

Helmuth Rose (Hg.)

Nutzerorientierung im Innovations- management

Neue Ergebnisse der Sozialforschung
über Technikbedarf und
Technikentwicklung

Campus Verlag
Frankfurt/New York

Nutzerorientierung im Innovationsmanagement



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



Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Nutzerorientierung im Innovationsmanagement : neue
Ergebnisse der Sozialforschung über Technikbedarf und
Technikentwicklung / Helmuth Rose (Hg.) - Frankfurt/Main ;
New York : Campus Verlag, 1995
(Veröffentlichungen aus dem Institut für Sozialwissenschaftliche
Forschung e.V., ISF München)
ISBN 3-593-35187-0
NE: Rose, Helmuth [Hrsg.]; Institut für Sozialwissenschaftliche
Forschung <München>

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

Copyright © 1995 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, Heerstraße 149, 60488 Frankfurt.
Druck und Bindung: Druckerei Novotny, 82319 Starnberg.
Printed in Germany.

Inhalt

Vorbemerkung

Neue Perspektiven sozialwissenschaftlicher Technikforschung 7

Hartmut Hirsch-Kreinsen

Institutionelle und personelle Innovationsvoraussetzungen
des Werkzeugmaschinenbaus 11

Manfred Deiß

Innovation und Technikmarkt - Entwicklung von Produktions-
techniken im Spannungsfeld von Herstellerstrategien und
Anwendungsbezug 39

Fritz Böhle

Technikentwicklung zwischen Verwissenschaftlichung und
Erfahrung - Zur Begründung eines neuen Forschungs- und
Entwicklungsfeldes 69

Fred Manske

Stärken und Schwächen des "deutschen Technikstils" - Über-
legungen zu einem international vergleichenden Forschungs-
programm 103

Ursula Carus, Hartmut Schulze

Technikbedarf aus der Perspektive erfahrungsgeliteter Arbeit
in der industriellen Produktion 123

Paul Fuchs-Frohnhofen, Ernst A. Hartmann

Nutzerbeteiligung, Berücksichtigung mentaler Modelle und
iterative Prozeßgestaltung als Elemente innovativer Technik-
entwicklung - Das Beispiel CNC-Drehmaschine 151

Wolfgang Frede, Manfred Hoppe, Reiner Schlausch

Zur Bedeutung der Bedarfs- und Nutzerorientierung für
die Facharbeit mit Werkzeugmaschinen - Der Beitrag der
FAMO-Strategie

173

Helmuth Rose

Herstellerübergreifende Kooperation und nutzerorientierte
Technikentwicklung als Innovationsstrategie

195

Literatur

219

Die Autoren

231

Das Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. München

232

Vorbemerkung

Neue Perspektiven sozialwissenschaftlicher Technikforschung

Neben der Technologiefolgen-Forschung hat sich in den 80er Jahren die Technikgenese-Forschung als Untersuchungsfeld sozialwissenschaftlicher Technikforschung etabliert (vgl. hierzu Rammert 1993; Dierkes 1993).

Seit Beginn der 90er Jahre haben - die Ergebnisse der Folgen- und Genese-Forschung aufgreifend - zwei weitere Forschungsstränge an Konturen gewonnen: die Technikbedarfsforschung und die Technikinnovationsforschung.

Technikbedarfsforschung fragt nach dem Informationsbedarf von Technik-Endnutzern, d.h. nicht nur nach Vorstellungen über effektive Arbeit bei Technikentwicklern und betrieblichen Planern, sondern vor allem auch nach den Vorstellungen von Arbeitskräften, die im Betriebsalltag laufend mit Maschinen und Anlagen umgehen müssen. Auf der Grundlage derartig orientierter Bedarfsanalysen lassen sich dann eher nutzergerechte Anforderungsprofile für Systeme und Maschinen entwickeln.

Technikinnovationsforschung befaßt sich auf der einen Seite mit den Leitbildern für Technikentwicklung, die nutzerorientierten Technikanforderungen gerecht wird, und zum anderen mit den notwendigen Kooperationsbeziehungen zwischen spezialisierten Technikanbietern und Technik Anwendern, um einen gemeinsamen Wertschöpfungsprozeß zu organisieren.

Der hier vorgelegte Band vereinigt wissenschaftliche Erkenntnisse zur sozialwissenschaftlichen Technikforschung mit dieser neuen Ausrichtung. Sie wurden im Rahmen unterschiedlich thematisierter Forschungsprojekte gewonnen. Aus diesem Grunde gibt es Überschneidungen und auch gegensätzliche Auffassungen. Da es sich insgesamt also um noch in Entwicklung befindliche Forschungsfelder handelt (deren Zielpunkte noch nicht hinreichend geklärt sind), erscheint es reizvoll, die Ergebnisse gerade in dieser noch nicht abgerundeten Fassung zu veröffentlichen (quasi als Ein-

blick in die Werkstatt der Forschung). Jeder Beitrag des Bandes behandelt gleichwohl einen eigenständigen Aspekt.

Eine Übersicht über die Quellen der Ergebnisse erlaubt zudem, die breite Tragfähigkeit des Forschungsansatzes zu demonstrieren. Sie sollen deshalb vorweg im Zusammenhang erwähnt werden.

Der Beitrag von Hartmut Hirsch-Kreinsen, ISF München, entstand im Rahmen des Forschungsprojektes "Neue Strukturen des Technikmarktes - Zur Entwicklung und Auslegung von Rechnersystemen für die industrielle Produktion", das von der VW-Stiftung gefördert wird.

Der Beitrag von Manfred Deiß, ISF München, entstand im Rahmen des Forschungsschwerpunktes "Rationalisierung und zwischenbetriebliche Arbeitsteilung" am ISF München, an dem, neben dem Autor, Norbert Altmann, Daniel Bieber, Volker Döhl und Dieter Sauer beteiligt sind; er stützt sich insbesondere auf Ergebnisse aus vom BMFT geförderten Studien zur "Innovation und Verbreitung humanisierungsrelevanter Technologien" im Werkzeugmaschinenbau und über "Strukturelle Veränderungen auf dem Markt für Produktions- und Steuerungstechnologien" sowie aus einer laufenden, von der VW-Stiftung geförderten Untersuchung "Neue Strukturen des Technikmarktes - Zur Entwicklung und Auslegung von Rechnersystemen für die industrielle Produktion".

Der Beitrag von Fritz Böhle, ISF München, fußt auf Ergebnissen des Teilprojekts: "Entwicklung von Produktionstechnik als sozialer Prozeß" im Sonderforschungsbereich 333 der Universität München "Entwicklungsperspektiven von Arbeit", der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wird.

Der Beitrag von Fred Manske, Forschungszentrum Arbeit und Technik, Universität Bremen, ist im Rahmen des Projekts "Produktinnovation im Maschinenbau" entstanden, das vom Projektträger "Fertigungstechnik und Qualitätssicherung" des BMFT gefördert wurde.

Der Beitrag von Ursula Carus und Hartmut Schulze, Psychologisches Institut I, Universität Hamburg, wurde im Rahmen des Forschungsverbundes "Handlungsorientierte Lösungen für Werkzeugmaschinensteuerungen zur Unterstützung erfahrungsgeliteter und gruppenfähiger Facharbeit"

erstellt, der vom Projektträger "Arbeit und Technik" des BMFT gefördert wird. Es wird ebenso auf Ergebnisse des 1994 abgeschlossenen Vorhabens "Aufbereitung handlungsorientierter und gruppenfähiger Maschinen- und Steuerungskonzepte" zugegriffen.

Der Beitrag von Paul Fuchs-Frohnhofen und Ernst A. Hartmann, HDZ/IMA der RWTH Aachen, entstand im Rahmen des Verbundvorhabens "Innovative Wege für die Handlungsunterstützung des Facharbeiters an Werkzeugmaschinen (InnovatiF)" und bezieht darüber hinaus Ergebnisse des abgeschlossenen Projektes "Lernen und Fertigen" ein, die beide vom Projektträger "Arbeit und Technik" des BMFT gefördert werden bzw. wurden.

Der Beitrag von Wolfgang Frede, Manfred Hoppe und Reiner Schlausch, Institut Technik & Bildung, Universität Bremen, ist aus dem Verbundvorhaben "Facharbeitergerechte Modernisierung von Werkzeugmaschinen (FAMO): Neue Pfade humaner und ökonomischer Innovation zur Erschließung personeller und technischer Ressourcen" hervorgegangen, der vom Projektträger "Arbeit und Technik" des BMFT gefördert wurde.

Der Beitrag von Helmuth Rose, ISF München, wurde im Rahmen der prioritären Erstmaßnahme "Entwicklung herstellerübergreifender Module für den nutzerorientierten Einsatz der offenen Steuerungsarchitektur" des Programms "Strategien für die Produktion im 21. Jahrhundert" erarbeitet, das vom Projektträger "Fertigungstechnik und Qualitätssicherung" des BMFT betreut wird.

Die Beiträge von F. Böhle, U. Carus, H. Schulze und H. Rose fußen zudem auf den Erkenntnissen des Mitte 1994 abgeschlossenen Verbundvorhabens "CeA: Computergestützte Arbeit mit Werkzeugmaschinen" beim Projektträger "Arbeit und Technik" des BMFT, in dem die Autoren mitgearbeitet haben.

Die Endredaktion und die buchtechnische Fertigstellung erfolgten durch Christa Hahlweg, ISF München.

München, im Januar 1995

Helmuth Rose

Institutionelle und personelle Innovationsvoraussetzungen des Werkzeugmaschinenbaus

1. Besonderheiten fertigungstechnischer Entwicklung
2. Innovationsmuster fertigungstechnischer Entwicklung
3. Praxisbestimmtes Innovationsmuster
4. Wandel des Innovationsmusters
5. Zukünftige Innovationsprobleme
6. Wachsender Moderations- und Steuerungsbedarf

Ausgangspunkt

Angestoßen von der tiefgehenden konjunkturellen Krise in der ersten Hälfte der 90er Jahre ist der Werkzeugmaschinenbau von einem massiven Strukturwandel gekennzeichnet. In der Krise brachen eine ganze Reihe ökonomischer, betriebsstruktureller und technischer Defizite auf, die überwunden werden müssen, soll die Werkzeugmaschinenbranche in ihrem bisherigen Umfang auch nur annähernd bestehen bleiben. Als besonders gravierend werden in der einschlägigen Diskussion folgende Defizite angesehen (z.B. Brödner, Schultetus 1992): einmal die im internationalen Vergleich zu hohe Kostenbelastung und vielfach zu geringe Produktivität der Unternehmen, zum zweiten die traditionellen Produktionsstrukturen und die nur mangelhafte Nutzung des vorhandenen personellen und qualifikatorischen Potentials der verfügbaren Arbeitskräfte, drittens die in der Vergangenheit zu stark auf Europa ausgerichteten Exportaktivitäten und die strukturelle Schwierigkeit der zumeist mittelständischen Werkzeugmaschinenhersteller weltweit, insbesondere auf den Wachstumsmärkten in Südostasien präsent zu sein, und schließlich das mit der Konzentrierung auf nur bestimmte Marktsegmente einhergehende "Over-Engineering"

der deutschen Werkzeugmaschinen und die Vernachlässigung von wachstumsträchtigen Märkten mit einfacheren Serien- und Universalmaschinen; vorherrschend sei eine ausgeprägte "Technologieorientierung" bei einer nur mangelnden "Marktorientierung".

In der Diskussion über die Zukunft des Werkzeugmaschinenbaus muß der These des "Over-Engineering" besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Denn sie wirft unmittelbar die Frage nach der anwendungs- und praxisgerechten Innovationsfähigkeit des Werkzeugmaschinenbaus auf und berührt damit eine der zentralen Voraussetzungen für die zukünftige Existenz dieser Branche. Da der Werkzeugmaschinenbau aber eine Schlüsselbranche für die industrielle Entwicklung ist, geht es damit zugleich um Voraussetzungen für ökonomisches Wachstum generell.

Auf die Frage nach der industriellen Innovationsfähigkeit wird häufig auf die Patentstatistik verwiesen. Besonders der internationale Vergleich von Daten über die Zahl von Erfindungen und Patenten gilt als Maß für die (mangelnde) technische Wettbewerbsfähigkeit einer Branche oder einer ganzen Nation. Greift man zunächst einmal diese Betrachtungsweise auf, so scheint die Innovationsfähigkeit des deutschen Maschinenbaus und damit auch des Werkzeugmaschinenbaus in den 90er Jahren relativ ungebrochen zu sein. Danach weist der Maschinenbau insgesamt, gemessen an Patentanmeldungen in traditionellen Technikfeldern, in den letzten Jahren weltweit eine dominante Position auf. Gewisse Innovationsprobleme zeigen sich allerdings bei zukunftssträchtigen Feldern wie Elektronik und Optik, in denen die Branche gegenüber Japan und den USA zurückfällt. Allerdings sei der Rückstand bislang nicht besorgniserregend (Vieweg 1993).

Eine über solche globalen Angaben hinausgehende Einschätzung der Innovationssituation der Branche erfordert jedoch eine Analyse der organisatorischen, institutionellen und letztlich gesellschaftlichen Zusammenhänge, in denen Innovationsprozesse ablaufen. Darauf verweisen nicht zuletzt die Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Technikforschung wie auch der ökonomischen Innovationsforschung (zusammenfassend z.B. Rammert 1991); "Technikentwicklung als sozialer Prozeß" ist spätestens seit Beginn der 80er Jahre Standardformel der sozialwissenschaftlichen Technikforschung geworden.

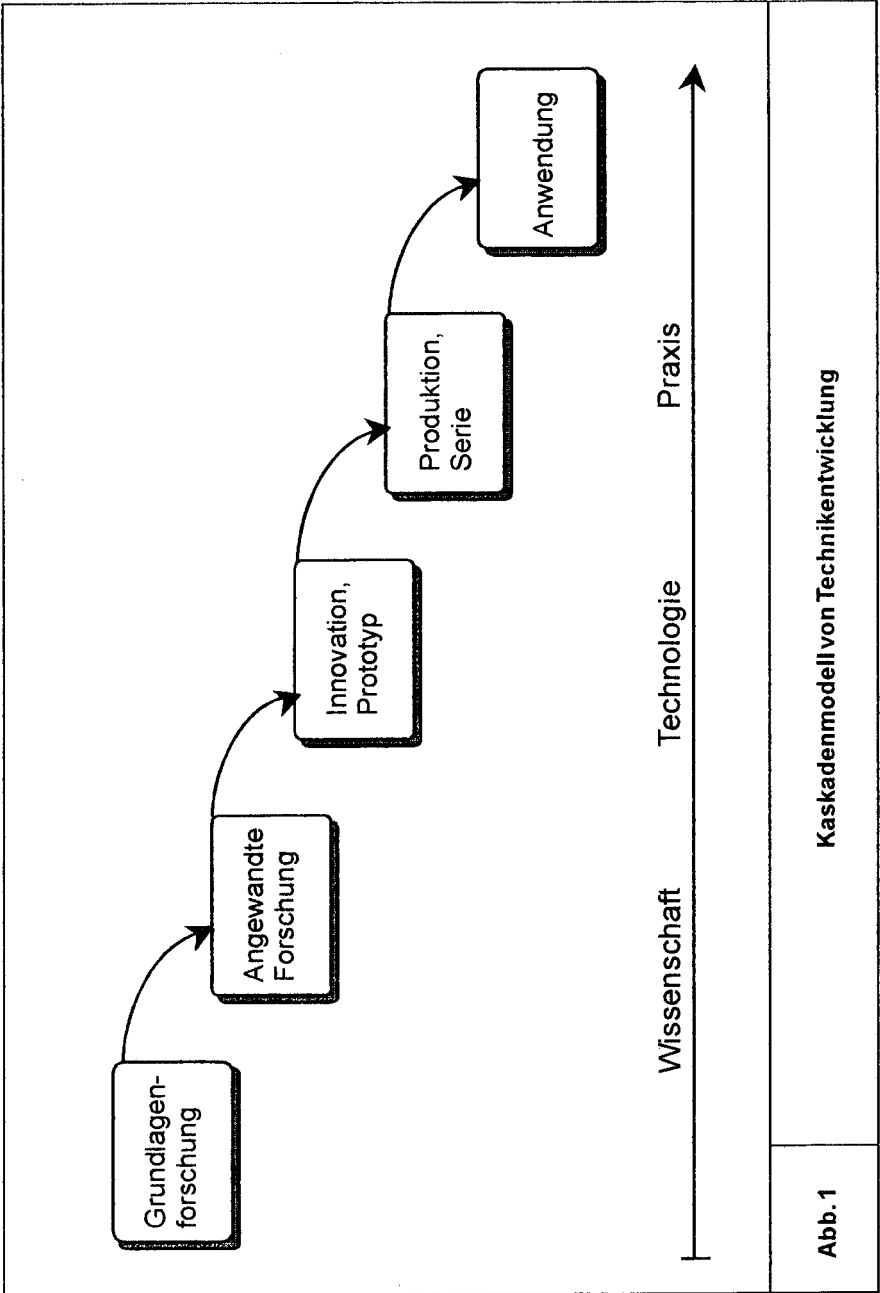
Ausgehend von solchen generellen Überlegungen, soll im folgenden versucht werden, einer Antwort auf die Frage nach der derzeitigen und vor

allem zukünftigen Innovationsfähigkeit des Werkzeugmaschinenbaus näherzukommen. In einem ersten Schritt soll versucht werden, die sozialen und ökonomischen Besonderheiten des Prozesses fertigungstechnischer Entwicklung herauszuarbeiten. In einem zweiten Schritt soll der gegenwärtig beobachtbare Wandel vor allem der institutionellen und personellen Innovationsvoraussetzungen des Werkzeugmaschinenbaus untersucht werden. Abschließend sollen aus diesem Wandel resultierende Innovationsprobleme und der wachsende Bedarf an Moderation und Steuerung fertigungstechnischer Entwicklung diskutiert werden.

1. Besonderheiten fertigungstechnischer Entwicklung

Als Hauptmerkmal der Entwicklungsprozesse moderner Techniken muß ihre fortschreitende Verwissenschaftlichung angesehen werden. Naheliegender ist daher zunächst ein Modell von Technikentwicklung, das - im Sinne der ökonomischen These vom "Technology Push" - als von der Logik der Wissenschaftsentwicklung getriebener Kaskadenprozeß entlang einer Achse "Science - Technology - Production" gefaßt wird (Abb. 1). Danach werden in der Grundlagenforschung die theoretischen Potentiale späterer Technikentwicklung generiert, während mit Technologie das Feld der für eine bestimmte Technik erforderlichen und systematisch entwickelten abstrakten Prinzipien und Verfahrensweisen bezeichnet wird. Technologie stellt mithin gewissermaßen das Bindeglied zwischen der wissenschaftlich-theoretischen Grundlagenforschung einerseits und Technikentwicklung und -anwendung andererseits dar und kann, zumindest in deutschsprachigen Ländern, in vielen Disziplinen mit den Ingenieurwissenschaften gleichgesetzt werden.

Wie indes die neuere sozialwissenschaftliche Technikgeneseforschung ausweist (z.B. Krohn, Rammert 1985, S. 424 ff.; Hack 1988, S. 55 ff.), bleibt die Erklärungskraft dieses Modells eines geradlinig verlaufenden, wissenschafts- und technologiegetriebenen Prozesses von Technikentwicklung sehr begrenzt. Es geraten in dieser Perspektive die vielfältigen Interdependenzbeziehungen in einem sich fortlaufend ausdifferenzierenden und komplexer werdenden Prozeß der Technikgenese kaum ins theoretische wie empirische Blickfeld. Vielmehr ist davon auszugehen, daß der Prozeß von Technikentwicklung zwischen seinen verschiedenen Stufen von der

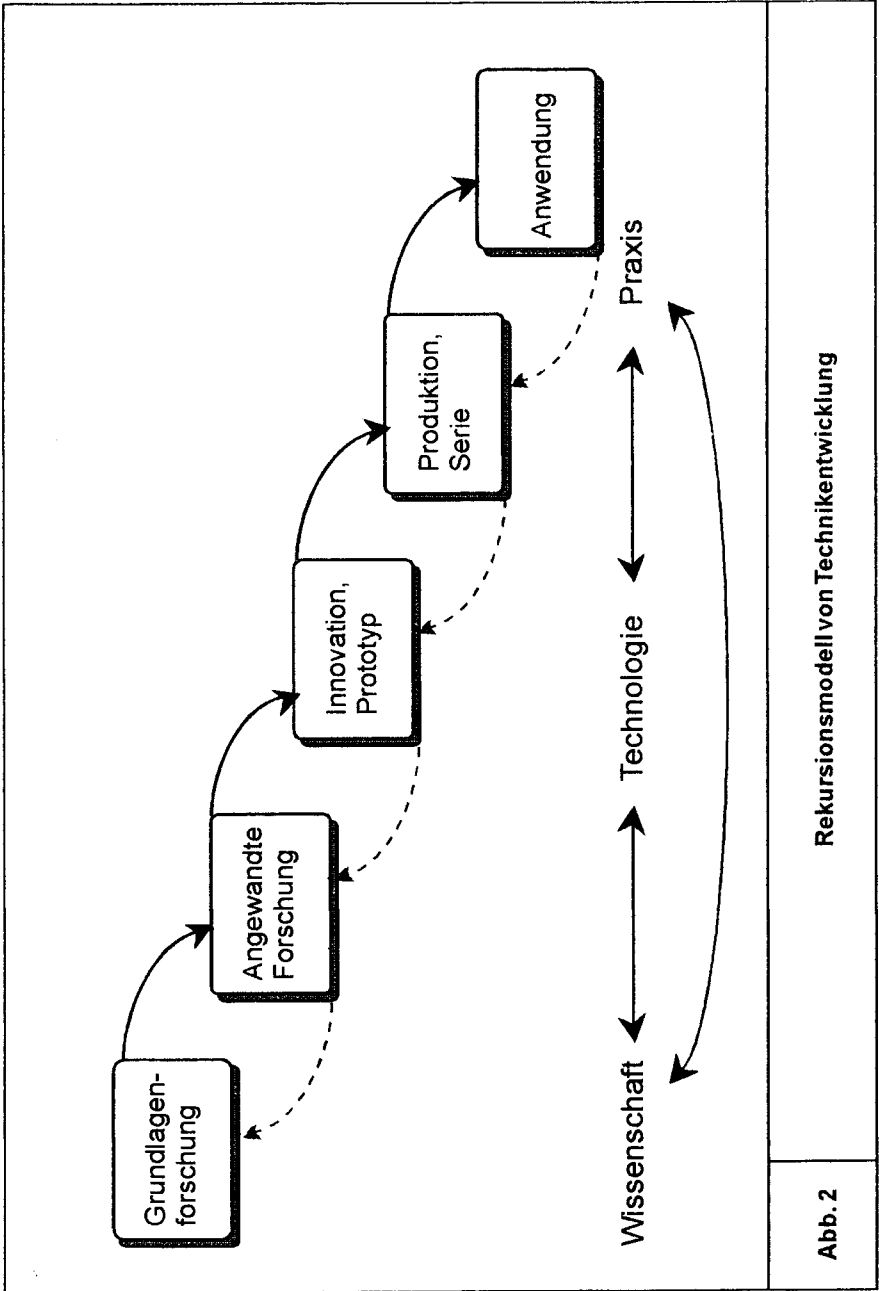


Basisinnovation über die Innovation bis hin zur Diffusion vielfältige Rückkopplungsschleifen erfordert, um die zwischen den verschiedenen Stufen des Innovationsprozesses jeweils divergierenden (wissenschaftlich-technologischen, technischen, ökonomischen etc.) Rationalitäten der beteiligten kollektiven Akteure abzugleichen (Abb. 2). Asdonk u.a. (1991) konzeptualisieren Technikgenese daher als organisationsinternen und organisationsexternen "rekursiven Prozeß".

Diese Zusammenhänge gelten insbesondere für die fertigungstechnische Entwicklung. Sie weist eine Reihe von Besonderheiten auf, die sich darin begründen, daß Fertigungstechnik zentrales Mittel im Prozeß industrieller Rationalisierung ist und sich unter seinen spezifischen Bedingungen "bewähren" muß. Fertigungstechnische Entwicklung unterliegt einem ständigen Anwenderdruck auf Verbesserungen und Innovationen, weil dadurch Kosten verringert und die Produktivität gesteigert werden können. Entwicklungsprozesse von Fertigungstechnik sind daher auf ihren verschiedenen Stufen einem mehr oder weniger direkten Einfluß von Anwenderinteressen und -problemen ausgesetzt, und die Entwicklung von Fertigungstechnik findet in einem engen Kreislauf zwischen Entwicklung, Anwendung und Weiterentwicklung statt.

Stets finden daher fertigungstechnische Innovationen unter der Maßgabe des Rentabilitätskalküls statt, das auf eine möglichst lange Nutzung vorhandener Maschinen und Anlagen und die Minimierung von Innovationskosten drängt. Bei den Technikanwendern sind Prozesse "schleichender" Rationalisierung vorherrschend, die auf eine nur schrittweise und allmähliche Weiterentwicklung und Modifizierung technischer Anlagen und Systeme setzen. Entwicklungssprünge oder der Wechsel eines "technologischen Paradigmas" (vgl. Dosi 1982), die durch die Nutzung von neuem wissenschaftlichen und technologischen Wissen oder grundlegend neuen industriellen Rationalisierungsstrategien angestoßen werden, sind bei der fertigungstechnischen Entwicklung deshalb eher die Ausnahme denn die Regel; fertigungstechnische Entwicklung weist einen stark inkrementellen Charakter auf.

Die enge Verschränkung mit industriellen Rationalisierungsstrategien hat vor allem zur Folge, daß sich der auch bei Fertigungstechnik beobachtbare Prozeß fortschreitender Verwissenschaftlichung an den kontingenten Bedingungen industrieller Produktion, die stofflicher, ökonomischer und so-



Rekursionsmodell von Technikentwicklung

Abb. 2

zialer Natur sind, bricht. Verwissenschaftlichung von Fertigungstechnik meint hierbei vor allem:¹

- Der Prozeß der Entwicklung und Auslegung von Technik ist von der systematischen Nutzung abstrakten Wissens und durch den Bezug auf naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten geprägt; zu nennen sind hier mathematisches und physikalisches Grundlagenwissen, die Erkenntnisse der Regelungs- und Steuerungstechnologie, spezielle Fertigungstheorien wie Zerspanungstheorien, Theorien über Maschinenverhalten sowie Regeln und Systematiken der Maschinenauslegung und Konstruktion und schließlich insbesondere die Erkenntnisse der modernen Informatik.
- Der Entwicklungsprozeß basiert auf Berechnung, Modellbildung und Simulation der antizipierten realen Abläufe. Abgesichert werden die Ergebnisse der Entwicklung durch Labortests und Prüfläufe, die nicht selten früher aufwendige Probeläufe bei Anwendern ersetzen. Empirisch greifbar werden solche Entwicklungsprozesse beim Einsatz von Computertechniken zur Berechnung, Auslegung und Konstruktion sowie Simulation technischer Systeme und von Alternativen ihrer Auslegung sowie im enorm steigenden Aufwand für Qualitätssicherung und Prüfung.
- Schließlich basiert fertigungstechnische Entwicklung auf einem immer umfassenderen "Set" von Regeln und Systematiken für die Maschinenauslegung und Konstruktion, mit denen empirisches Wissen und Erfahrungen objektiviert und einer methodischen Nutzung zugänglich gemacht werden. Damit in Zusammenhang stehen die Standardisierung und Normierung von einzelnen Maschinenelementen und Baugruppen, wodurch Entwicklungsprozesse unabhängiger von spezifischen Erfahrungen, Konstruktionstraditionen und ähnlichen subjektiv-personellen Einflüssen werden.

Fertigungstechnik entwickelt sich damit in Richtung einer wachsenden "Eigenfähigkeit" und Automatisierung, insofern als mathematisierte Mo-

1 Vergleiche zum folgenden insbesondere die Thesen von Böhle über die Grenzen der Verwissenschaftlichung von Produktionsprozessen (z.B. Böhle 1992) sowie den Beitrag von Böhle in diesem Band, S. 69 ff.

delle und die Simulation technischer Funktionszusammenhänge wichtige Elemente der technischen Anlagen selbst werden. Bekanntermaßen eröffnet der Einsatz von Computertechnologien hier sehr weitreichende Potentiale. Diese in der Logik der Verwissenschaftlichung angelegte Entwicklungsrichtung der Technik kann jedoch nie vollständig realisiert werden und stößt unter Umständen schnell an Grenzen. Ihre Ursachen liegen in den kontingenten Bedingungen industrieller Produktion, die in Widerspruch zu den betrieblichen Versuchen einer planmäßigen technisch-wissenschaftlichen Organisation des Produktionsprozesses geraten können: den virulenten und die Betriebe mit nur schwer antizipierbaren, ständig neuen Anforderungen konfrontierenden Bedingungen der Märkte; den Problemen der sozialen Verfaßtheit des Produktionsprozesses und den damit zusammenhängenden Unwägbarkeiten des Einsatzes von Arbeitskraft und schließlich der Komplexität der stofflichen Bedingungen der Produktion wie spezifische Eigenschaften von Maschinen und Materialien, die nur in Ausnahmefällen vollständig kalkulierbar sind; vielfach sind diese stofflichen Faktoren nicht nur ex ante unkalkulierbar, sondern oft entziehen sie sich offenbar grundsätzlich der vollständigen Analyse und Berechnung. Sowohl in Anwenderbetrieben als auch bei Entwicklern werden die daraus resultierenden Probleme freilich häufig als ausschließlich technische und daher als technisch-wissenschaftlich lösbar angesehen, ohne ihren kontingenten und sozio-ökonomisch bestimmten Charakter zu erkennen.

Es entziehen sich daher die Anwendungsbedingungen von Fertigungstechnik zumeist einer vollständigen Überführung in objektivierte Regeln und modellhafte Abbildungen wie auch einer ausschließlich theoretisch deduzierten Vorausplanung und Kalkulation. Bis heute sind in den meisten Fällen zureichende Bedingung der Entwicklung und des Einsatzes von Fertigungstechnik Praxis und Erfahrung im Sinne von Empirie und Experiment, visuell begründbaren Konzepten und Analogieschlüssen oder auch das vielzitierte "Tacit Knowledge" der Arbeitskräfte, die im Produktionsprozeß Technik anwenden. Das heißt, im Prozeß fertigungstechnischer Entwicklung muß die Wissenschaft in spezifischer Weise immer mit Praxis und Erfahrung, im einzelnen freilich in verschiedener Weise, abgestimmt und korrigiert werden.

Damit wird kein bloßes Übergangsstadium fertigungstechnischer Entwicklung bezeichnet, das einer Unzulänglichkeit des Prozesses der Verwissenschaftlichung und der verfügbaren technologischen Erkenntnisse und Mit-

tel geschuldet ist. Vielmehr ist davon auszugehen, daß sich die Grenzen der Anwendung verwissenschaftlichter Technik zwar hinausschieben lassen, daß aber die "Sperrigkeit" industrieller Realität nicht nur erhalten bleibt, sondern bei der Entwicklung und Anwendung jeweils neuer Techniken stets erneut Probleme der Abstimmung mit den Anforderungen realer Produktionsprozesse entstehen. Grundlegendes funktionales Erfordernis ist daher, daß im Kreislauf zwischen Entwicklung, Anwendung und Weiterentwicklung von Fertigungstechnik die Nutzung von Wissenschaft und Technologie in spezifischer Weise immer mit den Anforderungen industrieller Praxis abgestimmt werden muß.

2. Innovationsmuster fertigungstechnischer Entwicklung

Institutioneller Mittelpunkt des Kreislaufprozesses zwischen Entwicklung, Anwendung und Weiterentwicklung ist die Maschinenbau- bzw. Werkzeugmaschinenbauindustrie, die bis heute als ein Zentrum bei dem Erwerb und der Verbreitung neuer Fertigkeiten, Technologien und neuen Wissens für die auf Maschinenproduktion basierenden Industriezweige angesehen werden kann. Historisch kam dem Maschinenbau eine strategische Rolle für den Prozeß der Industrialisierung zu (Rosenberg 1975, S. 224). Die Entstehung und fortschreitende Spezialisierung dieses Industriezweigs sind Resultat einerseits der wachsenden Nachfrage und Bedeutung von Maschinen und technischen Anlagen für die Industrialisierung, andererseits jedoch spiegeln sie auch die schnelle Zunahme von technischen Fertigkeiten sowie technischen und später ingenieurwissenschaftlichen Wissens wider. So waren in der frühen Phase der Maschinisierung industrieller Produktionsprozesse in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts in Großbritannien und auch in den USA Hersteller und Anwender von Fertigungstechniken vielfach identisch, und benötigte Maschinen wurden von den Anwendern auf einer Ad-hoc-Basis in unmittelbarem Bezug zu Praxisproblemen hergestellt (ebd., S. 218 ff.). Wenige Jahrzehnte später gründeten sich - in den einzelnen Ländern in verschiedenen Etappen und zu unterschiedlichen Zeitpunkten - selbständige Maschinenbaufabriken; schrittweise und zeitlich ebenso verschieden fand dabei ihre Spezialisierung auf bestimmte Maschinen und Produktionsmittel, so auch die Herausbildung einer eigenständigen Werkzeugmaschinenindustrie, statt. In Deutschland verlief diese Entwicklung im wesentlichen in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts (Mommertz 1981, S. 111 ff.; Paulinyi 1989,

S. 105 ff.). Gegen Ende des Jahrhunderts schließlich traten erstmals als weitere Akteure der fertigungstechnischen Entwicklung außerbetriebliche, staatliche oder auch private Entwicklungs- und Forschungsinstitutionen auf, und es bildeten sich die ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen des Maschinenbaus und später die Teildisziplin Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen heraus. Korrelat dieser Entwicklung sind die quantitative Zunahme technischer Angestellter und die Ausdifferenzierung und Spezialisierung ihrer Arbeitsprozesse (Wolf u.a. 1992, S. 44 ff.).

Der konkrete Verlauf fertigungstechnischer Entwicklung ist mithin entscheidend von dem jeweiligen Arrangement der an den Innovationsprozessen beteiligten Betriebe, Institute und weiteren Organisationen sowie der Form der zwischen diesen vorherrschenden Austauschbeziehungen abhängig. Analytisch erweisen sich hier folgende Momente als besonders relevant:

- Die Art des industriellen Anwendungsbezugs der Entwicklungsprozesse und die gegebenen Entwickler- bzw. Hersteller-Anwenderbeziehungen, die in engem Zusammenhang mit der vorherrschenden Industriestruktur in ihrer Gesamtheit stehen;
- die Konstellation der Entwickler und Hersteller von Fertigungstechnik, die auf die Struktur des gesellschaftlichen Wissenschafts- und Forschungssystems verweisen, sowie
- die Struktur des technischen Personals, das die Technikentwicklung im einzelnen trägt und vorantreibt und die geprägt wird von seinen gesellschaftlich bestimmten "Reproduktionsmustern" (vgl. Lutz, Veltz 1989).

Das Zusammenspiel dieser Momente kann mit dem Begriff Innovationsmuster gefaßt werden (vgl. Hirsch-Kreinsen 1993, S. 48 ff.). Zwar zeigen Innovationsmuster über bestimmte historische Phasen hinweg eine gewisse aus institutionellen Beharrungsvermögen und festgefügteten Interessenlagen resultierende Stabilität, doch sind sie nicht unabhängig vom gesellschaftlichen Wandel, als dessen Moment sie zu begreifen sind.

Diese Zusammenhänge sollen im folgenden, teilweise in international vergleichender Perspektive, in Hinblick auf die Innovationsfähigkeit des

deutschen Werkzeugmaschinenbaus diskutiert werden. Abgestellt werden soll dabei vor allem auf die derzeit erkennbaren Veränderungsprozesse eines langjährig eingespielten und erfolgreichen, als "praxisorientiert" zu charakterisierenden Innovationsmusters. Die These ist, daß sich das Innovationsmuster des deutschen Werkzeugmaschinenbaus in den letzten zehn bis fünfzehn Jahren als vergleichsweise innovativ und flexibel erwies, jedoch für die Zukunft mit Innovationsproblemen zu rechnen ist, sofern nicht im weitesten Sinn technologiepolitisch gegengesteuert wird.

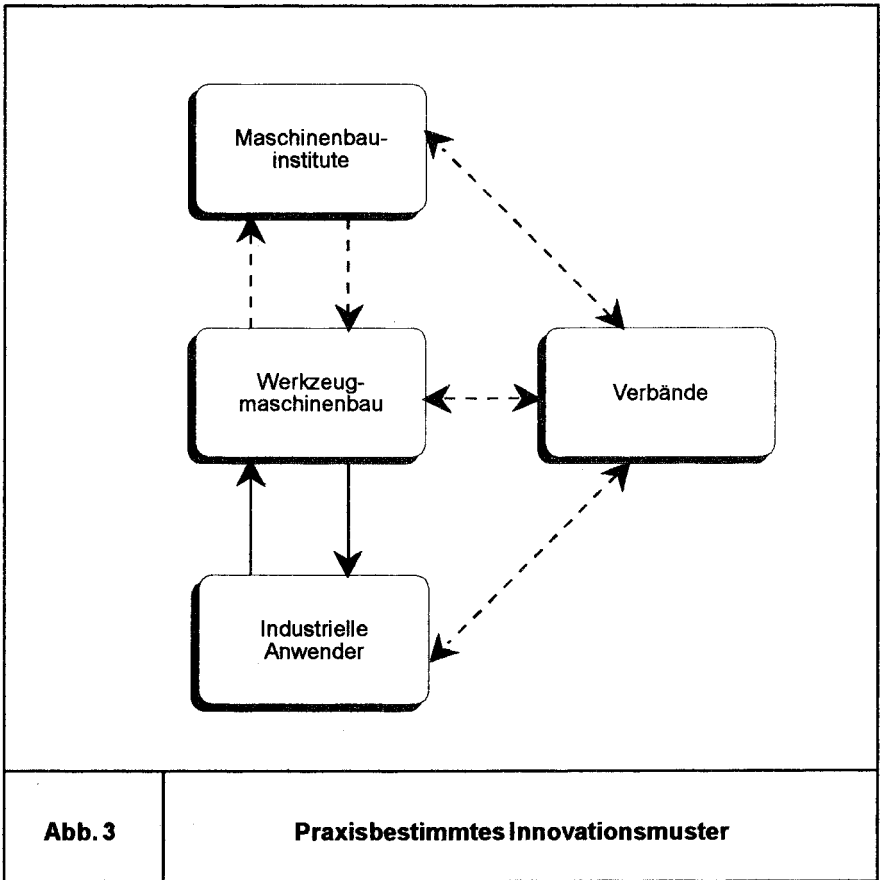
3. Praxisbestimmtes Innovationsmuster

3.1 Flexible und kooperative Entwickler-Anwenderbeziehungen

Seit Jahrzehnten folgten fertigungstechnische Innovationen in der Bundesrepublik einem praxisbestimmten Muster. Es bezeichnet eine nur begrenzte Verwissenschaftlichung fertigungstechnischer Entwicklung und eine selektive Nutzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Fertigungstechnische Innovationen wurden in hohem Maße von anwendungspraktischer Erfahrung und Werkstattwissen und von daraus abgeleiteten ingenieurwissenschaftlichen Regelwissen und Systematiken bestimmt (Abb. 3).

Gegenstand der Entwicklung waren weitgehend konventionelle Maschinen und Anlagen. Im Prinzip existierende Maschinenkonzepte wurden durch die Adaptation neuer Technologien schrittweise weiterentwickelt - so etwa die ständige Verbesserung der Schneidstoffe der Werkzeuge, die Innovationen der Antriebssysteme und seit den 60er Jahren die Automatisierung der Maschinensteuerungen durch die NC-Technik. Dabei ließen sich die verschiedenen Phasen des Innovationsprozesses von der Entwicklung über die laufende Herstellung bis hin zur Weiterentwicklung von Werkzeugmaschinen arbeitsprozessual und institutionell nur schwer voneinander trennen.

Größtenteils verliefen die Entwicklungs- wie auch Herstellungsphasen im Rahmen relativ ganzheitlicher und eng verschränkter Konstruktions- und Fertigungsprozesse des Werkzeugmaschinenbaus, der im Zusammenspiel mit den Anforderungen und Interessen der Maschinenanwender - die teil-



weise wiederum aus dem Werkzeugmaschinenbau stammten - als der bestimmende Akteur fertigungstechnischer Entwicklung anzusehen war. Im einzelnen setzten sich die Anforderungen der industriellen Praxis allerdings in verschiedener Weise durch. Die Anforderungen differenzierten sich unter anderem in Hinblick auf Bearbeitungsverfahren, vorherrschende Anwendungsprobleme wie Serien- und Einzelfertigung und daraus resultierende Leistungsanforderungen an die Maschinen. Diese Unterschiede werden vielfach als verschiedene "Maschinenbaukulturen" begriffen. Sie wurden durch ein breites Spektrum unterschiedlicher Entwickler-Anwenderbeziehungen charakterisiert, das von der marktorientierten Her-

stellung größerer Serien von Universalmaschinen bis hin zum kundenspezifischen Sondermaschinenbau reichte.

Innerhalb dieser verschiedenen, hier nur angedeuteten Entwickler-Anwenderbeziehungen vermochte der westdeutsche Werkzeugmaschinenbau allerdings auch vergleichsweise autonom Innovationsanstöße zu geben. Voraussetzung hierfür waren sachliche und personelle Innovationsressourcen, die im Rahmen relativ enger, gewachsener Kooperationsbeziehungen zwischen Betrieben des Werkzeugmaschinenbaus, ingenieurwissenschaftlichen Instituten und verschiedenen Verbänden bereitgestellt wurden. Diese kooperativen FuE-Beziehungen gelten international, etwa im Vergleich zum Werkzeugmaschinenbau der USA und Frankreichs, als besonderer Innovationsvorteil des bundesdeutschen Werkzeugmaschinenbaus in den 70er und 80er Jahren (z.B. March u.a. 1989; Maurice, Sorge 1990).

So existierten seit Jahrzehnten stabile und enge Formen der Zusammenarbeit zwischen dem Werkzeugmaschinenbau und einer ganzen Reihe von ingenieurwissenschaftlichen Maschinenbauinstituten verschiedener Technischer Universitäten und Hochschulen, an denen in direktem Auftrag von Werkzeugmaschinenbetrieben sowohl fertigungsorientierte Grundlagenforschung als auch angewandte Forschung und Entwicklung betrieben wurde. Diese kooperativen Beziehungen basierten auf der traditionell hohen Kompatibilität zwischen der Branchenstruktur und den Konstruktionsanforderungen des Werkzeugmaschinenbaus einerseits und der Fachrichtungsstruktur der ingenieurwissenschaftlichen Institute andererseits, wodurch die Voraussetzungen für einen relativ ungehinderten Wissenstransfer zwischen beiden Bereichen gegeben waren; zu denken ist hier an Teildisziplinen des Maschinenbaus wie Zerspanungslehre, Konstruktions-systematik, Meßtechnik oder Automatisierungstechnik. Außerdem wurden die kooperativen Beziehungen gestützt durch die vermittelnde Rolle einer Reihe von Industrieverbänden, die Kontakte herstellten, Kommunikationsbeziehungen initiierten und teilweise finanzielle Entwicklungsressourcen beschafften. Zu nennen sind hier vor allem die bekannten Verbände wie der VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e.V.), der vor etwa 100 Jahren von der Industrie und Vertretern von Hochschulen gegründete VDW (Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V.), der VDI (Verein Deutscher Ingenieure) wie auch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsgemeinschaften (AIF).

Die Verbände bieten bis heute im Rahmen fest etablierter Treffen und Gremien, an denen gleichermaßen Betriebsvertreter wie auch Wissenschaftler teilnehmen, die Möglichkeit zu kontinuierlichem Austausch von Erfahrungen und Know-how sowie zur Herstellung von Kontakten, aus denen dauerhafte FuE-Beziehungen hervorgingen und hervorgehen. Über die zum Teil staatlich finanzierte AIF wurden finanzielle Mittel für anwendungsorientierte FuE-Projekte bereitgestellt, die in enger Kooperation zwischen wissenschaftlichen Instituten und Werkzeugmaschinenbetrieben bearbeitet wurden.

3.2 Industrie- und praxiserfahrenes technisches Personal

Wichtige personell-qualifikatorische Basis dieser kooperativen Arrangements von Entwicklern und Anwendern war ein industrieorientiertes und fertigungspraktisch erfahrenes, zugleich aber auch wissenschaftlich gebildetes Entwicklungspersonal. Folgt man vorliegenden statistischen Daten, so finden sich bislang im westdeutschen Werkzeugmaschinenbau im internationalen Vergleich überdurchschnittlich viele Ingenieure; besonders deutlich wird dies im Vergleich zu Frankreich wie auch zu den Vereinigten Staaten, die - teilweise entgegen landläufiger Ansichten - als "Underengineered Society" anzusehen sind (vgl. Thurow 1987; Maurice, Sorge 1990). Überproportional ist dabei bis heute der Anteil von Maschinenbauingenieuren, deren Ausbildung sich, im Vergleich etwa zu den amerikanischen "Mechanical Engineers" oder auch den Absolventen ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge in Japan (Ernst 1993), durch einen ausgeprägten Praxisbezug auszeichnet. Der Praxisbezug der Ingenieure im Werkzeugmaschinenbau zeigt sich darüber hinaus besonders an dem hohen Anteil von Fachschul- bzw. Fachhochschulabsolventen, der im Maschinenbau seit den 60er Jahren bei durchschnittlich zwei Dritteln aller Ingenieure liegt (Tab. 1).

Stets standen Tätigkeiten und Karriereverläufe des technischen Personals in relativ engem Bezug zu betrieblichen Anwendungs- und Fertigungsproblemen. Die Arbeitsprozesse in den Entwicklungs- und Konstruktionsabteilungen zeichneten sich durch enge formelle und informelle Beziehungen zu Fertigungs- und Werkstattbereichen aus (vgl. insbesondere Wolf u.a. 1992; Kalkowski, Manske 1993). Innerhalb der Betriebe war ein innerbetrieblicher Aufstieg aus der Werkstatt in die Konstruktionsabteilungen

weit verbreitet. Typisch war es, daß selbst die anspruchsvolleren Positionen über langjährige betriebliche Aufstiegsprozesse erreicht werden konnten, die in der Regel von einer Facharbeitertätigkeit ihren Ausgang nahmen. Es ist dabei vor allem auch davon auszugehen, daß der berufliche Aufstieg von Ingenieuren und Technikern - nicht wie beispielsweise in den USA - durch ein längeres Verweilen in fertigungsnahen Bereichen behindert, in vielen Fällen vermutlich sogar gefördert wurde.

Abschlußgrad	1961		1968		1982		1987	
	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %
TU-/TH-Abschluß	7.410	17,0	8.645	15,9	19.615	26,4	24.435	27,9
FH-Abschluß	28.910	66,3	37.865	69,4	48.520	65,3	58.835	67,1
Sonstiger Abschluß	7.280	16,7	8.040	14,7	6.165	8,3	4.430	5,0
	43.600	100,0	54.550	100,0	74.300	100,0	87.700	100,0
Quelle: VDMA 1988								
Tab. 1	Ingenieurstruktur im Maschinenbau nach Abschlußgrad							

Der enge Praxisbezug fertigungstechnischer Entwicklungsprozesse wurde darüber hinaus durch industriennahe Karrieremuster von Ingenieurwissenschaftlern gesichert. So war bekanntlich bisher der berufliche Werdegang von Maschinenbauprofessoren an erfolgreiche Karriereabschnitte in der Industrie gebunden. Auch auf der Assistentenebene existierten enge personelle Kontakte zwischen wissenschaftlichen Instituten und der Industrie, und zwar über einen laufenden Personalwechsel von den Instituten in die Betriebe.

Sozialstrukturelle Grundlage dieser praxisorientierten Struktur des technischen Personals war bislang die beträchtliche Homogenität eines im Prinzip vom Facharbeiter bis zum Diplomingenieur reichenden "qualifikatorischen Raums", der sich durch eine hohe vertikale Kontinuität und Durch-

lässigkeit im doppelten Sinn von beruflicher Mobilität und Zirkulation von Wissen und Erfahrung auszeichnete. Dieser Raum umfaßte die Berufsgruppen der Facharbeiter, Techniker, Fachschul- bzw. Fachhochschulabsolventen und Diplomingenieure. Ihre Tätigkeitsfelder überlappten sich und waren über Aufstiegswege eng miteinander verschränkt. Der Erwerb ihrer technischen und wissenschaftlichen Kompetenzen basierte besonders auf industrieller und beruflicher Praxis. Diese Mobilitätswege und Formen des Erwerbs technischer Kompetenzen können als praktisches oder berufliches Muster der "sozialen Reproduktion" des technischen Personals zusammengefaßt werden, das bisher vornehmlich in Deutschland anzutreffen war. In anderen Ländern, wie insbesondere Frankreich und den USA, herrschen hingegen Strukturierungsprinzipien vor, die als schulisches, von industrieller Praxis distanzierteres Reproduktionsmuster gefaßt werden können (vgl. Lutz, Veltz 1989, S. 213 ff.; Hirsch-Kreinsen 1993, S. 172 ff.).

Voraussetzung eines beruflichen Reproduktionsmusters des technischen Personals ist eine quantitativ und qualitativ ausreichende Verfügbarkeit von qualifizierten Facharbeitern. Ohne Facharbeiter ist die Reproduktion des höheren technischen Personals durch Aufstieg aus der Praxis im großen Maßstab kaum möglich. In den letzten Jahrzehnten waren in Deutschland ausreichend Facharbeiter vorhanden, deren Kompetenzen und Erfahrungswissen Bezugsgröße aller anderen Gruppen des technischen Personals waren. Allein dadurch konnte sich eine Ingenieurausbildung an den deutschen Universitäten und insbesondere den Fachhochschulen mit klaren Bezügen auf die industrielle Praxis und den dort sich manifestierenden Problemen auf Dauer etablieren. Die Kompetenz der Ingenieure und ihre Fachrichtungsraster definierten sich weniger gemäß der Logik schulischen Wissenserwerbs, sondern weit stärker gemäß der besonderen und komplementären Rolle, die sie später in der beruflichen Praxis im Verhältnis zu anderen Gruppen des technischen Personals, insbesondere zu Facharbeitern, spielten. Die Qualifikation und berufliche "Kultur" von industrieller Facharbeit waren das unverzichtbare Fundament jener spezifischen Form technischer Kompetenz, die sich historisch in Deutschland herausgebildet hatte und auf dem die besondere Netzwerkstruktur des deutschen Innovationsmusters beruhte.

Dieses - hier in seinen Grundzügen skizzierte - praxisbestimmte Innovationsmuster herrscht in der Bundesrepublik teilweise bis heute vor. Mit Sicherheit dominierte es die fertigungstechnische Entwicklung bis weit in die

80er Jahre hinein. In seinem Rahmen wurden zuverlässig jene Fertigungstechniken bereitgestellt, die sowohl für die Großunternehmen der Massen- und Serienfertigung als auch für eine große Zahl mittlerer und kleinerer Betriebe, etwa aus dem Maschinenbau, benötigt wurden. Fraglos waren diese Innovationsstrukturen eine wichtige Voraussetzung für den ökonomischen Erfolg des deutschen Werkzeugmaschinenbaus in den 80er Jahren.

Dies belegt nicht zuletzt auch der Vergleich mit dem amerikanischen Werkzeugmaschinenbau, der bekanntlich im gleichen Zeitraum von einem dramatischen Schrumpfungsprozeß betroffen war. Eine Ursache hierfür war zweifelsohne, daß kooperative Innovationsstrukturen fehlten, diese Branche damit nur über sehr begrenzte Innovationsressourcen verfügte und sich vor allem in den Personalstrukturen nicht jene Verschränkung von Praxisorientierung und ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung wie in der Bundesrepublik fand.

4. Wandel des Innovationsmusters

4.1 Ausdifferenzierung der Entwicklerkonstellation

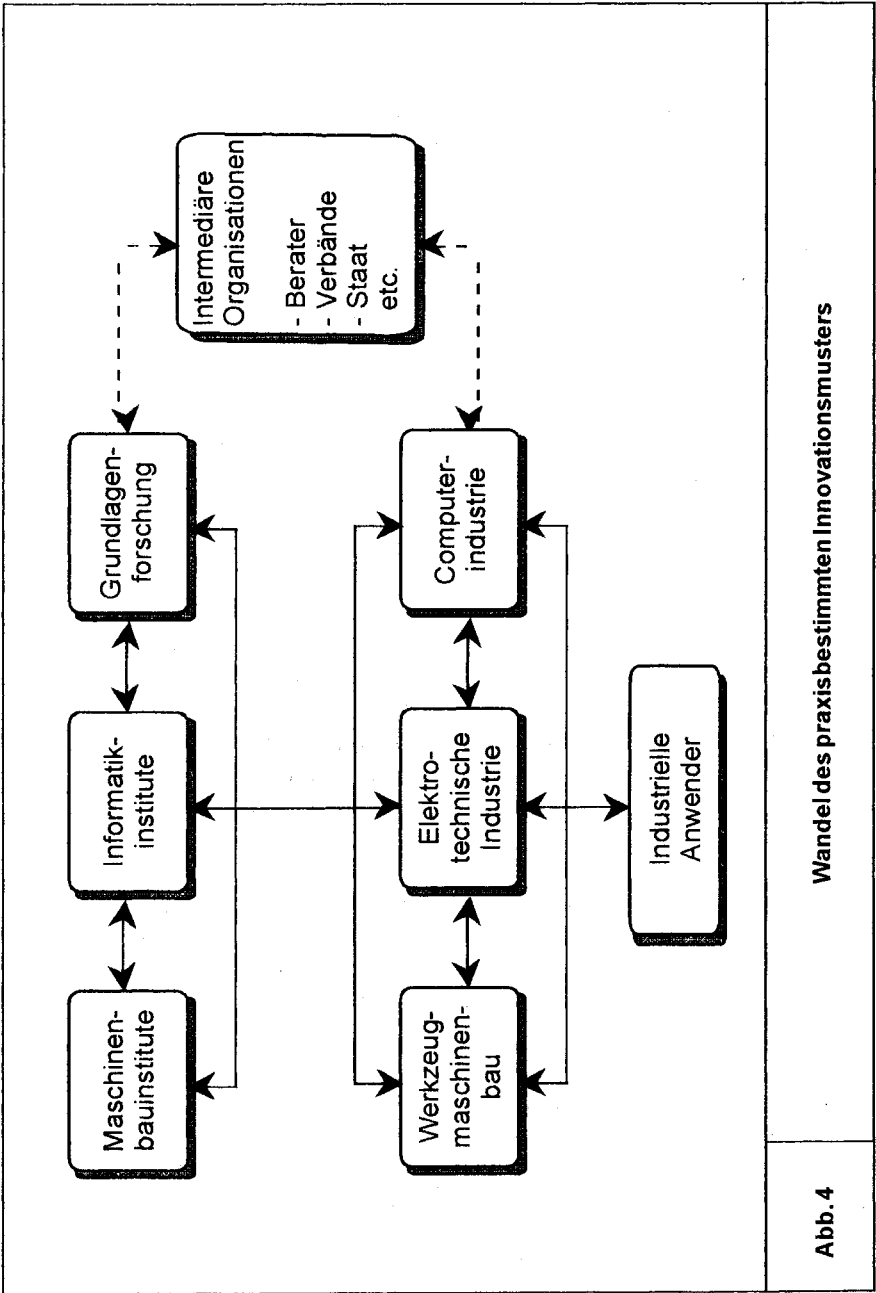
Im Verlauf der 80er Jahre begannen sich die Strukturen des praxisbestimmten Innovationsmusters fertigungstechnischer Entwicklung allmählich zu verändern. Die Ursachen liegen einerseits in Einflüssen und Erfordernissen, die aus neuen - vielfach als "systemisch" begriffenen - Rationalisierungsstrategien der industriellen Technikanwender resultieren; ihre Strategien wandeln sich, und über den Bereich der unmittelbaren Produktion hinaus geraten zunehmend inner- und überbetriebliche Prozeßzusammenhänge ins Blickfeld des Technikeinsatzes. Andererseits liegen die Ursachen in den ständig wachsenden Nutzungspotentialen wissenschaftlicher Erkenntnisse und neuer Technologien, insbesondere denen der Informatik und Computertechnologien. Beide Einflußgrößen induzierten einen Innovationsschub und eine erhebliche Komplexitätssteigerung von Fertigungstechnik. Festmachen läßt sich diese Entwicklung an modernen CNC-Steuerungen, der fortschreitenden Integration verschiedener Bearbeitungsverfahren zu multifunktionalen Bearbeitungszellen, der Weiterentwicklung flexibler Fertigungssysteme und den vielfältigen Formen von

rechnerintegrierten Planungs- und Steuerungssystemen, insbesondere CAD/CAM- und DNC-Systemen.

Aufgrund der wachsenden Bedeutung vor allem der Informatik und Mikroelektronik kann in diesem Zusammenhang von einem Prozeß zunehmender Verwissenschaftlichung von Fertigungstechnik gesprochen werden, bei dem sich zugleich die Entwicklungsprozesse verändern. Die bisherigen Strukturen des praxisbestimmten Innovationsmusters wandeln sich in Richtung eines stärker ausdifferenzierten und wissenschaftsorientierten Innovationsmusters. Bei den Veränderungen handelt es sich freilich nicht um einen abrupten Wandel, vielmehr prägen sich bestimmte Strukturmerkmale des praxisbestimmten Musters stärker aus, neue Elemente kommen hinzu. Anknüpfend an die existierenden kooperativen FuE-Beziehungen des praxisorientierten Musters, ist ein neues branchenübergreifendes Geflecht von kollektiven Akteuren der Technikentwicklung im Entstehen begriffen, das weit über die bisherigen Dimensionen hinausgeht. Vor allem löst sich die bislang vorherrschende hohe arbeitsprozessuale und institutionelle Identität von Entwicklung, Herstellung und Weiterentwicklung im Werkzeugmaschinenbau auf. Der Werkzeugmaschinenbau verliert seine früher singuläre Position als zugleich Entwickler und Hersteller von Fertigungstechnik und gibt einen Teil seiner früheren Entwicklungsfunktionen an neu hinzutretende Akteure ab. Es entsteht ein ausdifferenziertes Netzwerk von Entwicklern, Herstellern und Anwendern, das kaum mehr ein eindeutiges Steuerungszentrum aufweist (Abb. 4).

Auf der einen Seite erfordert die wachsende Komplexität von Fertigungssystemen intensivere Beziehungen zwischen Entwicklern und Anwendern. Jene engen Abstimmungsprozesse zwischen Entwicklern und Anwendern, die früher lediglich im Sondermaschinenbau anzutreffen waren, erfahren jetzt eine gewisse Generalisierung, insofern als komplexe und betriebsübergreifende Fertigungssysteme immer der betriebsspezifischen Anpassung und Modifikation bedürfen. Der Prozeß der Technikentwicklung läßt sich damit immer weniger von dem der späteren Technikanwendung trennen.

Auf der anderen Seite verändert sich die bisherige Entwickler- bzw. Herstellerkonstellation beträchtlich, und es tritt eine wachsende Zahl von neuen Akteuren hinzu. So gewinnen zunächst, früher häufig vernachläss-



Wandel des praxisbestimmten Innovationsmusters

Abb. 4

sigte, horizontale Kooperationsbezüge innerhalb des Werkzeugmaschinenbaus an Bedeutung. Nicht nur unter dem zunehmenden Druck, Entwicklungskosten zu minimieren, sondern auch angesichts wachsender Komplexität der Produkte strebt eine ganze Reihe von Werkzeugmaschinenbetrieben eine engere Kooperation mit früheren Konkurrenten zur Entwicklung bestimmter Baugruppen und Maschinenkomponenten an.

Von zentraler Bedeutung für den Wandel der Innovationsstrukturen ist jedoch, daß sich die bisherige branchenstrukturelle und funktionale Kompatibilität zwischen dem Werkzeugmaschinenbau und der Fachrichtungsstruktur der Ingenieurwissenschaften aufzulösen beginnt und Informatik und Computertechnologie beträchtliches Gewicht bei der Technikentwicklung bekommen (vgl. auch Häusler 1990). Die fertigungstechnische Entwicklung wird damit zunehmend von Akteuren beeinflusst, die in Distanz zu den Problemen industrieller Praxis stehen. Zu nennen sind hier einmal hinzukommende, teilweise international agierende Entwickler von rechnergestützten Steuerungs- und Vernetzungskomponenten aus der Elektrotechnischen Industrie und der in den 80er Jahren schnell wachsenden Computer- und Software-Industrie. So wurden beispielsweise im Zuge der forcierten NC-Entwicklung der 80er Jahre relativ umfassende und enge Beziehungen zwischen dem Werkzeugmaschinenbau und Steuerungsherstellern aus der Elektrotechnischen Industrie aufgebaut. Im Verlauf der 80er Jahre wurden darüber hinaus unterschiedlich intensive Kooperationsbeziehungen zu Software-Häusern aufgenommen, um die zunehmenden Anforderungen in Zusammenhang mit der "Elektronisierung" von Fertigungstechnik bewältigen zu können.

Ferner gewinnt der Wissenschaftsbereich erheblichen Einfluß auf die fertigungstechnische Entwicklung; allen vorliegenden Befunden zufolge wurden die Entwicklungsprozesse des Werkzeugmaschinenbaus FuE-intensiver, und es ist mehr grundlagenorientierte Entwicklung erforderlich. Typische Beispiele hierfür sind die häufig diskutierte Nutzung der Lasertechnologie für die Blechbearbeitung und die forcierte Entwicklung von CNC-Steuerungen mit integrierten Programmiersystemen zur Werkstattprogrammierung. Beide Entwicklungsschritte wurden in den 80er Jahren in enger Zusammenarbeit von Werkzeugmaschinenherstellern mit Instituten der Grundlagenforschung angegangen (z.B. Leibinger 1988).

Die Entwicklungsprozesse sind mithin nicht mehr nur auf das Know-how der ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen des Maschinenbaus und der Fertigungstechnik, sondern auch auf weitaus theoretischere Disziplinen wie Elektrotechnik und Informatik sowie sich neu formierende ingenieurwissenschaftliche Disziplinen wie Mikromechanik oder generelle Mikrosystemtechnik angewiesen. Neben den sich in disziplinärer Hinsicht ständig erweiternden traditionellen TH- und TU-Instituten des Maschinenbaus kommt hier den Fraunhofer-Instituten verschiedenster Provenienz eine immer wichtigere Rolle zu: Angesichts der wachsenden technologischen Potentiale und Gestaltungsmöglichkeiten fungieren sie als unverzichtbare Informationsbeschaffer und Informationsvermittler, und weit häufiger als früher findet die Entwicklung von ersten Entwürfen und Prototypen, die Perspektiven für spätere Anwendungen aufzeigen, in den Labors wissenschaftlicher Institute statt.

4.2 Segmentierung des technischen Personals

Diese Ausdifferenzierung der institutionellen Arrangements der Technikentwickler korreliert mit einer Erosion der bislang relativ homogenen und praxisorientierten Strukturen des technischen Personals. Unübersehbar ist generell eine Verschiebung der Ingenieurstruktur in Richtung theoretischer ausgebildeter Ingenieure infolge der wachsenden Bedeutung von Mikroelektronik und Computerintegration in den Produkten des Werkzeugmaschinenbaus. Vorliegenden Daten zufolge nahm schon in den 80er Jahren der Anteil der Maschinenbauingenieure vor allem zugunsten von Elektroingenieuren deutlich ab, während Informatiker einen langsam steigenden Anteil ausmachten (Tab. 2); es steht zu erwarten, daß sich dieser Trend in den 90er Jahren fortsetzt. Außerdem verschob sich deutlich das Verhältnis der Fachhochschulabsolventen zu den TU-/TH-Absolventen; kamen in den 60er Jahren auf einen Hochschulabsolventen ungefähr vier Absolventen der damaligen "Ingenieur-Schulen", so sind es in den 80er Jahren nur noch zwei bis drei (VDMA 1988, S. 2; Tab. 1).

Damit begannen zugleich die bisherigen, praxisorientierten Tätigkeiten, Karrieremuster und vertikalen Wege des Wissenstransfers des technischen Personals zu erodieren. Es werden Strukturen erkennbar, die einem als "schulisch" zu begreifenden Typus der Reproduktion des technischen Personals nahe kommen (vgl. Lutz, Veltz 1989). Innerhalb der Konstruktions-

Fachrichtung	1968		1982		1987		Veränderung 1982-87	
	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %
Maschinenbau	44.130	80,9	50.550	68,0	52.000	60,0	+ 2.050	+ 4,1
Verfahrenstechnik	1.370	2,5	3.350	4,5	4.300	4,9	+ 950	+ 28,4
Elektrotechnik	5.150	9,4	8.900	12,0	13.600	15,5	+ 4.700	+ 52,8
Wirtschaftsing.	--	--	1.550	2,1	4.750	5,4	+ 3.200	+ 206,5
Informatik	--	--	800	1,1	2.900	3,3	+ 2.100	+ 262,5
Andere Fachrichtung	3.900	7,2	9.150	12,3	9.550	10,9	+ 400	+ 4,4
	54.550	100,0	74.300	100,0	87.700	100,0	+13.400	+ 17,9
Quelle: VDMA 1988								
Tab. 2	Ingenieure im Maschinenbau nach Fachrichtungen							

und Entwicklungsabteilungen der Betriebe des Werkzeugmaschinenbaus ist durch die zunehmende Rekrutierung von ingenieur- und naturwissenschaftlichen Universitätsabsolventen eine Tendenz zur Anhebung des formalen Qualifikationsniveaus und die Schaffung neuer Tätigkeits- und Berufsfelder zu beobachten, die aus dem bisherigen beruflichen Muster des technischen Personals herausfallen. Betriebsorganisatorisch geht damit zugleich eine Aufwertung und Ausweitung von FuE-Abteilungen sowie Software-Abteilungen und Bereichen der Elektrokonstruktion zu Lasten der klassischen Mechanikkonstruktion einher. In Verbindung mit einer generellen Tendenz zur Ausdifferenzierung der früher relativ ganzheitlichen und mit der Fertigung verschränkten Konstruktionstätigkeiten werden damit die bisherigen innerbetrieblichen Kooperationsbezüge und Aufstiegswege zunehmend blockiert. Konsequenz ist, daß die Bedeutung des "Seiteneinstiegs" als Rekrutierungsweg für das technische Personal und damit der Einfluß wissenschaftlich-theoretischen Wissens zu Lasten von Praxiserfahrung zunehmen (Wolf u.a. 1992, S. 114 ff.).

Damit werden auch überbetrieblich, zwischen den industriellen und wissenschaftlichen Entwicklern, die bisherigen Karrierewege von Ingenieurwissenschaftlern, deren wissenschaftliche Laufbahn - wie gezeigt - in der Regel auf einem Wechsel zwischen erfolgreicher industrieller und wissenschaftlicher Tätigkeit beruhte, zunehmend blockiert. Denn die Ausdifferenzierung der Entwicklerkonstellation läßt es schwerer werden, institutionelle und wissenschaftlich-disziplinäre Grenzen sowie die größer werdende Distanz zwischen Wissenschaftsbereich und industriellen Anwendung im Laufe eines Berufswegs zu überschreiten. Nicht zufällig finden sich daher im Bereich der Ingenieurwissenschaften vermehrt industrieferne und innerakademische Karriereverläufe, die nicht mehr den engen Praxisbezug wie früher aufweisen, sondern vielmehr ausschließlich auf besonderen wissenschaftlich-akademischen Leistungen basieren.

Sozialstrukturell werden diese Segmentierungstendenzen des technischen Personals beschleunigt von der - vielfach diskutierten - Erosion der beruflichen Bildung im Zuge des demographischen Wandels und der Bildungsexpansion der letzten 20 Jahre. Wie inzwischen hinreichend bekannt, verschlechtern sich einerseits - insbesondere seit Mitte der 80er Jahre - die Situation für die Neurekrutierung von Auszubildenden für Metallberufe wie auch die Chancen für die Rekrutierung ausgebildeter Facharbeiter dramatisch. Andererseits steigt das Angebot von Ingenieuren und Technikern auf dem Arbeitsmarkt ständig, so daß die Betriebe relativ problemlos ihren wachsenden Bedarf an theoretisch vorgebildeten technischen Personal decken können. Grosso modo reduziert sich damit die sozialstrukturelle Basis für die bisherige hohe vertikale Durchlässigkeit der Strukturen des technischen Personals und ihrer durchgängigen Bindung an industrielle Praxis und Erfahrungswissen von Facharbeit.

5. Zukünftige Innovationsprobleme

Zu fragen ist daher, ob unter den Bedingungen des skizzierten Wandels auch weiterhin wie bisher zuverlässig an industriellen Anwendungserfordernissen orientierte Fertigungstechniken vom Werkzeugmaschinenbau der Bundesrepublik bereitgestellt werden können und damit eine wesentliche Voraussetzung für die dauerhafte Existenz dieser Branche in ihrer bisherigen Größe gegeben ist. Als maßgeblicher Einflußfaktor tritt die

tiefe Wirtschaftskrise der frühen 90er Jahre hinzu, durch die der Wandlungsprozeß noch beschleunigt werden dürfte. Zu sehen ist hier einmal der Einfluß des sich dadurch vollziehenden Umbruchs betrieblicher Rationalisierungsstrategien, der eine weiter wachsende Bedeutung von Informatik, Computertechnologien und weiteren "fachfremden" Wissenschaftsdisziplinen für die Werkzeugmaschinenentwicklung nach sich ziehen wird.² Zum anderen sind hierbei die fortschreitende Globalisierung und Ausdifferenzierung der Absatzmärkte für Fertigungstechniken in Rechnung zu stellen, die vielfältigere Anwenderbeziehungen und komplexere Markt- und Anwendungsanforderungen als bisher umfassen.

Möglicherweise brechen damit Innovationsprobleme auf, die im bisherigen Wandlungsprozeß des Innovationsmusters allenfalls latent vorhanden waren und die die zukünftige Innovationsfähigkeit des Werkzeugmaschinenbaus in Frage stellen. Evident sind vor allem folgende Problemkomplexe:

- Die Ausdifferenzierung der Entwicklerkonstellation schreitet fort, die Organisationen der Entwicklung, Herstellung und Anwendung von Fertigungstechniken fallen immer weiter auseinander, und der Einfluß praxisferner Entwickler wächst. Damit wird die Diffusion von Wissen erschwert, und die Komplexität der erforderlichen Abstimmungsprozesse sowie die Zahl der Rückkopplungsschleifen zwischen den unterschiedlich spezialisierten Akteuren steigen beträchtlich.
- Als besonderes Problem erweist sich dabei, den erforderlichen Abgleich zwischen den von der industriellen Praxis distanziierten Entwicklern einerseits und vorherrschenden Anwendungsproblemen andererseits auch in Zukunft zuverlässig zu gewährleisten. Nicht auszuschließen ist besonders, daß sich solche Abstimmungs- und Anpassungsprobleme infolge der wachsenden Bedeutung - hier nicht weiter diskutierter - international agierender Hersteller beispielsweise von Standardsteuerungen und -software ergeben.

2 Dies gilt gerade auch bei einfachen Universalmaschinen, die verschiedentlich als Mittel gegen das unterstellte "Over-Engineering" der Branche begriffen werden.

- Der Segmentierungsprozeß des technischen Personals sowohl innerhalb des Werkzeugmaschinenbaus als auch zwischen den Betrieben und den wissenschaftlichen Instituten beschleunigt sich. Die Entwicklungsprozesse unterliegen damit der Gefahr einer weiter sich vertiefenden Kluft zwischen theoretischem Wissen und anwendungspraktischer Erfahrung, den Risiken von Kommunikations- und Verständigungsproblemen zwischen den verschiedenen Gruppen des technischen Personals, einer Veralterung von grundlagenorientierten FuE-Bereichen und wachsenden Karriere- und Aufstiegsblockaden.
- Innerhalb der Werkzeugmaschinenbranche dürften sich diese Segmentierungstendenzen noch dadurch verstärken, daß die vermehrte horizontale Kooperation zwischen Werkzeugmaschinenbetrieben auf eine Effektivierung der Entwicklungsprozesse zielt. Damit drohen die relativ offenen und flexiblen mittelständischen Strukturen der Branche zumindest teilweise verloren zu gehen und arbeitsteilig-spezialisierten Strukturen Platz zu greifen.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß sich damit im deutschen Werkzeugmaschinenbau personelle Strukturen durchzusetzen beginnen, die jenen segmentierten des amerikanischen Werkzeugmaschinenbaus ähneln. Wie schon angedeutet, war dies wohl einer der Bestimmungsgründe für die mangelnde Innovationsfähigkeit der amerikanischen Branche in den 80er Jahren. Die jüngst von gewerkschaftlicher Seite vorgebrachten Befürchtungen über fortschreitende Spezialisierungs- und Segmentierungstendenzen innerhalb des Managements von Werkzeugmaschinenbetrieben der Bundesrepublik und den damit verbundenen negativen Konsequenzen für die Flexibilität und Innovativität des Werkzeugmaschinenbaus deuten in die gleiche Richtung (vgl. Pitz, Pohl 1994).

6. Wachsender Moderations- und Steuerungsbedarf

Sollen unter diesen neuen Bedingungen in Zukunft falsche Richtungen sowie zeitaufwendige und kostenträchtige Umwege bei der fertigungstechnischen Entwicklung vermieden werden, so stellen sich erhebliche Steuerungs- und Koordinationsanforderungen an die Akteure im Innovationsprozeß. Einen Hinweis auf mögliche Fehlentwicklungen und nicht ange-

paßte Technikkonzepte geben die großen Anwendungsschwierigkeiten vieler Betriebe mit rechnerintegrierten Produktionssystemen, die in den letzten Jahren zumeist von anwendungsfernen Computer- und Software-Herstellern entwickelt wurden; die Rede vieler Betriebspraktiker von den "CIM-Ruinen" ist ein Indiz für die offensichtlich vielfach fehlende Abstimmung der Systemkonzepte mit den Praxiserfordernissen der Industrie.

Notwendig werden daher einerseits ein ständiger und intensivierter Abgleich der Interessen der verschiedenen Akteure und vor allem eine enge Verschränkung zwischen den von der industriellen Praxis distanzierten Entwicklern und dem breiten Feld industrieller Anwender andererseits. Zum anderen wird angesichts der divergierenden Entwicklerinteressen und zunehmenden Breite technologischer Potentiale und technischer Gestaltungsalternativen die Schaffung von neuem Orientierungswissen und Entwicklungsleitbildern immer unverzichtbarer.

Es erscheint jedoch fraglich, ob diese Anforderungen im Rahmen der bisher vorherrschenden kooperativen Austauschprozesse im Geflecht relativ gleichberechtigter Akteure, vieler mittelgroßer Werkzeugmaschinenbetriebe mit ihrer traditionellen Marktorientierung und "Maschinenbaukultur" sowie relativ autonomer wissenschaftlicher Institute bewältigt werden können. Mögliche Schwierigkeiten werden deutlich, wenn man zum Vergleich Erfahrungen über Steuerungsprozesse der Technikentwicklung aus Japan heranzieht. Soweit an dieser Stelle einschätzbar, finden sich in Japan zwar gleichfalls kooperative Strukturmuster, jedoch mit dem Unterschied, daß sie einer ausgeprägten Dominanz durch staatliche und halbstaatliche Instanzen wie dem MITI (Ministry for International Trade and Industry) und nationalen Forschungslaboratorien unterliegen und daher Entwicklungsziele vermutlich schneller gesetzt und dauerhaft verfolgt werden können. Darüber hinaus wird die Werkzeugmaschinenbranche von Unternehmen mit einer beträchtlichen Kapitalkraft geprägt, die in der Lage sind, längerfristige und globale Absatzstrategien zu verfolgen (z.B. Schulz 1985; Ito 1993).

Demgegenüber fehlt in der Bundesrepublik ein dominanter, die Entwicklungsprozesse bestimmender Akteur. Die bisherige Rolle von Verbänden als "intermediäre" Institutionen zwischen den verschiedenen industriellen und nicht-industriellen Akteuren der Technikentwicklung ist zwar eine wichtige Bedingung für die Funktionsfähigkeit des bislang existierenden

kooperativen Netzwerks, sie ist in ihrer jetzigen Form jedoch nicht unbedingt ausreichend dafür, daß die neuen Entwicklungsanforderungen tatsächlich bewältigt werden. Hinzu kommt, daß den zumeist mittelgroßen Werkzeugmaschinenbetrieben in der Bundesrepublik die notwendige Kapitalkraft fehlt, um globale Entwicklungs- und Absatzstrategien zu verfolgen und die dabei unvermeidlichen "Durststrecken" zu überwinden. Offen ist deshalb, inwieweit im Rahmen der bisherigen Innovationsstrukturen zunehmend turbulenterer Innovationsanforderungen bewältigt, komplexer werdende Koordinations- und Steuerungsleistungen erbracht und neue Entwicklungsziele gesetzt und dauerhaft durchgehalten werden können.

Unabdingbar erscheint daher eine Weiterentwicklung der bisherigen institutionellen Arrangements in Richtung einer intensiveren Kooperation zwischen den beteiligten Akteuren. Zweck ist, Ressourcen zu bündeln, die bislang existierenden institutionellen und disziplinären Grenzen zu überwinden und Entwickler aus fachfremden Feldern zu integrieren. Unverzichtbar werden aber vor allem eine gezielte Moderation und Steuerung der Innovationsprozesse. Gefragt sind hierfür vor allem die intermediären Institutionen wie Verbände, Berater und ähnliche Akteure, die ihre bisherigen Funktionen ausbauen und stärker als bisher die Interessen der beteiligten Akteure vereinheitlichen, Entwicklungskonzepte definieren und Entwicklungsrichtungen bestimmen müssen.³

Wie eine Reihe neuerer Entwicklungsprojekte zeigt, kann dabei vor allem auch der staatlichen Technologiepolitik eine einflußreiche Rolle zukommen. Zwar handelt es sich dabei nur um einen Akteur im sich ausdifferenzierenden Innovationsprozeß, doch können bundesstaatliche Stellen in diesem Rahmen Funktionen wie die Organisation des Dialogs zur Auslotung von Handlungsspielräumen und Entwicklungszielen sowie das Schnittstellenmanagement zwischen verschiedenen politischen, industriellen und wissenschaftlichen Feldern übernehmen (vgl. Meyer-Krahmer 1993). Als konkrete, auszubauende Maßnahmen in diese Richtung können einige der größeren fertigungstechnischen Verbundprojekte des BMFT angesehen werden; zu nennen sind hier z.B. Projekte zur Förderung des Hochgeschwindigkeitsfräsens und zur Entwicklung sog. werkstattorien-

3 Vergleiche hierzu auch neuere Befunde über den Einfluß veränderter Technikmarktstrukturen auf die fertigungstechnische Entwicklung (Deiß, Hirsch-Kreinsen 1992) sowie die Beiträge von Deiß, S. 39 ff., und Rose, S. 195 ff., in diesem Band.

tiertem Programmierverfahren (WOP), die in den letzten Jahren durchgeführt wurden. In ihrem jeweils begrenzten Feld kam diesen Projekten eine nicht unwichtige Beschleunigungsfunktion für die Entwicklung als relevant erachteter Techniklinien zu. Aufgegriffen wurden dabei Innovationen industrieller Entwickler, deren Weiterentwicklung zur Anwendungsreife noch nicht angegangen war. Zwar ließe sich vermuten, daß diese Innovationen ohnehin weitergetrieben worden wären, doch wurden erst - folgt man den Einschätzungen beteiligter Betriebsexperten - in den staatlich initiierten und geförderten Projekten ihre tatsächlichen Anwendungspotentiale ausgelotet und genutzt. Es wurden bis dahin brachliegende Entwicklungsressourcen mobilisiert, Barrieren zwischen verschiedenen Entwicklern abgebaut, branchenübergreifende Diskussionsprozesse initiiert und nicht zuletzt die Promotoren der Innovation mit zusätzlichem betriebsinternen Einfluß ausgestattet.

Wie sich damit zeigt, können mit solchen staatlich geförderten bzw. initiierten Verbundprojekten Entwickler, Hersteller und Anwender unterschiedlicher industrieller Provenienz und disziplinärer Herkunft über längere Zeit hinweg in einem stabilen Netzwerk integriert werden; und sie können den Charakter von Leitprojekten für zukünftig wünschenswerte und wichtigen industriellen Problemen adäquate Entwicklungspfade der Fertigungstechnik gewinnen (vgl. Lutz 1990). Mit solchen und vergleichbaren Maßnahmen kann mithin ein Beitrag zur Schaffung neuer kooperativ agierender Instanzen geleistet werden, die in gewisser Weise eine Steuerungsfunktion für die fertigungstechnische Entwicklung übernehmen können.

Sollten institutionelle Veränderungen dieser Art nicht gelingen, so spricht vieles dafür, daß die bisherige Leistungsfähigkeit des deutschen Innovationsmusters erodiert, daß der längerfristige Bestand des Werkzeugmaschinenbaus in seinem, aufgrund der ökonomischen Krise ohnehin schon reduzierten, Umfang fraglich und sein Beitrag zum industriellen Wachstum an Bedeutung verlieren wird.

Innovation und Technikmarkt - Entwicklung von Produktionstechniken im Spannungsfeld von Herstellerstrategien und Anwendungsbezug

1. Grundlegende Veränderungen im Prozeß der produktionstechnischen Entwicklung der 80er Jahre
2. Konsequenzen für die Techniklieferanten und die Marktstrukturen
3. Veränderungen im Hersteller-Anwender-Verhältnis und die Folgen für die Technikanwender
4. Fazit: Die Notwendigkeit innovativer Technikmarktstrukturen

Ausgangspunkt

Angesichts der gegenwärtigen Krise des deutschen Werkzeugmaschinenbaus wird allzu leicht vergessen, daß dieses "Herzstück" des Maschinenbaus auch schon vor zehn bis fünfzehn Jahren vor größten wirtschaftlichen und strukturellen Problemen stand. Kenner der Branche sprachen in Anbetracht der mit dem damaligen Niedergang einhergehenden Insolvenzelle und einer als Hauptursache eingeschätzten "technologischen Lücke" gegenüber der Weltkonkurrenz bereits von einer "sterbenden" bzw. "gestrigen" Industrie (Leibinger 1986; Braczyk, Weber 1988). Der deutsche Werkzeugmaschinenbau, als Lieferant technischer Produktionsmittel für den gesamten Maschinenbau sowie für viele andere Branchen der be- und verarbeitenden Industrie lief zu jener Zeit Gefahr, seine "Schlüsselfunktion" für die wirtschaftliche Entwicklung und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der gesamten bundesdeutschen Industrie zu verlieren. Die Ursachen dafür wurden schon damals nicht nur in der rezessiven ökonomischen Entwicklung, sondern vor allem in spezifischen Bedingungen und

Strukturen der Branche gesucht, wie etwa in neuartigen Kundenanforderungen hinsichtlich flexibler Automation, in rückständiger technologischer Flexibilität der Produkte, im Verlust der Märkte für Standardmaschinen, in eingeschränkten Rationalisierungsmöglichkeiten, im steigenden Kostendruck und der wachsenden internationalen Konkurrenz sowie grundsätzlich in geringen strategischen Spielräumen und in mangelhafter Anpassungsfähigkeit der Unternehmen selbst.

Eine Gesundung der Branche konnte sich erst mit erheblichem zeitlichem Verzug im Verlauf der zweiten Hälfte der 80er Jahre einstellen, nachdem dieser Innovations- und Kostendruck zu einem strukturellen Wandel in der Branche wie auch auf dem gesamten Sektor für Produktionstechniken geführt hatte, ein Wandel der freilich mit erheblichen Friktionen wie Betriebsschließungen, Beschäftigungsrückgang und Unternehmenskonzentration einherging. Entscheidend für die Konsolidierung der Branche waren - sieht man einmal von den zweifellos wichtigen Impulsen unternehmens-, verbands- und förderpolitischer Anstrengungen jener Zeit ab - vor allem Veränderungen auf den Märkten für Produktionstechniken. Hierdurch wurde es offensichtlich sukzessive möglich, die neuen Anforderungen der Technikanwender ebenso wie die neuartige Konkurrenzsituation auf den Technikmärkten rascher und besser zu bewältigen. Dabei hing die dafür notwendige Innovationskraft der Unternehmen des Werkzeugmaschinenbaus wesentlich davon ab, ob und inwieweit sie in der Lage und bereit waren, sich den veränderten Rahmenbedingungen auf den Technikmärkten anzupassen, insbesondere ihre Beziehungen zu Technikanwendern, Mitbewerbern und sonstigen externen Institutionen neu zu gestalten und die dafür erforderlichen Voraussetzungen herzustellen. Entsprechend wurde auch die Entwicklung der Produktionstechniken zu einem ganz wesentlichen Teil dadurch beeinflusst, welche Strukturen sich zwischen den Beteiligten herausbildeten und welche Marktkräfte darin jeweils zur Geltung kamen.¹

In der gegenwärtigen Krise des Werkzeugmaschinenbaus lassen sich nun Merkmale und Defizite feststellen, die offensichtlich jenen in der Krise der 80er Jahre erheblich ähnlich sind (worauf weiter unten noch näher ein-

1 Vgl. zu diesen Entwicklungen im Werkzeugmaschinenbau mit Fokus auf die Entwicklung von Techniken der Werkstückhandhabung im Werkzeugmaschinenbau Deiß u.a. 1990.

zugehen sein wird). Es ist daher zu vermuten, daß auch gegenwärtig und damit fortgesetzt Entwicklungstendenzen wirksam sind, die bereits damals eine entscheidende Rolle für die Hersteller von Werkzeugmaschinen und anderen Produktionstechniken und für den Wandel der Technikmärkte gespielt haben. Da sich diese Tendenzen offensichtlich in den vergangenen Jahren erheblich verschärft und beschleunigt haben, dürften sie die Position und Funktion dieser Unternehmen im konkreten Prozeß der produktionstechnischen Entwicklung heute wohl noch stärker als damals tangieren und deren Anpassungs- und Innovationsfähigkeit herausfordern. Wir gehen daher davon aus, daß sich aus der Analyse der damaligen Veränderungen auf dem Markt für Produktionstechniken Aufschlüsse darüber gewinnen lassen, welche strukturellen Momente für die Überwindung der gegenwärtig prekären Lage des Werkzeugmaschinenbaus im besonderen und für dessen zukünftigen Beitrag zur Entwicklung von Produktionstechniken im allgemeinen von Bedeutung sein könnten.

In den folgenden drei Abschnitten sollen daher die Entwicklungen in den 80er Jahren aufgezeigt werden, insbesondere welche grundlegenden Veränderungen auf den produktionstechnischen Märkten zu beobachten waren (1.), welche Konsequenzen sich daraus für Techniklieferanten und Marktstrukturen ergaben (2.), wie sich dabei die Beziehungen zwischen Herstellern und Anwendern veränderten und mit welchen Folgen dies für letztere verbunden war (3.). Im Anschluß daran werden Überlegungen dazu angestellt, welche Folgerungen sich aus diesen Erkenntnissen für den Werkzeugmaschinenbau wie auch für alle am Markt für Produktionstechniken Beteiligten ziehen lassen, um über notwendige und innovative Veränderungen ihrer Beziehungsstrukturen zu kooperativen Netzwerken gegenwärtige und zukünftige Anforderungen des Technikbedarfs und der Technikentwicklung erfolgreich bewältigen zu können (4.).

1. Grundlegende Veränderungen im Prozeß der produktionstechnischen Entwicklung der 80er Jahre

Die Entwicklungsprozesse von Produktionstechniken wurden seit Ende der 70er/Anfang der 80er Jahre vor allem von zwei Tendenzen grundlegend beeinflußt: Zum einen gewannen der Technikmarkt und die dort relevanten Strukturen und Beziehungen immer größere Bedeutung für die konkrete Konzipierung und Gestaltung von Produktionstechniken. Zum

anderen wandelten sich die Anforderungen der Anwender und damit an die Hersteller dieser Techniken selbst gravierend.

1.1 Die zunehmende Bedeutung des Technikmarktes

Es ist heute in Wissenschaft und Praxis Gemeingut, daß Produkt- und Prozeßinnovationen immer mehr über das Gedeihen und das Überleben von Unternehmen entscheiden. Sehr viel weniger reflektiert wird jedoch, daß damit auch Prozesse und Strukturen, innerhalb derer diese Innovationen entwickelt werden, einen immer größeren Stellenwert für die konkrete Planung, Auslegung und den Einsatz von Technik und damit auch für die Gestaltung von Organisation und Arbeit im einzelnen Unternehmen gewinnen; für Abläufe also, die bislang vorwiegend betriebsintern unter Nutzung marktgängiger Techniken bestimmt wurden. Damit - und dies gilt vor allem für den Bereich der produktionstechnischen Entwicklung - rücken die betriebsextern sich vollziehenden Prozesse des Technikmarktes und die dort relevanten Strukturen und Beziehungen der sozialen Vermittlung zwischen Herstellung und Anwendung von Fertigungstechniken in den Vordergrund. Offenbar entscheiden sie zu einem immer gewichtigeren Teil über Art und Ausrichtung von Innovation, Diffusion und Weiterentwicklung von Technologien und damit auch über die Gestalt bzw. den Wandel der Produktions- und Arbeitsstrukturen in den Unternehmen. Dieser Bedeutungszuwachs eines solchermaßen begrifflich weit verstandenen, weil über die bloß ökonomisch vermittelten Verhältnisse zwischen Anbietern und Nachfragern hinausreichenden, Technikmarktes lassen sich vor allem auf folgende Entwicklungstendenzen zurückführen:

Die inzwischen in nahezu allen Industriebereichen zu beobachtenden Tendenzen zur Durchsetzung systemischer Rationalisierungsstrategien hatten bereits im Verlauf der 80er Jahre dazu geführt, daß sich die Anforderungen an Produktionstechnik grundlegend wandelten. Solche Strategien verfolgen die Zielsetzung, gleichzeitig Produktionsflexibilität und Kostensenkung zu erreichen. Dabei wird mit Hilfe neuer informationstechnisch gestützter Produktions- und Steuerungstechnologien und neuartiger Organisationsformen versucht, schrittweise den gesamten Produktionsablauf teilprozeß-, bereichs- und betriebsübergreifend zu rationalisieren, indem die jeweiligen Informations-, Kommunikations- und Kooperationsabläufe gestrafft, systematisiert und miteinander vernetzt werden (Altman u.a. 1986; Sauer, Döhl 1994).

Die mit diesen neuen Rationalisierungsstrategien verbundenen neuartigen Anforderungen an Produktionstechnik ließen sich aber immer weniger nur mit separat entwickelten und als Einzeltechnik konzipierten Maschinen, Einrichtungen der Maschinenperipherie oder Steuerungs- und Informationstechnologien erfüllen, wie sie bislang vorrangig auf dem Markt verfügbar waren. Vielmehr wurden in wachsendem Maße rechnerintegrierte oder integrierbare Fertigungssysteme und -komponenten gefordert. Produktionstechnik erlangte so selbst systemischen Charakter und wies über ihre rein technologische Dimension zugleich und mit zunehmender Intensität eine organisatorische Dimension auf, insofern, als ihr bestimmte organisatorische Elemente und Optionen (wie z.B. Aufbau- und Ablauflogiken, Schnittstellen usw.) inkorporiert waren, die den organisatorischen Zusammenhang des gesamten Produktionsprozesses in funktionaler, fachlicher und hierarchischer Hinsicht tangierten.

Generelle Folge der Entwicklung war, daß einerseits die Technikhersteller bzw. der Technikmarkt für die Realisierung der Rationalisierungsstrategien der Anwender immer mehr Einfluß erlangten, daß damit aber andererseits auch die dort bislang vorherrschende Verkäufermarktorientierung - sieht man einmal vom Sondermaschinenbau ab - sukzessive an Bedeutung verlor. Auch wenn damals zwischen Herstellern und Anwendern von Fertigungstechniken in gewisser Hinsicht durchaus flexible und kooperative Beziehungen praktiziert wurden, so zeichneten sich diese doch im wesentlichen durch Indifferenz und rein marktmäßige Abwicklung aus. Denn die Produkte und Leistungen der Hersteller richteten sich in erster Linie auf das Angebot, auf den Verkauf und die Lieferung von produktionstechnischen Einzelprodukten. Auch die kundenbezogene "Maßgeschneidertheit" von komplexeren Maschinen war vorrangig auf die Beachtung von Leistungsfähigkeitskriterien wie Bearbeitungsgeschwindigkeit, Dimensionierung, Präzision, Umrüstbarkeit und/oder Bedienbarkeit beschränkt. Entsprechend erfolgte die Entwicklung von herkömmlichen Fertigungstechniken beim Hersteller in der Regel ohne weiteren Bezug auf die konkreten prozessualen und organisatorischen Einsatzbedingungen beim Anwender. Diese Orientierung, die selbst noch bei der Herstellung von CNC-Techniken bedeutsam war, erwies sich angesichts der sich kontinuierlich verändernden Anforderungen an Produktionstechnik allerdings immer weniger für geeignet.

1.2 Ein neuer, systemischer Anwendungsbezug von Produktionstechnik

Der Wandel der Technikanforderungen vollzog sich zwar nur sukzessive, er wirkte sich aber bereits seit Anfang des vergangenen Jahrzehnts besonders gravierend auch auf die Werkzeugmaschinenbauer aus, wurde dadurch doch ihr bisheriger Anwendungsbezug, der hauptsächlich auf die isolierte (Weiter-)Entwicklung und Installation von Maschinentechniken ausgerichtet war, in Frage gestellt. Denn die Beschaffungsinteressen ihrer Kunden richteten sich zunehmend auf die Technisierung teilprozess- und bereichsübergreifender Abläufe und auf die technisch-organisatorische Integration des gesamten Entwicklungs- und Fertigungsablaufs und immer weniger auf die funktionale und kapazitative Leistungsfähigkeit einzelner Bearbeitungsprozesse oder den Nutzungsgrad einzelner Anlagen. Entsprechend zielten die Kundenwünsche immer mehr auch auf die komplette Entwicklung und Lieferung umfassender und voll funktionsfähiger Problemlösungen einschließlich der dafür erforderlichen Planungs- und Projektierungsleistungen. Die hierfür zu liefernden Systeme und Komponenten sollten dabei eine möglichst umfassende Verknüpfung der jeweiligen Funktionen und Abläufe im Anwenderbetrieb leisten, und zwar vor allem auch unter Einbeziehung bereits vorhandener Teilsysteme (wie z.B. CNC-gesteuerter Maschinentechniken) und gegebener organisatorischer Strukturen, um das Flexibilitäts- und Produktivitätspotential der neuen Techniken optimal erschließen zu können. Damit aber waren bei der Entwicklung und Auslegung von Produktionstechnik neben den technischen immer mehr auch verschiedene organisatorische Aspekte beim Anwender zu bedenken oder gar festzulegen.

Im Zuge dieser Entwicklung entfaltete sich notwendigerweise ein neuer, systemisch orientierter Anwendungsbezug, der freilich den Herstellern von Produktionstechniken und insbesondere den Werkzeugmaschinenbauern zunächst ziemlich fremd war, selbst wenn sie produktions- und maschinentechnisch ähnliche Fertigungsprozesse wie ihre Abnehmer aufwiesen, waren doch die ihnen verfügbaren Potentiale, Prozesse und Strukturen bislang durch eine Verkäufermarktorientierung geprägt. Er fehlte ihnen um so mehr, als ja gerade die dabei entscheidenden integrativen Momente in der Anwenderproduktion selbst zum Gegenstand von Technisierung werden sollten. Die meisten Werkzeugmaschinenbauer waren daher lange Zeit, manche überhaupt nicht, in der Lage, sich hierauf einzustellen.

Die Gründe für ihre Distanz lagen vor allem darin, daß der neue Anwendungsbezug sie mit zwei grundsätzlichen, miteinander konfligierenden Problemen der Technikentwicklung konfrontierte, deren Bewältigung grundlegende Veränderungen bei ihnen selbst wie auch in den Strukturen des Technikmarktes erforderte (worauf im nächsten Abschnitt näher eingegangen sein wird).

Auf der einen Seite steigt in systemisch rationalisierten Produktionsabläufen die Komplexität der dabei eingesetzten produktionstechnischen Einrichtungen und Systeme enorm an. Der Funktionsumfang und die Zahl der integrierbaren Teilsysteme nehmen erheblich zu. Es treten Steuerungs- und Peripherietechniken sowie informations- und kommunikationstechnische Komponenten hinzu, die sich auf die Planung, Organisation und Lenkung von Produktionsprozessen beziehen. Um diese Komplexität im Entwicklungsprozeß abarbeiten zu können, ist ein immer größerer Einsatz wissenschaftlicher Qualifikationen erforderlich, was in zunehmendem Maße eine Inanspruchnahme externer wissenschaftlicher Kapazitäten aus verschiedensten Disziplinen notwendig macht. Dieser Verwissenschaftlichungstendenz können sich sämtliche Technikhersteller immer weniger entziehen.

Gleichzeitig kommt es in diesem Zusammenhang aber verstärkt auch zu einer zumindest phasen- und aufgabenbezogenen Loslösung des Entwicklungsprozesses von den konkreten Bedingungen und Erfahrungen in der Anwenderproduktion, müssen doch Einzelprobleme in der Grundlagenforschung analysiert, mögliche Produktions- und Informationsabläufe im Labor simuliert und erprobt sowie Erkenntnisse aus der Praxis in Form abstrakter und regelgerechter Elemente der Technikauslegung und -konstruktion normiert werden (vgl. den Beitrag von Hirsch-Kreinsen in diesem Band, S. 11 ff.).

Diese beiden Erfordernisse bewirken jedoch tendenziell eine problematische Distanzierung des Technikentwicklungsprozesses von den konkreten Abläufen und den besonderen organisatorischen Bedingungen in den Anwenderbetrieben. Denn auf der anderen Seite erweist sich als zweites Problem die Notwendigkeit, solche Produktionstechniken auch immer spezifischer und auf die Besonderheiten des jeweiligen Anwenders hin anpassen bzw. anpaßbar machen zu müssen, wenn die mit ihnen angestrebten Flexibilitäts- und Produktivitätsziele erreicht werden sollten. Nicht selten ist es

erforderlich, diese Techniken zumindest in Teilen speziell für den Bedarf des Anwenders neu zu entwickeln. Die Planungs- und Herstellungsprozesse bestehen damit im allgemeinen aus einem erheblichen, zunehmend größeren Anteil an betriebs- und prozeßspezifischen Konzipierungs- und Auslegungsarbeiten sowie aus aufwendigen Schritten der konkreten Anpassung und Implementation im Anwenderbetrieb. Dies bedeutet, daß die Lieferanten moderner Produktionstechnik immer mehr auch an der konkreten Planung und Implementation beim Anwender beteiligt sind. Sie werden dabei direkt mit den Produktionsbedingungen und -problemen der Anwender konfrontiert und in die (Neu-)Gestaltung dessen gesamtbetrieblicher Abläufe involviert; ja, sie sind geradezu gezwungen, darauf Einfluß zu nehmen, um so mehr, als viele Anwender nicht über das notwendige Know-how und Personal verfügen und deshalb entsprechende Dienstleistungen der Hersteller in Anspruch nehmen müssen und auch wollen.

Diese hier nur kurz skizzierten - durchaus für sich schon gewichtigen - Probleme machen deutlich: Die Entwicklung von Produktionstechniken, insbesondere was deren Fortentwicklung auf applikativer Ebene betrifft, vollzog und vollzieht sich immer mehr im Spannungsfeld zwischen Entwicklungs- und Absatzstrategien der Technikhersteller, die verstärkten Verwissenschaftlichungserfordernissen Rechnung tragen mußten, einerseits und dem durch die konkreten Rationalisierungs- und Beschaffungsanforderungen in der industriellen Praxis geprägten Anwendungsbezug andererseits. Der Prozeß der Abstimmung zwischen beiden Problemaspekten findet damit zentral in den Austauschbeziehungen auf den Technikmärkten statt, wodurch die dort jeweils vorherrschenden Strukturen und Einflüsse für die konkreten Abläufe der Technikentwicklung entscheidende Bedeutung erlangen.

Aus der Sicht der Technikhersteller erweiterte sich dieses Dilemma zudem um eine weitere Dimension. Entwicklungs- und produktpolitische Lösungswege mußten sich über die jeweiligen Wirtschaftlichkeits- und Rentabilitätskalküle der Technikhersteller selbst hinaus verstärkt auch an denen der Anwender orientieren. Die Hersteller waren also nicht mehr nur gezwungen, ihren eigenen Produktentwicklungsaufwand ökonomisch zu planen und zu kalkulieren (z.B. über die Standardisierung, Modularisierung etc. von Techniken); sie hatten auch zu berücksichtigen, daß die Anwender als Käufer ihrer Produkte auf eine Minimierung oder zumindest

Optimierung innovativer Rationalisierungskosten (hinsichtlich Amortisationszeiten, Implementationsdauer, organisatorischem und qualifikatorischem Anpassungsaufwand usw.) drängten. Das beiderseitige Interesse an der Minimierung von Innovationsrisiken bewirkte so, daß die seit jeher im Werkzeugmaschinenbau vorherrschende schrittweise erfolgende Weiterentwicklung von Techniken weiterhin dominierte.² Sprunghafte technologische Neuerungen fanden in der Praxis produktionstechnischer Entwicklung im Grunde selten statt³ - trotz verschiedener avancierter und breit thematisierter Technikinnovationen und abgesehen von einzelnen, nicht selten gescheiterten Pilotvorhaben.

2. Konsequenzen für die Techniklieferanten und die Marktstrukturen

Der hier nur kurz skizzierbare allmähliche, sich jedoch kontinuierlich verstärkende Wandel in der Bedeutung des Technikmarktes und in den konkreten Anforderungen an Produktionstechnik hat bereits in der ersten Hälfte der 80er Jahre sowohl zu gravierenden Konsequenzen für die Technikhersteller als auch zu strukturellen Umbrüchen auf ihren Absatzmärkten geführt.

2.1 Anpassungsprobleme der Techniklieferanten

Schon früh zeigte sich, daß das eher vorsichtige und tentative Vorgehen der Techniklieferanten, insbesondere des Werkzeugmaschinenbaus, vielfach nicht (mehr) ausreichte, um mit den neuartigen Ansprüchen der Anwender fertig zu werden. Zum einen waren die bisherigen Markt- und Beziehungsstrukturen wenig dafür geeignet. Sie mußten sukzessive verändert werden (worauf weiter unten noch näher einzugehen ist). Zum anderen

2 Vgl. zum inkrementellen Charakter der fertigungstechnischen Entwicklung in Deutschland bei Deiß u.a. 1990, S. 23 f., und den Beitrag von Hirsch-Kreinsen in diesem Band, S. 11 ff.

3 Insbesondere treffen Einschätzungen aus japanischer Sicht, die dies - im Gegensatz zur japanischen schrittweisen Verbesserungsmethode - als für westliche Unternehmen üblich behaupten (vgl. Imai 1992, S. 47 ff.), auf jeden Fall für den deutschen Werkzeugmaschinenbau und den Einsatz seiner Produkte beim Anwender nicht zu.

blieben die entsprechenden Vermittlungsprozesse zwischen Hersteller und Anwender vielfach mangelhaft, führten zu erheblichen Friktionen und nicht selten zu suboptimalen Lösungen, da die Technikhersteller (noch) nicht über die dafür notwendigen Voraussetzungen verfügten. Insbesondere im Werkzeugmaschinenbau kamen diese Defizite deutlich zum Ausdruck, waren doch viele Unternehmen zunächst kaum - und in der Folge auch nur begrenzt - in der Lage, die konkrete Anwendungssituation betriebsspezifischer Fertigungsstrukturen analytisch zu durchdringen, entsprechendes Know-how über die Prozesse und die Bedürfnisse beim Anwender aufzubauen und diese in gemeinsam mit dem Anwender zu entfaltende Produktkonzeptionen einfließen zu lassen.

So führte die Lieferung kompletter flexibler automatisierter Produktionstechniken den Werkzeugmaschinenbau auf produkttechnisch neue Felder (wie etwa Steuerungs-, Beschickungs-, Informationstechniken usw.), die völlig neuartige Leistungen der Produktentwicklung und des Herstellerservice erforderten. Auch die technische und organisatorische Einbindung solcher Anlagen in das betriebsinterne Umfeld des Anwenders machte zusätzliche Projektierungs- und Implementationsleistungen notwendig. Immer mehr Anwender verlangten vom Hersteller komplette Problemlösungen und machten ihn für die Funktionsfähigkeit der gesamten Anlage verantwortlich. Dies war um so bedeutsamer, als die Lieferung systemtechnischer Lösungen in der Regel auch die Beschaffung bzw. die Adaption und oft sogar die Entwicklung geeigneter Steuerungen, datentechnischer Schnittstellen und anderer informationstechnischer Produkte umfaßte. Auch der Werkzeugmaschinenbau war daher - wie alle Hersteller von komplexen Produktionstechniken - zunehmend gezwungen, Analyse-, Beratungs-, Planungs- und Projektierungsleistungen zu erbringen, Anforderungen, die die meisten Unternehmen vor große finanzielle und qualifikatorische Probleme stellten, denen sie sich aber nicht entziehen konnten, wenn sie auf ihren Absatzmärkten bestehen wollten.

Das Risiko, nicht genügend anwendungsbezogen konzipierte Leistungen zu erbringen, war daher besonders groß. Denn generelles Wissen oder gar Erfahrungen über den Einsatz von Steuerungstechniken, über deren Verknüpfung mit anderen Steuerungsfabrikaten und mit EDV-Systemen sowie Kenntnisse über Software-Gestaltung und die Entwicklung computergestützter Fertigungsabläufe mußten erst sukzessive aufgebaut werden. Zudem klappte zwischen den Experten der Hersteller und den Experten

der Anwender von Produktionstechniken generell eine enorme Kluft im Verständnis darüber, welche maschinentechnische Ausstattung der Produktionsmittel zur Einlösung von Anwenderanforderungen notwendig und richtig ist. Dies war gerade auch bei Fachleuten gleicher Branchenzugehörigkeit und qualifikatorischer Herkunft der Fall.⁴ Von daher konnten sich zunächst zwischen beiden Seiten kaum geeignete kooperativ geprägte Beziehungen entfalten. Selbst wenn konkreten Entwicklungsprojekten intensive Problemanalysen beim Anwender vorgeschaltet wurden, verhinderte dies im allgemeinen nicht, daß wichtige technische und organisatorische Gegebenheiten und Nutzerbedürfnisse in deren Produktionsprozesse vernachlässigt wurden. Von daher konnte der Projektierungsaufwand gerade nach Vertragsabschluß noch gewaltige Dimensionen erreichen, und auch im Verlauf der Implementationsphase blieben häufig zusätzliche und erhebliche, nicht vorhersehbare Aufwendungen der Techniklieferanten für Abstimmungs- und Anpassungsleistungen nicht aus.

Werkzeugmaschinenbaubetriebe mußten daher ebenso wie andere Hersteller von Produktionstechniken gewaltige Anstrengungen unternehmen, um mit diesen Problemen fertig zu werden. Notwendig war einmal die Erweiterung der eigenen Qualifikationsressourcen um Elektronik- und Informatikkenntnisse, um Erfahrungen im Anlagen-Engineering und in der Fertigungsorganisation; erforderlich waren ferner Erkenntnisse über die fertigungstechnologischen Besonderheiten einzelner Anwendungsfelder. Auch waren grundlegende Produkt- und absatzpolitische Weichenstellungen notwendig, etwa darüber, ob und inwieweit Steuerungstechniken selbst entwickelt und/oder gefertigt werden sollen, welche Serviceleistungen angeboten werden müssen etc. Dementsprechend mußten neue Entwicklungsabteilungen sowie Projektierungsstäbe aufgebaut und/oder unternehmenspolitische Entscheidungen über die produktbezogene Zusammenarbeit oder den Zusammenschluß mit anderen Techniklieferanten getroffen werden.

Viele Unternehmen standen dabei vor der schwierigen Alternative, entweder als Generalunternehmer bzw. Systemlieferant gegenüber den An-

4 Um wieviel mehr müssen erst Verständnisbarrieren zwischen Experten unterschiedlicher wissenschaftlicher Provenienz (wie Maschinenbauer, Steuerungstechniker, Informatiker) als Hürde und Einflußfaktor im Prozeß der Technikentwicklung ernstgenommen werden.

forderungen der Anwender und der Konkurrenten bestehen zu wollen oder aber sich auf die eher abhängige Funktion und Position eines "Zulieferers" von Teiltechniken, die freilich ebenfalls zumindest dem Erfordernis der Integrationsfähigkeit genügen mußten, beschränken zu wollen. Der Weg vom herkömmlichen Werkzeugmaschinenbauer zum Lieferanten systemtechnischer Komplexlösungen erwies sich für die meisten von ihnen allerdings als äußerst langwierig, von der Aufgabenstellung her als sehr problematisch und mit erheblichen Risiken behaftet. Entsprechend stellten systemtechnische Lösungen für viele Hersteller zunächst große Defizitprojekte dar.

Eine erhebliche Verbesserung dieser problematischen Aufwands-/Ertrags-Situation von Systemlieferanten trat erst ein, wenn diese erfolgreich dazu übergingen, Produkte und Systeme hinsichtlich der maschinentechnischen und der steuerungstechnischen Hardware modular zu konstruieren, standardisierte Software-Bausteine zu entwickeln und geeignete kooperative Beziehungen zu Lieferanten von Komponenten wie auch zu den Anwendern aufzubauen. Nur auf diese Weise ließ sich der anwendungsspezifische Entwicklungs- und Anpassungsaufwand eingrenzen und der Umfang unvorhersehbarer Schnittstellen- und Software-Probleme reduzieren, also eine Möglichkeit finden, um mit den Problemen von Komplexität und Spezifität besser umgehen zu können.

Von großer Bedeutung war in diesem Zusammenhang auch die Tendenz, daß mit dem Wandel der Technikanforderungen sukzessive die bisherige Position der Werkzeugmaschinenbauer als dominante oder gar singuläre Einflußgröße im Prozeß der Entwicklung, Anwendung und Weiterentwicklung von Fertigungstechniken sukzessive verloren ging. Zum einen stellte Maschinentechnik immer mehr nur noch einen Teil bzw. eine von mehreren Komponenten innerhalb eines kompletten und komplexen Produktionssystems dar. Der Werkzeugmaschinenbau mußte sich deshalb - wie gezeigt - organisations-, steuerungs- und informationstechnischen Erfordernissen öffnen. Zum anderen nahm die Zahl der Einflußgrößen und Akteure, die an diesem Prozeß teilnahmen und ihn beeinflussten bzw. entsprechende Produkte und Leistungen anboten, erheblich zu.

Die Hersteller von Werkzeugmaschinen und anderen Produktionstechniken mußten also ihre produkt- und absatzpolitische Position auf dem Technikmarkt in Konkurrenz zu und in Kooperation mit Herstellern

gleichartiger und anderer Technikkomponenten neu definieren. Hierzu waren die langfristig richtigen Weichenstellungen zu treffen sowie die dafür erforderlichen unternehmerischen Voraussetzungen zu schaffen, und zwar innerhalb sich turbulent verändernder struktureller Bedingungen des Technikmarktes selbst. Neben Aktivitäten zur Verbesserung der finanziellen Basis (durch Kapitalaufstockung, strategische Allianzen, Finanzbeteiligung usw.) spielte einmal eine wichtige Rolle, ob die jeweilige Produktkonzeption den anvisierten Anwendungsfeldern adäquat war und dem oben dargestellten neuen Anwendungsbezug von Produktionstechnik hinsichtlich Funktionsumfang, Dimensionierung und Kosten-/Nutzenverhältnis entsprach. Ferner war wesentlich, inwieweit die Zusammenarbeit mit für sie zum Teil neuen Entwicklungs- und Leistungspartnern (also Lieferanten von steuerungstechnischer Hardware, Software-Häusern, Beratern, wissenschaftlichen Einrichtungen, Pilotanwendern usw.) gesucht wurde bzw. gelang.

Entscheidend aber war vor allem, ob die Technikhersteller mit diesen neu strukturierten Hersteller-Anwender-Beziehungen erfolgreich zurechtkamen. Denn empirische Ergebnisse zeigen, daß sich zahlreiche Technikhersteller bei ihren produkt- und entwicklungspolitischen Anstrengungen - und zwar nicht nur rein kostenmäßig - übernahmen bzw. verkalkulierten, indem sie etwa riskante Innovationswege einschlugen, den Anwendern zuviel versprochen, ungeeignete (weil überdimensionierte und/oder überautomatisierte) Problemlösungen anboten bzw. lieferten usw.⁵ Nicht selten konnte dies in der Folge zur Schwächung oder gar zur existentiellen Bedrohung sich innovativ engagierender Technikhersteller führen.

Die Ursachen für derartige Anpassungsprobleme liegen - bei aller Unterschiedlichkeit im Einzelfall - wohl zu einem erheblichen, wenn nicht gar entscheidenden Teil darin begründet, daß sich zwar allmählich neue Beziehungsformen zwischen Herstellern und Anwendern herausbildeten, daß aber die Technikhersteller ebenso wie die Anwender und andere, z.T. neu auf den Technikmärkten agierende Einflußgrößen (noch) zuwenig geeignet oder bereit waren, die damit verbundenen Anforderungen hinrei-

5 Vgl. dazu exemplarisch das Scheitern verschiedener produkt- und absatzpolitischer Aktivitäten zum Einsatz von Industrierobotern in der Werkstückhandhabung bei Deiß u.a. 1990, S. 43 ff.

chend einzulösen und bisherige Vorstellungen und Praktiken im Prozeß der Technikentwicklung und -beschaffung aufzugeben.

2.2 Umbrüche auf dem Markt für Produktionstechniken

Aus dem Gesagten wird deutlich, daß die veränderte Situation in den Austauschprozessen zwischen Herstellern und Anwendern von Produktionstechniken gravierende Konsequenzen auch für die bislang auf dem Technikmarkt herrschenden Strukturen und Beziehungen, mithin auch für die Bedingungen und Chancen einer erfolgreichen Anpassung der Unternehmen selbst, haben mußte. Neben dem bereits insbesondere für den Werkzeugmaschinenbereich bedeutsamen Wandel zum Käufermarkt zeichneten sich vor allem folgende strukturelle Veränderungstendenzen ab, die zum Teil auch heute noch andauern:

Der Markt für Produktionstechniken wurde zunehmend durch verschiedene Polarisierungs- und Differenzierungstendenzen geprägt. So ergab sich eine generelle Marktaufspaltung (Deiß u.a. 1990, S. 95 f.) dadurch, daß auf der einen Seite System- oder Komplettlieferanten standen, die den Anwendern komplette Problemlösungen lieferten, in die eigene und fremde Technikkomponenten integriert sind. Auf der anderen Seite fand sich eine große Zahl von Herstellern fertigungstechnischer Komponenten und Module von Einzelmaschinen (wie z.B. Meßmaschinen, Waschmaschinen usw.), von Peripherieeinrichtungen (zur Handhabung und zum Transport von Werkzeugen), von EDV-Techniken und Software-Systemen; dabei handelte es sich um Unternehmen, die keine Systemlösungen produzieren konnten oder wollten, die aber ihre Produkte oft mit integrationsfähigen Schnittstellen versahen, für diese Systemlieferanten fertigten und von daher immer mehr die Position eines bloßen Zulieferbetriebs einnahmen bzw. einnehmen mußten.

Eine weitere Differenzierung (vgl. Deiß, Hirsch-Kreinsen 1992) ergab sich daraus, daß sich gegenüber den traditionellen Herstellern von Fertigungstechniken, die sich zu Lieferanten kompletter Maschinen- und produktionstechnischer Systeme mausern konnten, immer mehr auch Hersteller von elektronischen Steuerungen und von EDV-Systemen etablierten; letztere weiteten, ausgehend von ihren fertigungsbezogenen Informationstechniken, ihr Produkt- und Leistungsangebot - oft in Kooperation mit ein-

zelen Maschinenbauern - auf umfassende Produktionssysteme aus. Zudem spaltete sich der Markt für Produktions- und Steuerungssysteme in neue und stark segmentierte Teilmärkte auf, denn sowohl große Elektronikhersteller als auch viele kleine Software- und System-Häuser und Beratungsunternehmen stiegen mit zum Teil sehr spezialisierten Techniken der Computerintegration in diesen Markt ein. Allerdings zeichneten sich im Verlauf der Entwicklung auch deutliche Konzentrations- und Kooperationsstendenzen ab, indem bislang unabhängige Hersteller ihre angestammten Produktfelder überwinden und sich in enge Kooperationszusammenhänge begaben, neue Produktlinien aufbauten oder andere Hersteller aufkauften usw. Hierdurch wurden die Grenzen der traditionellen, vor allem nach fertigungs- und verfahrenstechnischen Aspekten geprägten und abgeschotteten Teilmärkte immer mehr aufgebrochen und verwischt.

3. Veränderungen im Hersteller-Anwender-Verhältnis und die Folgen für die Technikanwender

Im Zuge dieser Entwicklungen auf der Anbieterseite des Technikmarktes stellten sich nun im Verlauf der 80er Jahre wesentliche Veränderungen im Verhältnis zwischen den Herstellern und Anwendern von Produktionstechniken ein: Zwischen beiden Seiten bildeten sich neue Beziehungsformen heraus, innerhalb derer sich auch die Stellung der Anwenderunternehmen gravierend wandelte. Beides war von erheblicher Bedeutung für die Gestaltung von Technik und Arbeit in ihren Betrieben.

3.1 Neue Kooperationsformen auf dem Technikmarkt und die Position des Anwenders

Grundlegend veränderten sich für die Anwenderbetriebe vor allem die Bedingungen der Technikbeschaffung, zum Teil entstanden für sie neuartige strukturelle Abhängigkeiten. Dadurch wurde und wird es für sie immer komplizierter und unsicherer, ob sie die für sie geeigneten produktionstechnischen Problemlösungen in gleicher Weise wie früher über den Technikmarkt beziehen konnten.

Denn die Märkte für Produktionstechniken wurden, wie bereits angedeutet, immer weniger transparent. Insbesondere die Komplexität der angebotenen und eingeführten Techniken wie auch die wachsende Vielfalt an fertigungs- und informationstechnischen Komponenten und Systemen machten sie für die meisten Anwender bzw. für ihre Mitarbeiter unübersichtlich. Zudem befanden sich vor allem mittelständische Betriebe aufgrund der erwähnten Konzentrations- und Kooperationstendenzen auf der Anbieterseite in einer geschwächten Position, standen sie doch immer häufiger großen und potenten Herstellern und Herstellergruppen gegenüber. Sieht man von den seltenen Fällen ab, in denen größere Unternehmen versuchten, komplexe Systemlösungen in Eigenregie und in enger Zusammenarbeit mit kleineren Komponentenherstellern auf ihre Bedürfnisse hin zu entwickeln, so war doch die große Zahl der Anwender tendenziell darauf angewiesen, außerhalb ihrer Betriebe verfügbare Erfahrungen und Qualifikationen in Anspruch zu nehmen.

Dabei kristallisierten sich allmählich engere Beziehungen zwischen Herstellern und Anwendern heraus, als sie bei der Beschaffung konventioneller Techniken praktiziert worden sind: Innerhalb unterschiedlichen Formen solch stärker kooperativ ausgeprägter Austauschverhältnisse versuchten die Anwender, betriebsextern angebotene Planungs- und Projektierungsleistungen nicht nur von Herstellern, sondern auch von der wachsenden Zahl der Berater aus Praxis und Wissenschaft zu nutzen, um die Konzipierung und den Einsatz suboptimaler und ihren Bedürfnissen nicht angemessener Systemlösungen zu vermeiden. Da sie hierbei einer immer größeren Zahl unterschiedlichster Techniklieferanten und -experten gegenüberstanden und weil die Planung solcher Problemlösungen die Beteiligung mehrerer Entwicklungs- und Kooperationspartner auch erfordert, neigten viele von ihnen dazu, einem Hersteller die Generalunternehmerschaft für das ganze Projekt zu übertragen. Diese Tendenz begann bereits mit der Entwicklung flexibler Fertigungssysteme und setzte sich angesichts der wachsenden Bedeutung sogenannter CIM-Generalunternehmen verstärkt fort.

Innerhalb derartig intensiverer Hersteller-Anwender-Beziehungen nahmen letztere zwar eine vergleichsweise starke Position ein, in dem sie vertragliche Anforderungen wie verbindliche Fertigstellungstermine, Vertragsstrafen, hohe Verfügbarkeits- und Nutzungsgrade von Gesamtsystemen usw. verlangen und anwendungsspezifische Problemlösungen verein-

baren konnten. Gleichwohl gerieten sie dabei aber hinsichtlich der Gestaltung ihrer Produktionsprozesse in eine eher abhängige Position von den Technikherstellern bzw. von den Generalunternehmern, womit sich erhebliche Risiken verbinden konnten. So wurden - vielfach durchaus ungeplant - mit der technologischen Festlegung von Schnittstellen, Informationsflüssen oder organisatorischen Abläufen auch arbeitsorganisatorische oder qualifikatorische Bedingungen und Voraussetzungen mitgeprägt, deren Konsequenzen bei den Anwendern bzw. von ihren Fachleuten und/oder Mitarbeitern nicht rechtzeitig erkannt werden konnten; solche Festlegungen waren aber nachträglich oft nicht mehr revidierbar. Auch wurden informationstechnische Systemlösungen konzipiert, bei denen wichtige ablauf- und organisationsbezogene Erfordernisse unberücksichtigt blieben. All dies konnte sich in einer mangelhaften Effizienz solch neuer produktionstechnischen Systemlösungen niederschlagen, (Erfahrungen, wie sie ja in den 80er Jahren auch mit zahlreichen CIM-Implementationen gemacht worden sind).

Beide Risiken resultierten u.a. daraus, daß das Interesse der Experten der Hersteller von Werkzeugmaschinen und anderen Produktionstechniken zu wenig darauf gerichtet war (bzw. unter den gegebenen Umständen sein konnte), den Produktionsprozeß des Anwenders genau zu analysieren und spezifische Gegebenheiten und Optionen in die Systemplanung aufzunehmen. Aus kosten- und absatzpolitischen Erwägungen heraus waren den Techniklieferanten Grenzen gesetzt, so daß sich ihre Planungs- und Projektierungsleistungen - auch im Rahmen dieser engeren Rückkopplung zu Anwendern und anderen Entwicklungspartnern - weitgehend auf die Analyse technisch-funktionaler Zusammenhänge beschränkten und arbeitsorganisatorische und qualifikatorische Zusammenhänge zwangsläufig stark vernachlässigt wurden.

Darüber hinaus tendierten Werkzeugmaschinenbauer und andere Hersteller von Produktionstechniken dazu, bei der Projektierung fertigungstechnischer Systeme aus ihrer Sicht bewährte und standardisierte Konzepte und Techniken zu verwenden, um den Entwicklungs- und Anpassungsaufwand gering zu halten. Diese Technikprodukte waren jedoch nicht selten auf ganz bestimmte und zumeist anders gelagerte Anwendungsfälle - vor allem in Großunternehmen - entwickelt worden (vgl. Döhl 1989). Dies bedeutete nicht nur, daß im Einzelfall anwenderspezifische Gegebenheiten und Bedürfnisse im Rahmen der Herstellerprojektierung keine ausrei-

chende Berücksichtigung finden konnten oder daß die gelieferten Lösungen überdimensioniert ausgelegt waren. Es führte auch dazu, daß Systeme Verbreitung finden, obwohl sie für die Bewältigung spezieller Anwendungsprobleme ungeeignet sind und ihre Anpassung kaum oder nur unter großem Zusatzaufwand möglich ist, zumal dann, wenn auf den Technikmärkten adäquat modularisierte Systeme nicht verfügbar sind.

Anwenderbetriebe liefern bzw. laufen also auch innerhalb solch engerer Beziehungen zu ihren Techniklieferanten Gefahr, daß bei ihnen im Prinzip nicht angemessene oder suboptimal funktionierende Produktionssysteme zum Einsatz kommen und/oder daß ein Umsteigen auf andere Techniklösungen oder organisatorische Konzepte nicht mehr möglich ist. Zudem gingen sie dabei ein grundlegendes Risiko ein: Sie verlieren zunehmend an Gestaltungsautonomie über den eigenen Produktionsprozeß; Kompetenzen zur Planung und zum Aufbau integrativ ausgelegter Systeme werden kaum aufgebaut, diese lagern sich vielmehr bei den Herstellern von systemtechnischen Lösungen an. Maßnahmen zur Aufrechterhaltung, Umstellung oder Erweiterung produktionstechnischer Systeme erfordern so immer mehr die Inanspruchnahme weiterer Serviceleistungen der Hersteller und steigern die Abhängigkeit der Anwender. Generell können damit auf Dauer überhaupt Gestaltungsspielräume für die Realisierung anwenderspezifischer und/oder nutzerorientierter Alternativlösungen schwinden.

3.2 Auswirkungen für die Gestaltung von Technik und Arbeit

Die Chancen der Anwender, die für ihre Zwecke und Zielsetzungen notwendigen und geeigneten produktionstechnischen Systeme zu erhalten, insbesondere auch spezifische Prozeß- und Arbeitsstrukturen in ihrer Produktion verwirklichen zu können, hingen also ganz entscheidend von den geschilderten Veränderungen auf den Technikmärkten und in den Beziehungen zu den Techniklieferanten ab.

Dabei zeigte sich damals, daß sie mit den von den Technikherstellern und insbesondere den Werkzeugmaschinenbauern angebotenen neuen, systemtechnisch ausgerüsteten Produktionsanlagen durchaus in die Lage versetzt wurden, komplexere Anforderungen flexibler Automation und Produktionssteuerung in technisch-funktionaler Hinsicht zu erfüllen, oft

mehr als im konkreten Fall erforderlich gewesen wäre. Die Vielfalt der auf dem Markt verfügbaren Systemkomponenten wuchs ebenfalls erheblich an, zum Teil auch im Hinblick auf alternative, von gängigen Konzepten abweichenden Lösungen. Dennoch - und obwohl Hersteller und Anwender nunmehr innerhalb der erheblich längeren Projektierungs- und Implementationsphasen enger zusammenwirkten - blieben die hier angesprochenen Chancen und Möglichkeiten der Anwender ziemlich begrenzt. Denn trotz des gemeinhin an solch kooperative Beziehungen gestellten hohen Anspruchs wurden anwendungsbezogene Anforderungen nicht immer durchgängig und nicht umfassend genug berücksichtigt; insbesondere die für angemessene Problemlösungen erforderliche vielfältige Rückkopplung zwischen den verschiedenen am Technikentwicklungsprozeß beteiligten bzw. notwendigerweise zu beteiligenden Akteuren fand nur unzureichend statt.

Viele Anwender erhielten so nicht die auf sie zugeschnittenen produktions-technischen Systemlösungen oder zumindest mit entsprechend adaptierbaren Modulen bzw. Optionen geliefert, mit denen sie ihre rationalisierungspolitischen Ziele in zufriedenstellender Weise erreichen konnten. Vor allem blieb das Gros der marktgängigen Technikkomponenten und Systemkonzepte über lange Zeit auf vorgängige Lösungen etwa aus der Großserienfertigung und ihren hocharbeitsteiligen Abläufen und Prinzipien zentralistischer und werkstattferner Fertigungssteuerung hin konzipiert. Darüber hinaus tendierten die Hersteller, wie bereits erwähnt, zum Angebot übertechnisierter und vor allem überautomatisierter Problemlösungen auch in Prozessen und Bereichen, für die ein geringeres Automatisierungsniveau vorstellbar und in bezug auf nicht-technische, vor allem ablauf- und arbeitsorganisatorische Momente sinnvoller hätte sein können. Ferner dominierte bei ihnen die Orientierung, möglichst "bedienungs-freundliche" Anlagen herzustellen und in fertigungstechnische Systeme zu integrieren, die dann - möglichst ohne weitere qualifikatorisch anspruchsvolle Eingriffe "vor Ort" - von übergeordneter Stelle beherrscht werden können. Aber auch von den Promotoren neuer Fertigungstechniken in den Anwenderbetrieben kamen - zumal angesichts der wachsenden Komplexität solcher Systeme - wenig Impulse für andere Lösungen, waren sie doch selbst zumeist noch personalpolitischen Konzepten verhaftet, die sich an arbeitsteiligen und zentralistisch gesteuerten Prozessen orientieren.

Möglichkeiten zur adäquaten Berücksichtigung anwenderspezifischer Momente oder gar zur Offenhaltung von Optionen zu alternativer Prozeß- und Arbeitsgestaltung, wie sie im Prinzip in der kooperativen Konzipierung von Systemlösungen zwischen Herstellern und Anwendern angelegt sind, wurden daher in der Regel nicht genutzt. Offensichtlich waren die gestalterischen Einflüsse der Technikhersteller zu groß und ihr Interesse (und der entsprechende Druck der Anwender) zu gering, als daß spezifisch anwenderbezogene und vom dominanten Marktangebot abweichende Problemlösungen konzipiert und implementiert wurden. Die meisten Anwen- derbetriebe beschränkten sich daher darauf, die auf den Märkten haupt- sächlich vorfindbaren Komponenten und Systeme, soweit sie prima vista kurzfristigen Erfolg bei der Bewältigung ihrer aktuellen Rationalisie- rungsprobleme versprachen, so zu übernehmen, wie sie von den Technik- herstellern angeboten bzw. vorgeschlagen wurden, ohne sich auf besonde- re Experimente einzulassen oder spezifische und deshalb aufwendige Al- ternativentwicklungen zu forcieren. Dementsprechend bestand für viele von ihnen nicht die Möglichkeit, andere oder gar "innovative" technisch- organisatorische Lösungen etwa mit Optionen für die Einrichtung dezentra- lisierter Steuerungsabläufe oder für die Entfaltung ganzheitlicher Ar- beitsstrukturen zu verfolgen.

Damit aber zeichnete sich bereits damals als ein Forschungsergebnis ab: Trotz aller sozialwissenschaftlicher Erkenntnisse darüber, daß Arbeit durch Fertigungstechnik im Prinzip nicht (mehr) "determiniert" werde, sondern hinsichtlich Arbeitsorganisation, Qualifikationsanforderungen und -niveaus usw. unabhängig von konkreten Technologien gestaltbar sei, sind im Prozeß der Entwicklung von Produktionstechniken durchaus vor- strukturierende Zusammenhänge des Technikmarkts am Wirken. So kön- nen sich in Abhängigkeit von marktlichen Beziehungsstrukturen bestimme- te technisch-organisatorisch geprägte Systemlösungen mit entsprechenden arbeitsorganisatorischen Nutzungspotentialen herausbilden, die Entwick- lungskorridore von Arbeitsorganisation und Personaleinsatz vorzeichnen; letztere werden dadurch in ihrem Gestaltungsspektrum mehr oder weni- ger begrenzt bzw. in gewisser Weise präformiert, wenn auch nicht im ein- zelnen festgelegt (vgl. Deiß, Hirsch-Kreinsen 1994). Im einzelnen Anwen- dungsfall können damit die Spielräume für die Gestaltung von Arbeitsor- ganisation und Arbeitsablauf durchaus eingeschränkt und ein anwender- orientierter oder gar nutzerorientierter Einsatz von Techniken beeinträch- tigt oder gar blockiert sein. Von daher kann Technik - trotz der den Infor-

mationstechniken per se zugeschriebenen größeren Arbeitsgestaltungspotentialen - aufgrund der in den Systemkonzeptionen der Hersteller inkorporierten organisatorischen Festlegungen Arbeit doch weit stärker determinieren (vgl. Bieber 1995), als dies möglicherweise bei konventionellen Techniken der Fall war.

4. Fazit: Die Notwendigkeit innovativer Technikmarktstrukturen

Was läßt sich aus diesen Erkenntnissen für die Beantwortung der Frage lernen, wie eine Neustrukturierung produktionstechnischer Entwicklungsprozesse auszusehen hätte, insbesondere unter dem Aspekt, wie der deutsche Werkzeugmaschinenbau die gegenwärtige strukturelle Krise überwinden und für die Ausstattung vor allem der deutschen Industrien mit geeigneten Produktionstechniken zukünftig und auf Dauer eine zumindest maßgebliche Rolle (wieder) erlangen kann. Aus der hier verfolgten Perspektive kommt es vor allem darauf an, darauf hinzuweisen, daß sich aus dem Bedeutungsgewinn des Technikmarktes für den gesamten Prozeß der Technikgenese und aus dem damit verbundenen Strukturwandel Ansatzpunkte ergeben, die für die Anpassungs- und Innovationsfähigkeit der Technikhersteller nach wie vor und heute eher noch stärker als damals von Bedeutung zu sein scheinen.

4.1 Die bisherigen Kooperationsformen sind unzureichend

Die Entwicklung des Werkzeugmaschinenbaus im vergangenen Jahrzehnt hat gezeigt, daß er durchaus, wenn auch sehr schleppend, in der Lage war, sich auf die Anforderungen eines sich wandelnden, zunehmend systemisch orientierten Anwendungsbezugs einzustellen und den sich verändernden Austauschbeziehungen auf den Technikmärkten allmählich anzupassen. Auch wenn dies nicht überall und nicht immer zufriedenstellend gelang, so läßt sich doch sagen, daß die Branche bis zum Ende der 80er Jahre innovativ genug war, sich in der - insbesondere weltweit wachsenden - Konkurrenz zu bewähren und wirtschaftlich deutlich zu erholen.

Allerdings reichte die in diesem Zeitraum erfolgte strukturelle Anpassung, die Innovierung der Produkt- und Dienstleistungspalette und die

wirtschaftliche Konsolidierung offensichtlich nicht aus, um auf Dauer mit der fortgesetzten Durchdringung der Unternehmen und Industrien mit systemischen Rationalisierungsstrategien und dem damit verbundenen Anforderungs- und Strukturwandel auf den Technikhörkten Schritt halten zu können: Die organisatorische und informationstechnische Vernetzung von Produktionsprozessen und Unternehmenseinheiten nimmt immer umfassendere und intensivere Formen an, die Abläufe der Entwicklung und Herstellung von Produkten beschleunigen bzw. verkürzen sich enorm und damit auch die dafür notwendigen Abläufe der Prozeßinnovation, der Konkurrenzdruck verschärft sich weltweit und zwingt zur Entwicklung neuartiger Marktbeziehungen. Der Bedeutungszuwachs des Technikmarktes für die Ausstattung der Anwender mit systemtechnischen Problemlösungen, die zum erfolgreichen Umgang mit den aus diesen veränderten Umfeldbedingungen resultierenden Anforderungen befähigen, setzte sich damit fort, um so mehr als die Komplexität und Spezifität der jeweils erforderlichen Problemlösungen weiter zunahmen.

Trotz der geschilderten Anstrengungen in den 80er Jahren war der Werkzeugmaschinenbau - wie der Produktionsmittelsektor insgesamt - hierfür wohl nicht genügend gerüstet und wirtschaftlich noch zu anfällig, als der konjunkturelle Abschwung die gesamte Wirtschaft Anfang der 90er Jahre erfaßte. Zum einen erwiesen sich die hauptsächlich verfolgten Innovationswege als zu technologielaftig, denkt man an die einer produktionstechnischen Komplexität huldigenden Lösungen des Over-Engineering (wie sie sich etwa in überdimensionierten flexiblen Fertigungssystemen, in hochkomplexen CIM-Systemen, aber auch in vielen kleinen mit High-Tech ausgestatteten Produktionsanlagen manifestierten). Zum anderen beschränkten sich die entwicklungsbezogene Zusammenarbeit und die Prozesse der Rückkoppelung zwischen den beteiligten Akteuren des Technikmarkts auf die nötigsten Abstimmungserfordernisse, die sich zudem vor allem aus der technisch-funktionalen Perspektive der (vermeintlich noch dominanten) Technikhersteller herausdefinierten.

In beiden Defiziten kommt zum Ausdruck, daß die bislang entstandenen neuartigen Beziehungsstrukturen zwischen den an der Technikentwicklung Beteiligten trotz der verstärkten Orientierung an einem systemischen Anwendungsbezug nur begrenzt kooperative Züge besaßen. Ein grundlegend neuer, insbesondere ein partnerschaftlicher Umgang mit und zwischen allen Beteiligten unter der Zielsetzung, die jeweiligen Erkenntnisse

und Bedürfnisse umfassend im Prozeß der Technikkonzipierung abzuklären und adäquat aufeinander abzustimmen, entfaltete sich jedoch kaum. Vor allem die Einbeziehung von Endnutzern der Anwenderbetriebe oder von Entwicklern und Experten aus anderen Technikmarktsegmenten oder gar aus "fachfremden" Wissenschaftsdisziplinen erfolgte viel zu zögernd. Letztere könnten jedoch viel zur Bewältigung der Komplexität umfassender systemtechnischer Problemlösungen beitragen angesichts der immer deutlicheren Erkenntnis, daß die verschiedensten produkt- und verfahrensbezogenen, ökonomischen und sozialen Bedingungen über die Funktionsfähigkeit und den Erfolg moderner produktionstechnischer Systeme entscheiden. Die effiziente Mitwirkung solcher Experten erfordert freilich (wechselseitig) die Auseinandersetzung und Abstimmung mit deren jeweiligen Rationalitäten und Interessen (hinsichtlich Wissenschaftsdisziplinen, Theorie- und Praxisbezug, Vermarktungsbedürfnissen usw.).

Aufgrund dessen blieb auch die kundenspezifische Entwicklung und Implementation rechnerintegrierter Produktionssysteme (abgesehen von den Problemlösungen für große und dominante Anwenderunternehmen) im allgemeinen hinter ihrem eigenen Anspruch zurück: Wichtige fertigungs- und arbeitsorganisatorische Erfordernisse und vor allem Spielräume und Optionen für technische und organisatorische Alternativen wurden vernachlässigt bzw. nicht vorgesehen, die Bedürfnisse der Endnutzer (vgl. den Beitrag von Rose in diesem Band, S. 195 ff.) blieben in der Regel außen vor.

Trotz des allmählichen Aufbaus neuer Strukturen auf den Technikmärkten infolge fortgesetzter Diversifizierungs- und Spezialisierungstendenzen, verstärkter Modulherstellung, aber auch aufgrund der verstärkten Unternehmenskonzentration und Zusammenarbeit sowie entsprechender Standardisierungstrends (vgl. Deiß, Hirsch-Kreinsen 1992) und trotz des grundlegenden Wandels in den Beziehungen zwischen Herstellern und Abnehmern kam es also kaum zu kooperativen Entwickler-Konstellationen, die diesen Namen auch verdienten. Die für eine effiziente Abstimmung erforderlichen Rückkopplungsschleifen zwischen den beteiligten Akteuren fanden zu wenig statt, sie verliefen zu gebrochen, mit zeitlicher Verzögerung und unter Ausschluß relevanter Akteure, zumal sie zwischen Partnern verschiedenster Marktsegmente, Beratern, wissenschaftlichen Instituten, Software-Entwicklern, Komponentenlieferanten und Anwendern hätten hergestellt werden müssen. Damit aber waren, insbesondere auch

angesichts der sich bereits damals verkürzenden Entwicklungszeiten, viele Technikhersteller und Werkzeugmaschinenbauer überfordert. Kurzum: Der Wandel der Beziehungsstrukturen auf dem Markt für Produktionstechniken in den 80er Jahren war zwar grundlegend, die Bereitschaft und die Fähigkeit der dort agierenden Unternehmen und "intermediären Instanzen", mit diesen neuen Strukturen zurechtzukommen bzw. diese innovativ zu nutzen, sind aber nicht in ausreichendem Maße fortentwickelt worden.

4.2 Der Bedarf an zwischen- und überbetrieblicher Zusammenarbeit wächst

Als Quintessenz aus dem bisher Gesagten ergibt sich die Notwendigkeit zur Innovation der produktionstechnischen Innovationsprozesse selbst, um die konstatierten Defizite in den Prozessen und Beziehungen auf den Technikmärkten überwinden zu können. Dies bezieht sich auf den Werkzeugmaschinenbau wie auf die Hersteller anderer produktionstechnischer Komponenten und Systeme gleichermaßen. Dabei ist davon auszugehen, daß der Umbruch, der im Werkzeugmaschinenbau gegenwärtig stattfindet, nicht allein durch unternehmensstrukturelle und kapitalbezogene Veränderungen (vgl. Süddeutsche Zeitung, 23.9.1994, S. 22) bewerkstelligt werden kann. Vielmehr dürfte es unter der Perspektive einer dauerhaften Erholung der Branche auch darauf ankommen, ob und inwieweit auf den Technikmärkten neuartige und innovative Beziehungsstrukturen aufgebaut und genutzt werden, für die sich in den veränderten Hersteller-Anwender-Beziehungen der 80er Jahre bereits vielversprechende, wenn auch nicht zu ausreichender Effizienz gelangte Ansätze abzeichneten.

Dieses Erfordernis ergibt sich einmal daraus, daß sich aufgrund der anhaltenden Tendenz zur organisatorischen und informationstechnischen Vernetzung von Prozessen, Abteilungen und Betrieben (Bieber 1992), die allerdings im gleichen Zuge immer mehr dezentralisiert und segmentiert werden (Sauer, Döhl 1994), die Zahl und die Vielfalt möglicher Einflußgrößen im Technikentwicklungsprozeß kontinuierlich erhöhen. Denn der Bedarf an externem Know-how wächst dabei weiter enorm an, und die Tendenz zur Verwissenschaftlichung der Entwicklungsprozesse beschleunigt sich, so daß immer mehr Berater und Spezialisten in Anspruch genommen werden.

Darüber hinaus erhöht der konkurrenzbedingte Druck auf verkürzte Entwicklungszeiten das Interesse der Unternehmen, die in der Vernetzung angelegten Potentiale zur Beschleunigung komplexer Planungs- und Herstellungsprozesse auszuschöpfen. Die Entwicklung von Produkt- und Prozeßinnovationen, vor allem im Werkzeugmaschinenbau bisher eher separat verfolgt, findet aufgrund dieser Tendenzen zunehmend ineinander verschränkt statt und entfaltet für die Hersteller eine neue Qualität: Ihre Prozesse der Entwicklung und Implementation von Produktionstechniken für die Anwender werden tendenziell zu Abläufen, die sich parallel zu bzw. eng verbunden mit den Wertschöpfungsprozessen ihrer Kunden vollziehen.

Schließlich aber sind die Hersteller selbst zunehmend gezwungen, über den Aufbau enger Entwicklerkooperationen hinaus die eigenen Prozesse und Strukturen systemischen und unternehmensübergreifenden Rationalisierungsprinzipien entsprechend zu ordnen bzw. unterzuordnen. Da aus produkt- und absatzpolitischen Gründen angestammte Produktfelder und Unternehmensgrenzen immer häufiger und weitergehender zu überschreiten sind, müssen sie ihre Entwicklungsprozesse neu organisieren und/oder sich in überbetrieblich organisierte Entwicklungsnetzwerke eingliedern. Dies macht nicht zuletzt eine engere Zusammenarbeit auch mit Konkurrenten oder mit Herstellern von Komplementärtechnologien erforderlich mit dem Ziel, Innovationsrisiken besser zu beherrschen und Innovationsprozesse zu beschleunigen.

Diese Notwendigkeit kann bis zur Bildung von Entwicklungsallianzen mit Großkunden (vgl. Süddeutsche Zeitung, 23.9.1994, S. 22) mit entsprechenden neuartigen Abhängigkeitsverhältnissen führen, wie sie bislang vorrangig für den Bereich der Automobilzulieferindustrie diskutiert werden (Deiß, Döhl 1992). Werkzeugmaschinenbauer und andere Technikhersteller können so gewissermaßen selbst zum Bestandteil von Wertschöpfungsketten ihrer Abnehmer werden. Auf den Märkten für Produktionstechniken zeichnen sich damit offensichtlich Tendenzen ab, die schon seit längerem auf Zuliefermärkten zu beobachten sind, wo sich tendenziell stabile Austauschformen zwischen den Abnehmern und Teilelieferanten herausbilden, die zwischen rein marktlich und hierarchiebezogen/betriebsförmig organisierten Lieferbeziehungen anzusiedeln sind (ebd.; Bieber 1995).

4.3 Voraussetzungen und Erfordernisse innovativer Kooperationsnetzwerke

Angesichts der geschilderten Erfordernisse scheint es zwingend, daß sich auf dem Markt für Produktionstechniken neuartige Hersteller-Anwender-Konstellationen herausbilden (müssen). Diese können, wie verschiedene Ansätze zeigen, je nach Technikart und Systemkomplexität unterschiedliche Formen von Kooperationsnetzwerken annehmen, an denen mehrere Unternehmen und sog. intermediäre Instanzen des Technikmarktes (Berater, Verbände, wissenschaftliche und öffentliche Institutionen) beteiligt sind (Deiß, Hirsch-Kreinsen 1994). Über ihre Strukturen und vor allem ihren Einfluß auf den Verlauf und die Richtung der Technikentwicklung kann zwar gegenwärtig noch nicht viel ausgesagt werden. Klar ist aber auf jeden Fall, daß derartige Netzwerke - und erste Ansätze belegen dies - eine völlig neue Qualität von Technikmarktbeziehung aufweisen werden: Als immer weniger durch vorrangig marktliche oder hierarchische Elemente geprägte Beziehungen bedürfen sie zu ihrer Stabilität (erneuter) struktureller Veränderungen bei und zwischen allen Akteuren des Technikmarktes sowie der institutionellen Unterstützung seitens überbetrieblicher und staatlicher Institutionen. Dies scheint unabdingbar, wenn die - wie gezeigt - erforderlichen engen Informations- und Abstimmungsprozesse erfolgreich funktionieren, das darin eingebundene Gesamtpotential bislang "extern" situierten Experten-Know-hows genutzt und die Chancen zu einer besseren Einlösung des jeweils notwendigen Anwendungsbezugs wahrgenommen werden sollen.

Neben der Entstehung neuartiger Orientierungs-, Qualifikations- und Steuerungsmuster im Technikentwicklungsprozeß (siehe dazu insbesondere den Beitrag von Hirsch-Kreinsen in diesem Band, S. 11 ff.) kommt es hier vor allem auf den Aufbau mehrdimensionaler und reziproker Marktbeziehungen an, in denen die beteiligten Unternehmen und intermediären Instanzen neuartige Kommunikations- und Kooperationsleistungen erbringen, wechselseitig austauschen und synergetisch zusammenführen können. Dazu müßten z.B. sämtliche für die Effizienz und den flexiblen Einsatz - und damit für den Markterfolg - produktionstechnischer Systemlösungen entscheidenden Anforderungen und Bedürfnisse der Anwender und Nutzer ermittelt werden. Dies setzt allerdings die Berücksichtigung aller betroffener, insbesondere auch bislang in die konkreten Entwicklungsprozessen nicht einbezogener Akteure voraus. Nur so könnten

bereits in der Entwicklungsphase mögliche Friktionen mit den Gegebenheiten und Erfordernissen des technischen, organisatorischen und personellen Umfelds im Anwenderbetrieb antizipiert und vermieden sowie mögliche Alternativen und Optionen in das Entscheidungskalkül einbezogen werden. Zwar werden dadurch z.T. komplexere und auf verschiedenen Ebenen abzuwickelnde Informations- und Leistungsbeziehungen notwendig; in präventiver Hinsicht könnte damit aber der Entstehung hyperkomplexer Systeme, langwierigen Implementationsprozessen und der Installation suboptimaler, weil nicht nutzeradäquat ausgelegter Lösungen vorgebeugt werden.

Für Werkzeugmaschinenbauer bzw. Technikhersteller hieße dies insbesondere: Ähnlich wie es früher darauf ankam, Know-how bezüglich Systemtechnik, spezieller Anwendungsfelder und Projektorganisation aufzubauen, wären nunmehr in ihren Unternehmen die Bereitschaft und die Fähigkeit zu entwickeln, innerhalb solch neuer Kooperations- und Netzwerkbeziehungen mit den verschiedensten Entwicklungspartnern zusammenarbeiten zu können. Sie müßten vor allem in der Lage sein, im Rahmen einer weder vorrangig marktlich noch hierarchisch organisierten Zusammenarbeit zielgerichtet einen permanenten Know-how-Austausch und Interessenabgleich mit allen Beteiligten und insbesondere auch den Anwendern herbeizuführen. Dies muß weit über die schon seit langem auf verschiedenen Stufen des Technikentwicklungsprozesses praktizierten (Hirsch-Kreinsen 1994) generellen Rückkopplungs- und Abstimmungsprozesse mit verschiedenen Entwicklern, insbesondere auch technikwissenschaftlichen Instituten und Verbänden, hinausgehen. Dabei erweist sich für den Anwender besonders die Entwicklungsphase als entscheidend, in der für eine von ihm vorgegebene Aufgabenstellung technische Neuerungen und auf dem Markt verfügbare produktionstechnische Komponenten, unter Rückgriff auf Erfahrungen und Konzepte über geeignete Prozeß- und Anlagenkonfigurationen, zu einem produktionstechnischen System kombiniert und mit den in seinem Betrieb gegebenen Techniken und Strukturen integriert werden müssen. Denn gerade in dieser Phase der Systemprojektierung und -implementation sind mit zunehmender Komplexität, forcierter Beschleunigung, aber auch gesteigerter Flexibilität seiner Abläufe häufigere und oft kurzfristigere Informations- und Koordinierungsschleifen zwischen den verschiedensten Beteiligten notwendig. Nur so ist es möglich, die jeweiligen Fähigkeiten und Bedürfnisse zu vermitteln, abzugleichen und im Interesse eines optimierten Gesamtergebnisses

zu nutzen (wobei die dann in der Anwendungspraxis gewonnenen Erkenntnisse wieder in den Prozeß der Weiterentwicklung zurückzuspielen wären).

Die Rückkopplung zwischen den Akteuren des Technikmarktes muß also anders oder besser als bislang in immer kürzeren Zeitabständen, mehrdimensional und systematisch erfolgen, wobei es darum geht, daß die Entwicklung konkreter Produktionstechniken möglichst "im Kontext" der Einsatzbedingungen und -erfordernisse des Anwenders erfolgt.⁶ Um eine derartig enge Abstimmung der Interessen, der stofflichen und zeitlichen Möglichkeiten und Grenzen aller Beteiligten zu erreichen, käme es wohl neben der Entwicklung neuer Strukturen und Verfahren, die entsprechende Vorgehensweisen regeln und - zumindest auf Zeit - festlegen, vor allem auf folgende Punkte an:

Erstens ginge es dabei darum, das Wissen und die Vorstellungen der Technikhersteller und Technikanwender über Lösungsvoraussetzungen und -alternativen soweit abzuklären, daß die Nutzerbedürfnisse im Anwenderbetrieb umfassend identifiziert und adäquat berücksichtigt werden können. Das bedeutet aber gegenwärtig, daß über die verschiedenen fertigungs-, informations- und steuerungstechnischen Aspekte hinaus auch ablauf- und arbeitsorganisatorische Erfordernisse analysiert und als Kriterien in die Lösungskonzepte einfließen müssen. Damit aber sind in zunehmendem Maße auch organisations-, sozial- und arbeitswissenschaftliche Anforderungen im Prozeß der Technikentwicklung von Bedeutung, d.h., vor allem in den Techniken angelegte Festlegungen hinsichtlich Organisation und Qualifikation müssen erkannt und entsprechend modifiziert werden.

Ferner käme es darauf an, die jeweiligen Möglichkeiten und Fähigkeiten der beteiligten Entwickler, Hersteller und Berater selbst hinsichtlich ihrer absatzpolitischen Bedürfnisse zu ermitteln, damit unter Wirtschaftlichkeits- und Rentabilitätsgesichtspunkten geeignete Konzepte zur Modularisierung von Techniken und Dienstleistungen einschließlich der Platzierung und Definition von Schnittstellen erarbeitet werden können; diese müßten

6 Im Gegensatz etwa zu den Mustern der Dekontextualisierung/Rekontextualisierung, wie sie für viele Bereiche und vor allem für vorgelagertere Phasen der Technikentwicklung diskutiert werden (vgl. Hack u.a. 1991).

aber zugleich den geschilderten Nutzerbedürfnissen (z.B. hinsichtlich der Offenheit von Produktionstechniken für anschlussfähige Technikkomponenten) in ausreichendem Maße Rechnung tragen. Wesentlich ist in diesem Kontext, daß aufgrund der erwähnten Verwissenschaftlichungstendenz und der damit wachsenden Inanspruchnahme wissenschaftlicher Leistungen auf allen Technikmärkten auch der Bedarf am Austausch von Kenntnissen sowie an Koordinierungs- und Abstimmungsleistungen zwischen den verschiedensten Experten und Institutionen enorm anwächst. Da aber gerade hier das Risiko groß ist, daß Rückkopplungsschleifen zwischen verschiedenen Wissenschaftlern, aber auch zur Praxis hin unterbrochen werden und einzelne Entwicklungsabläufe sich verselbständigen können, scheinen zu deren Einbindung strukturell und verfahrensmäßig gefestigte Feed-back-Prozesse im Rahmen kooperativer Netzwerkbeziehungen auf dem Technikmarkt besonders wichtig.

Schließlich ist zu vermuten, daß durch einen derartigen Rückkopplungsmechanismus auch eine adäquate Balance hergestellt werden kann zwischen dem zunehmend relevanten Erfordernis einerseits, Techniken simultan und damit beschleunigt von allen Beteiligten entwickeln zu lassen, und der nach wie vor bestehenden Notwendigkeit andererseits, daß einzelne Aufgabenstellungen dann doch in bestimmtem Umfang und auf begrenzte Dauer linear-sequentiell vorangetrieben werden müssen.

Ob und bis wann es den Technikherstellern und vor allem der gegenwärtig geschwächten Werkzeugmaschinenbaubranche (wieder) gelingen kann, sich diesen Anforderungen strukturell anzupassen, hängt freilich von vielen Veränderungen auch auf anderen Ebenen ab. Entscheidend dürfte es sein, ob ein ausreichender Wandel in den Unternehmen selbst und im Umgang mit den jeweils relevanten Entwicklungspartnern sowie in den konkreten Austauschbeziehungen auf dem Technikmarkt in hinreichendem Maße und innerhalb einer nicht zu langen Zeitspanne realisiert werden kann. Denn veränderte Beziehungsstrukturen, in denen derartige Anforderungen erfüllt werden können, stellen sich nicht von selbst, nicht rasch und vor allem nicht auf Dauer naturwüchsig ein. Der alltägliche Konkurrenz- und Zeitdruck bewirkt vielmehr, daß der Aufbau und die Abwicklung solcher Kooperationsbeziehungen nur schrittweise, unvollständig und in unzureichendem Ausmaß erfolgen können, ganz abgesehen von den kosten- und zeitaufwendigen "Vorleistungen", die die beteiligten Akteure, insbesondere die Technikhersteller und Anwender, in qualifika-

torischer und personeller Hinsicht dafür erbringen müssen. Einen wichtigen Beitrag als Teil solch kooperativer Netzwerke könnten hier die zahlreichen, auf dem Technikmarkt oft neu auftretenden "intermediären Instanzen" spielen. Gerade sie sind von wesentlicher Bedeutung dafür, daß auf den Technikmärkten strukturelle Optionen entstehen, die jene Kooperations- und Handlungsmöglichkeiten für fortschrittliche technisch-organisatorische Innovationen eröffnen, die im Rahmen von herkömmlichen Austauschbeziehungen zwischen Einzelbetrieben tendenziell verschlossen bleiben (Semlinger 1993).

In diesem Zusammenhang scheint insbesondere auch staatliche Technologiepolitik auf den Technikmärkten gefordert. Gerade sie kann als Förderer oder gar Bestandteil "technologischer Netzwerke" die kooperative Erforschung und Bearbeitung produktionstechnischer Problemstellungen initiieren und bestimmte Lösungsansätze induzieren. Durch die Unterstützung dafür geeigneter Beziehungsstrukturen kann sie nicht nur den dringend erforderlichen Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen verschiedensten Entwicklungspartnern aus Praxis und Wissenschaft erleichtern. Vielmehr kann dadurch auch im Rahmen gleichwohl marktlich basierter Hersteller-Anwender-Konstellationen die Durchführung von Projekten forciert werden, in denen über eine Verknüpfung von institutionellen Förder- und Steuerungsmechanismen einerseits und kooperativen Abstimmungsprozessen andererseits versucht wird, den Anwendungsbezug von Produktionstechniken und die Nutzerorientierung von Anwendungsbetrieben zum Maßstab erfolgreicher Technikentwicklung werden zu lassen.

Technikentwicklung zwischen Verwissenschaftlichung und Erfahrung - Zur Begründung eines neuen Forschungs- und Entwicklungsfeldes

1. Technikentwicklung und betriebliche Praxis - neue Probleme
2. Verwissenschaftlichung von Technikentwicklung als sozialer Prozeß
3. Erfahrung und subjektivierendes Handeln - Grundlagen einer "anderen" Systematik technischer Innovationen
4. Aufgaben und Perspektiven für die Untersuchung und praktische Gestaltung betrieblicher Technikentwicklung

1. Technikentwicklung und betriebliche Praxis - neue Probleme

Speziell im Bereich der Produktionstechnik bestand bisher ein weitgehendes "Vertrauen" darauf, daß unternehmerische Interessen sowie Markt- und Konkurrenzbeziehungen nicht nur technische Innovationen hervorbringen und beschleunigen, sondern auch deren konkrete Gestaltung so beeinflussen, daß sie den Produktionserfordernissen und -zielen von (Anwender-)Betrieben entsprechen. So gibt es hier kaum eine nennenswerte gesellschaftspolitische Diskussion darüber, ob bestimmte technische Vorhaben weiterentwickelt werden oder deren Entwicklung "gestoppt" werden soll (wie dies z.B. bei großtechnischen Projekten im Bereich der Energieversorgung und des Verkehrs der Fall ist); auch blieb hier bislang die Frage nach alternativen Ansätzen für technische Innovationen (wie z.B. im Bereich der Diskussion alternativer Energien) bestenfalls auf einige Ansätze begrenzt.

In der betrieblichen Praxis zeigt sich demgegenüber jedoch gegenwärtig ein neues, eher unerwartetes Problem: Auf dem Markt werden Produktionstechniken angeboten, die den Erfordernissen und -bedingungen bei Anwenderbetrieben nicht oder nur begrenzt entsprechen. Ist es im Bereich der Konsumgüterindustrie z.B. seit langem ein bekanntes Phänomen, daß am Markt vorbei produziert wird, so war dies speziell im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus bislang kaum bekannt. Vor allem in Zusammenhang mit der Weiterentwicklung und Nutzung der Mikroelektronik hat jedoch gerade hier seit gut einem Jahrzehnt eine Entwicklung eingesetzt, die sich zwar einerseits als "technischer Fortschritt" ausweisen läßt, die andererseits aber weit weniger als erwartet auf einen entsprechenden Bedarf in der betrieblichen Praxis trifft. Dabei sind Einbrüche auf dem Absatzmarkt zwar ein wichtiges, aber keineswegs das einzige Indiz; sehr weitreichende, aber vielfach eher verdeckt bleibende Probleme ergeben sich vor allem beim praktischen Einsatz solcher neuen Produktionstechniken. Die "Allianz" zwischen ökonomischen Interessen von Herstellerbetrieben einerseits und Anwenderbetrieben andererseits wird hierdurch empfindlich gestört. Anwenderbetriebe sind - infolge mangelnder Alternativen - auf den Einsatz von Produktionsmitteln angewiesen, die sich nur für einzelne ihrer Produktionsaufgaben eignen oder/und die unter den bestehenden Produktionserfordernissen und -gegebenheiten schwer handhabbar und in ihrer Leistungsfähigkeit nur begrenzt ausnutzbar sind. Die Erfahrungen, die mittlerweile bei der Entwicklung von CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen ebenso wie anderer rechnergestützter Planungs- und Systemtechniken (PPS etc.) bis hin zu umfassenden CIM-Konzepten und -Systemen vorliegen, liefern hierfür zahlreiche Belege, die auch in vorliegenden Untersuchungen dokumentiert sind.¹

Auch wenn mittlerweile Visionen der Vollautomatisierung ("mannlose Fabrik") als wenig realistisch erkannt wurden (CIM-Ruinen), garantiert

1 Dargelegt sind solche arbeits- und produktionstechnischen Probleme beim Einsatz neuer Produktionstechniken z.B. für den Bereich CNC-gesteuerter Werkzeugmaschinen in Martin 1995; Böhle u.a. 1993, S. 14 ff.; für den Bereich der PPS-Technologie in Manske, Wobbe 1987; Hildebrandt, Seltz 1989; für Entwicklungen im Bereich von Expertensystemen, soweit sie als facharbeitergemäße Unterstützung für die Fehlerdiagnose der Produktion konzipiert sind, in Fischer u.a. 1992, S. 219 ff., sowie für den Bereich der Prozeßleittechnik in Böhle, Rose 1992; vgl. hierzu auch den Beitrag von Carus, Schulze, S. 123 ff., in diesem Band.

dies (allein) noch keineswegs, daß hiermit die Anwender- und Nutzerprobleme beim Einsatz neuer Produktionstechniken gelöst sind.

Betriebliche Innovationsprozesse sind damit gegenwärtig mit einem zweifachen Problem konfrontiert: Zum einen führen Veränderungen auf dem Absatzmarkt zu einer Verschärfung der Konkurrenz und zu neuen und höheren Anforderungen einer Differenzierung und Flexibilisierung der Produkte. Es ergibt sich hieraus ein "Rationalisierungsdruck" zur Einsparung von Kosten und Entwicklungszeiten, ebenso aber auch ein besonderer "Innovationsdruck", um mit neuen Entwicklungen auf dem Markt präsent zu sein bzw. zu bleiben. Zum anderen führen aber die Beschleunigung und die Forcierung technischer Innovationsprozesse ebenso wie neue Entwicklungen und Produkte keineswegs per se auch zur Sicherung oder gar Verbesserung der Position auf den Absatzmärkten; es ist damit offenbar noch keineswegs gewährleistet, daß auch die für Anwender und Nutzer notwendigen technischen Produktionsmittel hergestellt und angeboten werden.

Die hiermit angesprochenen Probleme lassen sich nicht mehr allein mit den bisher praktizierten Strategien zur Steigerung der Effizienz technischer Innovationsprozesse bewältigen. Diese richten sich bislang primär auf eine forcierte Durchsetzung und Verbreitung natur- und ingenieurwissenschaftlich begründeter Erkenntnisse und Methoden. Damit werden betriebliche Innovationsprozesse zwar gestützt und gefördert, doch besteht zugleich die Gefahr, daß die zuvor angesprochenen Probleme nicht nur nicht gelöst, sondern weiter verschärft werden. Ihre Bewältigung - so unsere grundlegende These - setzt eine neue Auseinandersetzung mit den Folgen und Grenzen der Verwissenschaftlichung technischer Innovationsprozesse voraus.

Im Rahmen eines Entwicklungsvorhabens zur Überwindung arbeits- und produktionstechnischer Defizite bei den vorherrschenden technischen Konzepten von CNC-Werkzeugmaschinen (Martin 1995) ergaben sich auch aufschlußreiche Hinweise auf Ursachen für eine ungenügende Berücksichtigung der praktischen Nutzung von Produktionstechniken im Prozeß der Technikentwicklung. Als besonders bedeutsam erwiesen sich Diskrepanzen zwischen den Annahmen über die technischwissenschaftliche Beherrschbarkeit konkreter Produktionsabläufe einerseits und den tatsächlichen Gegebenheiten in der betrieblichen Praxis andererseits. Speziell in Verbindung mit rechnergestützten Technologien zeigt sich die Tendenz, bei der Technikentwicklung die Möglichkeit für eine systematische

Erfassung und Beschreibung der relevanten Parameter und Wirkungszusammenhänge in konkreten Produktionsabläufen zu überschätzen. Probleme und Grenzen, die hier in der Praxis auftreten, werden entweder nicht gesehen oder wenn, dann als vorübergehende Entwicklungs- und Anpassungsprobleme eingeschätzt oder auf Bedienungs- und Anwendungsfehler im Umgang mit Maschinen und Anlagen zurückgeführt. Auch wenn grundsätzlich die Unersetzbarkeit des Menschen anerkannt und berücksichtigt wird, ist (bleibt) die Annahme, daß - zumindest im Prinzip - eine vollständige systematische Erfassung und Beschreibung konkreter Produktionsabläufe mittels eindeutiger und exakter Kriterien sowie Wirkungszusammenhänge (Regeln bzw. Gesetzmäßigkeiten) möglich ist, ein weithin vorherrschendes Leitbild bei der Technikentwicklung.

In diesem Beitrag soll gezeigt werden, in welcher Weise wichtige Ursachen für Diskrepanzen zwischen Annahmen, die bei der Entwicklung von Produktionstechniken leitend sind, und den tatsächlichen Gegebenheiten bei der Technikanwendung in spezifischen kognitiven und organisatorischen Strukturen liegen, die in Verbindung mit der Verwissenschaftlichung betrieblicher Technikentwicklung hervorgebracht und als sachlich "richtig" und "effizient" ausgewiesen werden. Dies besagt zweierlei: zum einen, daß die Entstehung solcher Diskrepanzen in Zusammenhang steht mit der Herausbildung sog. "wissenschaftsbasierter" Innovationsmuster, und zum anderen, daß durch die Verwissenschaftlichung die betriebliche Technikentwicklung nicht nur eine besondere "wissensmäßige" Fundierung erfährt, sondern hierdurch auch die Organisation betrieblicher Technikentwicklung beeinflusst und geprägt wird. Die Berücksichtigung der Praxis, d.h. der konkreten Erfordernisse und Bedingungen bei der Anwendung von Produktionstechniken, wird hierdurch sowohl kognitiv als auch institutionell-organisatorisch in spezifischer Weise gefiltert und selektiert.

Im folgenden sei versucht, dies näher zu begründen. Hierzu werden in einem ersten Schritt systematische Zusammenhänge zwischen der "Verwissenschaftlichung" technischer Innovationen einerseits und der Organisation betrieblicher Innovationsprozesse andererseits umrissen. Auf dieser Basis wird in einem weiteren Schritt der Frage nachgegangen, in welcher Weise sog. "Abweichungen" von wissenschaftsbasierten Innovationsmustern ihrerseits eine Systematik aufweisen, in der wichtige Ansatzpunkte liegen, die im Zuge der Verwissenschaftlichung nicht aufzugeben, sondern vielmehr in gleicher Weise (weiter-)zuentwickeln wären.

2. Verwissenschaftlichung von Technikentwicklung als sozialer Prozeß

2.1 Verwissenschaftlichung und Praxis - Grundlagen der Technikentwicklung

Es ist ein weitverbreiteter Grundsatz, daß Technik auf der Anwendung von Naturgesetzen beruht. Dies gilt auch dann, wenn bei der Entwicklung (Erfindung) technischer Produktionsmittel (Werkzeuge, Maschinen, Anlagen) solche Naturgesetze weder explizit bekannt noch bewußt sind. Auf dieser Grundlage liegt die Annahme nahe, daß durch das Erkennen von Naturgesetzen und durch die Anwendung des hierüber gewonnenen Wissens technische Innovationen forciert, wenn nicht erst in umfangreichem Maße ermöglicht werden. In modernen Industriegesellschaften wird ein solches Wissen speziell durch die verschiedenen Zweige der Naturwissenschaften und der hierdurch begründeten technischen Disziplinen bereitgestellt. Wissenschaftlich gewonnene Erkenntnisse beruhen dabei - etwa im Unterschied zu praktischen Erfahrungen und zum Alltagswissen - auf spezifischen Methoden der Erkenntnis und unterliegen spezifischen Kriterien, nach denen ihr Wahrheitsgehalt beurteilt wird. Auf diese Weise sind in der Geschichte industrieller Gesellschaften naturwissenschaftlich begründete Erkenntnisse vielfach an die Stelle "nicht-wissenschaftlich" gewonnenen und begründeten Wissens getreten und haben dieses ersetzt, korrigiert und erweitert. Technischer Fortschritt beruht - so gesehen - wesentlich auf der Vertiefung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und ihrer Anwendung. Mängel, die bei der konkreten Realisierung von Innovationsprozessen auftreten, sind demzufolge auch am ehesten durch eine intensivere und systematischere Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse oder/und deren Vertiefung zu bewältigen.

Untersuchungen zur historischen Entwicklung betrieblicher Innovationsprozesse zeigen, daß sich die systematische Nutzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in den verschiedenen Branchen industrieller Produktion mit jeweils unterschiedlichem Gewicht und unterschiedlicher Beschleunigung vollzieht (Bieber, Möll 1993, S. 99 ff.; König 1989). So sprechen sozialwissenschaftliche Untersuchungen zu betrieblichen Innovationsprozessen im Maschinenbau noch nach dem Zweiten Weltkrieg von der Dominanz eines sog. "praxisorientierten Innovationsmusters" (vgl. die

Beiträge von Manske, S. 103 ff., und Hirsch-Kreinsen, S. 11 ff., in diesem Band). Charakteristisch hierfür ist eine enge Beziehung zu den Anwendern; fertigungstechnische Entwicklungen im Maschinenbau unterliegen sehr direkt den "Anforderungen" der Anwender. Es entstehen auf diese Weise sog. "angeleitete Innovationen", da der Anwender die Entwicklung von Produktionsmitteln anregt wie auch kontrolliert. Auch nach dem Verkauf der Produkte erhalten die Konstrukteure Informationen der Anwender über positive wie negative Erfahrungen (Hirsch-Kreinsen 1993, S. 5). Ein weiteres Merkmal sind Kontakte und teils Kooperationen zwischen technischer Entwicklung und Fertigung. Trotz organisatorischer und räumlicher Ausdifferenzierung erhalten und nutzen Konstrukteure Informationen aus der Werkstatt als Anstöße für Entwicklungen wie auch für deren Korrektur und Verbesserung.² Des Weiteren wird - trotz Rekrutierung akademisch ausgebildeten Personals - ein Großteil der in technischen Büros eingesetzten Arbeitskräfte aus dem Bereich von Facharbeitern und einer entsprechenden beruflichen Sozialisation rekrutiert. Grundlage hierfür sind innerbetriebliche Aufstiegswege sowie spezielle Bildungseinrichtungen und -wege, durch die Facharbeiter aus den gewerblich-technischen Berufen zusätzliche Qualifizierungsmöglichkeiten erhalten (Drexel 1993, S. 129 ff.; Hirsch-Kreinsen 1993, S. 197 ff.). Damit wird sowohl ein spezielles "Produktionswissen" in die technische Entwicklung einbezogen als auch eine soziale Nähe zwischen Entwicklung und Produktion gewährleistet.

Wie vorliegende Untersuchungen zeigen, scheint jedoch spätestens seit Anfang der 80er Jahre das traditionelle "praxisorientierte Innovationsmuster" im Maschinenbau angesichts neuer Anforderungen und Konkurrenz auf den Märkten, ebenso aber auch hinsichtlich seiner qualifikatorischen Basis, an Grenzen zu stoßen. Es vollziehen sich in den Betrieben Veränderungen, die sich summarisch als Tendenz zu einem stärkeren "wissenschaftsorientierten Innovationsmuster" bezeichnen lassen (Kalkowsky, Manske 1993). Speziell die IuK-Technologien führen hier z.B. zu einer Situation, in der das traditionelle Wissen der Maschinenbauer als unzureichend erscheint und durch andere, sehr viel stärker akademisch orientierte Disziplinen ergänzt werden muß. Entsprechend wird u.a. die Tendenz zur

2 Vergleiche hierzu z.B. die Darstellung einer "innovativen Gesamtorganisation" in einem mittelständischen Betrieb des Maschinenbaus bei Asdonk u.a. 1991, S. 296 f.

"Akademisierung" des technischen Personals weiter forciert, was auch durch die Reformen im öffentlichen Bildungssystem gefördert wird (vgl. z.B. Lutz, Kammer 1975). Doch scheinen die Ergebnisse dieser Veränderungen bisher (noch) nicht eindeutig fixiert. Zutreffend scheint vielmehr: "Die Unternehmen befinden sich noch in einer Phase des Ausprobierens von unterschiedlichen ... Konzepten, die zur Steigerung der Innovationsfähigkeit beitragen sollen. Der Ausgang dieser Experimente ist noch offen. Grundsätzlich ist es aber für den Maschinenbau ein unabweisbares Erfordernis, vermehrt Theoretiker und Spezialisten für die Bewältigung ihrer Innovationsvorhaben zusammenzubringen". Dies aber wiederum - so die Feststellung - macht es zugleich für die Betriebe notwendig, "mit Hilfe organisatorischer Maßnahmen zu verhindern, daß Theorie und Praxis zu weit auseinanderdriften" (Kalkowsky, Manske 1993, S. 83).

Unsere These ist, daß damit ein sehr weitreichendes Problemfeld angesprochen ist. Die hier hervorgehobene notwendige Verbindung von "Theorie" und "Praxis" läßt sich weder durch eine einfache "Rückkehr" zu einem "praxisorientierten Innovationsmuster" bewältigen noch durch die bloße Etablierung neuer Organisationsformen, durch die z.B. eine Kommunikation und Kooperation zwischen Entwicklung und Fertigung intensiviert und soziale und räumliche Distanzen abgebaut werden. Solche Lösungen greifen zu kurz. Notwendig ist eine sehr viel grundlegender und tiefer ansetzende Auseinandersetzung mit den Prämissen (Grundsätzen), durch die die Verwissenschaftlichung technischer Innovationen geleitet wie auch begründet wird. Das Kernproblem liegt dabei nicht einfach darin, daß die Verwissenschaftlichung zu einer Distanz gegenüber der Praxis führt und daher "die Umsetzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in technische Artefakte immer der Ergänzung und Korrektur durch Praxis und Erfahrung bedarf" (Hirsch-Kreinsen 1993, S. 36). Es trifft nicht zu, daß Verwissenschaftlichung grundsätzlich zu einem Verlust des Praxis- und Erfahrungsbezuges führt - wie es z.B. in vielzitierten Gegenüberstellungen von Theorie und Praxis suggeriert wird. So definieren sich gerade die Naturwissenschaften als empirische Erfahrungswissenschaft, und speziell die Ingenieurwissenschaften haben - trotz Akademisierung - nicht nur traditionell, sondern auch noch gegenwärtig eine sehr starke Ausrichtung auf die Lösung praktischer Probleme. Das Problem der Verwissenschaftlichung reduziert sich daher nicht auf die (einfache) Frage des Verlusts oder der (Wieder-)Herstellung eines Praxisbezugs. In Frage steht vielmehr der "Begriff" von Praxis und deren Einschätzung aus der Perspektive der

Verwissenschaftlichung. Unsere Behauptung ist, daß aus der Perspektive der Verwissenschaftlichung die praktische Anwendung von Technik sehr wohl berücksichtigt wird, es sind dabei aber Annahmen und Sichtweisen vorherrschend, durch die - trotz Berücksichtigung - wichtige Aspekte der Praxis nicht gesehen oder/und nicht angemessen beurteilt werden.

Im folgenden wird versucht, dies näher zu begründen.

2.2 Verwissenschaftlichung und die Systematik objektivierenden Handelns

Die Verwissenschaftlichung technischer Innovationsprozesse beinhaltet nicht nur auf einer kognitiven Ebene die Anwendung eines bestimmten Wissens; es verbindet sich hiermit auch eine sehr umfassende soziale Strukturierung technischer Innovationsprozesse. Wissenschaftsbasierte Vorgehensweisen bei der Technikentwicklung charakterisieren sich durch eine besondere "Handlungsstruktur", die sich als "objektivierendes Handeln" bezeichnen läßt. Betont wird damit die Orientierung an objektiven, personen- wie situationsunabhängigen Methoden, Wissen und Regeln. Systematisch lassen sich hier vier Merkmale eines solchen wissenschaftlich geleiteten Vorgehens bestimmen:

- Wissen und Kenntnisse werden in Form eines kategorialen und formalisierbaren Wissens dargelegt und kommuniziert. Es wird davon ausgegangen, daß sich insbesondere die Eigenschaften und Bewegungen von physikalisch-organischen Gegebenheiten durch ein solches Wissen umfassend beschreiben lassen. Des weiteren beruhen wissenschaftliche Erkenntnisse und ihre Anwendung auf einer primär verstandesmäßigen, intellektuellen Analyse.
- Die sinnlich-praktische Erfahrung wird dabei jedoch nicht - wie fälschlicherweise oft unterstellt - ausgegrenzt; entscheidend ist, daß ihr eine spezifische Funktion zugewiesen und sie hierauf ausgerichtet wird. Die sinnliche Wahrnehmung hat sich darauf zu richten, möglichst exakt Informationen aufzunehmen (zu registrieren) und sie der verstandesmäßigen Verarbeitung zuzuführen oder/und theoretisch gewonnene Kenntnisse empirisch zu überprüfen. Gefordert wird, daß sich die sinnliche Wahrnehmung auf objektiv überprüfbare und definierbare Eigenschaften bezieht und subjektive Deutungen ausgeschaltet wer-

den. Sinnliche Wahrnehmungen und Erfahrungen müssen demzufolge vom subjektiven Empfinden abgelöst und der verstandesmäßigen Kontrolle und Anleitung untergeordnet werden. Dies gelingt um so mehr, als die einzelnen Sinne - nach dem Modell technischer Instrumente - wechselseitig voneinander isoliert und spezialisiert werden. Der Praxisbezug wird dabei nicht ausgegrenzt, jedoch wird er "objektiviert" oder anders ausgedrückt: Praxis gerät nur dann und soweit ins Blickfeld, als sie sich durch objektivierbare Kriterien erfassen, definieren und beurteilen läßt (vgl. Kutschmann 1986).

- Die Gewinnung von Erkenntnissen (Wissen) wird dabei von unmittelbar praktischem Handeln getrennt. Praktisches Handeln erhält primär die Funktion der "Anwendung" von (wissenschaftlichen) Erkenntnissen bzw. der "Ausführung" der auf einer Basis formulierten (Handlungs-)Ziele, Pläne, Regeln und Verfahrensweisen. Dies besagt, daß wissenschaftlich geleitetes Vorgehen zwar keineswegs - wie ebenfalls oft falsch unterstellt - unmittelbar praktisches Handeln ausgrenzt; entscheidend ist aber, daß die Gewinnung von Erkenntnissen und die Planung einerseits sowie die praktische Realisierung andererseits als zwei getrennte und sequentiell aufeinanderfolgende sowie hierarchisch zueinander geordnete Prozesse organisiert sind. Diese Trennung und Abfolge gelten auch dann, wenn organisatorisch und personell Planung und praktische Realisierung zusammengefaßt sind. Auch bei einer Rückkopplung von Erfahrungen, die bei der praktischen Realisierung gewonnen werden, ist diese Handlungsstruktur leitend, so daß sich gerade auch ein wissenschaftlich geleitetes Vorgehen durch beständige empirische Rückkopplungen mit der Praxis nicht nur verträgt, sondern dies hierfür geradezu konstitutiv sein kann. Entscheidend ist daher nicht, ob ein Bezug zur Praxis besteht, sondern in welcher Weise dieser erfolgt ist (s.o.).
- Grundlegend ist schließlich die Unterscheidung zwischen Subjekt und Objekt. Insbesondere materielle Gegebenheiten sind demnach von sog. subjektiven Gegebenheiten grundsätzlich verschieden, was speziell in der Unterscheidung zwischen dem "Subjektiven" als spezifisch "Menschlichem" und dem "Objektiven" als spezifisch "Gegenständlich-Naturhaften" zum Ausdruck kommt. Ausgangspunkt hierfür ist, daß naturhaft Gegenständliches durch objektiv erfaßbare (meßbare) Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten bestimmt ist und sich daher

auch der kognitive und praktische Umgang mit ihnen hierauf beziehen muß. Subjektivität erscheint demgegenüber als primär menschliches intentionales Handeln oder psychisch-emotionales Empfinden u.ä., die bei einem "objektiven" und "sachgemäßen" Umgang mit "Gegenständen" weitmöglichst auszuschalten ist.

Unsere These ist, daß im Zuge der Verwissenschaftlichung von Technikentwicklung betriebliche Innovationsprozesse sowohl auf kognitiver als auch auf institutionell-organisatorischer Ebene durch die Systematik "objektivierenden Handelns" geprägt werden und hierdurch in besonderer Weise der Bezug zur betrieblichen Praxis (Technikanwendung) geformt bzw. umgeformt wird. Ziel der folgenden Ausführungen ist es, einen analytischen Bezugsrahmen und Thesen zu (systematischen) Zusammenhängen zwischen der Verwissenschaftlichung und den institutionell-organisatorischen Strukturen betrieblicher Innovationsprozesse zu umreißen.

2.3 Organisation betrieblicher Technikentwicklung - Einfluß der Verwissenschaftlichung

Der (systematische) Zusammenhang zwischen der sozialen Organisation betrieblicher Innovationsprozesse und Verwissenschaftlichung der Technikentwicklung sei anhand von fünf Charakteristika betrieblicher Innovationsprozesse näher ausgeführt und begründet. Es sind dies: (1) die Trennung und Distanz zwischen Entwicklung und Fertigung, (2) die externe Rekrutierung und Akademisierung des technischen Personals, (3) die Automatisierung als Leitbild und Zielsetzung für technische Innovationen, (4) das wissenschaftlich geleitete methodische Entwickeln und Konstruieren sowie (5) der Einsatz rechnergestützter Technologien bei Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeiten.

Damit wird nicht behauptet, daß konkrete betriebliche Innovationsprozesse vollständig hierdurch geprägt sind. Aufgegriffen werden vielmehr bestimmte Prinzipien und Tendenzen, durch die in der bisherigen Entwicklung Veränderungen in der Organisation betrieblicher Innovationsprozesse maßgeblich geprägt werden (bzw. wurden). Sie werden gegenwärtig zumindest teilweise auch als Hemmnisse für betriebliche Innovationsprozesse begriffen (z.B. Distanz zwischen Entwicklung und Fertigung), doch werden sie dabei nicht in ihrem Zusammenhang mit der Verwissen-

schafftlichung von Technikentwicklung gesehen. Eine Folge hiervon ist, daß einerseits zwar nach neuen Organisationsformen gesucht wird, andererseits aber wichtige Hemmnisse wie auch Voraussetzungen für ihre Realisierung und praktischen Erfolge nicht verändert, sondern eher in gleicher Weise wie bisher durch eine weitergehende Verwissenschaftlichung technischer Innovationen forciert werden.

(1) Trennung und Distanz zwischen Entwicklung und Fertigung

Es ist ein seit langem zu beobachtendes Prinzip der Organisation industrieller Innovationsprozesse, daß technische Entwicklungen nicht unmittelbar mit Produktionsarbeit verbunden sind und aus ihr hervorgehen, sondern hierfür eigenständige betriebliche Abteilungen geschaffen werden (vgl. zur historischen Entwicklung König 1989). Organisatorisch entsteht damit eine Trennung und Spezialisierung gegenüber der Produktion. Betriebsübergreifend wird dies ergänzt durch Nutzung und Kooperation mit universitären oder universitätsnahen wissenschaftlichen Instituten (Hirsch-Kreinsen 1993, S. 191 ff.). Diese institutionell-organisatorische Trennung und Ausdifferenzierung folgt in besonderer Weise der zuvor dargestellten Logik wissenschaftlich-objektivierenden Handelns und wird hierdurch begründet. Sie entspricht der Trennung von Planen und Ausführen. Es handelt sich hier daher auch nicht nur um einen einfachen Prozeß der Ausdifferenzierung - wie dies etwa system-theoretisch orientierte Analysen komplexer Organisationen nahelegen würden; vielmehr erfolgt zugleich eine hierarchische Unterordnung der Fertigung unter die technische Entwicklung. Die "ursprüngliche" Integration von Fertigung und technischer Entwicklung wird damit nicht nur getrennt, sondern auch in ihrem Verhältnis zueinander neu geordnet.

Verwissenschaftlichung - so die These - stützt damit die Herausbildung betrieblicher Organisationsformen, bei der die Fertigung auf bloße "Ausführung" reduziert wird. Rückkoppelungen der Entwicklung mit der Fertigung werden damit zwar nicht ausgeschlossen, jedoch werden sie grundsätzlich sowohl in ihrer Gültigkeit als auch praktischen Relevanz von der Beurteilung durch die Entwicklung und Konstruktion abhängig. Erfahrungen, die in der Fertigung gewonnen werden, können damit zwar als Anstöße für technische Entwicklungen oder ggf. Korrekturen fungieren, jedoch hängt dies grundsätzlich davon ab, ob diese den von der Entwicklung und Konstruktion vorgegebenen Kriterien entsprechen, d.h. durch sie akzeptiert werden bzw. überhaupt zur Kenntnis genommen werden.

Die Praxis muß dabei durch das "Nadelöhr" der "Objektivierung", um bei technischen Innovationsprozessen Berücksichtigung zu finden. Zugleich wird der Bezug zur Praxis durch die Prämisse ihrer wissenschafts-methodischen Erkennbarkeit und damit auch Reproduzierbarkeit bestimmt. Praxis muß demnach nicht immer wieder in neuer Weise erkannt und erforscht werden; vielmehr scheint es möglich, sich auf der Basis eines bestimmten Kanons an Wissen ein ausreichendes Bild über praktische Gegebenheiten zu verschaffen und sich hieran zu orientieren. Die Prämisse der Berechenbarkeit physikalisch-organischer Prozesse bietet zugleich die Gewißheit, mittels bestimmter Ausgangsdaten prognostisch konkrete Abläufe und Wirkungen zu bestimmen, ohne diese erst empirisch realisieren und beobachten zu müssen.

Die Distanz zwischen Entwicklung und Fertigung kann daher auch nicht verhindert oder überwunden werden, wenn einerseits zwar organisatorisch die Distanz zwischen Entwicklung und Fertigung reduziert wird (z.B. Projektgruppen, räumliche Zusammenlegung), andererseits aber das hierarchische Verhältnis zwischen technischer Entwicklung (Planung) und Fertigung grundsätzlich aufrecht erhalten bleibt.

(2) Externe Rekrutierung und Akademisierung des technischen Personals

Die Tendenz, das für Konstruktion und Entwicklung zuständige technische Personal nicht mehr nur aus der Produktion, sondern vermehrt aus Hochschulabgängern zu rekrutieren ("Akademisierung", vgl. 2.1), verstärkt einerseits die organisatorisch-institutionelle Trennung zwischen Entwicklung und Fertigung, sie wird andererseits aber hierdurch auch erst ermöglicht und gestützt. Die organisatorisch-institutionelle Trennung findet hierdurch ihren personellen Ausdruck in Form einer spezifischen Arbeitsteilung zwischen unterschiedlichen Arbeitskräfte- und Qualifikationsgruppen. Der Trennung zwischen Planen und Ausführen - gemäß der Logik "objektivierenden Handelns" - entspricht hier die personelle Unterscheidung zwischen planend-dispositiven "geistigen" und primär "ausführenden" körperlichen Arbeiten. Praktische Tätigkeit und Erfahrungswissen des Werkstattpersonals zählen dementsprechend primär (nur) zur Ausführung und sind grundsätzlich wissenschaftlich fundiertem Wissen unter- und nachgeordnet. Die Beteiligung des Werkstattpersonals an technischen Innovationen - die über deren praktischen Test hinausgeht - entbehrt aus dieser Sicht jeglicher qualifikatorischen Grundlage. Zugleich

verbindet sich mit der wissenschaftlichen Ausbildung auch der - implizite oder explizite - Anspruch, konkrete Produktionsgegebenheiten in der betrieblichen Praxis "ex ante" systematisch erfassen und beschreiben zu können. Hilfestellungen durch das Werkstattpersonal erscheinen unter dieser Prämisse sehr schnell als Versagen und Unzulänglichkeit des technischen Personals.

Die - in der Praxis durchaus anzutreffende - Weigerung des technischen Personals, überhaupt mit Produktionsarbeitern zu diskutieren und deren Vorschläge anzuhören, ist hier nur eine mögliche, aber keineswegs zwangsläufige Folge. Die soziale Distanz besteht ebenso auch bei direkter Kooperation, wenn von einer grundsätzlichen Überlegenheit wissenschaftlich basierten Vorgehens gegenüber dem bloßen "Erfahrungswissen" der Produktionsarbeiter ausgegangen wird. In bisherigen Diskussionen hierzu wird z.B. vorrangig auf die Notwendigkeit der technisch-wissenschaftlichen Qualifizierung der Produktionsarbeit als Voraussetzung für eine Kommunikation mit dem technischen Personal hingewiesen.

Demgegenüber belegen neuere Untersuchungen, daß das sog. Erfahrungswissen des Werkstattpersonals eine spezifische Form des Wissens darstellt, das auf besonderen Methoden des sinnlich-praktischen Umgangs mit Arbeitsmitteln und -gegenständen beruht und das weder dem wissenschaftlich fundierten Wissen (grundsätzlich) unterlegen noch durch dieses ersetzbar ist (siehe hierzu ausführlicher unter 3.2). Unsere These ist daher, daß Kooperations- und Kommunikationsprobleme zwischen Werkstatt und technischer Entwicklung nicht primär im fehlenden Wissen des Werkstattpersonals, sondern in unterschiedlichen Methoden liegen, mit denen praktische Gegebenheiten erfaßt und beurteilt werden. Diese sind zugleich in jeweils sozio-kulturell und biographisch unterschiedlichen Handlungsmustern eingebettet. Kooperations- und Kommunikationsprobleme zwischen Werkstatt und technischer Planung resultieren in dieser Sicht aus einer wechselseitigen Abgrenzung und Abschottung unterschiedlicher beruflicher Kulturen, die sich nur sehr begrenzt auf ein Repertoire von gemeinsamen Kommunikations- und Interaktionsformen beziehen können. Eine Folge hiervon ist, daß auch dann, wenn Kontakte zwischen dem (akademisch ausgebildetem) technischen Personal und Fachkräften in der Werkstatt bestehen (oder aufgebaut werden), das Werkstattpersonal - wenn überhaupt - nur sehr begrenzt seine Sichtweise und Kenntnisse der Praxis einbringen und verständlich machen kann. Wichtige Informationen

gehen auf diese Weise verloren oder werden erst gar nicht artikuliert, weil sie nicht oder nur begrenzt dem technischen Personal mitteilbar sind. Aus der Sicht des technischen Personals bestätigt dies wiederum, daß seitens des Werkstattpersonals kaum neue verwertbare Erkenntnisse eingebracht wurden. So kommt es gerade auch in der Kooperation zwischen dem (akademisch ausgebildetem) technischen Personal und Werkstattpersonal zu einem zirkularen Aufschaukeln wechselseitiger Kommunikations- und Verständnisprobleme, die eher zur Bestätigung als zur Veränderung und Integration unterschiedlicher Sichtweisen und Kenntnisse praktischer Gegebenheiten führen.

(3) Automatisierung als Leitbild

Es ist eine weitverbreitete Annahme, daß sich das Niveau der technischen (Weiter-)Entwicklung von Maschinen und Produktionsanlagen daran bemißt, inwieweit es gelingt, menschliche Arbeitskraft zu ersetzen. Die vollständige Automatisierung der Arbeits- und Produktionsabläufe ist demnach das höchste Stadium der Technisierung. Sie ist daher auch ein wichtiges Leitbild für technische Innovationen (z.B. geschlossener Regelkreis). Nach dieser Auffassung ist die Tendenz zur Automatisierung ein grundlegendes Merkmal der technischen Entwicklung. In der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Technik und den zahlreichen Versuchen, Technik zu definieren, finden sich für diese Auffassung zahlreiche Belege.³

Auf der Basis historischer Untersuchungen zur Technikentwicklung erscheint eine solche Definition von Technik jedoch keineswegs zwingend. Speziell an der Entwicklung von Werkzeugmaschinen lassen sich vielfältige technische Innovationen nachweisen, die auf die Bewältigung produktionstechnischer Anforderungen abzielten, ohne damit zugleich auch menschliche Arbeitskraft einzusparen. Exemplarisch hierfür sind technische Innovationen im Bereich manuell gesteuerter, universal einsetzbarer Werkzeugmaschinen. Ferner zeigt sich, daß für bestimmte Produktionsaufgaben Automaten schon sehr früh entwickelt wurden, diese aber weder

3 Exemplarisch hierfür sind der geschlossene Regelkreis als "Ideal" der technischen Entwicklung in Natur- und Technikwissenschaften, die Definition von Technik als Organersatz in der Technikphilosophie, etwa bei A. Gehlen (1986), oder die Definition von Technisierung als Einsparung menschlicher Arbeit in der industriesoziologischen Forschung, z.B. bei Kern, Schumann 1985.

die (Weiter-)Entwicklung manuell gesteuerter Maschinen ersetzt haben, noch - technisch gesehen - die Automaten gegenüber manuell gesteuerten Maschinen ein "höheres Niveau" aufwiesen (Ruby 1993, S. 3 ff.). Erst in Zusammenhang mit dem Einsatz der Mikroelektronik wird demgegenüber die Automatisierung zu einem allumfassenden "Leitbild" bei technischen Innovationen im Bereich von Werkzeugmaschinen (Böhle u.a. 1993, S. 19).

Unsere These ist, daß Automatisierung ein Leitbild für technische Innovationen darstellt, das sich nicht aus dem "Wesen" von Technik schlechthin begründet; es resultiert vielmehr aus der Anwendung der Prämissen (natur-)wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden für technische Entwicklungen. Der Verwissenschaftlichung technischer Innovationen entspricht ein Begriff von Technik als eigenständige, gegenüber menschlichen Eingriffen abgeschottete, technische System- und Wirkungszusammenhänge (Böhle 1992, S. 87 ff.). Automatisierung ist die Realisierung von Technik gemäß einer nach eigenen, objektiven Gesetzmäßigkeiten ablaufenden "Objektwelt", die in keiner unmittelbaren Interaktion mit menschlichem Handeln steht (Subjekt-Objekt-Trennung). Soweit das Ideal eines sich selbst steuernden Systems (noch) nicht erreicht ist, wird die notwendige (technisch noch nicht ersetzte) menschliche Arbeit in gleicher Weise definiert und beurteilt wie die technischen Systeme selbst: als ausführende Arbeit, die bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterliegt. Menschliche Arbeit, die in direkter Interaktion mit technischen Systemen steht und für ihre Funktionsfähigkeit notwendig ist, gehört demnach selbst primär zur "Objektwelt" und ist entsprechend "subjektlos". Die Standardisierung von Arbeitsvollzügen, ihre Organisation nach technisch-wissenschaftlichen Prinzipien bis hin zur weitestmöglichen Ausschaltung der Arbeitenden als Subjekte sind ein konsequenter Ausdruck einer solchen (natur-)wissenschaftlich begründeten Sicht physikalisch-organischer Prozesse und Gegebenheiten. Die in dieser Weise zur Technik gehörende Arbeit ist demzufolge auch nicht nur ausführende, sondern auch primär körperliche Arbeit. Abgesondert hiervon ist die eigentlich menschliche Arbeit im Sinne planender dispositiver geistiger Tätigkeit. Der Umgang mit Technik ist hier - entsprechend dem Verhältnis Mensch/Natur - primär durch "Beherrschung" und "instrumentelle Nutzung" charakterisiert. Kritik an den inhumanen Bedingungen einer zum Funktionieren von Technik (noch) notwendigen ausführenden Arbeit bezieht sich demnach primär auf die fehlenden und eingeschränkt planenden, dispositiven, geistigen Anteile von

Arbeit. Bemühungen, technische Entwicklungen zur Verbesserung und Humanisierung von Arbeit zu nutzen und weiterzutreiben, orientieren sich dementsprechend primär an dem Kriterium, die "ausführende" praktisch sinnliche Arbeit zu reduzieren und die Anteile "planend dispositiver" geistiger Aufgaben auszuweiten.

Auf diesem Hintergrund wird erkennbar, daß negative Erfahrungen mit Bestrebungen zur Vollautomatisierung (z.B. CIM-Ruinen) oder zur Reduzierung menschlicher Arbeit auf einfache Maschinenbedienung (Taylorismus) nur dann zu neuen Ansätzen einer humanorientierten Arbeits- und Technikgestaltung führen, wenn auch grundlegende Prämissen der Verwissenschaftlichung von Technik mit zur Diskussion gestellt werden. So macht es z.B. einen erheblichen Unterschied, ob empirisch auftretende Grenzen der Automatisierung durch aktuell bestehende technische, wissenschaftliche oder auch ökonomische Probleme begründet werden oder ob grundsätzlich eine vollständige technisch-wissenschaftliche Beherrschung konkreter Produktionsabläufe als fraglich angesehen wird. Letzteres hätte z.B. zur Folge, daß auch die Kriterien für die Definition des "technischen Fortschritts" neu zu definieren wären. Und ebenso macht es auch einen erheblichen Unterschied, ob die Kriterien für eine menschenwürdige Arbeit primär an den geistig-dispositiven und planenden Anteilen von Arbeit orientiert sind oder ob in gleicher Weise auch sinnlich praktische Erfahrungen als besondere und unverzichtbare menschliche Fähigkeiten beurteilt und berücksichtigt werden. Wird dies nicht beachtet, erweisen sich - wie oft in der Geschichte - vermeintlich "neue Lösungen" letztlich nur als modifizierte und an neue Bedingungen angepaßte Strategien zur Realisierung der "alten" Ziele.

(4) Methodisches Entwickeln und Konstruieren

Die (natur-)wissenschaftliche Fundierung technischer Entwicklungen findet ihren besonderen Niederschlag in der Herausbildung der sog. Ingenieurwissenschaften und deren institutionellen Verankerung an den technischen Universitäten und universitätsnahen wissenschaftlichen Instituten. Die ingenieurwissenschaftliche Fachrichtung des Maschinenbaus bildet dabei neben der Fachrichtung Elektrotechnik den historischen "Kern" der technischen Hochschulen (Hirsch-Kreinsen 1993, S. 209). Ein Ziel der wissenschaftlichen Fundierung technischer Entwicklungen ist nicht nur die praktische Anwendung und Nutzung naturwissenschaftlicher Erkenntnis-

se, sondern vor allem auch die Entwicklung eines systematisch-methodischen Vorgehens bei der Suche nach (neuen) technischen Lösungen (Oelsner 1992; 1992a; Müller 1990). Das hierbei anvisierte methodische Vorgehen versteht sich als eine Überwindung eines nur praktischen Experimentierens und/oder sog. "intuitiver" Entscheidungen. Es sollen Vorgehensweisen entwickelt und angewandt werden, die unabhängig von einem praktischen Probieren und persönlichen Einfällen die Lösung eines technischen Problems garantieren. Damit werden Grundlagen geschaffen, um technische Innovationen gerade auch unabhängig von jeweils aktuellen praktischen Anwendungserfordernissen weiterzutreiben; des weiteren reduziert sich bei der Suche nach neuen technischen Lösungen die Abhängigkeit von der Kreativität und dem Engagement individueller "Erfinderpersönlichkeiten" zugunsten der Institutionalisierung kontinuierlicher planmäßig und systematisch ablaufender Forschungs- und Entwicklungsprozesse.

Eine solche wissenschaftlich begründete Systematisierung der Innovationsprozesse geht davon aus, daß Technik auf der praktischen Anwendung von "Naturgesetzen" beruht und Technikentwicklung dementsprechend sich auch nach den Prinzipien eines planmäßigen, wissenschaftlich geleiteten, objektivierenden Handelns vollzieht. Formen von Technikentwicklung, die dem nicht voll entsprechen, sind aus dieser Sicht entweder defizitär oder Stufen in einem allmählich voranschreitenden Prozeß der wissenschaftlichen Fundierung technischer Entwicklungen. Ohne gezielte Anwendungen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und eines planvoll methodischen Vorgehens finden dementsprechend technische Entwicklungen nicht oder nur in einem grundsätzlich beschränkten Rahmen statt.

Unsere These ist, daß die Interpretation technischer Innovationsprozesse als planmäßig systematisches Handeln auf der Grundlage naturwissenschaftlicher Methoden und Erkenntnisse den tatsächlichen Verlauf von Innovationsprozessen und ihrer Voraussetzungen nicht adäquat erfaßt. Abweichungen von wissenschaftlich-systematisch geleiteten Innovationsprozessen - wie z.B. sog. intuitive Einfälle oder ein eher pragmatisches Experimentieren - sind nicht a priori defizitär oder - sofern sie zu Erfolgen führen - eher Zufallsprodukte; ihre Bedeutung kann jedoch aus der Sicht der Verwissenschaftlichung und Logik "objektivierenden Handelns" nicht angemessen erkannt und beurteilt werden. Die Verwissenschaftlichung des Ingenieurhandelns führt daher auch nicht per se und allumfassend zu einer

Steigerung der Effizienz technischer Innovationen. Ermöglicht und forciert werden damit primär nur bestimmte Effekte - wie z.B. die Organisation kontextunabhängiger Innovationsprozesse, die aus der Distanz zur Praxis weitergetrieben werden und sich zugleich als objektivierbare Prozesse in eine betriebliche Kontrolle und Verwaltung einbinden lassen. Fraglich ist jedoch, ob sich damit auch die für technische Innovation ebenso notwendige Kreativität und (subjektives) Engagement ausreichend mobilisieren und nutzen lassen.

Ein weiteres hier zu nennendes Problem der Verwissenschaftlichung des Ingenieurhandelns ist die Abhängigkeit von "gesichertem Wissen". Etwas überspitzt formuliert, besagt dies, daß technische Lösungen nur dann und insoweit gefunden werden können, als sie auf gesicherten Erkenntnissen über die Wirkungsweise technischer Prinzipien und ihrer Funktionen beruhen. Der praktische Test erfüllt hierbei die Funktion der Überprüfung (Bestätigung) bestimmter Annahmen. Sofern bei der Planung richtig vorgegangen wird, ist auch ein bestimmtes praktisches Ergebnis zu erwarten. Damit wird aber das Entwicklungs- und Konstruktionshandeln selbst primär "nur" zu einer Anwendung eines bestimmten Wissenskanons und entsprechend technischer Regeln. Die Suche nach technischen Lösungen wird hierdurch geprägt. Technische Lösungen, die sich auf wissenschaftlich ungesichertes Terrain begeben und deren praktische Ergebnisse begrenzt exakt prognostizierbar sind, werden auf diese Weise ausgegrenzt.

Auf diesem Hintergrund stellt sich die Frage, in welcher Weise nicht gerade durch das Bestreben zu einer zunehmenden wissenschaftlichen Fundierung technischer Innovationsprozesse entscheidende Differenzen zwischen wissenschaftlich geleitetem Vorgehen einerseits und praxis- sowie anwendungsbezogenen Ingenieurhandeln andererseits einseitig zugunsten wissenschaftlicher Methoden aufgelöst werden.⁴

(5) Forcierung der Verwissenschaftlichung durch technische Unterstützung

Die Technisierung von Entwicklungs- und Innovationsprozessen war lange Zeit auf Hilfswerkzeuge begrenzt. Erst in der neueren Entwicklung wurde

4 Vergleiche hierzu z.B. die Gegenüberstellung von Maschinenbauern und Informatikern im Hinblick auf die zukünftige Technikentwicklung bei Lutz, Veltz 1989, S. 213 ff.

auf der Basis von CAD-Systemen eine umfassendere technische Unterstützung des Konstruktions- und Entwicklungshandelns angestrebt. Als positiver Effekt wird insbesondere eine Entlastung von sog. Routineaufgaben herausgestellt. Als negativer Effekt wurde demgegenüber eine stärkere Taylorisierung des Ingenieurhandelns prognostiziert. Diese (negativen) Erwartungen sind jedoch nach vorliegenden Untersuchungen nicht oder wenn, dann nur begrenzt eingetreten (Wolf u.a. 1992, S. 190). Vielmehr zeigt sich, daß trotz Computerisierung spezifische Formen auftragsbezogener Gruppenarbeit in der Konstruktion ebenso ihre Bedeutung behalten wie insgesamt die zentralen objektbezogenen Aufgabenstellungen und Zuordnungen mitsamt den jeweils geforderten Qualifikationskomponenten (ebd., S. 293). Das entscheidend "Neue" scheint demgegenüber primär die Einbindung von Konstruktion und Entwicklungsarbeit in einen umfassenden Prozeß "systemischer Rationalisierung" zu sein. Der Einsatz von CAD-Systemen in Konstruktion und Entwicklung ist demzufolge im Kontext einer umfassenden Neustrukturierung des betrieblichen Informationssystems insgesamt zu sehen. CAD-Systeme sind daher nicht nur als "technische Werkzeuge" von Konstruktion und Entwicklung zu betrachten, sondern ebenso auch als Basis für die Technisierung des Informationsflusses zwischen technischer Planung und Produktion.

Unsere These ist, daß gegenwärtig die vorherrschenden CAD-Systeme primär nach der Logik der Verwissenschaftlichung konzipiert sind. Damit wird in Verbindung mit dem Einsatz solcher Systeme der umrissene Einfluß der Verwissenschaftlichung auf technische Innovationsprozesse in besonderer Weise gestützt und forciert. Dies umfaßt sowohl die organisatorische personelle Trennung von Entwicklung und Produktion als auch das Entwicklungs- und Konstruktionshandeln selbst. Der Umgang mit CAD-Systemen führt daher bei Entwicklern und Konstrukteuren nicht - wie vermutet - primär zu einer "Taylorisierung" geistiger Arbeit. Eine wesentliche Auswirkung ist vielmehr, daß die Arbeit mit diesem System eine Anpassung an die Methodik wissenschaftlich-methodischen Handelns forciert bzw. erzwingt. Sofern technische Innovationsprozesse und Ingenieurhandeln als wissenschaftlich geleitetes Handeln begriffen werden, entsprechen solche technischen Konzepte durchaus dem Ziel, diese Prozesse technisch zu unterstützen und deren Effizienz zu steigern. Reduziert man demgegenüber jedoch technische Innovationsprozesse nicht nur auf die Systematik eines "objektivierenden Handelns", so erweist sich eine solche technische Unterstützung als in hohem Grade "einseitig". Ebenso wird er-

kennbar, daß den in der Praxis auftretenden Problemen, sei es im direkten Umgang mit CAD-Systemen oder bei deren Vernetzung mit anderen betrieblichen Teilprozessen, nicht allein auf dem Weg arbeitsorganisatorischer Anpassungsmaßnahmen oder ergonomischer Verbesserungen zu begegnen ist. Zu fragen ist vielmehr, in welcher Weise durch CAD-Systeme wichtige Ressourcen und Voraussetzungen technischer Entwicklungs- und Innovationsprozesse behindert werden und wie eine gezielte technische Unterstützung jener Prozesse und Charakteristika von Innovationsprozessen aussehen müßte, die von der Logik der Verwissenschaftlichung abweichen.

3. Erfahrung und subjektivierendes Handeln - Grundlagen einer "anderen" Systematik technischer Innovationen

3.1 Grenzen der Verwissenschaftlichung und offene Fragen

Empirisch lassen sich durchaus "Abweichungen" von den zuvor genannten Merkmalen betrieblicher Technikentwicklung finden. Es fehlt jedoch bislang eine systematische Begründung dafür, daß hierzu nicht nur Defizite, sondern wichtige Voraussetzungen für technische Innovationen liegen. Soweit dies vermutet wird, verweist man zumeist eher pauschal auf die Bedeutung der praktischen Erfahrung, die durch die Verwissenschaftlichung nicht ersetzt werden kann. Doch bleiben die Fragen unbeantwortet, weshalb der praktischen Erfahrung offenbar eine solche Bedeutung zukommt und welche Differenzen hier zu der wissenschaftlich geleiteten Berücksichtigung praktischer Anwendungsbedingungen und Erfordernisse von Technik bestehen.

Hirsch-Kreinsen kommt hier z.B. in einer neueren Untersuchung über die Entwicklung NC-gesteuerter Werkzeugmaschinen zu dem Schluß: "Insgesamt muß von einem mehr oder weniger ausgeprägten Spannungsverhältnis zwischen der Logik der Verwissenschaftlichung und den Erfordernissen praktisch-technischer Anwendung ausgegangen werden" (1993, S. 36). Es ist zu vermuten, daß eine solche Feststellung durchaus auf weite Zustimmung stößt. Kaum jemand bestreitet ernsthaft, daß die praktische Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse (zusätzlich) bestimmte Kennt-

nisse über das jeweilige Praxisfeld und den spezifischen Anwendungszusammenhang erfordert. Trotz des - hier weithin unterstellten - Konsens' sei jedoch behauptet, daß dabei zugleich wichtige Grundlagen, Voraussetzungen und Ressourcen technischer Innovationen nicht angemessen erkannt und berücksichtigt werden. Der Hinweis auf die notwendige praxisbezogene Ergänzung und Korrektur wissenschaftlicher Erkenntnis stellt letztlich die aus der Sicht der Wissenschaft formulierte Bedeutung und Überlegenheit wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden für technische Innovationsprozesse nicht in Frage. Sie müssen praxisbezogen ergänzt und ggf. korrigiert werden, jedoch gilt als weithin unbestritten, daß z.B. ein systematisch-methodisches Vorgehen bei der Suche nach technischen Lösungen angemessener und effektiver ist als ein bloßes praktisches Experimentieren oder sog. intuitive Entscheidungen.

Demgegenüber sei hier die These vertreten, daß neben wissenschaftlichen Methoden und Kenntnissen noch andere Formen des Wissens eine unverzichtbare Grundlage für technische Innovationen sind. Diese sind mehr als nur eine bloße Ergänzung und Korrektur der Verwissenschaftlichung, sie sind vielmehr eine eigenständige Grundlage und Ressource für technische Innovationsprozesse. Empirische Belege in der Geschichte der Technikentwicklung und der betrieblichen Praxis für technische Innovationen, die nicht oder nur sehr begrenzt durch die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden zustandekommen (bzw. kamen), wären demzufolge nicht umstandslos Ausdruck von (nur) vor-wissenschaftlichen Innovationsprozessen, deren Leistungsfähigkeit durch eine sukzessive Substitution durch wissenschaftlich basierte Kenntnisse und Methoden gesteigert wird. Zu fragen ist vielmehr, in welcher Weise sich hierin auch Formen des Wissens und methodischen Vorgehens zeigen, die auf einer anderen Systematik als der der Verwissenschaftlichung beruhen und deren Leistungen zwar durch Verwissenschaftlichung ergänzt, aber keineswegs umstandslos ersetzt werden können. Die historisch zweifellos beobachtbaren Leistungen der Verwissenschaftlichung technischer Innovationsprozesse beruhen in dieser Sicht primär in der "Ergänzung" anderer Methoden, nicht aber in ihrer Substitution. Verwissenschaftlichung erweist sich demnach jedoch in dem Maße als äußerst problematisch und kontraproduktiv, als sie zu einem alleinigen bzw. dominanten Muster für die Gestaltung technischer Innovationsprozesse wird. Dies muß nicht notwendigerweise eine vollständige Ersetzung anderer Formen des Wissens und der Vorgehensweisen beinhalten, entscheidend ist vielmehr deren Unterord-

nung unter die Prinzipien der Verwissenschaftlichung. Als entscheidende Frage stellt sich damit nicht, ob und in welcher Weise wissenschaftliche Erkenntnisse durch Praxis und Erfahrung ergänzt und korrigiert werden müssen; zentral wird vielmehr die Auseinandersetzung damit, was unter Praxis und Erfahrung hierbei verstanden wird und welchen Stellenwert sie im Prozeß der Technikentwicklung erhalten.

Eine solche Diskussion der Technikentwicklung richtet sich nicht gegen die Verwissenschaftlichung. Im Vordergrund steht vielmehr die systematische Analyse und Berücksichtigung dessen, was durch die Verwissenschaftlichung ausgegrenzt und substituiert wird. Erst auf dieser Basis stellt sich dann die Frage, welche Rückwirkungen dies auf Prozesse der Verwissenschaftlichung und deren konkrete Gestaltung hat. Des weiteren geht es hier auch nicht um eine nostalgische Verklärung und praktische Erneuerung sog. praxisbezogener Innovationsmuster, wie sie in der Geschichte der Technikentwicklung z.B. speziell im Bereich des Maschinenbaus aufgezeigt wurden (vgl. Kalkowski, Manske 1993). Einmal abgesehen von der Frage, in welcher Weise sie sich überhaupt praktisch wieder "rückgängig" machen lassen, würde ein solches Unterfangen ja von der Annahme ausgehen, daß die Lösung aktueller und zukünftiger Probleme lediglich durch einen Rückgriff auf bereits historisch entwickelte Lösungsmuster möglich wäre. Ziel der folgenden Überlegungen ist demgegenüber, Prinzipien der Organisation von Innovationsprozessen aufzuzeigen, die weder bloße "Abweichungen", "Vorstufen" oder "Ergänzungen" wissenschaftsbasierter Organisationsformen sind, sondern die eine eigenständige "Systematik" aufweisen und die in gleicher Weise wie die "Verwissenschaftlichung" als eine zentrale Grundlage der Technikentwicklung zu begreifen sind und daher systematisch zu fördern und (weiter-)zuentwickeln wären. Im folgenden sei ein konzeptueller Rahmen für eine solche Analyse "nicht-wissenschaftlich" geleiteter Innovationsprozesse vorgestellt.

3.2 Erfahrung und die Systematik subjektivierenden Handelns

Im Zentrum der folgenden Überlegungen steht ein erweitertes Verständnis von "Erfahrung" und "Subjektivität". Ausgangspunkt ist, daß Erfahrung und Subjektivität im praktischen Handeln weit mehr umfassen, als ihnen aus der Logik eines "objektivierenden Handelns" zugestanden wird. Dies gilt gerade auch für ein zielgerichtetes Handeln im Umgang mit Ge-

genständen. In der neueren wissenschaftlichen Diskussion wurde hier im Unterschied zu der Logik eines wissenschaftlich geleiteten "objektivierenden Handelns" das Konzept "subjektivierenden Handelns" entwickelt (Böhle, Milkau 1988). Dieses Konzept richtet sich darauf aufzuzeigen und zu begründen, in welcher Weise sog. nicht-objektivierbare und nicht-rationale Handlungskomponenten - wie z.B. intuitiv assoziatives Denken, gefühlsmäßig emotionale sinnliche Wahrnehmung und Empfindungen u.ä. - in einem systematischen Zusammenhang stehen und eine spezifische Handlungslogik konstituieren. Sie richtet sich - ebenso wie die Prinzipien objektivierenden Handelns - sowohl auf kognitive Prozesse als auch auf den praktischen Umgang mit Gegenständen. Im Unterschied zu den Prinzipien objektivierenden Handelns erlangen hier die sinnliche Erfahrung ebenso wie sog. subjektive Faktoren sowohl eine andere Ausprägung als auch einen anderen Stellenwert. Sie sind nicht nur eher untergeordnete und tendenziell störende Elemente, sondern sie sind vielmehr eine konstitutive Grundlage für den Erwerb von Kenntnissen ebenso wie für praktisches Handeln.

Ein Ausgangspunkt des Konzepts "subjektivierenden Handelns" ist, daß gerade auch physikalisch-organische Gegebenheiten Eigenschaften aufweisen, denen einerseits für praktisches Handeln hohe Bedeutung zukommt, die andererseits aber nicht oder nur sehr begrenzt nach den vorherrschenden Kriterien der "Objektivität" exakt definierbar und beschreibbar sind. Auch "Gegenstände" weisen demnach Eigenschaften und Verhaltensweisen auf, die nicht voll berechenbar, prognostizierbar und beherrschbar sind. Sowohl im kognitiven als auch im praktischen Umgang hiermit ergeben sich hieraus Ähnlichkeiten zu Eigenschaften und Verhaltensweisen von "Subjekten". Des weiteren wird davon ausgegangen, daß sich die kognitiven Leistungen von sog. subjektiven Faktoren wie Gefühl und Empfindungen nicht nur auf das beschränken, was ihnen aus der Perspektive eines "objektivierenden Handelns" zugesprochen wird. Betont wird insbesondere die Erkenntnisleistung der Sinne - insbesondere hinsichtlich der Wahrnehmung vielschichtiger, komplexer und nicht präzise beschreibbarer Eigenschaften und Wirkungszusammenhänge.

Mit dem Begriff "subjektivierend" wird betont, daß zum einen sog. subjektive Faktoren wie Gefühle, Empfindungen nicht ausgeschaltet werden, sondern wichtige Bestandteile sind, und zum anderen, daß auch solche Eigenschaften und Wirkungsweisen von der Umwelt als erkenntnis- und

handlungsrelevant berücksichtigt werden, die sich nicht "objektivieren" lassen. Im Vordergrund stehen damit nicht nur Eigenschaften und Wirkungsweisen, die personen- und kontextunabhängig sind, sondern ebenso auch solche, die primär nur in einem spezifischen situativen Kontext Geltung haben.

Mittlerweile liegen Untersuchungen vor, die belegen, daß ein "subjektivierendes Handeln" gerade auch im Arbeitsprozeß im Umgang mit technischen Arbeitsmitteln notwendig ist (vgl. Institut für Arbeitswissenschaft der GhK Kassel 1992; Böhle, Rose 1990; Böhle, Rose 1993; Bolte 1993; Schulze, Carus 1995; Carus, Schulze 1995 sowie den Beitrag von Carus, Schulze in diesem Band, S. 123 ff.).

Charakteristisch für ein subjektivierendes Handeln - insbesondere im Unterschied zu einem wissenschaftlich geleiteten objektivierenden Handeln - sind demnach: Formen sinnlicher Wahrnehmung, die vom subjektiven Empfinden nicht getrennt, sondern hiermit eng verbunden sind. Dabei beschränkt sich die sinnliche Wahrnehmung nicht nur auf (physiologische) Sinneseindrücke, sondern umfaßt ebenso auch (sinnliche) Abstraktionen und Strukturierungen (Gestalten). Dies beinhaltet auch Verknüpfungen zwischen dem, was konkret wahrgenommen wird mit (sinnlichen) Vorstellungen über (aktuell nicht wahrnehmbare) Gegebenheiten (Imagination). Eine solche sinnliche Wahrnehmung ist verbunden mit wahrnehmungs- und verhaltensnahen Formen menschlichen Denkens. Beispiel hierfür ist ein sog. "anschauliches" ebenso wie ein assoziatives, ganzheitliches Denken, dessen Systematik nicht auf formal-logischen Regeln, sondern auf ihrer Gegenstands- und Erlebnisbezogenheit beruht. Die zumeist vorherrschende geringere Bewertung von sog. anschaulichem gegenüber formal-logischem Denken unterschätzt, daß die hierfür notwendige Vorstellungskraft ("Imaginationsfähigkeit") ihrerseits wiederum auf der Fähigkeit zur komplexen und vielschichtigen sinnlichen Wahrnehmung beruht. Gefühle und subjektives Involvement sind hierbei nicht ausgeschlossen, sondern ein wichtiger Bestandteil. Wahrnehmen und Erkennen beruhen auf der subjektiven "Nähe" bei einer sympathetischen Verbundenheit mit der Umwelt. Anstelle der Distanz zwischen "Subjekt" und "Objekt" wird eine Einheit hergestellt und von Gemeinsamkeiten ausgegangen. Auf dieser Basis kann sich Wahrnehmen und Erkennen durch Identifikation bzw. mimetisch-identifikatorischen Nachvollzug vollziehen. "Anderes" wird anhand eigener Erfahrungen entschlüsselt und interpretiert. Dem entspricht

auch, daß kognitive Prozesse und praktisches Handeln nicht getrennt, sondern unmittelbar miteinander verschränkt sind. Erkennen vollzieht sich durch praktisches Handeln. Grundlage hierfür sind dialogisch-interaktive Handlungsweisen, bei denen nicht einseitig (aktiv) agiert oder (passiv) reagiert wird, sondern durch eine Gleichzeitigkeit von Aktion und Reaktion, Wirkung und Rückwirkung Eigenschaften und Wirkungsweisen der Umwelt erkundet ebenso wie beeinflußt und gestaltet werden.

Ein für die folgenden Überlegungen wichtiger Befund der hierzu durchgeführten empirischen Untersuchungen ist, daß auch bei fortschreitender Technisierung der Produktion ein "subjektivierendes Arbeitshandeln" unverzichtbar bleibt. Auf dieser Grundlage wird erkennbar, daß eine zentrale Leistung qualifizierter Fachkräfte gerade darin besteht, Prinzipien eines objektivierenden und subjektivierenden Handelns je nach Arbeitsanforderung und -gegebenheiten zu nutzen und zu verbinden. Des weiteren zeigen empirische Untersuchungen, daß - ebenso wie bei einem wissenschaftlich geleiteten, objektivierenden Handeln - die generellen Merkmale und Prinzipien eines subjektivierenden Handelns in konkreten Handlungszusammenhängen eine jeweils unterschiedliche Ausformung erlangen. Die bisher hierzu durchgeführten Untersuchungen konzentrieren sich auf unterschiedliche Formen von qualifizierter Produktionsarbeit (Arbeit an konventionellen und CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen, Überwachung und Kontrolle komplexer technischer Systeme in der Prozeßindustrie).

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen führen zu einem erweiterten Verständnis des sog. "Erfahrungswissens" von Arbeitskräften. Sie zeigen, daß dieses weit mehr umfaßt als ein bloßes Ausführungs- und Bedienungswissen oder/und detailliertere Kenntnisse der konkreten praktischen Gegebenheiten. Es handelt sich vielmehr um eine besondere Form des Wissens und seiner Anwendung, die auf spezifischen "Methoden" des Umgangs mit konkreten Gegebenheiten beruht (subjektivierendes Handeln).

Auf dieser Grundlage zeigt sich eine folgenreiche Widersprüchlichkeit gegenwärtiger Prozesse der Technisierung. Die im vorangegangenen umrissene Dynamik der Verwissenschaftlichung von Technik korrespondiert mit einer fortschreitenden wissenschaftlichen Durchdringung der Produktionsprozesse, in denen Technik eingesetzt und genutzt wird. Mit dieser Entwicklung verbindet sich eine - aus der Logik der Verwissenschaftlichung folgende - Tendenz zu einer Überschätzung der wissenschaftlich-

technischen Beherrschbarkeit von Produktionsabläufen und einer Unterschätzung sowie falschen Beurteilung des notwendigen subjektivierenden Arbeitshandelns. Offenkundig wird dies u.a. an Entwicklungen technischer Systeme, die - trotz ergonomischer Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle - das (subjektivierende) Arbeitshandeln qualifizierter Fachkräfte behindern, zurückdrängen und gefährden. In weiteren, hierauf aufbauenden Forschungsvorhaben konnte nachgewiesen werden, daß eine solche Entwicklung keineswegs eine unabwendbare "Sachgesetzlichkeit" des sog. technischen Fortschritts darstellt, sondern daß technische (Weiter-)Entwicklungen möglich sind, durch die ein subjektivierendes Arbeitshandeln nicht zurückgedrängt, sondern - im Gegenteil - in besonderer Weise gestützt und ermöglicht wird (Institut für Arbeitswissenschaft der GhK Kassel 1992; Bolte, Martin 1993; Martin 1995). Eine solche Technikentwicklung und -gestaltung setzt jedoch voraus, daß die im Umgang mit technischen Systemen notwendige menschliche Arbeit nicht allein nach den Kriterien eines objektivierenden Handelns beurteilt wird und die in der Praxis auftretenden Grenzen für die technisch-wissenschaftliche Beherrschung von Produktionsprozessen anerkannt und berücksichtigt werden.

Vor diesem Hintergrund sei die These formuliert, daß die Ergänzung und Korrektur wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden nur dann und so weit gelingen kann, als auch der Prozeß der Technikentwicklung selbst nicht nur nach der Systematik eines objektivierenden, sondern ebenso auch nach den Prinzipien eines subjektivierenden Handelns gestaltet ist. Technikentwicklung vollzieht sich demnach ebenso wie der praktische Umgang mit Technik keineswegs nur nach den Prinzipien eines wissenschaftlich geleiteten objektivierenden Handelns; vielmehr ist hierbei in gleicher Weise auch ein "subjektivierendes Handeln" eine wichtige Grundlage. Technische Systeme wären demnach nicht umstandslos eine praktische Anwendung naturwissenschaftlich begründeter Regeln und Gesetzmäßigkeiten; vielmehr wäre Technik ebenso auch durch die für ein subjektivierendes Handeln geltenden Prinzipien der Nicht-Objektivierbarkeit und Berechenbarkeit bestimmt.

Es sind damit zwei miteinander verschränkte Thesen formuliert, die in weiteren Untersuchungen näher zu prüfen wären: zum einen, daß ein subjektivierendes Handeln eine wichtige Voraussetzung für eine praxisbezogene Technikentwicklung ist, und zum anderen, daß hierdurch - in ähnli-

cher Weise wie durch die Verwissenschaftlichung - sowohl die soziale Organisation technischer Innovationsprozesse als auch deren Resultate beeinflusst werden. Subjektivierendes Handeln wäre demnach in ähnlicher Weise wie die Verwissenschaftlichung ein umfassendes Strukturierungsprinzip bei der Gestaltung betrieblicher Innovationsprozesse, durch die sowohl die Beziehung zwischen Entwicklung und Fertigung als auch die personelle Zuordnung technischer Innovation sowie die Leitbilder der Technik und schließlich auch die Methoden von technischer Unterstützung von Entwicklungs- und Konstruktionsarbeit in spezifischer Weise geprägt werden. Es sei versucht, einige Merkmale betrieblicher Innovationsprozesse zu benennen, die hier von Bedeutung sind bzw. von denen zu vermuten ist, daß sie mit der Systematik eines subjektivierenden Handelns korrespondieren.

3.3 Organisation betrieblicher Innovationsprozesse nach der Systematik subjektivierendes Handelns

(1) Organisatorische Verschränkung von Planung und Ausführung

Im Kontext subjektivierenden Handelns sind Planung und Ausführung keine voneinander getrennten Prozesse, sondern unmittelbar miteinander verbunden. Gemäß diesem Prinzip kann es daher auch weder eine organisatorisch noch personell strikte Trennung geben, in denen diese Prozesse zeitlich sequentiell und hierarchisch zugeordnet werden. In dieser Perspektive wäre in historischen Untersuchungen zu prüfen, in welcher Weise - z.B. bei der sog. "Meisterkonstruktion" (König 1989) - nicht nur Fertigung und Entwicklung eine personelle und organisatorische Einheit bildeten und/oder bei organisatorischer Trennung eine intensive und wenig formalisierte Kommunikation bestand, sondern dabei auch Entwicklung und Fertigung in einem weithin gleichberechtigtem, wechselseitigen Verhältnis zueinander standen und in der praktischen Tätigkeit nicht klar von einander geschieden waren. Bei Formen der Technikentwicklung, die trotz organisatorischer und personeller Trennung durch vergleichsweise starke Rückkopplungen zwischen Entwicklung und Fertigung geprägt sind (vgl. Asdonk u.a. 1991; Manske 1994), wäre danach zu fragen, in welcher Weise hierbei nicht nur "Top-down"- und "Bottom-up"-Beziehungen bestehen, sondern ob zugleich anstelle hierarchisch-sequentieller Kommunikations- und Kooperationsbeziehungen ein schrittweises-dialogisches Vorgehen auf der Basis eher horizontaler Kooperation und Kommunikation zwi-

schen Entwicklung und Fertigung praktiziert wird. Hinsichtlich aktueller und zukünftiger Entwicklungen der Unternehmensorganisation stellt sich die Frage, in welcher Weise Bestrebungen zur Überwindung einer - insbesondere im Kontext zentralistisch-tayloristischer Formen der Arbeits- und Unternehmensorganisation entstandenen - Distanz zwischen Entwicklung und Fertigung durch neue Organisationsformen (Abbau von Hierarchien etc.) nicht nur eine größere räumliche und soziale "Nähe" herstellen, sondern auch das eingespielte hierarchische-sequentielle Verhältnis zwischen Entwicklung und Fertigung aufgelöst wird. Unsere Analyse verweist hier darauf, daß dies nur soweit gelingt, als dabei nicht nur bisher geltende organisatorische Grundsätze aufgegeben, sondern auch die Prämissen, auf denen diese beruhen, zur Diskussion gestellt werden. Die Förderung eines Abbaus von Hierarchien bleibt daher weithin nur eine Programmatik, wenn nicht zugleich im Unterschied zu den Prämissen der Verwissenschaftlichung die Fertigung nicht nur ein empirisches Testfeld für die "richtige" Planung ist, sondern als ein notwendiges Erfahrungsfeld angesehen wird, das auch zur Gewinnung von Anstößen und Erkenntnissen für die Planung und Suche nach technischen Lösungen anerkannt wird. Speziell hieran zeigt sich z.B. nachdrücklich, daß ein solches Zusammenspiel von Planung und Praxis letztlich nur dann besteht, wenn die Planung selbst der Logik eines subjektivierenden Handelns folgt.

(2) Qualifizierung und Rekrutierung technischen Personals

Hinsichtlich der personellen Besetzung, Rekrutierung und Qualifizierung für Entwicklungs- und Konstruktionsaufgaben ist zu vermuten, daß durch den "traditionellen" Aufstieg aus der Werkstatt (mit zusätzlicher Weiterbildung etc., Drexel 1993) auch wichtige im Kontext von Produktionsarbeit erworbene Kompetenzen für ein subjektivierendes Arbeitshandeln in die Technikentwicklung eingebracht und hierfür genutzt wurden (bzw. werden). Dies bezieht sich nicht nur (vordergründig) auf die Kenntnis praktischer Gegebenheiten in der Fertigung, sondern vor allem auf den Erwerb spezifischer Methoden des sinnlich-praktischen Umgangs mit den Unwägbarkeiten und Unberechenbarkeiten konkreter Produktionsbedingungen und ihrer Bewältigung. Die aus der Distanz zur Praxis mögliche "Abstraktion" wird damit qualifikatorisch rückgebunden an das Wissen über die konkreten Bedingungen und damit auch von Diskrepanzen zwischen "Modell" und "Realität". Die Erfahrung der Praxis ist hierbei nicht sekundär und theoriegeleitet, sondern umgekehrt: Wissenschaftlich fun-

dierte Erkenntnisse und Methoden können auf eigenständigen praktischen Erfahrungen aufbauen und auf dieser Basis auch beurteilt werden.

Vor diesem Hintergrund wird gegenwärtig zunehmend die Frage virulent, in welcher Weise überbetriebliche wie betriebliche (Weiter-)Bildungsprozesse nicht nur auf die systematische Förderung von Kompetenzen für ein wissenschaftlich geleitetes, objektivierendes Handeln abzielen müßten, sondern ebenso auch auf die systematische Förderung von qualifikatorischen Grundlagen für eine erfahrungsbezogene subjektivierende Auseinandersetzung mit praktischen Gegebenheiten. Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß die Fähigkeit zu einer komplexen sinnlichen Wahrnehmung und Imaginationen über konkrete Gegebenheiten ebenso wie zu intuitiv-assoziatives Denken als wichtige menschliche Kompetenzen erkannt werden, die es im Rahmen von Ausbildungs- und Qualifizierungsprozessen in gleicher Weise zu entwickeln gilt wie systematisch-analytisches Denken und ein entsprechendes methodisches Vorgehen (vgl. (4)). Eine solche Ergänzung von Ausbildungsprozessen ist nicht gleichbedeutend mit einem stärkeren Praxisbezug der Ausbildung, so wie er vielfach gefordert und teils praktiziert wird. Es geht hier nicht primär darum, mehr und detailliertere Kenntnisse über die praktischen Anwendungsfelder von Technik zu erwerben; entscheidend ist vielmehr die Möglichkeit zu einer Auseinandersetzung mit praktischen Gegebenheiten, die - neben wissenschaftlich geleiteten Methoden und Wissen - den Erwerb und die Anwendung anderer Methoden praktischer Auseinandersetzung ermöglichen. Nicht der Erwerb konkreter, spezifischer Kenntnisse über die betriebliche Praxis steht hier also im Vordergrund, sondern die Praxis als ein "komplexes Experimentier- und Erfahrungsfeld". Da jedoch gerade konkrete betriebliche Produktionsprozesse die hierfür notwendigen "Spielräume" zunehmend einschränken, kann hier nicht mehr nur umstandslos auf eine notwendige ergänzende betrieblich-praktische Ausbildung verwiesen werden.

(3) Leitbilder und Ziele technischer Entwicklung

Auf der Grundlage subjektivierenden Handelns werden physikalisch-organische Gegebenheiten als grundsätzlich offen und nicht vollständig determiniert und berechenbar aufgefaßt. Sie werden daher eher wie "Subjekte" begriffen, deren Wirkungsweise und Reaktionen auf das eigene Handeln nicht vollständig antizipierbar und kontrollierbar sind. Es ist zu vermuten, daß eine solche Auffassung über die Berechenbarkeit und Beherrschbar-

keit konkreter physikalisch-organischer Gegebenheiten auch die Zielvorstellungen und Leitbilder für technische Innovationen beeinflusst. Dies beschränkt sich nicht nur auf eine größere Skepsis gegenüber einer vollständigen technischen Beherrschung und dem Leitbild der Automatisierung. Zu fragen ist auch, in welcher Weise sich aus der Logik subjektivierenden Handelns andere Konzepte für technische Innovationen und damit auch die Richtungen des "technischen Fortschritts" ergeben. So wäre etwa zu prüfen, ob die zumeist als historische Reihenfolge dargestellte Entwicklung vom Werkzeug zur Maschine und zum Automaten nicht jeweils unterschiedliche Konzepte von Technik repräsentiert, die jeweils in unterschiedlicher Weise mit der Logik subjektivierenden und objektivierenden Handelns korrespondieren. Das Konzept von Technik als "Werkzeug" wäre demnach keine historische rückständige Form der Technikentwicklung, sondern vielmehr ein spezifisches Technik-Konzept bzw. Leitbild (Böhle u.a. 1993). Charakteristisch hierfür wäre damit nicht ein bestimmtes Niveau der technischen Entwicklung (z.B. Handwerkszeug), sondern das notwendige Zusammenwirken zwischen technischem System und menschlichem Arbeitshandeln, das auf unterschiedlichen Niveaus der Technikentwicklung und in unterschiedlichen Formen seine konkrete Ausformung erlangen kann.

(4) Methoden und Vorgehensweisen bei Entwicklung und Konstruktion

Noch weit mehr als der praktische Umgang mit technischen Systemen im Produktionsprozeß gelten speziell die Planung und Entwicklung von technischen Systemen als spezifische Formen "geistiger" Arbeit, die durch planmäßiges und systematisches Vorgehen sowie kategoriales und formalisierbares Wissen charakterisiert sind.

Doch liegen durchaus auch Befunde vor, durch die sich die Thesen von der Bedeutung subjektivierenden Handelns in technischen Innovationsprozessen bekräftigen lassen. Empirische Untersuchungen im Produktionsbereich haben gezeigt, daß ein subjektivierendes Handeln gerade auch bei sog. planend-geistigen Tätigkeiten - wie z.B. dem Programmieren - eine wichtige Rolle spielt (bzw. spielen kann!) und dies sowohl die konkrete Gestaltung als auch ihre Effekte (Erfolge) nachhaltig beeinflusst (Bolte 1993). Des weiteren wurde z.B. in einer Untersuchung bei Bauingenieuren ein hoher "Subjektivitätsbedarf" nachgewiesen, der speziell für die Bewältigung nicht exakt beherrschbarer und prognostizierbarer Planungs- und

Realisierungsbedingungen notwendig ist (Ekardt u.a. 1988). Neuere Untersuchungen zum Ingenieurhandeln verweisen darauf, daß das sog. empirische Entwickeln und Konstruieren auf Methodiken und Wissensformen beruhen, die sich von der Logik eines objektivierenden Handelns grundlegend unterscheiden und die zugleich Merkmale aufweisen, die der Logik eines subjektivierenden Handelns entsprechen (Ferguson 1992). Des Weiteren haben Gespräche und Diskussionen mit Ingenieuren der Fertigungswie Verfahrenstechnik im Rahmen von Weiterbildungsveranstaltungen nachdrücklich ein Phänomen deutlich gemacht, das auch im Produktionsbereich beim Umgang mit technischen Systemen zu beobachten ist: Offiziell wird ein Vorgehen nach Kriterien technischer Rationalität als handlungsleitend, notwendig und sachgemäß ausgewiesen; zugleich wird aber auch - soweit hierauf angesprochen - eine Reihe von Beispielen dafür angeführt, daß in der täglichen Praxis hiervon abgewichen wird und daß man es eigentlich "auch anders macht". Diese "Abweichungen" werden aber überwiegend "individualisiert", d.h., man betrachtet sie zwar für die eigene Bewältigung der Arbeitsanforderungen als wichtig, zugleich aber "offiziell" als nicht sachgemäß und nicht akzeptabel.

Wichtige Merkmale eines durch subjektivierendes Handeln geprägten Vorgehens beim Entwickeln und Konstruieren wären demnach:

- ein komplexes und differenziertes sinnliches Vorstellungsvermögen über die konkrete Gestaltung ebenso wie die Anwendungsbereiche und -bedingungen technischer Produkte. Voraussetzung hierfür ist eine ebenso differenzierte und komplexe sinnliche Wahrnehmung konkreter Einsatz- und Anwendungsfelder, die sich nicht nur auf objektivierbare eindeutig und exakt bestimmbare Gegebenheiten konzentriert, sondern gerade auch Ungewißheiten sowie Unwägbarkeiten erfaßt und diese nicht nur als marginale, sondern konstitutive Bedingungen der Technikanwendung einzuschätzen weiß;
- anschaulich-bildhafte und assoziative mentale Prozesse bei der Suche nach technischen Lösungen;
- pragmatische und experimentelle Vorgehensweisen, bei denen Planen, Entwerfen und praktisches "Ausprobieren" eng miteinander verbunden sind und die Praxis nicht nur als Bestätigung und Überprüfung

fung der Planung (Theorie), sondern auch als Generierung neuer Erkenntnisse begriffen und genutzt wird;

- die Entwicklung und Herstellung einer persönlichen emotionalen Beziehung zu technischen Produkten, durch die diese nicht nur als für sich eigenständige und isolierte Objekte erscheinen, sondern in ihrer konkreten Beziehung und Eingebundenheit in praktisches Handeln.

(5) Technische Arbeitsmittel

Hinsichtlich der technischen Unterstützung von Entwicklungs- und Konstruktionsprozessen wäre der Frage nachzugehen, in welcher Weise die gegenwärtig vorherrschenden CAD-Systeme einer sehr viel grundsätzlicheren Ergänzung und Modifizierung bedürfen, als dies bislang erkannt und diskutiert wird. Ausgangspunkt ist hier die Vermutung, daß im Umgang mit CAD-Systemen - so wie sie gegenwärtig konzipiert sind - nicht nur in spezifischer Weise ein wissenschaftlich geleitetes Vorgehen forciert wird, sondern damit zugleich die Möglichkeiten für ein subjektivierendes Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren beeinträchtigt werden. Nicht die Taylorisierung geistiger Arbeit u.ä. wäre demnach das Problem, sondern die Vereinseitigung der Ingenieurarbeit in Richtung eines wissenschaftlich geleiteten objektivierenden Handelns. Die hieraus resultierenden neuartigen Einschränkungen und Belastungen bei Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeit bleiben gegenwärtig überwiegend verdeckt und werden individualisiert, da in diesen Tätigkeitsbereichen - noch weit mehr als im Produktionsbereich - die Orientierung an dem technisch-rationalen und wissenschaftlich geleiteten Vorgehen verankert ist. Die Arbeit mit CAD-Systemen entspricht dem, was "offiziell" als richtig und fortschrittlich anerkannt ist. Entsprechend wird Kritik weitgehend verdrängt oder/und überwiegend nur dort artikuliert, wo der Einsatz von CAD-Systemen unmittelbar mit tayloristisch geprägten Rationalisierungsprozessen verbunden ist. Doch finden sich auch Hinweise darauf, daß gerade beruflich vergleichsweise abgesicherte technische Angestellte darauf abzielen, die Art der Computernutzung ihren spezifischen Arbeitsanforderungen und auch ihrer individuellen Arbeitsweise anzupassen oder diese auf andere Angestelltengruppen abzuwälzen (Wolf u.a. 1992, S. 210 f., 279 ff., 292). Genauer zu klären wären hier also die spezifischen "Konfliktzonen" zwischen den im Umgang mit CAD-Systemen geforderten Arbeitsweisen einerseits und den bei konkreten Entwicklungs- und Konstruktionsaufgaben (tatsächlich) praktizierten notwendigen und effektiven Vorgehens-

weisen andererseits. Da bisher jedoch zu letzterem bislang kaum systematische empirische Erkenntnisse vorliegen, lassen sich daher auch - so die These - die eigentlich gravierenden Auswirkungen von CAD-Systemen auf das Entwicklungs- und Konstruktionshandeln und deren Folgen für die Arbeitskräfte - wie auch Produkt- und Technikentwicklung - nicht angemessen erfassen und beurteilen. Die Vermutung ist, daß ähnlich wie im Umgang mit technischen Systemen im Produktionsbereich bei Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeiten technische Systeme erforderlich sind, die sich nicht nur an der Logik eines objektivierenden wissenschaftlich geleiteten Handelns, sondern ebenso auch an den Prinzipien eines subjektivierenden erfahrungsgeleiteten Vorgehens orientieren. In dieser Perspektive werden z.B. technische Hilfsmittel und Medien, die einen unmittelbaren, direkten Kontakt zu den praktischen Gegebenheiten herstellen, weit nützlicher als die Perfektionierung der Simulation technischer Entwürfe, bei denen ihre Einbindung in konkrete Funktions- und Wirkungszusammenhänge weitgehend ausgeblendet bleibt. Anstelle einer Veranschaulichung des "technischen Entwurfs" sowie der Erleichterung seiner Modifikationen käme es hier somit darauf an, vor allem die Herstellung einer Beziehung zwischen dem "technischen Entwurf" einerseits und "konkreten Anwendungsbedingungen" andererseits (technisch) zu ermöglichen und zu unterstützen.

4. Aufgaben und Perspektiven für die Untersuchung und praktische Gestaltung betrieblicher Technikentwicklung

Auf der Basis der skizzierten Überlegungen stellen sich insbesondere drei näher zu klärende Forschungs- und Entwicklungsaufgaben. Es sind dies:

(1) Die Untersuchung von Auswirkungen der Verwissenschaftlichung auf die Gestaltung und Probleme der Technikentwicklung: Leitend hierfür wären die in Abschnitt 2. formulierten Thesen. Weiter zu prüfen und zu belegen wäre, daß die Bewältigung neuer Anforderungen an technische Innovationsprozesse (nur) durch eine einseitige Forcierung der Verwissenschaftlichung nicht zu bewerkstelligen ist. Eine zentrale Gefahr ist, daß damit nicht nur die Bewältigung neuer Herausforderungen verfehlt, sondern zugleich auch wichtige, in der Vergangenheit vorhandene Grundlagen und Ressourcen technischer Innovationsprozesse (weiter) aufgelöst

werden. Zu zeigen ist, in welcher Weise die Dynamik der Verwissenschaftlichung selbst einen Prozeß in Gang setzt, durch den ihrerseits wichtige Grundlagen, auf denen sie "aufsitzt" und ihre Leistungsfähigkeit entfalten konnte, gefährdet werden.

(2) Die Untersuchung der eigenständigen Prinzipien von Innovationsprozessen, die von der Systematik wissenschaftlich geleitetem Vorgehens "abweichen": Leitend hierfür ist die in Abschnitt 3. umrissene These, daß sich in solchen "Abweichungen" Ansätze und Potentiale einer anderen Systematik und Logik der Technikentwicklung, die auf den Prinzipien eines "subjektivierenden Handelns" beruhen, zeigen. Voraussetzung für eine zukunftsorientierte Gestaltung technischer Innovationsprozesse wäre demnach, diese bislang kaum beachteten Grundlagen und Ressourcen für technische Innovationen systematisch zu bestimmen und Perspektiven für ihre weitere Entwicklung aufzuzeigen. Zu berücksichtigen sind dabei unterschiedliche Aspekte der Technikentwicklung und ihr wechselseitiger Zusammenhang (Ingenieurhandeln, Organisationsstrukturen, Leitbilder für Technik, Qualifizierung und Rekrutierung, technische Unterstützung).

(3) Entwicklung neuer praktischer Ansätze zur Überwindung von Problemen der "Verwissenschaftlichung": Zu fragen ist hier, in welcher Weise in Zusammenhang mit den gegenwärtig sich in der betrieblichen Praxis vollziehenden Umformungen und Umstrukturierungen betrieblicher Organisation auch Ansätze für die umrissene (notwendige) eigenständige Ergänzung der Verwissenschaftlichung betrieblicher Innovationsprozesse entwickelt und diskutiert werden. Aufbauend auf solchen ggf. empirisch vorfindbaren Ansätzen, wären die Prinzipien einer wissenschaftlich- und erfahrungsgeleiteten (objektivierenden und subjektivierenden) Organisation von Technikentwicklung zu bestimmen und im Rahmen der Um- bzw. Neustrukturierung von Unternehmensorganisationen praktisch umzusetzen.

Stärken und Schwächen des "deutschen Technikstils" - Überlegungen zu einem international vergleichenden Forschungsprogramm

1. Zur Entstehung des "deutschen Technikstils": Tendenz zur Spezialisierung auf Kundenwünsche und "Hochtechnik" von Beginn an
2. Stärken und Schwächen des "deutschen Technikstils"
3. International vergleichende Technikgeneseforschung: zur Notwendigkeit eines sozialwissenschaftlichen Forschungsprogramms zur Vorbereitung der Produktion im 21. Jahrhundert

Ausgangspunkt

Seit geraumer Zeit wird intensiv über die Wettbewerbsfähigkeit nationaler Wirtschaftsstandorte debattiert. In Deutschland bestehen große Sorgen um die Konkurrenzfähigkeit der deutschen Industrie auf dem Weltmarkt. Im Vergleich zu Japan, den sogenannten kleinen Tigern, und neuerdings wiederum auch den USA werden erhebliche Defizite des Industriestandortes Deutschland ausgemacht. In Deutschland werde zu teuer produziert, es gebe große Defizite im (weiten) Feld der Produktinnovation, in wichtigen technologischen Bereichen habe man den Anschluß an die Entwicklung bereits verloren - dies sind die vielleicht wichtigsten Befunde, die diskutiert werden. Über den Stellenwert dieser Befunde wird selbstverständlich gestritten, unbestritten ist aber, daß sie im Kern zutreffen. Unbestritten - und äußerst wichtig - ist außerdem, daß damit gravierende strukturelle Schwächen des Industriestandortes Deutschland diagnostiziert werden. Der derzeitige Aufschwung darf nicht davon ablenken, daß Handlungsbedarf besteht, daß ein struktureller Wandel in die Wege geleitet werden muß.

Die Frage ist, welcher Art dieser strukturelle Wandel sein soll. In der deutschen Industrie wird häufig geäußert, daß der Wettbewerbsnachteil - der sich letztlich in höheren Kosten niederschlägt - drei Dimensionen aufweise: Mängel in der Organisation, Mängel in der Produktinnovation und - im Vergleich zur Konkurrenz - zu hohe Sozialkosten. In den Unternehmen selbst sind in erster Linie Fortschritte in den beiden ersten Dimensionen erreichbar; die Sozialkosten sind dagegen nicht unmittelbar beeinflussbar. Nun hat insbesondere die Debatte um Lean Production in der deutschen Industrie zu erheblichen Anstrengungen einer Reorganisation geführt. Darauf muß hier nicht weiter eingegangen werden, die Diskussion über Lean Production kann vielmehr als bekannt vorausgesetzt werden. In diesem Beitrag geht es um den zweiten, industrie- bzw. unternehmensintern beeinflussbaren Schwachpunkt: die Mängel der Produktinnovation. Auf Basis eigener Untersuchungen soll erläutert werden, was die Stärken, aber eben auch die Schwächen der Produktinnovation in der deutschen Industrie sind (vgl. dazu Kalkowski, Manske 1993; Kalkowski u.a. 1995; Manske 1994a). Um es vorwegzunehmen: Eine der wesentlichen Schwächen der Art und Weise der Produktinnovation in der deutschen Industrie besteht darin, daß bei der Produktentwicklung traditionell zu wenig auf die Kosten und auf den Markt geachtet wird. Dies zu verdeutlichen, ist das Anliegen dieses Beitrags.

Es geht aber noch um mehr: Erste Vergleiche der Art und Weise, wie Produktinnovation in verschiedenen Ländern getätigt wird, verdeutlichen einen erheblichen sozialwissenschaftlichen Forschungsbedarf. Wir wissen heute, daß die Entwicklung neuer Techniken das Ergebnis eines Prozesses ist, in dem vielfältige technische, ökonomische und soziale sowie politische Faktoren eine Rolle spielen. Noch viel zu wenig wissen wir aber über den Stellenwert dieser Faktoren bei der Entwicklung von Techniken in einzelnen Ländern oder Regionen (bzw. in einzelnen Industrien von Ländern oder Regionen). Fundiertere Kenntnisse darüber sind aber die notwendige Voraussetzung dafür, strukturelle Schwächen der Produktinnovation in Deutschland überhaupt hinreichend bestimmen zu können. Erst auf dieser Basis wird es möglich, die Fähigkeit zur Produktinnovation durch gezielte Maßnahmen zu stärken.

Soweit zur Absicht dieses Beitrags. In seinem Zentrum steht die Darstellung dessen, was als spezifisch "deutscher Technikstil" bezeichnet werden kann. Begonnen wird die Erläuterung dieses Technikstils mit einer Skizze

ihrer historischen Entwicklung (Abschnitt 1.). Den Hauptteil bildet dann die genauere Erläuterung des "deutschen Technikstils", wozu auch ein cursorischer Vergleich mit der Art und Weise der Produktinnovation in Japan gehört (Abschnitt 2.). Den Abschluß bilden einige Überlegungen zur dringend gebotenen international vergleichenden sozialwissenschaftlichen Technikgeneseforschung (Abschnitt 3.).

1. Zur Entstehung des "deutschen Technikstils": Tendenz zur Spezialisierung auf Kundenwünsche und "Hochtechnik" von Beginn an

Deutschland war in der industriellen Entwicklung bekanntlich ein Nachzügler. Ein Kennzeichen der beginnenden Industrialisierung in Deutschland besteht darin, daß sie bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts hinein im regionalen und nicht im nationalen Maßstab stattfand. Deutschland bestand aus vielen Kleinstaaten, es gab weder einen nationalen Markt noch ein nationales Zentrum wie in England und in Frankreich. Langfristig sollte das durchaus zum Vorteil geraten: Im Gegensatz zu anderen Ländern verlief die Entwicklung der Industrialisierung in Deutschland in den einzelnen Regionen gleichmäßiger, und die Betriebseinheiten waren von Anfang an klein. Und besonders wichtig ist folgendes: Die Basis dieser kleinräumigen Ökonomien war das Handwerk (zumal Arbeit im zurückgebliebenen Deutschland billig war) - diese handwerkliche oder Facharbeiterfundierung bleibt für Deutschland bis heute prägend.

Der technologische Rückstand vor allem gegenüber England war in Deutschland zu Beginn des 19. Jahrhunderts Anlaß für die Gründung einer relativ großen Zahl von "technischen Lehranstalten". Das war Ausdruck der damals in der Politik vorherrschenden Auffassung: "Gegenüber der Gefahr, durch die fortgeschrittenen westeuropäischen Fabrikländer immer enger beschränkt zu werden, ist die Hilfe, welche von Staats wegen geleistet werden kann, in einem einzigen Wort begriffen: Bildung", so der preußische Staatsrat und Direktor für Handel und Gewerbe Kunth 1818 (zitiert nach Manegold 1989, S. 204).

Von Beginn an, so kann man sagen, bilden damit wissenschaftlich ausgebildete Ingenieure und qualifizierte Handwerker zwei Säulen, auf denen die deutsche Industrie ruht. Wichtig ist es, in diesem Zusammenhang zu

betonen, daß qualifizierte Handwerker zu dieser Zeit bereits über ein recht fundiertes theoretisches Wissen verfügten, ihr Abstand zu den Ingenieuren (die letztlich aus ihnen hervorgegangen sind) war also nicht so groß, wie man vielleicht meinen sollte (vgl. dazu Moscovici 1982).

Ein typisches Beispiel für den sich seinerzeit herausbildenden "deutschen Technikstil" ist die Weiterentwicklung der Dampfmaschine gewesen. Die deutschen Ingenieure bzw. Mechaniker gingen daran, diese "importierte Innovation" zu optimieren und an spezifische Zwecke anzupassen. Die Optimierung der Dampfmaschine - d.h. die Erhöhung ihres Wirkungsgrads - scheint einerseits anfänglich notwendig gewesen zu sein, um diese Maschine in Deutschland breiter einsetzen zu können, "denn in vielen deutschen Regionen kam es mehr als in England auf den sparsamen Umgang mit dem Brennstoff" an (Radkau 1989, S. 16). Andererseits war gerade die Dampfmaschine - und in Sonderheit deren Optimierung - für "die Ingenieure des 19. und noch des beginnenden 20. Jahrhunderts (...) das Meisterstück schlechthin. In vielen anderen Bereichen der Technik dominierte noch lange die handwerkliche Tradition; da hatten es die Ingenieure nicht leicht, unter Beweis zu stellen, daß es nicht nur auf manuelles Geschick und praktische Erfahrung, sondern auch auf Wissen und Ausbildung ankam. Jenes Geschichtsbild, in dem die Dampfmaschine die bewegendende Kraft der Industrialisierung ist, hat hier seinen sozialen Grund" (ebd.).

Wichtig für die Herausbildung des "deutschen Technikstils", für seine spezifische Ausrichtung auf "Hochtechnik" (bzw. auf anspruchsvolle technische Lösungen eines Problems) ist die weitere Entwicklung der "technischen Lehranstalten" bzw. der Kampf der Ingenieure um gesellschaftliche Anerkennung gewesen (zum folgenden Manegold 1989; Radkau 1989). Von Beginn an war es das Bestreben der sich formierenden neuen Berufsgruppe der Ingenieure, eine anerkannte gesellschaftliche Position auch und gerade dadurch zu erreichen, daß sie in ihrem Status den Absolventen von Universitäten gleichgestellt werden wollten. Sie nahmen damals eine höchst unsichere Position zwischen reinen Handwerkern und den etablierten Wissenschaftlern ein. Zu den Handwerkern wollten sie nicht mehr gezählt werden, die akademisch Gebildeten sahen auf sie herab.

Die Forderung der sich zusammenschließenden und eine eigene Identität ausbildenden Ingenieure - 1856 wurde der VDI gegründet - nach voller ge-

sellschaftlicher Anerkennung, eben nicht zuletzt durch den Aufstieg zum Akademiker im gleichen Rang wie die etablierten Universitätsakademiker, wurde von ihnen damit gerechtfertigt, daß sie es doch seien, die den Fortschritt von Industrie und Gesellschaft entscheidend bestimmten. Und sie hatten in der Politik starke Fürsprecher für ihre Forderung. Erfüllt wurde diese gleichwohl erst nach einem langen Prozeß, im Grunde erst, als die Technischen Lehranstalten in Deutschland das Promotionsrecht bekamen (zuerst in Berlin 1899). Die "Technischen Hochschulen" wurden erst damit den Universitäten gleichgestellt.

Der Kampf um die Gleichstellung mit den Universitäten hatte aber - aus der Warte der Industrie - auch zu einer allzu starken Akademisierung und Verwissenschaftlichung der Technischen Hochschulen und damit der Ingenieurausbildung geführt. Das wurde bereits um 1870 von der Industrie heftig kritisiert. Ab etwa 1900 wurden in Deutschland denn auch technische Fachschulen gegründet, um technische Intelligenz eines mittleren Niveaus auszubilden, für die es in der Industrie einen großen Bedarf gab (Radkau 1989, S. 170).

Die hier skizzierte Entwicklung der Akademisierung der Ingenieure hat - so die These - mit dazu beigetragen, daß Technik in Deutschland notorisch auf hohem, manchmal bezogen auf den Zweck, um den es geht, zu hohem Niveau hergestellt wird. Dieses grundsätzliche Problem wird aber dadurch abgemildert, daß es in Deutschland ein fein gestaffeltes Ausbildungssystem im Bereich der Technik gibt: von der Facharbeiterausbildung über die Stufen der Techniker- und Fachhochschulausbildung bis zur universitären Technikausbildung.

2. Stärken und Schwächen des "deutschen Technikstils"

2.1 Die Stärken des "deutschen Technikstils": "Made in Germany" als Markenzeichen für hohen Technikstand und Qualität

Der "deutsche Technikstil" wird traditionell maßgeblich dadurch bestimmt, daß Ingenieure und Facharbeiter bei der Entwicklung von Technik eine dominierende Rolle spielen. Um das zu verdeutlichen und um damit gleichzeitig den traditionellen deutschen Technikstil genauer vorzustellen,

wird im folgenden exemplarisch der Prozeß der Produktinnovation im deutschen Maschinenbau dargestellt (vgl. Kalkowski, Manske 1993; Kalkowski u.a. 1995; Hirsch-Kreinsen 1993).

Der Maschinenbau ist eine Schlüsselindustrie. In ihm werden diejenigen Produkte hergestellt, die die "technischen Kerne" der Produktionsprozesse in nahezu der gesamten Industrie bilden. Besonders in Deutschland stellt der Maschinenbau - gemessen an der Produktion, an der Beschäftigtenzahl und am Beitrag zum Export - seit langem eine äußerst wichtige Industrie dar. Nicht zuletzt von der Entwicklung des Maschinenbaus wird auch auf lange Sicht die internationale Wettbewerbssituation des Industriestandortes Deutschland abhängen. Es kommt deshalb nicht von ungefähr, wenn der "deutsche Technikstil" hier am Beispiel des Maschinenbaus erörtert wird.

Gleichwohl stellt sich natürlich die Frage, ob es zulässig ist, auf der Basis des Industriebeispiels Maschinenbau von einem "deutschen Technikstil" zu sprechen. Diese Frage kann heute noch nicht zureichend geklärt werden: Das zu Beginn dieses Beitrags benannte Defizit an sozialwissenschaftlicher Technikgeneseforschung wird auch hier deutlich. Wir wissen zu wenig darüber, ob und gegebenenfalls wie sich die Prozesse der Produktinnovation in den einzelnen deutschen Industriezweigen unterscheiden. Es gibt zu wenige empirisch gehaltvolle Untersuchungen zu dieser Thematik. Dennoch ist an der These der Existenz eines "deutschen Technikstils" festzuhalten und daran, daß wichtige Elemente dieses Stils am Maschinenbau studiert werden können. Es handelt sich um eine heuristische These, die durch weitere Untersuchungen zu widerlegen oder zu ergänzen wäre. Vielleicht zeigen diese Untersuchungen ja, daß es Varianten eines "deutschen Technikstils" gibt.

Bestimmt wird der Prozeß der Produktinnovation im deutschen Maschinenbau weitgehend durch das Zusammenspiel von Ingenieuren und Facharbeitern in den Maschinenbauunternehmen. Wichtig ist außerdem die bilaterale Zusammenarbeit zwischen Maschinenbauunternehmen und technikwissenschaftlichen Instituten, die fallweise Kooperation mehrerer Unternehmen und Institute in besonderen Entwicklungsprojekten (die eben das Zusammenführen mehrerer Kräfte erfordern) und die häufig sehr intensive Zusammenarbeit zwischen Maschinenbauunternehmen und ihren Kunden (etwa derart, daß bestimmte Maschinenbaukunden Neuentwicklungen in der rauen Alltagspraxis testen).

Im Zentrum steht aber eindeutig die Kooperation zwischen Ingenieuren, die in den Forschungs-, Entwicklungs- und in den Konstruktionsbereichen arbeiten, und Facharbeitern, die in der Teilefertigung, Montage und Inbetriebnahme tätig sind, im Prozeß der Produktinnovation.

Um diese Kooperation verständlich zu machen, ist es angezeigt, zunächst auf die Tätigkeiten und die Kooperation in den Forschungs-, Entwicklungs- und den Konstruktionsbereichen einzugehen. In diesen Unternehmensbereichen sind recht verschiedene Wissens- oder Tätigkeitstypen eingesetzt. Die genaue "Besetzung" in den einzelnen Unternehmen ist von vielen Faktoren abhängig, etwa den Produkten, die die Unternehmen herstellen, der Unternehmensgröße etc.; von Fall zu Fall unterschiedlich ist auch die Grenzziehung zwischen einzelnen Tätigkeiten, also die - horizontale und vertikale - Arbeitsteilung. Im folgenden muß von solchen Differenzen abstrahiert werden. Wir müssen uns damit begnügen, Aufbau und Arbeitsweise dieser Bereiche in den wichtigsten Grundzügen zu skizzieren.

In den meisten Unternehmen existiert heute eine mechanische Konstruktion (als der "klassische" Konstruktionsbereich) und eine Elektrokonstruktion; letztere ist in jüngster Zeit immer bedeutender und größer geworden. In diesen beiden Bereichen gibt es - jedenfalls in den größeren Unternehmen - eine Grundlagenentwicklung (die Bezeichnungen wechseln; manchmal werden diese Bereiche Forschung und Entwicklung genannt; ihre Größe ist in der Regel gering) und "darunter" dann die Konstruktion, in der Konstrukteure und technische Zeichner/innen tätig sind. In manchen Unternehmen gibt es außerdem einen Prototypenbau und Versuch.

Auf den ersten Blick gibt es in den Unternehmen - vor allem in den größeren - ein recht feingliedriges System von Tätigkeitstypen in den Entwicklungs- und Konstruktionsbereichen. Das darf aber nicht dazu verleiten, auf sehr dauerhafte und feste Grenzlinien der Aufgabenteilung zu schließen. Es ist vielmehr für die meisten Unternehmen eher typisch, daß die Tätig- und Zuständigkeiten der einzelnen Akteure formal nicht eindeutig festgelegt sind; so ist insbesondere in der mechanischen Konstruktion die vertikale Arbeitsteilung zwischen Konstrukteuren und technischen Zeichner/innen nicht so strikt, wie es vielleicht zunächst erscheinen mag. Im Normalfall überlappen sich ihre Tätigkeiten: So wird der Konstrukteur

auch einmal Detailzeichnungen anfertigen, und auf der anderen Seite werden von technischen Zeichner/innen auch (einfachere) Entwurfsarbeiten ausgeführt. Letzteres ist nahezu der Regelfall: Konstrukteure konzentrieren sich - vor allem angesichts des hohen Zeitdrucks, unter dem sie zumeist stehen - auf diejenigen Teile des Entwurfs, die besonders kritisch sind. Die einfacheren Dinge, gleichsam die Komplettierung des Entwurfs, überlassen sie dann den technischen Zeichner/innen. Die Flexibilität der Arbeitsstrukturen zeigt sich des Weiteren in der häufig anzutreffenden gruppenförmigen Organisation der Konstruktionsarbeit auf Zeit. Projekt- bzw. Gruppenleiter, Entwurfs- und Detailkonstrukteure sowie technische Zeichner/innen arbeiten in wechselnden Zusammensetzungen in Teams zusammen.

Weshalb werden diese Kooperationsformen hier so stark betont? Weil sie denjenigen, die in der Konstruktion anfangen - etwa als technische Zeichner/innen -, durch die Beschäftigung mit vielfältigen und unterschiedlich schweren Aufgabestellungen die Chance zum Aufstieg eröffnen. Die geschilderten Kooperationsformen sind die Basis für interne Rekrutierungs- und Aufstiegsmuster. Es ist im Maschinenbau denn auch heute noch weit verbreitet, daß selbst die anspruchsvolleren Positionen in der Konstruktion über langjährige betriebliche Erfahrungs- und Qualifizierungsprozesse erreicht werden.

Welche Bedeutung hat in diesem Zusammenhang die Kooperation zwischen Konstrukteuren und Facharbeitern? Sie eröffnet Facharbeitern die Chance, in die Konstruktion aufzusteigen. Auf die Kooperation zwischen Konstrukteuren und Facharbeitern ist nun genauer einzugehen.

Die Notwendigkeit zu einer Zusammenarbeit dieser beiden Tätigkeitstypen ergibt sich vor allem deshalb, weil die in der Forschung, Entwicklung und Konstruktion erarbeiteten abstrakten "Produktmodelle" (Zeichnungen, Stücklisten etc.) niemals ganz vollständig und ganz fehlerfrei sind. Nicht selten ist der optimale Aufbau einer Maschine (oder von Teilsegmenten einer Maschine) ohne die Praxis gar nicht möglich. Es existiert also immer noch ein gewisser Grad von "Offenheit" des Produktmodells, das in die reale Maschine umgesetzt werden soll. Auf dem Reißbrett - bzw. heute mittels des Einsatzes des Computers - können Maschinen nicht so exakt vorgedacht werden, als daß nicht immer noch Lücken und Probleme blieben, die erst durch Praxis beseitigt werden können. Deshalb kann der Arbeiter zum Mitspieler bei der Produktinnovation werden.

Gerade Facharbeiter sind dazu aufgrund ihrer Ausbildung bestens geeignet, vereinen sie doch Praxis bzw. "Erfahrungswissen" und eben auch ein gewisses Fundament an theoretischen Kenntnissen.¹ Diese Ausbildung ist die Voraussetzung dafür, daß die Facharbeiter im Prozeß der Produktinnovation mitspielen können, und die "Offenheit" des Produktmodells bzw. der empirisch-experimentelle Gehalt der Produktinnovation eröffnet die Chance für das Mitspielen (oder auch die Notwendigkeit dafür).

Daß Konstrukteure und Facharbeiter im Prozeß der Produktinnovation im Maschinenbau zusammenarbeiten, liegt also von der Sache her nahe. Und es ist - wie unsere Untersuchungen ergeben haben - de facto der Fall. Der Prozeß der Technikgenese im Maschinenbau ist deshalb auch als "rekursiver Prozeß" gekennzeichnet worden (Asdonk u.a. 1991). Gemeint ist damit, daß Technikgenese keine Einbahnstraße ist von der abstrakt-theoretischen Planung bis "hinunter" zur Realisierung der Planung als deren bloßer Vollzug, daß also - wie gerade ausgeführt - die Entwicklung neuer technischer Artefakte ohne Praxis gar nicht möglich ist. Das im Herstellungsprozeß gewonnene Wissen muß in die vorgelagerten Entwicklungsstufen zurückfließen, soll die Entwicklung optimal gelingen. Im Maschinenbau sind vor allem Arbeiter in der Montage, der Inbetriebnahme und diejenigen Monteure, die die Maschinen bei den Kunden aufbauen und dort das Personal (mit) unterweisen und die Maschinen (mit) zum Laufen bringen, Mitspieler im Innovationsprozeß.

Die Kooperation der Facharbeiter mit den Konstrukteuren, die allmähliche Akkumulation von mehr und mehr produktspezifischem Wissen, verschafft den Arbeitern nun die Möglichkeit zur Karriere in die Konstruktion. In den meisten der untersuchten Unternehmen hatte denn auch ein großer oder sogar der überwiegende Teil der Konstrukteure seine Karriere als Facharbeiter begonnen. Nach der Ausbildung und mehreren Jahren Arbeit in der Produktion durchliefen sie als Zwischentappe auf dem Weg in die Konstruktion eine Zusatzausbildung (früher war das vorwiegend eine Techniker Ausbildung, heute sehr häufig eine Fachhochschulausbildung) und begannen anschließend in der Konstruktion. Die dort beste-

1 Vgl. zum Zusammenhang von "Erfahrungswissen" und "theoretischem Wissen" insbesondere die Arbeiten von Böhle, Rose und Milkau; siehe dazu die Beiträge von Carus, Schulze, S. 123 ff., sowie von Rose, S. 195 ff., in diesem Band.

hende - oben geschilderte - "organische" Organisation der Arbeit eröffnet dann weitere Möglichkeiten zum "learning on the job".

Daß ein großer Anteil der Konstrukteure traditionell aus der Produktion kommt, ist eine gute Basis für die Kooperation zwischen Konstruktion und Produktion. Das heißt, die Rekursivität des Prozesses der Produktinnovation wird durch das traditionelle Rekrutierungsmuster stabilisiert. Und man kann wohl auch die folgende Aussage wagen: Der "Kern" des mit Produktinnovation im Maschinenbau befaßten Personals besteht aus Facharbeitern und Konstrukteuren, zwischen denen weder die technisch-fachlichen noch die sozialen Unterschiede sehr gravierend sind. Die kooperierenden Facharbeiter und Ingenieure bilden also eine relativ homogene Gruppe - dies sowie die Tatsache, daß die Angehörigen beider Teilgruppen - wenn auch natürlich in unterschiedlichem Maße - über praktisches und theoretisches Wissen verfügen, soll durch den Begriff "technisch-wissenschaftlicher Block" ausgedrückt werden.

Die Existenz dieses technisch-wissenschaftlichen Blocks ist nun aber für die internationale Konkurrenzfähigkeit des deutschen Maschinenbaus (und des Industriestandortes Deutschland insgesamt) von außerordentlicher Bedeutung. Beide Akteursgruppen sind hochqualifiziert, beide verstehen sich als hochprofessionelle Experten, die es gewohnt sind, technische Spitzenleistungen zu vollbringen. Und in diesem "Team" üben die Facharbeiter und die zu Konstrukteuren aufgestiegenen Facharbeiter eine sehr wichtige Funktion aus: Sie garantieren, daß der Fluß des "Erfahrungswissens" in die Entwicklung und Konstruktion nicht abreißt, daß die Verbindung mit der "Praxis" erhalten bleibt. Nicht zuletzt auf die Mitarbeit der Facharbeiter bei der Produktinnovation dürfte es deshalb zurückzuführen sein, daß die traditionell im deutschen Maschinenbau hergestellte Technik Spitzentechnik darstellt, die gleichsam noch "handhabbar" ist - die Facharbeiter sorgen für die notwendige "Bodenhaftung", dafür, daß das Technivniveau nicht allzu sehr überzogen wird.

Die enge Kooperation der Akteure des technisch-wissenschaftlichen Blocks ist des weiteren der Garant für die hohe Flexibilität des deutschen Maschinenbaus. Auch das macht einen Teil seiner Stärke aus: schnell auf Kundenerfordernisse reagieren zu können, Konkurrenten, die eventuell billiger sind, nicht nur durch die bessere technische Lösung auszustechen, sondern auch durch den langen Atem bei immer wieder auftretenden Än-

derungswünschen, manchmal noch in einem Stadium, wenn eine Maschine schon fast "fertig" zu sein schien.

"Dem (deutschen) Ingenieur ist nichts zu schwer" -, dieser Spruch ist buchstäblich wahr, wenn er um den Zusatz erweitert wird: "Dem deutschen Ingenieur und Facharbeiter ist nichts zu schwer". Das heißt im Fall des Maschinenbaus: Der deutsche Maschinenbau ist "der" Spezialist für schwierige Probleme, er liefert für jedes spezifische Kundenproblem die passende Lösung. Er ist außerdem in der Lage, eine i.d.R. immer noch etwas bessere Lösung zu bieten als andere, die er im Technikniveau übertrifft. Kurz: Die Produkte des deutschen Maschinenbaus sind technisch und qualitativ auf außerordentlich hohem Stand, und sie werden in Sonderheit spezifischen Kundeninteressen gerecht. Und dank des Einflusses der Facharbeiter handelt es sich um "handhabbare" Spitzentechnik.

2.2 Die Schwächen des "deutschen Technikstils": "Made in Germany" als Markenzeichen für (zu) hohe Kosten und Preise

Die Ingenieure und Facharbeiter des deutschen Maschinenbaus sind Könner von hohem Grad. Die von ihnen erarbeiteten Produkte stellen eine dem jeweiligen Zweck angemessene technische Spitzenleistung dar. Das ist die eine, die positive Seite des "deutschen Technikstils". Nunmehr sind auch dessen Schattenseiten auszuleuchten.

Beginnen wir mit den Defiziten des traditionellen Technikstils im Maschinenbau. Sie liegen in einem Hang zum "technischen Perfektionismus", der sowohl den Ingenieuren als auch den Facharbeitern attestiert werden muß. Dieser Hang kann von beiden im Maschinenbau "ausgelebt" werden, weil der technisch-wissenschaftliche Block dort dominiert. Das "ökonomische Kalkül" hat es im deutschen Maschinenbau traditionell schwer, sich gegenüber der "technischen Rationalität" durchzusetzen.

Ein allerdings mehr äußerliches erstes Indiz dafür ist die Besetzung der Führungspositionen im deutschen Maschinenbau: Dort dominieren Techniker. Mehr Aussagekraft kommt der Tatsache zu, daß das Instrument der Wertanalyse im Maschinenbau chronisch vernachlässigt wird. Gerade der Einsatz dieser Methodik wäre aber im Maschinenbau äußerst wichtig, um die Produktmodelle zu vereinfachen, sie "fertigungsgerechter" zu gestalten und dadurch die Herstellungskosten zu senken (vgl. dazu Kupsch u.a.

1991). Dazu ein positives und besonders spektakuläres Beispiel aus einem untersuchten Unternehmen: Einer Wertanalyse unterzogen wurde ein Werkzeugmagazin, das nach der ursprünglichen Konstruktion 285 DM an Herstellungskosten verursacht hätte. Resultat der Wertanalyse war eine wesentlich einfachere Konstruktion, die aber ebenfalls funktionsgerecht war und die vor allem in der Herstellung nur 35 DM kostete. Dies ist sicher ein extremes Beispiel, die konsequentere Durchführung von Wertanalysen wäre aber ein Mittel, um die Herstellungskosten deutscher Maschinen - durch die Reduktion der Komplexität der konstruktiven Lösungen - zu senken. Nach unseren Forschungserfahrungen im Maschinenbau verlaufen Ansätze zur Etablierung der Wertanalyse als einer Dauereinrichtung aber allzu häufig im Sande.

Ökonomisches Denken ist ganz offenbar nicht die Sache deutscher Konstrukteure. Die technisch anspruchsvolle Lösung steht für sie (und auch für die Facharbeiter, die bezogen auf die Kostenseite der technischen Lösungen kein Korrektiv zu den Konstrukteuren bilden) im Vordergrund, deren Kosten geraten erst in zweiter Linie in den Blick. Das scheint nicht selten buchstäblich der Fall zu sein. Denn folgendes, hier sehr knapp skizziertes Procedere scheint bei der Konstruktion bzw. Entwicklung einer Maschine durchaus üblich zu sein: Nach einer nur überschlägigen Vorkalkulation wird die Maschine (oder Maschinenkomponente) erst konstruiert und im Anschluß daran wird zusammengerechnet, was unter dem Strich an Herstellungskosten herauskommt. Diese sind dann notorisch höher, als es erwartet wurde. Es mangelt bei diesem Vorgehen an der klaren Vorgabe eines Kostenrahmens, der (ebenso wie z.B. eine zeitnah mitlaufende ständige Kostenkalkulation und andere Mittel) eine Leitlinie für das Vorgehen der Konstrukteure sein könnte, sie ständig an die Kostenseite ihrer Konstrukte "erinnern" würde. Aber: Die Mittel dazu sind bekannt und vorhanden, woran es mangelt, ist die feste Etablierung des "Kostendenkens", und das ist letztlich ein soziales und kein technisches Problem.

Wie erfolgt der Prozeß der Produktinnovation im japanischen Maschinenbau? Darauf wird nunmehr eingegangen, um die mangelhafte Berücksichtigung der ökonomischen Rationalität im deutschen Maschinenbau möglichst klar herauszuarbeiten (vgl. zum folgenden Moritz 1993).

Nach den Untersuchungen von Moritz besitzt die sog. Produktplanung bei japanischen Werkzeugmaschinenherstellern einen besonderen Stellenwert. In der Phase der Produktplanung wird die Maschine, die neu auf den

Markt gebracht werden soll, bereits so weitgehend und exakt definiert, daß für die "eigentliche" Entwicklung und Konstruktion wenig Spielraum verbleibt. Die Kriterien der Produktplanung bzw. die strategischen Orientierungen der Unternehmen sind:

- eine Maschine herzustellen, die die Anforderungen einer möglichst großen Zahl von Kunden zu einem konkurrenzfähigen Preis erfüllt;
- die Minimierung der Herstellungskosten, insbesondere durch die dementsprechende Konstruktion der Maschine;
- technologisch mit der Konkurrenz mithalten (diese aber eben nicht unbedingt überholen zu wollen).

Die japanischen Hersteller konzentrieren sich mit dieser Strategie von vornherein auf potentiell größere Märkte, orientieren sich also nicht - wie die deutsche Konkurrenz - an speziellen Kundenanforderungen: Wer etwas Besonderes haben will, wird kaum Gehör finden. Diese Strategie ist die Voraussetzung dafür, besonders kostengünstig fertigen zu können (größere Stückzahlen).

Die japanische Strategie darf allerdings nicht mißverstanden werden, und zwar derart, daß die japanischen Maschinenbauer etwa Technik eines eher niedrigeren Niveaus herstellen würden. Als ein Element der Strategie wurde ja die Orientierung am Stand der Technik (bei der Konkurrenz) genannt. Nach Moritz wird die Technikentwicklung von den japanischen Unternehmen sehr intensiv und sorgfältig (also mit viel Aufwand) verfolgt. Insbesondere die durch Konkurrenten realisierte Technik wird genau studiert; eigene Lösungen sind dann so etwas wie eine Kombination der für den angestrebten Zweck technisch und wirtschaftlich optimalen Zusammensetzung von Elementen der Maschinen der Konkurrenz. Um das angestrebte Produkt realisieren zu können, werden dann i.d.R. durchaus noch eigene Entwicklungsanstrengungen erforderlich sein können. Es wird dabei aber nicht der Anspruch verfolgt, eine allein technisch optimale Lösung zu finden bzw. unbedingt etwas "Besonderes" zu entwickeln.

Die Konkurrenz soll in erster Linie über den Preis bestanden werden. Deshalb wird in der Planungsphase sehr viel Wert auf die Entwicklung eines Maschinenkonzepts gelegt, das den angestrebten Zweck zu niedrigsten Kosten ermöglicht. In den Planungsteams spielen Konstrukteure - als Re-

präsentanten der technischen Rationalität - denn auch keineswegs die dominierende Rolle, wie das in den deutschen Maschinenbauunternehmen traditionell der Fall zu sein scheint. Die japanischen Ingenieure sind offenbar bereit, sich der dominierenden betriebswirtschaftlichen Orientierung unterzuordnen. Äußerst eindrucksvoll ist in diesem Zusammenhang ein Detail der Untersuchung von Moritz, demzufolge die Kostenkalkulation und auf Kostensenkung gerichtete Tätigkeiten zwischen 20 bis zu 50 % der Arbeitszeit der Konstrukteure ausmachen.

Insgesamt gibt es also in den japanischen Maschinenbauunternehmen nicht die Dominanz der technischen Rationalität wie im deutschen Maschinenbau. Macht und Einfluß der Konstruktionsabteilungen sind geringer als in Deutschland. Die japanischen Konstrukteure sind wesentlich mehr "prozeßorientiert" als ihre deutschen Kollegen, die mehr "produktorientiert" sind. Gemeint ist damit, daß die japanischen Konstrukteure wesentlich mehr darauf achten, daß ihre Konstrukte fertigungsgerecht und möglichst billig herzustellen sind, während die deutschen Konstrukteure mehr darauf aus sind, ein technisch anspruchsvolles Produkt zu entwickeln.

Was folgt aus diesen Differenzen der "Technikstile" in Japan und Deutschland? Es dürfte wohl niemand mehr überrascht sein, daß der deutsche Maschinenbau sich auf den sog. Volumenmärkten, wo Maschinen in größeren Stückzahlen verkauft werden können, seit einigen Jahren sehr schwer tut. Insbesondere der Werkzeugmaschinenbau hat dort in der jüngsten Krise sein Waterloo erlebt. Der Grund dafür ist, daß die von den deutschen Standardmaschinenherstellern (bzw. den sog. Programmfertigern, die wie ihre japanische Konkurrenz Maschinen herstellen, die für einen größeren Kundenkreis gedacht sind) angebotenen Maschinen insbesondere deshalb zu teuer sind, weil die Maschinenkonstruktion zu wenig kostenbewußt erfolgt. Diese Programmfertiger verabschieden sich damit gleichsam von selbst von den Volumenmärkten, zumal ein vormals vorhandener technischer Vorsprung weitgehend verloren gegangen ist. Die Prognose für die deutschen Programmfertiger, die sich noch am Markt befinden - und versuchen, mit verschiedensten Strategien zu überleben, etwa durch "Blockbildung" -, kann wohl nicht anders als düster ausfallen. Vielleicht werden einige überleben, weil das politisch gewollt und dementsprechend subventioniert wird.

Der deutsche Maschinenbau dürfte dagegen im Bereich der "Spezialitätenfertigung" eine führende Position behaupten können. Es handelt sich dabei zwar jeweils um relativ geringe Märkte, sie addieren sich aber zu einem solchen Volumen, daß die strategische Orientierung auf die Spezialitäten durchaus geeignet sein dürfte, in Deutschland auf Dauer eine große Maschinenbauindustrie zu erhalten. (Die strategische Orientierung auf Spezialitäten und technisch anspruchsvolle Lösungen ist nach dem bisher Ausgeführten gewissermaßen ein "intrinsisches", historisch gewachsenes Strukturelement des deutschen Maschinenbaus bzw. des "deutschen Produktionsmodells" und kann nicht einfach durch eine andere Strategie substituiert werden. Das hieße letztlich, die gesamte Gesellschaft zu verändern.)

Freilich dürfte das große Potential, über das der Industriestandort Deutschland mit dem technisch-wissenschaftlichen Block verfügt, auf Dauer nur dann erfolgreich auf dem Weltmarkt genutzt werden können, wenn bei der Technikentwicklung mehr als bisher auf die Kosten geachtet wird. Es bestehen, das sollte deutlich geworden sein, im deutschen Produktionsmodell erhebliche Kostensenkungspotentiale in der Art und Weise der Gestaltung der Produkte. Diese könnten "einfacher" konstruiert werden, würden damit in der Herstellung billiger werden, wären aber dem Verwendungszweck nach wie vor angemessen.

Und in diesem Zusammenhang ist auf eine durchaus bedrohliche Entwicklung im deutschen Produktionsmodell hinzuweisen: auf die seit einigen Jahren bestehende Tendenz, daß immer weniger Jugendliche eine Facharbeiterlehre (und eine Karriere als Facharbeiter) in der Industrie anstreben. In den von uns untersuchten Maschinenbauunternehmen war folgendes zu beobachten: Für die Konstruktion und Entwicklung werden zunehmend mehr "Seiteneinsteiger" - Fachhochschul- oder Hochschulingenieure - rekrutiert, die zum großen Teil kaum über "Praxiserfahrung" verfügen. Ein wichtiger Grund dafür ist der Mangel an Facharbeitern, die geeignet wären, den klassischen Aufstieg zu bewältigen. Ein weiterer Grund ist das relativ große Angebot von Ingenieuren, das heute durch das Bildungssystem "produziert" wird, eine Konkurrenz, gegen die es zum Aufstieg geeignete Facharbeiter zunehmend schwerer haben. Des Weiteren gibt es auch die folgende neue Tendenz: Soweit junge Leute noch eine Facharbeiterausbildung absolvieren, betrachten sie diese häufig nur als Durchgangsstadium. Die Facharbeiterausbildung wird von ihnen gemacht,

weil sie sich bessere Karrierechancen ausrechnen, wenn sie eine Facharbeiterausbildung nachweisen können. An der Facharbeit als solcher haben diese jungen Leute kein sonderliches Interesse; auf Dauer als Facharbeiter zu arbeiten, ist nicht ihr Berufsziel. Sie wollen möglichst schnell Karriere machen, steigen deshalb nach der Lehre erst einmal aus und absolvieren als Zwischenspiel i.d.R. ein Fachhochschulstudium.

Die Hauptgefahr dieser Erosion des klassischen Karrieremusters vom Facharbeiter in die Konstruktion ist darin zu sehen, daß der "deutsche Technikstil" die "Bodenhaftung" verliert, für die die Facharbeiter gesorgt haben. Es könnte eine Kluft zwischen "Praxis" und "Theorie" entstehen und damit die Gefahr, daß der Hang zur "Hochtechnik" noch weiter zunimmt. Damit würde denn aber in der Tendenz wohl noch weniger auf Kosten geachtet werden als bisher. Indizien dafür scheint es seit einigen Jahren zu geben. Die Folgen einer solchen Entwicklung für den Industriestandort Deutschland könnten fatal sein.

3. International vergleichende Technikgeneseforschung: zur Notwendigkeit eines sozialwissenschaftlichen Forschungsprogramms zur Vorbereitung der Produktion im 21. Jahrhundert

Es ist erst in den letzten Jahren klar herausgearbeitet worden, daß Techniken, technische Artefakte, in einem komplexen sozialen Prozeß entstehen (vgl. die Überblicksartikel von Rammert 1989 und von Schäfers 1993). Zu dieser Erkenntnis haben vor allem auch international vergleichende Untersuchungen beigetragen (vgl. Staudt, Rehbein 1988; Brödner, Schultetus 1992; Clark, Fujimoto 1992; Hirsch-Kreinsen 1993; Ruth 1995; Moldaschl 1994; bereits zitiert wurde die Arbeit von Moritz 1993; auch für den Vergleich von Produktinnovationsprozessen ist die Studie von Womack u.a. 1991 äußerst wichtig).

Was ist der wesentliche Ertrag dieser Untersuchungen (und anderer, auch historischer Arbeiten, auf die hier aber nicht weiter eingegangen werden soll; daß die Geschichte eine Rolle spielt, wurde für den "deutschen Technikstil" ausgeführt)? Am besten läßt sich das vielleicht an einem Beispiel illustrieren, das hier sehr knapp gehalten werden kann, weil der Beitrag

von Hirsch-Kreinsen, S. 11 ff., in diesem Band, darüber ausführlich informiert: Für die Entwicklung der NC- bzw. CNC-Technik ist durch den Vergleich der Entwicklung und Anwendung dieser Technik in den USA und in Deutschland sehr schön herausgearbeitet worden, welche Rolle staatliche Institutionen, Bildungssysteme, innerbetriebliche Macht- oder Handlungskonstellationen, ja sogar einzelne Akteure dabei spielen. Hervorgehoben wird hier nur, daß diese Technik, die ursprünglich in den USA entwickelt wurde, in Deutschland insbesondere wegen der starken Stellung der Facharbeiter erheblich verändert wurde: Damit ist die Veränderung der Maschinensteuerungen, die die CNC-Technik für Facharbeiter erst "richtig" handhabbar hat werden lassen, gemeint. Nicht zuletzt das Fehlen von Facharbeit hat in den USA zur Dominanz eines gänzlich anderen Entwicklungspfades bei dieser Technik geführt (vgl. Hirsch-Kreinsen 1993 und seinen Beitrag in diesem Band).

Dieses und andere Beispiele belegen, daß es keineswegs so etwas wie eine technische oder ökonomische (oder technisch-ökonomische) Logik gibt, die die technische Entwicklung allein steuern würde. Technik entsteht in sozialen Kontexten, diese wirken auf die Technikentwicklung ein, und ebenso wird die Technikentwicklung auf die "sozialen Strukturen" einwirken. Die Entwicklung einer Technik bzw. Produktinnovation wird also durch ein komplexes Geflecht technischer, ökonomischer und sozialer Faktoren bestimmt. Man muß sich demnach hüten vor "technologischem", "ökonomischem", aber auch vor "soziologischem" Determinismus (vor letzterem warnen Schumm, Weber 1989, S. 109).

Aber: Wie sind solche Geflechte konkret strukturiert, was sind die Unterschiede zwischen einzelnen Ländern (oder Regionen)? Ist das in unterschiedlichen Industrien verschieden - unterscheidet sich also beispielsweise der japanische vom deutschen Maschinenbau in anderer Weise als die japanische von der deutschen Automobilindustrie? Welche Veränderungstendenzen gibt es in welchen Ländern in welchen Industrien? Oder welche Veränderungstendenzen gibt es in den Bildungssystemen? Die Durchsicht der vorhandenen einschlägigen Literatur zeigt, daß diese und ähnliche Fragen bis heute zumeist unzureichend untersucht worden sind. Betrachten wir nur einmal die einzelnen Industrien: Recht gut erforscht ist der Werkzeugmaschinenbau, wofür der Auslöser die Entwicklung der NC- bzw. CNC-Technik gewesen ist. Freilich ist der Werkzeugmaschinenbau nur eine Sparte des Maschinenbaus, der insgesamt weder auf nationaler

Ebene, geschweige denn auf internationaler Ebene untersucht worden ist. Lückenhaft sind unsere Kenntnisse über Produktinnovationsprozesse in der Automobilindustrie, der Elektroindustrie und in der Chemischen Industrie - sowohl in Deutschland als auch bei den wichtigsten Konkurrenten.

Die Fähigkeit zur Produktinnovation gilt nun aber heute als besonders wichtiger Faktor der internationalen Konkurrenzfähigkeit. Die Förderung der Produktinnovationsfähigkeit ist in Deutschland heute ein zentrales Politikfeld. Es stellt sich allerdings die Frage, ob "Produktinnovationspolitik" effektiv sein kann, wenn gar nicht genau bekannt ist, wo und weshalb die Konkurrenz Vorteile (aber auch Nachteile) hat und wo die eigenen Stärken und Schwächen liegen. Können Weichenstellungen, unter Umständen gravierende strukturelle Festlegungen, getroffen werden auf der Basis des im Augenblick vorhandenen Wissens? Welche Antwort auf diese Fragen hier gegeben wird, liegt auf der Hand: Die "Produktinnovationspolitik" bleibt blind, wenn sie nicht (auch) durch eine umfassende sozialwissenschaftliche Forschung fundiert wird. Welches sind Felder einer solchen Forschung?

An vorliegende Untersuchungen anschließend, sollten international vergleichende Untersuchungen in den wichtigsten Industriezweigen durchgeführt werden, also neben dem Maschinenbau (dort ergänzend zu vorliegenden Arbeiten) in der Automobilindustrie, der Elektroindustrie und in der Chemischen Industrie. Es sind dies diejenigen Industrien, die - inklusive der jeweiligen Produktionsbereiche - auch in Zukunft für ein Land wie Deutschland (als Bestandteil des größer werdenden Europa) von großer Bedeutung sein sollten. (Diese Bemerkung zielt gegen manchmal geäußerte Ansichten, Deutschland könnte oder sollte sich auf die Know-how-"Produktion" konzentrieren und die eigentliche Produktherstellung weitgehend im Ausland tätigen. Solch eine "Blaupausenstrategie" ist schon deshalb höchst fragwürdig, weil es - wie einschlägige Untersuchungen belegen - ohne die enge Kooperation von Entwicklung und Produktion bzw. von "Theorie" und "Praxis" wohl kaum erfolgreiche Produktinnovation geben kann. Des weiteren dürfte die soziale Stabilität in Deutschland ohne eine große Zahl von Industriearbeitsplätzen nicht zu sichern sein. Eine reine "Dienstleistungsgesellschaft" ist also in verschiedener Hinsicht eine hochgefährliche Fiktion.)

Damit ist das Terrain abgesteckt, auf dem Untersuchungen stattfinden sollten. Es bietet sich an, solche vergleichenden Studien jeweils in Ländern der Triade durchzuführen. Wie ihr Design auszusehen hätte, kann und soll hier nicht genauer ausgeführt werden; dabei ist an die Erfahrungen der Technikgeneseforschung anzuknüpfen. Hinzuweisen ist aber auf folgendes: Es scheint unverzichtbar, bei den hier angeregten Untersuchungen das Thema der "ökologischen Modernisierung" der jeweiligen Industrien mit anzugehen. Die ökologische Modernisierung wird in kürzester Frist ein wesentlicher Wettbewerbsfaktor werden. Wer sie verschläft, wird im Innovationswettlauf zurückbleiben.

Technikbedarf aus der Perspektive erfahrungsgeleiteter Arbeit in der industriellen Produktion

1. Notwendigkeit neuer Technikkonzepte
2. Das Konzept "erfahrungsgeleitete Arbeit" als Bezugsgröße für die Ermittlung von Technikbedarf
3. Moderation, Supervision und Nutzerrückkopplung als Elemente des methodischen Vorgehens zur Ermittlung von Technikbedarf
4. Zusammenfassung und Ausblick: Erfahrungsgeleitete Arbeit als Leitbild für Technikentwicklung

1. Notwendigkeit neuer Technikkonzepte

In derzeitigen Fachpublikationen, die sich mit Stärken und Schwächen heutiger Fabrikkonzepte sowie mit zukunftsweisenden Ansätzen beschäftigen, besteht eine weitgehende Einigkeit über die Bedeutung qualifizierter Fachkräfte für eine wettbewerbsfähige industrielle Produktion (vgl. Hammer 1994, S. 85 ff.; vgl. auch Westkämper 1994; Ulich 1994). Auch frühere Protagonisten einer Vollautomatisierung sehen inzwischen vor dem Hintergrund der aktuellen Marktsituation mit ihren Anforderungen an Flexibilität und Kundenorientierung deren Grenzen und betonen ebenfalls den Stellenwert qualifizierter Facharbeit (Warnecke 1992). Ambivalent und widersprüchlich sind allerdings die Schlußfolgerungen und Anforderungen, die an zu entwickelnde und zu modifizierende Technologie formuliert werden.

Die auf Fachmessen des Maschinenbaus wie der EMO 1993 in Hannover und der METAV 1994 in Düsseldorf ausgestellten sowie in Fachzeitschriften herausgehobenen Maschinen- und Steuerungskonzepte setzen nämlich die postulierte Einbeziehung des Menschen in den Produktionsprozeß nur

in sehr eingeschränkter Weise um (vgl. Breit u.a. 1994; Jorissen u.a. 1994). Lösungsansätze werden z.B. gesehen in

- einem "inneren Automationskonzept" (Breit u.a. 1994) der Komplettbearbeitung unter Integration sowohl der automatischen Werkstückaufnahme durch einen verfahrbaren Spindelkopf als auch der Integration weiterer Bearbeitungsverfahren wie Glühen, Härten oder der "In-Process-Messung" mittels einschwenkbarem Meßtaster,
- der Hochgeschwindigkeits- und Hochgenauigkeitsbearbeitung,
- der Weiterentwicklung von Präzisionswerkzeugen, die z.B. Schleifen überflüssig machen und die mehrere Arbeitsgänge wie z.B. Bohren und Reiben oder Schruppen und Schlichten in einem Werkzeug integrieren,
- einer adaptiven Regelung von Teilprozessen der Fertigung basierend auf der Weiterentwicklung der Sensortechnik, wie z.B. der Werkzeugüberwachung auf der Grundlage eines automatischen Mustervergleichs der abgenommenen Signalspektren, oder auch
- in der Entwicklung sog. "Lernmaschinen" (Westkämper 1994, S. 83).

Bei Produktangeboten im Bereich der Fertigung wie auch bei der Berichterstattung darüber fehlt auffälligerweise häufig der Bezug zum "Produktionsfaktor Mensch", oftmals sind z.B. Eingriffsmöglichkeiten technisch nicht konzipiert. Insgesamt drängt sich eher der Eindruck einer "Vollautomatisierung auf Raten" auf, nachdem es um durchgängige CIM-Konzepte still geworden ist. Dieser Eindruck hängt weniger mit der auch weiterhin verfolgten Option zusammen, Teilprozesse zu automatisieren. Er entsteht vielmehr, weil nicht darauf eingegangen wird, welche Tätigkeiten für die Arbeitskräfte reserviert sind, welche besonderen Fähigkeiten der "Humanressource" genutzt werden sollen und wie diese von der jeweiligen Technik unterstützt werden. Einer an der Unterstützung qualifizierter Facharbeit "vor Ort" orientierten Technikentwicklung wird - noch - nicht die Bedeutung einer zukunftsweisenden Perspektive zugesprochen. Ersten Protagonisten, wie z.B. der Werkzeugmaschinentype "Konventionell mit Steuerungsunterstützung" oder dem "CNC-Plus"-Konzept der Firmen NUM Güttinger und R. & S. Keller für CNC-Maschinen, kommt im Vergleich zu den "flexiblen" Automationskonzepten bisher eher eine marginale Bedeutung zu.

Im Zwang zur Flexibilisierung der Produktion und zur Verbesserung der Qualitätssicherung aufgrund der veränderten Marktsituation liegt gleichzeitig die Chance, die Situation für ein konsequentes Umdenken zu nutzen und das Leitbild wie folgt zu verändern: nicht nach dem technisch Machbaren zu automatisieren, sondern neu über die Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Technik nachzudenken. Was ist sinnvoll zu automatisieren, und wie muß eine Realisierung aussehen, die Stärken und Motivation des Menschen unterstützt und sie nicht schleichend abbaut?

Um dies leisten zu können, sind vorgängig Analysen notwendig, die klären, in welcher Weise der Mensch mit seinen spezifischen Fähigkeiten in Produktionsabläufe einbezogen werden kann; die weiterhin klären, was im Detail Stärken und Schwächen des Menschen in der Produktion "vor Ort" sind und wie sich diese technisch unterstützen bzw. kompensieren lassen.

In den folgenden Ausführungen werden Erkenntnisse über die Stärken menschlichen Arbeitshandeln in der Einzelteil- und Kleinserienproduktion vorgestellt, wie sie in einschlägigen Forschungsprojekten umfangreich ermittelt wurden (z.B. Martin 1995; Sell, Henning 1993; Institut für Produktionstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen der TH Darmstadt u.a. 1993). Mit dem erfahrungsgeliteten Arbeitshandeln wird eine wesentliche Stärke von Fachkräften herausgestellt und aufgezeigt, wie dieses durch Technik unterstützt werden kann. Daran anschließend wird diskutiert, welche konzeptionellen Eckpunkte bei der Ermittlung von Technikbedarf sowie bei der Entwicklung von Technik zu berücksichtigen sind.

2. Das Konzept "erfahrungsgelitete Arbeit" als Bezugsgröße für die Ermittlung von Technikbedarf

(1) Leistungen von Facharbeitern in der Fertigung beziehen sich zum einen auf den Bereich der Arbeit mit Werkzeugmaschinen. Tätigkeitsinhalte sind z.B. die Erstellung einer fertigungsadäquaten Bearbeitungsstrategie und die Sicherstellung des maschinellen Zerspanungsprozesses. Zum anderen beziehen sich Leistungen auf den Bereich der Auftragsabwicklung im Umfeld der direkten Maschinenarbeit. Tätigkeitsinhalte in diesem Bereich sind z.B. die flexible und situationsoptimierte Auftrags- und Ressourcendisposition. Beide Bereiche stehen in Wechselwirkung miteinander: So hat z.B. eine Verzögerung bei der Teilefertigung an der

Maschine Auswirkungen auf den Durchlauf von Aufträgen durch die Fertigung und auf die Reihenfolgeplanung nicht nur an der betroffenen Maschine. Eventuell werden Umplanungen oder auch neue Terminabsprachen nötig. Umgekehrt hat der Bereich der Auftragsabwicklung ebenfalls direkten Einfluß auf die Arbeit an der Maschine. Bei dringenden Eilaufträgen kann ein Umrüsten der Maschine notwendig werden, obwohl der aktuelle Auftrag noch nicht fertigbearbeitet ist.

Ein erstes Charakteristikum der Leistungen von Facharbeitern in der Einzelteil- und Kleinserienfertigung ist nach betrieblichen Untersuchungen die Leistungsvielfalt: War ein Facharbeiter vor kurzem noch mit dem Einfahren eines Neuteils an einer CNC-Werkzeugmaschine beschäftigt, wird er im nächsten Moment bereits einen weiteren Rohling begutachten, mit dem Meister über die Fertigung eines dringenden Eilauftrages verhandeln, sich über die nächsten Teile informieren; er könnte auch ein Fertigteil zur Kontrolle nachmessen und mit gleichsam einem "halben" Ohr den Automatikbetrieb an der CNC-Werkzeugmaschine überwachen oder aber sich in die Fertigungsplanung des nächsten Teiles vertiefen. Diese Beispiele sollen einen Eindruck von der Vielfalt und der Breite des Einsatzes von Facharbeitern in der Fertigung vermitteln. Ein typischer Ausspruch von Facharbeitern in der Einzelteil- und Kleinserienfertigung betrifft den Hinweis, daß sie flexibel handeln, "je nachdem, was gerade anliegt". Tätigkeiten von Facharbeitern in der Produktion sind in ihrer Reihenfolge flexibel kombinierbar - je nach Bedarf und ohne "Umrüstzeiten".

Ein zweites Charakteristikum der Leistungen von Facharbeitern ist die Leistungstiefe. Aufgrund ihrer Erfahrungen mit Fertigungsverläufen können sie diffizile und vage Zusammenhänge erkennen, diese deuten und adäquate Eingriffe vornehmen. Dies auch in Situationen mit teilweise unvollständigem Informationsangebot und konfligierenden Zielparametern (z.B. Kapazitätsauslastung, Durchlaufzeit, Werkzeugeinsatz und Qualität). Qualifizierte Facharbeiter zeichnet es insbesondere aus, daß sie vor dem Hintergrund drängender Fertigungstermine geforderte Qualitäten und Durchlaufzeiten zieleffizient und situationsbezogen gegeneinander abwägen und entsprechend handeln.

Konkrete Leistungen von Facharbeitern werden zum Teil direkt offenbar, zum Teil sind sie aber nicht sofort auffällig, sondern quasi verdeckt. Eine Leistung, die bei erfolgreichem Handeln nicht sofort augenfällig wird, betrifft das Phänomen, daß Facharbeiter in der Lage sind, Fertigungspro-

zesse im voraus so einzustellen, daß Fehler, Abweichungen und Störungen größtenteils gar nicht erst auftreten. Dies ist der Fall, wenn sie z.B. Rücksprache mit dem Konstrukteur nehmen, wenn eine Bohrung so dicht am Rand des Werkstücks liegt, daß die Gefahr eines Einrisses sehr groß ist. Oder wenn Fachkräfte Schnittwerte in Anbetracht der aktuellen Aufspannung, der verfügbaren Werkzeuge und der qualitativen Anforderungen genau auf diese Situation hin anpassen. Für die reibungslose Fertigung werden "kritische" Teile herausgefiltert und mit mehr Aufmerksamkeit durch die Fertigung geleitet. Diese eher unauffällige Leistung ist eine Voraussetzung für eine reibungslose und flexible Fertigung.

Mit dem Störungs- und Fehlerhandling soll eine wichtige Leistung qualifizierter Facharbeit angeführt werden, die leichter augenfällig wird. Facharbeiter ergreifen z.B. im Fall von Werkzeugbruch Maßnahmen, die ein schnellstmögliches Weiterlaufen der Fertigung gewährleisten. Teils werden abgebrochene Gewindebohrer selbst ausgeglüht oder es wird gemeinsam mit dem Meister oder einem Qualitätssicherer überlegt, was am besten zu tun bzw. wie ein Werkstück zu erhalten ist. Ebenfalls können Facharbeiter die Instandhaltung von CNC-Werkzeugmaschinen entscheidend beschleunigen, indem sie z.B. leichtere Maschinenstörungen selbst beheben oder bei schwereren Störungen den Instandhalter bei der Fehlersuche unterstützen. Nach empirischen Untersuchungen in Betrieben im Rahmen der CeA-Projekte "puffern" Facharbeiter auf diese Weise einen beträchtlichen Störungsanteil ab, so daß vor- und nachgelagerte Abteilungen von diesem Störungsanteil entlastet werden (vgl. Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung 1992).

(2) Wesentliche Leistungsaspekte qualifizierter Werkstattmitarbeiter bestehen zusammenfassend im Vermeiden und im schnellen Handling solcher Arbeitssituationen, die einen reibungslosen Ablauf der Fertigung beeinträchtigen bzw. stören können und deshalb den Ablauf unflexibel und insgesamt wirtschaftlich ineffizient werden lassen. Solche Arbeitssituationen sind unter dem Begriff der "kritischen Arbeitssituationen" (Schulze, Carus 1995) herausgestellt. Kritische Arbeitssituationen für eine reibungslose und flexible Fertigung finden sich in den beiden Bereichen der Fertigung, also im Bereich der Auftragsabwicklung (Feindisposition) und im Bereich der Teilefertigung (Maschinenarbeit) mit Werkzeugmaschinen.

Konkrete Anforderungen an die Gestaltung von Organisation und Technik resultieren aus der Art und Weise, wie Facharbeiter diese kritischen

Arbeitssituationen bewältigen. Daher ist es notwendig, zunächst Kennzeichen und Merkmale kritischer Arbeitssituationen herauszuarbeiten.

Die in die Feindisposition hineinwirkenden Einflußgrößen zeichnen sich durch ihre Vielfalt und durch ihr unplanbares Auftreten aus. So verändert sich z.B. die Auftragslage im Laufe des Tages, es ergeben sich terminlich-kapazitive und fertigungstechnische Schwierigkeiten, Bearbeitungsstrategien müssen an vorhandene Betriebsmittel kontinuierlich neu angepaßt werden, Maschinenzustände erfordern unter Umständen abends ein anderes Vorgehen als morgens etc. Diese Vielfältigkeit und die Dynamik, mit der sich einzelne Einflußgrößen mischen und damit zu komplexen Auswirkungen führen, erfordern ein virtuoses und situationsbezogenes Vorgehen. Zum Beispiel muß bei der effizienten Gestaltung der Auftragsreihenfolgeplanung entsprechend situativer Veränderungen umgeplant, umkoordiniert werden. Es müssen z.B. Zuordnungen von Aufträgen zu Maschinen und Facharbeitern verändert werden. Diese situativen Anpassungen der Fertigungsfeinsteuerung müssen vor dem Hintergrund betrieblicher Zielsetzungen stattfinden (z.B. kann Qualität Vorrang haben vor der Durchlaufzeit).

Mit der Bewältigung spezifischer kritischer Arbeitssituationen ist ein wesentlicher Leistungsbereich qualifizierter Facharbeiter bei der Feindisposition identifiziert. Durch bestimmte Rahmenbedingungen kann allerdings eine situative, zeitkritische und flexible dispositive Anpassung erschwert werden. Dies ist z.B. der Fall, wenn Fachkräften in der Werkstatt

- kein oder nur unvollkommener Zugang zu vor- und nachgelagerten Bereichen/Personen der NC- Verfahrenskette (Konstruktion, Montage etc.) möglich ist,
- keine oder nicht ausreichende Möglichkeit zur Vornahme der Werkzeugverwaltung (z.B. Pflege, Vorratshaltung, Bereitstellung, Reservierung etc.) zur Verfügung steht,
- kein oder nur ungenügender Überblick über terminliche und kapazitive Grobplanungen (z.B. Vorgabezeiten) möglich ist,
- kein oder nur ungenügender Überblick über den Auftragsdurchlauf und den aktuellen Fertigungsstand gegeben ist,
- kein ausreichendes Informationsangebot zur Bildung einer angemessenen Prioritätenfolge zur Verfügung steht,
- kein oder ein zu geringer Dispositionsspielraum für die Auftragsreihenfolgeplanung zur Verfügung steht,

- keine oder zu geringe Möglichkeiten zur Vornahme von Eingriffen bzw. Optimierung der Arbeitsgangfolge geboten werden,
- keine oder nicht ausreichende Gelegenheiten für Absprachen mit Kollegen, z.B. zur Vornahme der Maschinenbelegung, zur Verfügung stehen (zeitlich und räumlich), infolgedessen nur eingeschränkt die Bildung fertigungs- und kapazitiv optimierter Bearbeitungsstrategien erfolgen kann,
- keine oder unzureichende Möglichkeiten für Auftragsverwaltung und -dokumentation zur Verfügung stehen,
- keine oder in unzureichendem Maße Rückkopplungen über die Einhaltung von Endterminen und der geforderten Qualitäten möglich sind.

Bei der maschinellen Teileproduktion mit hohen qualitativen Anforderungen müssen bereits kleine Abweichungen in der Werkzeugbeschaffenheit, in Erwärmungsgraden der Maschine sowie minimale Unregelmäßigkeiten in der Materialbeschaffenheit und in aktuellen Aufspanmodalitäten in ihren Auswirkungen auf die Qualität der Zerspanung hin erkannt und berücksichtigt werden. Während des Maschinenlaufs können infolge der spezifischen Werkzeug-Werkstück-Interaktion Vibrationen entstehen, Werkzeuge nutzen sich ab, und infolgedessen werden eingestellte Schnittwerte "schleichend" unadäquat - z.B. für das Erreichen einer bestimmten Qualitätsanforderung. Es muß somit die Bedeutung aktueller Veränderungen der Zerspanungsparameter während der maschinellen Bearbeitung bezüglich der resultierenden Qualität eingeschätzt und es müssen angemessene Prozeßregulierungen und -anpassungen durchgeführt werden. Im Anschluß an die Bearbeitung müssen Qualitätsabweichungen festgestellt und in Modifikationen der Prozeßeinstellung überführt werden. Die Situationsbeschreibungen stellen einen Ausschnitt alltäglicher Anforderungen dar und zeigen verschiedene Fertigungsparameter auf, die eine reibungslose und flexible Fertigung erschweren und die jeweils situationsadäquat reguliert werden müssen. Kritische Arbeitssituationen bei der Maschinenarbeit bestehen vor allem in der aktuellen Berücksichtigung unvorhersehbarer und damit unplanbarer Einflußgrößen der Zerspanung. Eine exakte Vorausplanung und eine regelgeleitete bzw. algorithmisierte Anpassung gelingen in der betrieblichen Praxis bei den folgenden Arbeitsaufgaben nur mangelhaft:

- bei der Überstellung vollständiger und aktueller Auftragsmaterialien/-unterlagen (z.B. häufige Existenz älterer Zeichnungs- und NC-Programmversionen),

- bei der Vergabe fertigungsadäquater Aufmaße (oft unangemessen bei Vergabe im externen NC-Programmierbüro),
- bei der Festlegung fertigungsangemessener Bearbeitungsfolgen (z.B. hoher Optimierungsaufwand bei externer NC-Programmierung),
- bei der Festlegung optimaler Werkzeuge (oftmals suboptimale Werkzeugwahl bei vorgelagerter Planung),
- bei der fertigungsgerechten Aufspannung und Berücksichtigung im NC-Programm (Spannelemente befinden sich häufig an anderen Positionen als im NC-Programm berücksichtigt; Kollisionsgefahr),
- bei der Festlegung angemessener Schnittwerte (in der Regel in den Feinabstufungen erst bei laufendem Prozeß möglich),
- bei der Erfassung aktueller Veränderungen des Zerspanungsprozesses während des Maschinenlaufs bei CNC-Werkzeugmaschinen (mangelnde Prozeßtransparenz durch Verkapselung, elektronische Steuerung),
- bei der Vornahme von optimierenden und situationsangepaßten Eingriffen in den Zerspanungsprozeß (z.B. zerstörungsfreies Rausfahren und Wiederauffahren nach Prozeßunterbrechungen ist technisch unvollkommen realisiert),
- bei der Erfassung und Kompensation von Maßveränderungen bei der Prozeßauswertung,
- bei der Erfassung und Kompensation von Werkzeugverschleiß,
- bei der Dokumentation von Erfahrungswerten (z.B. Technologiewerte, Spannsituationen),
- bei der Rückdokumentation optimierter Auftragsunterlagen (es entstehen unterschiedliche NC-Programmversionen).

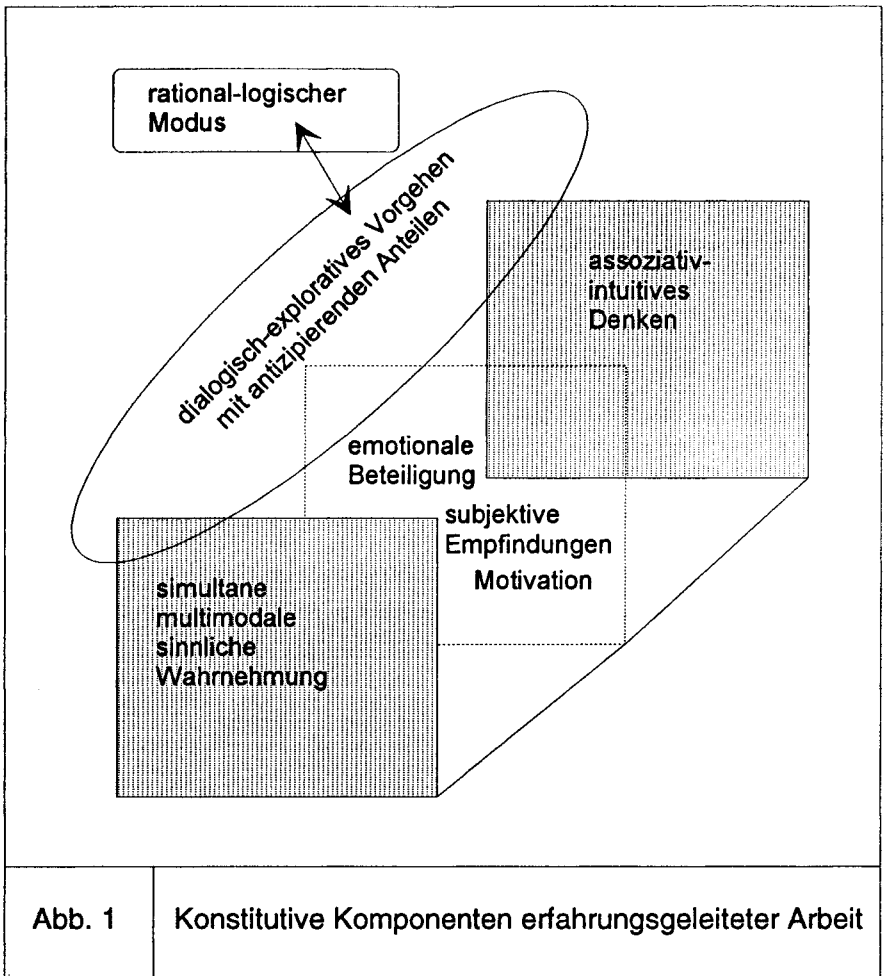
Arbeitsituationen, die für jede Fertigung kritisch sind, lassen sich vor diesem Hintergrund allgemein und zusammenfassend dadurch kennzeichnen, daß

- sie nicht vollständig berechenbar und vorausplanbar sind,
- Einflußfaktoren spontan auftreten können, die zudem in Wechselwirkung stehen,
- neue Anforderungen und unbekannte Parameter in Erscheinung treten,
- in die Zieldimensionen teils widersprüchliche Zielparameter einfließen,
- eine Interpretation hinsichtlich geeigneter Lösungsmöglichkeiten nur vor dem Hintergrund des konkreten Fertigungs- und Bearbeitungskontextes möglich ist.

Infolge dieser Merkmale lassen sich kritische Arbeitssituationen nur sehr eingeschränkt in der Form von Algorithmen und "Wenn-Dann-Regeln" erfassen und sind daher nur begrenzt einer adaptiven Prozeßregulation zugänglich (vgl. auch Rose, Macher 1993). Zum anderen setzt in deren Bewältigung das spezifische Leistungspotential erfahrener Fachkräfte an. Die Bewältigung solcher Arbeitssituationen wird durch die Nutzung der praktischen Erfahrung aus den beiden Bereichen der Fertigung möglich. Durch die enge Verschränkung und das Aufeinander-bezogen-Sein von Erfahrungen aus Maschinenarbeit und aus Auftragsabwicklung können Facharbeiter eine flexible, ökonomische, zeit- und material- sowie qualitätsgerechte Teilefertigung gewährleisten. Die flexible Bewältigung kritischer Arbeitssituationen stellt somit einen wichtigen Prüfstein für die Flexibilität und Produktivität von Produktionsbetrieben dar. Eine solche Bewältigung entscheidet auch über die Wettbewerbsfähigkeit produktionstherstellender Unternehmen. Der Technikbedarf leitet sich folglich aus der Frage ab, wie sich die Bewältigung durch Facharbeiter unterstützen läßt.

(3) Es stellt sich die Frage, wodurch es Facharbeitern möglich ist, in kritischen Arbeitssituationen situationsadäquat zu handeln, was liegt ihren besonderen Leistungen zugrunde? In diesem Zusammenhang hat sich das Konzept "erfahrungsgeleitete Arbeit" als spezifisches Charakteristikum menschlichen Arbeitshandelns und als Erklärungsansatz für das Zustandekommen der spezifischen Leistungen von qualifizierten Facharbeitern bewährt (vgl. Böhle 1995; vgl. auch Martin 1995, S. 186). Die Übertragung bereits gemachter Erfahrungen mit ähnlichen Fertigungssituationen und insbesondere das "Erfahren" neuer Zusammenhänge in aktuellen kritischen Arbeitssituationen ermöglichen Facharbeitern im Berufsverlauf die Kompetenz aufzubauen, Werkzeugmaschinen zuverlässig einzusetzen. Das Konzept "erfahrungsgeleitete Arbeit" betont dabei insbesondere den Prozeß des Erfahrung-Machens: Erfahrungsgeleitete Arbeit ist eine spezifische Methode, mit der Facharbeiter neue Zusammenhänge erfassen und erfahren. Möglich wird dies durch ein Zusammenwirken verschiedener konstitutiver Komponenten. Folgende Abbildung 1 zeigt die Komponenten und ihr Zusammenspiel:

Eine der Komponenten besteht in einer komplexen Wahrnehmung, die gleichzeitig und über mehrere Wahrnehmungskanäle abläuft und von emotionalen Empfindungen wesentlich mitgesteuert ist. Diese Form unterscheidet sich grundsätzlich von der Registrierung eindeutig definierter



Signale als "Wahrnehmung" und deren "objektiver" Bewertung im "Denken". Es handelt sich hier um einen anderen Modus von Wahrnehmung. Bei der Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen und in deren Umfeld hat sich gezeigt, daß vor allem diffuse, sich schleichend verändernde und nicht eindeutig beschreib- und meßbare Informationsgehalte durch gleichzeitige Wahrnehmung über verschiedene Sinnesorgane mit Bedeutung verknüpft und teils erst über Redundanzen offensichtlich werden. So liegt z.B. in der multimodalen Wahrnehmung die Chance für Ergänzungen und Redun-

dancen von Informationen, was den Arbeitenden ein Bestätigen oder Verwerfen von Informationsgehalten ermöglicht. Darüber hinaus komplettieren Facharbeiter ihre direkten Wahrnehmungen der Zerspanung durch mentale Vorstellungen über das ablaufende Geschehen, da oft nur ein Bruchteil real "sichtbar" wird (vgl. Bolte 1993). Solche Vorstellungen müssen nicht den physikalischen Abläufen entsprechen, sind aber in hohem Maße funktional, d.h. eröffnen und begründen Eingriffsmöglichkeiten, wie z.B. die Erhöhung der Drehzahl, wenn der Bohrer "zu sehr drückt".

Charakteristisch ist weiterhin, daß im Arbeitshandeln Gefühlseffekte als subjektive Empfindungen nicht ausgeblendet sind. Während andere Konzeptionen Empfindungen und Gefühle eher als potentielle Störgröße verstehen und möglichst ignorieren, zeigen die empirischen Untersuchungen zum Arbeitshandeln in der CeA-Forschung, daß Facharbeiter gefühlsmäßige Äquivalente als handlungsleitend wertschätzen. So finden sich bei der Wahrnehmung von sich anbahnenden Störungen z.B. Gefühle von "Unsicherheit" bereits zu einem Zeitpunkt, zu dem noch keine objektiven Kennzeichen identifiziert sind. Facharbeiter beschreiben ein ganzes Spektrum solcher "Unsicherheitsgefühle", das von diffusen, erfahrungsbasierten Ahnungen bis zur souveränen Gewißheit reicht, daß etwas "nicht normal läuft". Das besondere Potential erfahrener Fachkräfte liegt darin, daß sie auch vage Gefühlsmomente als "Anzeiger" für kommende Schwierigkeiten und als Symptom nutzen (Carus u.a. 1992, S. 56). Voraussetzung für eine Genese solchermaßen funktionaler Gefühlsäquivalente ist eine motivationale und emotionale Eingebundenheit in den Arbeitsprozeß im Sinne von "Prozeßbeherrschung". Entscheidend sind hier ein auch emotional gefärbter Bezug zur Werkzeugmaschine - z.B. als "meine" Maschine - sowie ein ausreichendes Maß an Qualifikation und Erfahrung - der Prozeßkompetenz -, um bearbeitungsbezogene Gefühlsäquivalente von sonstigen unterscheiden zu können. Eine Identifikation mit der Arbeit durch die Herausforderung, komplexe Aufgaben "meistern" zu können, ist vor diesem Hintergrund von wesentlicher Bedeutung.

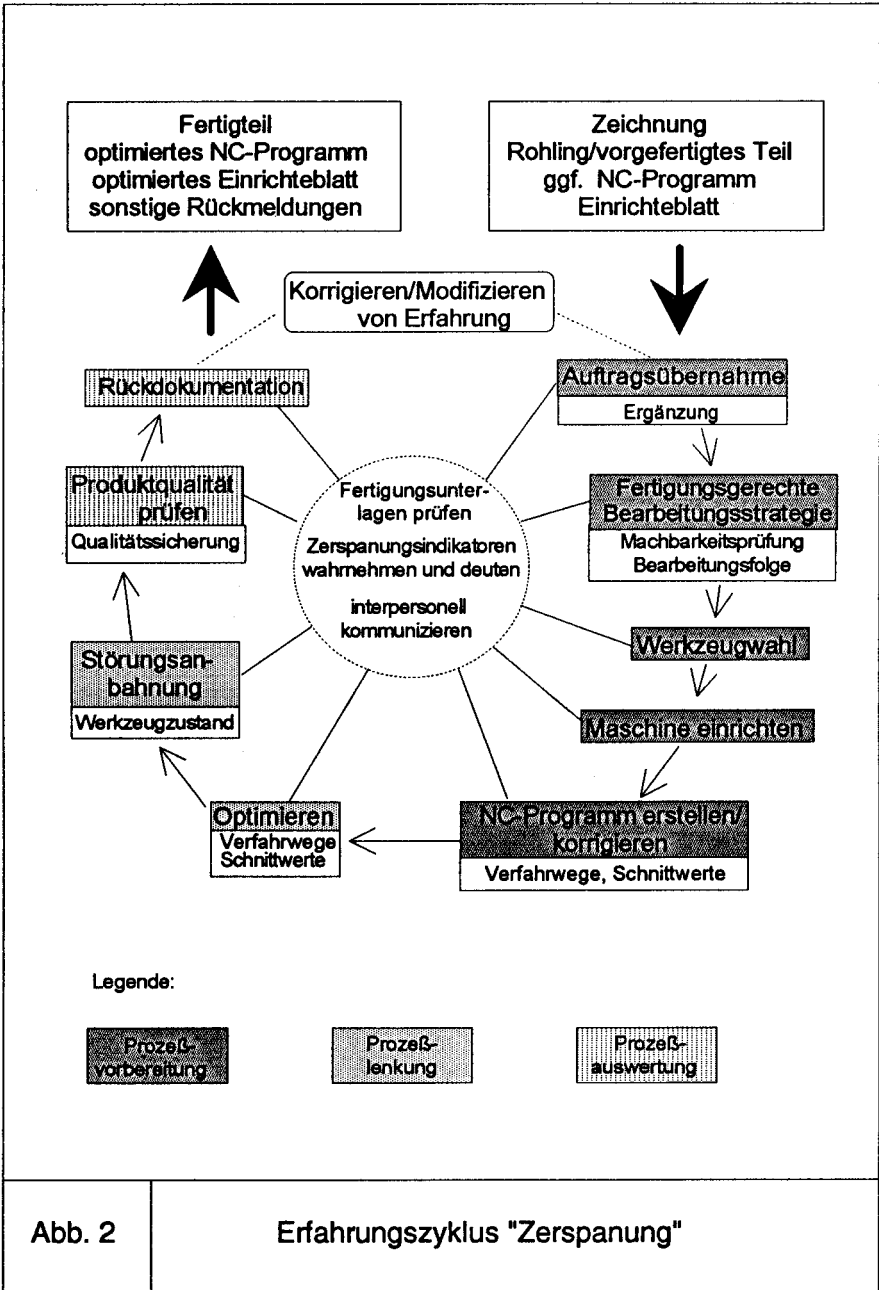
Als weitere Komponente findet sich eine Form des Denkens, die sich von einem an logisch-rationalen Kriterien orientierten analytisch-schlußfolgernden Denken unterscheidet. Es handelt sich um den "assoziativ-intuitiven" Denkmodus. Dieser basiert auf der (Gedächtnis-)Theorie, daß erlebte Situationen mit unterschiedlichen Merkmalen und Bedeutungen in Zu-

sammenhang mit Gefühlen, Farben und Geräuschen blitzschnell als komplexe "bildartige", auch "bewegliche" Gesamtheit erinnert werden können (Engelkamp 1990). Um dies zu veranschaulichen, sei darauf hingewiesen, um wieviel einfacher es z.B. ist, sich eine belebte, unübersichtliche Straßenkreuzung zur Rush-hour vorzustellen, als sie in ihren genauen Details sprachlich zu beschreiben und jemand anders zu vermitteln. Zugriffsmöglichkeiten auf solch komplexe mentale Vorstellungen entstehen über Assoziationen von "Markierungen" oder "Marken" aus verschiedenen Gedächtnismodalitäten (ebd., S. 323). Zur Veranschaulichung soll daran erinnert werden, daß viele Menschen beim Anklingen eines bestimmten (außergewöhnlichen) Tons an subjektiv ähnliche Situationen erinnert werden, in denen sie diesen Ton gehört haben. Auf diese Weise können singuläre Situationsmerkmale komplexe Erinnerungen aktualisieren.

Vorstehende konstitutive Komponenten finden - teils bewußt zugänglich, teils nicht - Anwendung in einem dialogisch-explorativen Handeln, d.h. in einem schrittweise erkundenden Vorgehen. Das ist ein Vorgehen, bei dem jeder folgende Schritt auf dem Zwischenergebnis des vorhergehenden basiert und planende und ausführende Momente eng miteinander verstrickt sind. Erst im Moment des Ausführens finden Spezifizierungen und Korrekturen, also eine Anpassung eines Grobplans an die realen situativen Parameter, statt.

Erfahrungsgeladene Arbeit setzt sich bei der Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen in einem Erfahrungszyklus (vgl. auch Lennartz, Rose 1993) um. Dieser konkretisiert die praktischen Bezugspunkte des Handelns und zeigt Gefährdungen und Unterstützungspotentiale gleichermaßen auf. In der nebenstehenden Abbildung 2 ist der Erfahrungszyklus "Zerspanung" verdeutlicht:

Der äußere Kreis bezeichnet relevante Entscheidungssituationen bei der Vorbereitung der computergesteuerten Bearbeitung, bei der Lenkung und Beeinflussung sowie bei der Auswertung der Werkstückbearbeitung. Zur Orientierung für diese Entscheidungen dienen die im inneren Kreis genannten zerspanungsspezifischen Bedingungen und Umstände: Es werden sowohl schriftliche Fertigungsunterlagen wie Zeichnung, Auftragspapiere, Einrichteblätter als auch im persönlichen Gespräch übermittelte Informationen, z.B. über terminliche Bedingungen und fertigungstechnologische Anforderungen, herangezogen und in einer interpretierenden Weise in entsprechende Prozeßeinstellungen und Fertigungshandlungen umgesetzt.



Desgleichen werden während der zerspanenden Bearbeitung Indikatoren wahrgenommen und in ihren Bedeutungen für eine anforderungsgerechte Teilefertigung eingeschätzt.

Die im inneren Kreis genannten Informations- und Orientierungsmöglichkeiten bilden eine wesentliche Voraussetzung dafür, anstehende Entscheidungssituationen unter den jeweils aktuell geltenden Zielprioritäten adäquat und bestmöglich zu bewältigen.

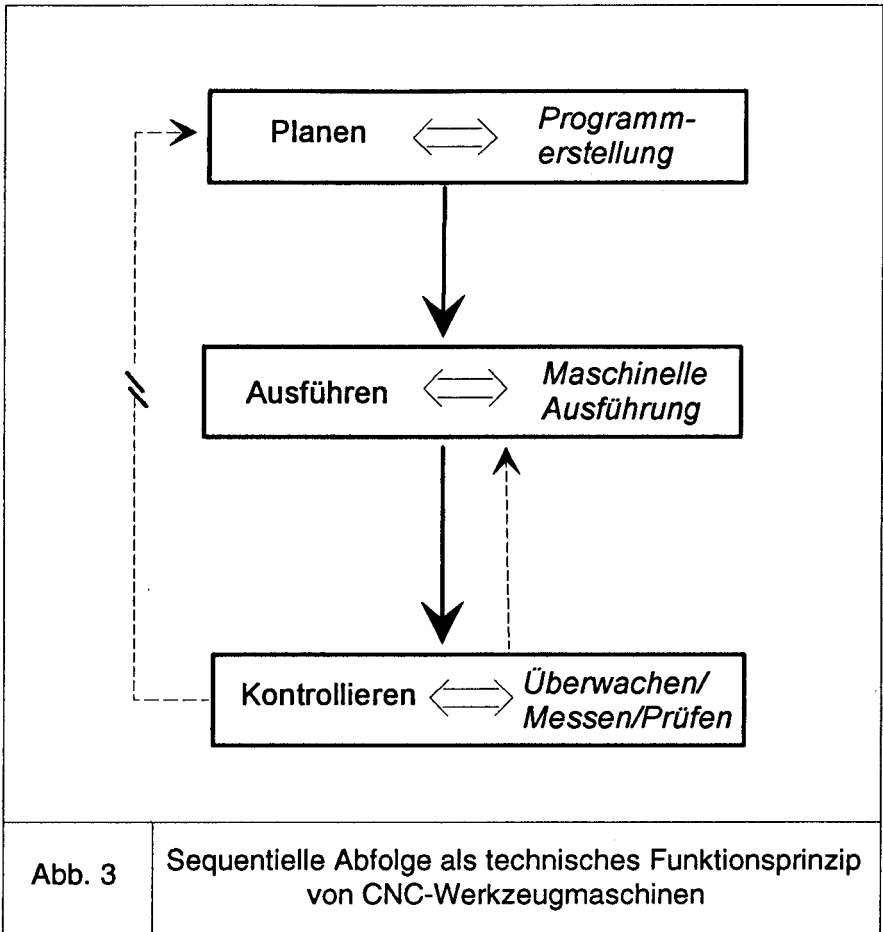
(4) Berücksichtigt man die Bedeutung der erfahrungsgeleiteten Arbeit in Fertigungszusammenhängen, so lassen sich aus dieser Sicht Behinderungen erkennen und benennen (vgl. Rose, Lennartz 1995). Aus den Ergebnissen von Untersuchungen zu neuralgischen Behinderungen erfahrungsgeleiteter Arbeit an und im Umfeld von CNC-Werkzeugmaschinen ist vor allem der hohe Grad der Arbeitsteilung in der Aufbauorganisation wie auch innerhalb der angebotenen Technik hervorzuheben. Daraus resultieren folgende Kernanforderungen, die sich auf die Integration von Arbeitsvollzügen, auf Prozeßtransparenz und -eingriffe sowie auf Kooperation beziehen.

(a) Integration von Arbeitsvollzügen: Eine Anforderung besteht darin, unmittelbar zusammenhängende Arbeitsvollzüge im Umfeld der spanenden Fertigung organisatorisch zu integrieren (vgl. auch Rose 1992, S. 26). Ziel ist, den Arbeitskräften ein dialogisch-exploratives Arbeitshandeln mit einer engen Verschränkung von Planen und Ausführen zu ermöglichen.

Aufgrund des zur Zeit realisierten Funktionsprinzips von CNC-Werkzeugmaschinen ist faktisch jedoch eine enge Verschränkung kaum möglich, wie nebenstehende Abbildung 3 verdeutlicht:

Es finden sich bei der Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen drei sequentiell aufeinanderfolgende Handlungsphasen: Im Bereich des "Planens", hier der NC-Programmerstellung, müssen alle Details der Bearbeitung genau vorweggenommen und festgelegt werden, wie Bearbeitungsreihenfolge, Verfahwege, Technologiewerte etc. Im Anschluß daran fährt die Maschine das NC-Programm automatisch ab. In dieser maschinellen Ausführungsphase sind nur sehr begrenzte Eingriffsmöglichkeiten der Fachkräfte in den Zerspanungsprozeß möglich. Die Kontrolle in der Form eines Überwachens, Prüfens und Messens findet erst im Anschluß an die kom-

plette Fertigung statt, es sei denn, einzelne Meßschnitte sind bereits im Bearbeitungsverlauf programmiert worden.



Dieses Funktionsprinzip beruht auf der Annahme, daß einerseits die einzelnen Blöcke in der Praxis nacheinander und ohne wesentliche Verschränkungen ablaufen können und daß andererseits eine vollständige Planung im voraus eine erfolgreiche maschinelle Ausführung im wesentlichen gewährleistet. In der betrieblichen Praxis findet sich jedoch die Beobachtung, daß Facharbeiter ein erstelltes NC-Programm zunächst als "Proviso-

rium" sehen, das in der Phase der Ausführung - beim Einfahren - notwendigerweise vervollständigt und angepaßt werden muß (Böhle u.a. 1993, S. 16). Durch die technisch bedingte sequentielle Abfolge der Phasen Planen, Ausführen und Kontrollieren wird die Form des dialogisch-explorativen Vorgehens behindert. Infolgedessen leitet sich hieraus die Anforderung nach einer stärkeren Verschränkung der Handlungsphasen ab. Eine solche Verschränkung ermöglicht eine individuellere Vorgehensweise und erlaubt den Einbezug aktueller und unplanbarer Prozeßveränderungen. Erste Realisierungen gelangen auf der Grundlage des Konzepts der "manuellen Steuerung" (ebd., S. 18), in dem solche Verschränkungen explizit vorgesehen sind. Neuere und momentan in Fertigungsbetriebe diffundierende Werkzeugmaschinentypen wie die konventionelle Drehmaschine mit Steuerungsunterstützung (Carus u.a. 1994) setzen diese Verschränkung exemplarisch um.

(b) Gestaltung der Prozeßnähe durch Einsatz von Medien zur Erhöhung der Prozeßtransparenz: Für Genese, Anwendung und Erhalt erfahrungsgeliteter Arbeit ist voraussetzend, daß Facharbeiter sinnlich begründete Vorstellungen von Prozeßabläufen, Prozeßzuständen und auch Prognosen über Prozeßverläufe aufbauen können. Die sinnliche Wahrnehmung als Voraussetzung solcher Assoziationen ist bei CNC-Werkzeugmaschinen entscheidend eingeschränkt. Die Verkapselung an solchen Maschinen läßt sich in dieser Perspektive als Output-Barriere (Bolte u.a. 1993, S. 222) beschreiben. Das heißt, daß Prozeßäußerungen akustischer Art nur stark gedämpft durch die Verkapselung dringen können. Zusätzlich kann der Bearbeitungsprozeß kaum eingesehen werden, weil der Einsatz von Kühlschmiermittel die Sicht versperrt (indem dieses z.B. gegen die Scheibe geschleudert wird). Durch Verkapselung und die hohe Steifigkeit des Maschinenkorpus' werden Vibrationen ebenfalls gedämpft.

Infolgedessen ist die Entstehung einer sinnlich wahrnehmbaren Prozeßtransparenz für die Facharbeiter stark behindert. Hieraus leitet sich als spezifische Anforderung diejenige nach der sinnlichen Wahrnehmbarkeit solcher Prozesse ab. Im CeA-Vorhaben wurde hierzu der Ansatz entwickelt, Indikatoren (Signale) über Prozeßzustände aus dem Arbeitsraum der Maschine auch auf technischem Wege (wie z.B. Körperschall) zu transferieren; auftretende Kräfte am Wirkpaar Werkstück/Werkzeug z.B. durch einen "Klopfsensor" zu erfassen und mittels Kopfhörer auszugeben (Klimmer u.a. 1994, S. 34).

Hier besteht erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf, insbesondere vor dem Hintergrund von Prozessen, die sich aufgrund ihrer Schnelligkeit (Hochgeschwindigkeitsbearbeitung) oder Trägheit (Chemische Industrie) der menschlichen Wahrnehmung prinzipiell entziehen. Forschungen in diesem Themenkreis, z.B. hinsichtlich der Unterstützung des Aufbaus adäquater mentaler Vorstellungen von solchen Prozeßabläufen, sind zukünftig unbedingt erforderlich. Möglichkeiten technischer Unterstützung sind z.B. in umfangreichen Protokollfunktionen zu sehen, die ein verlangsames Nachvollziehen der technischen Abläufe nach Beendigung des Prozesses gestatten.

(c) Gestaltung der Prozeßregulation durch Optionen für differenzierte Eingriffsmöglichkeiten: Wahrnehmungen können gemäß ihrer Bedeutung nur dann in Handlungen umgesetzt werden, wenn auch differenzierte Eingriffe möglich sind. Dies ist bei CNC-Maschinen nur auf relativ umständlichem Weg der Fall. Einzig NOT-AUS und die Override-Funktionen stehen hier zur Verfügung. Manuell-analoge Eingriffsmöglichkeiten fehlen, z.B. ein momentanes Überlagern der programmierten Verfahrenswege, so daß ein zerstörungsfreies Rausfahren aus der Kontur umstandslos möglich wäre. Möglichkeiten zur Erhöhung des Inputs bestehen, wenn die starre Abfolge der Sequenzen der kompletten Planung (Programmerstellung), dem Ausführen der maschinellen Zerspanung und zum Schluß der Auswertung der kompletten Fertigung, aufgebrochen wird. Erste Entwicklungen gehen in die Richtung, mittels prozeßrückgekoppelter Eingabemedien, wie z.B. Handrad und Joystick (Mertens u.a. 1993), Werkzeugbewegungen optional auch manuell zu steuern.

(d) Gestaltung von Kooperation durch interpersonelle Kommunikationsmöglichkeiten: Werkzeugmaschinen sind eingebunden in einen organisatorischen Kontext in der Fertigung. Hier hat sich gezeigt, daß der interpersonelle Austausch von praktischer Erfahrung zwischen verschiedenen Abteilungen wie z.B. Konstruktion, Fertigung und Montage bedeutend für eine flexible und innovative Fertigung ist (Carus u.a. 1992a, S. 27). Wenn Kommunikation lediglich rechnergestützt möglich ist, reduziert sich Kommunikation auf eine Übertragung von Daten, es kommt zu einem Verlust von wesentlicher kontext- und bedeutungsbildender persönlicher Kommunikation. Hier besteht insbesondere die Anforderung nach der Gestaltung ausgewählter Kommunikationsmöglichkeiten und -gelegenheiten. Interpersoneller Erfahrungsaustausch zwischen Arbeitskräften hat auch die

Funktion, neue Erfahrungen zu bilden (z.B. durch Vormachen und Zeigen), zu validieren sowie verfügbare Erfahrungen ggf. zu modifizieren.

3. Moderation, Supervision und Nutzerrückkopplung als Elemente des methodischen Vorgehens zur Ermittlung von Technikbedarf

Vielfalt und Komplexität von Technik und Produktionsarbeit sowie die Notwendigkeit, einen prospektiven Technikbedarf zu ermitteln, erfordern im ersten Schritt, den konzeptionellen Hintergrund der zu unterstützenden Arbeitstätigkeit zu formulieren. Eine Orientierung an menschlichen Fähigkeiten und weniger an Produkten und Möglichkeiten von Technik eröffnet eine langfristig gültige Perspektive für die Entwicklung von Organisation und Technik. Damit ist gleichzeitig ein Leitbild für die Entwicklung und Gestaltung von Technik expliziert. In den nachfolgenden Abschnitten werden Ansätze zur praktischen Umsetzung dieses Leitbildes in konkrete Technik vorgestellt, wie sie beispielhaft in den CeA-Forschungsvorhaben realisiert wurden. Im Grobüberblick lassen sich drei Strukturelemente einteilen: (1) Konzeption, (2) Moderation und (3) Organisation/Supervision.

(1) Konzeption der erfahrungsgelenkte Arbeit als Bezugsgröße für die Ermittlung von Technikbedarf: In der CeA-Forschung wurde zur Ermittlung des Technikbedarfs bei der Fertigung mit CNC-Werkzeugmaschinen zunächst die Facharbeitstätigkeit in diesem Bereich analysiert. An zentraler Stelle stand das Phänomen der beruflichen Arbeitserfahrung, wie unter Abschnitt 2. beschrieben. Im praktischen Vorgehen wurden in 15 produzierenden Unternehmen ca. 190 Mitarbeiter aus der Fertigung befragt und interviewt sowie ca. 65 Mitarbeiter aus vor- und nachgelagerten Abteilungen. Bei den Unternehmen handelte es sich um Klein-, Mittel- und Großbetriebe mit Einzelteil- und Kleinserienfertigung mit unterschiedlichen Automations- und Vernetzungsgraden. Durch dieses Spektrum an Unternehmen konnte ein jeweils angemessener Technikbedarf ermittelt werden. Basis für die Gespräche war eine vorausgegangene sogenannte teilnehmende Beobachtung, bei der sich die Forscher "vor Ort" ein Bild über die Tätigkeit der Fachkräfte machen können. Die Teilnahme "vor Ort" liefert eine Reihe von gemeinsam erlebten Situationen für Fachkräfte und Beobachter, die in Gesprächen nachgefragt und erläutert werden können. Denn

nur in Grenzen ist es dem Facharbeiter möglich, das eigene erfahrungsba- sierte Handeln zu beschreiben. Hier bringt die Beobachtung "vor Ort" er- gänzenden Aufschluß. Zum Beispiel fehlen Maße auf einer Zeichnung, und der Facharbeiter muß sich diese "besorgen", ein dünner Bohrer bricht im Werkstück und muß ausgebohrt werden, mit dem Kollegen aus der Dreherei wird per kurzer Absprache die Arbeitsgangfolge getauscht, weil das günstiger ist etc. Hier liegt eine Stärke der Werkstattmitarbeiter - bei der Ermittlung von Technikbedarf -, anhand konkreter Arbeitsfälle dar- stellen zu können, worauf es im besonderen ankommt und wie dies auch unter erschwerten Umständen erreicht werden kann. Bei der Analyse spe- zifisch menschlicher Leistungsfaktoren im Arbeitshandeln sowie deren Behinderungen durch vorhandene Organisation und Technik hat sich ein methodisches Vorgehen aus Beobachtungen "vor Ort", Intensivinterviews und Gruppendiskussionen als ertragreich erwiesen.

Als Besonderheit ist zu erwähnen, daß Arbeitende zwar eingesetzte Tech- niken auf ihre Brauchbarkeit hin beurteilen können, meist jedoch nur ein- geschränkt kritisieren und Vorschläge für Verbesserungen machen. Zum einen ist der Gegenstand ihrer Tätigkeit nicht die Ermittlung von Tech- nikbedarf, sondern die Erstellung von Werkstücken mit den jeweils vor- handenen Betriebsmitteln. Um ihr Arbeitsziel zu erreichen, müssen Fach- arbeiter sich die Arbeitsmittel aneignen, sich "zu eigen machen". Dadurch ist ihnen ein von außen kommender Blick auf grundsätzliche Stärken und Schwächen der verwendeten Technik zunächst verstellt. Zum anderen be- finden sie sich aufgrund ihrer Rolle als angestellte Facharbeiter in einem Unternehmen im Spannungsfeld von Distanz und Identifikation zu ihrer eigenen Tätigkeit, das zu sogenannten "Humanisierungsbarrieren" führt (Volmerg u.a. 1986). Infolge ihrer Rollenzugehörigkeit können Facharbei- ter (wie andere Mitarbeiter im Unternehmen auch) nicht unabhängig von Arbeits- und Handlungsnormen, wie sie für das jeweilige Unternehmen spezifisch sind, umsetzungsfähige Vorschläge machen (ebd., S. 61).

Somit steht die alltägliche Notwendigkeit von Fachkräften, sich mit der vorhandenen Situation arrangieren zu müssen, zunächst im Widerspruch zur Aufforderung, Arbeitsunterlagen und -mittel kritisch zu bewerten und nicht nur kosmetische Änderungen vorzuschlagen. Im Forschungsdesign müssen diese Effekte berücksichtigt werden; sie erfordern z.B. geeignete Instrumente und Interpretationen auf der Basis arbeitspsychologischer Erkenntnisse. Gefördert werden muß eine alternative Perspektive zu der

vorhandenen "Innensicht" auf die verwendeten Arbeitsmittel und die verfügbare Technik.

Die menschliche Tätigkeit, ihre Charakteristika und Bedingungen sind also eine notwendige Bezugsgröße für die Ermittlung von Technikbedarf. Technikbedarf läßt sich aus den beschriebenen Gründen nicht auf "direktem" Weg ermitteln. Im Konzept "erfahrungsgeleitete Arbeit" werden spezifische Leistungen qualifizierter Fachkräfte herausgearbeitet, wie sie insbesondere bei der Bewältigung kritischer Arbeitssituationen beschrieben sind. Diese konzeptionellen Zusammenhänge bilden die Bezugsgröße für den in Folge daraus resultierenden Bedarf an Technik.

(2) Moderation von Gesprächen als Erhebungsinstrument bei der Schwachstellenanalyse: An dieser Stelle soll die Moderationsmethode als eine erprobte Vorgehensweise für die Gesprächsführung in Gruppendiskussionen vorgestellt werden. Eine geeignete Moderation ermöglicht - nach den Erfahrungen in den CeA-Vorhaben - eine profunde Schwachstellenanalyse und schmälert z.B. Hemmnisse und die genannten Barrieren auf seiten der Beteiligten. Die bereits in verschiedenen betrieblichen Zusammenhängen praktizierte Moderationsmethode stellt ein anpassungsfähiges methodisches Instrument bei der Erhebung von Erfahrungen und Bewertungen sowie im Problemlöseverfahren dar.

Nachfolgend werden Aspekte der betrieblichen Moderation vorgestellt sowie deren Bedeutung für die Ermittlung von Technikbedarf. Vorausgehende Überlegungen für die Moderationstätigkeit sind unter anderem: Auswahl der Teilnehmer und Freiwilligkeit der Teilnahme sowie Anonymisierung der Auswertung. Der Arbeitszyklus in der Moderation ist in aufeinanderfolgende Phasen eingeteilt, die je nach Bedarf und Zeit iterativ durchlaufen werden können: Einstieg und Themensammlung, Auswahl und vertiefende Bearbeitung, Diskussion und reflektierende Betrachtung, Festlegung des weiteren Vorgehens. Für den Einstieg sind vom Moderator Fragen oder Präsentationen zu entwerfen, die die Teilnehmer in die Lage versetzen, eigene Beiträge zum Thema zu leisten.

Zu den Aufgaben des Moderators gehört es, direktiv in der methodischen Leitung, jedoch nondirektiv in Inhalten zu sein sowie dafür zu sorgen, daß im Sinne der erkenntnisleitenden Fragestellung diskutiert wird. Nicht zu Inhalten, sondern zur Entfaltung des Themas und zur Weiterentwicklung

des Diskussionsprozesses trägt der Moderator bei, z.B. durch Paraphrasieren von Aussagen, Zuspitzen von Formulierungen, Rekapitulieren und damit ein Absichern der diskutierten Inhalte in der Gruppe; durch kontrastive oder auch provokative Fragen (Lamnek 1989, S. 155). Während der Diskussion ist die Einhaltung einer Deutungsabstinenz seitens des Moderators erforderlich, um Teilnehmer möglichst wenig wertend zu beeinflussen. Die Deutung der Aussagen erfolgt in der Auswertung und Interpretation nach der Gruppendiskussion, anschließend werden die Ergebnisse den Teilnehmern vorgestellt und ggf. korrigiert.

Die Interaktion zwischen Moderator/in und Gruppe ist durch dynamische Parameter geprägt. Die personelle Zusammensetzung in Diskussionsgruppen hängt unter anderem von der jeweiligen Funktion der Diskussion sowie von der zu bearbeitenden Fragestellung etc. ab, daher lassen sich feste Regeln nicht formulieren. Vorausgehende Überlegungen die Gruppe betreffend sind unter anderem: Festlegung von Ziel und Zweck der Gruppendiskussion, z.B. ermittelnde oder vermittelnde Zielsetzung. In der ermittelnden Zielsetzung können Einstellungen und Meinungen einzelner Teilnehmer wie auch der Diskussionsgruppe erhoben werden oder die Gruppe kann für ein Testverfahren eingesetzt werden. Schwerpunkte der Auswertung von Gruppendiskussionen liegen je nach Fragestellung auf der inhaltlich-thematischen Ebene oder der Ebene des gruppendynamischen Geschehens. Da beide Ebenen in Gruppendiskussionen hineinwirken, ist es sinnvoll, in der Auswertung beide entsprechend zu berücksichtigen.

Das Zusammenstellen und Anleiten von Diskussionsgruppen ist in Zusammenhang mit der Ermittlung von Technikbedarf eine wesentliche Dienstleistung der Sozialwissenschaften. Sie besteht vor allem darin, den konzeptuell-inhaltlichen Bezug zu kommunizieren sowie gemischt besetzte Diskussionsgruppen mit geeigneten methodischen Ansätzen arbeitsfähig zu machen und in obengenanntem Sinne zu moderieren. Dieses Vorgehen hat sich in der Vergangenheit sowohl mit Fachkräften aus der Fertigung als auch mit Mitarbeitern aus Entwicklungs- und Planungsbereichen und schließlich im interdisziplinären Erfahrungsaustausch als geeignetes Vorgehen erwiesen. Auf diesem Wege konnte sich ein von Forschern und betrieblichen Mitarbeitern gemeinsam geteiltes Hintergrundverständnis für Technikbedarf und Technikentwicklung bilden. Die Orientierung von Technik an der Unterstützung des Arbeitshandelns der Fachkräfte in der

Fertigung wurde auf diese Weise zum Leitbild des CeA-Erhebungs- und Gestaltungsvorhabens.

(3) Formen für Nutzerrückkopplung und die Bedeutung von Supervision: Die aktuelle Marktsituation mit ihren Zwängen nach Flexibilität der Fertigung, nach Kundentreue und Verkürzung von Produktionszeiten erzeugt in der Maschinenbaubranche bereits seit längerer Zeit einen bedeutenden Bedarf nach neuen Organisations- und Maschinenkonzepten. Die Diskussionen unter anderem um Lean Production und Gruppenarbeit belegen diesen Trend. Es stellt sich die Frage, wie der Prozeß der Entwicklung von Organisations- und Maschinenkonzepten bis hin zu konkreten Lösungen und Angeboten organisiert werden kann. Es geht z.B. im einzelnen darum, wer die Beteiligten sind, wie die Aufgaben unter den Beteiligten verteilt sind und welche Prinzipien den Prozeß leiten.

Bei der Ermittlung von Technikbedarf und der Entwicklung organisatorisch-technischer Lösungen können unterschiedliche Projekttypen als Träger fungieren:

- Entwicklungsprojekte von Herstellern (z.B. im Werkzeugmaschinen- und Anlagenbau) unter Beteiligung von externen Wissenschaftler/innen und Berater/innen,
- Innovationsprojekte in Betrieben bei Entwicklung und Einführung neuer Formen der Arbeitsorganisation und Technologien unter Beteiligung einzelner externer Wissenschaftler/innen und Berater/innen und
- Forschungsprojekte von Wissenschaft und Forschung sowie Herstellern und Anwenderunternehmen.

Die CeA-Vorhaben stellen in dieser Klassifizierung Forschungsprojekte dar, bei denen Wissenschaftler/innen unabhängiger Forschungsinstitute mit Herstellerfirmen und betrieblichen Anwendern zusammenarbeiteten, die Erhebung und Entwicklung jedoch zum großen Teil in der Verantwortung der Forschungsinstitute stattfand. Leitende Prinzipien im Forschungsdesign waren:

- die Nutzerrückkopplung und
- der interdisziplinäre Erfahrungsaustausch.

Mit der Nutzerrückkopplung ist die Einbeziehung der Anwenderseite verankert. Nutzer sind zum einen die Fachkräfte in der Fertigung als Experten für Zerspanungstätigkeit. Nutzer zum anderen sind Mitarbeiter aus vor- und nachgelagerten Bereichen sowie mit Planung und unternehmerischen Entscheidungen betrautes Führungspersonal. Die Einbeziehung dieser beiden Nutzergruppen spiegelt den Fertigungsbereich aus benachbarter Sicht wider, läßt Anforderungen aus anderen Abteilungen einfließen und validiert Informationen. Mit der Einbeziehung angrenzender Bereiche lassen sich strukturelle Zusammenhänge aus individuellen Aussagen analysieren. In den CeA-Forschungsvorhaben hat sich die Nutzerrückkopplung als ein entscheidendes Prinzip herausgestellt, um die Praxisangemessenheit sowohl des festgestellten Technikbedarfs als auch der abgeleiteten Technikanforderungen und prototypischen Lösungen sicherzustellen.

Daher gilt es, eine Nutzerrückkopplung bei den genannten drei Projekttypen (Entwicklungs-, Innovations- und Forschungsprojekte) durch geeignete organisatorische Formen abzusichern.

Für Entwicklungsprojekte bei Herstellern ist die Nutzerrückkopplung notwendig, um einerseits an Anforderungen aus der Fertigung "vor Ort" anknüpfen zu können und andererseits ggf. einen Wettbewerbsvorteil aus z.B. handlungsorientierten Funktionalitäten zu erhalten, die weniger die Interessen von Entwicklern als diejenigen der Fachkräfte "vor Ort" berücksichtigen. Hier besteht aktuell eine Lücke in der Kommunikation zwischen Herstellern und Nutzern, weshalb für Hersteller vorwiegend die Orientierung am Mitbewerber auf dem Anbietermarkt das eigene Produkt prägt.

Innovationsprojekte in Betrieben sind häufig dadurch gekennzeichnet, daß die partizipative Einbeziehung von Mitarbeitern schwerpunktmäßig als Akzeptanzsicherung bei der Einführung neuer Maschinen, Anlagen und Organisationsstrukturen eingesetzt wird. Damit wird vorhandenes innovatives Potential von Werkstattmitarbeitern nicht erreicht und nur selten die gewünschte Akzeptanz, weil die Partizipation nicht über den Feigenblattcharakter hinausgeht. Entscheidend für eine effektive Mitarbeit des Werkstattpotentials sind unter anderem: frühzeitige Einbindung, kooperative Aushandlungsprozesse und Transparenz des Geschehens und deren betrieblich-rechtliche Absicherung.

In Forschungsprojekten ist im Vorgehensdesign gleichfalls die Nutzer-rückkopplung konsequent zu gewährleisten. Fachkräfte aus der Fertigung haben den Status des Experten - z.B. für Zerspanungstätigkeit - und sind als solche mit geeigneten methodischen Ansätzen einzubeziehen. Die Orientierung an Nutzern und Anwendern im interdisziplinären Diskurs stellt einen der Eckpunkte für ein offenes Planungs- und Vorgehensdesign dar. Gewährleistet wird hierdurch eine Anbindung an die realen Anforderungen aus der Praxis.

In den CeA-Vorhaben ließ sich z.B. über die Auswertung der teilnehmenden Beobachtung der Intensivinterviews und der Gruppendiskussionen ein Technikbedarf in zwei Anwendungsbereichen ermitteln: zum einen im Bereich der Wahrnehmung und Rückmeldung aus dem Zerspanungsprozeß, zum anderen im Bereich von Eingriffsmöglichkeiten. Vorhandene Technikangebote weisen in diesen Bereichen eine Behinderung in Einsatz und Generierung erfahrungsgeleiteter Arbeit auf. Der Technikbedarf richtet sich also in erster Linie auf technische Funktionalitäten zur Unterstützung von Wahrnehmungs- und Eingriffsmöglichkeiten.

Das Vorgehen im Forschungsprojekt setzte sich aus folgenden Segmenten zusammen:

Segment	Funktion
Erhebungen im Feld/Nutzeranalyse	Analyse Arbeitshandeln unter Produktionsbedingungen
Erhebungen zum Arbeitshandeln im Labor	Differenzierende Analyse, Anforderungen an technische Funktionalitäten, erste Nutzeranalyse von Funktionalitäten, z.B. Körperschall, Joystick
Labortests mit Nutzern in Forschungsinstituten	Modifikation der Funktionalitäten
Einbezug Herstellerangebote	Ergänzung durch Marktangebote/Kooperation
Feldeinsatz/Nutzeranalyse	Test von technischen Funktionalitäten unter Produktionsbedingungen
Begleitend: Konzeptentwicklung	z.B.: Definition der Barrieren an CNC-Werkzeugmaschinen für erfahrungsgeleitete Arbeit
Begleitend: Workshops, Arbeitskreise, Fachtagungen	Interdisziplinäre Expertengegespräche, Erfahrungsaustausch

Eine Nutzerrückkopplung war somit bei der Ermittlung des Technikbedarfs, bei der frühzeitigen Erprobung prototypisch und provokativ realisierter Techniklösungen in Forschungsbetrieben und bei Anwenderfirmen sowie beim interdisziplinären Erfahrungsaustausch in Workshops, Arbeitskreisen und Fachtagungen umgesetzt. Damit ist implizit eine Arbeitsteilung zwischen den Forschungsbeteiligten angesprochen, die sich in den CeA-Vorhaben bewährt hat. Die Auswertung der Datenerhebungen sowie die Umsetzung der Ergebnisse in erste prototypische Lösungen oblag einem Dialog zwischen Sozial- und Ingenieurwissenschaftlern/innen, während die Nutzer vor allem in den Erhebungs-, Modifikations- und Installationsphasen entscheidend beteiligt waren. Eine Anforderung an erste Techniklösungen besteht in deren weitgehender Offenheit, so daß Nutzer einen ersten Eindruck gewinnen und ihre Vorstellungen und Modifikationsvorschläge in die Entwicklung der nächsten Versionen effizient und ökonomisch einfließen können.

Ein offenes Planungs- und Vorgehensdesign - das für alle Projekttypen gefordert werden muß - beinhaltet insgesamt gesehen einen komplexen (Entwicklungs-)Prozeß für alle Beteiligten mit technischen, organisatorischen und qualifikatorischen Aspekten. Der inhaltliche Diskurs muß über kooperative Aushandlungsprozesse, in denen alle Beteiligten jeweils aus ihrer Perspektive eigene Erfahrungen und Kenntnisse einbringen können, betrieben werden.

Die Beteiligten dieses Entwicklungsprozesses zeichnen sich durch Interdisziplinarität und durch Interessenunterschiede aus. Es besteht ein komplexes Verhältnis von betrieblichen Interessenlagen, Marktanforderungen und Fertigungstechnologie. Die Gestaltung geeigneter Organisationsformen ist einerseits notwendig, kann andererseits nicht die hinreichende Garantie für ein effektives Vorgehen in diesem Spannungsfeld liefern.

In diesem Zusammenhang kann eine externe Supervision der verschiedenen Dialoge und Aushandlungsprozesse der Beteiligten des Entwicklungsprozesses einen wichtigen Beitrag zur Aufdeckung und zum Abbau von Hemmnissen leisten. Solche Entwicklungshemmnisse werden in vielen Forschungsprojekten berichtet. Im CeA-Projekt bestand eine Schwierigkeit in der Weiterentwicklung erfolgreich getesteter Prototyplösungen zur Industriereife, die in der Regel nur durch Hersteller zu leisten ist. In der Supervision ist eine weitere Dienstleistung der Sozialwissenschaften zu se-

hen, die dann erfolgreich sein kann, wenn sie von allen Beteiligten ausdrücklich gewollt wird.

Der Ansatz der Supervision dient der Reflexionsarbeit in mehrfacher Hinsicht: zum einen als Kontrollinstanz bei der Interpretation von Ergebnissen und zur Vertiefung der Geltungsbegründung von abgeleiteten Inhalten und Strukturierungen für Betriebsverantwortliche und Forscher oder zum Reflektieren von Gruppenprozessen, um z.B. Effekte wie die "Humanisierungsbarrieren" erkennbar werden zu lassen. Schließlich führt der reflektierende Ansatz der Supervision zum Zugewinn und zur Förderung von Handlungskompetenzen und -alternativen; Supervisionsarbeit stellt daher insbesondere für kooperative Aushandlungsprozesse ein zusätzliches Werkzeug im Kommunikationsgeschehen dar.

4. Zusammenfassung und Ausblick: Erfahrungsgeleitete Arbeit als Leitbild für Technikentwicklung

Mit dem Konzept "erfahrungsgeleitete Arbeit" sind spezifische Stärken menschlichen Arbeitshandelns differenziert abgebildet und empirisch nachgewiesen. Durch den erfahrungsgeleiteten Handlungsmodus wird den Arbeitskräften ein situationsangemessenes, zeitkritisches und flexibles Handling kritischer Arbeitssituationen möglich. Das Konzept "erfahrungsgeleitete Arbeit" hat sich als tauglich erwiesen, ein Leitbild für Organisations- und Technikgestaltung zur Verfügung zu stellen. In den CeA-Vorhaben konnten mit der Orientierung an der als Bezugsgröße fungierenden erfahrungsgeleiteten Arbeit spezifische Behinderungen identifiziert, ein entsprechender Technikbedarf ermittelt und in erfahrungsförderliche organisatorisch-technische Lösungsansätze umgesetzt werden. Damit wurde ein Ansatz zur Bewältigung der aktuellen Produktionskomplexität in Richtung einer flexiblen und kostengünstigen Fertigung aufgezeigt. Die organisatorisch-technische Unterstützung erfahrungsgeleiteter Arbeit stellt eine Alternative zu Konzepten der Voll- und Teilautomatisierung dar. Es wird insofern eine andere Perspektive auf Organisations- und Technikentwicklung geschaffen, da Automatisierungslösungen nicht generell abgelehnt oder befürwortet werden. Vielmehr lassen sich Lösungen aller Art in der Orientierung am Leitbild erfahrungsgeleiteter Arbeit in ihrer Bedeutung für die Genese, den Erhalt und die Unterstützung der spezifischen Leistungspotentiale qualifizierter Fachkräfte bewerten.

In der Orientierung am Leitbild "erfahrungsgeleitete Arbeit" wurde in den CeA-Vorhaben ein methodisches Vorgehen entwickelt und umgesetzt, das von der Ermittlung von Technikbedarf bis hin zur Technikentwicklung und -installation reicht. Das methodische Vorgehen ist notwendig an Prinzipien der Nutzerrückkopplung und des interdisziplinären Erfahrungsaustauschs orientiert.

Mit dem Leitbild "erfahrungsgeleitete Arbeit" ist ein Ansatz dargestellt, der die beschriebene Umsetzungslücke zwischen der weithin anerkannten Bedeutung der "Produktionsressource Mensch" und der zur Zeit noch fehlenden durchgängigen organisatorisch-technischen Unterstützung dieser "Ressource" schließt.

Vor dem Hintergrund des Potentials der bereits bestehenden Technik sowie der Entwicklungsressourcen für "neue" Technik lassen sich Entwicklungswege in - mindestens - zwei Richtungen zuspitzen:

- Es kann weiterhin versucht werden, technische Prozesse so zu gestalten, daß sie der Erfahrung nicht zugänglich sind. Im Bereich der spannenden Fertigung hat sich dieser Weg bei einer weitgehenden Vollautomatisierung als aufwendig und unwirtschaftlich erwiesen.
- Menschliche Erfahrung und menschliche Arbeit hat dann gute Chancen, innovatorische und produktive Effekte zu entfalten, wenn durch die Entwicklung und Gestaltung von Organisation und Technik den Arbeitenden ermöglicht wird, Erfahrung auszubilden und einzubringen.

Bei der ersten Richtung besteht die Gefahr, eine Beherrschbarkeit der Fertigungstechnik durch den Menschen grundsätzlich zu verspielen. Dies zu einem Zeitpunkt, an dem nicht sichergestellt werden kann, daß mit Hilfe der Technik der Prozeß tatsächlich und mit vertretbarem Restrisiko kontrolliert werden kann. Hier ist eine gehörige Portion Skepsis nicht nur angebracht, sondern gefordert.

Die zweite Richtung ermöglicht dagegen eine grundsätzlich andere, tatsächlich "humanzentrierte" Technikentwicklung. In dieser Richtung ist eine Möglichkeit zu sehen, Technik in der industriellen Fertigung beherrschbarer zu gestalten. Eine Investition in diese Art einer humanzentrierten und erfahrungsförderlichen Technikgestaltung erscheint durchaus vielversprechend.

Nutzerbeteiligung, Berücksichtigung mentaler Modelle und iterative Prozeßgestaltung als Elemente innovativer Technikentwicklung - Das Beispiel CNC-Drehmaschine

1. Warum Nutzerbeteiligung?
2. Kriterien zur Technikgestaltung
3. Mentale Modelle
4. Ein Vorgehensvorschlag zur partizipativen Technikentwicklung
5. Das Beispiel CNC-Drehmaschine

Ausgangspunkt

Wenn Innovationen "nutzerorientiert" sein sollen, dann ist die direkte Beteiligung von Nutzern am Innovationsprozeß ein wichtiges Element dieses Prozesses. Wie eine solche Nutzerbeteiligung um deduktive wissenschaftliche Erkenntnisse ergänzt und mit der Orientierung auf die Berücksichtigung mentaler Modelle der Nutzer hin orientiert werden kann, ist der wesentliche Inhalt dieses Beitrags. Eine exemplarische Konkretisierung erfolgt am Beispiel des Entwicklungsprozesses einer CNC-Drehmaschine bzw. der entsprechenden Programmiersoftware.

1. Warum Nutzerbeteiligung?

"Users as well as professional designers have knowledge and skills that are central to the design of useful computer applications; therefore, design needs to be organized as a cooperative activity between the users and the designers" (Bödker u.a. 1991, S. 143).

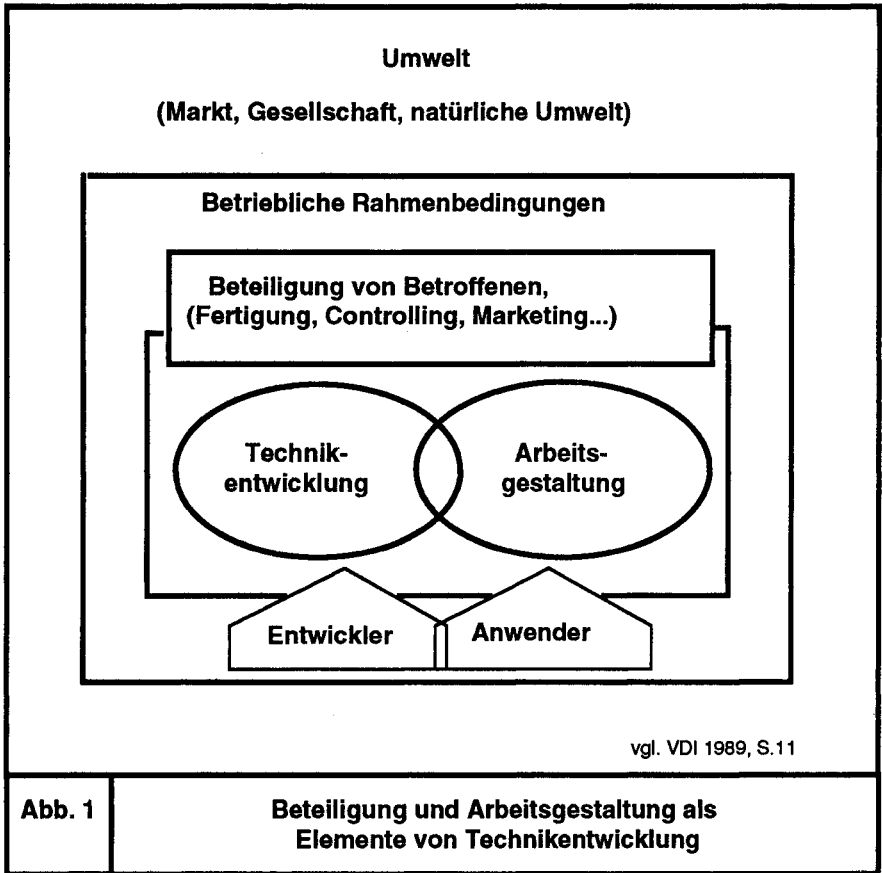
Dieses aus dem Gegenstandsbereich der Software-Entwicklung stammende Zitat weist auf einen wesentlichen Grund dafür hin, warum Technikentwicklung als partizipativer Prozeß organisiert werden sollte: Die Nutzer bzw. Anwender einer Technologie verfügen oft über ein großes Wissen darüber, wie eine Technologie, also z.B. eine Drehmaschine, konzipiert sein müßte, damit sie ihnen wirklich als effizientes Mittel zur Erledigung ihrer Arbeitsaufgabe dienen kann. Wird dieses aus der täglichen Erfahrung mit der Anwendung einer bestimmten Technik gespeiste Wissen möglichst durch die Nutzer selbst in den Entwicklungsprozeß von neuen Technologien, also z.B. Maschinen, eingebracht, so steigt die Chance, einen Innovationsprozeß zu bekommen, der die tatsächlichen Bedürfnisse der Anwender, also der späteren Kunden bzw. "des Marktes" befriedigt.

Wesentliches Ziel einer Technikentwicklung insbesondere im Investitionsgüterbereich sollte sein, mit der neu zu entwickelnden Technik ein brauchbares Werkzeug für den Anwender zu schaffen, das ihn bei der Erledigung seiner Arbeitsaufgabe unterstützt. Denn nur, wenn der Anwender mittel- und langfristig mit der neuen Technik motiviert und effizient, d.h. gewinnbringend arbeiten kann, wird auch der Technikentwickler bzw. Technikanbieter auf längere Sicht am Markt bestehen können. Werden diese Rahmenbedingungen in genügender Tiefe mit betrachtet, dann wird auch deutlich, daß seitens des Technikentwicklers immer mit zu berücksichtigen ist, daß er letztlich nicht nur Technik entwickelt, die einer rein technologischen Funktionalität gehorcht, sondern daß er durch die Entwicklung dieser Technik auch zum Arbeitsgestalter für die künftigen Anwender dieser Technik wird - und dies besonders im Investitionsgüterbereich. Nebenstehende Abbildung 1 verdeutlicht diesen erweiterten Ansatz von Technikentwicklung.

Der in dieser Abbildung dargestellte Zusammenhang, daß nämlich Technikentwicklung in den hier betrachteten Bereichen auch immer Arbeitsgestaltung bedeutet, weist darauf hin, daß gerade der Mensch-Maschine Schnittstelle unter dem Aspekt der Nutzerorientierung von Technik große Bedeutung zukommt.

Deduktiv-normative Methoden der Technikentwicklung haben zweifellos einen wesentlichen Beitrag zur Gewinnung wissenschaftlich gesicherter Erkenntnisse über die Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen geleistet (z.B. Murrell 1971; Card u.a. 1983; McCormick, Sanders 1983).

Normwertetabellen oder rechnergestützte Systeme, die z.B. auf arbeitswissenschaftlichen Daten beruhen, liefern in vielen Anwendungsfällen schnell und zuverlässig Entscheidungshilfen.



Grenzen dieser Methodik zeigen sich aber, wenn sehr komplexe Arbeits-tätigkeiten untersucht werden sollen: Es stellt sich die Frage, ob die unter sehr restriktiven Bedingungen (Laborexperimente) gewonnenen Erkennt-nisse überhaupt auf ungleich komplexere Realsituationen übertragbar sind.

Deswegen erscheint die Verbindung der Nutzung vorhandener Erkenntnisse mit einer Nutzerbeteiligung im Entwicklungsprozeß, also eine deduktiv-induktive Strategie als ein zukunftsweisendes Vorgehensmodell für künftige Technikentwicklung.

2. Kriterien zur Technikgestaltung

Bezüglich der Nutzung vorhandener Erkenntnisse sollen im folgenden zwei Ergebniselemente des Projektes "Lernen und Fertigen"¹ und weiterer Forschungsarbeiten am HDZ der RWTH Aachen vorgestellt werden, die den hier betrachteten Verwendungszusammenhang betreffen. Es handelt sich dabei um eine Ableitung und Zusammenstellung von Kriterien zur "facharbeitergerechten und gruppenarbeitsorientierten" Technikgestaltung und um eine Weiterentwicklung des Konzeptes "mentaler Modelle" im Anwendungszusammenhang der Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen bei Werkzeugmaschinen-Steuerungen.

Der Herleitungszusammenhang der im folgenden vorgestellten Kriterien soll hier nicht umfassend beschrieben, sondern nur angedeutet werden (vgl. Fuchs-Frohnhofen 1994). Einen Ausgangspunkt der Kriterienentwicklung bilden grundlegende arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse (Hacker 1986). Diese wurden auf die besonderen Fähigkeiten und Bedürfnisse von Facharbeitern der Metallbearbeitung sowie auf neue arbeitsorganisatorische Formen der Gruppenarbeit bezogen. Parallel dazu wurde eine von Sell und Fuchs-Frohnhofen (Sell, Fuchs-Frohnhofen 1993) entwickelte Systematisierung und Beschreibung möglicher negativer Auswirkungen computerunterstützter Technik zum Ausgangspunkt und zum Ordnungsprinzip genommen, so daß sich die letztlich erarbeiteten Kriterien in die Gestaltungsfelder Automatisierung, Dynamik, Vernetzung und Formalisierung einordnen (Abb. 2).

Ziel der Kriterien ist es, den an der Entwicklung einer neuen Technik Beteiligten Hilfestellungen und Anregungen zu geben, um mit der neuen

1 Das Projekt "Lernen und Fertigen" wurde von 1991-1994 im Rahmen des Programms "Arbeit und Technik", gefördert vom Bundesminister für Forschung und Technologie, als Verbundvorhaben u.a. vom HDZ der RWTH Aachen durchgeführt.

Anforderungen an Arbeitsgestaltung

- Arbeitswissenschaftliche Grundlagen

- Ausführbarkeit
- Schädigungslosigkeit
- Beeinträchtigungsfreiheit
- Persönlichkeitsförderlichkeit

- Besonderheiten von Facharbeit

- "persönlicher Kontakt" zu einer Maschine
- kognitives Grundwissen über Geometrie und Technologie
- "Gefühl" für passende Geschwindigkeiten, Vorschub und Fehlervermeidung
- Selbstbewußtsein aus individueller Arbeit
- keine Stärken bei theoretischen Berechnungen und informatikorientierten Programmiermethoden

- Neue Anforderungen durch Gruppenarbeit

- Mitwirkung an Arbeitsplanung, Qualitätssicherung und Instandhaltung
- Arbeiten mit verschiedenen Maschinen, Wechsel von Maschine zu Maschine
- gemeinsame Arbeit in der Gruppe an einem Auftrag

Vermeidung möglicher negativer Auswirkungen von Rechnerunterstützung auf die Arbeitsplätze der Facharbeiter

- Automatisierung

- fehlende Rationalisierung
- Verlust von Erfahrungswissen
- Entfernung des Menschen vom Bearbeitungsprozeß
- Informatisierung der Arbeit
- Reduzierung der Eingriffsmöglichkeiten
- Verlust der Brauchbarkeit handwerklichen Könnens

- Dynamik

- Verunsicherung insb. b. Älteren
- schnelle Veralterung von Technik
- Abwehr der Facharbeiter gegen Innovationen

- Vernetzung

- Komplexität, Fehleranfälligkeit
- zu große Trennung von MMS und technischem Prozeß
- Überwachung und Kontrolle

- Formalisierung

- Veränderung der Kommunikation
- Realitätsverlust
- Kontextverlust

Kriterien als Hilfsmittel für die facharbeitergerechte Entwicklung computerunterstützter Technik

- Grad der Automatisierung
- Grad der Dynamik
- Grad der Vernetzung
- Grad der Formalisierung

Abb. 2

Zur Herleitung der Kriterien

Technik arbeitswissenschaftlichen Anforderungen Genüge zu tun und eine Technik zu schaffen, die von Facharbeitern in Gruppenarbeitskonzepten gut nutzbar ist und die möglichen negativen Auswirkungen computerunterstützter Technik reduziert.

Zentrales, aber nicht alleiniges Gestaltungselement ist dabei die Mensch-Maschine-Schnittstelle. Die im folgenden entwickelten Kriterien sind dabei nicht als fest definierte, für unterschiedlichste Technologien in der vorliegenden Form präzise anwendbare Vorschriften oder Regeln konzipiert. Sie sollen vielmehr in einer relativ allgemeinen, auf Leitfragen hin orientierten Form sowohl bei der Erstellung eines Lasten- und eines Pflichtenheftes als auch im Rahmen einer Variantenbewertung den an der Entwicklung Beteiligten Anregungen geben und Gestaltungsfelder in Richtung auf eine bessere Benutzerfreundlichkeit aufzeigen. Die konkrete Ausgestaltung und Umsetzung dieser Kriterien ist für den jeweiligen Anwendungsfall in einem Entwicklungsteam zu leisten.

Die in den folgenden Abbildungen 3 - 6 dargestellten Kriterien sollen also als Anregung und Hilfestellung bei der Beantwortung folgender Fragen in einem Entwicklungsteam dienen:

- Welcher Grad der Automatisierung wird angestrebt, welche Arbeiten sollen automatisch von der Maschine ausgeführt werden, und welche Arbeiten sollen durch Menschen oder auf direkte Veranlassung des Menschen ausgeführt werden?
- Welcher Grad der Dynamik wird dem später mit dieser Technik arbeitenden Menschen zugemutet, wieviel Neues muß er wie schnell lernen, welche Änderungsgeschwindigkeit des Arbeitsumfeldes bewirkt die neue Technik für den Facharbeiter?
- Welcher Grad der Vernetzung wird mit der neuen Technik angestrebt, welche technischen Vorrichtungen zur Verbindung und zum Datenaustausch zwischen mehreren computerunterstützten Maschinen, Anlagen und Arbeitsplätzen werden angestrebt?
- Welcher Grad der Formalisierung von Tätigkeit und Kommunikation wird mit der neuen Technik angestrebt oder ergibt sich durch die neue Technik?

Bewertung der Automatisierung

- **Hardware-Ergonomie:** Ist die Technik an die körperlichen Bedingungen der "durchschnittlichen" menschlichen Nutzer angepaßt und werden Unfall- und Verletzungsgefahren durch ergonomische Technik ausgeschaltet?
- **Reduzierung gesundheitsschädlicher Arbeit:** Ersetzt Automatisierung gesundheitsschädliche Arbeitselemente, ohne neue Gesundheitsgefahren zu schaffen?
- **Emissionen, Vibration, Lärm:** Wird eine Gesundheitsbelastung der Mitarbeiter durch Gase, Strahlung, Vibration oder Lärm ausgeschlossen?
- **Abkopplung menschlicher Arbeit vom Maschinentakt:** Ist die Technik so gestaltet, daß die Nutzer nicht an feste Taktzeiten der Technik angekoppelt arbeiten müssen?
- **Anforderungsvielfalt:** Ist in der Nutzung der neuen Technik für den Mitarbeiter Anforderungsvielfalt (abwechslungsreiche Arbeit mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad) gegeben?
- **Rückfallebenen:** Erhält der Grad der Automatisierung beim Mitarbeiter die Fähigkeit, bei Störungen sinnvoll einzugreifen und die Arbeitsaufgabe trotz der Störung z.B. mit manueller Steuerung durchzuführen?
- **Manuelle Prozeßbeeinflussbarkeit:** Ist dem Nutzer der Technik eine direkte, manuelle Prozeßbeeinflussung mit der neuen Technik auch im Normalbetrieb möglich?
- **Adaptierbarkeit:** Ist die Technik so konzipiert, daß sie von verschiedenen Mitarbeitern mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Erfahrungen erfolgreich genutzt werden kann?
- **Reparatur- und Wartungsfreundlichkeit:** Ist die Maschine so gestaltet, daß die Reparaturanfälligkeit gering gehalten und im Reparatur- und Wartungsfall für den Mann an der Maschine eine leichte Zugänglichkeit und Handhabbarkeit gewährleistet ist?
- **Wirtschaftlicher und strategischer Nutzen:** Lohnt sich die (teil-) automatisierte Technik aus wirtschaftlichen und strategischen Gründen?
- **Flexibilität:** Ermöglicht die Technik z.B. durch einfaches und kurzfristiges Umrüsten flexible Reaktionen auf sich rasch ändernde Anforderungen?
- **Erfahrungsgewinnung und -speicherung:** Erlaubt die Technik, daß der Mitarbeiter über wichtige Betriebszustände oder Bearbeitungsarten und Bearbeitungsprobleme Erfahrungen sinnvoll aufbauen und bei Bedarf leicht festhalten kann?

Mittelwert (MWA):

Abb. 3

Bewertungskriterien zur Gestaltung der Automatisierung

Bewertung der Dynamik	- Leichte Erlernbarkeit: Kann ein Benutzer, der mit seinem Arbeitsbereich vertraut ist, mit geringem Schulungsaufwand mit dem neuen System seine Arbeitsaufgabe gut erledigen?	
	- Selbstbeschreibungsfähigkeit: Ist technisch vorgesehen, daß der Nutzer sich die Funktion der einzelnen Elemente der neuen Technik erläutern lassen kann?	
	- Verständliche Dokumentierung: Gibt es eine für den Nutzer verständliche Dokumentation der neuen Technik, z.B. in Form eines Nutzerhandbuchs?	
	- Konsistenz: Kann sich der Benutzer darauf verlassen, daß das System in verschiedenen Situationen vergleichbar reagiert und der Nutzer nicht durch unvorhergesehene Reaktionen des Systems auf seine Eingaben überrascht wird?	
	- Lernförderlichkeit: Bietet die Technik dem Nutzer Anreize und Möglichkeiten, sein Wissen über die Technik zu erweitern und verschiedene Möglichkeiten kennenzulernen, mit der Technik seine Arbeitsaufgabe zu erledigen?	
	- Ermöglichung individueller Nutzungsstrategien: Ermöglicht die Technik unterschiedliche Vorgehensweisen entsprechend dem jeweiligen Wissensstand und den Fähigkeiten der Nutzer?	
	- Erfahrungsorientierung: Knüpft die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle einer neuen Technik an der Erfahrungswelt der potentiellen Nutzer an?	
	- Fehlerrobustheit und Fehlerhinweise: Ist die Technik fehlerrobust, so daß kleine Eingabefehler nicht direkt zu großen Schäden führen? Wird der Nutzer rechtzeitig von der Technik auf evtl. Fehler hingewiesen?	
	- Erweiterbarkeit: Baut die neue Technik auf bekannter Technik auf und kann sie in Zukunft noch erweitert werden?	
	- Kompatibilität: Gibt es eine Passung zwischen neuen Hard- und Softwarekomponenten untereinander und zu der schon in vielen Anwenderbetrieben vorhandenen Technik?	
	- Simulationsmöglichkeit: Können Arbeitsabläufe im Hinblick auf mögliche Fehler probeweise getestet werden?	
- Ressourcenschonung: Ist die neue Technik materialsparend, recyclingfähig und energieextensiv konzipiert?		
Mittelwert (MWd):		
Abb. 4	Bewertungskriterien zur Gestaltung der Dynamik	

		Punktbewertung von 1-5
Bewertung der Vernetzung	- Überschaubarkeit: Ist die neue Technik so überschaubar, daß die Nutzer wissen, ob und wie die Technik, z.B. die Maschine, in ein Rechnernetz integriert ist und welche Informationen (z.B. Programme für CNC-Maschinen) sie oder andere Netzwerk-Benutzer auf welche Weise abrufen können?	
	- Datenschutz: Sind die technisch vorgesehenen Maßnahmen zum Schutze persönlicher oder personenbeziehbarer Daten ausreichend?	
	- Transparente Zugriffsregelung: Gibt es eine für alle Beteiligten durchschaubare technische Unterstützung für eine Regelung, wer wann unter welchen Voraussetzungen Zugriff und Änderungsberechtigung bei welchen Daten und Programmen hat?	
	- Wartezeitfreier Netzzugang: Sind die technischen Voraussetzungen geschaffen, daß der Mitarbeiter ohne Wartezeit auf die Daten, z.B. NC-Programme, zugreifen kann, die er benötigt?	
	- Kooperations- und Kommunikationsförderlichkeit: Wird durch die neue Technik die Notwendigkeit und Möglichkeit zur Kommunikation und Kooperation unter den Mitarbeitern gefördert?	
	- Dezentraler Informationszugang: Wurden technische Vorkehrungen getroffen, um jedem Nutzer von seinem Arbeitsplatz aus Zugang zu allen notwendigen Informationen zu geben?	
	- Dezentrale Handlungsfreiheit: Inwieweit ist technisch ermöglicht, daß der Mitarbeiter selbständig handeln kann, ohne von den Anweisungen einer evtl. Netzzentrale abhängig zu sein?	
	- Entscheidungsvollmacht beim Menschen: Ist die Technik so gestaltet, daß weiterhin der Mensch die wesentlichen Entscheidungen trifft und der Mitarbeiter nicht zum Anhängsel einer Technik degradiert wird, die an seiner Stelle entscheidet?	
	- Dezentrale Planungs- u. Dispositionsunterstützung: Werden dezentrale Planungs- und Dispositionsarbeiten technisch unterstützt oder zumindest nicht behindert?	
	- Leicht verständliche Dateiverwaltung: Werden die vom Facharbeiter benötigten Dateien leicht auffindbar verwaltet und die neu angelegten Dateien so abgelegt, daß auch ein Kollege sich zurechtfindet?	
	- Netzwerkstabilität: Bleibt das gesamte Netz auch bei Bedienungsfehlern oder bei Ausfall einzelner Netzkomponenten funktionsfähig?	
	- Möglichkeit netzunabhängigen Betriebs: Können die einzelnen Netzwerkelemente (z.B. PC, Maschinen) zeitweise auch netzunabhängig arbeiten?	
Mittelwert (MWv):		
Abb. 5	Bewertungskriterien zur Gestaltung der Vernetzung	

		Punktbewertung von 1-5	
Bewertung der Formalisierung	Software-Ergonomie	- Aufgabenangemessenheit: Ist der Mensch-Maschine-Dialog so gestaltet, daß der Benutzer bei der Erledigung seiner Arbeitsaufgabe unterstützt wird, ohne daß durch den Dialog zusätzliche Arbeitsbelastungen entstehen?	
		- Selbstbeschreibungsfähigkeit: Ist jeder einzelne Dialogschritt unmittelbar verständlich bzw. steht auf Verlangen zumindest eine Erläuterung bereit?	
		- Steuerbarkeit: Kann der Benutzer die Geschwindigkeit des Ablaufs sowie die Reihenfolge von Arbeitsmitteln beeinflussen?	
		- Erwartungskonformität: Entspricht der Dialog den Erwartungen der Benutzer, die sie durch ihre bisherige Erfahrung gebildet haben?	
		- Fehlerrobustheit: Wird trotz erkennbarer fehlerhafter Eingaben das beabsichtigte Ergebnis mit minimalem Korrekturaufwand erreicht?	
		- Konfigurierbarkeit durch Benutzer: Kann der Benutzer den Mensch-Maschine-Dialog selbständig ohne weitreichende Softwarekenntnisse seinen Bedürfnissen anpassen?	
		- Nutzeranpassung von Kommandosprache und Symbolik: Sind die im Dialog für den Nutzer zu beherrschenden Kommandos, Symbole und Worte seinem Erfahrungshintergrund angepaßt?	
		- Handlungsunterstützung: Unterstützt die Technik das rasche Angehen der eigentlichen Arbeitsaufgabe und das aufgabenbezogene Handeln des Menschen, ohne umfangreiche technikbezogene Aktivitäten notwendig zu machen?	
		- Multifunktionalität: Können mit der neuen Technik unterschiedliche Fertigungsschritte oder Produktvarianten erfolgreich gefertigt werden?	
		- Herstellerübergreifende Benutzungsoberflächen: Gibt es Ansätze, die Benutzeroberfläche einer Technik herstellerübergreifend ähnlich zu gestalten?	
		- Erfahrbarkeit realer Prozesse: Unterstützt die Technik den Menschen bei einem direkten, z.B. audiovisuellen Zugang zu den Bearbeitungsprozessen?	
		- Kooperations- und Kommunikationsförderlichkeit: Wird durch die neue Technik die zwischenmenschliche Kommunikation und Kooperation gefördert und nicht durch formalisierte Mensch-Maschine-Kommunikation ersetzt?	
	Mittelwert (MWF):		
Abb. 6	Bewertungskriterien zur Gestaltung der Formalisierung		

3. Mentale Modelle

Unter mentalen Modellen wird ein Erklärungs- und Beschreibungskonzept für die Art und Weise verstanden, wie Menschen ihre Vorstellung von der Welt intern abbilden. Mentalen Modellen werden so bewußtseinsfähige Aspekte, aber auch Elemente nicht bewußtseinsfähiger Wissensrepräsentation zugeordnet (Abb. 7).

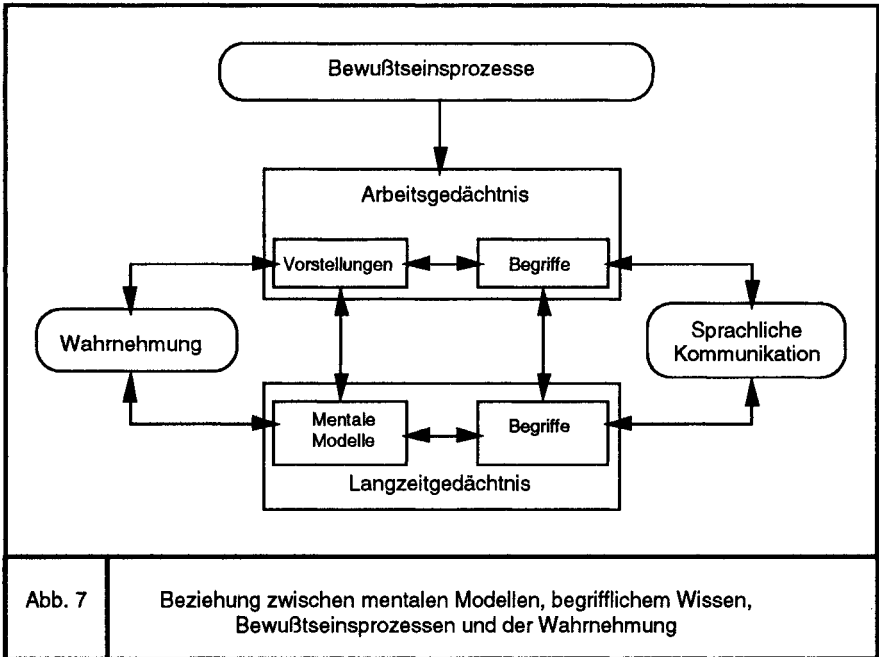


Abb. 7

Beziehung zwischen mentalen Modellen, begrifflichem Wissen, Bewußtseinsprozessen und der Wahrnehmung

Bei der Beschreibung mentaler Modelle kann zwischen physikalischen und begrifflichen mentalen Modellen unterschieden werden: Physikalische mentale Modelle stellen interne Abbildungen physikalischer Objekte der realen Welt dar und begriffliche mentale Modelle kennzeichnen die Repräsentierung sprachlichen und abstrakt-begrifflichen Wissens.

Die folgende Abbildung 8 stellt den Versuch einer umfassenden Taxonomie mentaler Modelle dar (Hartmann, Eberleh 1991; Johnson-Laird 1983).

Physikalische Modelle unterscheiden sich in zwei Dimensionen:

- Die räumliche Struktur kann topologisch oder metrisch sein. Topologische Abbildungen stellen Objekte der "realen Welt" und ihre Beziehungen untereinander dar, ohne die metrischen Verhältnisse zu berücksichtigen. Ein Beispiel ist das Organigramm eines Unternehmens, das die hierarchischen Beziehungen zwischen Abteilungen darstellt, ohne die räumlich-metrische Anordnung dieser Abteilungen auf dem Firmengelände zu berücksichtigen. Metrische Modelle stellen diese räumlich-metrischen Verhältnisse dar, wie z.B. in einer Landkarte.
- Die zeitliche Struktur kann statisch, sequentiell oder (quasi-)kontinuierlich sein. Statische Modelle bilden Objekte nur zu einem Zeitpunkt - in der Art eines "Standbildes" - ab. Diskrete Modelle repräsentieren mehrere diskrete Zeitpunkte, wie etwa in einem schematischen Ablaufplan; (quasi-)kontinuierliche Modelle bilden Prozesse wie z.B. in einer animierten Computergrafik oder Simulation kontinuierlich ab.

Aus der Kombination der zwei räumlichen mit den drei zeitlichen Kategorien ergeben sich sechs Typen physikalischer mentaler Modelle (Abb. 8 links).

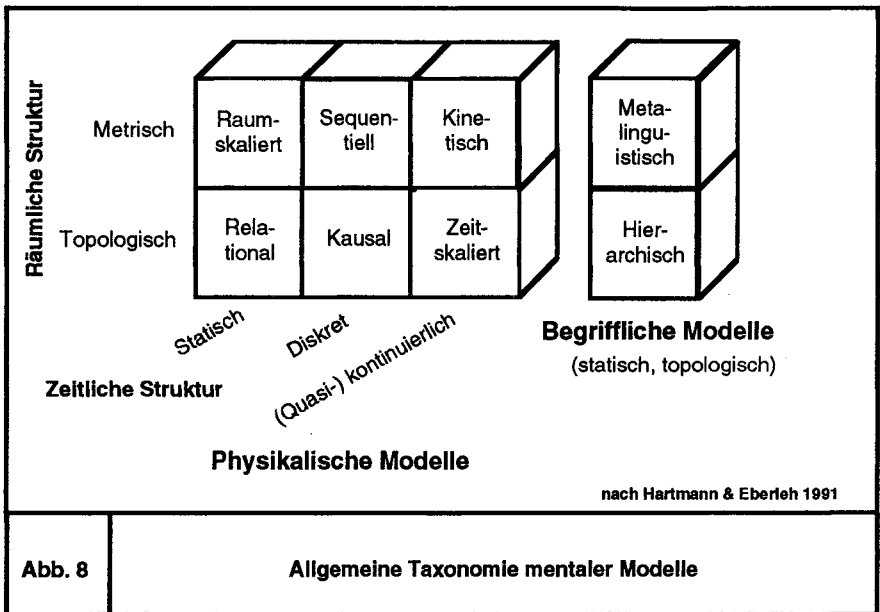


Abb. 8

Allgemeine Taxonomie mentaler Modelle

Begriffliche Modelle sind ihrer Struktur nach relational (topologisch, statisch). Ihre besondere Bedeutung besteht darin, daß sie den anschaulich-analog in physikalischen Modellen repräsentierten Wissensseinheiten sprachliche Bezeichnungen zuordnen können. Der Unterschied zwischen metalinguistischen und hierarchischen Modellen besteht darin, daß letztere zusätzlich auch Ober-/Unterbegriffsstrukturen abbilden. Beispiele aus der Mensch-Maschine-Interaktion sind für metalinguistische Modelle einfache Kommandosprachen bzw. Aktionscodes, für hierarchische Modelle höhere Programmiersprachen (Abb. 8 rechts).

Eine solche Beschreibung und Taxonomie mentaler Modelle kann als Element einer induktiv/deduktiven Technikgestaltungskonzeption sinnvoll sein, wenn folgende Voraussetzung aus mehreren Annahmen zutrifft:

- Jede Mensch-Maschine-Schnittstelle enthält durch die Art ihrer Gestaltung implizite Hypothesen über mentale Modelle der Nutzer.
- Stimmen diese Hypothesen mit den mentalen Modellen der Nutzer nicht überein, werden voraussichtlich Benutzungsprobleme die Folge sein.
- Aus der genaueren Betrachtung dieser Benutzungsprobleme und aus ergänzenden Befragungen der Nutzer lassen sich mit Hilfe der hier beschriebenen Taxonomie Hinweise dafür erarbeiten, worin Unterschiede zwischen dem in der Mensch-Maschine-Schnittstelle vorausgesetzten und dem tatsächlichen mentalen Modell der Nutzer bestehen.
- Aus der Betrachtung dieser Unterschiede lassen sich Gestaltungsempfehlungen für die Mensch-Maschine Schnittstelle ableiten, die zu einer Kompatibilität der impliziten Modelle der Technik und der tatsächlichen mentalen Modelle der Nutzer führen.

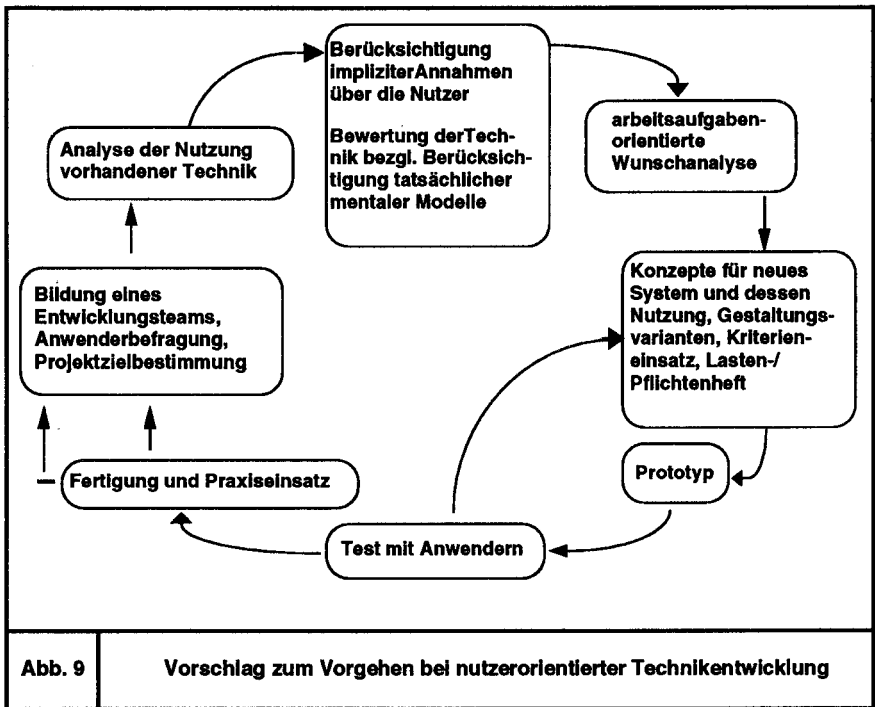
4. Ein Vorgehensvorschlag zur partizipativen Technikentwicklung

Der im folgenden vorgeschlagene Ablaufplan für eine partizipative und iterative Technikentwicklung verbindet die drei in diesem Text vorgeschlagenen Elemente einer nutzerorientierten Technikentwicklung:

Integration der Anwender in den Entwicklungsprozeß,

- Berücksichtigung von Kriterien zur facharbeiterorientierten und gruppenarbeitsförderlichen Technikgestaltung,
- Berücksichtigung der Forderung nach Kompatibilität mentaler Modelle.

In Abbildung 9 wird das hier vorgeschlagene Vorgehen bei der Technikentwicklung verdeutlicht.



Wie aus dieser Abbildung hervorgeht, muß Technikentwicklung zunehmend als mit Rückkopplungen versehener Kreislaufprozeß betrachtet werden, der auch nach Fertigung eines marktfähigen Produktes nicht endgültig abschließt, sondern im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses fortgesetzt wird (vgl. hierzu den Beitrag von Rose, S. 195 ff., in diesem Band).

Der Startpunkt des hier empfohlenen Prozesses liegt in der Festlegung eines Projektziels, das unter Mitarbeit der Unternehmensleitung formuliert wird und mit der übergreifenden Unternehmensstrategie in Übereinstimmung steht. Wenn dieses grobe Ziel, z.B. die Weiterentwicklung einer Drehmaschine in Richtung auf Kostensenkung und Anwenderfreundlich-

keit, formuliert ist, wird die Bildung eines Entwicklungsteams empfohlen, in dem Entscheider, Konstrukteure, Vertreter aus der Fertigung, dem Controlling und dem Marketing sowie, wenn möglich, potentielle Anwender bzw. Nutzer und evtl. Zulieferer des neuen Produkts vertreten sind.

Im Team wird als erster Arbeitsschritt die vorhandene Technik und deren Nutzung analysiert. Schwerpunkt dieser Nutzungsanalyse ist eine Betrachtung der möglichen Schwierigkeiten, die die Nutzer mit vorhandener Technik haben. Dabei wird im Entwicklungsteam versucht abzuschätzen, welche impliziten Annahmen über die Nutzer in der Ihnen abgeforderten Arbeits- und Betrachtungslogik bei der Arbeit mit vorhandener Technik enthalten sind. Es wird bewertet, ob diese impliziten Annahmen die tatsächlichen mentalen Modelle der Nutzer berücksichtigen oder nicht.

Anschließend wird ein arbeitsaufgabenorientiertes Wunschbild der neuen Technik erstellt. Dabei geht es darum, im Entwicklungsteam unter Beteiligung von Facharbeitern abzuschätzen, für welche Aufgaben der späteren Nutzer die neue Technik geeignet sein soll und wie die Mensch-Maschine-Schnittstelle und die Bearbeitungslogik mit der neuen Technik gestaltet sein müssen, damit es nicht zu einer Diskrepanz zwischen internen mentalen Modellen der Nutzer und den impliziten Modellen der neuen Technik kommt.

In dieser Phase sind auch die in Abschnitt 2. aufgezeigten Kriterien zur facharbeitergerechten und gruppenarbeitsorientierten Technikgestaltung erstmals einsetzbar.

Als Ergebnis dieser Wunschphase wird ein Lastenheft erstellt, in dem festgehalten wird, was die neue Technik wofür leisten soll und welche Nutzeigenschaften dabei berücksichtigt werden müssen.

Daran schließt sich die Erarbeitung eines vorläufigen Zeitplans für das gesamte Entwicklungsprojekt an, in dem festgelegt wird, wer bis wann was zu tun hat. Es wird festgelegt, in welchen Abständen und in welcher Zusammensetzung sich das Team trifft und wie Entscheidungen gefällt werden.

Darauf aufbauend schließt sich nach einer Kostenanalyse die Ausarbeitung des Pflichtenheftes an, in dem festgelegt wird, wie und womit die ge-

stellten Anforderungen realisiert werden sollen. Danach beginnen die Beteiligten in enger Abstimmung mit der Umsetzung, wobei nicht nur Konstruktion und Software- bzw. Elektronik-Entwicklung aktiv werden, sondern bereits jetzt erste Vorkehrungen zur Fertigung und zum Verkauf des neuen Produkts getroffen werden können. Auch die Zulieferer beginnen mit der Umsetzung in ihrem Aufgabengebiet.

Auf der Grundlage des Pflichtenheftes werden ein oder mehrere Prototypen erstellt, die dann möglichst frühzeitig beim Anwender getestet werden sollten. Die Prototypenfertigung sollte möglichst eng mit der späteren Produkt-Fertigung abgestimmt sein, damit diesbezügliche Erkenntnisse rechtzeitig berücksichtigt werden können. Es kann aber auch sinnvoll sein, Modelle oder Skizzen durch Befragungen oder Simulationen zu testen, ohne daß ein echter Prototyp der neuen Technik vorliegt.

Die Ergebnisse dieser Tests werden nach einer gewissen Validierung möglichst zügig in den verschiedenen beteiligten Bereichen umgesetzt. In dieser Test-Phase können die o.g. Kriterien als Bewertungshilfsmittel von weiter ausgearbeiteten Varianten erneut genutzt werden. Am Ende dieser Phase steht die Entscheidung für die detaillierte Ausarbeitung und Fertigung eines neuen Produkts. Weitere Verbesserungen können dann in einem nächsten Durchlauf aufgrund der Analyse der Einsatzerfahrungen mit der neuen Technik erreicht werden.

5. Das Beispiel CNC-Drehmaschine

In diesem Abschnitt wird am Beispiel der CNC-plus-Drehmaschine verdeutlicht, wie die in dieser Arbeit vorgestellten Hilfsmittel zur Gestaltung von Prozeß und Produkt der Technikentwicklung in der konkreten Praxis angewendet werden können. Dabei soll der Prozeßverlauf im Rahmen der Entwicklung der CNC-plus-Maschine nicht komplett dargestellt werden (vgl. Sell, Henning 1993; Fuchs, Hartmann 1993; Keller, Keller 1993), sondern es soll beispielhaft die Umsetzung einiger Elemente des in Abschnitt 4. vorgeschlagenen Ablaufs verdeutlicht werden.

Dabei wird auch klar, daß ein allgemeiner Ablaufplan zur Gestaltung des Prozesses der Technikentwicklung, wie er in Abbildung 9 vorgeschlagen

wird, natürlich in einem konkreten Anwendungsfall angepaßt und entsprechend der konkreten Problemstellung und den Interessen der jeweiligen Beteiligten modifiziert werden muß.

Der Ausgangspunkt der CNC-plus-Entwicklung lag nicht beim Maschinenentwickler, sondern bei der Software-Entwicklung der Fa. Keller. Hier wurde im Rahmen des genannten "Arbeit und Technik"-Projektes "Lernen und Fertigen" das Ziel formuliert, eine lernfreundliche und fertigungstaugliche Software für die Facharbeit mit CNC-Drehmaschinen zu entwickeln. Es wurde ein Projektteam gebildet, dem Software-Entwickler, die Geschäftsführung der Fa. Keller, zwei Mitarbeiter des HDZ/KDI und mehrere Facharbeiter angehörten, die große Erfahrungen in der Arbeit mit Dreh- und Fräsmaschinen mitbrachten (Fuchs, Hartmann 1993, S. 367). In der Startphase begann die Arbeit des Projektteams mit einer Analyse der Nutzung vorhandener Technik. Dabei wurden sowohl WOP-Sy-

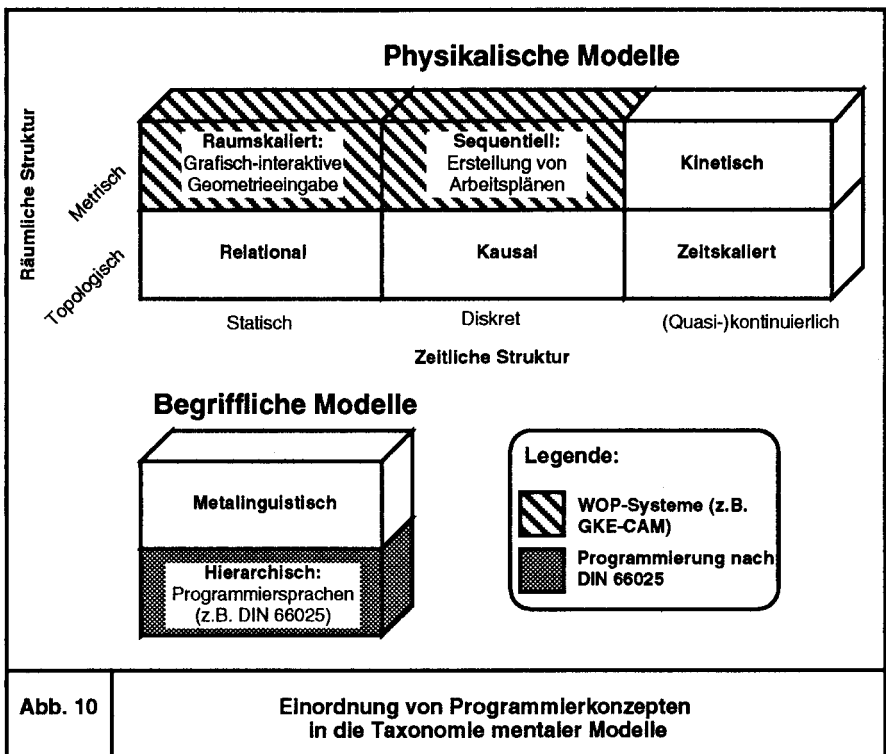


Abb. 10 **Einordnung von Programmierkonzepten in die Taxonomie mentaler Modelle**

systeme (werkstatorientierte Programmierung) wie z.B. das Software-Produkt GKE/CAM der Fa. Keller als auch an DIN 66025 orientierte Konzepte berücksichtigt. WOP-Systeme zeichnen sich durch eine grafisch-interaktive Mensch-Maschine-Interaktion aus, wobei für die Geometrie- und Technologieeingabe getrennte Funktionen bzw. Module zur Verfügung stehen. DIN 66025 beschreibt demgegenüber eine Programmiersprache. Vorstehende Abbildung 10 ordnet die Mensch-Maschine-Schnittstellen dieser Systeme in die Taxonomie mentaler Modelle ein:

- Als Programmiersprache stellt DIN 66025 ein hierarchisches Modell dar (s.o.).
- Das Geometrie-Modul eines WOP-Systems entspricht einem raumskalierten Modell: Das Werkstück wird unter Vernachlässigung des Fertigungsprozesses metrisch dargestellt.
- Das Technologie-Modul zur Erstellung von Arbeitsplänen ist sequentiell: Der Fertigungsprozeß wird in diskreten Schritten grafisch-anschaulich abgebildet.

Im Rahmen von Modellkursen zur Qualifizierung älterer Facharbeiter für CNC-Technik (Merboth, Pohland 1993) wurde das zum damaligen Zeitpunkt verfügbare Software-Modul GKE/CAM der Fa. Keller eingesetzt und die Nutzung dieser Software im Lernkontext analysiert. Durch die Beobachtung und Befragung der Kursteilnehmer wurde deutlich, welche Eigenschaften der Software als hilfreich oder eher hinderlich für den Lernprozeß erlebt wurden. Positiv wurde herausgestellt:

- Anschauliche grafische Darstellung und Simulation erleichterte es Teilnehmern, die Grundzüge numerisch gesteuerter Bearbeitung nachzuvollziehen.
- Als weiterer Vorzug der Simulation läßt sich sehen, daß Programmierfehler frühzeitig erkannt werden können, was auch zu einer höheren subjektiven Sicherheit beiträgt.
- Die piktogrammunterstützte Menüauswahl wird im Vergleich zur kommandoorientierten Programmierung nach DIN 66025 als eher intuitiv einsehbar und belastungsmindernd empfunden.

Als hinderlich bzw. verbesserungsbedürftig wurde erkannt:

- Navigation im System wird wegen teilweise unübersichtlicher Vernetzungen innerhalb und zwischen den Modulen als schwierig erlebt.

- Tastenbelegungen für wiederkehrende Kommandos wie "Fertig, weiter zum nächsten Schritt" und "Zurück zur letzten Dialogsituation" erfordern zusätzlichen Arbeitsaufwand, da diese nicht immer einheitlich sind.
- Trennung von Geometrie- und Technologieeingabe erscheint den Teilnehmern vor dem Hintergrund ihrer Erfahrungen als wenig einsehbar.

Diese Untersuchungen in Lernsituationen wurden ergänzt durch Befragungen am Arbeitsplatz. Es wurde deutlich, daß sich insbesondere Werker mit langjähriger Erfahrung in der konventionellen Zerspanung auch bei CNC-Maschinen eine Arbeitsweise wünschen, die eine direkte und kontinuierliche Kontrolle des Fertigungsprozesses ermöglicht.

Im Rahmen der arbeitsaufgabenorientierten Wunschanalyse wurden die Wünsche aller Beteiligten - wozu auch die Aufhebung der Trennung von Technologie und Geometrie gehörte - als Anforderungen an die neu zu entwickelnde Software auf Wandzeitungen festgehalten und in dieser Phase nicht kommentiert. Ergänzend zur Anwesenheit mehrerer Facharbeiter im Entwicklungsteam wurden Nutzer-Anforderungen aufgrund von Befragungen von Facharbeitern aus Werkzeugmaschinen-Anwenderbetrieben berücksichtigt.

Zum Abschluß dieser Konzeptphase wurde auf der Grundlage der Soll- und der Wunsch-Analyse ein Lastenheft erstellt, in dem diejenigen Anforderungen an die neue Software festgehalten wurden, die im Projektteam konsensfähig waren. Das Lastenheft wurde in der nächsten Phase von den Software-Entwicklern zum Ausgangspunkt genommen, ein erstes grobes Pflichtenheft zu formulieren und einen ersten Prototyp der neuen Software zu entwickeln.

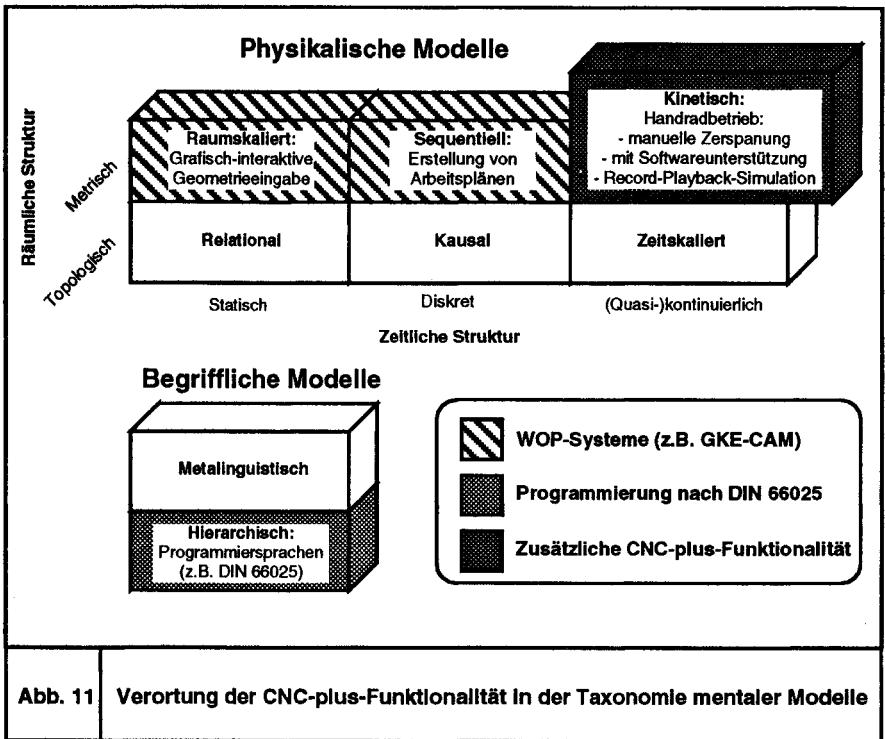
Parallel dazu wurden von den Wissenschaftlern des HDZ Gestaltungsvarianten mit Hilfe der Taxonomie mentaler Modelle erzeugt. Die Entwicklung einer handradbasierten Betriebsart wurde als eine gute Möglichkeit zur Umsetzung der Benutzerwünsche angesehen. Eine solche direkte Kontrolle des Werkzeugs bzw. des virtuellen Werkzeugs in der Computersimulation mit einem kontinuierlichen, analogen Eingabemedium entspricht einem kinetischen Modell (Abb. 11).

Als spezifische Anforderungen wurden formuliert:

- Es sollte sowohl ein direktes Verfahren der Werkzeuge wie bei einer konventionellen Maschine als auch ein Verfahren der virtuellen Werkzeuge in der Computersimulation möglich sein. Bei der manuellen Zerspanung wur-

de eine Software-Unterstützung für das Kegeldrehen als sinnvoll angesehen. Die in der Simulation "verfahrenen" Werkzeugwege sollten von der Steuerung automatisch als NC-Programm aufgezeichnet werden können (Record-Playback-Simulation).

- Diese neuen Funktionen sollten zusätzlich zur bekannten WOP- und DIN-Funktionalität verfügbar und innerhalb der Bearbeitung eines Auftrages möglichst frei miteinander kombinierbar sein.



Diese und weitere Gestaltungsvorschläge wurden mit Hilfe eines szenario-orientierten Fragebogeninstrumentes Benutzern zur Beurteilung vorgelegt. Es zeigte sich, daß die Programmierung nach DIN 66025 im Vergleich zu den anderen Programmiermethoden als besonders schlecht beurteilt wurde. Die Record-Playback-"Programmierung" wurde von den Werkern mit langjähriger Erfahrung mit konventionellen Werkzeugmaschinen den anderen Verfahren vorgezogen; daran änderte sich für diese

Personen interessanterweise auch dann nichts, wenn sie zusätzlich auch über intensive CNC-Erfahrungen verfügten (Weydandt 1994).

In der folgenden ersten Testphase wurden verschiedene Elemente des Mensch-Maschine-Dialogs und der Benutzeroberfläche der neuen Software zuerst im Projektteam u.a. mit einer Auswahl der genannten Kriterien bewertet. Insbesondere standen hier die Kriterien "Adaptierbarkeit", "Lernfreundlichkeit" und "Lernförderlichkeit", die fünf Kriterien aus der Software-Ergonomie sowie das Kriterium "Nutzeranpassung von Kommandosprache und Symbolik" im Vordergrund.

Der Prototyp der Software auf PC-Basis wurde mit einer neuen Tastatur versehen, in die ein Handrad integriert war, um so Adaptierbarkeit und Lernfreundlichkeit für die Gruppe der älteren, mit konventionellen Maschinen erfahrenen Facharbeiter zu ermöglichen. Dieser Prototyp wurde mit verschiedenen Anwendern getestet. Die Ergebnisse dieser Testphase wurden im weiteren Entwicklungsverlauf berücksichtigt. Ein entscheidendes Ergebnis war, daß die Nutzer die Integration der hier vorgestellten Software in die Steuerung direkt an einer Maschine wünschten. Außerdem wurden von verschiedenen Anwendern zwei Handräder gewünscht, die ähnlich konventionellen Maschinen in der x- und in der z-Ebene angeordnet sein sollten. Als Konsequenz aus den Ergebnissen der ersten Testphase wurde Kontakt mit verschiedenen Steuerungs- und Maschinenherstellern aufgenommen und schließlich beschlossen, in Kooperation mit den Firmen Num, FZM Chemnitz/Wagner und Realmeca zumindest zwei Prototypen einer neuen CNC-Drehmaschine zu bauen, in die die Software der Fa. Keller integriert werden sollte. Die genauen Anforderungen für Maschine und Steuerung wurden auf der Basis des vorliegenden Software-Lastenheftes konkretisiert und mit den Maschinen- und Steuerungsherstellern abgestimmt und vereinbart. Dabei ergaben sich natürlich auch Anforderungen seitens der Maschinen- und Steuerungshersteller an die Software. Es wurden zwei Prototypen der CNC-plus-Maschine erstellt, die auf der europäischen Werkzeugmaschinenmesse (EMO) in Hannover im Herbst 1993 erstmals einem breiten Publikum vorgeführt wurden. Diese Maschinen wurden auch zu wiederholten Prototyping-Terminen mit Facharbeitern genutzt, bei denen neue Änderungswünsche der Facharbeiter aufkamen. Diese beinhalteten z.B. kraftrückgekoppelte größere Handräder oder nicht-pneumatische Spannbacken, die einen leichteren Werkstückwechsel bei sich ändernden Durchmesser ermöglichen sollten. Die-

se Änderungswünsche wurden nach Möglichkeit aufgenommen und in die vorläufige Endfassung der CNC-plus-Maschine integriert, die seit Frühjahr 1994 in zunächst kleinen Serien mit Varianten verschiedener Leistungsbereiche produziert wird.

Zur Bedeutung der Bedarfs- und Nutzerorientierung für die Facharbeit mit Werkzeugmaschinen - Der Beitrag der FAMO-Strategie

1. Bedarfs- und nutzerorientierte Produktion: Zukünftige Herausforderungen und bisherige Antworten
2. Zur Bedarfs- und Nutzerorientierung in der Werkzeugmaschinenbranche: Historischer Wandel und neue Anforderungen
3. Die FAMO-Strategie und ihr bedarfs- und nutzerorientiertes Potential
4. Zur Relevanz der Modernisierung für die Weiterentwicklung bedarfs- und nutzerorientierter Vorgehensweisen

Vorbemerkung

Der vorliegende Beitrag befaßt sich mit der Frage nach einer Bedarfs- und Nutzerorientierung für den Bereich des Werkzeugmaschinenbaus. Anlaß hierfür bietet unter anderem die wirtschaftliche Entwicklung der Maschinenbaubranche und die daraus resultierende Notwendigkeit, bislang gängige Muster betrieblicher Innovationsstrategien und Markterschließungen zu überdenken. Der vormals prosperierende Wirtschaftszweig des deutschen Maschinenbaus steht vor grundlegenden Entscheidungen, die nicht mehr mit konjunkturell reaktiven Verhaltensmustern allein bewältigt werden können. Die Ursachen sind hinlänglich bekannt: Veränderungen in der Wettbewerbsstruktur, Kostenprobleme, aber auch mangelnde Flexibilität und zu spätes Reagieren auf sich abzeichnende Nachfrageentwicklungen und Sättigung in bestimmten Marktsegmenten, die ehemals dominiert wurden. Eine intensive Bedarfs- und Nutzerorientierung wird der Branche vielerorts empfohlen, um den aufgeführten Problemen zu entgehen.

Vor diesem Hintergrund wendet sich der Beitrag nach einer allgemeinen und kurzen Betrachtung zum Begriff der Bedarfs- und Nutzerorientierung im Marktgeschehen konkret dem Werkzeugmaschinenbau zu. Hier lassen sich die neuen Anforderungen an eine Bedarfs- und Nutzerorientierung "empirisch" zumindest konkretisieren und entsprechende Schlußfolgerungen ziehen, wie und in welcher Weise die daraus entstehenden Veränderungen zu realisieren sind.

Hierzu werden bisherige Praktiken skizziert, aber auch Möglichkeiten und Grenzen der Werkzeugmaschinenhersteller, Bedarfs- und Nutzerorientierung zur Grundlage des Handelns zu machen. Abschließend wird das FAMO-Projekt als eine praxisorientierte Strategie vorgestellt, in der die "Modernisierung von Werkzeugmaschinen" einen Anknüpfungs- und Ausgangspunkt darstellt, bedarfs- und nutzergerechte Profile sowohl des Arbeitens mit Werkzeugmaschinen als auch der Maschinengestaltung selbst zu entwickeln.

1. Bedarfs- und nutzerorientierte Produktion: Zukünftige Herausforderungen und bisherige Antworten

Eine bedarfs- und nutzerorientierte Perspektive des Wirtschaftens muß eine scheinbar selbstverständliche Prämisse neu diskutieren und sich über die damit intendierten Anforderungen verständigen. In dieser Auseinandersetzung müssen - insbesondere retrospektiv - die bisherigen Strategien durch und mit dem Markt kritisch überprüft werden.

1.1 Bedarfs- und Nutzerorientierung als Präambel neuer innovativer Konzepte der Unternehmen

Auch wenn vielerorts bei Herstellern und Anwendern gegenwärtig noch immer eine Krisenbewältigung nach vorgängigen Mustern klassischer Rationalisierungsanstrengungen im Vordergrund steht, nach denen man versucht, die Kosten und Erlöse durch Kapazitätsabbau, Produktbereinigung und Entlassungen zu verbessern, werden verstärkt grundlegende Veränderungen im Hinblick auf Produktionskonzepte, Organisationsstrukturen, Beteiligungskonzepte usw. diskutiert und zum Teil versucht, diese umzu-

setzen (siehe das Beispiel Rank Xerox: Brown 1991). Die Ziele oder Leitideen der anvisierten Veränderungen finden ihren gemeinsamen Kern, trotz unterschiedlicher Perspektiven, die mit betrieblichen oder unternehmerischen Reorganisationen und Produktionsphilosophien im einzelnen verbunden sind, in einer zukünftig verstärkten Orientierung am Bedarf und an den Nutzern.

Der hier herausgestellte Bezug auf die Bedarfs- und Nutzerorientierung ist einerseits eine Einschränkung auf den Bereich des unmittelbaren Produzierens (der Arbeit des Facharbeiters),¹ andererseits ist das Verständnis erweitert, da es nicht nur auf technische Produkte abstellt. In diesem Zusammenhang wird vorläufig davon ausgegangen, daß die Verwendung der Termini "Bedarf" und "Nutzen" sowohl prinzipiell kongruent ist als auch Bedarf als objektivierte Bestimmung eines Bedürfnisses und Nutzer im großen und ganzen zusammenstimmen. Im folgenden wird jedoch deshalb die doppelte Bestimmung als Bedarfs- und Nutzerorientierung beibehalten, um zu verdeutlichen, daß die Belange des Betriebs als wirtschaftliche Entität und soziale Objektivität wie auch die der sie konstituierenden Akteure Berücksichtigung finden sollen.

Eine solche Bedarfs- und Nutzerorientierung setzt offenbar eine qualitative Neuorientierung des "Produktionsmodells" Unternehmen voraus. Die grundlegende Bestimmung der Bedarfs- und Nutzerorientierung als zukünftige Grundlage unternehmerischer Handlungsstrategien ist dabei von vielfältigen Standpunkten vorzunehmen. Hierdurch kommen betriebliche, gesellschaftliche und unter anderem auch ökologische Perspektiven ins Spiel, die jedoch in ihrer Komplexität und umfassenden Verschränkung keine ausreichenden Hinweise und Möglichkeiten bieten, praxisbezogene Umsetzungsstrategien zu entwickeln und Erprobungsfelder für eine Bedarfs- und Nutzerorientierung zu eröffnen.

1 Die Fragen nach der gesellschaftlichen Bestimmung des Bedarfs und des Nutzens bleiben hierbei ausgeklammert; andererseits wird in den weiteren Diskussionen und Auseinandersetzungen über die Bedarfs- und Nutzerorientierung die Problematik der Ressourcenschonung, des Umgangs mit knapper werdenden Gütern und der quantitative Wachstumsbegriff nicht auszuklammern sein.

1.2 Zu aktuellen Grenzen des Marktmodells für eine Bestimmung von Bedarfs- und Nutzerorientierung

Bisherige Strategien zur Bedarfs- und Nutzerbestimmung orientierten sich am klassischen Marktmodell. Strategisches, zweckrationales Handeln bestimmt die Handlung als idealtypische Konstellation zwischen Käufer und Verkäufer. Bedürfnis (und dessen objektiviertes Pendant: Bedarf) und die Möglichkeit der Befriedigung stehen in einem durch den Markt selbst konstituierten Wechselverhältnis, das an die allseitige Bedürftigkeit gebunden ist und deren Ziel- und Zweckgerichtetheit sich am Markt entscheidet.

Zumeist - und darauf basiert ein solches Marktmodell - finden sich Bedarf und Angebot in einem nutzerkongruenten Verhältnis. Dies schien auch dann noch zu gelingen, als sich der Markt, Hersteller und Anwender weiter differenzierten, der Bedarf an spezialisierten Produkten erhöhte und technischer Wandel einen schnelleren Zyklus der Bedarfsänderung hervorrief.

In den vergangenen Jahren hat sich jedoch zunehmend gezeigt, daß bei einem grundlegenden Wandel des Marktes weder die Reaktionsmöglichkeiten von Seiten der Hersteller ausreichen, die Implikationen, die sich hieraus ergeben, vollständig zu erfassen, noch produktiv und ex ante strategisch am Markt zu agieren. Insgesamt wird deutlich, daß gängige Instrumente wie Markterkundungen, -beobachtungen, Marketingbemühungen etc. nur begrenzt taugen, impliziten, aber tiefgreifenden Wandel der Nachfrage und die darin verborgenen Bedarfs- und Nutzeranforderungen in größerem Umfang und handlungsbezogen zur Grundlage betrieblichen Handelns zu erheben. Bisherige Bedarfs- und Nutzerorientierungen gingen zudem davon aus, daß das Verhältnis von Hersteller und Anwender mehr oder weniger eindimensional ausgerichtet ist. Nach der hypothetischen Eingrenzung des möglichen Bedarfs entwarf der Hersteller das Produkt, in der Annahme, dem Ausgangsbedarf in der Umsetzung möglichst nahe zu kommen. Zukünftige Bedarfs- und Nutzerorientierungen (im weiter oben beispielhaft angeführten Sinne) setzen andere Rückkopplungsmöglichkeiten voraus, als sie bislang im Markt etabliert sind, und fordern eine andere Rolle des Anwenders im Hinblick auf seine Interessenartikulation, die vor allem durch Selbstaktivierung gekennzeichnet sein wird.

1.3 Neue Managementtechniken für eine neue Marktorientierung: eine Vorgehensweise für innovative Bedarfs- und Nutzerorientierung?

In der derzeitigen Diskussion um (neues) marktorientiertes Denken und Handeln in den Unternehmen und damit einer stärkeren Ausrichtung an den Kundenwünschen werden aus der Sicht der Betriebswirtschaft sowie Organisationsentwicklung und Personalplanung vor allem Managementtechniken und -methoden favorisiert. Diese zielen jeweils auf unterschiedliche Problemorientierungen und Reichweiten, sollen aber in der Gesamtkombination die Umsetzung (einer neuen) Marktorientierung ermöglichen. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit werden in diesem Zusammenhang vor allem aus den USA und Japan stammende Techniken angeführt.

Backhaus und Schlüter (1994) kennzeichnen solche Methoden und Techniken stichwortartig wie folgt:

- Benchmarking (= messe dich am Besten),
- Quality Function Development (= übersetze Kundenwünsche in Ausstattungsmerkmale),
- Kaizen (= versuche, beständig besser zu werden),
- Target Costing (= konstruiere nach dem Marktpreis),
- Lean Management (= konzentriere dich auf das Wesentliche),
- Total Quality Management (= produziere Kundenqualität).

Die Ergiebigkeit dieser Methoden und Techniken im einzelnen und in ihrer Gesamtwirkung ist derzeit für eine über die intendierte Kunden- und Marktorientierung hinausgehende, Bedarfe und Nutzer berücksichtigende Strategie noch nicht erkennbar. Es dürfte jedoch deutlich sein, daß Methoden und Techniken allein noch keine Strategie konstituieren. Aus unserer Sicht wird es darauf ankommen, daß innovative Ansätze zu einer bedarfs- und nutzerorientierten Vorgehensweise sowohl inhaltsbezogen als auch umsetzungsbezogen präzisiert werden müssen.

Bezogen auf die Werkzeugmaschinenbranche sollen vor dem angedeuteten Hintergrund vielfältiger und vielschichtiger Bemühungen um andere Marktorientierungen im folgenden ein Forschungsprojekt im Rahmen des

Programms Arbeit und Technik des BMFT, dessen Verständnis, Voraussetzungen und Bedingungen und die (voraussichtliche) Ergiebigkeit in Zusammenhang mit bereits profilierten Anwenderanforderungen für eine zukünftige Bedarfs- und Nutzerorientierung verdeutlicht werden.

2. Zur Bedarfs- und Nutzerorientierung in der Werkzeugmaschinenbranche: Historischer Wandel und neue Anforderungen

Die bereits einführend allgemein skizzierten Veränderungen der Märkte, die Grenzen bisheriger Bedarfs- und Nutzerbezüge in der Industrie wie auch deren zukünftige Profilierung lassen sich an der Werkzeugmaschinenbranche paradigmatisch konkretisieren.

Dem Werkzeugmaschinenbau als Ausrüster der übrigen Investitionsgüterindustrie - und damit indirekt auch der Konsumgüterindustrie - kommt seit jeher im produzierenden Sektor und damit in einer Volkswirtschaft eine Schlüsselposition zu. Die "Antezipation" der Anwenderbedarfe erscheint deshalb als grundlegende Ausgangsbedingung für die Produktentwicklung und das Agieren am Markt.

2.1 Die Bedarfs- und Nutzerorientierung der Werkzeugmaschinenbranche im historischen Kontext

Wenn man die historischen Entwicklungslinien des Werkzeugmaschinenbaus unter besonderer Blickrichtung auf die Hersteller-Anwender-Konstellation nachzeichnet, wird deutlich, daß es lange Zeit bestimmte Kongruenzen gegeben hat, die ohne Frage einen angemessenen Bedarf berücksichtigen haben, wenn nicht teilweise sogar unmittelbar bedarfsgerecht waren.

Werkzeugmaschinen wurden in Deutschland bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts entweder in England oder in den USA gekauft oder in vielen Fällen von den Maschinenfabriken selbst hergestellt. Die fertigungs- und betriebsspezifischen Anforderungen an die Anwendung der Maschinen konnten bei der Herstellung im Anwenderunternehmen selbst leicht Be-

rücksichtigung finden. Aufgrund der steigenden Anforderungen an die Produktivität und Präzision kristallisierten sich auch in Deutschland mehr und mehr Maschinenbauunternehmen heraus, die sich auf den Bau von Werkzeugmaschinen spezialisierten. In dieser Anfangsphase des deutschen Werkzeugmaschinenbaus wurden von den Herstellern Maschinen unterschiedlicher Art auf Bestellung der Kunden produziert. In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts erfolgte dann in zunehmendem Umfang die spezialisierte und standardisierte Produktion von Werkzeugmaschinen. Parallel zu der überbetrieblichen Arbeitsteilung setzte sich in diesem Zeitraum auch die Arbeitsteilung in den Fabriken selbst weiter durch. Aus der ganzheitlichen, stark handwerklich geprägten Herstellungsweise entstand im Verlaufe des 20. Jahrhunderts ein sehr stark arbeitsteilig organisierter Herstellungsprozeß: Entwicklung, mechanische Fertigung und Montage werden - wiederum stark arbeitsteilig - in verschiedenen Abteilungen von Arbeitskräften mit unterschiedlichen Qualifikationsprofilen und Erfahrungshintergründen realisiert.

Zu weiteren gravierenden Veränderungen in der Entwicklung und Herstellung von Werkzeugmaschinen kam es in Zusammenhang mit dem verstärkten Vordringen der numerischen Steuerungen Mitte der 70er Jahre. Das Produkt Werkzeugmaschine "zerfiel" in zwei Teilsysteme: die Steuerung und die Maschine. Die numerischen Steuerungen, die anfänglich häufig noch von den Maschinenherstellern selbst entwickelt und produziert wurden, werden vermehrt von spezialisierten Unternehmen der Elektronikindustrie - den Steuerungsherstellern - bezogen und an die Werkzeugmaschinen "angepaßt". Auf die Entwicklung der Steuerungen haben bzw. nehmen die Maschinenhersteller vielfach wenig Einfluß; sie sind Anwender der Steuerung. Mit der numerischen Steuerung wird ein wesentliches Element der Funktion und Nutzung der Maschinen bestimmendes Element sehr häufig in Unternehmen entwickelt. Diese Funktion orientiert sich stark an den Möglichkeiten der Informationstechnologie und weniger an den Erfordernissen der Metallbearbeitung. Die zum Teil fatalen Auswirkungen dieser informatikorientierten NC-Entwicklung konnten durch die in den 80er Jahren aufkommenden werkstattorientierten Programmierverfahren ein wenig gemildert werden.

Obwohl die Entwicklung der NC-Werkzeugmaschinen in Deutschland nicht sonderlich stark am Bedarf der Klein- und Mittelbetriebe orientiert war, erreichten die Hersteller Mitte der 80er Jahre insbesondere durch

die Produktion von kundenspezifischen High-Tech-Lösungen umsatzmäßig eine Spitzenposition auf dem Weltmarkt. Die Entwicklung derartiger, häufig auf spezielle Fertigungsprobleme zugeschnittener Maschinen verlangt eine enge Kooperation zwischen Anwendern und Maschinen- und Steuerungsherstellern. Die Zusammenarbeit in der Produktgestaltung fand bzw. findet in erster Linie auf der Ebene von Ingenieuren statt. Vor dem Hintergrund des Leitbildes Vollautomation galt es, in Zusammenhang mit der CNC-Technologie hochautomatisierte und zugleich möglichst flexible Maschinen zu entwickeln und herzustellen. Der Anteil von Facharbeit an diesen hochkomplexen und meistens für die Produktion von mittleren und großen Losen eingesetzten Maschinen liegt aufgrund der weitestgehenden Entkopplung von Produktions- und Arbeitsprozeß in erster Linie in der "Systemregulierung" (Schumann u.a. 1994). Das eigentliche Entwicklungsziel der 80er Jahre war jedoch eine bedienungsfreie und facharbeiterunabhängige (mannlose) Fertigung. Insofern kam in dieser Entwicklungsrichtung der Facharbeiterorientierung und damit einer erweiterten Bedarfs- und Nutzerbestimmung (aus der Sicht der Entwickler konsequent) keine besondere Bedeutung zu.

Auch die Entwicklung von Standard-Werkzeugmaschinen ist in der Vergangenheit sehr stark von dem oben skizzierten Einsatzspektrum und dem vorherrschenden Leitbild der Vollautomation geprägt worden. Diese Entwicklung wurde auch auf Anwenderseite gestützt, da zumindest bei mittleren und großen Unternehmen Ingenieure aus dem mittleren Management mit einem ähnlichen Leitbild über Maschinenanschaffungen entschieden und damit die Hersteller in ihrer Entwicklungsrichtung bestätigt haben. Die deutlichen Signale der kleineren Anwenderunternehmen wurden von vielen Herstellern ignoriert.

Durch die Reduzierung der Fertigungstiefe bei den Herstellern von Werkzeugmaschinen, und zum Teil damit einhergehend auch die Verlagerung der mechanischen Fertigung in andere Unternehmen, ist ein weiterer, den Abstand zwischen Entwicklung und Anwendung vergrößernder, Effekt eingetreten. Offensichtlich haben sich zahlreiche Hersteller - zumindest in der Tendenz - zum "Blaupausenbetrieb" gewandelt und dabei die für die (Weiter-)Entwicklung der Werkzeugmaschinen wichtigen Rückkopplungseffekte zwischen der Anwendung im eigenen Unternehmen und der Konstruktion verloren.

2.2 Erste gegenwärtige Profile gewandelter Bedarfs- und Nutzeranforderungen

Die - wenn auch vereinfachte - historische Entwicklungsbetrachtung der Hersteller-Anwender-Beziehung zeigt vor allem, daß sich ursprünglich unmittelbare Bezüge durch Technikentwicklung und Marktdiversifizierung aufgelöst und mit der Informationstechnologie die Trennung von Hersteller und Anwender noch verschärft haben. Bedarfs- und Nutzerorientierung ist dabei vor allem eingegrenzt worden auf bestimmte Markt- und Produktsegmente, die sich im Zuge technikzentrierter Sichtweisen auf "state of the art" konzentrierten. Die darin zum Ausdruck kommende Bedarfsorientierung (nicht mehr subjektbezogene Benutzerorientierung) ist vielfach in unzulässiger Weise verallgemeinert worden.

Mittlerweile hat sich gezeigt, daß dieser Weg der deutschen Werkzeugmaschinenhersteller in der derzeitigen Situation mit all den spezifischen Rahmenbedingungen struktureller und konjunktureller Art keine erfolgsversprechende Zukunft verspricht.

Den Hintergrund für eine Neuorientierung an Bedarf und Nutzer bilden Produktionskonzepte, die die Werkstatt und die dort tätigen Mitarbeiter in das Zentrum der Betrachtung stellen und mit einer dezentralen Arbeitsorganisation eine weitgehende Rücknahme von Arbeitsteilung und Hierarchie anstreben. Diese strukturellen Veränderungen in der Organisation von Fertigungsbetrieben haben Konsequenzen für die Entwicklung von Produktionsmitteln. Eine Technikentwicklung für "auf die verstärkte Nutzung der vorhandenen Produktionsintelligenz" (Schumann u.a. 1994, S. 374) setzende Formen der Arbeitsorganisation ist so zu gestalten, daß das Potential qualifizierter Fachkräfte optimal genutzt und weiterentwickelt werden kann. Die auch unter dem Stichwort "Lean Production" formulierten und angestrebten Veränderungen deuten daraufhin, daß immer häufiger der Produktionsprozeß als zusammenhängende Einheit von Arbeitsorganisation, technischer Ausstattung und Qualifikation der Mitarbeiter mit ihren wechselseitigen Beziehungen begriffen und entsprechend gestaltet wird.

Die für diese ganzheitliche Konzeption notwendige Technik der Werkzeugmaschine orientiert sich tendenziell wieder an der Funktion als "Werkzeug für den Menschen" als ein bedarfs- und nutzerorientiertes oder idealtypisch: -gerechtes Arbeiten mit der Werkzeugmaschine.

Kriterien und Anforderungen für die Gestaltung der Werkzeugmaschine durch die "Anwender" sind durch erste empirisch oder phänomenologisch gewonnene "Bedarfs- und Nutzerevaluationen" deutlich geworden.² Hierbei wird vor allem konturiert, daß Lösungen anzustreben sind, die auf technische, organisatorische und personelle Dimensionen zielen. Diese Anforderungen sind unter anderem:

- größere technische und organisatorische Verfügbarkeit der Maschinen,
- hohe Flexibilität in der Handhabung in bezug auf unterschiedliche Anwenderbereiche (wie z.B. Klein- und Mittelserien), wie sie vor allem bei Klein- und Mittelbetrieben mit sehr unterschiedlichen Fertigungsprofilen zum Tragen kommen,
- problemlose Einbindung in die vorhandene technische Ausstattung und in flache Organisationsstrukturen,
- bessere Nutzung des vorhandenen Facharbeiterpotentials (Anwendungs- und Erfahrungswissen) durch Technikgestaltung für diese Nutzergruppe,
- stärkere Berücksichtigung der Kosten-Nutzen-Relation im Hinblick auf Wettbewerbsstärkung, Investitionskraft und der entsprechenden Kombination von lebendiger und toter Arbeit.

Eine solche erste Anforderungsstruktur für bedarfs- und nutzerorientierte Arbeit mit Werkzeugmaschinen ist sicherlich phänomenologisch gewonnen und im weiteren zu ergänzen, andererseits bietet sie ein Konturierungsmodell im Hinblick auf die notwendigen Konkretisierungen und Umsetzungen.

Vorgehensweise und "Instrument" für eine solche Konkretisierung sind jedoch noch nicht im einzelnen bestimmt. Zwar erscheinen mit neuen Produktionskonzepten einhergehende Organisationsveränderungen auch betriebliche Interaktions- und Kommunikationsmodelle im Blickfeld, die die Chance der Artikulation von Bedarfen wie auch deren Einbindung erhöhen, aber entscheidend wird es sein, wie die - wenn auch einfach typisierte - Hersteller-Anwender-Konstellation für die bedarfs- und nutzerorien-

2 Beispielhaft sei hier auf zwei bereits abgeschlossene Forschungsprojekte des Projektträgers Arbeit und Technik im Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) hingewiesen, in denen die Bedarfs- und Nutzerorientierung bei Werkzeugmaschinen untersucht wurde. Die beiden Projekte haben die folgenden Titel: "Aufbereitung handlungsorientierter und gruppenfähiger Maschinen- und Steuerungskonzepte" (Spur 1994) und "Facharbeiterorientierte Modernisierung von Werkzeugmaschinen in den neuen Bundesländern".

tierte Gestaltung des Arbeitens an Werkzeugmaschinen genutzt wird und der "Anwender" in Zukunft nicht mehr nur reaktiv auf die Möglichkeiten des Markts sich einstellen kann.

Im folgenden werden beispielhafte Umsetzungsschritte und Folgerungen - im Rahmen eines Forschungsprojekts - für eine bedarfs- und nutzerorientierte Gestaltung von Werkzeugmaschinen und der Arbeit mit diesen Maschinen aufgezeigt, die für eine weiterführende und strategisch angelegte Auseinandersetzung zu diesem Thema aus unserer Sicht einen relevanten Beitrag liefern.

3. Die FAMO-Strategie und ihr bedarfs- und nutzerorientiertes Potential

Mit der Modernisierung von Werkzeugmaschinen kann eine hohe Bedarfs- und Nutzerorientierung erreicht werden. Erste Ergebnisse aus einem BMFT-Projekt deuten daraufhin, daß spezifische Modernisierungslösungen auch ein großes Innovationspotential für die Entwicklung von neuen bedarfs- und nutzergerechten Werkzeugmaschinen beinhalten. Dies wird im folgenden beispielhaft an der Modernisierung von Drehmaschinen aufgezeigt. Vorab wird das zentrale Anliegen des Forschungsvorhabens dargestellt.

3.1 Konzeption und Leitziele des FAMO-Projekts

Im Rahmen des Verbundvorhabens "FAMO"³ werden von Herstellern, Anwendern und Modernisierern von Werkzeugmaschinen und For-

- 3 Das Verbundvorhaben "Facharbeitergerechte Modernisierung von Werkzeugmaschinen (FAMO): Neue Pfade humaner und ökonomischer Innovation zur Erschließung technischer und personeller Ressourcen" wird seit dem 1.11.1993 vom Projekträger Arbeit und Technik aus Mitteln des BMFT mit einer Laufzeit von drei Jahren gefördert. In dem Vorhaben werden in fünf Teilprojekten einander ergänzende und eng verbundene Zielperspektiven verfolgt. Neben Fragen der Technikgestaltung und -entwicklung unter Beteiligung der betroffenen Mitarbeiter stehen organisatorische und personelle Maßnahmen und Qualifizierungskonzepte im Vordergrund. Die Koordinierung des Vorhabens erfolgt durch das Institut Technik & Bildung der Universität Bremen.

schungsinstituten unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen in Zusammenhang mit einer bedarfs- und nutzergerechten Modernisierung von zerspanenden Werkzeugmaschinen (vorrangig Dreh- und Fräsmaschinen) Strategien mit innovativen Charakter entwickelt und zur Anwendung gebracht, die gegenüber einer Neuanschaffung risikoärmere und kostengünstigere Lösungen zur Verbesserung der Qualität, Produktivität und der Verfügbarkeit vorhandener Maschinen ermöglichen. Die Modernisierung im Vorhaben konzentriert sich unter anderem auf die Verbesserung vorhandener Werkzeugmaschinen durch moderne Komponenten vor dem Hintergrund einer geeigneten Verbindung von vorhandener und neuer Technik. Hierbei kommen unterschiedliche Pfade der Modernisierung zum Tragen. Je nach Ausgangsmaschine (konventionelle, NC- oder veraltete CNC-Werkzeugmaschine) eröffnen sich differenzierte Modernisierungslösungen. So werden benutzerfreundliche und der Arbeitsaufgabe gerecht werdende Modernisierungskonzepte entwickelt, die bei der Anwendung von Werkzeugmaschinen ganzheitliche und qualifikationsfördernde Arbeitsinhalte ermöglichen und dabei auch Voraussetzungen für dezentrale und autonome Arbeitsstrukturen schaffen (siehe Böhle, Milkau 1988).

Die verschiedenen Modernisierungsansätze sind beispielhaft mit Qualifizierungsansätzen verbunden. Die Verschränkung von Modernisierung und Qualifizierung generiert einen partizipativen Technikgestaltungsansatz, der für zukünftige betriebliche Innovationstätigkeit neue Impulse bereitstellt. Damit hebt sich das zugrunde gelegte Modernisierungsverständnis deutlich von den in erster Linie technikbezogenen Ansätzen ab, wie z.B. von dem auch im Werkzeugmaschinenbereich verbreiteten Retrofitting.⁴ In der Regel bleibt bei diesen Ansätzen das Erfahrungs- und Innovationspotential der (zukünftigen) Nutzer unberücksichtigt, und es erfolgt nach den technischen Veränderungen eine sogenannte "Anpassungsqualifizierung", also eine Anpassung der Mitarbeiter an die neue Technik, wie es i.d.R. auch bei Neuinvestitionen der Fall ist.

4 Diese technikzentrierten Modernisierungsansätze grenzen sich sowohl zur Erneuerung bzw. Ersetzung der kompletten Maschinen bzw. Anlagen als Neuinvestition als auch zur Instandsetzung (Teilbereich der Instandhaltung gemäß DIN 31051), die den Austausch von Verschleißteilen einer Maschine bzw. einer Anlage und die Wiederherstellung des Ausgangszustands vorsieht, ab (vgl. dazu ausführlich Hoppe, Jacobs 1994).

Modernisierung bezieht sich allerdings nicht nur auf die technischen, organisatorischen, personellen, innovativen und wirtschaftlichen Aspekte, sondern enthält darüber hinaus Fragestellungen, wie und in welcher Form Modernisierung als gesellschaftliche Kategorie verstanden werden kann. In unserem Verständnis ist Modernisierung eine evolutionäre, nicht in Brüchen stattfindende Weiterentwicklung von Technik und der entsprechenden Rahmenbedingungen (gegenseitige Wechselwirkung), in der traditionelle, vorhandene Strukturen Ausgangspunkt bleiben und zum Teil bewahrt werden. Es wird das modernisiert, was unter den Gesichtspunkten des sinnvollen und technisch Machbaren für die Entwicklung einer Gesellschaft tragbar und notwendig erscheint (vgl. Hoppe, Frede 1992).

Durch eine kontinuierliche und bedarfs- und nutzergerechte Modernisierung können je spezifische Zielvorstellungen und Interessenlagen realisiert werden, die konsensfähig sind hinsichtlich der weitgehenden Übereinstimmung der beteiligten Gruppen innerhalb der sozial-ökonomischen Einrichtung Betrieb. Folgende Zielvorstellungen werden unter anderem mit einer bedarfs- und nutzerorientierten Modernisierung angestrebt:

- Förderung betrieblicher Innovationsmaßnahmen durch die Chance einer schnellen Umsetzung,
- frühzeitige Nutzung von Innovationsmöglichkeiten ohne hohen Kapitaleinsatz,
- Erweiterung des Wissens über die Bedürfnisse der Anwender und Nutzer bei den beteiligten Herstellerunternehmen und damit das Ermöglichen von kundenspezifischen und bedarfsgerechten Innovationsmaßnahmen, die mit geringem Investitionsaufwand umzusetzen sind,
- Erweiterung der Kompetenz und des umfassenden Wissens über die Technikgestaltung bei den beteiligten Facharbeitern,
- Verbesserung von Gesundheits-, Arbeits- und Umweltschutz,
- Heranführung älterer Mitarbeiter an neue Technik,
- Schonung und bessere Ausnutzung von Rohstoffen und Ressourcen durch die Verlängerung der Nutzungsdauer von Maschinen,
- Erhöhung der Motivation und Qualifikation durch Beteiligung und aktive Beeinflussung der Arbeits- und Technikgestaltung und damit Förderung der Autonomie im Arbeitsprozeß,

- Darlegung von Alternativen für humane und effiziente Produktionskonzepte.

Diese Technikentwicklungs- und Arbeitsgestaltungsziele in betrieblichen Modernisierungsansätzen korrespondieren mit organisatorischen und personellen Strategien, die mittel- und langfristige Innovationspotentiale eröffnen. Dies sind unter anderem:

- Aufbau-, Ablauf- und Arbeitsorganisation für ganzheitliche Aufgabenschnitte,
- Qualifizierungskonzepte, die neben fachlichen Elementen vor allem soziale, kooperative und partizipative Kompetenzen integrieren,
- Personaleinsatzstrategien, die den veränderten demographischen Rahmenbedingungen Rechnung tragen.

Im folgenden werden beispielhaft an der Modernisierung von konventionellen Drehmaschinen erste Ergebnisse des FAMO-Projekts aufgezeigt, um die Bedarfs- und Nutzerorientierung als wesentlichen Bestandteil der FAMO-Strategie zu verdeutlichen.

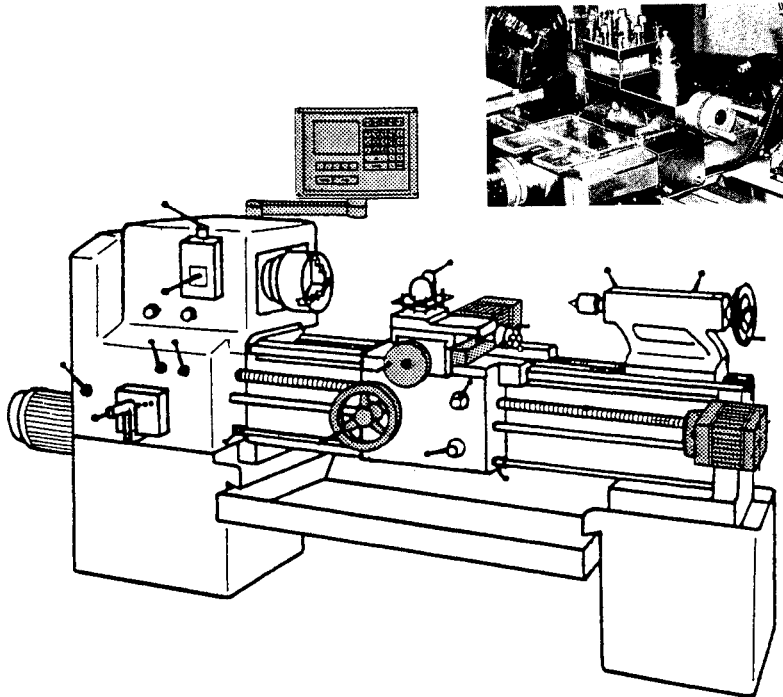
3.2 Die doppelfunktionale Drehmaschine - ein Beispiel für eine bedarfs- und nutzergerechte Technikgestaltung im Kontext der Modernisierung

(1) Doppelfunktionalität durch Modernisierung

Aufgrund der in Zusammenhang mit der Modernisierung von konventionellen Drehmaschinen gesammelten Erfahrungen und der "vor Ort" von Facharbeitern und anderen Fertigungsverantwortlichen artikulierten Anforderungen in kleineren und mittleren Anwenderunternehmen hat die Firma Augustin & Bamberg (Neubrandenburg) in Kooperation mit dem Institut Technik & Bildung einen CNC-Nachrüstsatz entwickelt, mit dem konventionelle Drehmaschinen zu doppelfunktionalen Drehmaschinen umgebaut werden können. Mit der modernisierten Drehmaschine - die sowohl manuell als auch rechnergestützt gesteuert werden kann - wird vor allem Klein- und Mittelbetrieben der kostengünstige und facharbeitergerechte Einsatz der CNC-Technik ermöglicht. Um dieses zu gewährleisten, waren bei der Entwicklung und Realisierung - auf der Basis eines ständigen und engen Dialogs mit potentiellen Nutzern und Anwendern - die im

folgenden aufgeführten Anforderungen an die CNC-Nachrüstung einer konventionellen Drehmaschine einzulösen:

- konventionelle und rechnergestützte Bearbeitung integrativ miteinander verbinden,
- CNC-Technik in das konventionelle Maschinenkonzept integrieren, ohne gravierende Veränderung der vorhandenen Benutzungsoberfläche, d.h. weitestgehender Erhalt der hohen Zugänglichkeit der Ausgangsmaschine,



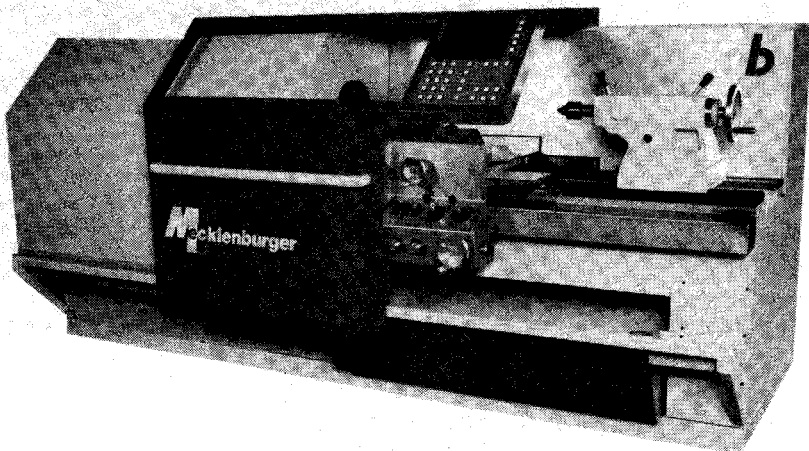
Skizze der nachgerüsteten doppelfunktionalen Drehmaschine

- keine wesentlichen Einschränkungen des vorhandenen Arbeitsraums vornehmen,
- leichte und schnelle Adaption des Nachrüstsetzes beim Anwender gewährleisten,

- geringen Schulungs- und Einarbeitungsaufwand auch für ältere Facharbeiter ermöglichen,
- facharbeitergerechte Bedienung und ergonomische Gestaltung des Nachrüstsatzes realisieren,
- Möglichkeit vorsehen, unterschiedlichen Steuerungen gemäß den je spezifischen Anforderungen von Anwendern und Nutzern an die Maschine anpassen zu können.

(2) Beispiel für die weitere Nutzung von Modernisierungsergebnissen

Aufgrund der positiven Erfahrungen bei der Entwicklung und Anwendung der modernisierten doppelfunktionalen Drehmaschine war es für die Beteiligten naheliegend, das doppelfunktionale Maschinenkonzept auch für die Entwicklung einer neuen Drehmaschine zugrunde zu legen. Um die in Zusammenhang mit Modernisierung gewonnenen Erkenntnisse auf eine breitere empirische Basis zu stellen und damit die Bedarfs- und Nutzerorientierung weiter zu erhöhen, wurden in vielen Anwenderbetrieben Facharbeiter und andere Fertigungsverantwortliche zur Akzeptanz und zur Gestaltung einer solchen Maschine befragt. Das Ergebnis der Konsultationen, Gespräche und Kontakte war so, daß die Firma Augustin & Bamberg sich mit weiteren Partnern zur Entwicklung und zur Herstellung einer



Neuentwickelte doppelfunktionale Drehmaschine MEC 2
(Werkfoto: Firma Augustin & Bamberg)

neuen doppelfunktionalen Drehmaschine mit der Bezeichnung MEC 2 entschloß. Auch hierbei ging es zentral darum, die weiter oben bereits benannten Anforderungen an das Konzept zu erfüllen. Die nebenstehende Abbildung zeigt die erstmals auf der EMO' 93 präsentierte Maschine.

(3) Doppelfunktionale Drehmaschine - ein bedarfs- und nutzergerechtes Arbeitsmittel

Doppelfunktionale Drehmaschinen sind insbesondere für das Fertigen von Einzelteilen und kleinen bis mittleren Serien geeignet, wie sie vor allem in Klein- und Mittelbetrieben produziert werden. Je nach Komplexität, Losgröße und Arbeitsaufgabe kann sich der Facharbeiter für die ihm angemessen erscheinende Betriebsart an der Maschine entscheiden. Die Entscheidung für die jeweilige Betriebsart muß dabei nicht für die gesamte Fertigung des Werkstücks getroffen werden, sondern kann sich auf einzelne Fertigungsabschnitte beziehen. So können die Bearbeitungsprozesse für die Herstellung eines Werkstücks auch im Wechsel zwischen manueller und rechnergestützter Steuerung realisiert werden. Der Facharbeiter kann bei der doppelfunktionalen Drehmaschine mit geringem Einarbeitungsaufwand an dem ihm bekannten Drehmaschinenkonzept arbeiten. Schrittweise kann er sich mit den neuen technischen Optionen der Maschine vertraut machen. Durch die Möglichkeit des Record-Playback-Verfahrens kann die rechnergestützte Bearbeitung von kleinen bis mittleren Serien auch von älteren Facharbeitern relativ problemlos erfolgen. Durch die Auswahl entsprechender Programmieroberflächen bleibt der Werkzeugcharakter der Maschine erhalten. Das Erfahrungswissen der Facharbeiter - auch als betriebswirtschaftlich bedeutsamer Faktor - kann bei diesem Maschinenkonzept voll zur Entfaltung gebracht und genutzt werden. Die hohe Zugänglichkeit und Prozeßnähe des Maschinenkonzepts ermöglichen darüber hinaus den Erwerb und die Aktualisierung von Erfahrungswissen.⁵

Der beispielhaft dargestellte praxisbezogene Entwicklungsprozeß weist aus der hier vertretenen Sicht einen hohen Grad der Bedarfs- und Nutzerorientierung auf und zählt zu den wesentlichen Bestandteilen der FAMO-Strategie.

5 Vergleichbare Vorteile sind auch mit dem Drehmaschinentyp "Konventionell-Plus" erreichbar. Dieser Maschinentyp weist ebenfalls eine starke Orientierung am Arbeitshandeln von Facharbeitern auf (vgl. dazu ausführlich Carus u.a. 1994).

3.3 Zu den Wirkungen und Ausstrahlungen der Bedarfs- und Nutzerorientierung

Technische Entwicklungen werden - wie eingangs bereits aufgezeigt - gegenwärtig immer noch in der Regel in Forschungs- und Entwicklungsabteilungen vorangetrieben, die weitgehend isoliert vom Ort des eigentlichen Geschehens, nämlich Fertigung und Produktion, organisiert sind. Dabei wird häufig übersehen, daß die bedarfs- und nutzergerechte Gestaltung von Technik am kompetentesten in der Werkstatt artikuliert werden kann: Facharbeiter kennen die Defizite und die Schwachpunkte ihrer Werkzeugmaschinen und Anlagen sowie der Fertigungsprozesse sehr genau; sie sind die Fertigungsexperten. Aufgrund vielfältiger Erfahrungen können sie nicht nur Hinweise und detaillierte Gestaltungsvorschläge zur Verbesserung der vorhandenen Maschinen, sondern auch zur Neuentwicklung geben.

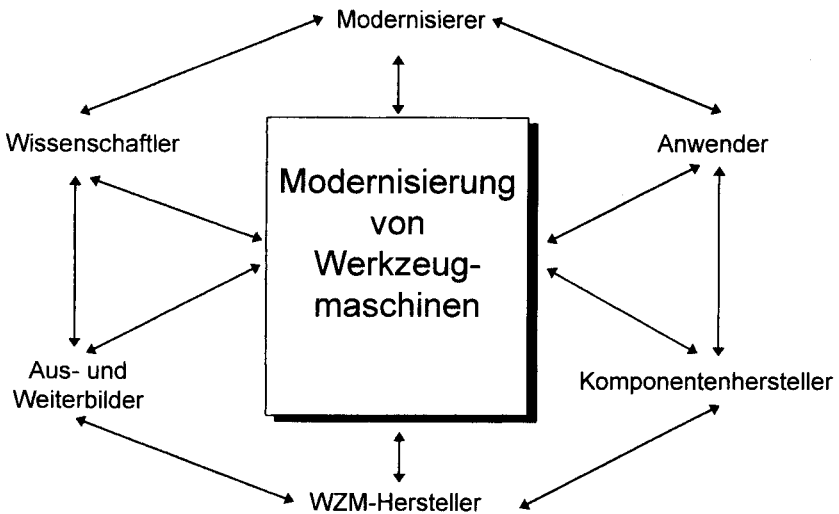
Der in der Vergangenheit übliche "Alleingang der technischen Intelligenz" in den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen ist insbesondere im Hinblick auf neue Produktionskonzepte obsolet. Unter Einbezug der Facharbeiter, ihrer Kompetenz und ihres Erfahrungswissens wäre z.B. eine Entwicklung, wie sie im Bereich der CNC-Steuerungen fast ausschließlich - bis auf wenige Ausnahmen - von den Herstellern betrieben wurde, kaum möglich gewesen. Die informationstechnologisch orientierten Programmieroberflächen der CNC-Steuerungen wären nicht in dieser dominanten Form anzutreffen, wenn bei der Entwicklung das Arbeitshandeln von Facharbeitern angemessen berücksichtigt worden wäre.

Die Einheit von Aktion und Reaktion bei einer bedarfs- und nutzerorientierten Anpassung und Entwicklung der Funktionen an Werkzeugmaschinen erzeugt gleichermaßen Motivation und Qualifikation bei den Fachkräften in der Werkstatt. Eine höhere Arbeitseffizienz wird sich in der Folge einstellen, da in entsprechende Entwicklungen Sichtweisen, Interessen, Kompetenzen und Anforderungen vieler eingehen, so daß Einseitigkeiten, falsche Einschätzungen etc. durch die Stetigkeit des Vorgehens weitgehend minimiert werden können.

Bedarfs- und Nutzerorientierung führt zu einer Erweiterung der Handlungskompetenz von Facharbeitern und setzt auch neue Formen der betrieblichen Organisation und der Aus- und Weiterbildung voraus. Bei ei-

ner auf die Fähigkeit zur Technikgestaltung orientierten Berufsbildung zählen im Kontext neuer Formen des Lernens das Denken in Strukturen und Zusammenhängen, die Kooperation und Kommunikation zu den wesentlichen Bildungszielen (vgl. Hoppe 1994). Die mit der Technikgestaltung verbundenen Effekte führen bei den Facharbeitern zu einer Situation, die durch eine Vergrößerung des Aufgabenumfangs vor allem in Richtung Zuwachs an Komplexität der Arbeitstätigkeit, erhöhte Entscheidungsdichte sowie steigende Bedeutung der Kooperation und zugleich einer Abnahme an standardisierten Handlungen und Entscheidungen gekennzeichnet ist.

So verstanden ist Bedarfs- und Nutzerorientierung nicht nur ein methodisches Vorgehen, sondern Garant für eine inhaltliche Qualität, von der auch Impulse auf die Technikgestaltung ausgehen. In der Skizze sind Kooperations- und Kommunikationsbezüge angedeutet, über die bedarfs- und nutzerorientierte Gestaltungspotentiale zur Modernisierung oder auch zur Neuentwicklung von Werkzeugmaschinen zur Geltung kommen.



© ITB, Abt. BP/MT 1992

Kooperationsbezüge bei der Modernisierung von Werkzeugmaschinen

Bedarfs- und Nutzerorientierung ist aber auch ein Medium zur Initiierung von neuen Arbeitsformen. Der Organisations- und Personalentwicklung kommt im Gesamtfeld betrieblicher Gestaltungsmöglichkeiten eine wichtige Funktion zu. Die Forderung lautet: Diese Felder nicht weniger systematisch zu berücksichtigen als Technikgestaltung und -einsatz. So sicher es ist, daß es den "one best way" eines allgemeingültigen Organisationskonzeptes nicht gibt, so sicher ist auch die Tatsache, daß Betriebe - auch kleinere und mittlere - nicht umhinkommen, sich mit verschiedenen Ansätzen der Reorganisation von Produktionsstrukturen wie Fertigungsinseln, Gruppenarbeit, Lean Production etc. auseinanderzusetzen. Praktisch zu klären ist die Reichweite von Funktions- und Aufgabenintegration, Selbststeuerung und -kontrolle und Kooperation und Kommunikation.

Der Einbezug von Facharbeitern im Verbundvorhaben ist ein Ansatz, der den genannten Anforderungen gerecht werden kann. Es sind Anknüpfungspunkte enthalten, die für die genannten Problemkonstellationen Hinweise geben und einen Beitrag zu deren Konkretion liefern.

4. Zur Relevanz der Modernisierung für die Weiterentwicklung bedarfs- und nutzerorientierter Vorgehensweisen

"Modernisierung", wie sie in diesem Beitrag zugrunde gelegt wurde, bezeichnet ein Handlungs- und Strukturfeld, das Entwicklungsmöglichkeiten bereitstellt, in denen zukünftig erforderliche und wünschenswerte Bedarfs- und Nutzerorientierungen angemessen berücksichtigt werden können. Insofern wird von einer Strategie zur Herstellung bedarfs- und nutzerbezogener Orientierungen gesprochen. Hierbei wird konstatiert, daß Nutzer- und Bedarfsorientierung derzeit selbst noch unklar konturiert ist, insbesondere in der Frage, wie und in welcher Form dies geschehen kann. Denk- und Handlungsansätze, die die Bedarfs- und Nutzerorientierung jedoch allein auf instrumentelle Verfahren beziehen, greifen unserer Ansicht nach zu kurz. Die im FAMO-Projekt bereits realisierten und perspektivischen Schritte innovativer Modernisierungslösungen an Werkzeugmaschinen zeigen, daß das Einbringen und Berücksichtigen von Bedarfen und Nutzeranforderungen dann gelingen kann, wenn

- eine direkte Gegenstandsbezogenheit vorliegt, die als Medium der Interessenartikulation von Bedarfen und Nutzerbezügen relevant ist (die Werk-

zeugmaschine ist dies insbesondere für die an und mit der Maschine Arbeitenden),

- die Anlaßgebundenheit im Betrieb hergestellt ist und die verschiedenen betrieblichen Interessen von Akteuren vermittelt und trotz unterschiedlicher Zielrichtungen die Möglichkeit der Integration und des Konsenses vorliegt (die Modernisierung einer Werkzeugmaschine liegt unter anderem im ökonomischen Interesse des Betriebs selbst, nämlich wirtschaftlicher fertigen zu können bei einem kostenmäßig geringen Einsatz; die Facharbeiter können ihre Interessen einbringen hinsichtlich der Berücksichtigung der facharbeitergerechten Gestaltung der Maschine, des Arbeitsplatzes und des Arbeitsablaufs),
- die Beteiligungsansätze und Kommunikationsfelder nicht "abstrakt", sondern sinnlich akzentuiert und in den Folgen "tatsächlich" relevant sind (die Modernisierung einer Maschine läßt in concreto erkennen, ob und inwieweit Beteiligungsszenarien ernst genommen werden),
- die Bedarfs- und Nutzerorientierung entwicklungs- und prozeßbezogen sich herstellt, also kein Junktim zwischen Zieldefinition und Realisierung dergestalt formuliert ist, daß eine Modernisierungslösung ausschließlich und funktional bedarfs- und nutzergerecht ist (Wahlmöglichkeiten bleiben erhalten, wie und in welcher Form eine Modernisierung von Werkzeugmaschinen die Gesamtheit der betrieblichen Belange erfüllt).

Diese in einem konkreten Anwendungsbereich gewonnenen Einsichten und Vorgehensweisen sollten aufgrund ihrer strategischen Bedeutung für die noch ausstehende Diskussion in den nächsten Jahren um eine Bedarfs- und Nutzerorientierung weiter entfaltet werden und einen praktisch bezogenen Beitrag zur derzeitigen Diskussion bieten. Ohne Frage bedarf es auch einer diskursiven Einbindung und Erweiterung insbesondere für die Hersteller-Anwender-Konstellation. Dies ist jedoch bei rekursiver Hinwendung zum Ort der tatsächlichen Generierung von Bedarfen und Nutzerbezügen und deren Gegenstandsbezug - wie unsere Erfahrungen dies belegen - eine erfolgversprechende Vorgehensweise.

Herstellerübergreifende Kooperation und nutzerorientierte Technikentwicklung als Innovationsstrategie

1. Strukturelle Innovationsengpässe und notwendige Revitalisierung von Innovationsressourcen
2. Innovationsstrategien für die Produktentwicklung im 21. Jahrhundert
3. Neue Instrumente für Koordination und Kommunikation
4. Konturen für eine innovationsförderliche Infrastruktur

Ausgangspunkt

Seit den 80er Jahren haben sich die Marktverhältnisse und Bedingungen des Innovationswettbewerbs weltweit drastisch verändert.

Die Marktverhältnisse unterliegen charakteristischen Trends:

- Es findet ein Wandel von segmentierten Herstellermärkten (mit der Dominanz eines Herstellers und dessen vorherrschendem Konzept) zu gekoppelten Anbietermärkten statt (bei denen Hersteller von Maschinen, Steuerungstechnik, Komponenten und Software gemeinsam ein Produkt entwickeln und zunehmend auch transnational bzw. weltweit vertreiben).
- Gekoppelte Anbietermärkte können sich eher dann stabil etablieren, wenn sie sich an wechselnden Kundenschichten orientieren, d.h. für anwenderspezifische Anpassungen variabel sind, hohen Qualitätsstandards genügen und schnellen Service sicherstellen.

- Die Marktausschöpfungszeiten für neue Produkte oder Produktverbesserungen nehmen durch unmittelbar erfolgende Reaktion von Konkurrenten ab.
- Die Lebenszyklen für Produkte und deren Veränderung werden kürzer.

Im Innovationswettbewerb erhält der Faktor Komplexität zunehmend mehr Gewicht:

- Die Komplexität der Produkte steigt durch immer weitergehende Informatisierung und die Bedeutung von Steuerungskonzepten.
- Hochwertige neue Produkte bestehen mehr und mehr in der Kombination verteilter entwickelter Elemente und Module spezialisierter Produzenten.
- Mit dem Ausbau der technischen Kommunikation nehmen die Anforderungen an die Integrationsnotwendigkeiten von Produkten in informatisierten Umgebungen zu.
- Trotz steigender Komplexität bei der Produktentwicklung bedarf es auch noch einer Verkürzung von Entwicklungszeiten, um der Kundenorientierung und schnellen Marktanpassungen genügen zu können.

Die Diskussion in der deutschen Industrie um die Folgen dieser Veränderungen für Innovationsprozesse in Branchen und Betrieben setzte allerdings häufig erst ab Anfang der 90er Jahre ein (also gegenüber der Erhellung dieser Sachlage seit Anfang der 80er Jahre verzögert), als letztlich die Umsätze insbesondere auf Auslandsmärkten zurückgingen und im Vergleich mit führenden Unternehmen aus den USA und Japan offenkundig wurde, daß einige von diesen den neuen Herausforderungen mit zukunftsweisenderen Unternehmenskonzepten (z.B. "Lean Production" oder "Business-Reengineering") eher gewachsen sind.

Für die Umsatzrückgänge Anfang der 90er Jahre lassen sich deshalb nicht nur weltweite Rezession oder Kostennachteile als Verursachungsfaktoren heranziehen; es muß ebenso auch auf schwerwiegende Produktivitäts- und

Innovationsengpässe der deutschen Industrie aufgrund der ausgebliebenen Reaktion auf veränderte Marktverhältnisse und Bedingungen im Innovationswettbewerb hingewiesen werden. Bei der Verschlechterung der Wettbewerbsposition Anfang der 90er Jahre handelt es sich insofern nicht nur um eine konjunkturelle Krise, sondern auch um eine Strukturkrise (Jürgens, Naschold 1994).

Welche Merkmale diese Strukturkrise charakterisieren und welche möglichen Ansatzpunkte sich für ihre Bewältigung anbieten, soll im folgenden am Beispiel des Werkzeugmaschinenbaus gezeigt werden, und zwar durch eine Gegenüberstellung traditioneller, an Grenzen stoßender Innovationsmuster der Branche und neuer Perspektiven für langfristige Innovationsstrategien.

Abschließend werden zur Bewältigung der neuen Herausforderungen Konturen für eine neuartige Infrastruktur zur Unterstützung branchen- und unternehmensübergreifender Innovationsprozesse dargestellt.

1. Strukturelle Innovationsengpässe und notwendige Revitalisierung von Innovationsressourcen

Der deutsche Werkzeugmaschinenbau war 1980 gleichauf mit dem damaligen Weltmarktführer USA. 1990 war ein deutlicher Rückfall hinter den neuen Weltmarktführer Japan bei rapidem Verfall der US-Position zu beobachten. Dabei geraten insbesondere das deutlich geringere Wachstum und die unzureichende Ertragskraft gegenüber dem Hauptwettbewerber Japan ins Augenmerk.

Viele deutsche Unternehmer haben mit ihren nach Kundenwünschen konstruierten und deshalb teuren Spezialmaschinen international die führende Position in vielen Nischenmärkten errungen, während die Japaner die Volumenmärkte mit Serienmaschinen beherrschen (VDW 1993).

Anfang der 90er Jahre sprechen Anzeichen dafür, daß auch diese Nischen für den deutschen Werkzeugmaschinenbau bedroht sind. Aufgrund der zunehmenden Leistungsfähigkeit der japanischen Standardmaschinen mit Varianten und Extras geraten die deutschen Spezialisten in ihren Märkten

immer stärker unter Wettbewerbsdruck (Jürgens, Naschold 1994; Schumann u.a. 1994). 1993 ergab sich für den Gesamtmaschinenbau ein Produktionsrückgang um rd. 10 % (Leibinger 1994). Insbesondere schlägt durch, daß die japanischen Maschinenbauunternehmen im Branchendurchschnitt doppelt so hohe Produktivität erzielen und wesentlich geringere Entwicklungszeiten aufweisen, so daß sie preiswerter anbieten können (Moldaschl, Moritz 1993; Brödner, Schultetus 1992).

Da der deutsche Werkzeugmaschinenbau aufgrund der Qualität seiner Produkte, der hohen Exportorientierung und der Spezifität seiner Produktionsfaktoren und Industriestruktur als einer der Star-Sektoren der deutschen Wirtschaft angesehen wird, kann eine Analyse der gegenwärtigen Innovationsmuster offenkundige Innovationsengpässe und Ansatzpunkte für eine notwendige Neubestimmung von Innovationsressourcen aufzeigen, wie sie nicht nur für die Werkzeugmaschinenindustrie, sondern darüber hinaus auch für andere Industriezweige bedeutsam sind.

(1) Linear-sequentielle Technikentwicklung als vorherrschendes zu enges Innovationsmuster

Der technische Entwicklungsprozeß im Werkzeugmaschinenbau Deutschlands wird bei Produktentwicklungen in der Regel von einem Produzenten dominiert. Er beginnt mit der Definition eines Konzepts durch einen Maschinenhersteller (z.B. für Hochtechnologien und Speziallösungen), wobei die Anforderungen eines oder einiger weniger, meist großer Anwender Berücksichtigung finden. Aufgrund dieses Konzepts legt der Hersteller dann die Anforderungen für die Zulieferer von Komponenten und für den Hersteller von Steuerungstechnik fest. Einer prototypischen Realisation folgt eine Systemoptimierung, dieser schließlich die Herstellung des Produkts Maschine und nach Auslieferung die Inbetriebnahme beim Anwender. Danach übernimmt der Hersteller für einen Zeitraum noch ausgehandelte Gewährleistungen. Der gesamte Innovationsprozeß ist phasenorientiert und läßt sich als linear-sequentiell beschreiben (Deiß u.a. 1990; Bieber 1992).

Dieses betriebliche Innovationsmuster prägt die gesamte vorwiegend mittelständisch organisierte Branche mit einer Durchschnittsgröße von 170 Beschäftigten im Betrieb (Leibinger 1994). Eine systematische intra- und intersektorale Kooperation zwischen Maschinenbauherstellern, Lieferanten, Elektronikherstellern und Software-Anbietern findet zu wenig statt

(Jürgens, Naschold 1994). Die Kooperation des Werkzeugmaschinenbaus mit wissenschaftlichen sowie wirtschaftlichen Institutionen erfolgt dabei im Rahmen verschränkter, wenn auch eingespielter Beziehungen mit langer Tradition. Aus diesen Gründen kommt es eher zu inkrementellen Veränderungen als zu großen Umschwüngen (Hirsch-Kreinsen 1994). Die veränderten Weltmarktverhältnisse und Bedingungen im Innovationswettbewerb erfordern jedoch zunehmend branchen- und institutionenübergreifende, nationale wie internationale Kooperation (Leibinger 1994). "Unter den Bedingungen systemischer Rationalisierung können Technikentwicklung und Technikanwendung nicht mehr eindeutig phasiert und strikt getrennt werden. Entstehungs- und Anwendungskontext neuer Techniken beziehen sich immer enger aufeinander, die interorganisationale Dimension erhält zunehmend Bedeutung" (Asdonk u.a. 1994). Es zeigt sich, daß aufgrund der lange Zeit ausgebliebenen Diskussion um notwendige Veränderungen für die Kooperation spezifische Engpässe entstanden sowie bislang verfügbare Innovationsressourcen allmählich zu versiegen drohen und deshalb revitalisiert werden müssen.

(2) Herstellerfokussierung und Ausdifferenzierung von Technikanbietern als Innovationsengpässe

Die Dominanz einzelner Produzenten in nach Bearbeitungsverfahren differenzierten Marktsegmenten führt dazu, daß es eine Vielzahl unterschiedlichster Maschinenbaukonzepte gibt, mit verschiedensten Kombinationen von Maschinen- und Steuerungsmodulen (Clever 1992). In diesem Zusammenhang läßt sich auch von einer Tendenz zum "Over-Engineering" durch Optimierung innerhalb fachlicher und funktionaler Aufgabenstellungen sprechen. Es entsteht zudem ein hoher Änderungsaufwand bei Neuentwicklungen oder bei Entwicklungsanpassungen infolge Nachfrageerweiterungen, da jeder Hersteller lediglich seine spezifische Entwicklung vorantreibt (und Erfahrungsaustausch zwischen Trägern verschiedener Entwicklungen die Ausnahme bilden). Im Ergebnis sind der Entwicklungsaufwand und damit der Produktpreis zu hoch. Aufgrund der spezifischen Bauelemente und ihrer Kombination ist eine Integration gelieferter Maschinen mit anderen Fabrikaten beim Anwender schwierig und gelingt allenfalls im Rahmen herstellerspezifischer Systemkonzepte oder nur mit erheblichem Zusatzaufwand für die Schnittstellen. Der Anwender ist zudem auf volle Service-Leistung und Wartung durch die Hersteller angewiesen.

Diese Produzentendominanz in einzelnen Marktsegmenten zieht vor allem "kritische" Effekte hinsichtlich weltweiter Angebote nach sich. Auf der einen Seite reicht die Marktmacht nicht aus, die verwendeten Maschinen- und Steuerungsmodul als akzeptablen Standard zu setzen, zum anderen fehlt es an Kraft, einen weltweiten Vertrieb und Service zu organisieren, der auf einer systematischen Kundenorientierung basiert. Bei den Märkten der Zukunft kommt es aber gerade darauf an, in den führenden Industrienationen (USA, Japan, Europa) gleichsam vertreten zu sein. Der deutsche Maschinenbau ist eher europäisch orientiert. Hier finden 75 % seiner Produkte ihren Absatz. Die bisherige Konkurrenz der Maschinenbauunternehmen untereinander und die davon getrennte Entwicklung von Steuerungstechnik haben letztlich verhindert, daß einfache, wieder verwendbare und koppelungsfähige Maschinen- und Steuerungsmodul entwickelt wurden. Es fehlt an einer gemeinsamen Plattform für die Hersteller von Maschinen und Zulieferer von Komponenten sowie für die Hersteller von Steuerungstechnik und Anbieter von Software. Die Komplexität der erforderlichen Abstimmungsprozesse sowie die Zahl der Rückkopplungsschleifen zwischen den unterschiedlich spezialisierten Akteuren steigen im Zuge wachsender Produktkomplexität beträchtlich. Neben der Verfügbarkeit koppelungsfähiger Modul fehlt es auch an weitreichenden Marktstrategien und Entwicklungsleitbildern zur Integration.

(3) Notwendige Revitalisierung von Innovationsressourcen für die Technikentwicklung

Im Vergleich mit den USA und Japan wird dem deutschen Werkzeugmaschinenbau insbesondere die eingespielte Kooperation mit Anwendern und wissenschaftlichen Einrichtungen als Stärke zugesprochen. Zumindest waren diese gefestigten Kooperationsbeziehungen ein wesentlicher Grund für die Wettbewerbsstärke bis zum Ende der 80er Jahre. Mehr und mehr als fraglich erscheint jedoch, ob diese traditionellen Muster den Herausforderungen der 90er und insbesondere den Marktentwicklungen im kommenden Jahrhundert gewachsen sind (Hirsch-Kreinsen 1993). Vor allem gilt es herauszufinden, wie an diese Stärke des deutschen Werkzeugmaschinenbaus angeknüpft werden kann und durch Redefinition von Aufgaben und Reorganisation von Interaktionen ein neues Niveau erreicht wird, das den Herausforderungen des 21. Jahrhunderts mehr gewachsen ist. Hierzu einige Hinweise durch die Analyse dreier Aspekte der Technikentwicklung:

(a) Anwenderbeziehungen als Ansatzpunkt für eine Revitalisierung der Technikentwicklung

Im traditionellen Innovationsmuster linear-sequentieller Technikentwicklung werden neue Maschinenkonzepte im wesentlichen durch den Hersteller und zumeist ausgewählte Großanwender bestimmt. Der Anwender von Hochtechnologie und Speziallösungen legt dabei den von ihm erwarteten Leistungsumfang fest. Der Hersteller baut eine mit den von ihm entwickelten bzw. zugekauften Modulen zusammengesetzte Speziallösung und optimiert damit von ihm entwickelte bewährte Maschinenkonzepte. Der Anwender bestimmt die für betriebliche Effekte gewünschte Funktionalität.

Auf beiden Seiten werden Informationen zwischen Spezialisten ausgetauscht. Spezialisten auf der Anwenderseite sind in der Regel betriebliche Planer und technisches Führungspersonal. Ihr Praxisverständnis bestimmt den Funktionsumfang. Soweit sie Erfahrung mit der laufenden Nutzung von Maschinen haben, gehen diese mit ein, z.B. durch periodische Arbeit in der Werkstatt oder zurückliegende Einsichten aufgrund von Gesprächen mit Werkstattpersonal. Mit der fortschreitenden Informatisierung der Produkte und der elektronischen Vernetzung in Betrieben rekrutieren Betriebe allerdings mehr und mehr wissenschaftlich ausgebildete Fachkräfte. Für diese herrscht die Informatikorientierung vor. Praktische Erfordernisse werden häufig als eher zweitrangig eingeschätzt und bevorzugt betriebswirtschaftliche Maßstäbe eingesetzt. Nicht selten ist es deshalb zu einer Überschätzung der Notwendigkeit angebotener Funktionalitäten oder zu einer Unterschätzung des zusätzlichen Aufwandes zur Nutzung von Funktionalitäten gekommen. Erst mit dem Nachlassen der CIM-Euphorie und den bekannt gewordenen Defiziten zentraler Vernetzungskonzepte bei Anwendern ist hier ein Umdenken in Richtung dezentral orientierter Vernetzung und leichter Handhabung von Maschinen eingetreten.

In diesem Zusammenhang sind deshalb auch Überlegungen für eine Nutzerdifferenzierung als mitbestimmender Faktor bei der Festlegung von Maschinenfunktionalitäten entstanden. Hierbei gilt es vor allem, die hohe Kompetenz von Facharbeitern und Servicepersonal mehr als bisher für betriebswirtschaftliche Effekte wie Kostenreduzierung und Qualitätssicherung einzusetzen (Warnecke 1993; Leibinger 1994). Erfolgt derartige Umdenken, taucht jedoch häufig ein Dilemma auf, das sich kurzfristig

nicht beheben läßt. Die gegenwärtigen Möglichkeiten der Hersteller, an ihren Maschinen von anderer Seite produzierte nutzerfreundliche Bedienelemente zu verwenden und mit nutzerfreundlicher Steuerungstechnik zu koppeln, sind begrenzt.

(b) Praxisorientierung als Ansatzpunkt für eine Revitalisierung der Technikentwicklung

NC-Technik hat sich seit ihrem ersten Einsatz in unterschiedlicher Weise entwickelt. Vor allem die nicht selbsterklärende Handhabung von Maschinen mit NC-Technik und DIN-Satz-orientierten Steuerungen ist Gegenstand vielfältiger kritischer Erörterungen in mehr oder weniger periodischen Diskussionsrunden gewesen (Hirsch-Kreinsen 1993). Allerdings haben diese Diskussionen nicht dazu führen können, daß sich bislang Alternativen für ein anderes Steuerungskonzept mit anderen Schnittstellen durchgesetzt haben.

Die Geschichte zur "Werkstatorientierung" von Steuerungen ist hierzu ein lehrreicher Beleg. Sie beginnt in den 50er Jahren mit den Überlegungen von Schmidt, Simon und Opitz hierzu. Erste Prototypen für Werkzeugmaschinen dieses Typs finden sich ab 1970. Mitte der 70er Jahre bildete sich ein betont werkstattnaher Entwicklungspfad heraus. Hervorgehobene Merkmale des Pfades sind hierbei Programmierhilfsmittel, z.B. Programmiersprachen im Dialog, Verfahren der Bedien- und Programmierführung, Unterprogrammtechniken, Zyklenprogrammierung und Formen von Simulation. Alle Erleichterungen basieren allerdings auf der Maschinenprogrammierung im DIN-Satz. Ende der 70er Jahre gibt es einen Kulminationspunkt der Debatte über Vor- und Nachteile von Werkstattprogrammierung (siehe u.a. Hammer 1979; Moll 1979). Danach ebnete die Diskussion wieder ab, um Mitte der 80er Jahre in Zusammenhang mit einer Debatte über den Nutzen rechnergestützter Facharbeit (siehe u.a. Erbe 1986; Blum 1987) wieder an Bedeutung zu gewinnen.

In diesem Zusammenhang wurde auch ein vom BMFT geförderter Forschungs- und Entwicklungsverbund "Werkstatorientierte Programmierverfahren (WOP)" gefördert, der Aspekte dieser Debatte aufgriff (Liese 1989). Die dabei gewonnenen Erkenntnisse und entwickelten Modelle haben die Diskussion bereichert, gleichwohl den Haupttrend nur im Sinne angepaßter Benutzerführung modifiziert. Auch dieses Konzept ist eher der Sicht- und Denkweise von Konstruktion und Arbeitsvorbereitung

verhaftet, die an der Geometrie ansetzt. Es bleibt vor allem bei der DIN-Satz-Orientierung der Steuerung. Allenfalls andere Präsentationsformen bei der Programmerstellung an der Maschine lassen sich als Verbesserung für die Handhabung von Endnutzern verstehen. Auch bei der Weiterentwicklung des Konzepts in Richtung werkstattorientierte Produktion, bei der auch Fragen der Auftragsabwicklung und Arbeitsplanung über Leitstände einbezogen werden, wird diese Perspektive verfolgt. Von einem generellen Wechsel der Orientierung kann deshalb nicht gesprochen werden.

Der umgekehrte Weg, Maschinenkonzepte nicht ausschließlich unter der Vernetzungsperspektive zu entwickeln, stößt ebenfalls auf Grenzen. Die Konzepte verschiedener Anbieter, die insbesondere für kleine und mittlere Anwender multifunktionale Maschinenkonzepte entwickeln, stoßen hierbei auf Grenzen ihrer Entwicklungskapazität. Kleinere und mittlere Betriebe sind häufig dadurch gekennzeichnet, daß sie über keine zentralen Einrichtungen verfügen, ihre Arbeitskräfte kontextabhängig flexibel einsetzen müssen und infolge knapper Budgets nur schrittweise investieren können. Sie haben sowohl Bedarf nach einer Modernisierung eingesetzter konventioneller Werkzeugmaschinen als auch nach Universal-Maschinen, die schrittweise aufrüstbar und koppelbar sind, und nach kompakten Maschinen mit selektierter Funktionalität. Dazu gehören auch CNC-Maschinen, die manuell wie elektronisch gefahren werden können. Auf der EMO 1993 fanden derartige Maschinen, z.B. von Boehringer, Gildemeister und Keller, erhebliche Aufmerksamkeit (Herzog 1993; Breit u.a. 1994). Das Dilemma bei dieser Herangehensweise besteht darin, daß die meist kleineren Anbieter die DIN-Satz-Orientierung von Steuerungen nicht aufgeben können und lediglich angepaßtere Präsentations- und Interaktionsformen für Facharbeit zu entwickeln vermögen. Sie müssen auch hinsichtlich der Nutzung neuer Bedienelemente auf systemspezifische Komponenten zurückgreifen.

Zuletzt sei noch kurz auf eine Ressource der Werkstattorientierung verwiesen, die in der Vergangenheit bei der Technikentwicklung eine nicht zu vernachlässigende Rolle gespielt hat. In Maschinenbaubetrieben gab es bislang häufig durchlässige Rekrutierungsmuster. Das heißt, üblicherweise fanden sich in den Entwicklungsabteilungen, insbesondere für Maschinenkonstruktion, auch - "aufgestiegene" Facharbeiter, deren Erfahrung aus der Werkstatt in neue Maschinenkonzepte integriert werden konnte. Mit dem Voranschreiten der Bedeutung der Mikroelektronik und damit ver-

bunden auch der Bedeutung der elektronischen Abteilung in den Maschinenbauunternehmen sowie den zunehmenden Quereinstiegen von in Informatik ausgebildeten Hochschulabsolventen (mit spezifischer Theorieausrichtung und wenig Werkstatterfahrung) setzen sich dagegen mehr informatikorientierte Wissensbestände und Perspektiven durch (Kalkowski, Manske 1993). Der vordem in Herstellerbetrieben vorhandene Praxisbezug durch Kooperation mit der eigenen Werkstatt verblaßt.

(c) Wechselbeziehungen mit wissenschaftlichen Einrichtungen als Ansatzpunkt für die Revitalisierung der Technikentwicklung

Die Wechselbeziehungen zwischen der Industrie und den Wissenschaften sind in Deutschland traditionell stark ausgeprägt. Die meisten Herstellerbetriebe unterhalten relativ feste Kooperationsbeziehungen mit wissenschaftlichen Einrichtungen, nicht zuletzt deshalb, weil die Absolventen von diesen den Kontakt zu den Ursprungsstätten ihres Wissens aufrecht erhalten. Für eine Vielzahl von Fragen zu Speziallösungen bei Anwendern konnte deshalb ohne großen Aufwand rasch eine wissenschaftliche Bearbeitung vermittelt werden. Auch für die Entwicklung neuer Konzepte ließ sich ebenso schnell ein gezielter Informationsaustausch herstellen, ggf. auch Mitarbeit vereinbaren. Diese eingespielte Kooperation stößt jedoch an systemimmanente Grenzen. Auf der einen Seite fördert sie das "Over-Engineering", d.h. die perfekte Optimierung von Speziallösungen, auf der anderen Seite führt sie zur Betonung von eher abstrakten Modellvorstellungen, wie sie sich zum Beispiel im CIM-Modell kristallisiert haben. Derartige Anreize für Hersteller haben, da diese nur im Rahmen ihrer betriebsspezifischen Konzepte aufgegriffen werden können, auch zu Fehlentwicklungen durch Überforderungen geführt. Gegenwärtig läßt sich deshalb eine gewisse Skepsis gegenüber wissenschaftlich basierten Automatisierungsperspektiven ausmachen. Aber auch Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die demgegenüber im Sinne der Nutzung von Fachkompetenz den Nutzerbezug als langfristige Perspektive bei der Entwicklung von CNC-Technik verankern wollen, wird ebenfalls erhebliche Skepsis entgegengebracht (s. u.a. Martin 1995).

Inwieweit die hier kurz geschilderten strukturellen Innovationsengpässe abgebaut und die bisherigen Innovationsressourcen reaktiviert werden können, bleibt in Zukunft abzuwarten. Im folgenden werden zunächst neuartige Perspektiven für kooperative Strategien zur Produktentwicklung im

21. Jahrhunderts dargestellt, um dann auf Instrumente für ihre Realisierung aufmerksam zu machen. Dabei werden Instrumente beschrieben, die an den bisherigen Innovationsressourcen ansetzen könnten, vorausgesetzt, daß sich diese auf ein neues Niveau anheben lassen.

2. Innovationsstrategien für die Produktentwicklung im 21. Jahrhundert

Sollen im deutschen Werkzeugmaschinenbau die strukturellen Innovationsengpässe abgebaut und die versiegenden Innovationsressourcen reaktiviert werden, bedarf es neuer Innovationsstrategien, um den Wettbewerbs- und Innovationserfordernissen im 21. Jahrhundert gewachsen zu sein. Als eine mögliche Perspektive können herstellerübergreifende Kooperation und nutzerorientierte Technikgestaltung gelten. Werden beide realisiert, bestehen hohe Chancen, ganzheitliche Wertschöpfungszyklen als Innovationsstrategie in Gang zu setzen und regenerative Innovationsressourcen aufzubauen. Soll dies gelingen, sind allerdings neuartige Instrumente für die Koordination und Kommunikation zu schaffen und systemisch einzusetzen.

(1) Herstellerübergreifende Kooperation und nutzerorientierte Technikgestaltung als Innovationsperspektiven

Um den Markt- und Wettbewerbserfordernissen der Zukunft begegnen zu können, sieht sich der Werkzeugmaschinenbau einigen grundlegenden Herausforderungen ausgesetzt. Bestehen kann letztlich nur das Unternehmen, das

- insbesondere den wechselnden Kundenschichten und unterschiedlichen Kundenanforderungen entsprechend variable, aber qualitativ hochwertige und verschiedenen Umgebungen anpaßbare Produkte erzeugt,
- in seine Produktkonzepte neue Technologien integrieren kann (z.B. neben der Mikroelektronik die Mikrosystemtechnik, die Verwendung neuer Werkstoffe und Verfahren für die Oberflächenbearbeitung u.a.),

- auf der Basis dynamischer Produktions- und Organisationsstrukturen eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit hinsichtlich Marktveränderungen und Kundenanforderungen aufweist und
- durch Beschränkung auf Kernkompetenzen Aufwand und Kosten minimieren und dadurch die Preise seiner Produkte wettbewerbsfähig gestalten kann (Morris, Brandon 1994).

Mit den zuvor skizzierten strukturellen Innovationsengpässen und erodierenden Innovationsressourcen ist dies zunehmend weniger möglich. Die gegenwärtigen Probleme weisen demgegenüber gleichwohl auf Ansatzpunkte zur Vitalisierung hin, die sich in zwei zukunftsorientierten Perspektiven bündeln lassen: Die eine Perspektive bezieht sich auf eine systemische, herstellerübergreifende Kooperation und die andere auf eine systemische, nutzerorientierte Technikgestaltung (Rose 1994).

Herstellerübergreifende Kooperation als Innovationsperspektive umfaßt zwei Ansatzpunkte. Einmal handelt es sich um neue Formen der Kooperation eines Maschinenherstellers mit für ihn geeigneten Entwicklern (für Systemtechnik, Software-Module, neue Techniken) und Anwendern seiner Produkte, zum zweiten um Kooperation mehrerer Hersteller untereinander, mit unterschiedlichen Entwicklergruppen und verschiedenen Anwenderkreisen. Im ersten Fall geht es darum, daß ein Hersteller anders als bisher mit Entwicklern und Anwendern umgeht. Stand bisher häufig ein Master-Plan des Herstellers am Anfang, der die Anforderung an Entwickler und notwendige Anpassung bei Anwendern bestimmte, so kommt es in der neuen Perspektive darauf an, bei der Planung auch die Erfahrung anderer Entwickler für Komponenten, Steuerungstechnik, Software und neue Technologien zum Zuge kommen zu lassen und hierbei unterschiedliche Anwenderbedürfnisse einzubeziehen. Im zweiten Fall geht es darum, daß durch branchenweite Kooperation die Voraussetzung geschaffen wird, um betriebliche Innovationsprozesse zu fördern und zu beschleunigen. Beispiel hierfür sind Vereinbarungen für Schnittstellen, Entwicklung generell einsetzbarer Basisdienste und Module, der Einbezug neuer Technologien, aber auch gemeinsame Marktuntersuchungen, insbesondere in Zukunftsmärkten. Wie empirische Untersuchungen zeigen, gelingen Kooperationen eher, wenn das Prinzip der Gegenseitigkeit Gültigkeit gewinnt, d.h. jedes kooperierende Unternehmen ein Potential zu bieten hat, das das anderer ergänzt (Belzer 1993). Dies gilt auch für branchenweite Koopera-

tion, d.h., der Vorteil branchenweiten Zusammenschlusses muß so groß sein, daß er nicht durch ein Unternehmen allein erreicht werden kann.

Nutzerorientierte Technikgestaltung als Innovationsperspektive hat ebenfalls zwei Ansatzpunkte. Einmal geht es um eine Neuorientierung des Herstellers in seinem Verhältnis zu den Entwicklern, zum zweiten geht es um eine Differenzierung der Nutzer bei den Anwendern. Im ersten Fall sind Maschinenhersteller, Komponentenhersteller, Steuerungstechnikhersteller, Software-Häuser und Anbieter neuer Technologien gegenseitige Nutzer von Produkten und Erfahrungen. Hier steht die systematische Koordination und Kommunikation für einen laufenden Erfahrungsaustausch im Vordergrund. Im zweiten Fall geht es darum, den Nutzerbedarf verschiedener Betriebstypen zu differenzieren und die Anforderungen der Endnutzer von Maschinen in solchen Betrieben einzubeziehen. Neben den betrieblichen Planern und technischen Führungskräften, die sich insbesondere mit der informationstechnischen Integration zu befassen haben, kommt es auch darauf an, weitere Fach- und Arbeitskräfte der Werkstatt zu berücksichtigen, die sich mit der laufenden Handhabung und Instandhaltung befassen.

Werden diese beiden Innovationsperspektiven aufgegriffen, so wird die noch vorherrschende Trennung der Entwicklung von der Anwendung nach Inbetriebnahme tendenziell aufgehoben. Im Sinne systemischer Rationalisierung ist dann eher zu erwarten, daß sich ein ganzheitlicher Wertschöpfungszyklus herausbildet.

(2) Ganzheitliche Wertschöpfungszyklen als Innovationsstrategie

Im ganzheitlichen Wertschöpfungszyklus sind Entwicklungs- und Anwendungsprozesse im Sinne von Reengineering organisatorisch miteinander verknüpft (Servatius 1994). Die Entwicklung endet nicht zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme. Der Anwendungsprozeß endet nicht mit der Nachfrage nach Produktverbesserungen oder auch Produkten mit neuem Leistungsumfang. Entwickler- und Anwenderprobleme werden selbstbezüglich und vernetzt bearbeitet. Innovation läßt sich als rekursiver Prozeß beschreiben (Asdonk u.a. 1991).

Sind die Voraussetzungen für herstellerübergreifende Kooperation und Nutzerorientierung (gemeinsamer Einsatz von Schnittstellen, Basisdien-

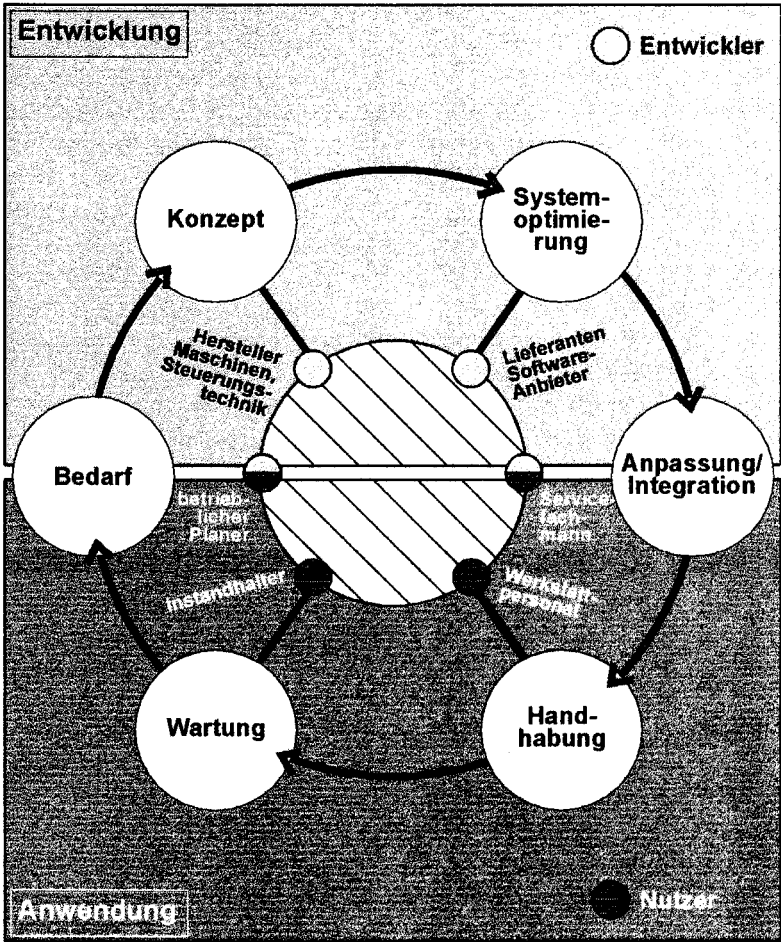


Abb. 1

Ganzheitlicher Wertschöpfungszyklus

sten, Modulen, Leitbildern und Verfahren) realisiert, kommt es im ganzheitlichen Wertschöpfungszyklus zu mehreren Ersparnis- und Beschleunigungseffekten. Sie entstehen u.a. durch laufende Verfügbarkeit über aktuelle Bauteile, leichtere Absprachen zwischen Entwicklern, Wiederverwendbarkeit von Verfahren und Werkzeugen und höhere Integrations- und Anpassungschancen beim Anwender. Die Entwickler schaffen die Voraussetzungen für Prozeßinnovationen beim Anwender. Der Anwender gibt fortlaufend Impulse für Produktinnovationen bei den Entwicklern. Prozeß- und Produktinnovation unterstützen sich gegenseitig. Die Produktivität in der Produktion fördert die Produktivität bei der Entwicklung und umgekehrt. Lean Production als Konzept für Produktivitätssicherung in der Produktion ist dann konsequenterweise durch Lean Enterprises als Konzept für die Produktivitätssicherung in der Entwicklung zu ergänzen (Womack, Jones 1994).

Da sich Produkte in einem derartigen Wertschöpfungszyklus fortlaufend ohne abschließende Abstimmungen weiterentwickeln, läßt sich auch von "virtuellen" Produkten sprechen, an deren Entwicklung verschiedenste Unternehmen und Betriebe gleichzeitig beteiligt sind (Davidow, Malone 1993).

Diese Ersparnis- und Beschleunigungseffekte im ganzheitlichen Wertschöpfungszyklus sind jedoch nicht ohne systematische Koordinations- und Kommunikationsleistungen zu erreichen (Asdonk u.a. 1994). Für deren Umfang und geeignete Instrumente gibt es gegenwärtig allenfalls erste Konturen. Auf einige soll im folgenden kurz eingegangen werden; es bedarf aber noch erheblicher Forschung und Entwicklung, um sie im Detail auszuarbeiten.

3. Neue Instrumente für Koordination und Kommunikation

Verfolgt jeder Hersteller seine eigene Philosophie und entwickelt seine eigenen betriebsspezifischen Konzepte, ist die Kooperation wie herkömmlich herstellerfokussiert. Sollen mehrere Hersteller, verschiedenste Entwickler und unterschiedliche Nutzer in die Technikentwicklung einbezogen werden, sind für die Koordination und Kommunikation andere Instrumente als bisher notwendig. Dazu gehören neue integrativ wirkende

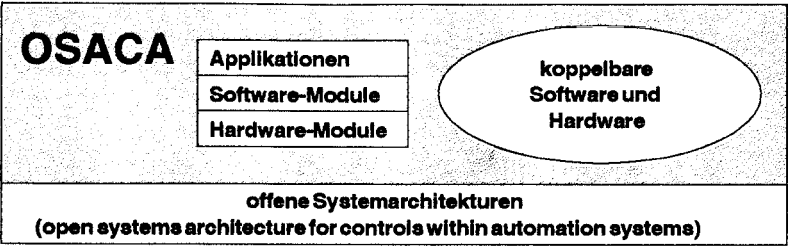
Perspektiven aus miteinander zusammenhängenden Leitbildern zur Förderung von Koordination, ebenso aber auch wiederverwendbare Verfahren und DV-Werkzeuge sowie sich laufend erneuernde Impulse und Lernorte für Zusammenarbeit zur Förderung der Kommunikation.

(a) Leitbilder und Standards als Instrumente der Koordination

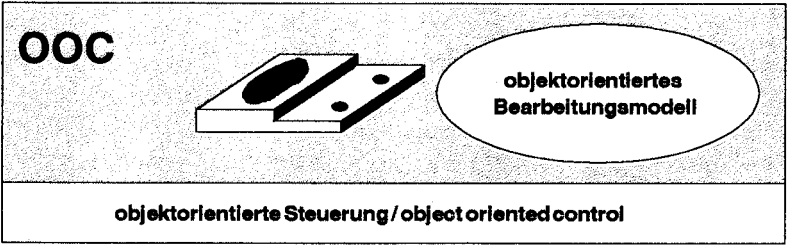
Wie die Technikgeneseforschung belegt hat, entstehen technische Artefakte im Rahmen sozialer Rückkopplungs- und Selektionsprozesse und folgen nicht ausschließlich einer sachlogischen Eigendynamik. Vielmehr bestimmend sind Leitbilder und Standards, deren Erfolgskriterien sich aus dem technischen Diskurs zwischen Akteuren und dem Verwendungszusammenhang ableiten (Rammert 1993; Dierkes 1993; Schumm 1992). Diesen Befund retrospektiver Forschung gilt es prospektiv aufzunehmen, indem nach den Konturen möglicher Leitbilder und notwendigen Standards für nutzerorientierte Technikentwicklung und herstellerübergreifende Kooperation gefragt wird und indem aus verteilten Forschungsergebnissen und Praxisberichten tragfähige Konzepte zur Sprache gebracht werden.

Forschungsergebnisse und Praxisberichte der letzten Jahre haben gezeigt, daß es in bezug auf die neuen Marktherausforderungen der Zukunft nicht nur ein technisches Leitbild für den Werkzeugmaschinenbau der Zukunft gibt, sondern mehrere miteinander korrespondierende. Unter der Voraussetzung, daß die neuen Maschinenkonzepte für den Anwender möglichst selbst anpaßbar, integrierbar, handhabbar und wartbar sind, müssen Herstellerkonzepte modular aufgebaut, miteinander koppelbar, flexibel herstellbar und preislich wettbewerbsfähig sein. Unter der Perspektive herstellerübergreifender Kooperation und Nutzerorientierung lassen sich vier Leitbilder als ein neues technologisches Paradigma zusammenfassen.

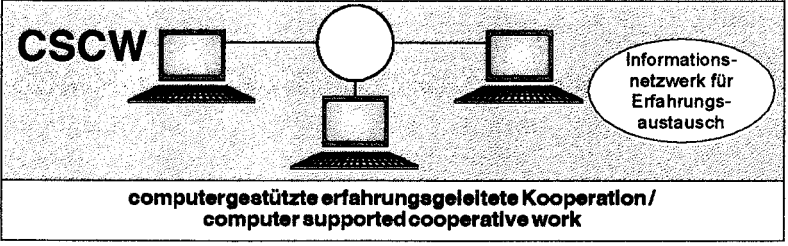
Das Leitbild "offene Systemarchitekturen" bezieht sich auf die Normierung steuerungsinterner Funktionen und Schnittstellen von Werkzeugmaschinen, ebenso wie auf die Normierung steuerungsexterner Schnittstellen zu übergreifenden Informationen im System (Weck u.a. 1993; Politsch 1993; Pritschow 1994). Aufgrund normierter Schnittstellen lassen sich dann sowohl Hardware-Module als auch Software-Module untereinander und miteinander koppeln. Dadurch können neuartige Optionen für die Nutzung von Maschinen und Informationssysteme zur Verfügung gestellt, die Integration verschiedener Typen leichter vollzogen und die Informati-



+



+



+

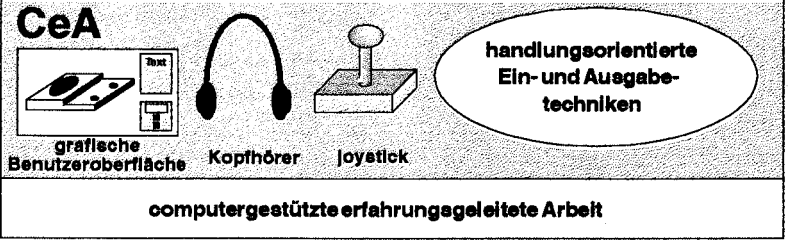


Abb. 2

Integration fördernde Leitbilder

onsflüsse zwischen Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Werkstatt bidirektional gestaltet werden. Ein Schritt in diese Richtung wird in den gegenwärtigen EG-Projekten OSACA I und II vollzogen (u.a. Junghans 1993).

Beim Leitbild "objektorientiertes Modellieren und Programmieren" geht es um die Konzeption und den Einsatz von Informationsmodellen für Bearbeitungsvorgänge an Werkzeugmaschinen und entlang Prozeßketten. Die Bearbeitungsvorgänge werden in Objektklassen gegliedert, denen sowohl Eigenschaften wie Methoden zugeordnet werden. Ein Programm für eine Maschinensteuerung setzt sich dann aus einer Folge von Bearbeitungsobjekten und deren Modifikation zusammen. Das zugrunde gelegte Informationsmodell kann die DIN-Satz-Orientierung bisheriger Steuerungen ersetzen. Die Objektorientierung gestattet auch, die im Modell enthaltenen Bearbeitungsvorgänge mit Handlungsvollzügen von Arbeitskräften abzugleichen, so daß diese im Umgang mit Maschinensystemen aufgabenangemessen und erfahrungsgeleitet vorgehen können (Fechter 1994).

Das Leitbild "interpersonelle Kommunikation entlang Prozeßketten" bezieht sich auf die Auslegung arbeitsplatz- und abteilungsübergreifender Informationssysteme. Hier geht es um bidirektionale Flüsse in Dialog- und Dokumentationssystemen sowie um deren Hypertext- und Multimediafähigkeit, so daß Arbeitskräfte mit unterschiedlicher Ausbildung und Berufserfahrung diese Systeme gemeinsam nutzen können (u.a. Oberquelle 1991). Verteilte Erfahrung wird auf diese Weise allen verfügbar. Eine derartige technische Unterstützung eignet sich sowohl für Arbeitsgruppen in der Werkstatt als auch für Aufgabennetze entlang abteilungsübergreifenden Prozeßketten (Lennartz, Rose 1992; Rose 1992a).

Beim Leitbild "handlungsorientierte Ein- und Ausgabemedien" geht es darum, Arbeitskräften Optionen für einen handlungsbezogenen Umgang mit Maschinen und Systemen zu ermöglichen. Dazu gehören einheitlich gestaltete Oberflächen und sinnstützende Ausgabemedien zur Erhöhung der Prozeßtransparenz ebenso wie neuartige Bedienelemente zur Steigerung der direkten Prozeßregulation. An Werkzeugmaschinen können dies manuelle Eingabetechniken wie Handräder oder Joystick sein, aber auch sinnlich leicht zugängliche Ausgabemedien wie z.B. Kopfhörer, um den Körperschall als Zustandsindikator für Bearbeitungsvorgänge aus den Arbeitsräumen von Maschinen zu transferieren. Auch ein kraftrückgekoppel-

ter Override gehört dazu (Rose 1991); schließlich auch Möglichkeiten zur unmittelbaren Prozeßführung, d.h. für eine manuelle Steuerung von CNC-Maschinen bei einzelnen Bearbeitungsvorgängen oder sich häufig wiederholenden Bearbeitungsfolgen (Böhle, Rose 1993a).

Die Anwendung dieser Leitbilder wird erleichtert, wenn die technischen Voraussetzungen für ihre Umsetzung zur Verfügung stehen. Dazu gehören grundlegend normierte Schnittstellen, Basisdienste wie auch Module, auf die Systemrealisierungen verschiedener Hersteller zugreifen können, ohne daß hierfür Eigenentwicklungsaufwand aufzubringen ist. Weiter gehören hierhin Normierungen zur Konstruktion ebenso wie für die Bedienung und zum Arbeitsschutz (Strangmeier u.a. 1992).

(b) DV-Werkzeuge und Lernorte zum Erfahrungsaustausch als Instrumente der Kommunikation

Durch Kommunikation werden Informationen und Erfahrungen bei Entwicklungsprozessen ausgetauscht. Kommen unterschiedliche Akteure zusammen, kommt es darauf an, die Voraussetzungen für den Austausch DV-aufbereitungsfähiger, zumeist verteilter Informationen auszugleichen, ebenso aber auch Voraussetzungen für einen interpersonellen Erfahrungsaustausch zwischen verschiedenen Statusinhabern, Berufsgruppen und Altersklassen mit unterschiedlichen Erfahrungshorizonten zu schaffen. Geht es im ersten Fall (technischer (formeller) Kommunikationsvoraussetzungen) um eine gemeinsame Objektorientierung, so im zweiten Fall (interpersoneller (informeller) Kommunikationsvoraussetzungen) um einen gemeinsamen Kontext für die Verständigung über subjektiv verarbeitete Ereignisse.

Als Kommunikation unterstützende technische Instrumente können Informationsverarbeitungswerkzeuge für Simultaneous Engineering, d.h. für objektorientierte Entwicklung, Konfiguration und Diagnose angesehen werden, die sowohl bei Maschinen-Herstellern und -Lieferanten als auch bei Steuerungstechnik-Herstellern und -Anwendern (ggf. in jeweilig zugeschnittenen Versionen) zum Einsatz gelangen (Kurth 1994). Durch den gemeinsamen Einsatz können der Änderungsaufwand bei der Entwicklung und der Anpassungsaufwand bei der Nutzung reduziert werden. Erfahrungsaustausch untereinander über gleiche Objekte fällt erheblich leichter. Eine weitere Steigerung des Erfahrungsaustauschs ließe sich möglicherweise noch dadurch erreichen, daß nach dem Einsatz von derar-

tigen Werkzeugen deren Nutzung in einer Know-how-Bank dokumentiert und diese Verwendungen allen Interessierten mittels eines gemeinsamen Know-how-Managementsystems zur Verfügung gestellt werden. Derartige Konzepte zielen darauf ab, eine Know-how-Bank aus einer relationalen Datenbank (als Ablagesystem für alle Fakten) und einer Text- und Hypermedia-Bank (für die Speicherung wenig strukturierter Informationen) aufzubauen. Ein Object Level Interface (OLI), d.h. eine objektorientierte Programmierschnittstelle, ermöglicht es hierbei, daß auf die Datenbanken zugegriffen und mit neuartigen Werkzeugen konfiguriert und manipuliert werden kann (Steinmetz 1993). Aber auch einfache Versionen von Know-how-Datenbanken können ihren Zweck erfüllen. Dazu gehören Sammlungen über wichtige kurzgefaßte Merkpunkte bei der Entwicklung, z.B. Kopplung von Komponenten, neuralgische Aspekte beim Verschleiß usw., die von "erfahrenen" Fachkräften erstellt werden, ggf. durch einen hierfür beauftragten "Mentor", der sie im Dialog bei Neuentwicklung fortführt, und die bei Bedarf über ein PC-Netz aufgerufen werden können.

Zu den Kommunikation fördernden technischen Instrumenten gehören auch "offene" Pflichtenhefte. Damit gemeint sind etappenweise erstellte Pflichtenhefte, die von einem vorab (mit Kunden und Nutzern) erstellten (vereinbarten) Leistungsumfang (mit Kennwerten) ausgehen. Der Vorteil liegt im geringeren Änderungsaufwand (als dies bei einem ausführlichen, zu Anfang erstellten Pflichtenheft der Fall sein kann) und im eingeplanten Erfahrungsaustausch der an einer Entwicklung beteiligten Akteure. Insbesondere für komplexe Sachverhalte und Entwicklungsprozeduren lassen sich auf diese Weise (gegenüber konventionellen Informationsverarbeitungswerkzeugen und Nachschlagewerken) neue technische Unterstützungsmöglichkeiten für verteilte Erfahrungssammlung und -nutzung entwickeln.

Kommunikation kann gleichwohl auch durch geeignete Lernorte als organisatorische Instrumente gefördert (und durch den Einsatz sowohl neuartiger technischer als auch organisatorischer Instrumente besonders gesteigert) werden. Als erfolgreich hat sich die Organisation von Entwicklungsprozessen in Projekten erwiesen, die durch Teams abgewickelt werden. In einem Betrieb sind dies Teams mit Fachkräften aus mehreren Abteilungen, z.B. aus Entwicklung, Fertigung und Vertrieb, überbetriebliche Teams aus Fachkräften der an der Entwicklung beteiligten Firmen und von Anwendern. In derartigen Teams kann die Effektivität gesteigert wer-

den, wenn sie verschiedene soziale Kompetenzen aufweisen. Dazu gehört eine generelle Kompetenz für alle Teammitglieder, sich an Kommunikation zu beteiligen (durch Anhören, Ansprechen-lassen, Nachfragen usw.). Erfolgreiche Teams verfügen aber noch über weitere soziale Kompetenzen (die auf den Projektleiter und die Teammitglieder verteilt sein können), etwa über die Kompetenz zum "Markt-Vermittler", zum "Fachkoordinator", "Konfliktmanager", "Konzeptmacher" und zum "Präzisionspezialisten" (Wheelwright, Clark 1994). Die Chancen, daß es bei Vorhandensein dieser Kompetenzen zu offener Kommunikation kommt, sind dann eher gegeben (Semen 1993), da ein wechselseitiger (diskursiver) Erfahrungsaustausch auf der Basis der Reziprozität von Perspektiven organisiert werden kann, der gleichzeitig die Aufrechterhaltung von Verschiedenartigkeit zuläßt (Lullies u.a. 1993). Neben den laufenden Teamsitzungen haben sich auch spezielle Veranstaltungen (z.B. Fragestunden, Workshops, "Werkstattgespräche") zur Aussprache über Entwicklungstendenzen, sich wiederholende Fehlerquellen, notwendige Abstimmungsprozesse, Verbesserungsmöglichkeiten und zum wechselseitigen Erfahrungsaustausch u.a. bewährt. Sie schaffen ein "Kommunikationsumfeld", das zum Umdenken anregt und dadurch die Voraussetzungen für organisationales Lernen schafft (Stahl u.a. 1994). Auch Veranstaltungen im Sinne von Team Coaching und Supervision (ggf. speziell oder in Kombination mit Sachthemen) sind von Bedeutung (Servatius 1994). Derartige Kommunikation fördernde Lernorte haben ihre Bedeutung darin, daß sie in einem Betrieb eine innovationsfreudige "Organisationskultur" oder überbetrieblich eine dynamisierend wirkende "Innovationskultur" schaffen. Daß derartige "Kulturen" aus kognitiven Orientierungsmustern, Konstruktionsstilen, Bewertungskriterien und Terminologien einen prägenden Einfluß auf die Technikentwicklung ausüben, hat die Technikgeneseforschung eindrucksvoll dargelegt (Rammert 1993; Dierkes 1990).

Innovationsförderlich sind solche "Kulturen" dadurch, daß sie den Rahmen stiften für vertrauensvolle Zusammenarbeit. Kooperation gelingt nach empirischen Untersuchungen nur selten ohne ein Mindestmaß an Vertrauen. "Vertrauen ist der Klebstoff, der die Kooperationspartner aneinander bindet und gleichzeitig verhindert, daß ein übergroßes Maß an detaillierten Vorgaben und Kontrollen notwendig wird" (Belzer 1993).

4. Konturen für eine innovationsförderliche Infrastruktur

Abschließend sei noch auf einige branchenweite Ansatzpunkte für Evokation und Promotion zukunftsweisender Innovationsprozesse im Sinne herstellerübergreifender Kooperation und nutzerorientierter Technikentwicklung hingewiesen.

Als Anstöße und Promotion von unternehmerischer Seite bieten sich an:

- Einzelne Maschinenhersteller schaffen innerbetrieblich neue abteilungsübergreifende Organisationsformen und überbetrieblich neue Formen der Projektorganisation. Auf diese Weise öffnen sich Herstellerbetriebe und schaffen Innovationsnetzwerke, die sich tendenziell mit anderen Netzwerken, z.B. wissenschaftlicher Einrichtungen, verknüpfen lassen.
- Kleine und mittlere Herstellerbetriebe (von Maschinen, Steuerungstechnik, Komponenten und Software) erarbeiten gemeinsam die Voraussetzungen für die Entwicklung offener Systeme und neue nutzerorientierte Konzepte.
- Hersteller verschiedener Marktstärke fördern gemeinsam die laufende Analyse bestehender und neuer Märkte, z.B. in bezug auf den Absatz von Sondermaschinen, aufrüstbaren Standardmaschinen und -systemen und organisieren gemeinsam Maßnahmen für globalen Vertrieb und Service.
- Große Steuerungstechnikhersteller übernehmen eine Vorreiterrolle bei der Produktion von technischen Konzepten und Basisdiensten und setzen damit Standards, an denen sich andere orientieren.

In Zukunft werden (pyramidal oder polyzentrisch organisierte) Netzwerke für verschiedene Funktionen (Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Service) nebeneinander bestehen, d.h. solche mit Dominanz eines Herstellers ebenso wie solche mit Führerschaft mehrerer kleinerer und mittlerer Hersteller. Beide Formen haben ihre spezifischen Vor- und Nachteile für die Diffusion nutzerorientierter Produktionskonzepte. Entgegen der gegenwärtigen Betonung der Kundenorientierung ist die Einflußnahme der Nutzer noch nicht hoch genug. Einzelne Anwender bestimmen die Produkt-

konzepte der Hersteller zwar, doch handelt es sich hierbei meistens um Fachkräfte für Investitionen, Planung und Technikeinsatz (und nur selten um die Nutzer eingesetzter Technik). Die einzelnen Nutzer haben bisher auch keine Netzwerke untereinander aufgebaut (wie dies z.B. Großanwendern wie dem Automobilbau möglich gewesen wäre).

Inwieweit die Netzwerkbildung bei wissenschaftlichen und beratenden Einrichtungen die Verbreitung nutzerorientierter Produktkonzepte fördern kann, läßt sich zur Zeit abschließend nicht beurteilen. So wurden beispielsweise in den Forschungsverbänden des BMFT "WOP" (Liese 1989), "CeA" (Martin 1995) sowie "Lernen und Fertigen" (Sell, Henning 1993) Aspekte der Nutzerorientierung aufgegriffen, ohne daß aber nachhaltig ein Maßstab für die bestimmenden Akteure technischer Forschung und Entwicklung gesetzt werden konnte.

Aus diesen Schwierigkeiten sollte aber nicht geschlossen werden, daß von staatlicher Seite (im Verbund mit anderen Akteuren) kein Einfluß auf die Steuerung technischer Entwicklung genommen werden kann. Hier gilt es eher, neue Instrumentarien und Vorgehensweisen zu etablieren, die an den strategischen Potentialen zur Techniksteuerung ansetzen. Für die Evokation und Promotion von staatlicher Seite im Sinne der Förderung von herstellerübergreifender Kooperation und nutzerorientierter Technikentwicklung empfiehlt sich eine integrierte Wirtschafts- und Technologiepolitik, die sowohl Aspekte der Bedarfs- als auch der Angebotsentwicklung als Faktoren technischen Wandels aufgreift und dynamisch rückkoppelt (Bredeweg u.a. 1994; Meyer-Krahmer 1994).

Erfolgversprechend erscheint hier im Rahmen innovationsorientierter Wirtschaftspolitik die Förderung wirtschaftlicher Zusammenarbeit nicht nur in der EU, sondern insbesondere auch mit Ländern wachsender Volkswirtschaften (z.B. China und dem asiatischen Raum, mit Mittel- und Südamerika, in absehbarer Zeit auch wieder mit Osteuropa). Darüber hinaus geht es um die Unterstützung der Anstöße und Promotionen für Kooperationen von unternehmerischer Seite im Rahmen von Wirtschaftsförderungsmaßnahmen.

Innovationsorientierte Technologiepolitik unterstützt gezielt branchenübergreifende Forschung und Entwicklung (inklusive auch die Förderung von Großprojekten), um das Risiko dort zu mindern, wo einzelne Unter-

nehmen überfordert sind, oder sucht nach Wegen, die Nachfrage zu stimulieren, und zwar derart, daß hierdurch auch Initiativen für neue Formen der Zusammenarbeit angestoßen werden, d.h. die sich für den Aufbau einer synergetisch wirkenden Infrastruktur eignen, wodurch eine neue "Innovationskultur" entsteht (Rammert 1992). Ansatzpunkte sind hier Grundlagenforschung über Technikbedarf ebenso wie Modellversuche über neue Organisationsformen branchenübergreifender Kooperation und die Entwicklung und Erprobung neuer technischer Standards und Instrumentarien zur Unterstützung von Kooperation, schließlich auch die Bildung von Projektgemeinschaften mit verschiedenen Herstellern, so daß Kooperation stattfinden muß. Eine vielversprechende Initiative in diese Richtung ist die 1994 gestartete Etablierung des Forschungs- und Entwicklungsprogramms "Strategien für die Produktion im 21. Jahrhundert" beim Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT 1994).

Außer der Industrie sind hier die wissenschaftlichen Einrichtungen gefordert. Neben der Integration verschiedener Fachdisziplinen der Ingenieurwissenschaften ist jedoch für die Berücksichtigung der Nutzerorientierung und für die Etablierung neuer Kooperationsformen auch eine Integration der Sozialwissenschaften in technische Innovationen von Bedeutung. Offene Planungs- und Entwicklungsprozesse zwischen der Industrie, unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen und Verbänden zu initiieren und zu unterstützen, wird zu einer der zukünftig volkswirtschaftlich mitentscheidenden neuen Herausforderungen für staatliche Einrichtungen (Naschold 1992; Hanusch, Cantner 1993).

Eine Imitation von Maßnahmen der Hauptkonkurrenten, d.h. Japan oder USA, erscheint jedoch weder realistisch noch sinnvoll. Der Prozeß der Aufhellung wissenschaftlich-technischer Trends ist hierbei ebenso wichtig wie die damit möglich werdende Verbesserung strategischer Planung (Meyer-Krahmer 1994). Daß dieser Herausforderung mit den herkömmlichen bürokratischen Strukturen begegnet werden kann, ist fraglich, da diese zu starr sind und Durchläufe zu viel Zeit verbrauchen. Deshalb ist im Sinne einer Dynamisierung und Flexibilisierung zu prüfen, ob die Perspektiven der ressortübergreifenden Netzbildung, der aktiven Definition von Pilotprojekten und eines gezielten Innovationsketten-Managements zur Erschließung kreativer Ressourcen die zukünftig wirksamen Strategien werden können (Malsch 1994; Welsch 1994).

Literatur

- Altmann, N.; Deiß, M.; Döhl, V.; Sauer, D.: Ein "Neuer Rationalisierungstyp" - neue Anforderungen an die Industriesoziologie. In: Soziale Welt, Heft 2/3, 37. Jg., 1986, S. 191-206.
- Asdonk, J.; Bredeweg, U.; Kowol, U.: Innovation als rekursiver Prozeß - Zur Theorie und Empirie der Technikgenese am Beispiel der Produktionstechnik. In: Zeitschrift für Soziologie, Heft 4, 20. Jg., 1991, S. 290-304.
- Asdonk, J.; Bredeweg, U.; Kowol, U.: Evolution in technikerzeugenden und technikverwendenden Sozialsystemen - dargestellt am Beispiel des Werkzeugmaschinenbaus. In: W. Rammert; G. Beckmann (Hrsg.): Technik und Gesellschaft, Bd. 7, Frankfurt/New York 1994, S. 67-94.
- A&T-Endbericht: Facharbeiterorientierte Modernisierung von Werkzeugmaschinen in den neuen Bundesländern, hektogr. Bericht (01 HH 951/9), ITB Bremen, Bremen 1992.
- Backhaus, K.; Schlüter, S.: Studie zur Wettbewerbsfähigkeit deutscher Investitionsgüter-Hersteller, Projektberichte Nr. 94-1, 94-3, 94-5, IAS Münster, Münster 1994.
- Belzer, V.: Unternehmenskooperation - Erfolgsstrategien und Risiken im industriellen Strukturwandel, München 1993.
- Bieber, D.: Systemische Rationalisierung und Produktionsnetzwerke. In: Th. Malsch; U. Mill (Hrsg.): ArBYTE - Modernisierung der Industriesoziologie? Berlin 1992, S. 271-293.
- Bieber, D.: Der diskrete Charme des technologischen Determinismus - Zur Bedeutung von Technikmärkten für die industrielle Rationalisierung. In: T. Siegel; B. Aulenbacher (Hrsg.): Wege aus der Krise? Frankfurt 1995 (im Erscheinen).
- Bieber, D.; Möll, G.: Technikentwicklung und Unternehmensorganisation - Zur Rationalisierung von Innovationsprozessen in der Elektroindustrie, Frankfurt/New York 1993.
- Blum, U.: Technische und personelle Möglichkeiten und Grenzen der Werkstattprogrammierung. In: Werkstatt und Betrieb, Heft 4, 1987, S. 255-258.
- BMFT (Bundesministerium für Forschung und Technologie): Strategien für die Produktion im 21. Jahrhundert - Bericht einer Untersuchung zu Entwicklungen, Visionen und Handlungsbedarf für Industrie, Forschung und Staat zur Sicherung des Produktionsstandortes Deutschland (H.-J. Warnecke; B.-D. Becker; FhG), Stuttgart, 4. August 1994.
- Bödker, S.; Greenbaum, J.; Kyng, M.: Setting the Stage for Design as Action. In: J. Greenbaum; M. Kyng (eds.): Design at Work, New York 1991, pp. 139-154.
- Böhle, F.: Grenzen und Widersprüche der Verwissenschaftlichung von Produktionsprozessen - Zur industriesoziologischen Verortung von Erfahrungswissen. In: Th. Malsch; U. Mill (Hrsg.): ArBYTE - Modernisierung der Industriesoziologie? Berlin 1992, S. 87-132.

- Böhle, F.: Sozialwissenschaftliche Grundlagen des CeA-Ansatzes. In: H. Martin (Hrsg.): CeA - Computergestützte erfahrungsgel leitete Arbeit, London/Berlin/Heidelberg etc. 1995.
- Böhle F.; Carus, U.; Schulze, H.: Manuelle Steuerungen von CNC-Werkzeugmaschinen - Ein zukunftsweisender Ansatz für die steuerungstechnische Entwicklung. In: VDI-Z, Heft 3, 135. Jg., 1993, S. 14-20.
- Böhle, F.; Milkau, B.: Vom Handrad zum Bildschirm - Eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozeß, Frankfurt/New York 1988.
- Böhle, F.; Rose, H.: Erfahrungsgel leitete Arbeit bei Werkstattprogrammierung - Perspektiven für Programmierverfahren und Steuerungstechniken. In: H. Rose (Hrsg.): Programmieren in der Werkstatt, Frankfurt/New York 1990, S. 11-95.
- Böhle, F.; Rose, H.: Technik und Erfahrung - Arbeit in hochautomatisierten Systemen, Frankfurt/New York 1992.
- Böhle, F.; Rose, H.: CeA: Erfahrungsgel leitete Arbeit mit CNC-Technik - Erfahrung als Leistungsfaktor der flexiblen Produktion. In: Technische Rundschau, Heft 36, 85. Jg., 1993, S. 26-29.
- Böhle, F.; Rose, H.: CeA: Innovationskonzept für Werkzeugmaschinen mit Zukunft. In: ZWF (Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung), Heft 9, 88. Jg., 1993a, S. 413-415.
- Bolte, A.: Planen durch Erfahrung - Arbeitsplanung und Programmerstellung als erfahrungsgel leitete Tätigkeit mit CNC-Werkzeugmaschinen, Kassel 1993.
- Bolte, A.; Carus, U.; Schulze, H.; Striepe, S.: Erfahrungsförderlichkeit als Gestaltungsanforderung für Benutzungsoberflächen von CNC-Werkzeugmaschinen. In: K.-H. Rödiger (Hrsg.): Software-Ergonomie 1993, ACM Berichte 39, Stuttgart 1993, S. 215-226.
- Bolte A.; Martin, H. (Hrsg): Flexibilität durch Erfahrung - Computergestützte erfahrungsgel leitete Arbeit in der Produktion, Kassel 1993.
- Braczyk, H.-J.; Weber, H.: Flexible Fertigungssysteme - Soziale Konsequenzen und ihre Regelung in betrieblichen und überbetrieblichen Verhandlungssystemen (1), Bielefeld 1988.
- Bredeweg, U.; Kowol, U.; Krohn, W.: Innovationstheorien zwischen Technik und Markt. In: W. Rammert; G. Beckmann (Hrsg.): Technik und Gesellschaft, Bd. 7, Frankfurt/New York 1994, S. 187-205.
- Breit, S.; Dörken, P.; Laufenberg, L.: Flexible Fertigung - Fachgebiete in Jahresübersichten. In: VDI-Z, Heft 9, 136. Jg., 1994, S. 40-57.
- Brödner, P.; Schultetus, W.: Erfolgsfaktoren des japanischen Werkzeugmaschinenbaus, RKW, Eschborn 1992.
- Brown, J.S.: Forschung muß das Unternehmen neu erfinden. In: Harvard Business manager, Heft 2, 1991, S. 52-63.
- Card, S.K.; Moran, T.P.; Newell, A.: The Psychology of Human-Computer Interaction, New York 1983.

- Carus, U.; Nogala, D.; Schulze, H.: Prozeßüberwachung. In: Institut für Arbeitswissenschaft der Gesamthochschule Kassel (Hrsg.): Erfahrungsgel leitete Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen und deren technische Unterstützung, Kassel 1992, S. 52-60.
- Carus, U.; Nogala, D.; Schulze, H.: Theoretische Ansätze und erste Ergebnisse aus teilnehmender Beobachtung. In: Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (Hrsg.): Erfahrungsgel leitete Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen als Element rechnerintegrierter Produktionsstrukturen, Kassel 1992a, S. 12-29.
- Carus, U.; Schlausch, R.; Schulze, H.: Konventionelle Drehmaschinen mit Steuerungsunterstützung - Hintergründe und Nutzen eines nicht ganz neuen Maschinenkonzeptes. In: VDI-Z, Heft 4, 136. Jg., 1994, S. 61-67.
- Carus, U.; Schulze, H.: Leistungen und Komponenten erfahrungsgel leiteter Arbeit. In: H. Martin (Hrsg.): CeA - Computergestützte erfahrungsgel leitete Arbeit, London/Berlin/Heidelberg etc. 1995.
- Clark, K.B.; Fujimoto, T.: Automobilentwicklung mit System - Strategie, Organisation und Management in Europa, Japan und USA, Frankfurt/New York 1992.
- Clever, H.: Der strukturelle Wandel im deutschen Maschinenbau. In: Technische Rundschau, Heft 8, 1992, S. 50-54.
- Davidow, W.H.; Malone, M.S.: Das virtuelle Unternehmen, Frankfurt 1993.
- Deiß, M.; Döhl, V. (Hrsg.): Vernetzte Produktion - Automobilzulieferer zwischen Kontrolle und Autonomie, Frankfurt/New York 1992.
- Deiß, M.; Döhl, V.; Sauer, D., unter Mitarbeit von Altmann, N.: Technikherstellung und Technikanwendung im Werkzeugmaschinenbau - Automatisierte Werkstückhandhabung und ihre Folgen für die Arbeit, Frankfurt/New York 1990.
- Deiß, M.; Hirsch-Kreinsen, H.: Markt und Produktionstechnik - Zur Genese von CIM-Systemen. In: J. Bergstermann; Th. Manz (Hrsg.): Technik gestalten, Risiken beherrschen, Berlin 1992, S. 139-158.
- Deiß, M.; Hirsch-Kreinsen, H.: Technikmarkt, systemische Rationalisierung und (Arbeits-)Folgen neuer Produktionstechniken. In: J. Weyer (Hrsg.): Theorien und Praktiken der Technikfolgenabschätzung, München/Wien 1994, S. 153-175.
- Dierkes, M.: Technikgenese: Einflußfaktoren der Technisierung jenseits traditioneller Technikfolgenforschung. In: B. Biervert; K. Monse (Hrsg.): Wandel durch Technik? Opladen 1990, S. 311-331.
- Dierkes, M.: Die Technisierung und ihre Folgen, Berlin 1993.
- Döhl, V.: Die Rolle von Technikanbietern im Prozeß systemischer Rationalisierung. In: B. Lutz (Hrsg.): Technik in Alltag und Arbeit, Berlin 1989, S. 147-166.
- Dosi, G.: Technological Paradigms and Technological Trajectories. In: Research Policy, No. 11, 1982, pp. 147-162.

- Drexel, I.: Das Ende des Facharbeiteraufstiegs? - Neue mittlere Bildungs- und Karrierewege in Deutschland und Frankreich - ein Vergleich, Frankfurt/New York 1993.
- Ekardt, H.P.; Hengstenberg, H.; Löffler, R.: Subjektivität und die Stofflichkeit des Arbeitsprozesses. In: R. Schmiede (Hrsg.): Arbeit und Subjektivität, Bonn 1988, S. 101-141.
- Engelkamp, J.: Das menschliche Gedächtnis, Göttingen 1990.
- Erbe, H.-H.: Die Werkstatt als Mittelpunkt des Fertigungsprozesses. In: M. Hoppe; H.H. Erbe (Hrsg.): Rechnergestützte Facharbeit, Werner-von-Siemens-Schule, Wetzlar 1986, S. 33-48.
- Ernst, A.: Ausbildung und Einsatz des technisch-naturwissenschaftlichen Nachwuchses in Japan. In: WSI-Mitteilungen, Heft 5, 1993, S. 302-311.
- Fechter, Th.A.: Neue Wege in der NC-Technik. In: H.W. Kurth (Hrsg.): Entwicklungsmanagement Simultaneous Engineering, Herborn 1994, S. 316-325.
- Ferguson, E.S.: Engineering and the Mind's Eye, Cambridge/London 1992.
- Fischer, M.; Jungeblut, R.; Römmermann, E.: Zur Bedeutung der Expertensystemtechnik für Arbeit und Ausbildung im Bereich Instandhaltung. In: H. Heescher (Hrsg.): Diskussionsfeld technische Ausbildung - Technikunterricht CIM-Technologie, Arbeit mit Projekten, technic didact Band 5, Alsbach/Bergstraße 1992, S. 219-232.
- Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (Hrsg.): Erfahrungsgeleitete Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen als Element rechnerintegrierter Produktionsstrukturen - Ergebnisse 1991 aus dem Forschungverbund "Erfahrungswissen im CIM-Umfeld" (CeA 2), Kassel 1992.
- Fuchs, P.; Hartmann, E.A.: Partizipative Softwaregestaltung - Methoden und Instrumente zur Beteiligung der Nutzer. In: W. Coy u.a. (Hrsg.): Menschenrechte Software als Wettbewerbsfaktor, Stuttgart 1993, S. 361-378.
- Fuchs-Frohnhofen, P.: Zur facharbeiterorientierten Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle bei CNC-Drehmaschinen, Aachen 1994.
- Gehlen, A.: Anthropologische und sozialpsychologische Untersuchungen, Reinbek b. Hamburg 1986.
- Greenbaum, J.; Kyng, M. (eds.): Design at Work, New York 1991.
- Hack, L.: Vor Vollendung der Tatsachen - Die Rolle von Wissenschaft und Technologie in der dritten Phase der industriellen Revolution, Frankfurt 1988.
- Hack, L.; Fleischmann, G.; Schmid, A.; Bender, G.; Breßler, R.; Heimer, Th.: Technologieentwicklung als Institutionalisierungsprozeß - Stand der Forschung, Lage der Dinge, gemeinsame Überlegungen. In: G. Fleischmann (Hrsg.): Interdisziplinäre Technologieforschung, Diskussionsbeiträge, Arbeitspapier 1, Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt, Frankfurt 1991.
- Hacker, W.: Arbeitspsychologie - Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten, Bern/Stuttgart/Toronto 1986.

- Hammer, H.: Technische, betriebliche und wirtschaftliche Aspekte der Werkstattprogrammierung. In: VDI-Z, Heft 20, 1979, S. 999-1007.
- Hammer, H.: Flexible Fertigungssysteme im Lean-Trend. In: wt Produktion und Management, Heft 84, 1994, S. 85-90.
- Hansch, H.; Cantner, U.: Neuere Ansätze in der Innovationstheorie und der Theorie des technischen Wandels - Konsequenzen für eine Industrie- und Technologiepolitik. In: F. Meyer-Krahmer (Hrsg.): Innovationsökonomie und Technologiepolitik, Berlin 1993, S. 47-67.
- Hartmann, E.A.: Designing the Human-Machine Interface to Match the Users Mental Models - an Issue of Interdisciplinary Research and Education. In: M. Linna; P. Ruotsala (eds.): Proceedings of Hypermedia, Vaasa '94, Vaasa/Vasa 1994, pp. 26-33.
- Hartmann, E.A.; Eberleh, E.: Inkompatibilitäten zwischen mentalen und rechnerinternen Modellen im rechnerunterstützten Konstruktionsprozeß. In: D. Ackermann; E. Ulich (Hrsg.): Software-Ergonomie 91 - Benutzerorientierte Software-Entwicklung, Stuttgart 1991, S. 301-310.
- Hartmann, E.A.; Fuchs, P.: Von Menschen und Handrädern. In: R. Sell; K. Henning (Hrsg.): Lernen und Fertigen, Aachen 1993, S. 23-40. (Erschien auch in: Technische Rundschau - Wissen, Sonderheft CNC-Steuerungen, 85. Jg., S. 33-38, 1993.)
- Häusler, J.: Zur Gegenwart der Fabrik der Zukunft - Forschungsaktivitäten im Maschinenbau, MPIFG Discussion Paper 90/1, Köln, März 1990.
- Herzog, H.-H.: Zurück zum sanften CNC-Umstieg. In: Technische Rundschau, Heft 43, 85. Jg., 1993, S. 20-25.
- Hildebrandt, E.; Seltz, R.: Wandel betrieblicher Sozialverfassung durch systemische Kontrolle? - Die Einführung computergestützter Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme im deutschen Maschinenbau, Berlin 1989.
- Hirsch-Kreinsen, H.: NC-Entwicklung als gesellschaftlicher Prozeß - Amerikanische und deutsche Innovationsmuster der Fertigungstechnik, Frankfurt/New York 1993.
- Hirsch-Kreinsen, H.: Innovationspotentiale und Innovationsprobleme des Werkzeugmaschinenbaus. In: WSI-Mitteilungen, Heft 2, 1994, S. 94-102.
- Hoppe, M.: Facharbeit an Werkzeugmaschinen - Plädoyer zur Harmonisierung von konventioneller und rechnergeführter Zerspanung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Heft 1, 90. Jg., 1994, S. 50-60.
- Hoppe, M.; Frede, W.: Die Modernisierung von Werkzeugmaschinen - Eine Strategie zwischen Erneuern und Bewahren. In: Impulse aus der Forschung, Zeitschrift der Universität Bremen, Heft 14, 1992, S. 17-19.
- Hoppe, M.; Jacobs, O.: Instandhaltung, Modernisierung, Erneuerung - Zum Verständnis und zur Einordnung der Gegenstandsbereiche. In: M. Hoppe; J.-P. Pahl (Hrsg.): Instandhaltung, Bewahren - Wiederherstellen - Verbessern, (Berufliche Bildung, Bd. 16), Bremen 1994, S. 27-38.
- Hoppe, M.; Schlausch, R.: Ein neuer Weg der CNC-Ausbildung. In: Technische Rundschau, Heft 33, 85. Jg., 1993, S. 36-37.

- Hoppe, M.; Schlausch, R.: Kein Widerspruch zwischen konventionell und CNC. In: Technische Rundschau - Wissen, Sonderheft CNC-Steuerungen, 85. Jg., 1993a, S. 71-74.
- Imai, M.: Kaizen - Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb, München 1992.
- Institut für Arbeitswissenschaft der GhK Kassel (Hrsg.): Erfahrungsgeleitete Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen und deren technische Unterstützung, Kassel 1992.
- Institut für Produktionstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen der TH Darmstadt; Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen der Universität Stuttgart; Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik der TH Karlsruhe (Hrsg.): Schnell und sicher zum ersten Werkstück, hektogr. Projektabschlussbericht, Darmstadt 1993.
- Ito, Y.: Research and Development Activities to Enhance Market Competitiveness of Products in Japanese Machine Tool Industry, hektogr., Tokyo Institute of Technology, Tokyo 1993.
- Johnson-Laird, P.N.: Mental Models, Cambridge 1983.
- Jorissen, H.D.; Schulte, H.J.; Janssen, B.: Metav 94: Qualität statt Quantität. In: VDI-Z, Heft 7/8, 136. Jg., 1994, S. 24-42.
- Junghans, G.: Auf dem Weg zur gemeinsamen Systemarchitektur. In: Technische Rundschau, Heft 37, 85. Jg., 1993, S. 38-39.
- Jürgens, U.; Naschold, F.: Arbeits- und industriepolitische Entwicklungsempässe der deutschen Industrie in den 90er Jahren. In: W. Zapf; M. Dierkes (Hrsg.): Institutionenvergleich und Institutionendynamik, Berlin 1994, S. 239-270.
- Kalkowski, P.; Manske, F.: Innovation im Maschinenbau - Ein Beitrag zur Technikgeneseforschung. In: SOFI-Mitteilungen, Nr. 20, Göttingen 1993, S. 62-85.
- Kalkowski, P.; Manske, F.; Mickler, O.: Technologiestandort Deutschland: Produktinnovation im Maschinenbau - Traditionelle Stärken, neue Herausforderungen, Reorganisationsstrategien, 1995 (im Erscheinen).
- Keller, R.; Keller, S.: High Tech muß nicht kompliziert sein - Das Steuerungskonzept der CNC-plus-Maschine. In: W. Coy u.a. (Hrsg.): Menschengerichte Software als Wettbewerbsfaktor, Stuttgart 1993, S. 348-360.
- Kern, H.; Schumann, M.: Industriearbeit und Arbeiterbewußtsein, (1. Auflage 1970), Frankfurt 1985.
- Klimmer, M.; Ruppel, R.; Schulze, H.: Höhere Produktivität bei der Zerspanung - Facharbeiterorientiertes Low-tech-Konzept zur Nutzung von Körperschall-Emissionen. In: VDI-Z, Heft 9, 136. Jg., 1994, S. 33-39.
- König, W.: Konstruieren und Fertigen im deutschen Maschinenbau unter dem Einfluß der Rationalisierungsbewegung. In: Technikgeschichte, Band 56, Heft 3, 1989, S. 183-204.
- Krohn, W.; Rammert, W.: Technologieentwicklung - Autonomer Prozeß und industrielle Strategie. In: B. Lutz (Hrsg.): Soziologie und gesellschaftliche Entwicklung, Frankfurt/New York 1985, S. 411-433.

- Kupsch, P.U.; Marr, R.; Picot, A.: Innovationswirtschaft. In: E. Heinen (Hrsg.): *Industriebetriebslehre*, Wiesbaden 1991, S. 1069-1165.
- Kurth, H.W.: Simultaneous Engineering (SE) - eine Chance für innovative Unternehmer. In: H.W. Kurth (Hrsg.): *Entwicklungsmanagement Simultaneous Engineering*, Herborn 1994, S. 1-27.
- Kutschmann, B.: *Der Naturwissenschaftler und sein Körper*, Frankfurt 1986.
- Lamnek, S.: *Qualitative Sozialforschung, Band 2: Methodiken und Techniken*, München 1989.
- Leibinger, B.: Entwicklungstendenzen im Werkzeugmaschinenbau. In: G. Neipp; W. Pfeifer (Hrsg.): *Strategien der industriellen Fertigungswirtschaft*, Berlin 1986, S. 95-122.
- Leibinger, B.: Maschinenbau wächst auch in Zukunft weiter. In: *VDI-Nachrichten*, 16.12.1988, S. 20.
- Leibinger, B.: Maschinen für die Produktionstechnik - eine Industrie im Wandel. In: W. Kunerth (Hrsg.): *Menschen. Maschinen. Märkte*, Berlin/Heidelberg 1994, S. 103-113.
- Lennartz, K.D.; Rose, H.: Flexibel fertigen auf der Basis erfahrungsgeleiteter Arbeit - Neue technische Optionen für mehr Effizienz der NC-Verfahrenskette. In: *VDI-Z*, Heft 5, 134. Jg., 1992, S. 46-54.
- Lennartz, K.D.; Rose, H.: Prozeßnahes Arbeiten mit CNC-Werkzeugmaschinen. In: *ZWF (Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung)*, Heft 2, 88. Jg., 1993, S. 75-77.
- Liese, S.: *Werkstatorientierte Programmierverfahren (WOP)*, KfK-PFT 138, Karlsruhe 1989.
- Lullies, V.; Bollinger, H.; Weltz, F.: *Wissenslogistik - Über den betrieblichen Umgang mit Wissen bei Entwicklungsvorhaben*, Frankfurt 1993.
- Lutz, B.: Technikforschung und Technologiepolitik: Förderstrategische Konsequenzen eines wissenschaftlichen Paradigmenwechsels. In: *WSI-Mitteilungen*, Heft 10, 43. Jg., 1990, S. 614-622.
- Lutz, B.; Kammerer, G.: Das Ende des graduierten Ingenieurs? - Eine empirische Analyse unerwarteter Nebenfolgen der Bildungsexpansion, Frankfurt/Köln 1975.
- Lutz, B.; Veltz, P.: Maschinenbauer versus Informatiker - Gesellschaftliche Einflüsse auf die fertigungstechnische Entwicklung in Deutschland und Frankreich. In: K. Düll; B. Lutz (Hrsg.): *Technikentwicklung und Arbeitsteilung im internationalen Vergleich*, Frankfurt/New York 1989, S. 213-285.
- Malsch, Th.: Technologiepolitik braucht Innovationsmanagement - Ein Beitrag zur Standortdebatte. In: *Jahrbuch Arbeit und Technik*, Bonn 1994, S. 13-20.
- Manegold, K.-H.: Geschichte der Technischen Hochschulen. In: L. Boehm; Ch. Schönbeck (Hrsg.): *Technik und Bildung*, Düsseldorf 1989, S. 204-234.
- Manske, F.: Produkt- und Prozeßplanung als traditionelle unternehmensinterne Rationalisierungskonzepte. In: *LTA-Forschung*, Heft 16, 1994, S. 25-37.

- Manske, F.: Facharbeiter und Ingenieure im "deutschen Produktionsmodell" - Nationale Technikstile und die internationale Konkurrenzfähigkeit reifer Industrieländer. In: WSI-Mitteilungen, Heft 7, 1994a, S. 415-425.
- Manske, F.; Wobbe, W.: Computergestützte Fertigungssteuerung im Maschinenbau, Düsseldorf 1987.
- March, A. et al.: The US Machine Tool Industry and its Foreign Competitors. In: The MIT Commission on Industrial Productivity (ed.): Working Papers of the MIT Commission on Industrial Productivity, Vol. 2, Cambridge/Mass./London 1989.
- Martin, H.: Grundlagen der menschengerechten Arbeitsgestaltung - Handbuch für die betriebliche Praxis, Köln 1994.
- Martin, H. (Hrsg.): CeA - Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit, London/Berlin/Heidelberg etc. 1995 (im Erscheinen).
- Maurice, M.; Sorge A.: Industrielle Entwicklung und Innovationsfähigkeit der Werkzeugmaschinenhersteller in Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland. Discussion Papers No. FS I 90-11, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Berlin 1990.
- McCormick, E.J.; Sanders, M.S.: Human Factors in Engineering and Design, Auckland/Bogotá/Guatemala/Hamburg/Johannesburg/Lissabon 1983.
- Merboth, H.; Pohlandt, A.: Ein Konzept zur Qualifizierung auch älterer Berufstätiger, erläutert am Beispiel facharbeitergerechter CNC-Weiterbildung. In: R. Sell; K. Henning (Hrsg.): Lernen und Fertigen, Aachen 1993, S. 107-120.
- Mertens, R.; Rose, H.; Ligner, P.: Prozeßtransparenz und manuelle Prozeßführung - Fräsen mit Kopfhörer und Joystick. In: Technische Rundschau, Heft 36, 85. Jg., 1993, S. 62-66.
- Meyer-Krahmer, F.: Welche Technologiepolitik braucht der Standort Deutschland? In: Wirtschaftsdienst, November 1993, S. 8-12.
- Meyer-Krahmer, F.: Das Innovationssystem in Deutschland - Anforderungen am Beginn des 21. Jahrhunderts. In: W. Kunerth (Hrsg.): Menschen. Maschinen. Märkte, Berlin/Heidelberg 1994.
- Moldaschl, M.: Lean Production im Maschinenbau? - Argumente für einen eigenständigen Weg. In: M. Moldaschl; R. Schultz-Wild (Hrsg.): Arbeitsorientierte Rationalisierung, Frankfurt/New York 1994, S. 249-293.
- Moldaschl, M.; Moritz, E.: Äpfel und Birnen - Ein Vergleich des deutschen und japanischen Werkzeugmaschinenbaus. In: fertigung, Heft 12, 1993, S. 16-22.
- Moll, H.H.: Zeitgerechte Arbeitsgestaltung. In: VDI-Z, Heft 10, 1979, S. 459-468.
- Mommertz, K.H.: Bohren, Drehen und Fräsen - Geschichte der Werkzeugmaschinen, Reinbek 1981.
- Moritz, E.: Ein Vergleich von Strategien der Produktinnovation in Japan und Deutschland am Beispiel des Werkzeugmaschinenbaus, Diss., München 1993.
- Morris, D.; Brandon, I.: Revolution im Unternehmen - Reengineering für die Zukunft, Landsberg 1994.

- Moscovici, S.: Versuch über die menschliche Geschichte der Natur, Frankfurt 1982.
- Müller, J.: Arbeitsmethoden der Technikwissenschaft, Berlin 1990.
- Murrell, K.F.H.: Ergonomie, Düsseldorf/Wien 1971.
- Naschold, F.: Industrielle Entwicklung und Industriepolitik in der EG in der Triade. In: W. Syß; G. Becher (Hrsg.): Politik und Technologieentwicklung in Europa, Berlin 1993, S. 43-78.
- Oberquelle, H. (Hrsg.): Kooperative Arbeit und Computerunterstützung, Göttingen 1991.
- Oelsner, R.F.: Geschichte des Konstruierens in Deutschland - Vom künstlerischen Handeln zum formalisierten Wissen. In: Konstruktion, Heft 12, 44. Jg., 1992.
- Oelsner, R.F.: Theorie und Methodologie des Konstruierens - Rationalisierungskonzept: Formalisierung der Konstruktionsarbeit. In: LTA-Forschung, Heft 9, Mannheim 1992a, S. 34-54.
- Paulinyi, A.: Industrielle Revolution - Vom Ursprung der modernen Technik, Reinbek 1989.
- Pitz, K.H.; Pohl, M.: Management hinter der Barriere - Festung Management - Ursachen der Krise im Werkzeugmaschinenbau aus der Sicht der Betriebsräte. In: WSI-Mitteilungen, Heft 2, 1994, S. 103-107.
- Politsch, H.W.: CIM braucht offene Architekturen. In: Technische Rundschau, Heft 8, 85. Jg., 1993, S. 20-26.
- Pritschow, G.: Wozu "offene Steuerungssysteme"? In: W. Kunerth (Hrsg.): Menschen. Maschinen. Märkte, Berlin/Heidelberg 1994, S. 115-131.
- Radkau, J.: Technik in Deutschland - Vom 18. Jahrhundert bis zur Gegenwart, Frankfurt 1989.
- Rammert, W.: Techniksoziologie. In: G. Endruweit; G. Trommsdorf (Hrsg): Wörterbuch der Soziologie, Stuttgart 1989, S. 724-735.
- Rammert, W.: Entstehung und Entwicklung der Technik - Der Stand der Forschung zur Technikgenese in Deutschland. Discussion Papers No. FS II 91-105, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Berlin 1991.
- Rammert, W.: Wer oder was steuert den technischen Fortschritt? Technischer Wandel zwischen Steuerung und Evolution. In: Soziale Welt, Heft 1, 1992, S. 7-25.
- Rammert, W.: Technik und soziologische Perspektive, Opladen 1993.
- Rose, H.: Bedeutung des Erfahrungswissens für die Bedienung von CNC-Maschinen. In: ZWF, Heft 1, 86. Jg., 1991, S. 45-48.
- Rose, H.: Erfahrungseleitete Arbeit als Fokus für Arbeitsgestaltung und Technikentwicklung. In: Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, Heft 1, 1992, S. 22-29.

- Rose, H.: **Erfahrungsgel leitete Arbeit als Innovationskonzept für Arbeitsgestaltung und Technikentwicklung.** In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft (Sonderdruck), Heft 18, 46. Jg., 1992a, S. 145-149.
- Rose, H.: **Produktentwicklung im 21. Jahrhundert - Beispiel Werkzeugmaschinenbau.** In: VDI-Z, Heft 9, 136. Jg., 1994, S. 26-29.
- Rose, H.; Lennartz K.D.: **Bedarf und Perspektiven zur technischen Unterstützung erfahrungsgel leiteter Arbeit.** In: H. Martin (Hrsg.): CeA - Computergestützte erfahrungsgel leitete Arbeit, London/Berlin/Heidelberg etc. 1995.
- Rose, H.; Macher, G.: **Neue Perspektiven für die Flexibilisierung der Produktion - Erfahrungswissen in der Prozeßindustrie.** In: Technische Rundschau, Heft 17, 85. Jg., 1993, S. 44-48.
- Rosenberg, N.: **Technischer Fortschritt in der Werkzeugmaschinenindustrie 1840-1910.** In: R. Rürup; K. Hansen (Hrsg.): Moderne Technikgeschichte, Köln 1975, S. 216-242.
- Ruby, J.: **Die Notwendigkeit der Elektronik für die Automatisierung der Metallbearbeitung - ein Mythos.** In: LTA-Forschung, Heft 10, 1993, S. 3-23.
- Ruth, K.: **Industrial Cultures and Machine Tool Industries - Competitiveness and Innovation.** In: L. Rasmussen; F. Rauner (eds.): Industrial Cultures and Production - Understanding Competitiveness, London 1995 (im Erscheinen).
- Sauer, D.; Döhl, V.: **Arbeit an der Kette - Systemische Rationalisierung unternehmensübergreifender Produktion.** In: Soziale Welt, Heft 2, 45. Jg., 1994, S. 197-215.
- Schäfers, B.: **Techniksoziologie.** In: H. Korte; B. Schäfers (Hrsg.): Einführung in spezielle Soziologien, Opladen 1993, S. 167-190.
- Schulz, H.: **Japans Strategien zur Technologie-Entwicklung.** In: Werkstatt und Betrieb, Heft 1, 118. Jg., 1985, S. 7-10.
- Schulze, H.; Carus, U.: **Systematik und Topologie kritischer Arbeitssituationen.** In: H. Martin (Hrsg.): CeA - Computergestützte erfahrungsgel leitete Arbeit, London/Berlin/Heidelberg etc. 1995.
- Schumann, M.; Baethge-Kinsky, V.; Kuhlmann, M.; Kurz, C.; Neumann, U.: **Trendreport Rationalisierung - Automobilindustrie, Werkzeugmaschinenbau, Chemische Industrie,** Berlin 1994.
- Schumm, W.: **Sozialwissenschaftliche Technikgeneseforschung und Chancen von Technologiepolitik.** In: J. Bergstermann; Th. Manz (Hrsg.): Technik gestalten, Risiken beherrschen, Berlin 1992, S. 37-50.
- Schumm, W.; Weber, A.: **Zur Genese alternativer POS-Systeme - Entstehungsprozeß zwischen unternehmerischen Strategien und Alltagshandeln.** In: G. Fleischmann; J. Esser (Hrsg.): Technikentwicklung als sozialer Prozeß, Frankfurt 1989, S. 107-121.
- Sell, R.; Fuchs-Frohnhofen, P.: **Technik- und Arbeitsgestaltung durch Beteiligungsqualifizierung,** Opladen 1993.
- Sell, R.; Henning, K. (Hrsg.): **Lernen und Fertigen, Aachener Reihe Mensch und Technik, Band 2,** Aachen 1993.

- Semen, B.: Offenheit als Basis für partnerschaftliche Führung und Motivation. In: B. Dorn (Hrsg.): Unternehmensprinzip Offenheit, Bonn 1993, S. 259-291.
- Semlinger, K.: Effizienz und Autonomie in Zulieferungsnetzwerken - Zum strategischen Gehalt von Kooperation. In: W.H. Staehle; J. Sydow (Hrsg.): Managementforschung, Band 3, Berlin/New York 1993, S. 309-354.
- Servatius, H.-G.: Reengineering - Programme umsetzen, Stuttgart 1994.
- Spur, G. (Hrsg.): Neue handlungsorientierte und gruppenfähige Maschinen- und Steuerungskonzepte, IWF Berlin, IPK Berlin, FGAT Berlin, HDZ Aachen, ITB Bremen, Psychologisches Institut I der Universität Hamburg, Stuttgart 1994.
- Stahl, Th.; Nyphan, B.; D'Aloja, P.: Die lernende Organisation. Hrsg. von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel 1994.
- Staudt, E.; Rehbein, M.: Innovation durch Qualifikation - Personalentwicklung und neue Technik, Frankfurt 1988.
- Steinmetz, O.: Die Strategie der integrierten Produktentwicklung, Braunschweig 1993.
- Strangmeier, R.L.F., unter Mitarbeit von Setzwein, M.; Petras, H.: Technikgenese - Zu Stand und Perspektiven einer sozialwissenschaftlichen Technikforschung, Christian-Albrechts-Universität, Soziologische Arbeitsberichte, Kiel 1992.
- Thurow, L.C.: A Weakness in Process Technology. In: Science, No. 18, Vol. 238, 1987, pp. 1659-1663.
- Ulich, E.: Der Mensch im Betrieb - als Produktivkraft nicht zu ersetzen. In: wt Produktion und Management, Heft 84, 1994, S. 66-67.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (Hrsg.): Handlungsempfehlung: Sozialverträgliche Gestaltung von Automatisierungsvorhaben, Düsseldorf 1989.
- VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e.V.): Ingenieur-Erhebung im Maschinen- und Anlagenbau - Ergebnisse der VDMA-Studie, hektogr. Manuskript, Frankfurt 1988.
- VDW (Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V.) (Hrsg.): Kleine Ursachen - große Wirkung - Warum von ein paar tausend Arbeitsplätzen im Werkzeugmaschinenbau Millionen andere abhängen, Frankfurt 1993.
- Vieweg, H.-G.: Maschinenbau: Vorübergehende Schwäche oder existentielle Krise? In: ifo Schnelldienst, Heft 10, 46. Jg., 1993, S. 11-21.
- Volmerg, B.; Senghaas-Knobloch, E.; Leithäuser, T.: Betriebliche Lebenswelt - Eine Sozialpsychologie industrieller Arbeitsverhältnisse, Opladen 1986.
- Warnecke, H.J.: Die fraktale Fabrik - Revolution der Unternehmenskultur, Berlin/Heidelberg/New York etc. 1992.
- Warnecke, H.J.: Revolution der Unternehmenskultur - Das fraktale Unternehmen, Berlin/Heidelberg 1993.
- Weck, M.; Kohring, A.; Klein, F.: Offene NC-Systeme, Grundlage herstellerunabhängiger Flexibilität. In: VDI-Z, Heft 5, 135. Jg., 1993, S. 51-55.

- Welsch, I.: Perspektiven der Innovationspolitik in der Wissensgesellschaft des 21. Jahrhunderts. In: Jahrbuch Arbeit und Technik, Bonn 1994, S. 254-263.
- Westkämper, E.: Fabrikstrukturen im Wandel. In: wt Produktion und Management, Heft 84, 1994, S. 79-84.
- Weydandt, D.: Verträglichkeit von kognitiven Strukturen der Nutzer mit der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle am Beispiel ausgewählter CNC-Werkzeugmaschinen, Diplomarbeit am Lehr- und Forschungsgebiet Kybernetische Verfahren und Didaktik der Ingenieurwissenschaften der RWTH Aachen, Aachen 1994.
- Wheelwright, St.C.; Clark, K.B.: Revolution der Produktentwicklung, Frankfurt/New York 1994.
- Wolf, H.; Mickler, O.; Manske, F.: Eingriffe in Kopfarbeit - die Computerisierung technischer Büros im Maschinenbau, Berlin 1992.
- Womack, J.P.; Jones, D.T.: From Lean Production to the Lean Enterprise. In: Harvard Business Review 1994, March-April, pp. 93-103.
- Womack, J.P.; Jones, D.T.; Roos, D.: Die zweite Revolution in der Autoindustrie, Frankfurt/New York 1991.

Die Autoren

PD Dr. Fritz Böhle, ISF München

Dipl.-Psych. Ursula Carus, Psychologisches Institut I,
Universität Hamburg

Dr. Manfred Deiß, ISF München

Dr. Wolfgang Frede, Institut Technik & Bildung, Universität Bremen

Dr. Paul Fuchs-Frohnhofen, HDZ/IMA der RWTH Aachen

Dipl.-Psych. Ernst A. Hartmann, HDZ/IMA der RWTH Aachen

PD Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen, ISF München (Büro Darmstadt)

Prof. Dr. Manfred Hoppe, Institut Technik & Bildung,
Universität Bremen

Prof. Dr. Fred Manske, Forschungszentrum Arbeit und Technik,
Universität Bremen

Dr. Helmuth Rose, ISF München

Dipl.-Ing. Reiner Schlausch, Institut Technik & Bildung,
Universität Bremen

Dipl.-Psych. Hartmut Schulze, Psychologisches Institut I,
Universität Hamburg

**DAS INSTITUT FÜR SOZIALWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG E.V.
- ISF MÜNCHEN -**

Das ISF ist ein eingetragener Verein mit anerkannter Gemeinnützigkeit. Es besteht seit 1965. Mitglieder des Vereins sind überwiegend langjährige Mitarbeiter des ISF.

Die Leitung des Instituts obliegt einem Institutsrat, der aus wissenschaftlichen Mitarbeitern und einer Verwaltungsangestellten besteht. Alle sind langjährige Mitarbeiter des ISF; sie zeichnen für jeweils unterschiedliche Ressorts verantwortlich.

Den Forschungsschwerpunkten entsprechend arbeiten drei bis sechs Wissenschaftler gleichberechtigt in eigenverantwortlichen Projektgruppen zusammen. Sie führen neben den Projekten der Auftragsforschung auch theoretische Grundlagenarbeiten im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 333 "Entwicklungsperspektiven von Arbeit" der Ludwig-Maximilians-Universität München durch. Überschneidungen in der Zuständigkeit einzelner Wissenschaftler für Teilprojekte dienen dem Erfahrungsaustausch, der gemeinsamen Weiterentwicklung theoretischer Ansätze sowie der Koordination und Abklärung der Forschungsergebnisse. Synergieeffekte können auf diese Weise erreicht werden.

Derzeit beschäftigt das ISF rd. 25 fest angestellte wissenschaftliche Mitarbeiter mit sozial-, wirtschafts- und ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, nicht selten mit einer Zusatz- oder Doppelqualifikation (Wirtschaftswissenschaften/Soziologie, Jurisprudenz/Soziologie bzw. Nationalökonomie, Ingenieurwissenschaften/Soziologie, Psychologie/Nationalökonomie). Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist damit gewährleistet, der Schwerpunkt liegt bei der Industriesoziologie. Die wissenschaftlichen Mitarbeiter haben überwiegend langjährige Forschungserfahrung. Mehr als zehn Mitarbeiterinnen kümmern sich um Organisations-, Verwaltungs- und Schreivarbeiten. Wissenschaftliche und studentische Hilfskräfte und zeitweilig herangezogene Experten für Spezialgebiete ergänzen den Mitarbeiterstab.

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

INSTITUT FÜR SOZIALWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG E.V. - ISF MÜNCHEN
Jakob-Klar-Straße 9 - 80796 München - Tel. 089/272921-0 - Fax 089/272921-60

Ausgewählte Buchveröffentlichungen 1989 - 1995

- Altmann, Norbert; Sauer, Dieter (Hrsg.): Systemische Rationalisierung und Zulieferindustrie - Sozialwissenschaftliche Aspekte zwischenbetrieblicher Arbeitsteilung, Frankfurt/New York 1989.
- Döhl, Volker; Altmann, Norbert; Deiß, Manfred; Sauer, Dieter: Neue Rationalisierungsstrategien in der Möbelindustrie I - Markt und Technikeinsatz, Frankfurt/New York 1989.
- Deiß, Manfred; Altmann, Norbert; Döhl, Volker; Sauer, Dieter: Neue Rationalisierungsstrategien in der Möbelindustrie II - Folgen für die Beschäftigten, Frankfurt/New York 1989.
- Düll, Klaus; Lutz, Burkart (Hrsg.): Technikentwicklung und Arbeitsteilung im internationalen Vergleich - Fünf Aufsätze zur Zukunft industrieller Arbeit, Frankfurt/New York 1989.
- ISF München (Hrsg.): Strategische Optionen der Organisations- und Personalentwicklung bei CIM - Beiträge zur Initiative CIM-Technologie-Transfer, KfK-PFT 148, Karlsruhe 1989.
- Köhler, Christoph; Preisendörfer, Peter (Hrsg.): Betrieblicher Arbeitsmarkt im Umbruch - Analysen zur Mobilität, Segmentation und Dynamik in einem Großbetrieb, Frankfurt/New York 1989.
- Lutz, Burkart; Moldaschl, Manfred: Expertensysteme und industrielle Facharbeit - Ein Gutachten über denkbare qualifikatorische Auswirkungen von Expertensystemen in der fertigenden Industrie, Frankfurt/New York 1989.
- Schultz-Wild, Rainer; Nuber, Christoph; Rehberg, Frank; Schmierl, Klaus: An der Schwelle zu CIM - Strategien, Verbreitung, Auswirkungen, RKW-Verlag, Verlag TÜV Rheinland, Eschborn/Köln 1989.
- Behr, Marhild von; Köhler, Christoph (Hrsg.): Werkstattoffene CIM-Konzepte - Alternativen für CAD/CAM und Fertigungssteuerung, KfK-PFT 157, Karlsruhe 1990.
- Deiß, Manfred; Döhl, Volker; Sauer, Dieter, unter Mitarbeit von Altmann, Norbert: Technikherstellung und Technikanwendung im Werkzeugmaschinenbau - Automatisierte Werkstückhandhabung und ihre Folgen für die Arbeit, Frankfurt/New York 1990.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Schultz-Wild, Rainer; Köhler, Christoph; Behr, Marhild von: Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion - Alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau, Frankfurt/New York 1990.
- Rose, Helmut (Hrsg.): Programmieren in der Werkstatt - Perspektiven für Facharbeit mit CNC-Maschinen, Frankfurt/New York 1990.
- Düll, Klaus; Bechtle, Günter, unter Mitarbeit von Moldaschl, Manfred: Massenarbeiter und Personalpolitik in Deutschland und Frankreich - Montagerationalisierung in der Elektroindustrie I, Frankfurt/New York 1991.
- Mendius, Hans Gerhard; Wendeling-Schröder, Ulrike (Hrsg.): Zulieferer im Netz - Zwischen Abhängigkeit und Partnerschaft, Neustrukturierung der Logistik am Beispiel der Automobilzulieferung, Bund Verlag, Köln 1991.
- Moldaschl, Manfred: Frauenarbeit oder Facharbeit? - Montagerationalisierung in der Elektroindustrie II, Frankfurt/New York 1991.

- Semlinger, Klaus (Hrsg.): Flexibilisierung des Arbeitsmarktes - Interessen, Wirkungen, Perspektiven, Frankfurt/New York 1991.
- Tokunaga, Shigeyoshi; Altmann, Norbert; Nomura, Masami; Hiramoto, Atsushi: Japanisches Personalmanagement - ein anderer Weg? - Montagerationalisierung in der Elektroindustrie III, Frankfurt/New York 1991.
- Altmann, Norbert; Köhler, Christoph; Meil, Pamela (eds.): Technology and Work in German Industry, Routledge, London/New York 1992.
- Böhle, Fritz; Rose, Helmuth: Technik und Erfahrung - Arbeit in hochautomatisierten Systemen, Frankfurt/New York 1992.
- Deiß, Manfred; Döhl, Volker (Hrsg.): Vernetzte Produktion - Automobilzulieferer zwischen Kontrolle und Autonomie, Frankfurt/New York 1992.
- Grüner, Hans: Mobilität und Diskriminierung - Deutsche und ausländische Arbeiter auf einem betrieblichen Arbeitsmarkt, Frankfurt/New York 1992.
- ISF-München; IfS-Frankfurt; INIFES-Stadtbergen; SOFI-Göttingen (Hrsg.): Jahrbuch Sozialwissenschaftliche Technikberichterstattung 1992 - Schwerpunkt: Dienstleistungsarbeit, edition sigma, Berlin 1992.
- Tokunaga, Shigeyoshi; Altmann, Norbert; Demes, Helmut (eds.): New Impacts on Industrial Relations - Internationalization and Changing Production Strategies, iudicium Verlag, München 1992.
- Bieber, Daniel; Möll, Gerd: Technikentwicklung und Unternehmensorganisation - Zur Rationalisierung von Innovationsprozessen in der Elektroindustrie, Frankfurt/New York 1993.
- Drexel, Ingrid: Das Ende des Facharbeiteraufstiegs? - Neue mittlere Bildungs- und Karrierewege in Deutschland und Frankreich - ein Vergleich, Frankfurt/New York 1993.
- Fischer, Joachim: Der Meister - Ein Arbeitskrafttypus zwischen Erosion und Stabilisierung, Frankfurt/New York 1993.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut: NC-Entwicklung als gesellschaftlicher Prozeß - Amerikanische und deutsche Innovationsmuster der Fertigungstechnik, Frankfurt/New York 1993.
- ISF-München; IfS-Frankfurt; INIFES-Stadtbergen; SOFI-Göttingen (Hrsg.): Jahrbuch Sozialwissenschaftliche Technikberichterstattung 1993 - Schwerpunkt: Produktionsarbeit, edition sigma, Berlin 1993.
- Deiß, Manfred: Regulierung von Arbeit in der Krise - Von der Transformation zum globalen Strukturwandel, Graue Reihe 94-06 der KSPW, Halle 1994.
- Drexel, Ingrid (Hrsg.): Jenseits von Individualisierung und Angleichung - Die Entstehung neuer Arbeitnehmergruppen in vier europäischen Ländern, Frankfurt/New York 1994.
- IfS-Frankfurt; INIFES-Stadtbergen; ISF-München; SOFI-Göttingen (Hrsg.): Jahrbuch Sozialwissenschaftliche Technikberichterstattung 1994 - Schwerpunkt: Technik und Medizin, edition sigma, Berlin 1994.
- Moldaschl, Manfred; Schultz-Wild, Rainer (Hrsg.): Arbeitsorientierte Rationalisierung - Fertigungsinseln und Gruppenarbeit im Maschinenbau, Frankfurt/New York 1994.
- Rose, Helmuth (Hrsg.): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement - Neue Ergebnisse der Sozialforschung über Technikbedarf und Technikentwicklung, Frankfurt/New York 1995.