Auftrag, her, oder es hat seinen Ursprung darin, daß neben den gerade zu bearbeitenden Daten noch weitere Informationen aus anderen Bereichen benötigt werden.

Für den ersten Fall stehen zwei Lösungen gegeneinander: übervolle und unübersichtliche Masken, die jedoch alle benötigten Daten enthalten, versus Strukturierung der Daten und Blättern über mehrere Bildschirmseiten, um alle Informationen zu erhalten. Dieser Gegensatz kann mittels Fenstertechnik, bei der zusätzlich benötigte Daten eingeblendet werden, oder mittels Ausblendtechnik, bei der die Anzeige momentan nicht benötigter Daten unterdrückt wird, aufgelöst werden. Diese Lösung kann mit einem großformatigen Bildschirm verbessert werden, auf dem die zusätzlich angestoßenen Prozesse in Fenstern angezeigt werden.

Als Beispiel für Problemlösungen, die nach dem heutigen Stand verbesserungsbedürftig sind, mögen die Lösungen innerhalb PIUSS-0 und PSK 2000 für das Problem stehen, daß in einem bestimmten Arbeitskontext Zusatzinformationen aus anderen Funktionen des PPS-Systems benötigt werden. Zum einen gibt es den futuristisch anmutenden Lösungsvorschlag von PSI (PSI 1985), einen Arbeitsplatz mit drei Bildschirmen und drei Tastaturen cockpitartig

auszurüsten; auf jedem der drei Bildschirme können dann die benötigten Daten abgefragt werden.

Eine ebenfalls kaum befriedigende Lösung stellt das Agent-System ERDA in PSK 2000 dar, das in der Lage ist, zehn Prozesse zu verwalten, die in beliebiger Reihenfolge angestoßen werden können, und mit Hilfe dessen man zum Aufrufpunkt zurückkehren kann. Benötigt man Informationen aus einem anderen Modul, sind diese zwar mittels ERDA zu beschaffen, sie müssen jedoch auf Papier, von Hand aufgeschrieben oder als Ausdruck, zwischengespeichert werden, wenn man mit ihnen weiterarbeiten will.

Jahn und Kalb hingegen schlagen vor: "Statt vollgepfropfter Masken, die eine vorgedachte feste, auf einen Bildschirm passende Informationszusammenstellung anbieten, stehen Objekte als elementare Informationseinheiten zur Verfügung. Sie werden in Fenstern, die beliebig am Bildschirm (auch überlappt) angeordnet werden, gezeigt. Die Fenster können vergrößert, verkleinert und ihr Inhalt waagrecht und senkrecht gerollt werden. So können Informationen beliebig zusammengestellt werden. Der Sachbearbeiter kann - wie früher am Schreibtisch - Informationen aus mehreren Papieren gleichzeitig verarbeiten.

Die Darstellung von Informationen - in der PPS aufgebaut aus den Grundeinheiten: Namen, Zahlen, Zeiteinheiten, Geldeinheiten, Zeichenketten - wird möglichst in Tabellen organisiert. Grafik in Form von Businessgrafik und Symbolik bringt einen entscheidenden Schritt für die einfache und schnelle Interpretation durch den Benutzer. Grafiken müssen - statt fest programmiert - definierbar sein; optimal, wenn das der Benutzer selber kann. Die Möglichkeit, Grafiken in Beziehung zueinander zu setzen, schafft Verknüpfungen, ohne zu rechnen" (Jahn, Kalb 1985, S. 262f.).

Die Maus als Zeigerinstrument, beispielsweise zur Auswahl von Objekten, ist bei PCs verbreitet, da der Cursor mit ihr nach einer kurzen Eingewöhnungsphase schneller zu positionieren ist als mittels einer Tastatur. In PPS-Systemen wird zur Zeit noch keine Maus verwendet. Bei Anwendungen im Bürobereich hat sich

gezeigt, daß in den Fällen, in denen mehrfach zwischen Maus und Tastatur gewechselt werden muß, die Maus weniger als erwartet benutzt und der Cursor eher mittels Tastatur positioniert wird. Hier scheint ein Eingabegerät günstiger zu sein als der permanente Wechsel.

Wird die Maus nur zum Positionieren des Cursors und zum Auswählen von Objekten benötigt, reicht eine Taste aus; sollen dagegen weitere Operationen mit der Maus ausgelöst werden, z.B. im Sinne universell gültiger Funktionstasten, werden mehrere Tasten benötigt, sieht man von der inkonsistenten Lösung ab, daß einmaliges Betätigen der Taste Auswählen bedeutet, mit mehrmaligem kurz aufeinanderfolgendem Betätigen der Taste dagegen eine Funktion aufgerufen wird. Die notwendige Anzahl von Tasten läßt sich aus den Funktionen bestimmen, die mit der Maus realisiert werden sollen.

#### V. Neuere Entwicklungen bei PPS-Systemen

Eines der wesentlichsten Probleme eines Standardpakets zur Produktionsplanung und -steuerung besteht darin, die Einpaßbarkeit des PPS-Systems in beliebige Aufbau- und Ablauforganisationen zu gewährleisten. Voraussetzung hierfür ist, daß arbeitsorganisatorische Anteile aus dem DV-System so weit wie möglich eliminiert werden, und das System als unterstützendes Mittel der Arbeit konzipiert wird. Erst wenn PPS-Systeme in ihren Funktionen so weit elementarisiert sind, daß nur noch Grundoperationen angeboten werden, kann dieser Anspruch als eingelöst betrachtet werden. Mit einem so strukturierten System läßt sich dann auch leicht ein dezentrales Planungskonzept verfolgen.

Bei den Systemen PSK 2000 und PIUSS-0 war Flexibilität bezüglich unterschiedlicher organisatorischer Anforderungen ein explizites Entwicklungsziel, das durch weitgehende Modularisierung des Gesamtsystems erreicht werden sollte. Diese Modularisierung soll Einpaßbarkeit, Erweiterungen und Änderungen unterstützen. Nebenläufiges Ziel war der geplante Einsatz dieser Systeme sowohl für

die Einzel- wie für die Serienfertigung. Wieweit dieses eingelöst wird, muß die betriebliche Praxis ergeben. Festzuhalten bleibt, daß beide Systeme einen hohen Modularisierungsgrad bezüglich organisatorischer Anforderungen aufweisen, von einer Modularisierung im Sinne differentieller Arbeitsgestaltung jedoch noch weit entfernt sind.

Betrachtet man die Dialogschnittstellen einiger neuerer PPS-Systeme unter softwareergonomischen Gesichtspunkten, muß man feststellen, daß trotz teilweise hoher Ansprüche (vgl. Döbeleberger u.a. 1984) nur wenige arbeitsorientierte Gestaltungsanforderungen realisiert wurden. Eindeutig dominieren Funktionalitätsprobleme wie Entwurf und Implementierung neuer Planungsalgorithmen, Integrität und Konsistenz der Daten, Integration unterschiedlicher betrieblicher Funktionskreise etc. gegenüber Schnittstellenanforderungen.

Eine vielversprechende Alternative, die allerdings noch nicht als Produkt, sondern nur hausintern zur Verfügung steht, wird von Siemens entwickelt (Jahn, Kalb 1985). Dieses System löst sicherlich auch nicht alle Probleme der Produktionsplanung und -steuerung; hervorzuheben ist jedoch, daß die qualifizierte Arbeit des Planers in den Mittelpunkt gestellt und das PPS-System als unterstützendes Hilfsmittel entwickelt wird.

Herausragende Kennzeichen dieser Software sind Objektorientierung und direkte Manipulation von Objekten. Statt Funktionen aufzurufen, kann man aus einer Menge von Objekten - angezeigt in einer Menüleiste am oberen Bildschirmrand - ein Objekt selektieren und dieses dann manipulieren. Hierzu stehen für jedes Objekt kontextabhängig sogenannte pull-down-menues bereit, die die Menge der auf diesem Objekt zulässigen Operationen repräsentieren. Mit Hilfe dieser Menüs können die Objekte direkt, ohne Angabe von Kommandos, angezeigt und verändert werden; das Ergebnis wird dann unmittelbar auf dem Bildschirm sichtbar.

Jeder Planer kann seine eigene Strategie realisieren. "Der Fachmann hat die Ziele, Strategien und Regeln im Kopf. Danach ver-

knüpft er die Grundoperationen. Interaktives Arbeiten ersetzt feste Abläufe. (Wenn man allerdings eine gewisse Zeit immer gleich verfährt, sollte für diesen Zeitraum dies besser ein Verfahren übernehmen)" (Jahn, Kalb 1985, S. 261)

Die dieses System kennzeichnenden Merkmale haben sich beim Einsatz von Arbeitsplatzsystemen weitgehend durchgesetzt (EMS 5820, Lisa, Macintosh, Star, ...). Für Routineaufgaben im Bürobereich sind die PCs als vernetzte Systeme noch nicht ausgereift; so bestehen beispielsweise Probleme mit den Antwortzeiten. Wenn die technischen Mängel in nächster Zeit beseitigt werden, so ist anzunehmen, daß sich diese Systeme in einigen Jahren durchsetzen werden.

Alle hier skizzierten Entwicklungen intendieren, dem Planenden in der Werkstatt einen möglichst großen Handlungs- und Entscheidungsspielraum zu geben. Damit grenzen sich diese Systeme ebenso wie wir uns gegen Expertensysteme ab, deren Ziel es ist, das Fachwissen einiger weniger Experten allen zugänglich zu machen und ihnen damit Lösungsvorschläge aufzudrängen.

Erst wenn entgegen der heutigen Intention Expertensysteme als persönliche Arbeitsmittel entwickelt, eingesetzt, modifiziert und gegen unberechtigte Zugriffe gesichert werden können, können die in der Forschung zur Künstlichen Intelligenz entwickelten Verfahren auch für den Planer in der Werkstatt nutzbar gemacht werden.

Literatur

- BALZERT, H.: Die Entwicklung von Software-Systemen - Prinzipien, Methoden, Sprachen, Werkzeuge, Mannheim 1982.
- BALZERT, H. (Hrsg.): Software-Ergonomie, Stuttgart 1983.
- BENZ, C.; GROB, R.; HAUBNER, P.: Gestaltung von Bildschirm-Arbeitsplätzen, Köln 1981.
- BRIEF, U.; KITTEL, T.; SPEITH, G.: PPS-Systeme auf dem Prüfstand. In: AV 20, Heft 3, 1983, S. 67-75.
- BRÖDNER, P.: Fabrik 2000, Berlin 1985.
- BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): Software-Ergonomie '85, Stuttgart 1985.
- Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 66 234 - Bildschirmarbeitsplätze, Teil 8: Grundsätze der Dialoggestaltung, Entwurf, Berlin, Dezember 1984 mit Revision bis einschl. Januar 1986.
- DÖBELE-BERGER, C.; MARTIN, H.; MARTIN, P.: Arbeitswissenschaftliche Begleitforschung bei der Entwicklung und Einführung des computergestützten Informationssystems PSK 2000. In: J. Kölle u.a.: Entwicklung des Informationssystems PSK 2000 zum Planen-Steuern-Kontrollieren mittelständischer Fertigungsunternehmen, Forschungsbericht KfK-PFT 85, Karlsruhe 1984.
- DZIDA, W.: Dialogfähige Werkzeuge und arbeitsgerechte Dialogformen. In: H. Schauer; M.J. Tauber (Hrsg.): Informatik und Psychologie, Wien 1982, S. 54-86.
- DZIDA, W.: Das IFIP-Modell für Benutzerschnittstellen. In: Office Management 31, Sonderheft, 1983, S. 6-8.
- FISCHER, G.: Navigationswerkzeuge in wissensbasierten Systemen. In: Office Management 31, Sonderheft, 1983, S. 49-52.
- GEORG, W.; KISSLER, L.; SATTEL, U. (Hrsg.): Arbeit und Wissenschaft: Arbeitswissenschaft? Bonn 1985.
- GOLDBERG, A.: SMALLTALK-80 - The Interactive Programming Environment, Reading, Mass. 1984.
- HILDMANN, M.: Untersuchung vorhandener Modelle und Entwicklung eines eigenen Modells der Gestaltungsebenen für Benutzerschnittstellen in rechnergestützten Systemen, Diplomarbeit, Technische Universität Berlin, Fachbereich Informatik, Berlin 1985.
- IFP-Mitarbeiter: VERA/S - Verfahren zur Ermittlung von Regulationsanfordernissen in der Arbeitstätigkeit von Sachbearbeitern, Arbeitsfassung, Technische Universität Berlin, Fachbereich Informatik, erscheint 1986.

- IWANOWA, A.; HACKER, W.: Das Tätigkeitsbewertungssystem (TBS). In: Psychologie und Praxis, 1984, S. 57-66.
- JAHN, S.; KALB, H.: Arbeiten am PPS-Facharbeitsplatz: Interaktion mit Werkzeugen. In: H.-J. Bullinger (Hrsg.): Software-Ergonomie '85, Stuttgart 1985, S. 260-269.
- KETTNER, H.; BECHTLE, W.: Neue Wege der Fertigungssteuerung durch belastungsorientierte Auftragsfreigabe. In: VDI-Z 123, Nr. 11, 1981, S. 459-465.
- KIESER, A.; KUBICEK, H.: Organisation, 2. Auflage, Berlin 1983.
- KITTEL, T.: PPS-Fehleinschätzung mündet im User-Fiasko. In: Computertwoche vom 20.1.1984, Nachtrag vom 3.2.1984, S. 18-30.
- KÖLLE, J.; DÜBELE-BERGER, C.; MARTIN, H.; MARTIN, P.: Entwicklung des Informationssystems PSK 2000 zum Planen-Steuern-Kontrollieren mittelständischer Fertigungsunternehmen, Forschungsbericht KfK-PFT 85, Karlsruhe 1984.
- LUTZ, B.; SCHULTZ-WILD, R. (Hrsg.): Flexible Fertigungssysteme und Personalwirtschaft - Erfahrungen aus Frankreich, Japan, USA und der Bundesrepublik Deutschland, Frankfurt/München 1982.
- MERTENS, P.; HEIGL, M.: Neue Wege bei computergestützter Produktionsplanung. In: ÖDV-Online, Nr. 11, 1984, S. 46-53, Nr. 12, 1984, S. 62-72.
- MILLER, R.B.: Development of a Taxonomy of Human Performance: Design of a System Task Vocabulary, Pittsburgh 1971.
- MORITZ, H.: Umsetzung wahrnehmungspsychologischer Erkenntnisse für die Informationsgestaltung am Bildschirm (Maskengestaltung). In: H. Balzert (Hrsg.): Software-Ergonomie, Stuttgart 1983, S. 98-113.
- MUMFORD, E.: Participative System Design: Structure and Method, Systems, Objectives, Solutions 1, 1981, S. 5-19.
- NAKE, F.: Computer, Daten, Wissen, Menschen. Unveröffentlichtes Manuskript, Universität Bremen, Fachbereich Mathematik/Informatik, Bremen 1985.
- NULLMEIER, E.; RÖDIGER, K.-H. (Hrsg.): Dialogsysteme in der Arbeitswelt, erscheint 1986.
- PSI: PIUSS-0 - Das Produktionsinformations- und -steuerungssystem, PSI Gesellschaft für Prozeßsteuerungs- und Informationssysteme mbH, Berlin 1985.
- RAMMERT, W.; BECHMANN, G.; NOWOTNY, H. (Hrsg.): Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 3, Frankfurt 1985.
- RÖDIGER, K.-H.: Erfahrungen beim Einsatz des Arbeitsanalyseverfahrens VERA/S. In: E. Nullmeier; K.-H. Rödiger (Hrsg.): Dialogsysteme in der Arbeitswelt, erscheint 1986.

- SAINIS, P.: Die neuesten Tendenzen in der Fertigungssteuerung und ihre Anwendung in der Praxis. In: Zwf 80 (Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung), 1985, S. 561-566.
- SCHAUER, H.; TAUBER, M.J. (Hrsg.): Informatik und Psychologie, Wien 1982.
- SCHEER, A.-W.: Stand und Trends der computergestützten Produktionsplanung und -steuerung (PPS) in der Bundesrepublik Deutschland. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 53, 1983, S. 138-155.
- SUNDIN, B. (Hrsg.): Is the Computer a Tool? Uppsala 1980.
- SYDOW, J.: Organisationsspielraum und Büroautomation, Berlin 1985.
- ULICH, E.: Arbeitswechsel und Aufgabenerweiterung. In: REFA-Nachrichten 25, 1972, S. 265-275.
- ULICH, E.: Über das Prinzip der differentiellen Arbeitsgestaltung, Industrielle Organisation 47, 1978, S. 566-568.
- VOLPERT, W.: Psychologische Aspekte industrieller Arbeit. In: W. Georg u.a. (Hrsg.): Arbeit und Wissenschaft: Arbeitswissenschaft? Bonn 1985, S. 180-213.
- VOLPERT, W.; OESTERREICH, R.; GABLENZ-KOLAKOVIC, S.; KROGOLL, T.; RESCH, M.: VERA - Verfahren zur Ermittlung von Regulationserfordernissen in der Arbeitstätigkeit (VERA), Köln 1983.
- WINGERT, B.; RIEHM, U.: Computer als Werkzeug. In: W. Rammert u.a. (Hrsg.): Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 3, Frankfurt 1985, S. 107-131.



Rainer Schultz-Wild<sup>\*)</sup>

Entwicklungsbedingungen von Arbeitsstrukturen in der mechanischen Fertigung

Inhalt

Vorbemerkung	144
I. Strukturen von Industriearbeit und Innovationen in der Fertigungstechnik	145
1. Grundstrukturen der Arbeitsorganisation	145
2. Unterschiedliche Nutzung von Facharbeiterqualifikationen	146
3. Technischer Wandel und betriebliche Arbeitsstrukturen	147
4. Strukturstabilität oder Strukturveränderung?	149
5. Integrationspfade und wahrscheinliche Effekte für die Arbeitsorganisation	150
6. Betriebstyp und Implementationsverlauf als Bestimmungsfaktoren neuer Arbeitsstrukturen	152
II. Das Beispiel flexibler Fertigungssysteme: Entwicklungstendenzen und Bestimmungsfaktoren der Arbeitsorganisation	154
1. Flexible Systeme als Kern künftiger Produktionsstrukturen	154
2. Variationen in der Gestaltung des Arbeitsprozesses	156
3. Faktoren für einen arbeitsteiligen Systemeinsatz	158
4. Gründe für einen weniger arbeitsteiligen Systemeinsatz	160
5. Offenheit künftiger Entwicklungen	164
Literatur	171

\*) Dr. Rainer Schultz-Wild, Dipl.-Soz., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. München.

### Vorbemerkung

Der folgende Beitrag setzt sich mit der Frage nach den Entwicklungstendenzen von Arbeitsstrukturen und Arbeitsformen auseinander, die sich mit den neuen, auf Integration gerichteten computergestützten Fertigungstechniken verbinden. Schwerpunktmäßig richtet sich das Interesse auf die technischen und nicht-technischen Bedingungen für eine Stabilisierung oder möglicherweise Ausweitung des Facharbeitereinsatzes in den Produktionswerkstätten der Einzel- und Serienfertigung in der Metallverarbeitung.

Im ersten Kapitel, das weitgehend auf einem Referat zu dem bereits genannten Fachgespräch beim Projektträger Fertigungstechnik im Februar 1986 basiert, werden auf dem Hintergrund der in anderen Beiträgen dieses Bandes präsentierten Ergebnisse zur Technikentwicklung und zu den dominanten Integrationspfaden eine Reihe von Thesen zur Stabilität und Veränderung von Arbeitsstrukturen, zur Entwicklung von Formen und Prinzipien der Arbeitsteilung und des Arbeitskräfteeinsatzes skizziert. Das zweite Kapitel greift exemplarisch den Fall der Einführung und des Einsatzes flexibler Fertigungssysteme auf und versucht, am Beispiel dieser Techniklinie Bedingungen und Mechanismen der betrieblichen Gestaltung von Arbeitsprozessen aufzuzeigen.

## I. Strukturen von Industriearbeit und Innovationen in der Fertigungstechnik

---

### 1. Grundstrukturen der Arbeitsorganisation

Entsprechend den von Betrieb zu Betrieb recht unterschiedlichen Produktions- und Marktbedingungen lassen sich in der Metallverarbeitung in der BRD zweifellos zahlreiche Varianten in der Organisation von Industriearbeit ausmachen. Sieht man von Einzelheiten ab, so sind zwei Grundmodelle der Arbeitsorganisation erkennbar:

- o Das eine, zumeist als tayloristisch gekennzeichnete System, ist geprägt durch einen hohen Grad funktionaler und fachlicher Arbeitsteilung sowie hierarchischer Arbeitsorganisation. Die sog. produktive Arbeit wird hier größtenteils an stark spezialisierten Arbeitsplätzen mit nur geringen qualifikatorischen Anforderungen erledigt. Produktionsvorbereitende, -steuernde und -kontrollierende Funktionen sind sehr weitgehend von der eigentlichen Produktionsarbeit getrennt und als eigenständige Aufgabenfelder dem sog. indirekt produktiven Werkstattpersonal sowie gesonderten technischen Diensten im Umfeld der Fertigungswerkstätten zugeordnet.
- o Auch im zweiten Grundmodell gibt es Arbeitsteilung, allerdings in einem geringeren Grad und entlang anderer Schnittlinien. Produktionsvorbereitende, -steuernde und -kontrollierende Aufgaben sind hier in viel stärkerem Maße als im tayloristischen Modell in das Aufgabenfeld der Produktionsarbeiter integriert. Deren Arbeitsplätze kennzeichnen sich durch einen eher ganzheitlichen Zuschnitt auf vergleichsweise hohem Niveau fachlicher Anforderungen. Hierarchische Abstufungen spielen eine geringere Rolle; die Betriebsorganisation ist weniger in Abteilungen unterschiedlicher Funktionen zersplittert.

Je nach vorherrschenden Randbedingungen nähern sich reale Formen betrieblicher Arbeitsorganisation dem einen oder anderen dieser

Grundmuster an. Dort, wo die Standardisierung des Produktionsprozesses weit vorangeschritten ist, also insbesondere in der Großserien- oder Massenproduktion, dominieren tayloristische Strukturen, während in der Einzel- und Kleinserienfertigung eher das Gegenmodell Bedeutung hat. Teilweise damit zusammenhängend sind tayloristische Arbeitformen vor allem für Großunternehmen prägend, während die andere Variante häufiger in kleineren und mittleren Betrieben - prototypisch etwa im Werkzeugmaschinenbau - zu finden ist.

Allerdings bestehen hier keine strengen deterministischen Zusammenhänge, denn zum einen gibt es auch Kleinbetriebe mit Massenfertigung und tayloristischen Arbeitsformen (z.B. bei Zulieferern von Klein- oder Standardteilen), zum anderen finden sich in Großunternehmen der Massenproduktion gewisse Enklaven weniger arbeitsteiliger Produktionstätigkeit (z.B. Prototypenbau), und schließlich wird gerade über Formen flexibler Automatisierung versucht, die Bedeutung bisher markanter Unterschiede verschiedenartiger Produktionsprozesse produktionstechnisch aufzuheben oder zumindest zu reduzieren<sup>1)</sup>.

## 2. Unterschiedliche Nutzung von Facharbeiterqualifikationen

In beiden Grundmustern arbeitsteilig organisierter Produktionsprozesse hat in der BRD der Qualifikationstyp des Facharbeiters zentrale Bedeutung, allerdings in stark unterschiedlicher Weise und zahlenmäßig von unterschiedlichem Gewicht.

o Bei tayloristischer Arbeitsorganisation wird die Hauptlast der Produktionsarbeit von oft nur kurzzeitig Angelernten getragen; die Möglichkeit, fachlich kaum vorqualifizierte Arbeitskräfte rasch produktiv einsetzen zu können, macht eine der wesentlichsten Qualitäten dieses Organisationstyps aus. Wir sprechen des-

1) Während noch in den 60er Jahren für die Großserienfertigung einerseits und die Einzel- und Kleinserienfertigung andererseits unterschiedliche Rationalisierungsmethoden galten, arbeitet die Produktionstechnik seit Beginn der 70er Jahre verstärkt an integrierten Lösungen für flexibel automatisierte Produktionsstrukturen (vgl. Knauer 1986, S. 31).

halb auch von einer Angelerntenfertigung<sup>1)</sup>. Bestimmte Schlüsselpositionen in den Werkstätten selbst wie auch in den sie umgebenden sog. technischen Diensten sind aber mit Facharbeitern oder mit technischen Angestellten besetzt, die aus der Facharbeiterschaft - mit oder ohne zusätzliche Ausbildung - rekrutiert worden sind. Das gilt z.B. weitgehend für Einrichter-, Vorarbeiter- oder Meisterpositionen in den Produktionswerkstätten sowie für Positionen in Reparatur- und Instandhaltung, Werkzeugvoreinstellung, Arbeitsvorbereitung und Programmierung, teilweise auch für Termin- und Qualitätskontrolle. Insgesamt ist allerdings der Facharbeiteranteil - insbesondere in den Produktionswerkstätten selbst - eher gering.

- o Im nicht-tayloristischen Organisationsmodell bilden dagegen die Facharbeiter die auch zahlenmäßig dominante Beschäftigtengruppe in der Produktion. Die Arbeit ist hier so organisiert, daß für die Mehrzahl der Arbeitsplätze qualifikatorische Anforderungen charakteristisch sind, wie sie am besten vom Qualifikationstyp des Facharbeiters erbracht werden können. Der Einsatz Un- und Angelernter bleibt hier auf Hilfs- und Nebenfunktionen beschränkt.

Zentral ist nun die Frage, in welcher Weise die zunehmende Einführung computergestützter Fertigungstechniken entlang der im Beitrag von Hirsch-Kreinsen (in diesem Band) genannten Integrationspfade in diese Strukturen der Organisation von Industriearbeit interveniert.

### 3. Technischer Wandel und betriebliche Arbeitsstrukturen

Für weite Bereiche der metallverarbeitenden Industrie war bisher ein Typ des technischen Wandels kennzeichnend, der sich als mehr oder weniger ständige schrittweise Modernisierung des Produktions-

1) Ein Beispiel einer solchen Angelerntenfertigung mit der charakteristischen Form "fließender Arbeitsteilung", die die Nutzung und Weiterentwicklung zunächst wenig qualifizierter Arbeitskraft sichert, ist detailliert dargestellt in Schultz-Wild, Asendorf u.a. 1986, Teil C, S. 85 ff.

apparats beschreiben läßt<sup>1)</sup>. Im Gegensatz zu großen technisch organisatorischen Umstellungen, die im Extremfall über die Schließung alter und den Aufbau neuer Produktionsanlagen ("auf der grünen Wiese") laufen, werden hier fertigungstechnische oder fertigungsorganisatorische Neuerungen mit - jeweils für sich genommen - begrenzten Auswirkungen realisiert. Prototypisch ist etwa der Fall, daß einzelne konventionelle Werkzeugmaschinen durch NC- oder CNC-Maschinen ersetzt werden.

Mit dieser kleinschrittigen Modernisierung geht einher, daß die Veränderungen im Bereich von Arbeitsorganisation und Personaleinsatz in aller Regel möglichst gering gehalten werden. Schon um den Einführungsaufwand zu minimieren, wird neue Produktionstechnik möglichst so angepaßt, daß sie in bestehende betriebliche Strukturen integriert werden kann. Solche Anpassungsleistungen können teilweise auch als Anforderungen an die Hersteller der jeweiligen Produktionsmittel formuliert und - je nach den gegebenen Marktverhältnissen, mehr oder weniger umfassend - durchgesetzt werden. Gerade wegen der jeweils begrenzten Wirkung einzelner Innovationsschritte entsteht kaum ein betriebliches Interesse, von bewährten Mustern der Arbeitsteilung, des Arbeitskräfteeinsatzes, der Entlohnung usw. abzuweichen, selbst wenn dafür bestimmte Gründe vorliegen.

So ist beispielsweise bekannt, daß an NC-Maschinen für das Bedienungspersonal nur noch geringe Möglichkeiten der Beeinflussung der Stückzeiten gegeben sind. Dennoch wurden und werden z.T. auch heute noch NC-Maschinenbediener vielfach im Akkord entlohnt, weil dies die übliche Entlohnungsform für Werkzeugmaschinenarbeit war oder ist.

Das Beispiel macht im übrigen deutlich, daß es hier bei einer Änderung nicht nur darum ginge, die quasi technischen Kosten für eine Umstellung im Lohnsystem aufzuwenden, sondern einen einmal gefundenen Kompromiß zwischen Arbeitgeber- und Arbeitnehmerinteressen aufzukündigen.

---

1) Dieser Typ des technischen Wandels wird auch als "schleichende Rationalisierung" bezeichnet (vgl. Kern, Schauer 1978; Maase, Schultz-Wild 1980) und charakterisiert sich dadurch, daß bestimmte Rationalisierungsfolgen - insbesondere Arbeitskräfteeinsatz und Personalentwicklung betreffend - häufig verdeckt bleiben (vgl. Köhler, Schultz-Wild 1985).

Die Einführung neuer Produktionstechniken muß demnach keinesfalls zwangsläufig umfassende Strukturveränderungen im Arbeitskräfteeinsatz nach sich ziehen. Im Gegenteil: die wahrscheinlichere Erwartung liegt bei weitgehender Stabilität von Strukturen von Arbeitsorganisation und Arbeitskraftnutzung.

#### 4. Strukturstabilität oder Strukturveränderung?

Eine solche Tendenz zu einem gewissen Strukturkonservatismus zu konstatieren, heißt allerdings nicht, daß sich damit die Frage nach den künftigen Bedingungen des Facharbeitereinsatzes durch eine Analyse der gegebenen Arbeitsstrukturen in den Einzelbereichen der neuen computergestützten Vernetzungstechniken quasi von selbst beantwortet.

Dem steht zunächst die allgemeine industriesoziologische Erfahrung entgegen, wonach gerade technische Innovationen oftmals Auslöser und Medium einer Reorganisation von Arbeitsprozessen sind, deren Begründung und Reichweite über den einzelnen Umstellungsfall hinausweisen kann. Möglich sind sowohl eher schleichende Veränderungen, durch die eine allmähliche Aushöhlung bisher dominanter Arbeitsformen erfolgt, als auch Strukturumbrüche. Diese sind um so wahrscheinlicher,

- o je größer der Automatisierungssprung einer technischen Innovation ausfällt, so daß eine umfassendere Neuverteilung von Arbeit zwischen Maschinerie und menschlicher Arbeitskraft ansteht;
- o je mehr von den bisher dominanten Formen kleinschrittiger Modernisierung abgewichen wird oder werden muß, etwa wegen des stärker systembezogenen Charakters der neu zu installierenden Vernetzungstechniken;
- o und je ausgeprägter in den neuen Techniken arbeitsorganisatorische Konzepte enthalten sind, die bisher vorherrschenden Prinzipien widersprechen.

Auf dem Hintergrund der bisherigen Überlegungen ist die Kernfrage nach den Chancen für Stabilisierung oder Ausweitung von Facharbeitereinsatz entsprechend den unterschiedlichen arbeitsorganisatorischen Ausgangsbedingungen zu differenzieren:

- o Dort, wo sich qualifizierte Produktionsarbeit noch erhalten hat, ist zu fragen, inwieweit die neuen Produktionstechniken solche Formen der Arbeitskraftnutzung stützen oder umgekehrt Bedingungen verstärken, die in Richtung tayloristisch orientierter Organisation und Entwertung von Facharbeit drängen.
- o Dort, wo heute unter dem Einfluß tayloristischer Organisationsprinzipien eine spezialisierte Angelerntenfertigung dominiert und Facharbeit bereits weitgehend an den Rand des Produktionsprozesses gedrängt ist, richtet sich das Interesse auf die Chancen für einen Bruch mit den bisher vorherrschenden Formen von Arbeitsorganisation und Arbeitskräfteeinsatz in Richtung auf eine Requalifizierung oder Reprofessionalisierung industrieller Produktionsarbeit.

Erste Hinweise auf zu erwartende Entwicklungstendenzen lassen sich aus der Analyse der auf rechnergestützte Integration gerichteten Techniklinien gewinnen. Besonderes Gewicht hat hier die Frage, inwieweit bestimmte marktgängige Technikangebote, deren Aufnahme durch den Anwenderbetrieb wir mit dem Begriff "Integrationspfad" zu fassen suchen, organisationsstrukturierende Wirkung entfalten.

##### 5. Integrationspfade und wahrscheinliche Effekte für die Arbeitsorganisation

Die hier besonders interessierenden fünf Integrationspfade unterscheiden sich (wie im Beitrag von Hartmut Hirsch-Kreinsen ausgeführt) nach den drei primär verfolgten Techniklinien (FFZ/FFS, PPS, DNC-NC) sowie danach, ob in den am Markt angebotenen Systemen zentralistisch-deterministisch orientierte Organisationsformen angelegt sind oder weitgehende Offenheit hinsichtlich der arbeitsorganisatorischen Bedingungen von Systemeinsatz und -nutzung besteht. In erster Annäherung lassen sich die wahrscheinlichen

Effekte der unterschiedlichen Integrationspfade für die Arbeitskräftestruktur in folgenden drei Hypothesen zusammenfassen:

(1) Der Einsatz der bisher auf dem Markt dominierenden PPS- und DNC-Systeme, die von großen Computerherstellern bzw. Software-Häusern speziell zur Lösung fertigungsorganisatorischer Probleme stark arbeitsteilig organisierter Industriebetriebe entwickelt worden sind, wird in Betrieben mit Angelerntenfertigung die dort gegebenen Arbeitsstrukturen stabilisieren und Tendenzen verstärken, noch vorhandene Momente von Werkstattautonomie und Entscheidungsspielräumen an einzelnen Arbeitsplätzen weiter einzuschränken.

(2) Werden die gleichen Integrationspfade in Betrieben mit Facharbeiterproduktion verfolgt, so entsteht hier zumindest das Risiko eines Strukturbruchs in Richtung auf tayloristisch orientierte Arbeitsformen. Das muß nicht unmittelbar zu einer Verdrängung von Facharbeitern aus den Fertigungswerkstätten führen, kann jedoch über längere Zeiträume allmählichen Entzugs von Dispositions- und Steuerungsfunktionen aus der Werkstattarbeit diese Folge nach sich ziehen.

(3) Wird dagegen auf die anderen Integrationspfade gesetzt, also etwa die Einführung flexibler Fertigungszellen oder kleinerer flexibler Fertigungssysteme bzw. auf alternative PPS- oder DNC-Lösungen, die sich allesamt durch eine größere Offenheit hinsichtlich der arbeitsorganisatorischen Einbindung kennzeichnen, sind auch die Auswirkungen auf die Arbeitskräftestruktur unbestimmter. Zunächst scheint hier eine Stabilisierung der je vorgegebenen Arbeitsstrukturen im Sinne des Strukturkonservatismus der wahrscheinliche Effekt. Gleichzeitig erweitern sich jedoch mit der größeren Offenheit der möglichen Einbindungsformen der neuen Techniken auch die Spielräume für eine Reorganisation des Produktionsprozesses entsprechend je gegebener aktueller betrieblicher Bedingungen.

Da über konkrete Arbeitsformen immer erst im Zuge des - mehr oder weniger langwierigen - Implementationsprozesses neuer Tech-

nik im Anwenderbetrieb entschieden wird, lassen sich die arbeitsstrukturellen Auswirkungen bestimmter Integrationspfade nur durch sehr sorgfältige und differenzierte Analysen auf einzelbetrieblicher Ebene ermitteln. Weder eine Untersuchung marktgängiger Technikangebote auf die in ihnen angelegten Organisationskonzepte, noch eine Konzentration auf die bislang in den Anwenderbetrieben dominanten Arbeitsformen wären ausreichend. Zu berücksichtigen sind vielmehr eine Vielzahl möglicher Einflußfaktoren struktureller und prozessualer Art, die wir unter den Begriffen "Betriebstyp" und "Implementationsverlauf" zu bündeln suchen.

#### 6. Betriebstyp und Implementationsverlauf als Bestimmungsfaktoren neuer Arbeitsstrukturen

Unter dem Begriff Betriebstyp sollen eine Reihe struktureller betrieblicher Bedingungen zusammengefaßt werden, die partiell miteinander zusammenhängend variieren und aller Voraussicht nach von Einfluß auf Auswahl und arbeitsstrukturelle Auswirkungen bestimmter Integrationspfade sind. Zu diesen strukturellen Faktoren gehören z.B.:

- Größe des Betriebs bzw. Unternehmens;
- Stellung auf dem Absatzmarkt bzw. verschiedenen Teilmärkten;
- Charakteristiken des Produktionsprozesses, nach Seriengröße, Produktspektrum, Qualitätsanforderungen etc.;
- eingesetzte Produktionstechniken und übliche Innovationsrate;
- Formen der Arbeitsteilung und Arbeitsplatzstrukturen in der bisherigen - konventionellen - Fertigung;
- Verfügbarkeit von Qualifikationen, Formen des Arbeitskräfteeinsatzes;
- Ausbaustand des Qualifizierungssystems.

Über solche strukturelle Bedingungen werden betriebliche Interessen am Einschlagen bestimmter Integrationspfade zur Rationalisierung des Produktionsprozesses präformiert; und Unterschiede in den strukturellen Voraussetzungen bedeuten u.a. auch unterschiedliche Strategiefähigkeit der Betriebe, beispielsweise bei der Durchsetzung spezifischer Anwenderinteressen gegenüber den Herstellern computergestützter Rationalisierungstechniken.

Verlauf und Ergebnisse der Implementation neuer fertigungstechnischer oder fertigungsorganisatorischer Komponenten werden sowohl durch die eingeschlagenen Integrationspfade als auch durch solche strukturellen Bedingungen vorgesteuert, jedoch nicht determiniert. Zur Rekonstruktion der Implementationsverläufe gilt es daher, Fragen wie die folgenden zu klären:

- Welche Probleme sucht der Betrieb über den Einsatz der neuen computergestützten Techniken zu lösen?
- Setzt die Rationalisierung direkt an der Werkstattarbeit an oder stehen vor- bzw. nachgelagerte Bereiche mehr im Vordergrund?
- Inwieweit erlaubt der eingeschlagene Integrationspfad eher kleinschrittige und punktuelle Innovationen bzw. inwieweit werden aufgrund des systemischen Charakters der neuen Techniken umfassendere Reorganisationprozesse notwendig?
- Von welchen Abteilungen bzw. welchen Teilgruppen des betrieblichen Personals wird die Innovation mit welchen Spezialinteressen vorangetrieben?
- Unter welchen zeitlichen Perspektiven und Restriktionen verläuft die Innovation?
- Treten Qualifikationsengpässe auf, und welche Möglichkeiten bestehen zu ihrer Überwindung, etwa über interne oder externe Schulungsmaßnahmen?
- Welche Einflußmöglichkeiten bestehen für die Vertretung von Arbeitnehmerinteressen, und in welcher Richtung zielen ggf. ihre Interventionen?
- Wie stabil sind neu entstehende Arbeitsformen?

Einem Teil dieser Fragen soll im folgenden am Beispiel einer der zunehmend relevanten Techniklinien, nämlich dem Einsatz flexibler Fertigungssysteme und -zellen, etwas näher nachgegangen werden.

## II. Das Beispiel flexibler Fertigungssysteme: Entwicklungstendenzen und Bestimmungsfaktoren der Arbeitsorganisation

### 1. Flexible Systeme als Kern künftiger Produktionsstrukturen

Flexible Fertigungssysteme und -zellen gelten als wichtige, vor allem für viele Betriebe in der Metallverarbeitung attraktive fertigungstechnische Innovation, durch deren Einsatz sich - je nach Ausgangslage - entweder die Flexibilität des Produktionsapparats gegenüber hochautomatisierten Sondermaschinen oder Transferstraßen erhöhen läßt oder die Produktivität bisher üblicher Einzel- bis Mittelserienfertigung mit unverketteten Werkzeugmaschinen zu steigern ist.

Ohne auf die im einzelnen umstrittenen Definitionsprobleme einzugehen<sup>1)</sup>, lassen sich solche Systeme allgemein dadurch kennzeichnen, daß hier eine oder mehrere, in der Regel computergesteuerte Werkzeugmaschinen (bei größeren Systemen eventuell ergänzt durch Meßstationen, Waschanlagen etc.) mit automatisierten oder teilautomatisierten Einrichtungen für Transport und Handhabung von Werkstücken und Werkzeugen versehen und über ein rechnergestütztes Steuerungs- und Überwachungssystem miteinander verkoppelt sind, um eine weitgehend automatische Bearbeitung unterschiedlicher Werkstücke einer mehr oder weniger breit definierten Teilefamilie zu erlauben. Je nach den Erfordernissen des durchzuführenden Produktionsprozesses können dabei Anzahl und Art der integrierten Werkzeugmaschinen, die Konfiguration des Steuerungssystems, Art und Automatisierungsgrad der Werkzeugversorgung und der Werkstückhandhabung sowie andere technische Merkmale durchaus in breitem Umfang variieren. So gibt es beispielsweise erhebliche Unterschiede in der Systemauslegung - u.a. wesentlich durch unterschiedliche Probleme der Werkstückhandhabung bedingt - zwischen Systemen für komplizierte Bohr- und Fräsarbeiten an Gehä-

1) Vgl. z.B. die in der international renommierten FFS-Fachzeitschrift "FMS Magazine" geführte Klage, daß sich nicht zuletzt aufgrund der Konfusion über Definitionen ein klares Bild über den Entwicklungsstand der FFS-Technologie nur schwer gewinnen lasse (Kochan 1985, S. 42).

seteilen oder anderen prismatischen Werkstücken einerseits und solchen für die möglichst komplette Bearbeitung von Rotations-  
teilen (wie etwa Zahnräder oder Wellen) andererseits.

Die meisten der bisher realisierten Systeme sind sehr individuell auf je spezifische Produktionserfordernisse zugeschnitten; allenfalls bei flexiblen Fertigungszellen und bei Systemen mit zwei oder höchstens drei Werkzeugmaschinen zeichnen sich inzwischen gewisse Standardlösungen bei den Herstellerangeboten ab. Dies hat sicherlich nicht zuletzt auch damit zu tun, daß trotz der bereits Jahrzehnte zurückliegenden Erfahrungen mit einigen wenigen Pionieranlagen der Prozeß einer größeren Verbreitung solcher Systeme erst in jüngster Zeit mit den zunehmenden Fortschritten in der Steuerungs- und Handhabungstechnik richtig in Gang zu kommen scheint.

Da der typische Einsatzbereich flexibler Fertigungssysteme und -zellen zwischen den Polen einer hoch produktiven, weitgehend automatisierten Fertigung von Standardteilen und einer hoch flexiblen, aber wenig produktiven Fertigung verschiedener Werkstücke in kleinen und mittleren Serien liegt (vgl. Fix-Sterz u.a. 1986), sind diese Fertigungsanlagen attraktiv für ein weites Feld von Betrieben, die bisher aufgrund unterschiedlicher Marktbedingungen und -strategien ihre Produktionsapparate recht unterschiedlich ausgestaltet hatten<sup>1)</sup>. Wenn einerseits bisherige Großserienfertiger wachsende Flexibilitätsanforderungen zu erfüllen haben (vgl. u.a. Warnecke 1985), andererseits bisherige Klein- und Mittelserienfertiger unter zunehmendem Kostendruck sich zu Produktivitätssteigerungen bei möglichst geringen Flexibilitätseinbußen gezwungen sehen, so können flexible Fertigungssysteme und -zellen als wichtige Bausteine für zukunftssträchtige, flexibel automati-

1) Nach einer 1985 gemeinsam vom ISI Karlsruhe und dem ISF München durchgeführten Erhebung über den Einsatz flexibler Fertigungszellen und -systeme haben diese bisher überwiegend unverkettete konventionelle oder NC/CNC-Maschinen abgelöst. Das gilt ganz besonders für die flexiblen Fertigungszellen und kleinere Systeme. Produktivitätssteigerung durch Erhöhung des Automatisierungsgrads steht hier im Vordergrund. Größere Systeme (mit sechs und mehr Maschinen) sind zu rund einem Drittel als Ersatz für bzw. anstelle von Transferstraßen beschafft worden, entsprechen also der genannten Flexibilisierungsstrategie (vgl. Fix-Sterz u.a. 1986).

sierte Produktionsanlagen gelten. Die durchgängige flexibel automatisierte Fabrik ist allerdings bis heute mehr Planungsperspektive als sich konkret abzeichnende Realität; vorerst überwiegen eindeutig inselartige Anwendungen flexibler Fertigungstechnik. Insofern die Perspektive einer weiteren Verknüpfung bisher mehr oder weniger isoliert aufgebauter einzelner Systeme realistisch ist, lassen sich jedoch an ihnen quasi prototypisch bestimmte Momente künftiger Fabrikstrukturen erkennen. Das gilt selbstverständlich unter der Einschränkung, daß die Modernisierung der Fabrikstrukturen im Einsatz flexibler Fertigungssysteme in den Produktionswerkstätten nicht aufgeht, sondern auch andere Linien computergestützter Vernetzung verfolgt werden (vgl. Hirsch-Kreinsen in diesem Band).

## 2. Variationen in der Gestaltung des Arbeitsprozesses

Bei aller Variabilität in der Größe und technischen Auslegung bisher realisierter flexibler Fertigungssysteme und -zellen ist ihnen gemeinsam, daß für ihren Betrieb der Einsatz menschlicher Arbeitskraft in beträchtlichem Umfang notwendig bleibt. Zwar liegt der Automatisierungsgrad im allgemeinen deutlich höher als bei einer vergleichbaren konventionellen Produktion mit unverketteten Einzelmaschinen, ein mannloser Betrieb über längere Produktionsphasen hinweg ist jedoch bis auf weiteres kaum möglich oder sinnvoll. Arbeitsaufgaben wie Programmieren der Werkzeugmaschinen und Programmoptimieren, Einstellen und ggf. Magazinieren von Werkzeugen, Einricht- oder Rüsttätigkeiten an den Maschinen- und Transportvorrichtungen verbleiben - teils abhängig vom gefahrenen Produktmix - in höherem Maße als etwa an vergleichbaren Transferstraßen; außerdem gibt es Be- und Entladetätigkeiten am Systemein- und -ausgang, Überwachungsaufgaben, Wartungs- und Reparaturtätigkeiten sowie Aufgaben der Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung.

Dieses gesamte, im einzelnen von System zu System natürlich stark variierende Aufgabenbündel kann nun - so unsere These - in recht unterschiedlicher Weise zu Tätigkeiten zusammengefaßt und bestimmten Arbeitskräften oder Arbeitskräftegruppen zugewiesen werden.

Weniger als bei anderen Techniklinien bzw. Integrationspfaden werden offensichtlich bei flexiblen Fertigungssystemen die Formen von Arbeitsorganisation und Arbeitsteilung durch die markt-gängigen Technikangebote präformiert. Diese Schlußfolgerung wird sowohl durch qualitative Analysen der Einsatzmöglichkeiten bestimmter Systeme nahegelegt (vgl. z.B. Moldaschl, Weber 1985), als auch durch vergleichende Untersuchungen über die Einsatzstrukturen flexibler Fertigungssysteme auf dem Hintergrund unterschiedlicher betrieblicher und gesellschaftlicher Bedingungen im nationalen und internationalen Rahmen unterstützt (vgl. z.B. Dostal 1982; Gerwin 1982; d'Iribarne 1982).

Bei der bereits zitierten Erhebung über die Verbreitung flexibler Fertigungssysteme und -zellen in der BRD (vgl. Fix-Sterz u.a. 1986) konnte bei den insgesamt 85 erfaßten Systemen eine hohe Variabilität in der Zusammenfassung der systembezogenen Arbeitsaufgaben zu Tätigkeiten und ihrer Zuweisung an bestimmten Arbeitskräftegruppen festgestellt werden. Die zahlreichen Varianten in der Arbeitsorganisation lassen sich zu zwei Grundtypen zusammenfassen:

- o der Grundtyp I zeichnet sich durch geringe Arbeitsteiligkeit des Personaleinsatzes aus; hier gibt es direkt am System entweder nur einen oder mehrere gleichartige Arbeitsplätze für Systembediener, oder unterschiedliche Arbeitsplätze werden von einer Gruppe von Systembedienern im Wechsel (Job-rotation) ausgeübt;
- o der Grundtyp II ist dagegen durch ausgeprägtere Formen der Arbeitsteilung gekennzeichnet; hier gibt es unterschiedliche Arbeitsplätze für Maschinenbediener, Einrichter, Palettierer, Werkzeugvoreinsteller, Vorrichtungsumrüster, Schichtführer usw.

Bei beiden Grundtypen von Arbeitsorganisation und Arbeitsteilung werden Funktionen wie Programmieren, Fertigungssteuerung sowie Instandhaltung und Reparatur nur sehr selten in das Tätigkeitsfeld der FFS-Mannschaften integriert; vor allem in Systemen mit schwach ausgeprägter Arbeitsteilung sind dagegen Funktionen wie Werkzeugvoreinstellen, das Beheben kleinerer Störungen sowie der Qualitätssicherung häufiger einbezogen.

Von den insgesamt 34 erfaßten flexiblen Fertigungszellen ist je die Hälfte schwach bzw. ausgeprägt arbeitsteilig eingesetzt, Zwei-Maschinen-Systeme sind zu 70 %, größere Systeme mit mindestens drei Werkzeugmaschinen zu 55 % stark arbeitsteilig organisiert.

Wie lassen sich diese Unterschiede in der Arbeitsplatzstruktur und im Arbeitskräfteeinsatz erklären? Was sind die Bestimmungsgründe für die eine oder andere Form der Arbeitsorganisation?

Bedauerlicherweise lassen sich aus der vorliegenden Erhebung zu diesen Fragen kaum nähere Aufschlüsse gewinnen<sup>1)</sup>. Auf der Basis von Einzelanalysen und Fallstudien sind jedoch eine Reihe von Hypothesen und begründeten Vermutungen aufzustellen.

### 3. Faktoren für einen arbeitsteiligen Systemeinsatz

Daß mehr als die Hälfte der in der BRD installierten flexiblen Fertigungssysteme und -zellen ausgeprägt arbeitsteilig betrieben werden, scheint nicht zu überraschen. Diese Art der Arbeitsorganisation entspricht den in weiten Bereichen der Industrie dominanten Formen des Arbeitskräfteeinsatzes: ausgeprägte hierarchisch-fachliche Arbeitsteilung in den Produktionswerkstätten sowie erhebliche Bedeutung von Spezialabteilungen für Arbeitsvorbereitung, Programmierung, Qualitätskontrolle, Reparatur und Instandhaltung.

Diese an tayloristischen Prinzipien orientierte Form der Arbeitsorganisation ist vor allem in größeren Betrieben der Serien- und Massenfertigung weit verbreitet. Bekannt ist, daß zumindest die größeren, mit hohem Kapitalaufwand und hohen Risiken eingeführten flexiblen Fertigungssysteme fast ausschließlich von größeren Betrieben genutzt werden, zumindest teilweise anstelle von Transferstraßen und anderen hochautomatisierten Anlagen. Auch die losweise Fertigung mit unverketteten Einzelmaschinen ist in solchen Betrieben häufig stark arbeitsteilig organisiert; arbeitsteiliger Einsatz von flexiblen Ein- oder Mehr-Maschinen-Systemen bedeutet also hier keinen Bruch mit bestehenden Prinzipien der Arbeitsorganisation und Arbeitsteilung.

- 1) Die Erhebung war im Rahmen eines internationalen Vergleichs primär auf eine möglichst vollständige Erfassung der in der BRD eingesetzten flexiblen Systeme, ihrer Größe und technischen Auslegung ausgerichtet. Um dieses Erhebungsziel bei der schriftlichen Befragung durch Rücklaufrisiken nicht zu gefährden, wurde der Fragebogen sehr knapp gehalten; es fehlen daher eine ganze Reihe von im Prinzip interessanten Informationen über die Randbedingungen des Systemeinsatzes.

Ein ausgeprägt arbeitsteiliger Einsatz flexibler Systeme läßt Implementationsprozesse vermuten, die auf möglichst weitgehende Integration der neuen Anlagen in vorhandene Produktionsstrukturen ausgerichtet sind. Zumindest bei kleineren Systemen scheint diese Annahme sehr plausibel; wenn sich die Produktionstechnik insgesamt nur wenig und schrittweise durch die Einführung kleinerer neuer Anlagen ändert, ist eine umfassendere Reorganisation von Arbeitsteilung und Personaleinsatz kaum zu erwarten. Aber auch bei größeren Anlagen ist eine Vorgehensweise, die eingespielte Formen betrieblicher Arbeitsorganisation und vorhandene Strukturen des Arbeitskräfteeinsatzes, der Entlohnung usw. möglichst wenig tangiert, durchaus wahrscheinlich; dies auch deshalb, weil gerade bei der Entwicklung größerer Systeme die Anwender in aller Regel einen erheblichen Einfluß auf die Ausgestaltung der Anlagen ausüben, d.h. sie an die im Betrieb vorherrschenden Verhältnisse anpassen können.

Minimierung des Einführungsaufwands heißt maximale Nutzung der in den vorhandenen, produktionsvor- oder nachgelagerten technischen Abteilungen inkorporierten fachlichen Kenntnisse und Qualifikationen sowie möglichst weitgehender Rückgriff auf die verfügbaren Spezialfertigkeiten des Werkstattpersonals. Einführungsrisiken und Qualifizierungserfordernisse lassen sich gering halten, wenn die beim Betreiben der neuen Anlagen zu erfüllenden unterschiedlichen Funktionen jenen Spezialisten zugewiesen werden, die sich in der bisherigen Fertigung in möglichst ähnlichen Aufgabenbereichen bewährt haben. Je nach Art des flexiblen Fertigungssystems kann dies eine eher funktionale Arbeitsteilung bedeuten (z.B. in Arbeitsplätze für Palettieren, Werkzeugvorneinstellen, Maschineneinrichten und -überwachen usw. in Zuständigkeit für mehrere gleichartige Maschinen) oder etwa eine Spezialisierung nach verschiedenen Zerspanungsverfahren (wie Drehen, Bohren, Fräsen, Schleifen usw. in einem System mit sich ergänzenden Werkzeugmaschinen).

Eine solche Strategie des arbeitsteiligen Einsatzes unterschiedlich qualifizierter ("sich ergänzender") Arbeitskräfte kann sich zur Absicherung besonderer Einführungsrisiken neuer, komplexer

und teurer Produktionsmittel u.U. auch in solchen Einsatzfeldern anbieten, in denen bisher stärker ganzheitliche Arbeitsformen noch größere Bedeutung hatten. Eine andere Frage ist es, ob damit auf Dauer eine optimale Nutzung - vor allem bei größeren Systemen - zu erreichen ist (vgl. z.B. Gerwin 1982).

#### 4. Gründe für einen weniger arbeitsteiligen Systemeinsatz

Die benannten Faktoren für einen ausgeprägt arbeitsteiligen Einsatz flexibler Fertigungssysteme und -zellen in bestehenden Arbeitsstrukturen entfalten allerdings nicht überall ihre volle Wirkung. Ein deutlicher Hinweis darauf ist die Feststellung, daß immerhin Knapp die Hälfte der in der genannten Erhebung von 1985 identifizierten Systeme wenig arbeitsteilig gefahren werden.

Eine mögliche Erklärung könnte darin liegen, daß sich trotz der weitgehenden Dominanz tayloristischer Arbeitsformen sowohl in bestimmten kleineren und mittleren Betrieben der Einzel- und Kleinserienfertigung (z.B. im Werkzeugmaschinenbau) als auch in Randbereichen der Großserienproduktion (z.B. Prototypenfertigung) stärker ganzheitlich geprägte, auf qualifizierter Facharbeit basierende Arbeitsformen erhalten haben, und daß flexible Fertigungssysteme nun verstärkt in diese Einsatzfelder eindringen. Die Tatsache, daß mehr als 80 % der Systeme unverkettete Werkzeugmaschinen ersetzen, also mehr einer Produktivitäts- als einer Flexibilitätssteigerung dienen, steht durchaus im Einklang mit einer solchen Vermutung. Zum zweiten gibt es jedoch auch Hinweise darauf, daß sich die Einführung neuer flexibler Fertigungstechniken mit einer Abkehr von bisher vorherrschenden Formen von Arbeitsteilung und Arbeitskräfteeinsatz verbindet.

Es scheint nämlich eine durchaus offene - seit einiger Zeit auch unter Herstellern, tatsächlichen und potentiellen Anwendern computergestützter Fertigungstechnik heftig diskutierte - Frage zu sein, inwieweit das traditionelle tayloristische Rationalisierungskonzept beim Einsatz der neuesten Technikgeneration noch zeitgemäß ist und zur optimalen betrieblichen Nutzung der neuerdings angebotenen Produktionstechniken führt.

Vergleicht man die flexiblen Fertigungssysteme mit unverketteten Einzelmaschinen, so werden wichtige Unterschiede hinsichtlich der Anforderungen an den Arbeitsprozeß deutlich. Durch die mehr oder weniger weitgehende Automatisierung von Werkstücktransport und -handhabung sowie des Werkzeugeinsatzes entfallen wesentliche Teile der traditionellen Maschinenbedienertätigkeiten, die heute in vielen Betrieben eine Domäne der meist nur angelernten Industriearbeiter darstellen. Die auf das einzelne Werkstück ausgerichteten Arbeiten verschwinden tendenziell oder verlieren zumindest erheblich an Bedeutung<sup>1)</sup>. Damit reduziert sich die Maschinen- bzw. Taktbindung des Arbeitseinsatzes; es entfallen bestimmte, mit der Werkstückhandhabung verbundene Belastungen; die Geschwindigkeit des Produktionsvorgangs ist kaum mehr durch besonderes Geschick aufgrund langjähriger Erfahrung zu beeinflussen; das in aller Regel vorherrschende Akkordsystem verliert seine legitimatorische Basis.

Auf der anderen Seite gewinnen die auf das gesamte Werkstücklos gerichteten vorbereitenden, steuernden und kontrollierenden Aufgaben neues Gewicht, und die trotz Automatisierung nach wie vor notwendigen Eingriffe erhalten einen sehr viel stärkeren Bezug auf die gesamte verkettete Anlage bzw. auf den gesamten dort laufenden Produktionsprozeß. Ein vollständiger Automatikbetrieb ohne erforderliche Eingriffe an der Maschinerie, den Steuerungen, den Transportvorrichtungen usw., bleibt bis auf weiteres Illusion, insbesondere, wenn die Teilevielfalt groß, die Umstellungsnotwen-

1) Bei der herkömmlichen Bearbeitung von Drehteilen stellt das kurzzyklische Be- und Entladen der Werkzeugmaschine von der zeitlichen Beanspruchung her (nicht nach den qualifikatorischen Anforderungen) oft den Kern der Maschinenbedienertätigkeit dar. Diese Arbeit entfällt bei der Automatisierung von Werkstücktransport und -handhabung bzw. reduziert sich auf die einmalige Eingabe und Entnahme der Teile am Ein-/Ausgang eines komplexeren Mehr-Maschinen-Systems. Bei prismatischen Teilen verbleibt bisher die Notwendigkeit des manuellen Spannens jedes Werkstücks auf der Palette (Entwicklungen zur Automatisierung dieses Vorgangs werden allerdings vorangetrieben). Abhängig von der Bearbeitungsdauer und der Zahl der verfügbaren Paletten ist aber auch hier bei modernen Systemen meist nur eine geringe Taktbindung gegeben.

digkeiten häufig sind. Das beginnt beispielsweise beim Programmieren bzw. Programmoptimieren, wo zwar die jeweilige Einzelmaschine im Vordergrund steht, aber eben auch bestimmte Konsequenzen für das Gesamtsystem mitbedacht werden müssen und endet bei der Störungsbeseitigung oder bei Problemen der Qualitätssicherung.

Mehrere Gründe sprechen dafür, daß ein solcher Prozeß durch fachlich breit qualifizierte Systembediener mit umfassenden Zuständigkeiten und Eingriffsmöglichkeiten besser zu fahren ist als durch eine Anzahl von Spezialisten mit je nur punktuelltem Einsatzbereich, von denen möglicherweise einige nur teilweise im System arbeiten und mehr oder weniger umfangreiche Aufgabenkomplexe außerhalb zu erfüllen haben. Einige dieser Gründe seien hier benannt:

(1) Ein zentraler Aspekt ist sicherlich das sog. Verfügbarkeitsproblem. Angesichts hoher Anlagenkosten und der zumeist erheblichen Interdependenzen der Einzelaggregate erhält das Problem, einen möglichst hohen Nutzungsgrad der Produktionsmittel zu sichern, gegenüber konventioneller Einzelmaschinenfertigung einen erheblich höheren Stellenwert. Trotz aller Fortschritte bei der technischen Beherrschung des Produktionsprozesses und bei der Erhöhung der Zuverlässigkeit von Maschinen-, Transport- und Steuerungskomponenten gehören Störfälle nach wie vor zum betrieblichen Alltag<sup>1)</sup>. Die Ursachen können manchmal banal und leicht zu beseitigen, manchmal komplexer Natur sein. Im einen wie im anderen Fall ist es wahrscheinlich, daß eine eingespielte, mit der Maschinerie vertraute und erfahrene Systemmannschaft schneller und effektiver

1) Detailliertere Untersuchungen zum Betriebsverhalten flexibler Fertigungssysteme zeigen, daß bei diesen automatisierten Anlagen Störungen viel häufiger auftreten als bei herkömmlicher Werkstattfertigung und zumindest potentiell gravierendere Konsequenzen haben. Der Nutzungsgrad der Anlagen läßt sich jedoch erheblich steigern, wenn das ständig verfügbare Bedienpersonal dafür ausreichend qualifiziert ist, Störungsursachen rasch zu beseitigen. Durchschnittlich trat bei den untersuchten Systemen eine Störung pro Betriebsstunde auf; die meisten davon konnten durch das Anlagenpersonal auf eine Ausfallzeit unter zehn Minuten begrenzt werden (vgl. Wiendahl, Springer 1986 sowie unter Bezug auf automatische Montageanlagen in der Elektroindustrie Eidenmüller 1986, S. 772, der seine Aussage ebenfalls auf eine Untersuchung von Wiendahl stützt).

reagieren kann, als wenn beispielsweise erst auf das Reparaturpersonal gewartet werden muß und ein vielleicht vorübergehend zu fahrender Notbetrieb erst komplizierte Abstimmungsprozesse zwischen stark arbeitsteilig eingesetzten Spezialisten erfordert. Solche Ausweichstrategien dürften rascher implementierbar sein, wenn breit qualifiziertes und kompetentes Fachpersonal vor Ort zur Stelle ist.

(2) Stark weiterentwickelt wurden die Möglichkeiten, den maschinellen Bearbeitungsprozeß durch zuvor erstellte NC-Programme - ggf. mit EDV-Unterstützung - zu steuern. Dennoch bleibt das sog. Programmoptimieren an der Maschine selbst nach wie vor ein zentraler Vorgang, der sich insbesondere die technologischen Steuerungsbefehle einer vollständigen Algorithmisierung entziehen. Für diesen Prozeß - und ggf. auch für kleinere Programmanpassungen - bleibt einerseits der kompetente Maschinenfachmann gefragt, der andererseits auch Systemerfahrung - z.B. über Konsequenzen bestimmter Eingriffe für nachfolgende Arbeitsgänge - mit einbringen können sollte.

(3) Ähnliches gilt für Funktionen wie Maschineneinrichten, Werkzeug(vor-)einstellen oder Qualitätskontrolle. Vieles spricht dafür, daß die Integration solcher Aufgaben in das Tätigkeitsfeld der Systembediener zu insgesamt besseren Resultaten führt als die Zuweisung an bestimmte Spezialisten, die zeitlich nicht immer verfügbar und mit den Besonderheiten einer komplexeren Anlage weniger vertraut sind.

(4) Schließlich ist auch an bestimmte personalwirtschaftliche Probleme zu denken. Beim Einsatz von Arbeitskräften, die im Prinzip alle in einem System anfallenden Aufgaben beherrschen, ist geplanten Personalausfällen (wie Urlaub, Freischichten zum Abfeiern der Arbeitszeitverkürzung etc.) und ungeplanten Abwesenheiten (Krankheit, sonstige Fehlzeiten) sehr viel leichter zu begegnen als beim Einsatz von Spezialisten, deren gegenseitige Vertretungsfähigkeit eng begrenzt ist.

Diese und weitere Momente sprechen sehr deutlich für weniger arbeitsteilige Formen von Arbeitsorganisation und Personaleinsatz. Auf der Ebene des sog. produktiven Werkstattpersonals bedeutet dies, daß eine Gruppe gleichartig qualifizierter Systembediener besser geeignet scheint als eine Anzahl von Spezialisten mit begrenztem Einsatzbereich, sei dieser durch bestimmte Funktionen (wie Systemsteuern, Maschineneinrichten, Palettieren etc.), sei er beispielsweise nach Maschinenarten bzw. Zerspanungstechniken definiert. Zum zweiten ist damit auch die Ebene der Arbeitsteilung zwischen Werkstattpersonal und den traditionell vielfach ausgelagerten sog. technischen Diensten (insbesondere Programmieren, Werkzeugbereitstellung, Qualitätssicherung, Reparatur und Wartung) angesprochen. Eine zumindest teilweise Integration bzw. Reintegration solcher Funktionen in das Tätigkeitsfeld der Systembediener verspricht Vorteile aufgrund verminderter Abstimmungsnotwendigkeiten und Organisationsprobleme. Darüber hinaus ist zu vermuten, daß solche Arbeitsstrukturen auch besser geeignet sind, marktbedingt wechselnden Anforderungen an den Produktionsprozeß zu begegnen, auch wenn dazu die unmittelbar gegebene Einsatzflexibilität des vorhandenen Systems nicht mehr ausreichen sollte, und daher ein mehr oder weniger umfangreicher Umbau beispielsweise zur Aufnahme einer neuen Teilefamilie notwendig werden sollte.

Allerdings ist zu erwarten, daß sich der Realisierung solcher Arbeitsstrukturen überall dort erhebliche Hindernisse entgegenstellen, wo sich in den letzten Jahrzehnten tayloristische Formen von Arbeitsorganisation, Arbeitsteilung und Personaleinsatz durchgesetzt haben. Solche Strukturen sind im allgemeinen nicht von heute auf morgen und ohne direkte und indirekte Kosten veränderbar; sie weisen vielmehr ein gewisses Trägheitsmoment auf, zumal in ihnen auch Interessenpositionen angelegt sind.

##### 5. Offenheit künftiger Entwicklungen

Abgesehen von den wenigen, meist großdimensionierten Anlagen der ersten Generation, werden flexible Fertigungssysteme erst seit wenigen Jahren zu einem in der mechanischen Fertigung zunehmend

wichtigen und weiter verbreiteten Produktionsmittel. So stellen die meisten Anwendungsfälle bis heute in den metallverarbeitenden Betrieben vergleichsweise seltene und kleine Inseln flexibler Automatisierung in den mit herkömmlicher Maschinerie ausgestatteten Produktionsapparaten dar. Noch lange Zeit werden in der Fertigung kleiner bis mittlerer Serien unverkettete konventionelle oder NC/CNC-Werkzeugmaschinen zahlenmäßig bei weitem überwiegen, und in der Großserien- oder Massenfertigung Transferlinien und Sondermaschinen erhebliche Bedeutung behalten.

Ein einheitliches Konzept für die Formen von Arbeitsorganisation, Arbeitsteilung und Arbeitskräfteeinsatz hat sich bisher noch nicht herausgebildet. Insgesamt ist eine große Variationsbreite in der Art und Weise festzustellen, wie die trotz Automatisierung verbleibenden Arbeitsaufgaben zu Arbeitsplätzen für mehr oder weniger ständig eingesetztes Bedienpersonal gebündelt und gegenüber Funktionen von Abteilungen außerhalb der Produktionswerkstätten abgegrenzt werden. Ein Teil dieser Variabilität ist sicherlich der Unterschiedlichkeit der Systeme nach Größe, Maschinenkonfiguration, Automatisierungsgrad, Charakteristiken des dort laufenden Produktionsprozesses etc. geschuldet; Unterschiede in den Arbeitsformen sind jedoch auch zwischen technisch sehr ähnlichen Anlagen zu beobachten<sup>1)</sup>. Viele Systeme sind auch noch zu neu, als daß sich bereits feste Formen der Arbeitsteilung und der Arbeitskraftnutzung herausgebildet hätten. So wie die Leistungsmöglichkeiten und Leistungsgrenzen der neuen Technik vielfach erst noch ausgelotet werden müssen, fehlt es oft noch an Erfahrungen zur Bestimmung optimaler Arbeitsstrukturen.

Für die weitere Entwicklung wird von erheblicher Bedeutung sein, inwieweit die flexiblen Systeme als mehr oder weniger exotische und isolierte Fremdkörper am Rande herkömmlicher Produktionsstruk-

1) Nicht nur theoretische Überlegungen, sondern auch solche empirische Evidenzen sprechen dagegen, daß sich aus der Konfiguration und den technischen Merkmalen flexibler Fertigungssysteme die optimalen Arbeitsformen einfach ableiten lassen, wie es der Beitrag von H. Schulz (in diesem Band) suggeriert. Ganz offensichtlich stellt die dort vorgestellte, dediziert arbeitsteilige Struktur nur eine der denkbaren und von Betrieben in der Praxis genutzten Möglichkeiten der Arbeitsorganisation dar.

turen verbleiben<sup>1)</sup> oder aber als Kern einer umfassenderen Reorganisation zumindest größerer Teile des jeweiligen betrieblichen Produktionsprozesses genutzt werden. Ansatzpunkte zu einer solchen erweiterten Ausschöpfung der in der flexiblen Produktionstechnik liegenden Rationalisierungspotentiale sind zumindest in einigen Betrieben zu beobachten. Auf der Basis von technischen und wertmäßigen Analysen des herzustellenden Teilespektrums werden Konzepte einer Ablösung der herkömmlichen verfahrensorientierten Werkstattfertigung (mit ihren langen Durchlaufzeiten) durch eine Neuordnung von Produktions-, Transport- und Lagersystemen entwickelt. Solche umfangreicheren, mit langen Planungs- und Realisierungszeiten sowie meist erheblichen Neuinvestitionen verbundenen Umstellungsprozesse können dann auch Anlaß für eine ausgreifendere Reorganisation der Produktionsarbeit werden.

In vielen technikorientierten Beiträgen über Chancen und Möglichkeiten flexibler Produktionstechnik oder bestimmter flexibler Systeme werden Fragen der Arbeitsorganisation und der personellen Besetzung der Anlagen nicht oder nur am Rande angesprochen (z.B. Erkes, Schmidt 1984; Hammer 1986; Hanak 1981; Riedel 1986; Roth, Zeh 1985; Steinhilper 1984). Wo dies aber der Fall ist, sind sich die Propagandisten der flexiblen Fertigungstechnik weitgehend darüber einig, daß die Qualifikation des Bedienpersonals für das Funktionieren der Systeme eine sehr wichtige Rolle spielt (vgl. u.a. Schulz in diesem Band; Hartley 1984; Honrath 1985). Auch Praxisberichte von Anwendern (z.B. Knauer 1986; Schmidt 1984; zusammenfassend Shah 1985) und detailliertere Analysen der Arbeitsanforderungen (Moldaschl, Weber 1985; Sonntag 1985) argumentieren in diese Richtung. Facharbeiter mit steuerungs- und systembezogenen Zusatzqualifikationen bilden nach diesen Vorschlägen und zu meist auch in der Praxis des Einsatzes flexibler Fertigungssysteme den Kern des Bedienpersonals.

Ob dies allerdings als eine generelle Tendenz zur "Enttaylorisierung" (Klaus 1985), zu einer "Renaissance des Facharbeiters"

1) Nach einer These von Knauer (1986, S. 33) ist das Betreiben einzelner FFS nur im Sinne des Erfahrungsgewinns an Pilotprojekten nützlich und kann sich insgesamt betriebswirtschaftlich sogar negativ auswirken, "weil konventionelle Abläufe im Informationsfluß und Materialfluß gestört werden".

(Wirtschaftswoche 1985), zu einer Requalifizierung und Reprofessionalisierung industrieller Produktionsarbeit im Rahmen neuer Produktionskonzepte (Kern, Schumann 1984; Sorge u.a. 1982) interpretiert werden kann, ist jedoch eine noch weitgehend offene Frage.

Zum ersten ist hier an das Problem ausreichender Verfügbarkeit entsprechend qualifizierten Personals zu denken. So lange es um die Einführung einzelner flexibler Fertigungssysteme oder -zellen geht, ergibt sich hieraus für die Betriebe in aller Regel keine besondere personalwirtschaftliche Problematik. Im Rahmen einer "Bestenauswahl" lassen sich aus dem Reservoir der vorhandenen Fertigungsbelegschaft einzelne, besonders gut geeignete, erfahrene und lernfähige Arbeitskräfte gewinnen, die meist mit relativ geringem Aufwand durch Schulungskurse beim Hersteller und Beteiligung am Systemaufbau erfolgreich auf ihre neuen Aufgaben vorbereitet werden können. Aufgrund der veränderten Arbeitsmarktsituation gelingt es auch leichter als früher, Facharbeiter - und vor allem auch sog. Jungfacharbeiter, die aufgrund der Modernisierung der Lehrlingsausbildung (CNC-Kurse etc.) oft besonders günstige Qualifikationsvoraussetzungen mitbringen - in Produktionsarbeitsplätze einzuschleusen, selbst wenn diese beispielsweise mit dem Nachteil des verstärkten Schichteinsatzes behaftet sind. Eine andere Frage ist es jedoch, ob und ggf. mit welchem Aufwand sich im Zuge breiter angelegter technisch-organisatorischer Umstellungsprozesse ein umfassender Umbau der Fertigungsbelegschaften durchsetzen läßt<sup>1)</sup>. Abgesehen davon, daß teilweise bereits wieder ein akuter Facharbeitermangel beklagt wird, kommt bei zumeist bestenfalls stagnierenden Belegschafts-

1) Das Beispiel der Einführung eines flexiblen Fertigungssystems bei der Zahnradfabrik Friedrichshafen wird in einem gesonderten Beitrag in diesem Band kurz skizziert. Hier fand die mit der Einführung der neuen Technik verbundene Umstellung in den Arbeitsstrukturen unter den besonderen Bedingungen eines mit öffentlichen Mitteln geförderten Projekts statt (vgl. auch Schultz-Wild, Asendorf u.a. 1986). Es gibt jedoch auch andere Beispiele, in denen Betriebe zunächst auf das flexible Fertigungssystem die üblichen arbeitsteiligen Strukturen übertragen, dann jedoch aufgrund von Funktionsmängeln den Grad der Arbeits- teilung deutlich reduziert haben.

zahlen eine Veränderung der Qualifikationsstruktur über Austauschprozesse mit dem externen Arbeitsmarkt kaum in Frage. Auf der anderen Seite ist das betriebliche Ausbildungssystem in den wenigsten Fällen so ausgebaut, daß eine erwachsenengerechte Breitenqualifizierung des überwiegend nur angelernten Fertigungspersonals o.w. zu bewerkstelligen wäre. Insgesamt scheint nicht ausgeschlossen, daß sich bei einem umfassenderen Umbau der Fertigungsbelegschaften in Richtung auf qualifizierte Produktionsarbeit vorhandene Qualifikationsreserven rasch erschöpfen und eine mit technisch-organisatorischen Innovationen synchrone Veränderung in der Arbeitskräftestruktur auf erhebliche Hindernisse stößt.

Zum zweiten muß damit gerechnet werden, daß sich einer Überwindung der über Jahrzehnte hinweg entwickelten betrieblichen Strukturen und Prinzipien der Arbeitsorganisation und des Arbeitskräfteeinsatzes bestimmte Widerstände entgegen stellen werden. In solchen Strukturen sind ja nicht nur quasi technische Regelungen von Abläufen und Entscheidungsprozessen angelegt (deren Veränderung bestimmte Umstellungskosten, wie etwa bei Kalkulations- oder Lohnberechnungsverfahren, verursacht), sondern in ihnen sind auch Macht- und Interessenpositionen angelegt<sup>1)</sup>. Dies wird vor allem deutlich, wenn es um eine Neuabgrenzung von Arbeitsteilung und Zuständigkeiten zwischen der Fertigung im engeren Sinne und den ihr zugeordneten, vor- und nachgelagerten technischen Diensten geht. Sollen Funktionen wie Arbeitsvorbereitung, Fertigungssteuerung, Qualitätskontrolle etc. stärker in das Aufgabenfeld des Werkstattpersonals integriert werden, so tangiert dies - insbesondere wenn es nicht mehr nur um marginale Bereiche geht - Position und Interessen der in diesen Abteilungen Beschäftigten. Innerbetriebliche Konflikte und Machtauseinandersetzungen können die Folge sein. Für den Ausgang solcher Prozesse ist es nicht ohne Bedeutung, von welchen Abteilungen und Entscheidungsträgern

1) Auf solche Macht- und Interessenstrukturen wird angespielt, wenn Praktiker insbesondere aus Großbetrieben eine mangelnde organisatorische Flexibilität beklagen und - etwa in bezug auf die Arbeitsvorbereitung - von "Fürstentümern" und "Erbhöfen" sprechen.

die technisch-organisatorische Innovation vorangetrieben wird und welche Spezialinteressen dabei zum Tragen kommen. So können die Lösungen beispielsweise unterschiedlich aussehen, je nachdem ob etwa die Arbeitsvorbereitung oder die Fertigung im engeren Sinne neue computergestützte Techniken einführen und arbeitsorganisatorisch gestalten.

Schließlich ist drittens darauf hinzuweisen, daß die direkt im Werkstattbereich ansetzenden Innovationsprozesse der Einführung flexibler Fertigungssysteme natürlich nicht die einzige technische Entwicklungslinie darstellen, die Betriebe im Zuge einer Modernisierungspolitik verfolgen. Konzepte einer Erhöhung der Werkstattautonomie, einer Erweiterung von Entscheidungsspielräumen des Werkstattpersonals beim Einsatz der Maschinerie und bei der Steuerung des Produktionsflusses können durchaus in Widerspruch geraten zu gleichzeitig verfolgten Strategien einer stärker zentralistisch ausgerichteten Produktionsplanung und -steuerung oder einer verstärkten vertikalen Integration, wie sie mit der Einführung und dem Ausbau von CAD/CAM-Systemen angestrebt wird. Die Mehrzahl der derzeit auf dem Markt angebotenen PPS- und CAD/CAM-Konzeptionen läuft zweifellos auf eine Effektivierung zentraler Planung, Steuerung und Kontrolle hinaus. Werden damit Kompetenz- und Entscheidungsspielräume aus dem Werkstattbereich abgezogen, kann dies auf Dauer dort den Einsatz qualifizierter Fachkräfte problematisch machen, auf die man jedoch andererseits zur Sicherung eines möglichst hohen Nutzungsgrads der Anlagen nicht verzichten kann oder will. So wie in vielen Betrieben die flexible Fertigungstechnik erst in der Form einzelner Pilotanlagen vorhanden ist, steht man vielfach auch bei der Einführung anderer Vernetzungstechniken erst am Anfang. Über das Zusammenspiel verschiedener Techniklinien bzw. Integrationspfade müssen Erfahrungen erst noch gewonnen werden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß im Zusammenhang mit der Einführung flexibler Produktionstechnik auf der einen Seite durchaus Ansatzpunkte für eine Reprofessionalisierung von Produktionsarbeit erkennbar sind. Dafür spricht die vergleichsweise große Zahl flexibler Fertigungssysteme und -zellen, die relativ

wenig arbeitsteilig betrieben werden, sowie die hohe Bedeutung von überdurchschnittlich gut qualifizierten Facharbeitern beim Einsatz dieser Systeme. Auf der anderen Seite ist beim derzeitigen Entwicklungsstand offen, ob und inwieweit sich daraus eine generelle Tendenz der Reduzierung fachlich-funktionaler Arbeitsteilung und einer Ablösung stark arbeitsteiliger Angelerntenfertigung durch ein System qualifikationshomogener Produktionsarbeit auf Facharbeiterniveau in den Werkstätten der Metallverarbeitung ergeben wird.

Literatur

- BRÖDNER, P.: Fabrik 2000 - Alternative Entwicklungspfade in die Zukunft der Fabrik, Berlin 1985.
- DOSTAL, W.: Der Einsatz flexibler Fertigungssysteme in der Bundesrepublik Deutschland. In: B. Lutz; R. Schultz-Wild (Hrsg.): Flexible Fertigungssysteme und Personalwirtschaft, Frankfurt/München 1982, S. 73-83.
- EIDENMÜLLER, B.: Auswirkungen neuer Technologien. In: Wildemann u. a. (Hrsg.): Strategische Investitionsplanung für neue Technologien in der Produktion, Band 1 und 2. 2. Fertigungswirtschaftliches Kolloquium an der Universität Passau vom 5. bis 7. März 1986, München 1986, S. 766-778.
- ERKES, K.; SCHMIDT, H.: Flexible Fertigung. In: VDI-Z, Band 126, Nr. 15/16, August 1984, S. 577-591.
- FICHTNER, J.: Humanisierung durch Verketteten. In: Moderne Fertigung, August 1984, S. 44-48.
- FIX-STERZ, J.; LAY, G.; SCHULTZ-WILD, R.: Stand und Entwicklungstendenzen flexibler Fertigungssysteme und -zellen in der Bundesrepublik Deutschland. In: VDI-Z, Band 128, Nr. 11, Juni 1986.
- GERWIN, D.: Arbeitnehmerreaktionen auf flexible Fertigungssysteme und Folgerungen für die Arbeitsorganisation. In: B. Lutz; R. Schultz-Wild (Hrsg.), Frankfurt/München 1982, S. 57-72.
- HAMMER, H.: Flexible Automatisierung - Chance und Herausforderung für Hersteller und Anwender. In: VDI-Z, Band 128, Nr. 5, 1986, S. 143-148.
- HANAK, G.: Einsatz flexibler Fertigungssysteme. In: Werkstatt und Betrieb, 114. Jg., Heft 5, 1981, S. 311-314.
- HARTLEY, J.: FMS at Work, Kempston, Bedford/Amsterdam/New York 1984.
- HONRATH, K.: ICMA: Flexibles Fertigungssystem im Motorenbau - Erfahrung bei Planung, Vorbereitung und Betrieb. Vortragsmanuskript für Internationaler Congress für Metallbearbeitung und Automatisierung, 18./19. September 1985, Hannover 1985.
- d'IRIBARNE, A.: Flexible Fertigungssysteme in Japan: Technische, wirtschaftliche und soziale Aspekte. In: B. Lutz; R. Schultz-Wild (Hrsg.), Frankfurt/München 1982, S. 27-39.
- KERN, H.; SCHAUER, H.: Rationalisierungs- und Besitzstandssicherung in der Metallindustrie - Teil 1. In: Gewerkschaftliche Monatshefte, Heft 5, 1978, S. 272-279.
- KERN, H.; SCHUMANN, M.: Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion, München 1984.

- KLAUS, H.: Computer im Blick: Enttaylorisierung. In: Frankfurter Zeitung, Blick durch die Wirtschaft, 8.10.1985.
- KNAUER, P.: Kosten und Nutzen flexibler Fertigungssysteme. In: Industrie Anzeiger, 108. Jg., Nr. 21, 1986, S. 31-34.
- KNEPEL, H.; HUJER, R. (Hrsg.): Mobilitätsprozesse auf dem Arbeitsmarkt, Frankfurt/New York 1985.
- KOCHAN, A.: European FMS Growth Predicted at 40-50 % a Year. In: The FMS Magazine, January 1985, pp. 42-44.
- KÖHLER, Ch.; SCHULTZ-WILD, R.: Technischer Wandel und innerbetriebliche Mobilität - Mechanismen der Verdeckung von Rationalisierungsfolgen. In: H. Knepel; R. Hujer (Hrsg.): Mobilitätsprozesse auf dem Arbeitsmarkt, Frankfurt/New York 1985, S. 329-350.
- LUTZ, B.; SCHULTZ-WILD, R. (Hrsg.): Flexible Fertigungssysteme und Personalwirtschaft - Erfahrungen aus Frankreich, Japan, USA und der Bundesrepublik Deutschland, Frankfurt/München 1982.
- MAASE, M.; SCHULTZ-WILD, R. (Hrsg.): Personalplanung zwischen Wachstum und Stagnation - Forschungsergebnisse und praktische Erfahrungen, Frankfurt/New York 1980.
- MAASE, M.; SCHULTZ-WILD, R.: Betriebliche Beschäftigungspolitik und technisch-organisatorische Veränderungen. In: M. Maase; R. Schultz-Wild (Hrsg.): Personalplanung zwischen Wachstum und Stagnation, Frankfurt/New York 1980, S. 118-127.
- MOLDASCHL, M.; WEBER, W.: Flexible Fertigungssysteme: Arbeitsorganisation, Qualifikation und Belastung. Eine prospektive Arbeitsplatzbewertung, Diplomarbeit, Berlin 1985.
- RIEDEL, H.: Klein- und Mittelserienfertigung automatisieren. In: Industrie Anzeiger, 108. Jg., Nr. 5, 1986, S. 14-16.
- ROTH, H.-P.; ZEH, K.-P.: FFS - eine strategische Entscheidung. In: FLEXIBLE AUTOMATION, Heft 3, 1985, S. 23-29.
- SCHMIDT, J.: Flexibles Fertigungssystem - Einsatz in der Serienfertigung. In: H.J. Warnecke (Hrsg.): Flexible Fertigungssysteme, Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984.
- SCHULTZ-WILD, R.; ASENDORF, I.; BEHR, M. von; KÖHLER, Ch.; LUTZ, B.; NUBER, Ch.: Flexible Fertigung und Industriearbeit - Die Einführung eines flexiblen Fertigungssystems in einem Maschinenbaubetrieb, Frankfurt/München 1986.
- SHA, R.: Flexible Fertigungssysteme in Europa: Erfahrungen der Anwender. In: VDI-Z, Band 127, Nr. 17, 1985.
- SONNTAG, K.: Erforderliche Qualifikation beim Tätigkeitsvollzug in der flexiblen automatisierten Fertigung. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 39. Jg., Heft 4, 1985, S. 193-200.

- SORGE, A.; HARTMANN, G.; WARNER, M.; NICHOLAS, I.: Mikroelektronik und Arbeit in der Industrie - Erfahrungen beim Einsatz von CNC-Maschinen in Großbritannien und der Bundesrepublik Deutschland, Frankfurt/New York 1982.
- STEINHILPER, R.: Planung und Einführung flexibler Fertigungssysteme - 10 Empfehlungen und Erfahrungen. In: tz für Metallbearbeitung, 78. Jg., Heft 9, 1984.
- WARNECKE, H.J. (Hrsg.): Flexible Fertigungssysteme, Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984.
- WARNECKE, H.J.: Von Taylor zur Fertigungstechnik von morgen. In: wt (Zeitschrift für industrielle Fertigung), 75. Jg., 1985, S. 669-674.
- WIENDAHL, H.-P.; SPRINGER, G.: Untersuchung des Betriebsverhaltens flexibler Fertigungssysteme. In: Zwf 81, Heft 2, 1986, S. 95-100.
- WILDEMANN, H. u.a. (Hrsg.): Strategische Investitionsplanung für neue Technologien in der Produktion, Band 1 und 2. 2. Fertigungswirtschaftliches Kolloquium an der Universität Passau am 5. bis 7. März 1986, München 1986.
- Wirtschaftswoche Nr. 35: Der Report: Facharbeiter: Ungeahnte Ressourcen, 23.8.1985.



Rainer Schultz-Wild<sup>\*)</sup>

Qualifizierte Gruppenarbeit bei flexibler Automatisierung -  
Ein Fallbeispiel

Inhalt

Vorbemerkung	176
I. Das Innovationsvorhaben und seine betrieblichen Rahmenbedingungen	177
1. Betrieb und Unternehmen	177
2. Innovationspolitik und Ziele der FFS-Entwicklung	179
II. Alternativen personalwirtschaftlichen Vorgehens	184
1. Externe versus interne personalwirtschaftliche Lösung	186
2. Hoher versus niedriger Grad von Arbeitsteilung	187
3. Arbeitskräfteselektion versus Qualifizierung	190
III. Das FFS als Modell qualifizierter Gruppenarbeit	192
1. Arbeitsorganisation und Qualifikationsanforderungen	192
2. Personalauswahl und Qualifizierung	194
IV. Ausbreitungschancen der neuen Arbeitsstrukturen	197
1. Erste Erfahrungen mit dem Systemeinsatz	197
2. Versuch einer Bilanzierung: Zur Übertragbarkeit der gefundenen Problemlösungen	199
Literatur	202

\*) Dr. Rainer Schultz-Wild, Dipl.-Soz., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. München.

### Vorbemerkung

Der folgende Beitrag geht zurück auf ein Referat anlässlich der Europäischen Arbeitstagung "Qualifizieren für die Zukunft" im Mai 1985 in Saarbrücken, bei der Vergleiche zwischen den Reaktionsweisen von Betrieben in Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland auf die Herausforderungen der neuen Techniken und des wirtschaftlichen Strukturwandels im Vordergrund der Debatte standen. Der Beitrag wurde in den vorliegenden Band aufgenommen, da sich hier an einem bestimmten Fallbeispiel, nämlich der Einführung eines flexiblen Fertigungssystems für die Herstellung von Zahnrädern in mittleren Losgrößen, betriebliche Probleme und Möglichkeiten einer innovativen Gestaltung von Arbeitsorganisation und Arbeitseinsatzstrukturen bei der Modernisierung des Produktionsapparates aufzeigen lassen.

Die Ausführungen stellen eine sehr knappe Zusammenfassung von Teilergebnissen der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung dar, die das ISF München im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie bei diesem betrieblichen Entwicklungsvorhaben durchgeführt hat. An diesem Projekt waren neben dem Autor vor allem Inge Asendorf, Marhild von Behr, Christoph Köhler, Burkart Lutz und Christoph Nuber beteiligt. Selbstverständlich sind Thesen und Arbeitsergebnisse dieser Kollegen in die vorliegende zusammenfassende Darstellung eingeflossen. Eine ausführliche Dokumentation der sozialwissenschaftlichen Ergebnisse des Projekts wurde veröffentlicht (vgl. Schultz-Wild, Asendorf u.a. 1986).

## I. Das Innovationsvorhaben und seine betrieblichen Rahmenbedingungen

### 1. Betrieb und Unternehmen

Die Zahnradfabrik Friedrichshafen AG ist Europas größtes Spezialunternehmen der Antriebstechnik mit Werken und Beteiligungsgesellschaften in mehreren Ländern Europas sowie in Übersee. Bei einem Gesamtumsatz von fast drei Milliarden DM hatte die ZF-Unternehmensgruppe 1983 mehr als 21.000 Beschäftigte weltweit, wovon knapp 90 % in rund einem halben Dutzend Werken in der Bundesrepublik Deutschland arbeiteten.

Das hier zur Debatte stehende Innovationsvorhaben wurde im Stammwerk des Unternehmens in Friedrichshafen am Bodensee durchgeführt; mit rund 7.000 Beschäftigten handelt es sich dabei um den größten Einzelbetrieb des Gesamtunternehmens.

Die Ursprünge des Unternehmens reichen bis zur Jahrhundertwende zurück und sind eng mit der Geschichte der Luftfahrtentwicklung verbunden (Unternehmensgründung 1915 durch den Grafen Zeppelin). Die in der Frühzeit gewonnenen Erfahrungen mit der Lösung von Antriebsproblemen im Luftschiffbau wurden schon relativ bald für die Herstellung von Kraftfahrzeuggetrieben genutzt; bereits 1925 wurde die erste serienmäßig gefertigte Getriebebaureihe aufgelegt.

In der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg war die Entwicklung des Unternehmens insgesamt wie auch die des Stammwerkes durch eine erhebliche Expansion gekennzeichnet. Heute sind die wichtigsten Produktgruppen der inländischen Werke: Getriebe (52 % Umsatzanteil), Lenkungen (19 %) sowie Achsen und Achsteile (15 %).

Prägend für die Gesamtsituation des Unternehmens ist die starke Abhängigkeit als Zulieferer der Automobilindustrie. Etwa zwei Drittel des Umsatzes der inländischen Werke geht an diesen Industriezweig, wobei das Schwergewicht im Nutzkraftfahrzeugsektor

(= NKW) liegt (40 % Umsatzanteil; weitere 26 % entfallen auf den PKW-Sektor); das restliche Umsatz-Drittel geht zu etwa gleichen Anteilen in den landwirtschaftlichen Maschinenbau und in den sonstigen Maschinenbau. Sehr bedeutsam ist die ja häufig von der Inlandskonjunktur abweichende Entwicklung auf den Auslandsmärkten, da zum einen der Konzern etwa 40 % seines Umsatzes direkt exportiert und zum anderen darüber hinaus ein erheblicher Anteil der zunächst an deutsche Abnehmer gelieferten Produkte dann später im Ausland abgesetzt wird, so daß direkter und indirekter Export zusammengenommen fast drei Viertel des Konzernumsatzes ausmachen.

Anfang der 80er Jahre ist die Lage dadurch charakterisiert, daß die Umsatzzahlen im Gesamtunternehmen weiterhin deutlich (bis zu 10 % pro Jahr) ansteigen, während die Beschäftigung (vor allem im Ausland) nicht unerheblich reduziert worden ist (um 11 % von 1980 bis 1983). Demgegenüber mußten im Stammwerk 1983 und 84 erstmals seit vielen Jahren Umsatzeinbußen hingenommen werden (8 % bzw. 5 %); über eine aktive Personalabbaupolitik<sup>1)</sup> wurde dort 1983/84 der Beschäftigtenstand um etwa 1.000 Arbeitskräfte (ca. 14 %) reduziert.

Hintergrund dafür ist, daß das Stammwerk noch sehr viel stärker als das Gesamtunternehmen auf den NKW-Sektor orientiert ist; die eindeutig dominierende Produktgruppe besteht hier aus Getrieben für Lastkraftwagen, Omnibusse, Sonderfahrzeuge usw., während beispielsweise die Produktionen für PKW und landwirtschaftliche Maschinen in anderen Konzernwerken konzentriert sind. Entsprechend dieser Spezialisierung der einzelnen Betriebsstätten schlagen sich unterschiedliche Nachfragekonjunkturen in einzelnen Marktsegmenten in einer nicht gleichmäßigen Entwicklung von Umsatz und Beschäftigung nieder.

---

1) Es gab keine Massenentlassungen, aber Abfindungszahlungen bei einer einvernehmlichen Auflösung des Arbeitsvertrags sowie ein spezielles Frühverrentungsprogramm; vgl. zu einer detaillierten Darstellung der Personalanpassungspolitik des Werkes Schultz-Wild, Asendorf u.a. 1986, S. 331 ff.

## 2. Innovationspolitik und Ziele der FFS-Entwicklung

Stärker noch als für das Unternehmen insgesamt bestand und besteht für das ZF-Stammwerk in Friedrichshafen eine erhebliche Abhängigkeit von der Einkaufspolitik der Kunden aus der NKW-Branche, die wiederum u.a. durch die wechselhaften Entwicklungen auf deren Absatzmärkten geprägt ist. Bei der starken Unternehmenskonzentration in diesem Sektor kommt hinzu, daß ein erheblicher Teil der Geschäftstätigkeit auf eine relativ kleine Zahl großer und marktmächtiger Herstellerunternehmen entfällt. Selbst in Boomphasen birgt diese Situation erhebliche Risiken, da die meisten der Großkunden z.B. nicht ihren kompletten Bedarf an Getrieben bei Zulieferern decken, sondern auch über eine Eigenproduktion - vor allem dort, wo Großserien möglich sind - verfügen. Der Tendenz nach entfällt daher auf das Zulieferunternehmen im wesentlichen das Marktsegment für Teile und Aggregate mit besonderen Spezifikationen, die nur in kleineren oder mittleren Serien benötigt werden, oder der über den Kapazitätsgrenzen der Kunden liegende Zusatzbedarf in Boomzeiten.

**Dementsprechend steht das Werk unter erheblichem Innovations-, Rationalisierungs- und Flexibilisierungsdruck:**

- o Zum einen muß die Produktentwicklung ständig vorangetrieben werden, um spezifischen und wachsenden Anforderungen zu genügen und die Gefahr zu reduzieren, daß die Produktion von Standardaggregaten von den Kunden selbst übernommen wird;
- o zum anderen besteht ständiger Rationalisierungsdruck, um preislich konkurrenzfähig zu bleiben, nicht nur gegenüber anderen Zulieferanten, sondern auch gegenüber der tatsächlichen oder potentiellen Eigenproduktion der Abnehmer;
- o schließlich ergeben sich für die Fertigung erhebliche Flexibilitätsanforderungen, um zum einen die Lieferbereitschaft auch bei Nachfrage nur relativ kleiner Stückzahlen von Produkten unterschiedlicher Spezifikationen aufrecht zu erhalten und um zum anderen dem Verlangen der Kunden nachzukommen, noch relativ

kurze Zeit vor Auslieferung spezifische Wünsche des Endabnehmers zu berücksichtigen (z.B. spezifische Nebenabtriebe bei den Getrieben).

Mit den in den 70er Jahren zunehmenden Turbulenzen im NKW-Markt haben sich diese Rahmenbedingungen der Produktion für das Unternehmen verschärft. Eine Antwort darauf waren überproportional hohe Steigerungsraten der Aufwendungen für Forschung und Entwicklung sowie eine erhebliche Ausdehnung der Investitionstätigkeit in der zweiten Hälfte der 70er Jahre. Hierin eingebunden war die Entscheidung für Konstruktion und Aufbau des flexiblen Fertigungssystems, dessen Einführung hier im Mittelpunkt des Interesses steht.

Mit diesem Innovationsvorhaben war eine mehrfache Zielsetzung verbunden:

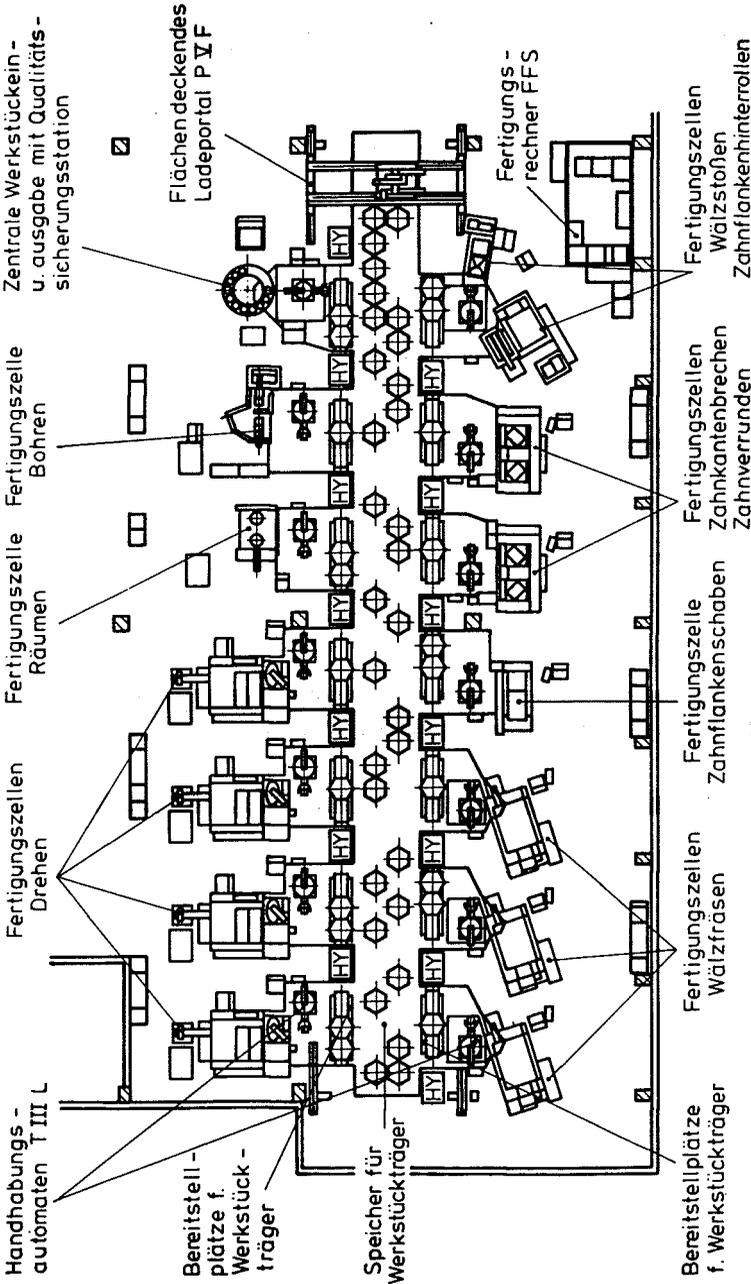
- o Im Vordergrund stand das fertigungspolitische Interesse an einer Verbesserung des Produktionsapparates, sowohl durch traditionelle Rationalisierung über Erhöhung des Automatisierungsgrades als auch durch eine Steigerung der Reaktionsfähigkeit der Fertigung. Verkürzte Durchlaufzeiten sollten die Lieferbereitschaft erhöhen und gleichzeitig Kapital- und Lagerhaltungskosten einsparen.
- o Des weiteren verband sich mit dem Projekt ein marktpolitisches Interesse des Unternehmens; mit der Entwicklung einer auf andere Betriebe übertragbaren fertigungstechnischen Lösung und der Eigenherstellung von Handhabungstechnik sollten die Chancen eines Einstiegs in ein neues Marktsegment erkundet werden.
- o Schließlich wurde das Projekt explizit mit der Zielsetzung der Verbesserung der Arbeitsbedingungen für die Beschäftigten begründet, wobei es insbesondere um den Abbau körperlicher Belastungen (Hebetätigkeit beim Be- und Entladen von Werkzeugmaschinen) sowie um Monotonieprobleme ging.

Diese Zielsetzungen sind ein deutlicher Reflex der Anfang/Mitte der 70er Jahre gegebenen Marktsituation: Die Voraussetzungen, sich im dominanten angestammten NKW-Marktsegment zu behaupten, sollten verbessert werden; gleichzeitig war zu überprüfen, ob sich mit dem Einstieg in Handhabungstechnik und damit verbundenen Systemlösungen die starke Abhängigkeit von der Automobilindustrie reduzieren ließe. Trotz des damals stagnierenden bzw. leicht rückläufigen Personalbedarfs erschien außerdem die Verbesserung der Arbeitsbedingungen aufgrund weiterhin bestehender spezifischer Rekrutierungsprobleme für Produktionsarbeit als eine wichtige personalwirtschaftliche Zielsetzung.

Nach einer zweijährigen Vorlaufphase wurde 1977 mit den Entwicklungsarbeiten am flexiblen Fertigungssystem (FFS) begonnen, und zwar mit öffentlicher finanzieller Förderung durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie im Rahmen eines Vorläufers des heutigen Förderungsprogramms Fertigungstechnik. 1982 wurden die ersten Werkzeugmaschinen aufgestellt, 1983 startete der Probetrieb, seit Herbst 1984 wird die Anlage zunehmend in ihren Normallauf hochgefahren, ohne daß jedoch bis 1985 die geplante Produktionsleistung erreicht worden wäre.

Das FFS ist ausgelegt für die losweise, spanabhebende Bearbeitung von Zahnrädern aus drei Teilefamilien. Durchgeführt wird die komplette "Weichbearbeitung", d.h. in der Anlage finden alle notwendigen Arbeitsgänge bis vor dem Härten der Werkstücke statt<sup>1)</sup>. Die Werkzeugmaschinen sind jeweils mit einem Handhabungsgerät und drei Werkstückträger-Bereitstellplätzen zu einer (teilautonomen) Fertigungszelle kombiniert. Da in einem Fall zwei Werkzeugmaschinen zu einer Fertigungszelle zusammengefaßt sind, entstehen aus den 14 Maschinen 13 Bearbeitungsstationen; eine 14. Zelle stellt die zentrale Be- und Entladestation mit Bereitstellplätzen und Handhabungsgerät dar. Eine Verknüpfung dieser Stationen oder Zellen erfolgt materiell über den gemeinsamen Werkstückspeicher

1) Durch diese Komplettbearbeitung ergibt sich die angestrebte Verkürzung der Durchlaufzeiten, da gegenüber der konventionellen Fertigung vor allem die Wartezeiten der Werkstücke zwischen den verschiedenen Maschinen unterschiedlicher Bearbeitungsverfahren deutlich reduziert werden können.



**Flexibles Fertigungssystem zur Fertigung rotationssymmetrischer Werkstücke von 60 – 280 mm Ø**

287 – 580



(einschließlich zentraler Transportanlage), informationstechnisch über die übergeordnete Steuerung (mit Prozeßrechner).

Die technische Systementwicklung war keineswegs auf eine perfektionierte Vollautomatisierung ausgelegt, zumal eine Anlage dieser Größe und Komplexität ohnehin die Präsenz mehrerer Arbeitskräfte notwendig macht. Zwar sollte im Vergleich zur bisherigen Fertigung Arbeitskraft eingespart werden, aber eine Bedienmannschaft von etwa sechs Mann pro Schicht (bei zweischichtigem Einsatz) war von Anfang an vorgesehen.

Gegenüber der konventionellen Teilebearbeitung mit Einzelmaschinen liegt der Unterschied in der Fertigungsstruktur vor allem in der Verkettung der einzelnen Bearbeitungsstationen. Der Bedienmannschaft verbleiben dabei vor allem die folgenden Arbeitsaufgaben:

- o Als umfangreichster Komplex das Umrüsten der teils gleichartigen, teils verschiedenartigen Werkzeugmaschinen, einschließlich der zugehörigen Handhabungsgeräte; das reicht vom Einlesen der NC-Programme über Auswechseln der Werkzeuge und Anpassen der Spannmittel bis zum Optimieren von Vorschubgeschwindigkeiten oder Drehzahlen.
- o Zum zweiten ist die vergleichsweise anspruchslose, aber körperlich belastende Tätigkeit des Eingebens von Rohlingen in das System und des Entladens der fertig bearbeiteten Zahnräder manuell durchzuführen, wobei es hier nur um das Auflegen bzw. Abnehmen der Werkstücke von einem getakteten Rundtisch geht, da das Be- und Entladen der im System stehenden Werkstückträger durch ein Handhabungsgerät erfolgt.
- o Zum dritten gibt es eine ganze Reihe dispositiver Steuerungs- und Überwachungstätigkeiten, die sich sowohl auf das Fahren der Gesamtanlage (einschließlich des gemeinsamen Transportsystems) als auch auf die einzelnen Bearbeitungsstationen und dort insbesondere auf die Werkzeugmaschinen beziehen.

Diese Hauptaufgaben werden ergänzt durch eine Anzahl von Nebentätigkeiten, die wiederum von Hilfsfunktionen (wie z.B. Späne beseitigen) bis zu anspruchsvolleren Arbeiten reichen, so etwa Qualitätskontrolle, Werkzeugvoreinstellung, Programmoptimierung, Maschinenwartung usw.; diese können je nach organisatorischem Konzept und Besetzungsdichte ebenfalls der Systemmannschaft oder anderen betrieblichen Stellen zugewiesen werden.

## II. Alternativen personalwirtschaftlichen Vorgehens

Bei der Integration einer neu entwickelten technischen Anlage stellen sich der Personalwirtschaft drei unterschiedliche, in der Praxis eng miteinander verwobene Fragen:

- (1) Sollen die Besetzung des neuen Systems und die Freisetzung von Arbeitskraft aus der konventionellen Fertigung betriebsintern oder über den äußeren Arbeitsmarkt abgewickelt werden?
- (2) Welche arbeitsorganisatorischen Lösungen werden für die Verteilung der verbleibenden Arbeitsaufgaben innerhalb des Systems gefunden, und wie erfolgt die Abgrenzung zu anderen organisatorischen Einheiten des Werkes?
- (3) Nach welchen Kriterien und über welche Verfahren wird das Personal für die neue Anlage ausgewählt, und wie sind ggf. vorhandene Qualifikationsdefizite zu überwinden?

Ob und inwieweit bei einer konkreten Umstellung tatsächlich jeweils denkbare alternative Optionen überprüft werden, hängt selbst wiederum von einer Reihe von Bedingungen ab. So standen etwa im vorliegenden Fall nach Beginn der Projektarbeiten lange Zeit die zahlreichen technischen Fragen der Systemauslegung, der Bestimmung des zu fertigenden Teilespektrums, der Auswahl bzw. Konstruktion der Werkzeugmaschinen, Handhabungsgeräte usw. so sehr im Vordergrund, daß Fragen der personalwirtschaftlichen Einbindung der neuen Anlage in den Fertigungsbetrieb keine besondere Bedeutung beigemessen wurde. Mehr oder weniger implizit konnte

davon ausgegangen werden, daß die vielfach bewährten Mechanismen der Personalanpassung bei (meist kleineren) technisch-organisatorischen Umstellungen sowie die Übertragung erprobter Prinzipien arbeitsteiliger Organisation einen reibungslosen Umstellungsprozeß gewährleisten würden.

Für das Innovationsvorhaben galten jedoch eine Reihe von Besonderheiten, die schließlich zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit bestimmten personalwirtschaftlichen Alternativen führten:

- o Zum einen handelte es sich um eine vergleichsweise große Neuinvestition; während in Maschinenbaubetrieben dieser Art der technische Fortschritt sonst üblicherweise vor allem über Schritt-für-Schritt-Erneuerung einzelner Maschinen oder sonstiger Fertigungskomponenten erfolgt, geht es hier um eine komplexe und neuartige Anlage mit Systemcharakter, über die ein mehrstufiger Produktionsprozeß laufen soll.
- o Zum zweiten wurde das FFS im Rahmen eines mit öffentlichen Mitteln geförderten Projekts entwickelt, in dem Gesichtspunkte der Verbesserung industrieller Arbeitsbedingungen eine wichtige Rolle spielten (auch wenn es sich nicht um ein Humanisierungsprojekt im engeren Sinne handelte). Mehr als sonst hatte sich der Betrieb mit arbeitspolitischen Zielsetzungen und Diskussionen auseinanderzusetzen, die von betriebsexternen Projektbeteiligten eingebracht wurden, so etwa durch den Projektträger, die Gutachter und nicht zuletzt durch die arbeits- und sozialwissenschaftliche Begleitforschung.
- o Insbesondere da das FFS als Pilotanlage bei Bewährung Modellcharakter für künftige Fertigungsstrukturen in der Metallverarbeitung haben sollte, galt den damit verknüpften arbeitspolitischen Fragen schließlich auch die besondere Aufmerksamkeit der Interessenvertretung der Arbeitnehmer. Sowohl der örtliche Betriebsrat als auch zentrale Beratungsinstanzen der zuständigen Gewerkschaft (IG-Metall) schalteten sich in das Projekt stärker

ein, als dies bei "normalen" Innovationsvorhaben meist üblich ist.

Solche und ähnliche Bedingungen trugen dazu bei, daß zumindest teilweise vom sonst üblichen personalwirtschaftlichen Vorgehen abgewichen wurde.

### 1. Externe versus interne personalwirtschaftliche Lösung

Bei Einführung einer komplexen Produktionsanlage mit hohem Innovationscharakter gegenüber den herkömmlichen Fertigungsmitteln liegt es grundsätzlich nahe, zur Besetzung Arbeitskräfte vom externen Arbeitsmarkt heranzuziehen, die über die notwendige Qualifikation und Erfahrung in den bisher nicht betriebsüblichen Techniken verfügen. Abgesehen davon, daß es natürlich eine offene Frage ist, ob solche Arbeitskräfte auf dem überbetrieblichen Arbeitsmarkt überhaupt verfügbar und zu rekrutieren sind, ist diese Lösungsmöglichkeit auch aus anderen Gründen im vorliegenden Fall kaum erwogen worden.

Zu den kaum noch diskutierten Selbstverständlichkeiten gehört es, bei solchen Innovationen (und dies dürfte durchaus typisch sein, zumindest für größere Betriebe in einer ähnlichen Situation) neue Arbeitsplätze mit dafür geeigneten Beschäftigten aus dem betrieblichen Arbeitskräftereservoir zu besetzen. Im speziellen Fall kamen die arbeitspolitischen Zielsetzungen des Projektvorhabens hinzu sowie die frühzeitige Einschaltung der Interessenvertretung der Arbeitnehmer. Gerade der Betriebsrat mußte darauf sehen, daß die angestrebte Verbesserung der Arbeitsbedingungen Arbeitskräften aus der eigenen Belegschaft zugute kommt.

Zum anderen steht auf dem Hintergrund der eingespielten, zwischen Management und Betriebsrat implizit oder explizit vereinbarten Regeln der Personalpolitik auch kaum zur Debatte, die durch die neue Anlage aus der konventionellen Fertigung freigesetzten Arbeitskräfte einfach zu entlassen. Soweit sie nicht im neuen System einen Arbeitsplatz finden können, wären weitere betriebsin-

terne Versetzungen die Folge, bei denen wiederum der Betriebsrat ein Mitspracherecht hat und auf die Wahrung der Interessen der betroffenen Arbeitnehmer achtet. Ergibt sich per saldo durch die Innovation eine Verminderung des Arbeitskräftebedarfs, so gelten auch dann innovationsbedingte Entlassungen nicht als akzeptable Vorgehensweise; mit hoher Wahrscheinlichkeit wäre der notwendige Personalabbau ausschließlich über die Nutzung der "natürlichen" Fluktuation in Verbindung mit einem entsprechenden Einstellungsstop zu realisieren.

Eine betriebsinterne Lösung der personalwirtschaftlichen Anpassung war auf dem Hintergrund dieser Bedingungen die einzig gangbare Vorgehensweise.

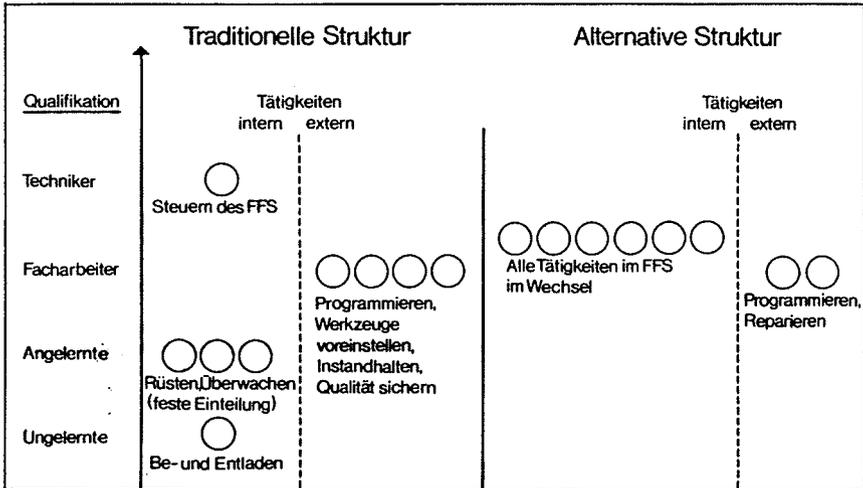
## 2. Hoher versus niedriger Grad von Arbeitsteilung

Wie läßt sich nun die verbleibende, nicht durch mechanische oder informationstechnische Automatisierung eliminierte Arbeit in einem solchen System am besten organisieren?

Analysiert man Arbeitsteilung und Arbeitsorganisation sowie die damit verbundenen Qualifikationsstrukturen des Personals in verschiedenen flexiblen Fertigungssystemen eines oder mehrerer Industrieländer, so stellt man erhebliche Unterschiede im Zuschnitt der Arbeitsplätze und ihrer Besetzung fest, die sich keinesfalls allein durch natürlich auch vorhandene technische Unterschiede (wie Geometrie, Größe und Zahl der zu bearbeitenden Werkstücke, Grad der Automatisierung von Werkstücktransport und Werkstückhandhabung etc.) erklären lassen (Dostal u.a. 1982; Schultz-Wild 1982). Idealtypisch vereinfacht lassen sich zwei unterschiedliche Strukturtypen von Arbeitsorganisation und Arbeitsplatzbesetzung unterscheiden (vgl. Lutz 1981). Wendet man diese Modelle an, so ergeben sich für die hier aufgebaute Anlage die folgenden beiden alternativen Gestaltungsmöglichkeiten:

- o Im einen Fall besteht die Besetzung des FFS hauptsächlich aus einer Anzahl spezialisierter Maschinenbediener mittleren Quali-

## Alternative Arbeitsstrukturen in flexiblen Fertigungssystemen



fikationsniveaus, die jeweils einige Werkzeugmaschinen gleicher oder ähnlicher Bauart zu überwachen und miteinzurichten haben. Zusätzlich gibt es ein oder zwei ungelernete Arbeitskräfte für die eher anspruchslose (und belastende) Aufgabe des Be- und Entladens der Anlage sowie andere Hilfsfunktionen. Für die Steuerung des gesamten Systems, für Fertigungsplanung und -koordination, für personelle Führungsaufgaben, zur Abwicklung der Beziehungen zu anderen Abteilungen des Werkes usw. stehen ein oder zwei Anlagenführer, Vorarbeiter oder Schichtleiter zur Verfügung, die eine Technikerqualifikation mit zusätzlichen Spezialkenntnissen aufweisen müssen. Diese Besetzung kann nicht alleine alle systemnotwendigen Funktionen erfüllen. Die technischen Dienste aus anderen Abteilungen des Werkes außerhalb des Systems müssen in mehr oder weniger großem Umfang eingreifen, z.B. bei Werkzeuvoreinstellung, Qualitätskontrolle, beim Programmieren und Programmanpassen sowie bei Reparatur- und Wartungsarbeiten.

o Im zweiten Fall besteht dagegen die Mannschaft ausschließlich aus Facharbeitern, die alle vorhandenen spanabhebenden Bearbeitungsverfahren beherrschen und zusätzliche Kenntnisse in Elektronik, Handhabungstechnik, im Programmieren etc. aufweisen. Jeder dieser Systembediener kann alle im FFS notwendigen Arbeitsaufgaben erfüllen, wobei Aufgabenwechsel entsprechend den unterschiedlichen Eingriffsnotwendigkeiten nach Zuteilung in Gruppenverantwortung vorgesehen ist. Zusätzlich zur unmittelbaren Systembedienung und Systemsteuerung können diese Arbeitskräfte dann auch - je nach Arbeitsanfall und Besetzungsdichte in variierendem Umfang - noch weitere Aufgaben übernehmen, die im ersten skizzierten Fall notwendigerweise von anderen Abteilungen des Werkes wahrgenommen werden müssen. Lediglich etwa kompliziertere Programmierarbeiten, umfangreichere oder spezielle Qualifikationen voraussetzende Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten (z.B. im Bereich von Elektrik und Elektronik) werden von Spezialisten von außerhalb ausgeführt.

Wie unmittelbar einsichtig, stellen diese beiden Strukturtypen Extreme dar; in der betrieblichen Praxis sind Mischformen eher wahrscheinlich. Dennoch lassen sich die Arbeitsstrukturen verschiedener beobachteter FFS (Bertrand 1982; Gerwin 1982; Dostal 1982) je nach den vorherrschenden Prinzipien einer wenig ausgeprägten oder starken Arbeitsteilung und einer homogenen versus einer hierarchisierten und spezialisierten Struktur von Qualifikationsanforderung und Arbeitsplatzbesetzung zuordnen. Dominanten Einfluß haben offensichtlich die in der jeweiligen konventionellen Fertigung gegebenen Strukturen und erprobten Prinzipien des Arbeitskräfteeinsatzes.

Wirft man nun einen Blick auf Arbeitsorganisation und Qualifikationsstruktur in den Werkstätten der ZF, in denen die im FFS zu produzierenden Zahnräder konventionell hergestellt werden, so zeigt sich dort ein Arbeitssystem, das man verkürzt als "Angelernten-Produktion" bezeichnen könnte. Das Gros der Arbeitskräfte an den einzelnen aufgestellten Werkzeugmaschinen besteht aus auf die jeweiligen Maschinen bzw. Bearbeitungsverfahren spezialisierten Angelernten, die teilweise - bei entsprechend langer Erfah-

rung - ihre Maschinen selbst einrichten können, deren Einsatz im übrigen ergänzt wird durch höher qualifizierte Einrichter, Vorarbeiter sowie durch die Dienste von Werkzeugvoreinstellung, Programmierung, innerbetrieblichen Transport, Qualitätskontrolle, Terminüberwachung usw. Obwohl es sich nicht um eine Massenfertigung im üblichen Sinne handelt, herrscht hier ein hierarchisch und funktional stark arbeitsteiliger Arbeitskräfteeinsatz vor.

Gerade wenn - wie im vorliegenden Fall - eine Vorentscheidung für eine betriebsinterne Personalanpassung gefallen ist, ist eine Übertragung der in der konventionellen Fertigung dominanten Prinzipien der Arbeitsstrukturierung die wahrscheinlichste Option. Dieser würde es entsprechen, das bei der fortgeschrittenen flexiblen Automatisierung verbleibende Aufgabenbündel auf eine Reihe von Arbeitsplätzen mit Anforderungen unterschiedlichen Inhalts und unterschiedlichen Niveaus aufzuteilen. Demgegenüber war es - unter den genannten Sonderbedingungen des Entwicklungsvorhabens sowie aufgrund des in diese Richtung zielenden besonderen Einflusses von Betriebsrat und Gewerkschaft - das Ergebnis der Diskussion, nach Möglichkeit die Gesamtheit der Aufgaben als Betätigungsfeld für die Bedienmannschaft zu definieren. Angestrebt wurde ein möglichst geringer Grad stabilisierter Arbeitsteilung (im Sinne dauerhafter Zuweisung spezifischer Aufgaben), wobei im konkreten Arbeitsvollzug eine wechselnde Aufgabenzuweisung an die einzelnen Arbeitskräfte entsprechend dem Arbeitsanfall, der Personalverfügbarkeit etc. erfolgen sollte (Aufgaben-Rotation).

### 3. Arbeitskräfteselektion versus Qualifizierung

In Abhängigkeit von den getroffenen Vorentscheidungen für eine betriebsinterne Personalanpassung und eine bestimmte Form der Arbeitsstrukturierung im FFS, sind schließlich bei der Besetzung der neuen Arbeitsplätze mit dafür geeigneten Arbeitskräften wiederum zwei alternative Vorgehensweisen denkbar:

- o Die erste Lösung läuft auf eine Minimierung von Qualifizierungsaufwendungen und Umstellungskosten hinaus durch eine Aus-

wahl der am besten für die neuen Aufgaben geeigneten, über einschlägige Kenntnisse und Erfahrungen verfügenden Arbeitskräfte aus dem Betrieb.

- o Alternativ dazu würden eher durchschnittlich qualifizierte, womöglich in den teilweise stillzulegenden, konventionellen Fertigungsbereichen eingesetzte Arbeitskräfte durch praktische und theoretische Ausbildungsmaßnahmen auf die neue Tätigkeit besonders vorbereitet.

Die erste Vorgehensweise der "Bestenauswahl" entspricht vielfach geübter betrieblicher Praxis, insbesondere bei eher kleinschrittigen technisch-organisatorischen Umstellungen. Sie stößt jedoch an Grenzen, wenn es um umfassendere Innovationen mit neuartigem Arbeitsplatzzuschnitt geht. Eine Überforderung der Arbeitskräfte könnte die Folge sein.

Dementsprechend fiel - wiederum unter wesentlichem Einfluß der Arbeitnehmerinteressenvertreter - die Entscheidung für eine Vorgehensweise, bei der explizite, im Rahmen des Projekts auch finanziell geförderte Qualifizierungsmaßnahmen eine wichtige Rolle spielten.<sup>1)</sup>

Insgesamt führten die getroffenen Entscheidungen dazu, daß bei der FFS-Einführung technische mit personalwirtschaftlichen Innovationen verbunden wurden.

---

1) Der innovative Charakter dieses Vorgehens liegt in erster Linie darin, daß neben der bei der Einführung neuer Produktionsmittel durchaus üblichen Beteiligung des Bedienpersonals am Aufbau der Schinerie sowie meist kurzen Einweisungen bei den Herstellern neuer Komponenten hier von der Ausbildungsabteilung des Anwenders besondere Kursprogramme - auch zur Vermittlung von Grundlagenwissen - zu entwickeln waren. Diese Vorgehensweise wurde bei der FFS-Einführung natürlich u.a. durch die partielle Hersteller-Anwender-Identität des Betriebs erleichtert. Vgl. im einzelnen Schultz-Wild, Asendorf u.a. 1986, S. 431 ff sowie Asendorf, Schultz-Wild 1983.

### III. Das FFS als Modell qualifizierter Gruppenarbeit

Bei Ausgestaltung und Implementierung des FFS-Arbeitssystems kombinieren sich neuartige mit traditionell erprobten Prinzipien und Vorgehensweisen.

#### 1. Arbeitsorganisation und Qualifikationsanforderungen

Die gewählte Arbeitsplatzauslegung reduziert Arbeitsteilung gegenüber den traditionellen Strukturen in dreifacher Hinsicht:

- o Die hierarchische, nach Weisungsbefugnis, Anforderungsniveau etc. differenzierte Arbeitsteilung innerhalb eines Fertigungsbereichs (wie sie traditionell zwischen Werkhelfer, Maschinenbediener, Springer, Einrichter, Vorarbeiter/Anlagenführer besteht) wird tendenziell aufgehoben;
- o die fachliche Arbeitsteilung, insbesondere zwischen verschiedenen Bearbeitungsverfahren bzw. Maschinenarten (wie Drehen, Fräsen, Räumen), entfällt; und
- o schließlich wird die funktionale Arbeitsteilung zwischen der Fertigung im engeren Sinne und den fertigungsnahen technischen Diensten (wie Arbeitsvorbereitung, Werkzeugvoreinstellung, Programmieren, Qualitätskontrolle) reduziert.

Dieser Abbau traditioneller Arbeitsteilung korrespondiert mit der Systemstruktur der technischen Anlage und geht einher mit einer Form von Gruppenarbeit: Die insgesamt anfallenden Aufgaben werden nicht von vornherein den einzelnen Arbeitskräften fest zugewiesen, sondern sie werden als Ganzes von der Gruppe übernommen und dann, je nach aktueller Arbeitssituation, aufgeteilt.

Ein solches Modell von Arbeitsorganisation entspricht auf der einen Seite dem (vor allem von Betriebsrat und Gewerkschaft eingebrachten) Arbeitnehmerinteresse an ganzheitlichen Arbeitsvollzügen

gen, an qualifikatorisch anspruchsvollen Arbeitsplätzen sowie an möglichst wenig belastenden Arbeitsbedingungen. Diese Struktur kommt andererseits auch bestimmten betrieblichen Interessen entgegen: Der Personaleinsatz ist flexibel an die je gegebene Arbeitssituation anpaßbar (so können beispielsweise die nicht regelmäßig, sondern stoßweise anfallenden Umrüst- oder Be- und Entladearbeiten leichter bewältigt werden); Personalausfälle (durch Urlaub, Krankheit etc.) lassen sich leichter kompensieren.

Dieses Arbeitssystem stellt nach Struktur und Inhalten neuartige Anforderungen an die Qualifikation der im FFS einzusetzenden Bedienmannschaft. Wenn alle Arbeitskräfte in der Lage sein sollen, alle im System anfallenden vielfältigen Arbeiten in Aufgabenrotation zu erfüllen, so ist eine einheitliche Qualifikation auf relativ hohem Niveau erforderlich. Inhaltlich ergibt sich ein grundsätzlich neuer Zuschnitt der Befähigung und des Wissens:

- o An erster Stelle steht die Vielfalt der zu beherrschenden Bearbeitungsverfahren bzw. Maschinenarten. Diese unterschiedlichen spanabhebenden Produktionsverfahren kommen zwar auch in der konventionellen Fertigung vor; dort ist jedoch in aller Regel ein Maschinenbediener auf einen Maschinentyp spezialisiert, ein Einrichter zumeist lediglich für ein oder zwei verwandte Bearbeitungsverfahren eingesetzt.
- o Zusätzlich wird die Beherrschung der Handhabungsgeräte verlangt sowie eine ganze Reihe von Techniken und Verfahren (z.B. Werkzeugvoreinstellen, Programmieren, Qualitätskontrolle etc.), die sonst häufig von darauf spezialisierten technischen Diensten wahrgenommen werden.
- o Schließlich sind gewisse Kenntnisse für einen adäquaten Umgang mit der übergeordneten Steuerung des Gesamtsystems notwendig, einschließlich des Wissens über die Einbindung der Anlage in die übergeordneten betrieblichen Strukturen (z.B. Fertigungsplanung und Terminsteuerung, Material und Rohteileversorgung, Reparatur und Instandhaltung). Solche Überblicksinformationen, die weit über die üblichen Anforderungen an Produktionsarbei-

ter in der konventionellen Fertigung hinausgehen, sind eine entscheidende Voraussetzung dafür, daß die Bedienmannschaft die Verantwortung für das Führen der Anlage insgesamt sowie den hier laufenden Teil eines umfassenderen Produktionsprozesses übernehmen kann.

Verlangt ist demnach ein neuer Typ eines qualifizierten Produktionsarbeiters in automatisierten computergestützten Fertigungssystemen, in dem sich Elemente der traditionellen Qualifikationstypen des Angelernten, des Facharbeiters, aber auch des Technikers und Meisters vermischen. Für diesen neuen Qualifikationstyp gibt es gegenwärtig weder ein institutionalisiertes Berufsbild, noch einen regulären ausgearbeiteten Qualifizierungsgang. Diese mangelnde Verankerung im System der gängigen Berufe und Berufsausbildungen sowie das Fehlen entsprechender innerbetrieblicher Qualifizierungswege erforderte daher eine qualifikationspolitische Innovation im Einführungsprozeß des FFS.

## 2. Personalauswahl und Qualifizierung

Die Besetzung des FFS mit qualifizierten Produktionsarbeitern nutzte sowohl die Möglichkeit, für die künftigen Arbeitsplätze gut geeignete und vorqualifizierte Arbeitskräfte aus der Belegschaft auszuwählen, als auch mit spezifischen Qualifizierungsmaßnahmen auf die künftige Tätigkeit vorzubereiten. Diese Mischung von Selektion und Qualifizierung ist als Prinzip bei der Besetzung anspruchsvollerer Arbeitsplätze in der konventionellen Fertigung durchaus auch üblich; allerdings gingen die Qualifizierungsanstrengungen weit über die sonstige Praxis hinaus.

Basis für die Auswahl von zwei sog. Pilotgruppen (mit je zehn Mann) war eine innerbetriebliche Ausschreibung, auf die mehr als 50 Bewerbungen eingingen. Die Auswahlkriterien waren dabei teilweise durchaus widersprüchlich: Zum einen ging es darum, die komplexe neue Anlage möglichst gut zum Laufen zu bringen, wozu erfahrene und gut qualifizierte Arbeitskräfte notwendig sind, zumal wenn ein erprobtes Qualifizierungskonzept noch nicht vorliegt.

Zum anderen wurde - insbesondere von der Interessenvertretung der Arbeitnehmer - die Zielsetzung verfolgt, mit der zu entwickelnden FFS-Qualifizierung Erfahrungen für den Ausbau der betrieblichen Erwachsenenqualifizierung zu gewinnen; aus diesem Grund wären daher eher durchschnittlich qualifizierte Produktionsarbeiter, d.h. hier vorwiegend Angelernte, zu berücksichtigen.

Bei der Auswahl der ersten Pilotgruppe wurden vorrangig einschlägig vorqualifizierte Arbeiter mit z.T. langer Erfahrung im Werk berücksichtigt, während der zuletzt genannte Auswahl Gesichtspunkt bei der zweiten, später eingesetzten Pilotgruppe etwas stärker zum Tragen kam.

Insgesamt weicht die Arbeitskräftestruktur der Pilotgruppen allerdings deutlich vom Durchschnitt der Produktionsarbeiter des Werkes und insbesondere von den im gleichen Produktionsbereich eingesetzten Maschinenbedienern in der konventionellen Fertigung ab: Die FFS-Arbeiter sind durchschnittlich jünger, weniger lang im Betrieb beschäftigt, vor allem aber besser vorqualifiziert. Es wurden auch einige ausländische Arbeitskräfte berücksichtigt, ihr Anteil ist jedoch in der FFS-Mannschaft deutlich geringer als im entsprechenden Einsatzfeld der konventionellen Fertigung.

Diese relativ starke Auslese hat dazu beigetragen, nicht nur Mängel und Probleme der Qualifizierung für das FFS zu überwinden, sondern auch das System technisch zum Laufen zu bringen. Vorerfahrung, Qualifikation und Engagement haben - insbesondere bei der ersten, aber auch noch bei der zweiten Pilotgruppe - eine hohe Eigenleistung der FFS-Arbeiter beim Einfahren der Anlage erbracht<sup>1)</sup>.

Der für das FFS durchgeführte Qualifizierungsprozeß unterscheidet sich deutlich von der sonst im Werk üblichen Anlernung. Zwar han-

1) Beim Erproben der Maschinen und beim Aufbau des Systems traten zahlreiche Mängel und Störungen auf, an deren Beseitigung die FFS-Arbeiter entscheidenden Anteil hatten; außerdem mußten Arbeitsunterlagen, Bedienungsanweisungen etc. zum Teil erst erarbeitet, das Programmieren bzw. Programmoptimieren an den NC-Maschinen erprobt werden usw.

delt es sich nicht um eine formalisierte Berufsausbildung, aber Form und Inhalt dieser Anlernung weichen ab von den traditionellen innerbetrieblichen Qualifizierungsprozessen, und die Rahmenbedingungen sind sehr viel günstiger.

Der Status eines großdimensionierten - und zudem öffentlich geförderten (und wissenschaftlich beobachteten) - Entwicklungsvorhabens mit einer sehr langen Aufbau- und Einlaufphase hat das FFS gewissermaßen auch zu einer Lernwerkstatt gemacht. Als von der bisherigen Anlernung abweichende Elemente der FFS-Qualifizierung können angesehen werden:

- o die Freistellung zur Qualifizierung mit voller Lohnsicherung und vergleichsweise günstigen Möglichkeiten des Lernens ohne unmittelbaren Produktionsdruck;
- o das Lernen im Gruppenzusammenhang über eine längere, in sich geschlossene Phase hinweg;
- o das Angebot von teilweise speziell konzipierten Kursen und Lehrgängen, die die in der Praxis im FFS gewonnenen Kenntnisse und Erfahrungen ergänzten, wodurch eine Mischung aus theoretischem Lernen und praktischem Üben mit Experimentiercharakter möglich wurde.

Diese relativ positiven Lernbedingungen waren sicherlich dafür mitverantwortlich, daß es während der jeweils gut eineinhalbjährigen Qualifizierungsphase keine "drop-outs" gab, und auch die Arbeitskräfte mit eher durchschnittlichen Vorqualifikationen und Erfahrungen (übrigens auch die ausländischen Arbeitnehmer) das Qualifizierungsziel erreicht haben.

Insgesamt führt die umfassende, auch theoretische Grundlagenkenntnisse vermittelnde FFS-Qualifizierung auf ein Niveau ähnlich dem einer Facharbeiterausbildung; sie umfaßt mehrere Fertigungsverfahren (diese allerdings nicht in der Tiefe, wie sie eine einschlägige Facharbeiterausbildung vermittelt) und schließt Steuerungstechniken mit ein. Der Form nach bleibt sie aber innerbe-

triebliche Qualifizierung ohne öffentlich anerkannten Ausbildungsabschluß, was für die Arbeiter bestimmte Nachteile im Hinblick auf die Transferierbarkeit auf dem überbetrieblichen Arbeitsmarkt bedeutet.

#### IV. Ausbreitungschancen der neuen Arbeitsstrukturen

##### 1. Erste Erfahrungen mit dem Systemeinsatz

Das FFS läuft seit April 1983 in zweischichtigem Probetrieb; im März 1984 hat die erste, im Juni 1984 die zweite Pilotgruppe die Qualifizierung - durchgängig erfolgreich - mit einer Prüfung abgeschlossen. Seit Oktober 1984 ist die Bedienmannschaft auf die geplante Größe von sechs bis sieben Arbeitskräften pro Schicht reduziert.

Der Zeitraum bis Anfang 1985 war insgesamt zu kurz, um endgültige Schlußfolgerungen über die Bewährung sowohl der technischen Anlage als auch des Arbeitssystems ziehen zu können. Aufgrund von Änderungen im Werkstückbedarf zeichnet sich die Notwendigkeit eines begrenzten Umbaus des Systems ab. Bis März 1985 waren bestimmte "Kinderkrankheiten" an den zumeist neu entwickelten Werkzeugmaschinen noch nicht ausgemerzt; vor allem waren die Arbeiten an der Auslegung der übergeordneten Steuerung des Systems noch nicht abgeschlossen; Zahl und Vielfalt der produzierten Teile haben die Zielgrößen noch nicht erreicht. Bis dahin vorliegende Erfahrungen haben daher in mancher Hinsicht vorläufigen Charakter.

Offensichtlich bewährt hat sich die durchgeführte Qualifizierung; es gibt keine Hinweise darauf, daß die noch nicht befriedigende Verfügbarkeit der Anlage und der zunächst noch zu geringe Ausstoß auf Qualifikationsdefizite der Mannschaft zurückzuführen wären.

Grundsätzlich bewährt hat sich offensichtlich auch das Prinzip, die Arbeitsteilung möglichst gering zu halten, eine Spezialisierung der einzelnen Arbeitskräfte auf bestimmte Teilaufgaben im

Gesamtsystem zu verhindern. Allerdings ist eine völlig offene Struktur der Aufgabenzuweisung nach dem je aktuellen Arbeitsbedarf noch nicht erprobt worden.

Eingezogen wurde eine Art organisatorisches Korsett dergestalt, daß die 13 Bearbeitungsstationen zu vier Arbeitsbereichen zusammengefaßt wurden, für die jeweils ein Arbeiter - in einem festen (wöchentlichen) Turnus wechselnd - die Verantwortung übernimmt. Außerdem wurden zur Erleichterung der noch laufenden Entwicklungsarbeiten an der übergeordneten Steuerung die Schicht- bzw. Anlagenführerpositionen vorläufig jeweils einem Arbeiter (sowie einem Stellvertreter) fest zugeordnet. Der mit der Systementwicklung betraute EDV-Spezialist übernahm in dieser Situation gewisse Teilaufgaben der Systemsteuerung, die später auf den jeweiligen Schichtführer übergehen sollten<sup>1)</sup>. Eine umfassendere Qualifizierung zum Fahren des Gesamtsystems bzw. zur Bedienung der übergeordneten Steuerung, die alle Mitglieder der Bedienmannschaft durchlaufen sollen, stand noch aus.

Lange Zeit blieb es eine offene Frage, ob die Anlagenführerposition auf Dauer fest zugeordnet werden sollte (wofür es Präferenzen im Management gab), oder ob alle oder zumindest eine größere Zahl der Arbeitskräfte aus der Bedienmannschaft diese Funktion im Wechsel übernehmen werden (was von der Interessenvertretung der Arbeitnehmer gefordert wurde).

Selbst wenn eine Form stärker fixierter Arbeitsteilung, wie sie den Probetrieb kennzeichnete, sich auf Dauer im System durchsetzt, bleiben doch bedeutende Unterschiede zur sehr viel differenzierteren, die Aufgabenfelder der einzelnen Arbeitskraft schärfer umreißenden, traditionellen Arbeitsorganisation in der konventionellen Fertigung. Insbesondere die Schichtführer,

1) In diesem fortgeschrittenen Probetrieb hat sich für die Schichtführer eine etwas merkwürdige Mischttätigkeit herausgebildet: Außer den Systemführungsaufgaben (die Momente von Meister-/Technikerfunktionen enthalten) entfällt auf sie ein wesentlicher Teil der eher anspruchslosen Hilfsarbeiten, insbesondere des Be- und Entladens des Systems. Dies könnte sich allerdings ändern, wenn das System ohne den EDV-Spezialisten gefahren wird, und die Beanspruchung durch Steuerungsaufgaben

aber auch die anderen Arbeitskräfte, können leichter als sonst jeweils dort eingreifen, wo es gerade am nötigsten ist. Beim stoßweisen Anfall von Umrüst- und anderen Arbeiten ist dieser flexible Arbeitseinsatz von hoher Bedeutung für die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems. Im übrigen kommt diese Art des Arbeitseinsatzes dem Interesse der Arbeiter an einer vielfältigen und abwechslungsreichen Tätigkeit durchaus entgegen; dies schließt teilweise sogar die für sich genommen belastende Tätigkeit des Be- und Entladens mit ein.

## 2. Versuch einer Bilanzierung: Zur Übertragbarkeit der gefundenen Problemlösungen

Aus Gründen, die hier im einzelnen nicht zu diskutieren sind, ist ein umfassender Umbau des Produktionsapparats der ZF durch Einführung weiterer flexibler Fertigungssysteme ähnlichen Komplexitätsgrades in absehbarer Zeit kaum zu erwarten. Auch außerhalb des Werkes gibt es insgesamt gesehen eher ein zögernde Verbreitung dieser Form neuer Fertigungstechnik. Dennoch nehmen im Werk wie auch in anderen Betrieben die Anstrengungen zu, den Prozeß flexibler Automatisierung voranzutreiben. Weitere Umstellungsprozesse auf stärker verkettete, computergestützte Produktionsverfahren sind zunehmend zu erwarten. Obwohl die Entwicklung des neuen Arbeitssystems im geschilderten Beispiel noch im Gange ist, sei daher abschließend versucht, in einigen kurzen, zusammenfassenden Thesen das personalwirtschaftliche Vorgehen zumindest vorläufig zu bilanzieren und die Frage der Übertragbarkeit der gefundenen Lösungen anzugehen.

(1) Die auch anderweitig vielfach erprobte, vorwiegend betriebsinterne Lösung der Personalanpassungsprobleme stellt offensichtlich kein Hinderungsgrund für die Einführung selbst relativ weitgehender technischer und personalpolitischer Neuerungen dar. Dabei darf allerdings nicht übersehen werden, daß dabei - wie auch im vorliegenden Fall - der betriebsexterne Arbeitsmarkt ebenfalls beansprucht wird: Zwar hat es keine Freisetzen oder Entlassungen gegeben, die unmittelbar mit der Einführung des FFS in Ver-

bindung standen, jedoch hat die erzielte Einsparung von etwa sechs bis zehn Arbeitsplätzen letztlich den im gleichen Zeitraum aus absatzpolitischen Gründen durchgeführten erheblichen Personalabbau entsprechend verstärkt.

(2) Wie dargestellt, kommt die Einführung einer wenig differenzierten Arbeitsorganisation mit anspruchsvollen Arbeitsplätzen und eher offener Arbeitszuweisung bestimmten Interessen des Betriebs und der betroffenen Arbeitnehmer entgegen. Solche Arbeitsstrukturen auf Werkstattebene könnten auch für andere Formen computergestützter Fertigung (z.B. in kleineren Fertigungsinseln) durchaus vorteilhaft sein. Sie wurden im vorliegenden Fall erkaufte durch vergleichsweise aufwendige Umstellungs- und Qualifizierungsprozesse, und sie beinhalten auch für die Arbeitnehmer gewisse Risiken der Arbeitsintensivierung und Überbeanspruchung.

(3) Eine umfassendere Umstrukturierung der Arbeit kann - über den unmittelbaren Anlaß hinausgehend - umfangreichere Anpassungsprobleme für eingespielte betriebliche Strukturen und Regelungen nach sich ziehen. Genannt seien etwa die Abgrenzungsprobleme zwischen der Fertigung im engeren Sinne und den ihr zugeordneten zahlreichen "technischen Diensten". Ein in mancher Hinsicht vorteilhaftes stärkeres Einbeziehen solcher Funktionen in das Aufgabenfeld des Werkstattpersonals tangiert die Interessen der in diesen Abteilungen Beschäftigten und kann längerfristig eingespielte Karriereewege blockieren, Aufstiegsmöglichkeiten von Arbeitern in den Angestelltenstatus beschneiden.

(4) Integrationsprobleme zeigen sich z.B. auch in der Entlohnungsfrage. Obwohl angesichts hoher Investitionskosten und Stundensätze der Maschinerie die Frage der Lohnhöhe - isoliert betrachtet - an Gewicht verliert, gab es erhebliche Schwierigkeiten beim Aushandeln von Entlohnungsform und Einstufung der FFS-Arbeiter. Diese spiegeln sich auch in dem Dilemma, in das der Betriebsrat in dieser Frage gerät: Einerseits hat er die spezifischen Interessen der FFS-Arbeiter an einer möglichst hohen, den vielseitigen Anforderungen gerecht werdenden Entlohnung zu vertreten, andererseits darf er dabei das gesamte betriebliche Lohn-

gefüge und die darin eingebundenen Belegschaftsinteressen nicht aus dem Auge verlieren. Nicht von ungefähr ist noch offen, wie eine wechselnde, nur zeitweise Übernahme der (höher einzustufenden) Schichtführerposition sich auf den Lohn auswirken wird.

(5) Auch bei der weiteren Nutzung der für den Einsatz im FFS offensichtlich erfolgreich vermittelten Qualifikationen zeigen sich gewisse Anpassungsprobleme: Abgesehen davon, daß das Fehlen eines allgemein anerkannten Zertifikats die Vermarktungschancen für die Arbeitnehmer nicht entscheidend verbessert, gab es auch bei der innerbetrieblichen Umsetzung der nicht auf Dauer im FFS benötigten Arbeitskräfte bestimmte Schwierigkeiten. Diese lagen bezeichnenderweise nicht in Qualifikationsdefiziten, sondern eher an einem Mangel an adäquaten Arbeitsplätzen, die eine sinnvolle Nutzung der erworbenen vielseitigen Qualifikationen erlauben und gleichzeitig den Erwartungen der Arbeitnehmer, insbesondere bei der Entlohnung, entsprechen.

Obwohl das FFS seine Bewährungsprobe im vollen produktiven Einsatz bis zum Abschluß der Beobachtung noch nicht endgültig bestanden hatte, läßt sich ein insgesamt erfolgreicher Verlauf des personalwirtschaftlichen Umstellungsprozesses konstatieren, trotz der eher widrigen Umstände eines gleichzeitig stark rückläufigen Beschäftigungsbedarfs. Sehr viel offener ist dagegen die Beantwortung der Frage, ob dieser spezifische Umstellungsprozeß eine Art Initialzündung für eine umfassendere Umgestaltung industrieller Produktionsarbeit gegeben hat. Bestimmte Hinweise gehen in diese Richtung, so etwa die Absicht bei ZF, das FFS weiterhin als Lernwerkstatt zu nutzen. Auf der anderen Seite sind Beharrungsvermögen und Widerstand eingespielter betrieblicher Strukturen nicht zu unterschätzen. Es wäre daher sicher vorschnell, das in jüngerer Zeit viel diskutierte "Ende der Arbeitsteilung" (Kern, Schumann 1984) bereits als sicher zu prognostizieren.

Literatur

- ASENDORF, I.; SCHULTZ-WILD, R.: Work Organization and Training in a Flexible Manufacturing System - An Alternative Approach. In: T. Martin (ed.): Design of Work in Automated Manufacturing Systems, Oxford/New York 1983, pp. 45-49.
- BERTRAND, O.: Das flexible Fertigungssystem im Werk Bouthéon von Renault Véhicules Industriels (R.V.I.). In: B. Lutz; R. Schultz-Wild (Hrsg.): Flexible Fertigungssysteme und Personalwirtschaft, Frankfurt/München 1982, S. 41-55.
- DOSTAL, W.: Der Einsatz flexibler Fertigungssysteme in der Bundesrepublik Deutschland. In: B. Lutz; R. Schultz-Wild (Hrsg.), Frankfurt/München 1982, S.73-83.
- DOSTAL, W.; KAMP, A.-W.; LAHNER, W.; SEESSLE, W. P.: Flexible Fertigungssysteme und Arbeitsplatzstrukturen. In: MittAB, Heft 2, 1982, S. 182-191.
- GERWIN, D.: Arbeitnehmerreaktionen auf flexible Fertigungssysteme und Folgerungen für die Arbeitsorganisation. In: B. Lutz; R. Schultz-Wild (Hrsg.), Frankfurt/München 1982, S. 57-72.
- d'IRIBARNE, A.; LUTZ, B.: Work Organization in Flexible Manufacturing Systems - First Findings from International Comparisons In: T. Martin (ed.): Design of Work in Automated Manufacturing Systems, Oxford/New York 1983, pp. 127-154.
- KERN, H.; SCHUMANN, M.: Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion, München 1984.
- KÖHLER, Ch.; SCHULTZ-WILD, R.: Flexible Manufacturing Systems - Manpower Problems and Policies. In: Journal of Manufacturing Systems, Volume 4, No. 2, Dearborn, Michigan 1985, pp. 135-146.
- LUTZ, B.: Social Endogeny of Technical Progress and Question of Development of Human Labour. In: O. Diettrich; J. Morley (eds.): Relations Between Technology, Capital and Labour - Proceedings of the First Community Symposium in Social Sciences, Held in Pont-à-Mousson, 3.-4. September 1981.
- LUTZ, B.; SCHULTZ-WILD, R. (Hrsg.): Flexible Fertigungssysteme und Personalwirtschaft - Erfahrungen aus Frankreich, Japan, USA und der Bundesrepublik Deutschland, Frankfurt/München 1982.
- SCHULTZ-WILD, R.: Flexible Fertigungssysteme und ihre Einsatzstrukturen - ein Diskussionsüberblick. In: B. Lutz; R. Schultz-Wild (Hrsg.), Frankfurt/München 1982, S.103-123.
- SCHULTZ-WILD, R.; ASENDORF, I.; BEHR, M. von; KÖHLER, Ch.; LUTZ, B.; NUBER, Ch.: Flexible Fertigung und Industriearbeit - Die Einführung eines flexiblen Fertigungssystems in einem Maschinenbaubetrieb, Frankfurt/München 1986.

Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF - München

Das ISF - ein eingetragener Verein mit anerkannter Gemeinnützigkeit - entstand in seiner jetzigen Form und Aufgabenstellung 1965 und finanziert sich ausschließlich durch projektgebundene Einnahmen und Zuwendungen.

Mitglieder des Vereins sind überwiegend Personen, die mit der Arbeit des Instituts - zum Teil als langjährige Mitarbeiter - verbunden sind; der Vereinsvorstand besteht aus den beiden Institutsleitern und Mitarbeitern des Instituts.

Die Arbeitsgebiete des ISF sind vor allem: Industriesoziologische Technikforschung, Qualifikations- und Arbeitsmarktforschung und Untersuchungen über betriebliche Arbeits- und Personalpolitik.

Bei den bearbeiteten Projekten handelt es sich zumeist entweder um Auftragsforschung für öffentliche Stellen, insbesondere für fachlich zuständige Bundesministerien, oder um Grundlagenforschung mit Förderung der Deutschen Forschungsgemeinschaft, insbesondere im Rahmen von Sonderforschungsbereichen der Universität München, an denen das Institut beteiligt ist (bis 1985: SFB 101 - Theoretische Grundlagen sozialwissenschaftlicher Berufs- und Arbeitskräfteforschung; seit 1986: SFB 333 - Entwicklungsperspektiven von Arbeit). Das Institut ist bestrebt, Auftragsforschung und Grundlagenforschung im wechselseitigen Interesse thematisch und personell möglichst eng zu koordinieren.

Im ISF München arbeiten etwa 20 Wissenschaftler mit sozial- bzw. wirtschaftswissenschaftlicher Ausbildung, nicht selten mit einer Zusatz- oder Doppelqualifikation (Wirtschaftswissenschaften/Soziologie, Jurisprudenz/Soziologie bzw. Nationalökonomie, Ingenieurwissenschaften/Soziologie). Die Wissenschaftler des Instituts verfügen über langjährige Forschungserfahrung.

Ein Überblick über alle bisherigen Arbeiten und Veröffentlichungen ist über das Institut erhältlich.

Veröffentlichungen aus dem ISF 1981 - 1988

- Behr, Marhild von: Die Entstehung der industriellen Lehrwerkstatt - Materialien und Analysen zur beruflichen Bildung im 19. Jahrhundert, Frankfurt/München 1981.
- Köhler, Christoph: Betrieblicher Arbeitsmarkt und Gewerkschaftspolitik - Innerbetriebliche Mobilität und Arbeitsplatzrechte in der amerikanischen Automobilindustrie, Frankfurt/München 1981.
- Altmann, Norbert; Binkelman, Peter; Düll, Klaus; Stück, Heiner: Grenzen neuer Arbeitsformen - Betriebliche Arbeitsstrukturierung, Einschätzung durch Industriearbeiter, Beteiligung der Betriebsräte, Frankfurt/New York 1982.
- Bechtle, Günter: Arbeitsorganisation als Verhandlungsfeld zwischen Betrieb und Gewerkschaften - Eine empirische Untersuchung in der italienischen Stahlindustrie, Frankfurt/New York 1982.
- Böhle, Fritz; Deiß, Manfred; Döhl, Volker; Sauer, Dieter: Verbesserung von Arbeitsbedingungen und Arbeitsmarktpolitik - Eine Untersuchung im Bergbau und in Gießereien, Frankfurt/New York 1982.
- Deiss, Manfred; Döhl, Volker; Sauer, Dieter; Böhle, Fritz: Humanisierung der Arbeit in Betrieben der Gießerei und metallverarbeitenden Industrie. Zum Einfluß staatlicher und gewerkschaftlicher Politik, Karlsruhe 1982.
- Döhl, Volker; Deiß, Manfred; Sauer, Dieter; Böhle, Fritz, unter Mitarbeit von Altmann, Norbert: Belastungsabbau unter Tage - Zum Einfluß öffentlicher Maßnahmen auf die Humanisierung der Arbeit, Essen 1982.
- Drexel, Ingrid: Belegschaftsstrukturen zwischen Veränderungsdruck und Beharrung - Zur Durchsetzung neuer Ausbildungsberufe gegen bestehende Qualifikations- und Lohnstrukturen, Frankfurt/München 1982.
- Lutz, Burkart; Schultz-Wild, Rainer (Hrsg.): Flexible Fertigungssysteme und Personalwirtschaft - Erfahrungen aus Frankreich, Japan, USA und der Bundesrepublik Deutschland, Frankfurt/München 1982.
- Düll, Klaus (Hrsg.): Industriearbeit in Frankreich - Krisen und Entwicklungstendenzen, Frankfurt/München 1983.
- Köhler, Christoph; Sengenberger, Werner: Konjunktur und Personalanpassung - Betriebliche Beschäftigungspolitik in der deutschen und amerikanischen Automobilindustrie, Frankfurt/München 1983.
- Mendius, Hans Gerhard; Sengenberger, Werner; Köhler, Christoph; Maase, Mira: Qualifizierung im Betrieb als Instrument der öffentlichen Arbeitsmarktpolitik - Begleitforschung zum Schwerpunkt 1 des Arbeitsmarktpolitischen Programms der Bundesregierung für Regionen mit besonderen Beschäftigungsproblemen, Forschungsberichte 89. Hrsg. vom Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung, Bonn 1983.

### III

**Lutz, Burkart:** Der kurze Traum immerwährender Prosperität - Eine Neuinterpretation der industriell-kapitalistischen Entwicklung im Europa des 20. Jahrhunderts, Frankfurt/New York 1984.

**Binkelmann, Peter:** Wahrnehmung von Arbeitsbelastungen durch Industriearbeiter, Eggenstein-Leopoldshafen 1985.

**Böhle, Fritz:** Strategien betrieblicher Informationspolitik. Eine systematische Darstellung für Betriebsräte und Vertrauensleute, Köln 1986.

**Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Schultz-Wild, Rainer (Hrsg.):** Rechnerintegrierte Produktion - Zur Entwicklung von Technik und Arbeit in der Metallindustrie, Frankfurt/München 1986.

**Schultz-Wild, Rainer; Asendorf, Inge; Behr, Marhild von; Köhler, Christoph; Lutz, Burkart; Nuber, Christoph:** Flexible Fertigungssysteme und Industriearbeit - Die Einführung eines flexiblen Fertigungssystems in einem Maschinenbaubetrieb, Frankfurt/München 1986.

**Altmann, Norbert; Düll, Klaus; Lutz, Burkart:** Zukunftsaufgaben der Humanisierung des Arbeitslebens - Eine Studie zu sozialwissenschaftlichen Forschungsperspektiven, Frankfurt/New York 1987.

**Altmann, Norbert; Nomura, Masami (Hrsg.):** Nishidoitsu no Gijutsu Kakushin to Shakai Hendo (Neue Technologie und Strukturwandel der Deutschen Gesellschaft), Daiichi-Shorin Verlag, Tokyo 1987.

**Mendius, Hans Gerhard; Sengenberger, Werner; Weimer, Stephanie:** Arbeitskräfteprobleme und Humanisierungspotentiale in Kleinbetrieben, Frankfurt/New York 1987.

**Sengenberger, Werner:** Struktur und Funktionsweise von Arbeitsmärkten - Die Bundesrepublik Deutschland im internationalen Vergleich, Frankfurt/New York 1987.

**Lutz, Burkart:** Arbeitsmarktstruktur und betriebliche Arbeitskräftestrategie - Eine theoretisch-historische Skizze zur Entstehung betriebszentrierter Arbeitsmarktsegmentation, Frankfurt/München 1987.

**Böhle, Fritz; Milkau, Brigitte:** Vom Handrad zum Bildschirm - Eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozeß, Frankfurt/München 1988.

**Ernst, Angelika:** Dauerbeschäftigung und Flexibilität in Japan - Beschäftigungspolitik japanischer Unternehmen in Rationalisierungs- und Krisenphasen, Frankfurt/München 1988.

**ISF (Hrsg.):** Arbeitsorganisation bei rechnerintegrierter Produktion - Zur Einführung neuer Techniken in der Metallindustrie, KfK-PFT 137, Karlsruhe 1988.

**Köhler, Christoph; Preisendörfer, Peter (Hrsg.):** Betrieblicher Arbeitsmarkt im Umbruch, Frankfurt/München 1988.