

Neue Strukturen des Technikmarktes: zur Entwicklung und Auslegung von Rechnersystemen für die industrielle Produktion

Bieber, Daniel (Ed.); Deiß, Manfred (Ed.); Hirsch-Kreinsen, Hartmut (Ed.); Schmierl, Klaus (Ed.)

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerk / collection

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

Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF München

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Bieber, D., Deiß, M., Hirsch-Kreinsen, H., & Schmierl, K. (Hrsg.). (1997). *Neue Strukturen des Technikmarktes: zur Entwicklung und Auslegung von Rechnersystemen für die industrielle Produktion*. München: Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. ISF München. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-67668>

Nutzungsbedingungen:

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

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

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

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

Daniel Bieber, Manfred Deiß,
Hartmut Hirsch-Kreinsen, Klaus Schmierl (Hg.)

Neue Strukturen des Technikmarktes

Zur Entwicklung und Auslegung
von Rechnersystemen für die
industrielle Produktion

Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. – ISF München

Daniel Bieber, Manfred Deiß,
Hartmut Hirsch-Kreinsen, Klaus Schmierl (Hg.)

Neue Strukturen des Technikmarktes

Zur Entwicklung und Auslegung
von Rechnersystemen für die
industrielle Produktion

Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. – ISF München



ISF MÜNCHEN
JAKOB-KLAR-STRASSE 9
D-80796 MÜNCHEN
TELEFON (089) 27 29 21-0
TELEFAX (089) 27 29 21-60
E-MAIL isf@lrz.uni-muenchen.de

Gefördert von der Volkswagen-Stiftung (Az. II/68 061).
Die Verantwortung für den Inhalt liegt allein bei den Autoren.

Inhalt

Vorwort	5
 <i>Daniel Bieber, Manfred Deiß</i>	
Technikdeterminismus versus Gestaltungsautonomie Zum Einfluß von Technikmärkten auf die industrielle Rationalisierung	7
 <i>Hartmut Hirsch-Kreinsen</i>	
Produktionstechnische Innovationsmuster: Strukturelle Veränderungen und Steuerungsprobleme	33
 <i>Klaus Schmierl</i>	
Wandel der Markt-, Entwicklungs- und Kooperationsbedingungen im Werkzeugmaschinenbau	59
 <i>Daniel Bieber</i>	
Vernetzte Segmente - segmentierte Netze Probleme kooperativer Forschung, Entwicklung und Konstruktion in der Automobilindustrie und deren Einfluß auf den Markt für CAD-Software	127

Vorwort

Die nachfolgenden Beiträge stellen den zusammenfassenden Bericht über ein Forschungsvorhaben dar, das sich zur Aufgabe gemacht hatte, Ausschnitte des Technikmarktes mit sozialwissenschaftlichen Mitteln zu untersuchen. Ausgangspunkt waren Überlegungen, die in der industriesoziologischen Diskussion der Technikgenese wurzelten und einen Mangel ausschließlich ökonomischer Theoretisierungsanstrengungen feststellten. Es ging darum, den Marktbegriff soziologisch anzureichern, da nicht davon ausgegangen werden konnte, daß sich auf den Märkten ausschließlich die „besseren“ Technologien im freien Spiel der Kräfte durchsetzen - prominentes und immer wieder zitiertes Beispiel ist in diesem Zusammenhang der Siegeszug des PC unter den Vorzeichen von „Wintel“. Vielmehr lag die Annahme nahe, daß auch im Bereich von Produktionstechnologien die Investitionsentscheidungen der Unternehmen in ganz spezifischer Weise durch intervenierende Variablen beeinflußt werden.

Im Zentrum des von der Volkswagen-Stiftung geförderten Vorhabens stand die Analyse der marktförmigen Vermittlung derjenigen Prozesse, die bei der Entwicklung neuer, rechnergestützter Produktionstechnologien und ihrer Durchsetzung auf Märkten von entscheidender Bedeutung sind (Hersteller-Anwender-Beziehungen und Entwicklerkonstellationen). Den damit aufgeworfenen Fragen sollte in zwei Branchen nachgegangen werden: Zum einen sollten die Entwicklungen im Werkzeugmaschinenbau rekonstruiert werden, zum anderen sollte geprüft werden, ob und ggf. wie sich die Beziehungen zwischen Hersteller- und Zulieferunternehmen in der Automobilindustrie auf die Durchsetzung von rechnergestützten Produktionstechnologien auswirken.

Im Werkzeugmaschinenbau wurden als wesentliche Bestimmungsfaktoren für "neue Strukturen des Technikmarktes" die Innovations- und Produktionsbedingungen untersucht. Damit wurde eine Branche ins Visier genommen, der als Hersteller von Produktionsmitteln für die gesamte Industrie entscheidende Bedeutung für Technikgenese und für die Folgen technischer Lösungen beim Anwender zukommt. Die in der Industriosozilogie mittlerweile anerkannte Bedeutung der gesamten Wertschöpfungskette erforderte die Befassung mit den Analysedimensionen Produkt Werkzeugmaschine, Branchenstruktur im Werkzeugmaschinenbau und Kooperation zwischen Werkzeugmaschinenherstellern, Kunden und Zulieferern. Dabei stellte sich heraus, daß Genese, Entwicklung und Herstellung von Produktionstechnik durch modulare Konzeptionen in der Maschinenkonstruktion, durch Fragmentierungs-, Konzentrations- und Internationalisierungstendenzen in der Branche sowie durch neue Bedingungen der Machtdurchsetzung und Kooperation in polarisierten Netzwerkstrukturen geprägt sind.

Ein zweiter Schwerpunkt der Analysen lag in der Beantwortung der Frage, ob die spezifischen Beziehungen zwischen Zulieferern und Abnehmern in der Automobilindustrie dazu führen, daß die Zulieferunternehmen ihre Investitionsentscheidungen nicht frei treffen können. Ausgegangen waren wir hier von der These, daß durch die vermachteten Beziehungen in dieser Branche die Hersteller auf die Investitionsentscheidungen ihrer Zulieferer auch im Bereich von CAD-Softwaresystemen bestimmenden Einfluß nehmen. Davon kann, wie

unsere Erhebungen ergaben, nur sehr indirekt die Rede sein. Angemessen scheint hier eher der Begriff der „Kontextsteuerung“, wie er sich in der Systemtheorie eingebürgert hat. Darüber hinaus kann die Strategie einer „Problemverschiebung“ auf den Bereich der Schnittstellen zwischen den unterschiedlichen Softwaresystemen festgestellt werden. Dies liegt vor allem daran, daß die deutschen Zulieferunternehmen immer für mehrere, wenn nicht für alle Automobilunternehmen entwickeln und produzieren und sich historisch eine Vielzahl von CAD-Systemen bei Herstellern und Zulieferern durchgesetzt hat.

Das Projekt konnte an verschiedene Arbeiten innerhalb des ISF anknüpfen, die in den beteiligten Forschungssträngen seit geraumer Zeit verfolgt werden. Dies waren zum einen die Erfahrungen, die in der Maschinenbaubranche, insbesondere im Werkzeugmaschinenbau, gewonnen worden waren, zum anderen die analytischen Überlegungen und empirischen Erfahrungen, die im Bereich zwischenbetrieblicher Arbeitsteilung in der Automobilindustrie seit einigen Jahren einen Schwerpunkt in den Forschungen des ISF bildeten. Das Projekt konnte ferner auf theoretische Vorarbeiten zurückgreifen, die der zunehmenden Distanz der Entwicklung von Produktionstechnik zur Sphäre der Produktion galten. Die Erkenntnisse, die im Rahmen des nunmehr abgeschlossenen Projekts gewonnen wurden, haben sich in verschiedenen Publikationen niederschlagen, von denen hier nur einige genannt seien:

Hirsch-Kreinsen, H.: Innovationspotentiale und Innovationsprobleme des Werkzeugmaschinenbaus. In: WSI-Mitteilungen, Heft 2, 1994, S. 94-102.

Bieber, D.: Der diskrete Charme des technologischen Determinismus – Zur Bedeutung von Technikmärkten für die industrielle Rationalisierung. In: B. Aulenbacher; T. Siegel (Hrsg.): Diese Welt wird völlig anders sein – Denkmuster der Rationalisierung, Pfaffenweiler 1995, S. 231-247.

Hirsch-Kreinsen, H.: Institutionelle und personelle Innovationsvoraussetzungen des Werkzeugmaschinenbaus. In: H. Rose (Hrsg.): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement, Frankfurt/New York 1995, S. 11-38.

Bieber, D.: Probleme unternehmensübergreifender Organisation von Innovationsprozessen. In: D. Bieber (Hrsg.): Technikentwicklung und Industriearbeit, Frankfurt/New York 1997, S. 111-140.

Hirsch-Kreinsen, H.: Innovationsschwächen der deutschen Industrie – Wandel und Probleme von Innovationsprozessen. In: G. Bechmann; W. Rammert (Hrsg.): Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 9, Frankfurt/New York 1997.

Die empirischen Erhebungen in den genannten Branchen fanden in einer Zeit größter Turbulenzen statt. Der Werkzeugmaschinenbau durchlebte eine Krise, die zu vielen Betriebs-schließungen geführt hat. Die Automobilhersteller und ihre Zulieferer fielen nach dem Vereinigungsboom in eine ganz Europa erfassende Absatzkrise, die, nach grundlegenden Restrukturierungsmaßnahmen, in eine Phase starker Umsatzausweitung überging. Um so mehr haben wir unseren Interviewpartnern zu danken, die trotz ihrer vielfältigen Belastungen im Alltagsgeschäft die Zeit fanden, uns für Expertengespräche zur Verfügung zu stehen.

Besonderer Dank gilt Frau Dr. Helga Junkers, die mit großer Geduld auf die Fertigstellung dieses Berichts gewartet und sie mit sanftem Druck begleitet hat.

München, im Juli 1997

Daniel Bieber
Manfred Deiß
Hartmut Hirsch-Kreinsen
Klaus Schmierl

Daniel Bieber, Manfred Deiß

Technikdeterminismus versus Gestaltungsautonomie

Zum Einfluß von Technikmärkten auf die industrielle Rationalisierung

1. Kritik an der Kritik des Technikdeterminismus
2. Verfügbare Technik determiniert nicht, strukturiert aber vor
3. Technikgeneseforschung tut not
4. Verwissenschaftlichung versus Praxisbezug von Technik
5. Technikmärkte als vermittelnde Einflußgröße
6. Resümee

1. Kritik an der Kritik des Technikdeterminismus

Vorstellungen über „Rationalisierung“ richteten sich, sofern sie sich auf das Verhältnis von Kosten und Ertrag in der Industrie bezogen, immer auf Technik und Organisation. Schon Adam Smith und F.W. Taylor haben an Beispielen wie der Stecknadelproduktion oder dem Verladen von Roheisen den Nutzen organisatorischer Maßnahmen für die Unternehmen herausgearbeitet. Marx dagegen hatte zu zeigen versucht, daß der Einsatz neuartiger Organisationsweisen („einfache Kooperation“ etc.) nicht ausreicht, um in der Konkurrenz einzelner Unternehmen zu bestehen, sondern daß hierzu der Einsatz von immer aufwendigerer Maschinerie notwendig ist („steigende organische Zusammensetzung des Kapitals“).

Nun ist im Rahmen der neueren Marx-Kritik unlängst die These entwickelt worden, daß sich (auch) Marx einer „technologischen Sichtweise“ bedient habe, was insbesondere in seiner Analyse des Übergangs zwischen verschiedenen Produktionsweisen deutlich werde (Müller 1992, S. 311). Offenkundig wird also auch in der gesellschaftstheoretisch interessierten Diskussion die Frage aufgeworfen, welche Bedeutung der Technik bei der Erklärung verschiedener gesellschaftlicher Phänomene letztlich beizumessen ist. Mit diesem Problem beschäftigt sich die Industriesoziologie freilich schon seit etwas längerer Zeit.

So herrschten bei Forschungen zum sozialen Wandel und bei Analysen von Rationalisierungsprozessen in der Industrie noch lange nach dem Zweiten Weltkrieg Vorstellungen eines technologischen Determinismus vor (vgl. Lutz 1987). Diese implizierten ein Kausalverhältnis, wonach von der einsetzbaren Produktionstechnik auf die notwendige und praktizierte Arbeitsorganisation geschlossen werden könne.¹ Als dann festgestellt wurde, daß identische Maschinerie durchaus mit unterschiedlichen arbeitsorganisatorischen Formen gekoppelt werden konnte, mußte man konzedieren, daß der Konnex zwischen einer eingesetzten Technik und der damit verbundenen Organisation der Arbeit doch nicht so eng war, wie das bis dahin angenommen worden war. Diese empirische Entdeckung führte zu einer *Kritik des technologischen Determinismus* (vgl. etwa Lutz, Schmidt 1977), die seitdem in verschiedenen Spielarten die Bibliotheken füllt. Es gehörte nunmehr einfach zum guten industriesoziologischen Ton, „der Technik“ strukturierende Kraft für Arbeitsorganisation, Qualifikationsstruktur u.ä. abzusprechen.

Allerdings gilt das nur für die Vorworte vieler Studien. In den materialen Teilen wurde dann in der Regel sehr schlüssig die große Bedeutung von Technik für die Organisation der Arbeit, für die Entwicklung der Qualifikationsanforderungen etc. herausgearbeitet. Trotz aller gegenteiliger Bekundungen bleibt somit der Widerspruch bestehen, daß die immer wieder vorgetragene Kritik des technologischen Determinismus noch keine durchschlagende Wirkung erzielt hat: „Was in der aktuellen Technik-, Arbeits- und Industriesoziologie thematisiert wird, ist ungefähr genau das Gegenteil von Technikdeterminismus, obwohl der entsprechende Paradigmenwechsel noch wenig eingebracht hat bzw. in der Forschung reichlich folgenlos blieb“ (Bechtle 1994, S. 413). Diese Folgenlosigkeit der Absagen an den technologischen Determinismus oder besser: dieses Verhaftetbleiben an doch irgendwie wirksamen Kausalitäten zwischen Technikeinsatz und Arbeitsorganisation liegt nicht einfach, wie dies mitunter von Vertretern der Technik- oder Wissenschaftssoziologie nahegelegt wird, an der wie auch immer begründeten Gegenstandsfixierung der Industriesoziologen (proletarisches Vorurteil, Auftragsforschung) oder an mangelnder Neugier. Zu vermuten ist vielmehr, daß sie sich der zu untersuchenden Sache selbst verdankt. Es gibt offensichtlich doch gute Gründe dafür, in der Technik starke strukturierende Kräfte am Werk zu sehen und diese sehr ernst zu nehmen.

Damit ist eine paradoxe Situation gegeben: Einerseits ist der Technik eine große Bedeutung für den sozialen Wandel und für die Entwicklung von Rationalisierungsprozessen zuzuschreiben. Andererseits werden dadurch die Absagen an technikdeterministische Erklärungsmuster nicht hinfällig.

¹ Diese Aussage gilt nicht nur für die Industriesoziologie; analoge Entwicklungen hat es auch in der Organisationstheorie gegeben (vgl. Bieber, Möll 1993).

Die These, die im folgenden entwickelt werden soll, lautet deshalb, daß man die Kritik des technologischen Determinismus ein Stück weit relativieren muß, wenn man sie wirklich ernst nehmen will. Dabei stellt sich die *Entwicklung von Produktionstechnologien* als ein Feld dar, auf dem sich beträchtlicher Erkenntnisgewinn über die Wirksamkeit technologischer Innovationen auf die Organisation von Produktionsprozessen erzielen läßt.

In einem engen Zusammenhang mit solchen Widersprüchen im Umgang mit der Kritik des technologischen Determinismus steht das Problem einer für die (west-)deutsche Industriesoziologie typischen Perspektivenverengung: Als relevant gelten nahezu ausschließlich Veränderungen auf der Ebene des Shopfloor. Dies führt dazu, daß die Disziplin bis weit in die 80er Jahre hinein Gefahr lief, bedeutende Veränderungen innerhalb ihres angestammten Gegenstandsbereiches nicht wahrzunehmen. Gänzlich übersehen oder zumindest vernachlässigt wurde etwa, daß der FuE-Aufwand in High-Tech-Branchen - wie der Elektroindustrie - schon seit längerem über dem Aufwand für Sachinvestitionen liegt. Ebenso wurde der Wandel der betrieblichen Sozialstrukturen, der zu einem enormen Anwachsen des Anteils von Wissenschaftlern und Ingenieuren an den Beschäftigten geführt hat, in seiner Bedeutung für die Entwicklung neuer Rationalisierungsstrategien nicht hinreichend gewürdigt (vgl. Bieber, Möll 1993). Dies kann kaum verwundern, da sich die Forschungsanstrengungen der Industriesoziologen vor allem auf das angestammte Feld der „Industriearbeit“ richten. Deutlich wird dies an den Debatten, die in den letzten Jahren in der Disziplin geführt wurden. So wurde etwa lebhaft über die Tragfähigkeit und Reichweite der „Neuen Produktionskonzepte“ (Kern, Schumann 1984) oder des „Neuen Rationalisierungstyps“ (Altmann u.a. 1986), über die Krise der industriellen Massenproduktion (Piore, Sabel 1984) und der bislang vorherrschenden Regulationsweisen kapitalistischer Akkumulation (Lutz 1984; Boyer 1992) gestritten. Gemeinsam war allen Positionen, die hier bezogen wurden, daß mehr oder weniger selbstverständlich von der zentralen Bedeutung des unmittelbaren Produktionsprozesses für die Rationalisierungsentwicklung ausgegangen wurde. Unterschätzt oder zumindest in den Forschungsarbeiten nicht hinreichend berücksichtigt wurde, daß innerhalb der Industrie Strukturveränderungen im Gange waren, die das Gegenstands- und Problemverständnis der Industriesoziologie unter größeren Veränderungsdruck hätten bringen müssen (vgl. Brandt 1984, S. 205).

Zwar haben inzwischen Positionen an Gewicht gewonnen, die auch innerhalb der Industriesoziologie eine verstärkte Auseinandersetzung mit dem *Prozeß der Technikgenese* fordern, in der Regel jedoch bleibt die Beschäftigung mit „technischen Systemen als sozialen Tatbeständen und von Technikentwicklung als sozialem Prozeß“ (Kubicek, Seeger 1993, S. 26) ohne Einfluß auf die grundlegenden theoretischen Ansätze: Man macht nun eben ein bißchen Technikgeneseforschung. Daß dies nicht ausreichend ist, sondern der Hinwendung zu diesem Forschungsgebiet weiterreichende konzeptionelle

Umbauten im „Paradigmenkern“ der Industriesoziologie zu folgen hätten, ist verschiedentlich angemahnt worden.² Auch wenn man nicht auf Theorien wie die des „technologischen Kapitalismus“ (Karpik 1977) oder gar auf das Konzept einer „technischen Wertform“ (Bahr 1973) zurückgreifen will, weil diese einstweilen noch etwas vage und unausgeführt sind, und auch wenn man es immer noch für überzogen hält, die „Wissenschaft als erste Produktivkraft“ (Habermas 1968) zu begreifen, müßte der industriesoziologische Produktions- und Rationalisierungsbegriff weiter gefaßt werden.

Nun kann im Rahmen dieses Einführungsaufsatzes noch nicht einmal angedeutet werden, wie ein schlüssiger Umbau des Paradigmenkerns der industriesoziologischen Forschung aussehen könnte. Wohl aber kann gezeigt werden, daß eine „nichtdeterministische“ Analyse von Rationalisierung innerhalb der Industriesoziologie dann Platz greifen kann, wenn man den Prozessen der Technikgenese die notwendige Aufmerksamkeit widmet. Dabei hätte man sich nicht nur auf den Prozeß der Produktinnovation zu beschränken, sondern auch deren Zusammenhang mit der Prozeßinnovation im Auge zu behalten. Hierzu bietet sich unter anderem das Feld der Entwicklung von Produktionstechnologien geradezu an, auf dem wiederum die *vermittelnde Dimension des Technikmarktes* eine zentrale Rolle spielt.

2. Verfügbare Technik determiniert nicht, strukturiert aber vor

Innerhalb der industriesoziologischen Forschung - aber auch in angrenzenden Disziplinen wie der Organisationstheorie - gilt, wie erwähnt, gemeinhin jedweder technologische Determinismus als überwunden. Neuere Veröffentlichungen zeichnen nach, wie man sich von Vorstellungen verabschiedete, denen zufolge etwa „technischer Fortschritt“ bestimmte Veränderungen in der Produktionssphäre notwendig, ja unausweichlich mache (Lutz 1990; Rammert 1992a; Deiß, Hirsch-Kreinsen 1994; MacKenzie, Wajcman 1985). Es kann hier deshalb getrost darauf verzichtet werden, den Weg vom Postulat einer „gesellschaftlichen Endogenität“ der Technik hin zur „Technikentwicklung als sozialen Prozeß“ noch einmal nachzuzeichnen (vgl. auch Brandt, Papadimitriou 1990, S. 190 f.). Wichtig ist festzuhalten, daß es heute unter Sozialwissenschaftlern als unangemessen gilt, wie selbstverständlich davon auszugehen, daß Wissenschaft und Technik aufgrund ihrer Eigenlogik und Eigendynamik diejenigen Funktionssysteme sind, die die Gesellschaft regelmäßig vor „vollendete Tatsachen“ zu stellen in der Lage sind (Hack 1988).³

² So etwa von Hack, Hack 1985; Brandt 1984; Bieber, Möll 1993; Fricke 1992 und Halfmann 1994.

³ Inzwischen wendet man sich deshalb der Frage zu, was und wer, welche Strukturlogiken und welche sozialen Akteure den technischen Fortschritt steuern (Rammert 1992a, genauer: Man versucht zu zeigen, warum die Frage in dieser alternativen Form falsch gestellt ist; eine andere Position plädiert dafür, neben die eher traditionellen Fragen nach dem Was und Warum auch die Frage nach

Obwohl unter den ersten Generationen von Technikforschern zumindest in Deutschland, aber auch in Großbritannien viele Industriesoziologen zu finden waren, hat die Rationalisierungsforschung es bislang kaum vermocht, die Konsequenzen aus dem Ende der Vorstellungen von Eigenlogik und Eigengesetzlichkeit technischer Entwicklung zu ziehen (Lutz 1990, S. 617). Die Industriesoziologen haben zwar „im Laufe der 80er Jahre, *auf grundsätzlicher Ebene mehr und mehr akzeptiert*“ (ebd., Herv. die Verf.), daß die Veränderungen auf der Ebene des Arbeitsprozesses letztlich doch nicht technisch determiniert sind, sie haben dies jedoch - die Formulierung von Lutz deutet es auf subtile Weise an - nur „grundsätzlich“ und nur „mehr und mehr“ akzeptiert. Die Gründe für diese doch etwas zögerliche Akzeptanz von nichtdeterministischen Vorstellungen über die gesellschaftliche Entwicklung sind vor allem darin zu sehen, daß sich klassische Fragestellungen der Industriesoziologen nicht oder nur kaum verändert haben. Und das spricht ja nun aus inhaltlichen Gründen einiges für das Beharrungsvermögen der traditionellen Rationalisierungsforschung: Die Konzentration der begrifflichen und empirischen Anstrengungen auf die Folgen von Technik, zu der die meisten Industriesoziologen immer noch „verdammte“ sind, legt es nahe, von einer präformierenden, möglichen Entwicklungslinien vorstrukturierenden Kraft der Technik auszugehen - auch wenn diese nicht aus der Technik kommt und immer wieder in sie hineininterpretiert und -konstruiert werden muß. Einige Beispiele mögen das illustrieren: Wenn in der ersten Frankfurter Computerstudie der Begriff der „Organisationstechnologien“ eingeführt wurde (Brandt u.a. 1978), wenn Lutz davon spricht, daß „viele arbeitsorganisatorische Entscheidungen in der konkreten Auslegung von Produktionstechnik gewissermaßen ‘fest verdrahtet’ sind“ (Lutz 1990, S. 616), wenn systemische Rationalisierung und überbetriebliche Vernetzung an die Verfügbarkeit und den Einsatz von IuK-Technologien gebunden werden (Altmann u.a. 1986) und wenn im Trendreport des SOFI die Scheidelinie in der Vernetzung von Arbeitskraft zwischen „High-Tech-“ und „Low-Tech-Bereichen“ verläuft (Schumann u.a. 1994), dann hat „die Technik“ wohl doch erheblichen Einfluß auf die Entwicklung der Gesellschaft im allgemeinen und der gesellschaftlichen Arbeit im besonderen - wenn sie denn „da“ ist.

Dann aber gerät Technologie zumindest potentiell „out of control“ (Winner 1977). Sie tut dies zwar nicht im Sinne des berühmten Zauberlehrlings, aber einmal in die Gesellschaft „entlassene“ Technologien sind nicht mehr in jede beliebige Richtung veränderbar. Sofern es sich um Produktionstechnik handelt, strukturiert sie mögliche Formen der Arbeitsorganisation vor, beschränkt diese innerhalb eines bestimmten Korridors, macht bestimmte Entwicklungslinien möglich und schließt andere aus. Zusätzlich ist davon auszugehen, daß sich einmal in der gesellschaftlichen Realität bewährende Technolo-

dem Wie von Technikgenese Prozessen zu stellen (Hack 1989, S. 72; Heimer 1993, S. 42; Bender 1996, S. 14).

gien nicht so einfach und nicht so schnell wieder aus ihr entfernen lassen. Der je gegebenen Technik kommt also ein „Momentum“ zu, eine in sich träge, aber in eine bestimmte Richtung weisende Kraft (Hughes 1983, S. 140 f.). Diese resultiert zwar nicht aus der Technik selbst, sondern aus den gesellschaftlichen Zuschreibungen, die in sie eingehen, die aber viel bedeutsamer sind als Konstruktionen, die auch anders hätten ausfallen können: Gesellschaftlich objektivierte Bewertungen, die sich schließlich in technischen Artefakten, technisch-organisatorischen Arrangements manifestieren, können jedenfalls nicht voluntaristisch „übergangen“ werden.⁴

Solange industriesoziologische Forschung sich vor allem auf den „stage of application“ neuer Technologien konzentriert, hat sie demnach nur wenig Grund, den technologischen Determinismus voreilig und vollends zu verabschieden. Festzuhalten ist jedenfalls, daß die auf komplizierten Wegen in die Gesellschaft bzw. die Produktionssphäre implementierten technologischen Systeme spätere Entscheidungsspielräume bezüglich ihrer alternativen Nutzung bzw. der Realisierung bestimmter arbeitsorganisatorischer Lösungen wenn nicht determinieren, so doch in nicht geringem Umfang vorstrukturieren oder einengen (Deiß, Hirsch-Kreinsen 1994, S. 154).

3. Technikgeneseforschung tut not

Damit ist bereits angedeutet, warum die in vielen industriesoziologischen Forschungsberichten vorfindbaren Einleitungsstatements, der technische Fortschritt als solcher sei es nicht, der bestimmte Lösungen erzwungen habe, vielmehr seien es der Betrieb, betriebliche Rationalisierungsstrategien und Produktionskonzepte oder - etwas handfester - bestimmte Formen der Arbeitsorganisation mit der damit verbundenen Arbeitsteilung und Hierarchie, warum also diese Aussagen in den materialen Teilen der Untersuchungen dadurch konterkariert werden, daß „der Technik“ zumindest eine große, wenn nicht bestimmende Bedeutung zugemessen wird; nicht ganz zu Unrecht, wie bereits angedeutet wurde.

Ließ sich die in der Darstellung der empirischen Befunde regelmäßig auftretende Relativierung der Kritik des technologischen Determinismus dann noch zusätzlich ökonomisch abstützen, war es trotz aller Bekenntnisse zum gesellschaftlich endogenen Tech-

4

Die beständig sich verkürzende Halbwertszeit sozialwissenschaftlicher Theorien führt dazu, daß Arbeiten des ISF München aus den späten 60er Jahren nahezu vergessen sind, die die Bedeutung des "technisch-organisatorischen Fortschritts" für eine Theorie industrieller Rationalisierung zu klären versuchten. Altmann und Bechtle (1971, S. 17) weisen der "permanenten und institutionalisierten Veränderung der Technologien und (!) Organisationsformen bei der Erzeugung wirtschaftlicher Werte" eine große Bedeutung zu und sprechen davon, daß "technologische und organisatorische Innovationen in hochindustrialisierten Gesellschaften heute zur wichtigsten Produktivkraft geworden" seien (ebd.).

nikbegriff immer noch möglich, an der Vorstellung einer je gegebenen Technik festzuhalten, als deren Charakteristikum es dann gelten konnte, bestimmte Folgen zu zeitigen. Damit wurden ökonomische oder technisch „determinierende“ Argumentationsmuster wieder in die Debatte eingeführt, die vorher aus ihr verbannt worden waren: „In many respects the perspectives outlined in sociology thus far can be seen to mirror, albeit from another vantage point, the exogenous approach of early economic theories. The technology is given, and the object of study is its effects. Only since the latter part of the labour process work has the plasticity of technology come more into focus“ (Coombs u.a. 1992, S. 6).

An dieser Stelle ließe sich nun anhand einer kaum noch überschaubaren Menge von Forschungsergebnissen zeigen, welche Leistungen die Industriesoziologie bei der Analyse von Rationalisierungsprozessen erbracht hat. Zu verweisen wäre etwa auf ihren geradezu klassischen Kanon von Ergebnissen und zu erörtern wäre die darin jeweils identifizierbare bzw. (aus Forschersicht: sozial) konstruierte Bedeutung von Technik. Zu thematisieren wären etwa die Studien aus den 50er Jahren, die sich durch einen gewissen Technikoptimismus auszeichneten.⁵ Oder die Arbeiten, die später, nach der „marxistischen Wende“, in der Industriesoziologie vorgelegt wurden. Hier wurde „die Technik“, insbesondere natürlich die Produktionstechnik, nicht mehr mit Hoffnungen, sondern vielfach eher mit Befürchtungen überfrachtet. Ab den frühen 70er Jahren haben wir es also eher mit einem Technikpessimismus zu tun.⁶ Das ließe sich alles sehr präzise auffächern, kann hier aber als bekannt vorausgesetzt werden. Kontrovers dürfte nun, da auf der industriesoziologischen Landkarte Göttingen und München wieder näher aneinanderrücken, allenfalls die (Re-)Konstruktion von Gemeinsamkeiten sein, die die in Frankfurt beheimateten Gerhard Brandt und Zissis Papadimitriou vor mehr als einem Jahrzehnt zwischen den großen industriesoziologischen Forschungsinstituten noch als gegeben ansahen: „Gemeinsam zu sein scheint diesen Lösungsversuchen bei allen Differenzen wiederum, daß ‘kapitalistische Technik’ als kapitalistisch angewandte Technik verstanden wird, als eine Technik also, die für Zwecke der Kapitalverwertung instrumentalisiert wird, selbst aber einer von diesen Zwecken unabhängigen Eigenlogik folgt. Das gilt auch für das Frankfurter Institut, dessen metaphorischer Sprachgebrauch nicht darüber hinwegtäuschen kann, daß analytisch auch weiterhin zwischen ökonomischen

⁵ Dieser war jedoch nicht ganz so ausgeprägt, wie man das später immer gerne dargestellt hat (vgl. Brandt, Papadimitriou 1990, S. 191).

⁶ Heute ist man insgesamt etwas abgeklärter und vermeidet es, allzusehr in das eine oder andere Extrem zu verfallen. So wird etwa die Möglichkeit durchaus unterschiedlicher Wirkungen der IuK-Technologien auf betriebs- und abteilungsspezifische Regulationsformen zurückgeführt. Entsprechend wird dann nicht von einer allgemeinen und gleichen Durchsetzung der neuen Technologien ausgegangen, sondern davon, daß die Implementation zum betriebspolitischen Dauerprozeß wird (Schmidt 1989; Deiß, Hirsch-Kreinsen 1992). Als Charakteristikum systemischer Rationalisierung gilt auch nicht, wie häufig angenommen wird, eine allgemeine Verschlechterung der Arbeitsbedingungen, sondern die Nutzung heterogener Arbeitsstandards in Produktionsprozessen mit unterschiedlichen Technisierungsgraden (vgl. Sauer, Döhl 1994; Deiß 1994).

Zwecken und technischen Mitteln unterschieden wird. Problematisch ist, ob dieses instrumentelle Technikverständnis dem auf programmatischer Ebene von allen drei Instituten in Anspruch genommenen gesellschaftlichen Technikbegriff genügt“ (Brandt, Papadimitriou 1990, S. 194).

Nun kann man sicher darüber streiten, ob alle industriesoziologischen Forschungsinstitute gleichermaßen einem instrumentellen Technikbegriff verhaftet geblieben sind, und sicher auch darüber, ob der von Brandt und Papadimitriou vorgeschlagene eigene Ansatz, nämlich das Subsumtionstheorem auf den Bereich der Wissenschaft und Technologie erzeugenden Institutionen und Arbeitsprozesse auszudehnen, so übermäßig sinnvoll ist (vgl. Krohn, Rammert 1985; Bieber, Möll 1993). Entscheidender scheint zu sein, daß die industriesoziologische Forschung den Instrumentcharakter von Technik nach wie vor betont.

Und das kann, um es zu wiederholen, eigentlich auch gar nicht anders sein, wenn man den Shopfloor als diejenige Ebene ansieht, die für die Entwicklung des Unternehmens (als Parameter der Konkurrenzfähigkeit) und der Gesellschaft (als Regulierungsmodell) wesentlich ist.⁷ Dennoch wird zunehmend die Notwendigkeit gesehen, auch Technikentwicklung als sozialen Prozeß zu thematisieren und die Bearbeitung dieses Themas nicht den Wissenschafts- oder Techniksoziologen zu überlassen. Dafür spräche sicher, daß diese sich schon länger mit der Arbeit „vor Ort“, in den Labors befassen (vgl. Knorr-Cetina 1984). Für die Bearbeitung von Fragen der Technikgenese durch Industriesoziologen spricht aber vor allem die Überlegung, daß der „technische Fortschritt“ innerhalb der Industrie vorangetrieben wird, und die Art, in der dies passiert, erhebliche Auswirkungen auf die Organisation von Wertschöpfungsprozessen hat. Beides wird etwa von sozialkonstruktivistisch argumentierenden Wissenschaftssoziologen gern übersehen, die Strukturzusammenhänge, welche über den „lab floor“ hinausgehen, aus ihren Analysen weitgehend ausblenden (Bieber, Möll 1993, S. 370).⁸

Die Industriesoziologie ist daher gut beraten, im Zeitalter der „permanenten Innovation“ stärker als bislang zu berücksichtigen, daß Unternehmen heute, vor allem in den sog. High-Tech-Bereichen, nicht nur mit dem Management des Produktionsprozesses, sondern auch mit dem Management von Technologie beschäftigt sind. Dies umfaßt neben dem Vorantreiben von Veränderungsprozessen in der unmittelbaren Produktion vor allem strategische und operative Entscheidungen über Forschung und Entwicklung,

⁷ Wichtig ist es also, bei der Gewinnung eines angemessenen Begriffs von "Rationalisierung" etwas früher und etwas umfassender anzusetzen. Allerdings sind, wie verschiedene Erfahrungen zeigen, Untersuchungen innerhalb der FuE-Abteilungen von Unternehmen extrem schwierig auf den Weg zu bringen und vor allem dann durchzuführen.

⁸ Ähnliches läßt sich für die Akteursnetzwerk-Theorie von Michel Callon, Bruno Latour und anderen sagen, deren handlungstheoretisch bedingte Verkürzungen von Bender (1996) kritisiert werden.

Produktgestaltung, Marketing und Personalentwicklung. Weiter zählen dazu die Beschleunigung von FuE-Prozessen und die Veränderung intra- und interorganisatorischer Innovationsverläufe (etwa durch die stärkere Einbindung marktnaher Bereiche des Unternehmens einerseits und der Fertigung andererseits). Schließlich sind hier auch die Bemühungen, in nationalen und internationalen Gremien Standardisierungen zum eigenen Vorteil voranzutreiben, oder der Aufbau transnationaler FuE-Netzwerke von wachsender Bedeutung für die Stärkung des eigenen Unternehmens in der Konkurrenz.

Daraus ergeben sich dann Konsequenzen, die sowohl für die Industrie- als auch für die Wissenschafts- und Techniksoziologie von Bedeutung sind. Zum einen werden Analysen von Rationalisierungsstrategien in Industrieunternehmen defizient, wenn sie nicht auch diejenigen Funktionen in ihre Analyse einbeziehen, denen zu Zeiten beschleunigten technologischen Wandels eine Schlüsselrolle bei der Bewältigung verschärfter Konkurrenzanforderungen zukommt. Umgekehrt wird, zum anderen, eine Wissenschafts- oder Techniksoziologie defizitär, die sich ausschließlich auf den Erzeugungszusammenhang neuer Technologien konzentriert und dabei übersieht, daß Anwendungskontexte, also beispielsweise auch Fragen der Produktionsorganisation, eine entscheidende Rolle spielen können. Dies gilt insbesondere dann, wenn man davon ausgeht, daß dem Prozeß der Verwissenschaftlichung der Produktion auch ein Prozeß der Verwissenschaftlichung von Technikentwicklung, hier vor allem der Produktionstechnologien, entspricht.

4. Verwissenschaftlichung versus Praxisbezug von Technik

Verschiedentlich ist in den letzten Jahren darauf hingewiesen worden, daß bei der Rationalisierungsentwicklung nach der „wissenschaftlichen Betriebsführung“ im Sinne von F.W. Taylor sich zunehmend auch Tendenzen einer „Verwissenschaftlichung der Produktion“ feststellen lassen. Diese bilde das Kennzeichen einer „dritten Phase der industriellen Revolution“ (Hack 1988) und werde begleitet von einer „Industrialisierung der Wissenschaft“. In der jüngeren Literatur finden sich auf theoretischer wie empirischer Ebene viele Hinweise, die als Bestätigung für diese Thesen gelesen werden können. Auch wenn es noch als durchaus offen gelten kann, inwieweit es sich tatsächlich um ein „wechselseitiges Begründungsverhältnis“ zwischen Industrialisierung der Wissenschaft und Verwissenschaftlichung der Industrie handelt (Hack, Hack 1985), soll im folgenden kurz angerissen werden, wie sich ein solcher Zusammenhang bei der Entwicklung von Produktionstechnik darstellt. Hier sind vor allem zwei widersprüchliche Tendenzen feststellbar.

(1) Bedingt durch die in vielen Branchen zu beobachtende Tendenz zu systemischer Rationalisierung haben sich die Anforderungen an Produktionstechnik gewandelt. Da

die Produktion innerhalb industrieller Netzwerke (Bieber 1992) und die damit verbundene Segmentierung und Integration einzelner Schritte der Wertschöpfung (Sauer, Döhl 1994) einen sehr hohen Steuerungsaufwand erfordert, sind auch die einzusetzenden Produktionstechnologien, insbesondere die für die Steuerung unternehmensübergreifender Abläufe wichtigen Einheiten (Qualitätssicherung, Informationslogistik etc.), erheblich komplexer auszulegen als früher (Deiß, Hirsch-Kreinsen 1992). Es sind also neue Rationalisierungsstrategien, die bei der Entwicklung von Produktionstechnik einen Trend verstärken, der sich als *zunehmende Verwissenschaftlichung* begreifen läßt. Dieser läuft - idealtypisch gesprochen - darauf hinaus, daß Produktionstechniken nicht länger durch Detailverbesserungen der am Produktionsprozeß unmittelbar beteiligten Ingenieure und Arbeiter weiterentwickelt werden, sondern fernab der Sphäre der Fertigung, von dieser räumlich und sozial getrennt, in den „Labors“ der Fertigungsmittel produzierenden Industrie. Nicht die Erfahrung der Ingenieure in den Anwenderbetrieben prägt die Richtung des „technischen Fortschritts“, sondern die vergleichsweise abstrakten, möglicherweise sogar virtuellen Modellwelten der Entwickler in den Labors der Herstellerbetriebe.⁹ Durch die De-Kontextualisierung (Hack u.a. 1991) sozialer Bezüge der Produktion und die Konzentration ihrer Anstrengungen auf die „technische Seite“ der Produktentwicklung beeinflussen diese zum einen die später noch möglichen Spielräume zur Gestaltung der (sozialen) Arbeitsumwelten stark. Da die Realität in der Produktion aber nicht notwendig mit den Modellwelten der Entwickler von Produktionstechnik übereinstimmt, kann der Prozeß der Re-Kontextualisierung zum anderen zu erheblichen Störungen im praktischen Betrieb führen. Diese Friktionspotentiale sind dann nicht nur technischer, sondern auch sozialer Art - die Frage ist dann vor allem, wie sie wahrgenommen werden und wie mit ihnen umgegangen wird.

Damit läßt sich für die Entwicklung von Produktionstechnik ein erster Trend festhalten, dessen Merkmale, verstärkt durch die Tendenz zu systemischer Rationalisierung, zunehmende Komplexität und Verwissenschaftlichung sowie Erzeugungsbedingungen sind, die sich durch eine wachsende soziale Distanz zu ihrem Einsatz in der unmittelbaren Produktion auszeichnen.

(2) Dem steht ein zweiter Trend gegenüber, der aus den spezifischen Anwendungsbedingungen von Produktionstechnik folgt. Im Unterschied zu anderen Waren geht diese direkt in den produktiven Konsum ein, d.h., ihre Funktion besteht vor allem darin, einen Beitrag zur Erzielung von Gewinnen zu leisten. Dazu sollte sie entweder die Produktionseffizienz steigern, Kosten sparen oder einen höheren Output ermöglichen (vgl. den Beitrag von Schmierl in diesem Band) - ein Zusammenhang, der innerhalb der technik-

9

So stellte der unzureichende Anwendungsbezug zahlreicher Hersteller von Industrierobotern für die Werkstückhandhabung im Maschinenbau und die fehlende Wirtschaftlichkeit ein entscheidendes Durchsetzungshindernis für solche Technologien in den 80er Jahren dar (Deiß u.a. 1990).

soziologischen Diskussion zumindest teilweise gern ausgeblendet wird. So merkt Renate Mayntz zu Recht und mit einem Schuß Ironie an, daß der „heute besonders verbreitete sozialkonstruktivistische Ansatz“ sich, wie die Techniksoziologie insgesamt, nicht mehr einseitig auf die Produktionstechnik beziehe. „Die Anhänger dieses Ansatzes beschäftigen sich außerdem besonders gern mit einzelnen Artefakten wie dem Fahrrad oder dem Elektroauto und haben wenig zur Analyse von extensiven und komplexen soziotechnischen Systemen (...) beigetragen“ (Mayntz 1993, S. 99). Es ist eben dieser Gegenstandsbezug im Ansatz der Sozialkonstruktivisten, der zu der Feststellung Anlaß gab, daß Ökonomie und Soziologie bei der Analyse der Technikentwicklung komplementäre Probleme haben: „In studies of technology, the gap between economic and sociological explanation is pervasive. Economic analysis is often based upon assumptions sociologists regard as absurd, while sociological writing often almost ignores the dimension of cost and profit“ (MacKenzie 1990, zitiert nach Williams, Edge 1992, S. 37).

Wenn nun Produktionstechnik in einem sehr engen Bezug zu den Dimensionen von Kosten und Gewinn entwickelt wird, dann ist klar, daß ein Innovationsmodell, das die Kunden als letzte Instanz der „Qualitätssicherung“ zur Prüfung der Anwendungsreife von Technik und damit als Versuchskaninchen mißbraucht (wie das etwa in der Softwareindustrie inzwischen üblich ist), hier nicht funktionieren kann. Technikentwicklung kann dann aber auch nicht entsprechend einem einfachen Kaskadenmodell erfolgen, demzufolge ausgehend von wissenschaftlichen Erkenntnissen Technologien konstruiert werden, die dann in der Produktion eingesetzt werden („science-technology-production“ - vgl. Hirsch-Kreinsen 1995).

Vielmehr ist davon auszugehen, daß der Prozeß der Entwicklung von Produktionstechnik 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“ oder „Orientierungskomplexe“ (Krohn, Rammert 1985) der beteiligten kollektiven Akteure abzugleichen.¹⁰ Insbesondere in bezug auf die Entwicklung von Produktionstechnik erscheint es daher plausibel, Technikgenese als „rekursiven Prozeß“ zu konzeptualisieren (Asdonk u.a. 1991). Technikentwicklung ist damit aber nicht mehr eindeutig zeitlich vor der Technikanwendung anzusiedeln; das klassische linear-sequentielle Modell der Technikgenese gilt hier nicht: Inkrementelle Innovationen der Produktionstechnik sind das Resultat von Technik- und Organisationsfolgen.

¹⁰ So richtig es ist, im Prozeß der Technikentwicklung das Gewicht verschiedener Rationalitäten zu betonen und darauf zu insistieren, daß sich dieser Prozeß nicht entsprechend einer einzelnen Logik vollzieht, so muß doch darauf bestanden werden, daß es nicht genügt, eine undurchschaubare Gemengelage verschiedenster Faktoren bei der Technikentwicklung am Werke zu sehen (vgl. etwa Rammert 1992a). Die spannende Frage scheint immer noch zu sein, welches der Kriterien letztlich doch am wichtigsten ist und warum und wie dies entschieden wird (vgl. auch Bender 1996).

Dies verweist darauf, daß die fertigungstechnische Entwicklung einem ständigen Anwenderdruck auf Verbesserungen unterliegt, weil dadurch die Kosten verringert und die Produktivität gesteigert werden können. Sie ist daher auf ihren verschiedenen Stufen einem mehr oder weniger direkten Einfluß von Anwenderinteressen und -problemen ausgesetzt und vollzieht sich in einem *engen Kreislauf zwischen Entwicklung, Anwendung und Weiterentwicklung* (Hirsch-Kreinsen 1993, S. 39 f.).

Auf der Anwenderseite finden fertigungstechnische Innovationen aber nur unter der Maßgabe des Rentabilitätskalküls statt. Dies impliziert eine möglichst lange Nutzung vorhandener Maschinen und Anlagen einerseits und drängt auf eine Minimierung von Innovationskosten andererseits. Vermeidung von Innovationsrisiken bedeutet hier, bei der Rationalisierung möglichst immer auf der sicheren Seite zu bleiben, auf eine nur schrittweise und allmähliche Weiterentwicklung und Modifizierung technischer Anlagen und Systeme zu setzen. Entwicklungssprünge oder „technologische Paradigmenwechsel“ fertigungstechnischer Entwicklung, die durch die Nutzung von neuem wissenschaftlichen und technologischen Wissen oder grundlegend neuen industriellen Rationalisierungsstrategien angestoßen werden, sind deshalb eher die Ausnahme als die Regel (Deiß u.a. 1990).

(3) Wie vermitteln sich nun die beiden, hier idealtypisch dargestellten Trends der sich verstärkenden Verwissenschaftlichung einerseits und der beständigen Rückkopplung an die Fertigungsnotwendigkeiten der Anwender von Produktionstechnologien andererseits? Hier ist von einem sich ständig reproduzierenden *Spannungsverhältnis zwischen der Verwissenschaftlichung und den Anforderungen industrieller Praxis* auszugehen (Deiß 1995, S. 44 ff.). Im Prozeß fertigungstechnischer Entwicklung bricht sich die Nutzung von Wissenschaft und Technologie in besonderer Weise an den kontingenten Anforderungen industrieller Praxis, die stofflicher, ökonomischer und sozialer Natur sind. Verwissenschaftlichung kommt gleichsam nicht zu sich selbst, die sie vorantreibenden (kollektiven) Akteure müssen sich immer auch mit den (scheinbar) nichtobjektiven Vorstellungen der Praktiker rückkoppeln. Daß dies nicht geregelt und regelmäßig passiert, erzeugt Reibungsverluste in der Phase der Implementation produktionstechnischer Lösungen. Umgekehrt kann nicht davon ausgegangen werden, daß die Praktiker in der Produktion (in den Anwenderbetrieben) sich mit den Entwicklern (in den Herstellerbetrieben) ständig rückkoppeln und ihre Erfahrungen und Wünsche austauschen. Dies sorgt ebenfalls für Friktionen im Implementationsprozeß. Die zwischen Herstellern und Anwendern zunehmende Intransparenz bezüglich der jeweiligen spezifischen (technischen und sozialen) Anforderungen führt dazu, daß die fertigungstechnische Entwicklung potentiell hinter den jeweils erreichbaren wissenschaftlich-technischen Möglichkeiten zurückbleibt.

Zudem verstärkt die Tendenz zu systemischer Rationalisierung mit dem ihr eigenen Momentum des zunehmenden Einsatzes flexibel nutzbarer Produktionstechnologien letztlich die Abkopplung ihrer Entwicklung von den einzelnen Anwendungsfeldern und damit auch von den jeweiligen Voraussetzungen auf der Ebene der unmittelbaren Produktion (vgl. Bieber 1997). Dadurch entstehen zwar einerseits neue Anwendungsmöglichkeiten, andererseits werden aber neue Anstrengungen erforderlich, die dann vorhandenen technischen Möglichkeiten mit den konkreten Gegebenheiten der industriellen Praxis zu vermitteln (Böhle 1992, S. 119).

5. Technikmärkte als vermittelnde Einflußgröße

Ein zentrales Medium dieser Vermittlungs- und Austauschprozesse zwischen den an Technikentwicklung beteiligten Akteuren ist der Markt für Produktionstechnologien. Dabei ist in Anlehnung an die neuere industrieökonomische Diskussion davon auszugehen, daß an diese Prozesse je nach Komplexität der Technik verschiedene Anforderungen gestellt werden, die keineswegs immer nur durch marktförmige oder hierarchische Beziehungen bewältigt werden können, sondern zwischen beiden Extremformen liegende, kooperative Abstimmungsmechanismen erfordern. Markt wird hier eng verstanden als Koordinationsmechanismus häufig einmaliger Austauschbeziehungen, der sich primär über Preis und Konkurrenz regelt. Davon zu unterscheiden sind hierarchische Beziehungen, in denen Austausch betriebsförmig nach Anweisungen eines Partners oder innerhalb eingespielter Routinen erfolgt. Zwischen beiden Polen finden sich „Kooperation“ und „Netzwerk“ als eher stabile, auf Dauer angelegte und Kommunikationsprozesse einschließende Austauschformen verschiedener, z.T. mehrerer Partner, die im einzelnen allerdings sehr unterschiedlich ausfallen können (Kramer, Tyler 1996). Der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Formen von Austauschprozessen und dem Verlauf von Technikentwicklung ist allerdings noch offen und bedarf, vor allem differenziert nach den Bedingungen unterschiedlicher Felder der Entwicklung von Produktionstechnik, noch eingehenderer Untersuchungen.

(1) Ganz allgemein ist es einigermäßen schwierig, in bezug auf die Prozesse der Entwicklung und Vermarktung von Produktionstechnologien zu generalisierbaren Aussagen zu kommen. Aufgrund der verschiedenen Branchenstrukturen (sowohl auf Anwender- als auch auf Anbieterseite), der differierenden stofflichen Eigenschaften der angebotenen Produkte und des jeweiligen Grades der Verwissenschaftlichung der Produktion gibt es ganz *unterschiedliche Technik(teil)märkte*, auf denen Unternehmen agieren bzw. sich bestimmter Techniken bedienen. Darüber hinaus spielen hier sehr unterschiedliche Kriterien eine Rolle, die über die Position des jeweiligen Unternehmens auf dem Technikmarkt entscheiden (wiederum: sei es als Anbieter oder als Nutzer von Produktionstechnologien - vgl. Döhl 1989). Zu nennen wären hier die Struktur des Mark-

tes, auf dem das Unternehmen hauptsächlich tätig ist, seine ökonomische Potenz, die von ihm hauptsächlich genutzten Produktionstechnologien (Technisierungsniveau), das Netzwerk, in das es vorrangig eingebunden ist, die bei ihm dominierenden Innovationsmuster - um nur die wichtigsten zu nennen.

Die Frage nach dem Technikmarkt richtet sich dabei weniger auf die ökonomisch vermittelten (Vertrags-)Verhältnisse zwischen den Anbietern und Nachfragern solcher Techniken; *im Zentrum stehen vielmehr die auf diesem Markt ablaufenden sozialen Prozesse der Vermittlung zwischen Herstellung und Anwendung konkreter produktionstechnischer Systeme*. Diese Prozesse vollziehen sich in verschiedenen Formen des Verhältnisses zwischen Hersteller- und Anwenderunternehmen, in denen unterschiedliche Bedingungen, Interessen und Strategien beider Seiten wechselseitig aufeinander Bezug nehmen (müssen). Innerhalb dieses komplexen Vermittlungszusammenhangs erlangen allerdings auch andere soziale Faktoren (etwa besondere Markt- und Angebotsstrukturen, Kooperationsnetzwerke) und Einflußgruppen (wie z.B. Beratungsunternehmen und überbetriebliche oder wissenschaftliche Institutionen) an Bedeutung.

(2) Gerade unter dem Druck veränderter Rationalisierungserfordernisse, wie sie oben kurz angesprochen wurden, wandeln sich die Anbieterstrukturen auf dem Technikmarkt erheblich, was wiederum die Herausbildung spezifischer Hersteller-Anwender-Konstellationen und - darüber vermittelt - die jeweilige Verlaufsform von Technikentwicklung beeinflussen kann. So zeigt sich etwa, daß auf dem Technikmarkt zunehmend Hersteller unterschiedlicher Fach- und Produktprovenienz auftreten, die nur mehr die unterschiedlichsten, auf diversen „Anwendungsphilosophien“ und Entwicklungsrichtungen basierende Systemkomponenten sowie relativ abstrakte Konzepte umfassend integrierter Systeme erarbeiten und anbieten bzw. für deren Realisierung als Promotor fungieren. Solche Systemlösungen lassen sich kaum mehr eindeutig nach Quantität und Qualität abgrenzbaren und insgesamt überschaubaren Marktsegmenten zuordnen. Vielmehr differenziert sich die Angebotsseite des Technikmarktes sowohl bei den Technikherstellern als auch bei den von diesen offerierten Techniksystemen enorm aus. Gleichzeitig führen Prozesse der Unternehmenskonzentration und Kooperation in verschiedenen Fällen zur „Verschmelzung“ von Teilmärkten und technischen Entwicklungslinien (s. u.).

Mit dieser Dynamik des Technikmarktes verbinden sich insgesamt starke *Umbrüche, die für die Stellung der Anwender auf dem Markt und im Verhältnis zu den einzelnen Techniklieferanten gravierende Konsequenzen* haben, etwa hinsichtlich der Markttransparenz, der Know-how-Abhängigkeit der Anwender und damit der Frage, ob im Einzelfall die für die Anwender notwendigen und geeigneten Systemlösungen verfügbar und implementierbar sind und dann auch von ihnen beherrscht werden können. Es geht dabei vor allem um die „Strategiefähigkeit“ von Anwendern (extern auf dem Technikmarkt und intern bei der Prozeßgestaltung), um die Breite der Nutzungspotentiale, zwi-

schen denen Anwender auf dem Technikmarkt und unter den angebotenen Systemalternativen wählen können, und letztlich auch um die Spielräume, die für die Gestaltung von Arbeit im Anwenderbetrieb offenstehen.

(3) In welcher Weise solche Zusammenhänge und Veränderungen auf den Technikmärkten für die Entwicklung und den Einsatz von Produktionstechnik Bedeutung gewinnen können, soll im folgenden mit Blick auf die *Entwicklung in den 80er Jahren* kurz skizziert werden.

(a) Schon früh zeigte sich, daß das entwicklungsbezogenen eher vorsichtige und tentative Vorgehen der Techniklieferanten vielfach nicht ausreichte, um mit den neuartigen, systemisch orientierten Ansprüchen der Anwender fertig zu werden. Zum einen waren die bisherigen Markt- und Beziehungsstrukturen wenig dafür geeignet; sie mußten sukzessive verändert werden. Zum anderen 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 Voraussetzungen verfügten, um systemtechnische Problemlösungen ausreichend projektieren, entwickeln, implementieren und schließlich auch deren Funktionsfähigkeit gewährleisten zu können. Vor allem waren viele von ihnen 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.

Das Risiko, nicht genügend anwendungsbezogen konzipierte Leistungen zu erbringen, war deshalb besonders hoch. Denn generelles Wissen oder gar Erfahrungen über den Einsatz von Steuerungstechniken, über deren Verknüpfung mit anderen Steuerungsfabrikaten und mit EDV-Systemen sowie Kenntnisse über Softwaregestaltung und die Entwicklung computergestützter Fertigungsabläufe mußten erst sukzessive aufgebaut werden. Zudem klaffte 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 sei. Dies war gerade auch bei Fachleuten gleicher Branchenzugehörigkeit und qualifikatorischer Herkunft der Fall. Von daher konnten sich zunächst zwischen beiden Seiten kaum über die herkömmliche Marktorientierung hinausgehende geeignet kooperative 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.

Die Hersteller von Produktionstechniken standen also durchgängig vor *erheblichen Anpassungsproblemen* und mußten gewaltige Anstrengungen unternehmen, um damit fertig zu werden. Notwendig war einmal die Erweiterung der eigenen Qualifikationsressourcen um Elektronik- und Informatikkenntnisse, um Erfahrungen im Anlagenengineering und in der Fertigungsorganisation; erforderlich waren ferner Erkenntnisse über die fertigungstechnologischen Besonderheiten einzelner Anwendungsfelder. Auch waren grundlegende produkt- und absatzpolitische Entscheidungen notwendig, etwa darüber, ob und inwieweit Steuerungstechniken selbst entwickelt 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.

Zahlreiche Unternehmen standen dabei vor der schwierigen Alternative, entweder als Generalunternehmer bzw. Systemlieferant gegenüber den Anforderungen 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 sollen. Der Weg etwa vom herkömmlichen Werkzeugmaschinenbauer zum Lieferanten systemtechnischer Komplettlösungen erwies sich für die meisten von ihnen allerdings als äußerst langwierig, von der Aufgabenstellung her als sehr problematisch und mit erheblichen Risiken behaftet (vgl. Deiß u.a. 1990).

Eine Verbesserung der problematischen Situation solcher „Systemlieferanten“ trat im allgemeinen nur dann ein, wenn diese erfolgreich dazu übergingen, Produkte und Systeme hinsichtlich der maschinentechnischen und der steuerungstechnischen Hardware modular zu konstruieren, standardisierte Softwarebausteine zu entwickeln und geeignete kooperative Beziehungen zu Lieferanten von Komponenten wie auch zu den Anwendern aufzubauen (vgl. den Beitrag von Schmierl in diesem Band). Nur auf diese Weise ließ sich der anwendungsspezifische Entwicklungs- und Anpassungsaufwand eingrenzen und der Umfang unvorhersehbarer Schnittstellen- und Softwareprobleme reduzieren, also eine Möglichkeit finden, um mit den Problemen von Komplexität und Spezifität besser umgehen zu können.

Zudem mußten die Hersteller von Produktionstechniken 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 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, Softwarehäusern, Beratern, wissenschaftlichen Einrichtungen, Pilotanwendern usw.) gesucht wurde bzw. gelang.

Unsere Forschungsergebnisse zeigen, daß sich zahlreiche Technikhersteller bei diesen produkt- und entwicklungspolitischen Anstrengungen - und zwar nicht nur rein kostenmäßig - übernahmen bzw. verkalkulierten, indem sie etwa riskante Innovationswege einschlugen, den Anwendern zuviel versprachen und ungeeignete (weil überdimensionierte und/oder überautomatisierte) Problemlösungen lieferten.

Die Ursachen für derartige Anpassungsprobleme lagen und liegen zu einem erheblichen Teil darin begründet, daß sich zwar allmählich neue Beziehungsformen zwischen Herstellern und Anwendern herausbildeten, daß aber die Technikhersteller ebenso wie die Anwender und andere, oft neu auf den Technikmärkten auftretende Akteure (wie z.B. Softwarelieferanten, Berater, überbetriebliche und wissenschaftliche Institutionen etc.) (noch) zu wenig fähig oder bereit waren, die damit verbundenen schwierigen Anforderungen der Kooperation, der wechselseitigen Abstimmung mit mehreren Partnern etc. hinreichend einzulösen und die bisherigen Orientierungen und Praktiken im Prozeß der Technikentwicklung und -beschaffung aufzugeben.

(b) Die veränderte Situation in den Austauschprozessen zwischen Herstellern und Anwendern von Produktionstechniken hatte gravierende Konsequenzen auch für die bislang auf dem Technikmarkt vorherrschenden Strukturen und Beziehungen, mithin auch für die Bedingungen und Chancen einer erfolgreichen Anpassung der Unternehmen selbst. Neben einem bereits bedeutsamen *Wandel zum Käufermarkt* zeichneten sich gewichtige strukturelle Veränderungstendenzen ab, die zum Teil auch heute noch wirksam sind:

Der *Markt für Produktionstechniken* wurde zunehmend durch verschiedene *Polarisierungs- und Differenzierungstendenzen* geprägt (vgl. insbesondere den Beitrag von Schmierl in diesem Band). Es ergab sich eine Marktaufspaltung dadurch, daß auf der einen Seite System- oder Komplettlieferanten standen, die den Anwendern umfassende produktionstechnische Problemlösungen lieferten, in die eigengefertigte und fremdbezogene Technikkomponenten integriert waren. Auf der anderen Seite befand sich eine große Zahl von Herstellern fertigungstechnischer Komponenten und Module wie z.B. von Einzelmaschinen, die Produktionssysteme ergänzen (wie etwa Meßmaschinen,

Waschmaschinen usw.), von Peripherieeinrichtungen (zur Handhabung und zum Transport von Werkzeugen und Werkstücken), von EDV-Techniken und Softwaresystemen; dabei handelte es sich um Unternehmen, die selbst keine Systemlösungen produzieren konnten oder wollten, die ihre Erzeugnisse, i.d.R. versehen mit integrationsfähigen Schnittstellen, auf Bestellung für diese System- und Komplettlieferanten herstellten und von daher immer mehr die Position eines bloßen Vorlieferanten von produktionstechnischen Teilprodukten einnahmen bzw. einnehmen mußten.

Eine weitere Differenzierung ergab sich daraus, daß sich gegenüber den traditionellen Herstellern von Fertigungstechniken, die sich zu Lieferanten kompletter produktionstechnischer Systeme entwickeln 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 einzelnen Maschinenbauern - ebenfalls 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 Systemhäuser 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 Kooperationstendenzen ab, indem bislang unabhängige Hersteller ihre angestammten Produktfelder überwandten 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) Im Gefolge dieser Entwicklungen auf der Anbieterseite des Technikmarktes stellten sich im Verlauf der 80er Jahre auch grundlegende *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.

Grundsätzlich veränderten sich für die Anwenderbetriebe vor allem die Bedingungen der Technikbeschaffung, zum Teil entstanden für sie neuartige strukturelle Abhängigkeiten. Dadurch wurde 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 Mit-

arbeiter 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. Dabei waren die meisten Anwender tendenziell darauf angewiesen, außerhalb ihrer Betriebe verfügbare Erfahrungen und Qualifikationen in Anspruch zu nehmen.

In diesem Zusammenhang kristallisierten sich allmählich engere Beziehungen zwischen Herstellern und Anwendern heraus, als sie bei der Beschaffung konventioneller Techniken praktiziert worden sind: Innerhalb unterschiedlicher 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 intensiver Hersteller-Anwender-Beziehungen nahmen letztere zwar eine vergleichsweise starke Position ein, indem sie vertragliche Anforderungen wie verbindliche Fertigstellungstermine, Vertragsstrafen, hohe Verfügbarkeits- und Nutzungsgrade von Gesamtsystemen usw. verlangen und anwendungsspezifische Problemlösungen vereinbaren konnten. Gleichwohl gerieten die *Anwender* 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, wie in unter 2. bereits problematisiert wurde, 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 der neuen 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 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 die Technikhersteller dazu, bei der Projektierung fertigungstechnischer Systeme aus ihrer Sicht bewährte und standardisierte Konzepte und Techniken zu verwenden, um den Entwicklungs- und Anpassungsaufwand geringzuhalten. Diese Technikprodukte waren jedoch nicht selten auf ganz bestimmte und zumeist anders gelagerte Anwendungsfälle - vor allem in Großunternehmen - entwickelt worden (vgl. Döhl 1989; vgl. den Beitrag von Bieber in diesem Band).

Anwenderbetriebe liefen bzw. laufen damit auch innerhalb solch enger 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 gehen sie dabei ein grundlegendes Risiko ein: Die *Anwender 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.

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, wird damit aber deutlich, daß im Prozeß der Entwicklung von Produktionstechniken durchaus *vorstrukturierende Zusammenhänge des Technikmarkts* am Wirken sind. In Abhängigkeit von marktlichen Beziehungsstrukturen können sich bestimmte technisch-organisatorische Systemlösungen mit entsprechenden arbeitsorganisatorischen Nutzungspotentialen herausbilden, die *Entwicklungskorridore von Arbeitsorganisation und Personaleinsatz* vorzeichnen.

(4) Insgesamt gesehen zeigt sich, daß sich innerhalb dieser Zusammenhänge auf den Märkten für Produktionstechnologien - insbesondere mit Blick auf unterschiedliche Anwendertypen - verschiedene Formen von Hersteller-Anwender-Beziehungen herausbilden. Diese können im Rahmen der konkreten Rationalisierungsaktivitäten der Anwender die Entwicklung und die Auslegung von Techniksystemen und die damit verbundenen Nutzungspotentiale in unterschiedlicher Weise prägen. Das Spektrum der praktizierten Hersteller-Anwender-Beziehungen ist vielfältig geworden, läßt sich aber doch vor allem durch folgende, eher idealtypisch charakterisierte Formen beschreiben:

- Dominanz der Technikhersteller, wobei Standardlösungen geliefert werden, die allenfalls an einzelne Einsatzbedingungen bei den Anwendern angepaßt, insgesamt jedoch für diese nur bedingt geeignet sind. Eine Ursache dafür ist, daß solche Lösungen auf die Bedingungen zumeist großbetrieblicher Anwender zugeschnitten sind, ohne daß sie weiter adaptiert werden (können);
- kooperative Hersteller-Anwender-Beziehungen etwa als gemeinsame Entwicklung von Systemlösungen zwischen einzelnen Anwendern und Herstellern sowie ggf. anderen Akteuren wie Beratern, wissenschaftlichen Einrichtungen etc. oder vermittelt über die Generalunternehmerschaft eines Herstellers;
- Dominanz des Anwenders, indem dieser entweder als großbetrieblicher Nachfrager von einem Technikhersteller - oder von mehreren - fordert, ein System in der Auslegung (einschließlich der dafür benötigten Komponenten) zu projektieren und zu installieren, wie dies von ihm selbst weitgehend autonom festgelegt wurde, oder aber indem er gleichsam als Generalunternehmer in eigener Sache seine Systemlösung selbst plant und entwickelt und die jeweils dafür zu beschaffenden Komponenten gegenüber den Herstellern definiert.

Dabei machen unsere Befunde deutlich, daß sich die Nutzungspotentiale technischer Systemlösungen bei Herstellerdominanz innerhalb relativ enger, von anwenderübergreifenden Produkt- und Absatzstrategien der Hersteller gesteckter Grenzen bewegen. In bestimmten Fällen der Anwenderdominanz, vor allem aber im Rahmen kooperativer Beziehungen eröffnet sich hingegen weit eher ein breites, von den jeweiligen Anwenderbesonderheiten bestimmtes und daher sehr verschiedene Potentiale umfassendes Feld zur Schaffung und Nutzung arbeitsorganisatorischer Alternativen.

6. Resümee

Mit Bezug auf die Frage nach einem angemessenen Rationalisierungsbegriff haben wir zunächst das Generalthema einer Kritik des technologischen Determinismus aufgegriffen, um dann über einige knappe Bestimmungen dessen, was Produktionstechnik ausmacht, auf die vermittelnde Variable des Technikmarktes und auf das Problem des Verhältnisses von Herstellern und Anwendern von Produktionstechnik und seinen Entwicklungen in den 80er Jahren zu kommen. Charakteristikum des Technikmarktes scheint unter den Vorzeichen von immer komplexeren Technologien und von Rationalisierungsstrategien mit immer größerer Reichweite zu sein, zugleich Stoff und Wert, Markt und Hierarchie, Materielles und Immaterielles miteinander zu vermitteln - und sich dabei einerseits zwar vor den Augen der Öffentlichkeit (wie etwa auf Industriemessen), andererseits aber im schwer durchdringbaren Dickicht markt- und machtbedingter Beziehungen abzuspielen. Wenigstens in einzelnen Segmenten dieses Marktes empirisch gerichtete Forschung zu betreiben und dadurch einen Beitrag zur Überwindung der traditionellen Engführungen industriesoziologischer Forschung zu leisten, war das Ziel dieser Studie und ist das Anliegen dieses und der folgenden Teile des Berichts.

Literatur

- Altmann, N.; Deiß, M.; Döhl, V.; Sauer, D.: Ein „Neuer Rationalisierungstyp“ - neue Anforderungen an die Industriosozologie. In: Soziale Welt, Heft 2/3, 37. Jg., 1986, S. 191-206.
- Altmann, N.; Bechtle, G.: Betriebliche Herrschaftsstruktur und industrielle Gesellschaft, München 1971.
- 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.
- Bahr, H.-D.: Die Klassenstruktur der Maschinerie - Anmerkungen zur Wertform. In: R. Vahrenkamp (Hrsg.): Technologie und Kapital, Frankfurt 1973, S. 39-72.
- Bechtle, G.: Das Resultat hatte seinen Grund schon im Anfang - Zur neueren Marx-Kritik nach dem Ende des realen Sozialismus. In: Soziologische Revue, Heft 4, 17. Jg., 1994, S. 410-418.
- Bender, G.: Gegenwartserzeugung durch Zukunftssimulation - Transnationale Technologieentwicklung als eine Form der europäischen Integration, Frankfurt 1996.
- Bieber, D.: Systemische Rationalisierung und Produktionsnetzwerke. In: Th. Malsch; U. Mill (Hrsg.): ArBYTE - Modernisierung der Industriosozologie? Berlin 1992, S. 271-293.
- Bieber, D.: Probleme unternehmensübergreifender Organisation von Innovationsprozessen. In: D. Bieber (Hrsg.): Technikentwicklung und Industriearbeit, Frankfurt/New York 1997.
- Bieber, D.; Möll, G.: Technikentwicklung und Unternehmensorganisation - Zur Rationalisierung von Innovationsprozessen in der Elektroindustrie, Frankfurt/New York 1993.
- Böhle, F.: Grenzen und Widersprüche der Verwissenschaftlichung von Produktionsprozessen - Zur industriesoziologischen Verortung von Erfahrungswissen. In: Th. Malsch; U. Mill (Hrsg.): ArBYTE - Modernisierung der Industriosozologie? Berlin 1992, S. 87-132.

- Boyer, R.: Neue Richtungen von Managementpraktiken und Arbeitsorganisation - Allgemeine Prinzipien und nationale Entwicklungspfade. In: A. Demirovic u.a. (Hrsg.): Hegemonie und Staat, Münster 1992, S. 55-103.
- Brandt, G.; Kündig, B.; Papadimitriou, Z.; Thomae, J.: Computer und Arbeitsprozeß - Eine arbeitssoziologische Untersuchung der Auswirkungen des Computereinsatzes in ausgewählten Betriebsabteilungen der Stahlindustrie und des Bankgewerbes, Frankfurt/New York 1978.
- Brandt, G.: Marx und die neuere deutsche Industriesoziologie. In: Leviathan, Heft 2, Opladen 1984, S. 195-215 (auch in: Brandt 1990, S. 254-280).
- Brandt, G.; Papadimitriou, Z.: Was trägt die industriesoziologische Forschung zur Entwicklung eines sozialwissenschaftlichen Technikbegriffs bei? In: G. Brandt: Arbeit, Technik und gesellschaftliche Entwicklung. Transformationsprozesse des modernen Kapitalismus - Aufsätze 1971-1987, Frankfurt 1990, S. 189-209.
- Coombs, R.; Saviotti, P.; Walsh, V.: Technology and the Firm - The Convergence of Economic and Sociological Approaches? In: R. Coombs et al. (eds.): Technological Change and Company Strategies, London 1992, pp. 1-24.
- Deiß, M.: Arbeit in der Automobilzulieferindustrie - Probleme und Risiken durch unternehmensübergreifende Rationalisierung. In: WSI-Mitteilungen, Heft 7, 47. Jg., 1994, S. 425-438.
- Deiß, M.: Innovation und Technikmarkt - Entwicklung von Produktionstechniken im Spannungsfeld von Herstellerstrategien und Anwendungsbezug. In: H. Rose (Hrsg.): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement, Frankfurt/New York 1995, S. 39-68.
- 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.
- Döhl, V.: Die Rolle von Technikanbietern im Prozeß systemischer Rationalisierung. In: B. Lutz (Hrsg.): Technik in Alltag und Arbeit, Berlin 1989, S. 147-166.
- Fricke, W.: Technikgestaltung und industriesoziologische Forschung. In: H. Daheim u.a. (Hrsg.): Soziale Chancen - Forschungen zum Wandel der Arbeitsgesellschaft, Frankfurt/New York 1992, S. 277-310.
- Habermas, J.: Technik und Wissenschaft als „Ideologie“, Frankfurt 1968.
- Hack, L.: Vor Vollendung der Tatsachen - Die Rolle von Wissenschaft und Technologie in der dritten Phase der industriellen Revolution, Frankfurt 1988.
- Hack, L.: Determinationen / Trajekte vs. Konfigurationen / Projekte - Sozioökonomische und soziokulturelle Strukturveränderungen als Resultat der bewußten Gestaltung technischer Innovationen. In: G. Fleischmann; J. Esser (Hrsg.): Technikentwicklung als sozialer Prozeß, Frankfurt 1989, S. 71-105.
- 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.
- Hack, L.; Hack, I.: Die Wirklichkeit, die Wissen schafft - Zum wechselseitigen Begründungsverhältnis von „Verwissenschaftlichung der Industrie“ und „Industrialisierung der Wissenschaft“, Frankfurt/New York 1985.
- Halfmann, J.: Unsicherheit durch Wissenschaft - die Folgen der „Industrialisierung der Wissenschaft“ für die Industrie. In: N. Beckenbach; W. van Treeck (Hrsg.): Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit, Soziale Welt, Sonderband 9, Göttingen 1994, S. 379-392.
- Heimer, Th.: Zur Ökonomik der Entstehung von Technologien, Marburg 1993.
- Hirsch-Kreinsen, H.: NC-Entwicklung als gesellschaftlicher Prozeß - Amerikanische und deutsche Innovationsmuster der Fertigungstechnik, Frankfurt/New York 1993.

- Hirsch-Kreinsen, H.: Institutionelle und personelle Innovationsvoraussetzungen des Werkzeugmaschinenbaus. In: H. Rose (Hrsg.): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement, Frankfurt/New York 1995, S. 11-38.
- Hughes, Th.P.: Networks of Power - Electrification in Western Society 1880-1930, Baltimore/London 1983.
- Karpik, L.: Technological Capitalism. In: St. Clegg; D. Dunkerley (eds.): Critical Issues in Organizations, London 1977, pp. 41-71.
- Kern, H.; Schumann, M.: Das Ende der Arbeitsteilung? - Rationalisierung in der industriellen Produktion, München 1984.
- Knorr-Cetina, K.: Die Fabrikation von Erkenntnis - Zur Anthropologie der Naturwissenschaft, Frankfurt 1984.
- Kramer, R.M.; Tyler, T.R.: Trust in Organizations - Frontiers of Theory and Research, London/New Dehli 1996.
- 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.
- Kubicek, H.; Seeger, P. (Hrsg.): Perspektive Techniksteuerung - Interdisziplinäre Sichtweisen eines Schlüsselproblems entwickelter Industriegesellschaften, Berlin 1993.
- Lang, Ch.: Betriebliche Innovation im sozioökonomischen Umbruch - Die Innovationsfähigkeit von Klein- und Mittelbetrieben unter Krisenbedingungen am Beispiel des baden-württembergischen Maschinenbaus, Diplomarbeit, München 1994.
- Lutz, B.: Technik und Arbeit - Stand, Perspektiven und Probleme industriesoziologischer Technikforschung. In: Ch. Schneider (Hrsg.): Forschung in der Bundesrepublik Deutschland, Weinheim 1983, S. 167-187.
- Lutz, B.: Der kurze Traum immerwährender Prosperität - Eine Neuinterpretation der industriell-kapitalistischen Entwicklung im Europa des 20. Jahrhunderts, Frankfurt/New York 1984 (2. Auflage 1989).
- Lutz, B. (Hrsg.): Das Ende des Technikdeterminismus und die Folgen. In: B. Lutz (Hrsg.): Technik und sozialer Wandel, Frankfurt/New York 1987, S. 34-52.
- Lutz, B.: Technikforschung und Technologiepolitik: Förderstrategische Konsequenzen eines wissenschaftlichen Paradigmenwechsels. In: WSI-Mitteilungen, Heft 10, 43. Jg., 1990, S. 614-622.
- Lutz, B.; Schmidt, G.: Industriesoziologie. In: R. König (Hrsg.): Handbuch der empirischen Sozialforschung, Band 8, 2. Auflage, Stuttgart 1977, S. 101-262.
- MacKenzie, D.: Economic and Sociological Explanations of Technical Change, Edinburgh PICT Working Paper No. 27, Edinburgh University, Edinburgh 1990.
- MacKenzie, D.: Economic and Sociological Explanations of Technological Change. In: R. Coombs et al. (eds.): Technological Change and Company Strategies, London 1992, pp. 25-48.
- MacKenzie, D.; Wajcman, J. (eds.): The Social Shaping of Technology - How the Refrigerator Got its Hum, Milton Keynes 1985.
- Malsch, Th.; Mill, U.: Von der kontrollierten Werkstatt zur „symmetrischen Transparenz“ - Stolpersteine auf dem Weg zum Computer Integrated Manufacturing (CIM). In: Jahrbuch Arbeit und Technik, Bonn 1990, S. 184-197.
- Mayntz, R.: Große technische Systeme und ihre gesellschaftstheoretische Bedeutung. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Heft 1, 41. Jg., 1993, S. 97-108.
- Orlikowski, W.: The Duality of Technology: Rethinking the Concept of Technology in Organizations. In: Organization Science, no. 3, Journal of the Institute of Management Sciences, Providence, 1992, pp. 398-427.
- Piore, M.J.; Sabel, Ch.F.: The Second Industrial Divide - Possibilities for Prosperity, New York 1984.
- Rammert, W.: Research on the Generation and Development of Technology - The State of the Art in Germany. In: M. Dierkes; U. Hoffmann (eds.): New Technology at the Outset, Frankfurt/New York 1992, pp. 62-89.

- Rammert, W.: Wer oder was steuert den technischen Fortschritt? - Technischer Wandel zwischen Steuerung und Evolution. In: Soziale Welt, Heft 1, 43. Jg, 1992a, S. 7-25.
- Sauer, D.; Döhl, V.: Arbeit an der Kette - Systemische Rationalisierung unternehmensübergreifender Produktion. In: Soziale Welt, Heft 2, 45. Jg., 1994, S. 197-215.
- Sauer, D.; Wittke, V.: Vom Wandel der Industriearbeit zum Umbruch industrieller Produktion - Bericht aus dem Schwerpunkt Technik und Arbeit. In: R. Mayntz; B. Meisheit (Hrsg.): Verbund Sozialwissenschaftliche Technikforschung, Mitteilungen 12, Köln 1994, S. 42-59.
- Schmidt, G.: Die „Neuen Technologien“ - Herausforderung für ein verändertes Technikverständnis der Industriesoziologie. In: P. Weingart (Hrsg.): Technik als sozialer Prozeß, Frankfurt 1989, S. 231-255.
- Schumann, M.; Baethge-Kinsky, V.; Kuhlmann, M.; Kurz, C.; Neumann, U.: Trendreport Rationalisierung - Automobilindustrie, Werkzeugmaschinenbau, Chemische Industrie, Berlin 1994.
- Siegel, T.: Das ist nur rational - Ein Essay zur Logik der sozialen Rationalisierung. In: D. Reese u.a. (Hrsg.): Rationale Beziehungen? - Geschlechterverhältnis im Rationalisierungsprozeß, Frankfurt 1993, S. 363-396.
- Wajcman, J.: Technik und Geschlecht - Die feministische Technikdebatte, Frankfurt/New York 1994.
- Williams, R.; Edge, D.: The Social Shaping of Technology - Research Concepts and Findings in Great Britain. In: M. Dierkes; U. Hoffmann (eds.): New Technology at the Outset, Frankfurt/New York 1992, pp. 31-61.
- Winner, L.: Autonomous Technology, Cambridge/Mass. 1977.

Produktionstechnische Innovationsmuster: Strukturelle Veränderungen und Steuerungsprobleme

1. Produktionstechnische Innovationsmuster
2. Fortlaufende Ausdifferenzierung des Innovationsmusters ...
3. ... aber bislang funktionierende Rückkopplungsmechanismen
4. Beschleunigter Wandel seit den 80er Jahren
5. Probleme der Rückkopplung
6. Zur Anpassungsfähigkeit von Netzwerken

1. Produktionstechnische Innovationsmuster

Die Besonderheiten von Produktionstechniken begründen sich darin, daß sie als Produktionsmittel zentrales Element im Prozeß industriell-kapitalistischer Rationalisierung sind und sich unter seinen spezifischen Bedingungen „bewähren“ müssen. Diese Techniken¹ müssen so beschaffen sein, daß sie eine in kosten- wie zeitmäßiger Hinsicht konkurrenzfähige Produktion von Waren hinreichender Qualität erlauben. Ihre Anwendung und ihre Innovation stehen unter dem Druck des Rentabilitätskalküls der Anwender, das auf die Minimierung von Innovationskosten und die Amortisierung vorhandener Maschinen und Anlagen drängt. Vorherrschend sind in der industriellen Produktion Prozesse „schleichender“ Rationalisierung, die auf eine nur schrittweise und allmähliche Weiterentwicklung und Modifizierung technischer Anlagen und Systeme setzen. Jeder Betriebspraktiker kennt zwar eine Vielzahl von Innovationsdefiziten der Anlagen in seinem Betrieb, weiß aber zugleich, daß diese aufgrund laufender Produktionserfordernisse und Kostenüberlegungen frühestens erst mit der nächsten oder gar übernächsten größeren Umstellung beseitigt werden können. Entwicklungssprünge oder „technologische Paradigmenwechsel“ (Dosi 1982), die durch die Nutzung von neuem wissenschaftlichen und technologischen Wissen oder grundlegend neuen industriellen Rationalisie-

1

Unter Produktionstechnik werden Maschinen für Produktionsprozesse mit diskreten Bearbeitungsschritten verstanden; zentral sind hierfür Prozesse der Metallbearbeitung, d.h. Werkzeugmaschinen und damit zusammenhängende Rechnersysteme für die Planung, Steuerung und Organisation der Produktionsprozesse.

rungsstrategien angestoßen werden, sind daher eher die Ausnahme, und produktions-technische Entwicklung weist einen ausgeprägt inkrementellen Charakter auf.

Aufgrund dieses besonderen Charakters von Produktionstechniken sind ihre Entwicklungsprozesse auf den verschiedenen Stufen relativ direkt dem Einfluß von Anwenderinteressen und -problemen ausgesetzt, und es finden sich enge Rückkopplungsprozesse zwischen Entwicklung und Anwendung. Sofern produktions-technische Entwicklung überhaupt Gegenstand der bisherigen sozialwissenschaftlichen Technikforschung war, wurde sie deshalb als organisationsinterner und organisationsexterner „rekursiver“ Prozeß (Asdonk u.a. 1991) oder als „Kreislaufprozeß zwischen Entwicklung, Herstellung, Anwendung und Weiterentwicklung“ (Hirsch-Kreinsen 1993) begriffen.

Auszugehen ist nun davon, daß dieser Kreislaufprozeß innerhalb und zwischen Organisationen verläuft. In intra-organisationaler Perspektive handelt es sich dabei beispielsweise um das Zusammenspiel von Unternehmensbereichen und Abteilungen wie Forschung und Entwicklung, Konstruktion, Produktion und Vertrieb. Fraglos wird damit ein wichtiger Ausschnitt produktions-technischer Innovationsprozesse bezeichnet.² Die Relevanz des Anwendungsfeldes und der ökonomischen Interessen und Strategien potentieller Anwender von Produktionstechnik verweist jedoch auf den großen Einfluß inter-organisationaler Kreislaufzusammenhänge auf den Prozeß der Technikentwicklung. Wesentlich sind hierbei einmal die Austauschprozesse zwischen Herstellern und Anwendern,³ sowie - wie später gezeigt werden soll - die Rolle einer ganzen Reihe weiterer, sehr verschiedener Organisationen, Unternehmen, Institute und Akteure. Diese inter-organisationalen Arrangements kollektiver und korporativer Akteure wurden an anderer Stelle als „produktionstechnische Innovationsmuster“ gefaßt (Hirsch-Kreinsen 1993, S. 48 ff.). Versucht man, diese Arrangements genauer zu fassen, so lassen sich folgende Dimensionen herausarbeiten:

- Die Art des industriellen Anwendungsbezugs der Entwicklungsprozesse und die darüber sich konstituierende Hersteller-Anwender-Beziehung,
- die in diesem Zusammenhang vorfindbare Konstellation der Entwickler und Hersteller von Produktionstechnik sowie
- die damit verwobene Struktur des technischen Personals, das die Technikentwicklung im einzelnen trägt und vorantreibt.

² Innerbetriebliche Innovationsprozesse von Produktionstechniken standen in unterschiedlicher Perspektive bei einer Studie aus Bielefeld (Asdonk u.a. 1991) und vor allem bei zwei neueren SOFI-Studien im Zentrum der Fragestellung (Wolf u.a. 1992; Kalkowski u.a. 1995).

³ Die Relevanz von Hersteller-Anwender-Beziehungen für die Innovationsprozesse von Produktionstechniken arbeiten beispielsweise Deiß u.a. (1990) heraus.

Mit dem Begriff des Innovationsmusters wird die Ebene der am Innovationsprozeß beteiligten Institutionen und Organisationen und ihrer Austauschbeziehungen ins Zentrum der Analyse gerückt. Dieses Konzept steht im Kontext der derzeitigen „Renaissance institutionalistischen Denkens“ in der sozialwissenschaftlichen Technikforschung (Schneider, Mayntz 1995), das nicht zuletzt auch im Rahmen einer ganzen Reihe techniksoziologischer Untersuchungen über die Entstehungsbedingungen und Folgewirkungen großtechnischer Systeme seine Fruchtbarkeit bewiesen hat.

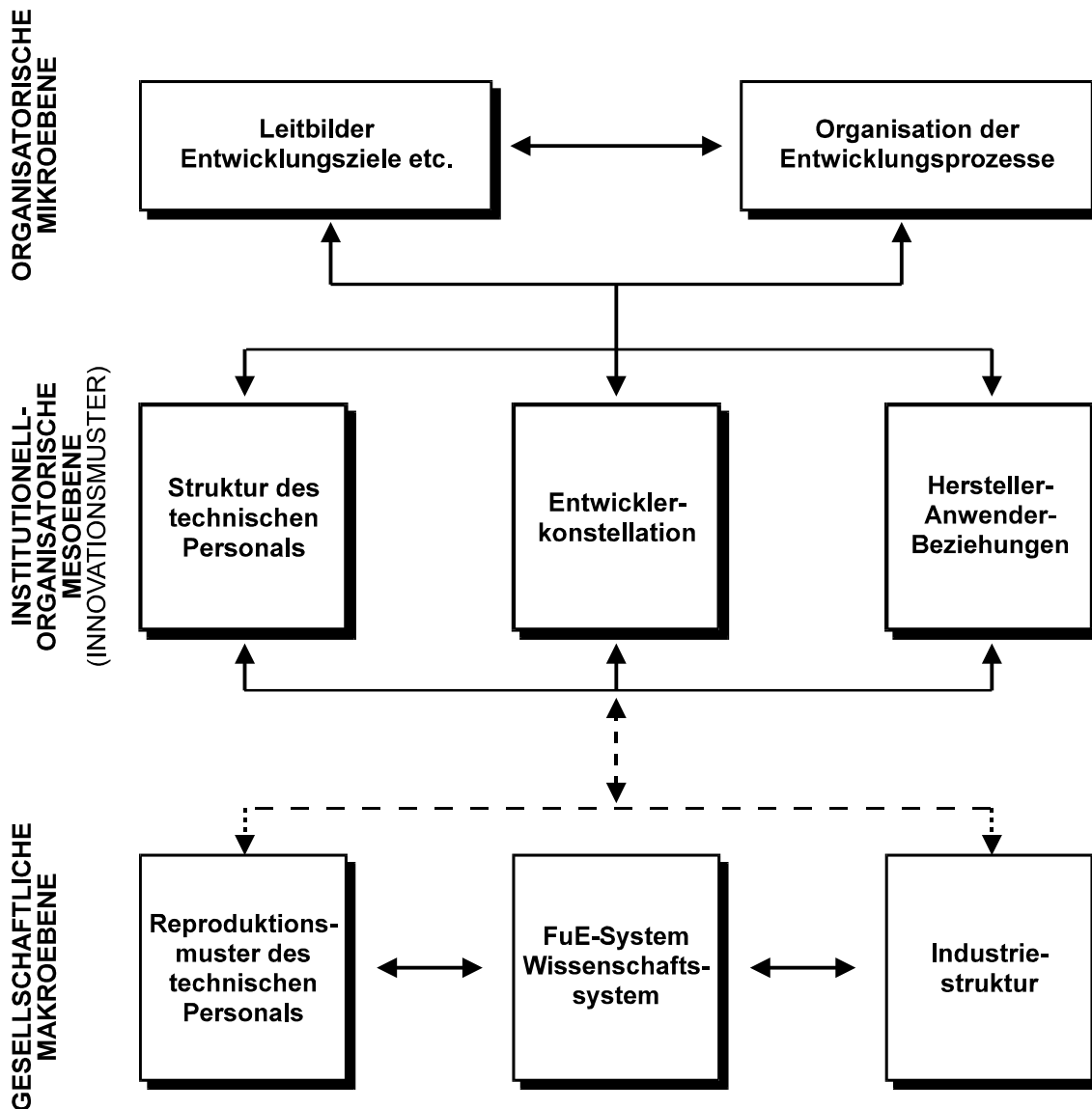
Techniksoziologisch zielt dieses Konzept auf eine doppelte Abgrenzung: Einerseits geht es um die (endgültige) Überwindung subsumtionstheoretischer Interpretationsansätze, die technische Entwicklung allein als Resultat ökonomischer oder auch technologisch-wissenschaftlicher „Sachzwänge“ begreifen (vgl. hierzu z.B. Krohn, Rammert 1985). Andererseits wird eine Grenzlinie zum Sozialkonstruktivismus in seinen verschiedenen Spielarten gezogen, in dessen Sichtweise Technik lediglich Resultat sozialer Aushandlungsprozesse auf der Mikroebene einzelner Organisationen ist, ohne daß institutionelle und gesellschaftsstrukturelle Einflüsse oder technologische Restriktionen Berücksichtigung finden (z.B. Pinch, Bijker 1984; Knorr-Cetina 1991).

Demgegenüber wird hier grundsätzlich Technikentwicklung als Prozeß gefaßt, der in seinem Verlauf den wechselseitigen Einflüssen verschiedener Ebenen ausgesetzt ist. Mit dem Begriff Innovationsmuster wird danach eine „Mesoebene“ der am Innovationsprozeß beteiligten Institutionen und Organisationen bezeichnet. Sie ist einerseits analytisch abzugrenzen gegenüber der „Mikroebene“ handelnder Individuen und Gruppen, denen sie einen Rahmen vorgibt. Gemeint sind hiermit beispielsweise die arbeitsorganisatorischen Formen der Entwicklungsprozesse und die jeweils verfolgten technischen Leitbilder und Entwicklungsziele. Die Mesoebene ist andererseits zu unterscheiden von der „Makroebene“ sozioökonomischer Strukturen: der jeweiligen Industriestruktur, der Beschaffenheit des Wissenschaftssystems und den Reproduktionsmustern des technischen Personals (vgl. dazu König 1993; Schneider, Mayntz 1995). Die institutionellen und organisatorischen Arrangements von Innovationsmustern sind freilich von den Momenten der beiden anderen Ebenen nicht unabhängig, ohne daß jedoch Determinationszusammenhänge gegeben sind (siehe nachstehende Abbildung).

Aufgrund der Relevanz ökonomischer und industriestrukturreller Momente ist für den Verlauf der produktionstechnischen Entwicklung das Zusammenspiel der institutionellen Arrangements mit sozioökonomischen Bedingungen maßgeblich. Der Anwendungsbezug eines Innovationsmusters steht in engem Zusammenhang mit den jeweiligen Industriestrukturen und ihren charakteristischen markt- und produktionsökonomischen Bedingungen, die Entwicklerkonstellation verweist auf das jeweilige Wissenschafts- und Forschungssystem, und die Struktur des technischen Personals ist Resultat seiner gesellschaftlichen Reproduktionsverläufe. Über die damit zusammenhängenden Interes-

sen und Strategien der beteiligten Akteure werden die Pfade der Entwicklung bestimmt. In deren Rahmen sind fraglos in Hinblick auf die konkrete Auslegung einzelner Anlagen und Systeme Wahlmöglichkeiten gegeben, ihre Grenzen können indes nur schwer überschritten werden.

Innovationsbedingungen von Fertigungstechnik



Freilich sind Innovationsmuster langfristig nicht statisch. Sie verändern sich im Zusammenhang mit der fortschreitenden technischen Entwicklung wie aber auch in Folge der Dynamik sozioökonomischer Strukturen. Insofern ist der oben als Kreislaufprozeß gefaßte Zusammenhang zwischen Entwicklung, Anwendung und Weiterentwicklung kein technisch-ökonomischer Automatismus, sondern er unterliegt historisch vielfältigen Einflüssen und verändert sich beständig. Im folgenden soll diesen Veränderungsprozessen und ihren Konsequenzen für Technikentwicklung und Technikanwendung

genauer nachgegangen werden. Angeknüpft wird dabei an die These, daß im Verlauf der Industrialisierung Innovationsmuster produktionstechnischer Entwicklung in einem Prozeß fortlaufender Ausdifferenzierung begriffen sind (vgl. Bieber 1996). Folge ist die beständige Gefahr einer Autonomisierung der Institutionen der Technikentwicklung gegenüber der industriellen Praxis und den Interessen der Technikanwender.⁴ Es besteht ein Spannungsverhältnis zwischen den Institutionen der Technikentwicklung und den Erfordernissen der industriellen Praxis,⁵ das durch stets neue Formen von Rückkopplungsprozessen beherrschbar gemacht werden muß.

Die Rückkopplungsprozesse zeigten vor allem in der jüngeren Vergangenheit der letzten beiden Jahrzehnte bei der produktionstechnischen Entwicklung in Deutschland eine hohe Funktionsfähigkeit. Gegenwärtig erodieren sie aufgrund neuer wissenschaftlicher und technologischer Entwicklungspotentiale und besonders der krisenhaften ökonomischen Entwicklung, durch die die eingespielten institutionellen und organisatorischen Arrangements des Innovationsmusters unter nachhaltigen Veränderungsdruck geraten.

Diese These wird im folgenden in mehreren Schritten entfaltet: Erstens wird - ausgehend von generellen historischen Entwicklungstendenzen - das in Deutschland über Jahrzehnte hinweg eingespielte „praxisorientierte“ Innovationsmuster skizziert. Zweitens werden die Ursachen seiner beschleunigten Ausdifferenzierung untersucht und die damit verbundenen Folgen und Probleme für aktuelle und zukünftige Innovationsprozesse bezeichnet. Schließlich wird im Lichte dieser Befunde die aktuelle sozialwissenschaftliche Diskussion über die besondere Funktionsfähigkeit von Netzwerken für Innovationen aufgegriffen und kritisch beleuchtet.

2. Fortlaufende Ausdifferenzierung des Innovationsmusters ...

Historisch sind im Zuge der Industrialisierung schon frühzeitig Tendenzen einer Ausdifferenzierung der an produktionstechnischer Entwicklung beteiligten Institutionen und Organisationen erkennbar. Rosenbergs instruktive Analyse der Entstehung des amerikanischen Werkzeugmaschinenbaus (Rosenberg 1975) belegt diese Tendenz der Ausdifferenzierung schon für das letzte Jahrhundert. Zu nennen sind auf der Entwicklerseite

4 Dies im Sinne der Verselbständigung von Teilsystemen als generelles Folgeprobleme von Prozessen funktioneller Differenzierung. Verselbständigung meint hier die Fähigkeit von Teilsystemen zur Abwehr von externen Interventionen, zur Neutralisierung von Umwelteinflüssen und zur Immunisierung gegenüber den Interessen anderer Teilsysteme - sei es als Betroffene oder Abnehmer der Leistungen des sich verselbständigenden Teilsystems (Mayntz 1988, S. 36).

5 Industrielle Praxis umfaßt ein weites Feld kontingenter Bedingungen, die von den stofflichen Unwägbarkeiten der Fertigung bis hin zu nicht antizipierbaren sozialen Einflüssen reichen. Sowohl bei Anwendern als auch bei Entwicklern werden die daraus resultierenden Probleme häufig als ausschließlich technische und als technisch-wissenschaftlich lösbare angesehen.

hier Momente wie die Ausgründung eigenständiger Konstruktionsabteilungen und später selbständiger Maschinenbaufabriken, das Aufkommen von Forschungsinstitutionen und der Ingenieurwissenschaften und generell die die massive Zunahme technisch und wissenschaftlich gebildeten Personals. Auf der Anwenderseite korreliert dies mit einem Prozeß gleichfalls fortschreitender Ausdifferenzierung der Einsatzbedingungen von Technik durch die zunehmende Arbeitsteiligkeit von Produktionsprozessen und dem Aufkommen neuer Anwenderbranchen.

Im Verlauf der fortschreitenden Industrialisierung wurden die mit der Ausdifferenzierung verbindenden zentrifugalen Kräfte der an der Technikentwicklung beteiligten Akteure durch funktionierende Rückkopplungsmechanismen gebremst, und die Technikentwicklung blieb an die Bedingungen der industriellen Praxis gebunden. Es erhält sich über viele Jahrzehnte hinweg ein prekäres, in einzelnen historischen Phasen immer wieder gestörtes Gleichgewicht zwischen den aufgrund spezifischer Interessen und praxisferner Zielsetzungen und Leitbilder tendenziell autonom gesetzten Zielen und Kriterien der produktionstechnischen Entwicklung einerseits und den Erfordernissen industrieller Praxis andererseits.

In historischer Perspektive müßte der Frage genauer nachgegangen werden, in welchen Entwicklungsphasen dieses Spannungsverhältnis aufgrund auftretender institutioneller Brüche besonders schwierig zu beherrschen war. Vermutet werden kann dies beispielsweise für den Zeitraum um die letzte Jahrhundertwende, als sich in Deutschland die ingenieurwissenschaftlichen Institutionen herausbildeten und als neue, zunächst einmal praxisferne Institutionen den Prozeß der Technikentwicklung in ihrem an wissenschaftlichem Status und akademischer Reputation orientierten Interesse zu beeinflussen suchten. Eine ähnliche Situation ist für die 20er Jahre zu vermuten, als mit der Einführung des Elektromotors für die Maschinenantriebe statt der bis dahin verwendeten Transmissionsysteme mächtige, aber anwendungsferne Entwickler aus der Elektrotechnischen Industrie die Entwicklungsprozesse zu beeinflussen begannen. Den von ihnen verfolgten Entwicklungszielen ging es zunächst vermutlich mehr um die elektrotechnische Funktionsfähigkeit der entwickelten Komponenten denn um ihre praktische Anwendbarkeit unter den verschiedensten industriellen Bedingungen. Folge war, daß viele Anwender mit den neu konzipierten Maschinenantrieben zunächst einmal nichts anzufangen wußten. Schließlich läßt sich die nur zögerliche Einführung der NC-Technik bis Anfang der 70er Jahre und die damit verbundene Integration von Steuerungsherstellern in den Innovationsprozeß als eine solche Situation auffassen.

Rosenberg faßt das sich immer wieder einspielende Gleichgewicht als „technologische Konvergenz“. Gemeint ist damit, daß die gleichen oder ähnlichen technologischen Prinzipien und Verfahren in den verschiedensten, im Zuge der Industrialisierung sich fortlaufend ausdifferenzierenden Industriesektoren Verwendung finden. Rosenberg beschreibt diesen Prozeß am Beispiel der Diffusion und ständigen Verbesserung der Revolverdrehbank und der Universalfräsmaschine in den USA. Die Entwicklung dieser Techniken nahm im 19. Jahrhundert ihren Ausgangspunkt bei der Waffenherstellung,

um dann mit ständiger Anpassung und Weiterentwicklung in die Industrien der Nähmaschinenproduktion, Fahrradherstellung und schließlich der Automobilproduktion zu diffundieren. Diese Werkzeugmaschinen bildeten als verallgemeinerte Techniken eine wichtige fertigungstechnische Voraussetzung dafür, daß beispielsweise Massenproduktion in den USA sich durchsetzen konnte (vgl. auch Hounshell 1991).

Kern des Vorgangs technologischer Konvergenz verschiedener Industriezweige und Produktionsprozesse ist mithin der Transfer gleicher oder ähnlicher technologischer Prinzipien und Verfahren wie Fräsen, Drehen oder Schleifen von einzelnen, für spezialisierte Anwendungsfälle ausgelegten Maschinen und Anlagen hin zu generellen, in verschiedenen Industriezweigen und Prozeßtypen nutzbaren Fertigungstechniken. Dieser Prozeß des Transfers von Fertigungstechnik ist damit Voraussetzung wie auch Folge des industriellen Wachstumsprozesses, da er ökonomische Entwicklungsmöglichkeiten eröffnet und zugleich Resultat einer wachsenden Nachfrage nach neuen Fertigungstechniken ist. Wesentlicher Akteur war - so Rosenberg - die im 19. Jahrhundert aufkommende Werkzeugmaschinenindustrie, von deren Entwicklungs- und Innovationsfähigkeit es entscheidend abhing, daß die kostensenkenden und kapitalsparenden fertigungstechnischen Innovationen in der Industrie rasch diffundierten und ökonomisches Wachstum stimulierten.

3. ... aber bislang funktionierende Rückkopplungsmechanismen

Dieser Prozeß der „technologischen Konvergenz“ spielte sich in den letzten Jahrzehnten in Deutschland im Rahmen eines Innovationsmusters ein, das als „praxisorientiert“ charakterisiert werden kann (vgl. Hirsch-Kreinsen 1993). Es bezeichnet eine nur begrenzte Autonomisierung produktionstechnischer Entwicklung. Innovationen werden in diesem Rahmen in hohem Maße von anwendungspraktischer Erfahrung und Werkstattwissen und von daraus abgeleiteten ingenieurwissenschaftlichen Regelwissen und Systematiken bestimmt. Im einzelnen lassen sich folgende zentrale Rückkopplungsmechanismen zwischen den Akteuren der Technikentwicklung ausmachen:

(1) Erstens findet ein enges Zusammenspiel zwischen Entwicklern bzw. Herstellern einerseits und Anwendern andererseits im Rahmen relativ stabiler „Maschinenbaukulturen“ statt. Es handelt sich dabei um Marktsegmente, die sich einmal nach Bearbeitungsverfahren wie Drehen, Fräsen, Schleifen usw. unterscheiden. Zum anderen unterscheiden sie sich nach Anwendungsfeld und Kundenbezug, wie es die grobe Unterscheidung zwischen der Herstellung von Standardmaschinen für einen vergleichsweise anonymen Markt und der Entwicklung von Sondermaschinen für spezielle Anwendungsfälle deutlich werden läßt (z.B. Deiß u.a. 1990). Die Herstellung von Standardmaschinen orientiert sich in der Regel an einem bestimmten, etwa branchenmäßig abgrenzbaren An-

wendungsfeld, dessen spezifische Erfordernisse bei der Entwicklung der Maschinen unabhängig von den Bedingungen und Interessen einzelner Anwender Berücksichtigung finden; typisch ist hier der Fall eines Drehmaschinenherstellers, der seine Maschinenentwicklung vor allem auf die Anwendungsbedingungen einer großen Zahl von geographisch auf eine bestimmte Gegend sich konzentrierenden Kleinunternehmen und „Garagenbetrieben“ abstellt und dort auch seine Maschinen schwerpunktmäßig absetzt. Im Fall des Sondermaschinenbaus hingegen besteht in der Regel ein hoher und langjährig eingespielter Einfluß einzelner, u.U. großer Anwender auf die Entwicklung und Weiterentwicklung der technischen Systeme; derartige festgefügte Hersteller-Anwender-Beziehungen finden sich beispielsweise zwischen einzelnen Werkzeugmaschinenbetrieben und Automobilherstellern. Zwischen diesen verschiedenen Marktsegmenten bestehen horizontal nur wenig Kooperationsbezüge, wohl aber innerhalb dieser Segmente in vertikaler Hinsicht zwischen den Herstellern und den Anwendern. Basis für diese vergleichsweise enge Verschränkung⁶ ist ein hohes Maß an wechselseitiger Kenntnis der Interessen und Bedingungen der einzelnen Partner - soziologisch kann von „Vertrauen“ gesprochen werden (vgl. z.B. Mahnkopf 1994).

Besonderes Merkmal dieser vertikalen Kooperationsbezüge sind relativ enge langjährige Beziehungen zwischen Betrieben des Werkzeugmaschinenbaus und ingenieurwissenschaftlichen Instituten, über die Innovationsressourcen bereitgestellt werden. So existieren 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 im direkten Auftrag von Werkzeugmaschinenbetrieben sowohl fertigungsorientierte Grundlagenforschung als auch angewandte Forschung und Entwicklung betrieben werden. Experten des Werkzeugmaschinenbaus sehen daher in diesen Kooperationsbeziehungen eine wichtige Grundlage für die kontinuierlichen Innovationsprozesse im Werkzeugmaschinenbau (vgl. auch Laske 1995; Ruth 1995).

(2) Zweitens basieren diese Kooperationsbeziehungen auf Personalstrukturen, die nicht nur intra-, sondern auch inter-organisatorisch eine hohe Kompatibilität und wechselseitige Durchlässigkeit aufweisen. Gewährleistet wird damit ein kontinuierlicher Fluß an Wissen und Erfahrungen zwischen den verschiedenen Organisationen der Technikentwicklung. Wichtige personell-qualifikatorische Basis dieser kooperativen Rückkopplungsschleifen ist ein fertigungspraktisch erfahrenes, zugleich aber auch wissenschaftlich gebildetes Entwicklungspersonal. Dies zeigt sich einmal an dem hohen Anteil von Fachschul- bzw. Fachhochschulabsolventen, der im Maschinenbau seit den 60er Jahren

⁶ Einer neueren, international vergleichenden Studie zufolge liegt hier ein großer Unterschied zum - immer wieder als beispielhaft diskutierten - japanischen Werkzeugmaschinenbau, wo der Bezug zu bestimmten Anwendungsfeldern sehr viel distanzierter ist (Ruth 1995).

bei durchschnittlich zwei Dritteln aller Ingenieure liegt (Tab. 1). Darüber hinaus stehen bislang Tätigkeiten und Karriereverläufe des technischen Personals in relativ engem Bezug zu betrieblichen Anwendungs- und Fertigungsproblemen. Die Arbeitsprozesse in den Entwicklungs- und Konstruktionsabteilungen zeichnen sich durch enge formelle und informelle Beziehungen zu Fertigungs- und Werkstattbereichen aus (vgl. insbesondere Wolf u.a. 1992; Kalkowski u.a. 1995). Innerhalb der Betriebe ist bis heute ein innerbetrieblicher Aufstieg aus der Werkstatt in die Konstruktionsabteilungen weit verbreitet. Nicht untypisch ist es, daß selbst die anspruchsvolleren Positionen über langjährige betriebliche Aufstiegsprozesse erreicht werden können, die in der Regel von einer Facharbeitertätigkeit ihren Ausgang nehmen.

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 kontinuierliche Wissensfluß wird schließlich durch industrienaher Karrieremuster von Ingenieurwissenschaftlern gesichert. So ist bekanntlich bisher der berufliche Werdegang von Maschinenbauprofessoren an erfolgreiche Karriereabschnitte in der Industrie gebunden. Auch auf der Assistentenebene existieren enge personelle Kontakte zwischen wissenschaftlichen Instituten und der Industrie, die über einen laufenden Personalwechsel von den Instituten in die Betriebe auf Dauer gestellt werden. Voraussetzung hierfür ist die traditionell hohe Kompatibilität zwischen der Branchenstruktur und den Konstruktionserfordernissen des Werkzeugmaschinenbaus einerseits und der Fachrichtungsstruktur der ingenieurwissenschaftlichen Institute andererseits; zu denken ist hier an Teildisziplinen des Maschinenbaus wie Zerspanungslehre, Konstruktionssystematik, Meßtechnik oder Automatisierungstechnik.

(3) Drittens ist die vermittelnde Funktion von Verbänden und ingenieurwissenschaftlichen Communities der verschiedensten Art zu nennen, die eine beständige Kooperation zwischen den Organisationen der Technikentwicklung sicherstellen. Zu nennen sind hier vor allem die bekannten Verbände wie der VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.), der vor mehr als 100 Jahren von der Industrie und Vertretern von Hochschulen gegründete VDW (Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V.), der VDI (Verein Deutscher Ingenieure) wie auch die AIF (Arbeitsgemeinschaft

industrieller Forschungsgemeinschaften). 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 werden finanzielle Mittel für anwendungsorientierte FuE-Projekte bereitgestellt, die in enger Kooperation zwischen wissenschaftlichen Instituten und Werkzeugmaschinenbetrieben bearbeitet werden.

Eine gewisse vermittelnde Rolle kommt darüber hinaus spätestens seit den 70er Jahren auch der staatlichen Technologiepolitik zu, insofern, als sie kooperative Prozesse zwischen den verschiedenen Akteuren der Technikentwicklung fördert und stützt. Zu nennen sind hier beispielsweise eine Reihe größerer produktionstechnischer Verbundprojekte wie die Entwicklung sog. Werkstattorientierter Programmierverfahren (WOP) oder die Förderung neuer Bearbeitungsverfahren (Hochgeschwindigkeitsfräsen). In ihrem jeweils begrenzten Feld kam diesen Projekten eine nicht unwichtige Beschleunigungsfunktion für die Entwicklung dieser Techniken zu.

Dieses - hier in seinen Grundzügen skizzierte - praxisbestimmte Innovationsmuster herrscht in der Bundesrepublik teilweise bis heute vor. Mit Sicherheit dominierte es die produktionstechnische Entwicklung bis weit in die 80er Jahre hinein. In seinem Rahmen wurden zuverlässig jene Produktionstechniken 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 werden (vgl. z.B. auch Manske 1994).

4. Beschleunigter Wandel seit den 80er Jahren

Seit den 80er Jahre beginnen sich die institutionellen Arrangements produktionstechnischer Entwicklung beschleunigt auszudifferenzieren. Im einzelnen verändern sich die Arrangements des Innovationsmusters allerdings widerspruchsvoll: Einerseits ist eine wachsende Zahl vor allem von industriefernen Akteuren an den Innovationsprozessen beteiligt, andererseits ist in Teilbereichen produktionstechnischer Innovationen eine verstärkte Abschottung und Spezialisierung einzelner beteiligter Akteure beobachtbar. Die Rückkopplungsmechanismen, die bisher das prekäre Gleichgewicht zwischen den auf Autonomie drängenden Entwicklungsprozessen und den Erfordernissen der industriellen Praxis sichern, verlieren zunehmend an Wirksamkeit. Die Ursachen dieses Veränderungsprozesses liegen in neuen Nutzungspotentialen von Wissenschaft und Technologie wie aber auch in den industriestrukturellen Folgen der ökonomischen Krise der

letzten Jahre. Beide Ursachenbündel sind miteinander verschränkt und verstärken sich wechselseitig.

4.1 Neue Nutzungspotentiale von Wissenschaft und Technologie

Ein Bündel von Ursachen liegt in den wachsenden Nutzungspotentialen von Wissenschaft und Technologie, die sowohl den Charakter von Produktionstechnik als auch die damit verbundenen Entwicklerkonstellationen beträchtlich zu verändern beginnen. Die wissenschaftlichen und technologischen Potentiale werden nicht nur von der rasanten Entwicklung der Informatik und Computertechnologie, sondern auch von neuen, zu den bisherigen ingenieurwissenschaftlichen Fachrichtungen querliegenden Disziplinen wie Mikrosystemtechnik, Optik, Sensorik und den neuen Materialwissenschaften bestimmt (z.B. Meyer-Krahmer 1994). Diese Einflußgrößen induzieren einen Innovationsschub und eine erhebliche Komplexitätssteigerung von Produktionstechnik. Festmachen läßt sich diese Entwicklung am Einsatz neuer Werk- und Schneidstoffe, an modernen CNC-Steuerungen, an der fortschreitenden Integration verschiedener Bearbeitungsverfahren zu multifunktionalen Bearbeitungszellen, an der Weiterentwicklung flexibler Fertigungssysteme und den vielfältigen Formen von rechnerintegrierten Planungs- und Steuerungssystemen.

Die Entwicklung größerer wissenschaftlicher Potentiale und neuer Techniken läßt sich einmal - im Sinne eines „technology push“ - auf die in den letzten Jahrzehnten verstärkende „Eigendynamik“ der technischen Entwicklungsprozesse und vor allem der wissenschaftsimmanenten Generierung neuen Wissens zurückführen. Diese Prozesse stehen in Zusammenhang mit dem generellen Prozeß der „Industrialisierung der Wissenschafts- und Technikentwicklung“ und der Effektivierung ihrer Methoden und Verfahren, die zur beständigen Ausweitung und Komplexitätssteigerung der Wissensbestände führt (z.B. Lutz 1990).

Dieser Prozeß wird freilich verstärkt - ganz im Sinne eines „demand pull“ - von neuen Strategien der Rationalisierung und des Technikeinsatzes vieler Anwender, die sich in den letzten Jahren durchzusetzen beginnen. Diese gewandelten, systemisch auf den Gesamtprozeß der Produktion und der Wertschöpfungskette insgesamt gerichteten Rationalisierungsstrategien erfordern neue Produktionstechniken, die Bearbeitungs- und Organisationsfunktionen miteinander verknüpfen, Teilprozesse beschleunigen und sie zugleich informationstechnisch zu einem betrieblichen Gesamtsystem verknüpfen (Deiß, Hirsch-Kreinsen 1992). Voraussetzung hierfür ist die umfassende Ausschöpfung der Potentiale der Informatik und der Computertechnologie, vor allem die Ausnutzung der immer billigeren und leistungsfähigeren Systemkomponenten und ihre Verknüpfung mit den herkömmlichen konventionellen Produktionstechniken.

Institutionell und organisatorisch verbindet sich damit ein Prozeß der Ausdifferenzierung der bisherigen Akteure der Technikentwicklung. Vor allem löst sich die bislang vorherrschende hohe arbeitsprozessuale und institutionelle Identität von Entwicklung, Herstellung und Weiterentwicklung im Werkzeugmaschinenbau auf; die Werkzeugmaschinenbranche verändert ihre Strukturen nachhaltig (z.B. Kodema 1993). Der Werkzeugmaschinenbau verliert seine früher ausgeprägt singuläre Position als zugleich Entwickler und Hersteller von Produktionstechnik. Er gibt einen Teil seiner früheren Entwicklungsfunktionen an neu hinzutretende, teilweise in ausgeprägter Distanz zu den Erfordernissen industrieller Praxis stehende Akteure ab.

Zu nennen sind hier einmal die Entwickler von rechnergestützten Steuerungs- und Vernetzungskomponenten aus der Elektrotechnischen Industrie und der in den 80er Jahren schnell wachsenden Computer- und Software-Industrie. Es handelt sich dabei teilweise um Entwicklerunternehmen, die international agieren (z.B. Häusler 1990). Deren Entwicklungsstrategien haben nur einen begrenzten Bezug zu konkreten Anwendungssituationen. Sie zielen vielmehr auf eine möglichst breite Einsetzbarkeit standardisierter Techniken. Ferner gewinnt der Wissenschaftsbereich zunehmend stärkeren Einfluß auf die produktionstechnische Entwicklung; allen vorliegenden Befunden zufolge werden 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, die forcierte Entwicklung von CNC-Steuerungen mit integrierten Programmiersystemen zur Werkstattprogrammierung sowie die anwendungsreife Entwicklung neuer Bearbeitungsverfahren wie das Hochgeschwindigkeitsfräsen. Diese Entwicklungsschritte wurden in den 80er Jahren nicht mehr allein vom Werkzeugmaschinenbau, sondern in beträchtlichem Umfang auch in ingenieurwissenschaftlichen Instituten der Grundlagenforschung angegangen (z.B. Spur 1991). Nicht von der Hand zu weisen ist hierbei die Gefahr, daß die Entwicklungsprozesse zunehmend von Zielen und Interessen wissenschaftlicher Natur bestimmt werden, die sich zunächst ohne Berücksichtigung der Erfordernisse der industriellen Praxis auf die möglichst weitgehende Ausschöpfung der verfügbaren technologischen und wissenschaftlichen Potentiale richten.

Diese Ausdifferenzierung der institutionellen Arrangements der Technikentwickler korreliert mit einer Erosion der bislang relativ homogenen und praxisorientierten Strukturen des technischen Personals. Unübersehbar ist eine Verschiebung der Ingenieurstruktur in Richtung theoretisch ausgebildeter Ingenieure infolge der wachsenden Bedeutung von Mikroelektronik und Computerintegration in den Produkten des Werkzeugmaschinenbaus. Vorliegenden Daten zufolge nimmt schon in den 80er Jahren der Anteil der Maschinenbauingenieure vor allem zugunsten von Elektroingenieuren deutlich ab, während Informatiker einen langsam steigenden Anteil ausmachen; es steht zu erwarten, daß sich dieser Trend in den nächsten Jahren fortsetzt. Außerdem verschiebt sich deut-

lich 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 Ende der 80er Jahren nur noch zwei bis drei (Tab. 2).

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
---------------	---

Damit beginnen die bisherigen, praxisorientierten Tätigkeiten, Karrieremuster und vertikalen Wege des Wissenstransfers des technischen Personals zu erodieren. Dies betrifft einmal die entwicklerinternen Personalstrukturen, denen an dieser Stelle nicht weiter nachgegangen werden soll (vgl. Wolf u.a. 1992, S. 114 ff.; Kalkowski u.a. 1995, S. 153 ff.). Betroffen werden von dieser Erosion aber auch die bisherigen interorganisationalen Karrierewege von Ingenieurwissenschaftlern zwischen den industriellen und wissenschaftlichen Entwicklern, die zunehmend blockiert werden. Denn die Ausdifferenzierung der Entwicklerkonstellation läßt es schwerer werden, institutionelle und wissenschaftlich-disziplinäre Grenzen sowie die größer werdende Distanz zwischen Wissenschaftsbereich und industrieller 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 auf besonderen wissenschaftlich-akademischen Leistungen basieren.

4.2 Ökonomischen Krise und Veränderungen der Industriestruktur

Der Prozeß der Ausdifferenzierung des Innovationsmusters läßt sich freilich nicht allein auf die neuen Nutzungspotentiale von Wissenschaft und Technologie zurückführen. Beschleunigt wird er, spätestens seit Beginn der 90er Jahre, von ökonomischen Momenten, die sich in den wachsenden Turbulenzen der industriellen Produktion und ihren sich

schnell wandelnden Rationalisierungserfordernissen begründen. Sie betreffen in unterschiedlicher Weise die Entwickler- und Anwenderseite.

a) Weitere Ausdifferenzierung der Entwicklerkonstellation

Auf der Entwickler- und Herstellerseite drängen eine intensiviertere Konkurrenz und ein steigender Kostendruck zu einer Konzentrierung auf zentrale Entwicklungs- und Produktionsfunktionen und der Verlagerung einer ganzen Reihe weiterer solcher Funktionen auf Zulieferer. So beschränken sich viele Werkzeugmaschinenhersteller zunehmend auf die Entwicklung, Montage und den Verkauf ihrer Produkte, während die Fertigung noch vor nicht allzu langer Zeit als „Herzstücke“ des jeweils eigenen Produktes charakterisierter Komponenten jetzt bei Zulieferunternehmen stattfindet.

Im einzelnen sind diese Veränderungen der Hersteller-Zulieferer-Beziehungen im Werkzeugmaschinenbau ein freilich widerspruchsvoller Prozeß. Unübersichtbar ist eine zunehmende Tendenz der Zahl der Zulieferer, die sich vor allem durch ein immer breiteres Spektrum ihrer Spezialisierung auszeichnen. Begleitet ist diese Tendenz aber von ständigen Versuchen der Werkzeugmaschinenhersteller, die Zahl der Zulieferer zu begrenzen, um den Kooperationsaufwand kalkulierbar zu halten. Ähnlich wie in anderen Industriezweigen werden jetzt einzelne Zulieferer von wichtigen Komponenten, die früher von den Werkzeugmaschinenbauern selbst hergestellt wurden, enger an die Werkzeugmaschinenhersteller gebunden. Wo früher reine Marktbeziehungen vorherrschten, finden sich jetzt vielfach enge Kooperationsbeziehungen (vgl. hierzu ausführlicher den Beitrag von Schmierl in diesem Band).

Kostendruck und die konkurrenzbedingte Verkürzung der Innovationszyklen und -zeiten drängen zudem auf eine generelle Reorganisation der bisherigen Entwicklungs- und Konstruktionsprozesse und eine Abkehr von den vorherrschenden linear-sequentiellen Prozessen der Technikentwicklung zugunsten simultaner und parallel verlaufender Teilprozesse der Innovation. Betrifft dies zum einen die herstellerinternen Abläufe, so sind zum anderen aber auch inter-organisatorische Beziehungen zwischen den einzelnen Herstellern und Entwicklern davon betroffen: Notwendige Konsequenz ist eine Erweiterung der bisher dominanten vertikalen Kooperationsformen durch horizontale und zeitlich parallele Beziehungen zu anderen Maschinenherstellern, Lieferanten und weiteren Unternehmen und Institutionen (Rose 1995, S. 198 f.). Absehbare Folgen sind aufwendigere und komplexere Rückkopplungsschleifen zwischen den beteiligten Akteuren, insbesondere zwischen der steigenden Zahl von Entwicklern und Herstellern einerseits und den Anwendern andererseits.

b) Widerspruchsvolle Veränderungen der Hersteller-Anwender-Beziehungen

Begleitet wird dieser Prozeß der Ausdifferenzierung der Hersteller und Entwickler von der widerspruchsvollen Veränderung gewachsener Hersteller-Anwender-Beziehungen. Einerseits verlieren viele Hersteller ihren traditionellen und stabilen, oben als „Maschinenbaukultur“ apostrophierten, Bezug zur Anwendungspraxis. Zentrale Ursache hierfür ist die Tendenz zur Dezentralisierung von Unternehmen und der Verringerung der Fer-

tigungstiefe vieler Produktionsprozesse. Früher stabile Hersteller-Anwender-Beziehungen mit wenigen Partnern beginnen sich in Netzwerke mit einer tendenziell wachsenden Zahl von Akteuren zu wandeln. Verstärkend spielt hierbei die beschleunigte Internationalisierung der Produktion, d.h. der Tendenz zur Verlagerung von Produktionsstätten in die neuen Wachstumszonen der globalen Ökonomie eine wichtige Rolle. Dadurch weiten sich Absatzfelder des Werkzeugmaschinenbaus räumlich beträchtlich aus, die internationale Konkurrenz nimmt zu und die Anwendungsbedingungen variieren aufgrund der wachsenden Bedeutung divergierender national- und regionalspezifischer Produktionsmodelle zunehmend.

Andererseits findet durch die verstärkte Einbindung einzelner Werkzeugmaschinenhersteller in Zuliefernetzwerke großer Anwenderunternehmen eine Abschottung bestimmter Hersteller-Anwender-Beziehungen statt, die kaum mehr zugänglich sind für weitere Akteure. Teilweise finden sich neuerdings sehr intensive Beziehungen zwischen Herstellern und Anwendern, die unter dem Einfluß dominanter Großanwender von Fertigungstechniken geradezu exklusiven Charakter gewinnen. Dies betrifft nicht nur den bisherigen Sondermaschinenbau, sondern auch jene Bereiche, wo früher Werkzeugmaschinen standardmäßig hergestellt wurden. Vorliegenden Befunden zufolge werden beispielsweise bestimmte Werkzeugmaschinenhersteller systematisch in die Zulieferstrukturen großer Anwender (z.B. aus der Automobilindustrie oder der Elektrotechnischen Industrie) eingebunden (vgl. ausführlich Schmierl in diesem Band).

Damit in Zusammenhang steht schließlich der beschleunigte Wandel von Rationalisierungsprinzipien und -zielen, der die früheren als allgemein verbindlich akzeptierten, teilweise normativ sanktionierten Rationalisierungsmethoden und damit einhergehenden Grundsätze des Technikeinsatzes abgelöst hat. Im Zuge der Durchsetzung von Prinzipien „systemischer“ Rationalisierung sind die Entwickler tendenziell mit zunehmend komplexeren und vielfältigen Anwendungserfordernissen von Produktionstechnik konfrontiert; die organisatorischen Strukturen vieler Anwender befinden sich derzeit geradezu in einem rasanten Wandel und, um kostenträchtige Inkompatibilitäten zwischen Organisation und der dazugehörigen Technik zu vermeiden, muß die Entwicklung von Produktionstechnik mit diesem Prozeß schritthalten. Einen Hinweis hierauf gibt die ingenieurwissenschaftliche Diskussion über zukünftig sinnvolle Entwicklungsschwerpunkte von Werkzeugmaschinen und Produktionstechnik. Danach müsse in Zukunft ein breites Spektrum von Produktionstechniken verfügbar sein, das von einfachen handbedienbaren Universalwerkzeugmaschinen bis hin zu komplexen High-tech-Produktionssystemen reicht (z.B. Warnecke, Becker 1994). Auf der einen Seite müssen schnell und problemlos einsetzbare Maschinen möglichst billig und auch auf Dauer kostengünstig verfügbar sein. Auf der anderen Seite wachsen Spezifität und Komplexität der Anlagen und Systeme.

Unübersehbar war diese Situation in einem der untersuchten Anwenderbetriebe mit ca. 3.500 Beschäftigten, in dem komplexe Investitionsgüter hergestellt werden. Unter dem Druck einer weltweit massiven Konkurrenz und einem Preisverfall der Produkte von mehr als 30 % innerhalb eines Zeitraums von zwei Jahren war das Unternehmen gezwungen, seinen Fertigungsprozeß grundlegend zu rationalisieren. Basis hierfür war ein massiver Technisierungs- und Automatisierungsschub. Auf der einen Seite wurde eine begrenzte Zahl hochmoderner „stand-alone“-Werkzeugmaschinen für die Herstellung eiliger Sonder- und Ersatzteile angeschafft. Dabei handelte es sich um in ihren Abmessungen und Leistungsdaten relativ genau auf die Erfordernisse des Anwenderbetriebs abgestimmte, zugleich aber um leicht bedienbare, werkstattprogrammierbare Maschinen, die problemlos aufgestellt und in Betrieb genommen werden konnten.

Auf der anderen Seite wurden komplexe und über Leitrechner integrierte Maschinensysteme eingeführt, mit denen jeweils die komplette Herstellung großer Teile und Komponenten im Rahmen eines einzigen Arbeitsganges möglich wurde. Neben einer Beschleunigung der bisherigen Bearbeitungsprozesse zielten diese Anlagen vor allem auf die beträchtliche Reduktion von Zeiten für die Vorbereitung, das Beschicken und das Entladen der Maschinen. Neue Teile können jetzt, während die Maschinen andere Teile bearbeiten, aufgespannt werden, und sie können in einer Aufspannung ohne weitere Unterbrechungen in der Regel komplett bearbeitet werden. Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit dieser Anlagen waren freilich ihre spezifische Auslegung durch den Hersteller und vor allem ein schrittweiser und im einzelnen problembehafteter Einführungsprozeß mit langwierigen Probeläufen beim Anwender, in deren Verlauf die faktische Leistungsfähigkeit ausgetestet und teilweise noch die Auslegung verändert wurden.

Insgesamt ist der Trend zu spezialisierten, an je besondere Bedingungen anpaßbare Maschinen und Anlagen unübersehbar (VDI-Nachrichten 41/1995, S. 23). Die Werkzeugmaschinenentwicklung gewinnt damit Ähnlichkeiten mit der Entwicklung komplexer Software-Systeme: Deren Entwicklung ist nicht nach dem Modell der Herstellung eines fertigen Produkts zu begreifen, sondern als ein prinzipiell offener Prozeß, in dem sich Entwicklung, Auslegung und Implementation untrennbar miteinander verschränken.

5. Probleme der Rückkopplung

Es ist daher davon auszugehen, daß die in der Vergangenheit bewährten und eingespielten Rückkopplungsschleifen zwischen produktionstechnischer Entwicklung und Anwendung erodieren. Es ist zu bezweifeln, daß in Zukunft so zuverlässig wie in der Vergangenheit an betrieblichen Anwendungserfordernissen orientierte Produktionstechniken bereitgestellt werden.

Beispiele hierfür finden sich viele. Verwiesen sei einmal auf die nicht mehr sehr neue, aber immer wieder aufkeimende Diskussion um die Anwendungsprobleme flexibler Fertigungssysteme und Fertigungszellen, deren Konzeptionen in der Vergangenheit aufgrund technischer Anwendungsprobleme wie nicht beherrschbarer Komplexität und

damit einhergehenden Kosten ständigen Veränderungen unterlagen (vgl. z.B. schon Schulz 1986). Weiteres Beispiel ist die offensichtlich nach wie vor mangelnde Werkstattorientierung vieler CNC-Steuerungen von Werkzeugmaschinen. Dieses Problem wird in einschlägigen Fachkreisen schon seit langen Jahren intensiv diskutiert. Durchgreifende Veränderungen konnten jedoch bis heute nur begrenzt erreicht werden (z.B. Martin 1995).

Schließlich sei auf die Anwendungsschwierigkeiten von PPS-Systemen (Computergestützte Systeme der Produktionsplanung und Steuerung) verwiesen: Einerseits werden solche Planungs- und Steuerungssysteme - als „Organisationstechnologie“ gewissermaßen als funktionales Komplement zum Einsatz von Werkzeugmaschinen - seit langem als unabdingbar für die Effizienz von Produktionsprozessen angesehen, andererseits ist ihr praktischer Nutzen bis heute umstritten. Im Grunde ist es den entsprechenden Herstellern seit den 70er Jahren immer nur phasenweise gelungen, allenfalls für spezielle Anwendungsbedingungen problemlos einsetzbare Systeme dieser Art zu liefern; nicht überraschend ist daher, daß bis heute nicht wenige Betriebsleiter der Meinung sind, ihr Betrieb könne völlig auf ein solches System verzichten.⁷

Auszugehen ist insgesamt von einem wachsenden Spannungsverhältnis zwischen Tendenzen der Autonomisierung der Institutionen der Technikentwicklung einerseits und den sich schnell verändernden Erfordernissen der industriellen Praxis andererseits. Eine stabile „Allianz“ zwischen Entwicklern und Herstellern und Anwenderbetrieben, wie sie in der Vergangenheit im Bereich produktionstechnischer Entwicklung anzutreffen war, kommt entweder gar nicht mehr zustande oder wird doch immer wieder empfindlich gestört. Die früher eingespielten Vertrauensbeziehungen zwischen den Akteuren im Rahmen der relativ stabilen „Maschinenbaukulturen“ werden aufgebrochen. Maßgeblich industrieferne Entwickler verfolgen ganz offensichtlich Entwicklungsstrategien, die nur bedingt mit konkreten Anwendungserfordernissen kompatibel sind und die sich in hohem Maße an einer möglichst universellen Einsetzbarkeit standardisierter Technikkomponenten orientieren.

Umgekehrt sind viele Anwender kaum mehr an intensiven Beziehungen zu bestimmten Herstellern und an gemeinsamen Entwicklungsanstrengungen interessiert. Aufgrund des wachsenden Kostendrucks sind sie nur mehr am Preis einer Anlage oder eines Systems interessiert, und sie wollen sich die Möglichkeit eines jederzeitigen Wechsels zwischen verschiedenen Herstellern offenhalten (vgl. hierzu Schmierl in diesem Band). Wie ausgeführt, kommen daher dauerhafte Hersteller-Anwender-Beziehungen allenfalls in neuer Form punktuell zustande. Der Rationalisierungsdruck drängt viele Anwender dazu, möglichst speziell auf ihre Bedingungen ausgelegte und maßgeschneiderte Anlagen einzusetzen, deren Entwicklung sich allein in enger Zusammenarbeit mit ausgewählten

7

Die Anwendungsprobleme dieser Systeme werden instruktiv schon in verschiedenen arbeitssoziologischen Studien der 80er Jahre dokumentiert (Hirsch-Kreinsen 1984; Manske, Wobbe 1987; Hildebrandt, Seltz 1989; Manske 1991).

Entwicklern und Herstellern realisieren läßt. Andere Anwenderbetriebe sind daher infolge mangelnder Alternativen auf den Einsatz von Produktionsmitteln angewiesen, die nicht mit ihren spezifischen Anwendungsbedingungen kompatibel sind, vielfältige Anwendungsprobleme nach sich ziehen und daher nur einen suboptimalen Einsatz ermöglichen. Dies gilt nicht zuletzt auch für die Frage, welche Formen der Arbeitsorganisation an diesen Anlagen realisierbar sind und inwieweit beispielsweise die Reproduzierbarkeit von Qualifikationen und Erfahrungen der Arbeitskräfte gewährleistet ist.⁸

Insgesamt verhindern diese Entwicklungsmomente, daß der eingangs angeführte Prozeß der „technologischen Konvergenz“, d.h. eben die praxisorientierte Entwicklung und breite Diffusion von Produktionstechnik, auch in Zukunft wie bisher problemlos vonstatten gehen. Mit dem Erlahmen der über lange Jahrzehnte hinweg wirksamen Rückkopplungsmechanismen verbinden sich erhebliche Steuerungs- und Koordinationsprobleme produktionstechnischer Entwicklung. Faßt man die hierfür genannten Ursachen zusammen, so zeigen sich vordringlich folgende Probleme:

- Die fortschreitende institutionelle und organisatorische Differenzierung des Innovationsmusters ist bislang nicht von einer entsprechenden Anpassung und Veränderung der Abstimmungs- und Rückkopplungsprozesse zwischen den beteiligten Akteuren begleitet. Es fehlen bislang sowohl in vertikaler als auch horizontaler Richtung komplexere Rückkopplungsmechanismen, die die bisherige zentrale, steuernde Rolle des Werkzeugmaschinenbaus im Rahmen der institutionellen Arrangements ersetzen und die nicht zuletzt auch die immer kürzeren Innovationszeiten und Innovationszyklen für die Entwickler und Hersteller beherrschbar werden lassen.
- Nicht erkennbar ist weiterhin, wie die neuen Segmentationslinien zwischen den Arrangements einzelner Akteure dauerhaft überwunden werden können: Horizontal geht es um die voneinander abgeschotteten neuen Marktsegmente, die unter der Dominanz einiger weniger Großanwender stehen; in vertikaler Hinsicht handelt es sich um die Distanz zwischen relevanten Entwicklern und Herstellern auf der einen Seite und den Anwendern auf der anderen Seite.
- Angesichts der zunehmenden Breite technologischer Potentiale und technischer Gestaltungsalternativen fehlen zudem Orientierungswissen und neue Leitbilder zukünftiger Technikentwicklung, über die divergierende Entwicklungsperspektiven

⁸

An diesem Zusammenhang zwischen Technikentwicklung und ihren nur unzureichenden Anwendungsmöglichkeiten konvergieren die Fragestellungen der Technikfolgen- und Technikgeneseforschung. Eine Forschungsperspektive, die zwar immer wieder postuliert, praktisch aber bislang selten eingelöst wurde. Eine wichtige Ausnahme bilden hier die Arbeiten von Böhle und Rose zur Entwicklung und qualifikationsorientierten Einsetzbarkeit von Produktionstechniken, besonders von CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen (z.B. Böhle, Rose 1992; Rose 1995).

gebündelt und eine neue Verständigungsbasis der heterogenen Akteure der Technikentwicklung geschaffen werden können. Verstärkend wirken hier die disziplinären Grenzen zwischen den verschiedenen jetzt an Technikentwicklung beteiligten Wissenschaftsdisziplinen, die einen problemlosen Personen- und Wissenstransfer immer unwahrscheinlicher machen.

Entscheidend für die zukünftige Funktionsfähigkeit produktionstechnischer Innovationsprozesse sind mithin neue Formen von Austausch- und Rückkopplungsprozessen, die diese Probleme bewältigen und dauerhaft funktionsfähige Beziehungen zwischen Technikentwicklung und industrieller Praxis wiederherstellen. Als Ansatzpunkt bieten sich hier die Verbände wie auch die staatliche Technologiepolitik an, deren bisherige vermittelnde Funktion zwischen den Akteuren allerdings deutlich ausgeweitet werden müßte. Derzeit erscheint es allerdings als fraglich, ob die Verbände in der Lage sind, diese neuen Anforderungen zu bewältigen. Denn, wie bekannt, sind vor allem die Industrieverbände derzeit ihrerseits massiv von den Prozessen der Ausdifferenzierung der Industriestruktur und den heterogenen Interessen und Strategien der einzelnen Unternehmen betroffen, was sie vor tiefgreifende Bestandsprobleme stellt und ihre Aktionsfähigkeit zunehmend beschneidet (z.B. Mundorf 1995).

6. Zur Anpassungsfähigkeit von Netzwerken

Die Befunde über die Veränderungen des produktionstechnischen Innovationsmusters in Deutschland und die daraus resultierenden Probleme der Abstimmung und Koordination zwischen den beteiligten Akteuren lassen sich mit den Ergebnissen der Innovationsforschung, insbesondere mit denen der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung verknüpfen. Obgleich nun keineswegs neu, werden die Ergebnisse dieser Forschungsrichtung neuerdings verstärkt auch in der techniksoziologischen Forschung rezipiert (vgl. z.B. Kowol, Krohn 1995). Danach steht außer Frage, daß für die Bewältigung komplexer Innovationsprobleme rein preislich bestimmte, marktförmige oder auch hierarchische Austauschprozesse allein kaum ausreichend sind. Vielmehr wird das Modell der Kooperation in Netzwerken als besonders funktionsfähige, zukunftsweisende und vor allem sich intensivierende Form von Austauschbeziehungen für die Bewältigung kontinuierlicher, zugleich aber von Interdependenz und Unbestimmtheit gekennzeichneten Innovationsanforderungen angesehen. Die Innovationsfähigkeit kooperativer Netzwerke wird damit begründet, daß sie verschiedenartige Kompetenzen bündeln, über ein breites Feld verschiedenartiger wie auch redundanter Ressourcen verfügen, einen relativ ungehinderten und raschen Zugang zu dem notwendigen Innovationswissen gewährleis-

ten und nicht zuletzt die Abstimmung divergierender Interessen der beteiligten Akteure ermöglichen.⁹

Diesem Modell kooperativer Austauschbeziehungen in Netzwerken kam grosso modo das praxisorientierte Innovationsmuster der Produktionstechnik in Deutschland sehr nahe. Es erwies seine Leistungsfähigkeit unter den sozioökonomischen Bedingungen der 70er und 80er Jahre vor allem auf dem expandierenden Werkzeugmaschinenmarkt in Westeuropa. Mehr oder weniger friktionslos wurde beispielsweise die NC-Technik in die existierenden produktionstechnischen Konzepte integriert und damit einer wachsenden Anwendernachfrage nach Lösungen flexibler Automatisierung nachgekommen. Dies war sicherlich eine der wesentlichen Voraussetzungen für den ökonomischen Erfolg des westdeutschen Werkzeugmaschinenbaus in den 80er Jahren. Die kooperativen Grundstrukturen des praxisorientierten Innovationsmusters gelten daher auch im internationalen Vergleich bis heute als besonderer Innovationsvorteil des westdeutschen Werkzeugmaschinenbaus. Beispielsweise wurden die Schwierigkeiten des französischen Werkzeugmaschinenbaus seit dem Ende der 70er Jahre und der rasante Schrumpfungsprozeß des amerikanischen Werkzeugmaschinenbaus in den 80er Jahren u.a. darauf zurückgeführt, daß in diesen Ländern kooperative Innovationsstrukturen weitgehend fehlten. Strukturelle Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit der kooperativen Strukturen in Deutschland war - wie angedeutet - ein überschaubares Geflecht an Innovationsprozessen beteiligter Akteure vor dem Hintergrund damals noch relativ stabiler sozioökonomischer Bedingungen. Im Rahmen dieser stabilen Außenbedingungen wurden die kooperativen Entwicklungsprozesse „vorgesteuert“ von den potentiellen oder tatsächlichen Anwendern und moderiert von den Verbänden sowie partiell von der staatlichen Technologiepolitik; nur in den Ausnahmefällen des reinen Sondermaschinenbaus konnte von einer Dominanz einzelner Anwender gesprochen werden (March u.a. 1989; Maurice, Sorge 1990; Hirsch-Kreinsen 1993).

Angesichts der wachsenden Turbulenzen der industriellen und ökonomischen Entwicklung läuft dieses Modell jedoch in Gefahr, in Zukunft zu versagen. Wie gezeigt, geraten die bestehenden Austausch- und Koordinationsprozesse infolge des Prozesses der institutionellen Ausdifferenzierung unter Anpassungs- und Veränderungsdruck. Dabei zeichnet sich bislang kein eindeutiges Veränderungsmuster ab: Einerseits beginnen sich früher eingespielte Arrangements aufzulösen, ohne daß neue dauerhafte Austauschprozesse erkennbar wären, andererseits entstehen partiell festgefügte neue Interaktionsbeziehungen zwischen einzelnen Herstellern und Anwendern.

Offensichtlich stößt der Erfolgsweg der Vergangenheit, Innovationen arbeitsteilig und zugleich kooperativ zu bewältigen, an eine Grenze, die Resultat seiner vergangenen

⁹ Vgl. hierzu zusammenfassend auch Semlinger 1993; Fritsch 1996.

Effizienz ist. Netzwerkstrukturen waren in der Vergangenheit die Voraussetzung für die hohe Lernfähigkeit der beteiligten Akteure und die ständige Verbesserung technischer Innovationen durch die immer weiter gehende Ausschöpfung wissenschaftlicher und technologischer Potentiale. Sie bildeten damit eine wichtige Voraussetzung für den Prozeß der industriellen Entwicklung und des ökonomischen Wachstums vor allem in der Zeit der Nachkriegsprosperität. Forciert durch die ökonomischen Krisentendenzen erreichen nun aber Arbeitsteiligkeit, Komplexität und Verwissenschaftlichung der technischen Lösungen ein Maß, das die bisherigen Koordinationsmechanismen und Austauschprozesse überfordert und auf den Wandel der bestehenden Netzwerkstrukturen drängt.

Freilich scheint sich dieses Phänomen nicht allein auf den Bereich produktionstechnischer Entwicklung zu beschränken. Denn wie Kubicek und Seeger (1994) anhand von neueren Forschungsergebnissen aus drei sehr unterschiedlichen Bereichen technischer Entwicklung zeigen, läßt sich generell eine „Organisationslücke“ technischer Innovationsprozesse diagnostizieren. Danach kann insgesamt davon gesprochen werden, daß die Koordinations- und Steuerungsmechanismen technischer Innovationen derzeit massiven Veränderungsprozessen unterliegen; eingespielte Akteurskonstellationen versagen, und neue Formen und Arenen der Koordination zeichnen sich allenfalls rudimentär ab. Erkennbar sind derartige Problemlagen sowohl bei massenproduzierten technischen Gütern wie der Schreibmaschine und dem Automobil, deren Entwicklungsprozesse derzeit nachhaltigen Veränderungen unterliegen, als auch bei elektronischen Kommunikations- und Informationssystemen sowie bei großtechnischen Infrastruktursystemen. Insbesondere bei letzteren erzeugt der Prozeß der Komplexitätssteigerung, des Wachstums und der Ausdifferenzierung, der in der Vergangenheit Bedingung ihrer fortschreitenden Verbreitung war, neuen Koordinations- und Steuerungsbedarf.

Damit wird die Frage nach den „Lernprozessen und Lernfähigkeit von Netzwerken“ (Kubicek, Seeger 1994, S. 37), d.h. ihrer Anpassungs- und Wandlungsfähigkeit, aufgeworfen.¹⁰ Resümiert man die hierzu vorliegenden Überlegungen und Forschungsergebnisse etwa aus der Politikwissenschaft wie aber auch der Innovationsökonomie, so steht zu bezweifeln, daß diese Prozesse problemlos zu bewerkstelligen sind. Vielmehr ist, wie die vorliegenden Befunde aus dem Bereich produktionstechnischer Entwicklung belegen, von nicht unbeträchtlichen Anpassungs- und Wandlungsproblemen bestehender und eingespielter Netzwerke auszugehen. Für die sozialwissenschaftliche Technik- und Innovationsforschung begründen sich darin eine Reihe neuer Themenfelder und Fragestellungen.

¹⁰ Eine Frage, die über den Mainstream der Netzwerkdiskussion insofern hinausweist, als diese bislang hauptsächlich die Entstehungs- und Funktionsbedingungen von Netzwerken thematisiert.

Als zentrales Problem der Veränderungen müssen die in die bisherigen institutionellen Arrangements eingebetteten Verhandlungsprozesse angesehen werden; besonders ausgeprägt finden sie sich zwischen gleichberechtigten Akteuren, aber auch eher hierarchisch verfaßte Netzwerke basieren zu einem Gutteil auf Verhandlungsprozessen. Sie waren in der Vergangenheit insofern vorteilhaft, als sie eine kontinuierliche und langfristige angelegte Zusammenarbeit trotz widersprüchlicher Interessen der Beteiligten gewährleisten konnten. Möglich waren damit eben die schrittweisen, inkrementellen Innovationsprozesse entlang eingespielter Pfade, mit denen, wie im Fall von Produktionstechnik, relativ stabile Anwendererfordernisse hinreichend bewältigt werden konnten. Diese Verhandlungsprozesse erweisen sich angesichts der jetzt turbulenten Anforderungen zunehmend aber als Nachteil, da sie den notwendigen Prozeß institutioneller Veränderung kaum in der erforderlichen Schnelligkeit in Gang zu setzen in der Lage sind. Als ursächlich können hierfür folgende Momente angesehen werden:

- Einmal basieren die dem Netzwerkmodell inhärenten Verhandlungsprozesse auf einer Kompromißlogik, die institutionelle Veränderungen im bestehenden Kooperationsgefüge sehr erschwert, ja möglicherweise Veränderungen blockiert. Denn durch institutionelle Veränderungen drohen im Netzwerk eingespielte Macht- und Ressourcenkonstellationen in Frage gestellt zu werden, was wohl kaum auf die notwendige Zustimmung aller beteiligter Akteure stoßen wird. Zu vermuten ist, daß im Gegenteil Schließungsprozesse induziert werden (z.B. Mayntz 1992).
- Zweitens wird diese Gefahr der Blockade der kooperativen Selbststeuerungsprozesse verstärkt durch die wachsende Zahl der beteiligten Akteure. Es stellt sich das „Problem der großen Zahl“, das insbesondere angesichts der interdependenten Beziehungen der Akteure übermäßige Anforderungen an die Informationsverarbeitungs- und Konfliktregelungskapazität von Netzwerken stellt. Diese Anforderungen sind nicht ohne weiteres zu bewältigen und können daher die Funktionsfähigkeit von Netzwerken deutlich einschränken (z.B. Messner 1994).
- Drittens ist offen, wie der Widerspruch zwischen dem langwierigen Charakter von Verhandlungs- und Konsensfindungsprozessen einerseits und dem wachsenden Zeitdruck, unter dem Innovationen stehen, andererseits gelöst werden kann.
- Schließlich wird durch neu hinzutretende Akteure ein Wandel der Verhandlungsroutinen, der Orientierungen und Leitbilder erforderlich, der kaum friktionslos bewältigt werden dürfte. Nicht zuletzt geht es hierbei um die Nutzung von neuem Wissen, das nicht ohne weiteres übertragbar und in bestehende Entwicklungskonzepte integrierbar ist. So ist die Übernahme neuen Wissens vielfach nur mit erheblichem Aufwand und Zusatzkosten möglich, und es setzt vielfach eine qualitativ

spezifische Verarbeitungskapazität bei den aufnehmenden Akteuren voraus (Fritsch 1996).

Es stellt sich mithin die Frage, wie dieser strukturelle Konservatismus überwunden werden kann und inwieweit sich hierfür ein Steuerungszentrum herausbilden muß, das - im Fall produktionstechnischer Entwicklung - weit über die bisherige Moderationsfunktion der Verbände und der staatlichen Technologiepolitik hinausgeht.

Welche Formen von Netzwerken in Zukunft besondere Bedeutung für technische Innovationen erlangen werden, ist daher schwer zu sagen und muß Gegenstand weiterer Forschungsarbeiten sein. Denkbar ist, daß sich ein weites Spektrum sehr verschiedener Formen von Netzwerken herausbildet. Einerseits ist nicht auszuschließen, daß Innovationsbeziehungen nur mehr sachlich und zeitlich punktuellen, jeweils verschiedene Akteure umfassenden Charakter gewinnen. Die von Voskamp und Wittke (1994) beobachtete „virtuelle Kooperation“ im Bereich von Innovationsprozessen der Halbleiterentwicklung weist in diese Richtung, und es ist nicht auszuschließen, daß derartige Kooperationsformen auch im Bereich der Produktionstechnik Platz zu greifen beginnen. Andererseits sind vertiefte Prozesse der Segmentierung und Abschottung einzelner, spezialisierter Innovationsnetzwerke, die eine dauerhafte Kooperation weniger, u.U. sehr spezialisierter Partner umfaßt, nicht auszuschließen. Indes ist es in beiden Fällen offen, ob die Innovationsprozesse mit der vielfach gewünschten Effizienz verlaufen und ihre Entwicklungsergebnisse problemlos verallgemeinerbar sind, d.h. der Prozeß technologischer Konvergenz auch in Zukunft problemlos verläuft.

Literatur

- Asdonk, J.; Bredeweg, U.; Kowol, U.: Innovation als rekursiver Prozeß. In: Zeitschrift für Soziologie, Heft 4, 20. Jg., 1991, S. 290-304.
- Bieber, D. (Hrsg): Technikentwicklung und Industriearbeit, Frankfurt/New York 1996 (Veröffentlichung in Vorbereitung).
- Böhle, F.; Rose, H.: Technik und Erfahrung - Arbeit in hochautomatisierten Systemen, 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 Th. (Hrsg.): Technik gestalten, Risiken beherrschen, Berlin 1992, S. 139-158.
- Dosi, G.: Technological Paradigms and Technological Trajectories. In: Research Policy, No. 11, 1982, pp. 147-162.
- Freeman, C.: Networks of Innovators: A Synthesis of Research Issues. In: Research Policy, No. 20, 1991, pp. 499-514.

- Fritsch, M.: Arbeitsteilige Innovation - Ein Überblick über neuere Forschungsergebnisse. In: D. Sauer; H. Hirsch-Kreinsen (Hrsg.): Zwischenbetriebliche Arbeitsteilung und Kooperation, Frankfurt/New York 1996 (Veröffentlichung in Vorbereitung).
- Häusler, J.: Zur Gegenwart der Fabrik der Zukunft: Forschungsaktivitäten im Maschinenbau, MPIFG Discussion Paper 90/1, Köln 1990.
- Hildebrandt, E.; Seltz, R.: Wandel betrieblicher Sozialbeziehungen durch systemische Kontrolle? Berlin 1989.
- Hirsch-Kreinsen, H.: Organisation mit EDV, Frankfurt 1984.
- Hirsch-Kreinsen, H.: NC-Entwicklung als gesellschaftlicher Prozeß - Amerikanische und deutsche Innovationsmuster der Fertigungstechnik, Frankfurt/New York 1993.
- Hounshell, D.A.: From the American System to Mass Production, 1800-1932, 3. Auflage, Baltimore/London 1991.
- Kalkowski, P.; Mickler, O.; Manske, F.: Technologiestandort Deutschland - Produktinnovationen im Maschinenbau: traditionelle Stärken - neue Herausforderungen, Berlin 1995.
- Knorr-Cetina, K.: Die Fabrikation von Erkenntnis, revidierte und erweiterte Fassung, Frankfurt 1991.
- Kodema, F.: Technologiefusion - der Weg zu den Zukunftsmärkten. In: HarvardBusinessmanager, 15. Jg., 1993.
- König, W.: Technik, Macht und Markt - Eine Kritik der sozialwissenschaftlichen Technikgeneseforschung. In: Technikgeschichte, Heft 3, 1993, S. 243-266.
- Kowol, U.; Krohn, W.: Innovationsnetzwerke - Ein Modell der Technikgenese. In: G. Bechmann; W. Rammert(Hrsg): Technik und Gesellschaft, Frankfurt/New York 1995, S. 77-105.
- 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.
- Kubicek, H.; Seeger, P.: Technikgenese: Entwicklungspfade und Koordinationsprobleme. In: Verbund Sozialwissenschaftliche Technikforschung, Mitteilungen, Heft 12, 1994, S. 12-41.
- Laske, G.: Eine Musterbranche stürzt ab, Bremen 1995.
- Lutz, B.: Das Ende des Technikdeterminismus und die Folgen - Soziologische Technikforschung vor neuen Aufgaben und neuen Problemen. In: B. Lutz (Hrsg.): Technik und sozialer Wandel, Frankfurt/New York 1987, S. 34-52.
- Lutz, B.: Technikforschung und Technologiepolitik: Förderstrategische Konsequenzen eines wissenschaftlichen Paradigmenwechsels. In: WSI-Mitteilungen, Heft 10, 43. Jg., 1990, S. 614-622.
- Mahnkopf, B.: Markt, Hierarchie und soziale Beziehungen - Zur Bedeutung reziproker Beziehungsnetzwerke in modernen Marktgesellschaften. In: N. Beckenbach; W. van Treeck (Hrsg.): Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit, Soziale Welt, Sonderband 9, Göttingen 1994, S. 65-84.
- Manske, F.: Kontrolle, Rationalisierung und Arbeit, Berlin 1991.
- Manske, F.: Facharbeiter und Ingenieure im „deutschen Produktionsmodell“. In: WSI-Mitteilungen, Heft 7, 1994, S. 415-425.
- Manske, F.; Wobbe, W.: Computerunterstützte Fertigungssteuerung im Maschinenbau, Düsseldorf 1987.
- March, A. u.a.: 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/London 1989.
- Martin, H. (Hrsg.): CeA - Computergestützte erfahrungsgelitete Arbeit, Berlin/Heidelberg/New York etc. 1995.
- 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.
- Mayntz, R.: Modernisierung und die Logik von interorganisatorischen Netzwerken. In: Journal für Sozialforschung, Heft 1, 32. Jg., 1992, S. 19-31.
- Mayntz, R.: Funktionelle Teilsysteme in der Theorie sozialer Differenzierung. In: R. Mayntz u.a. (Hrsg.): Differenzierung und Verselbständigung, Frankfurt/New York 1988, S. 11-44.

- Messner, D.: Fallstricke und Grenzen der Netzwerksteuerung. In: PROKLA 97: Netzwerke zwischen Markt und Staat, Heft 4, 1994, S. 563-596.
- Meyer-Krahmer, F.: Das Innovationssystem in Deutschland. In: W. Kuhnert (Hrsg.): Menschen Maschinen Märkte, Berlin/Heidelberg/New York etc. 1994, S. 49-61.
- Mundorf, H.: Der Spitzenverband Gesamtmetall steht vor der Existenzfrage. In: Handelsblatt, 28.12.95, S. 3.
- Pinch, T.J.; Bijker, W.E.: The Social Construction of Facts and Artefacts - Or how the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. In: Social Studies of Science, No. 3, 1984, pp. 399-441.
- Rose, H.: Herstellerübergreifende Kooperation und nutzerorientierte Technikentwicklung als Innovationsstrategie. In: H. Rose (Hrsg.): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement, Frankfurt/New York 1995, S. 195-218.
- Rosenberg, N.: Technischer Fortschritt in der Werkzeugmaschinenindustrie 1840-1910. In: R. Rürup; K. Hansen (Hrsg.): Moderne Technikgeschichte, Köln 1975, S. 216-242.
- Ruth, K.: Industriekultur als Determinante der Technikentwicklung, Berlin 1995.
- Schneider, V.; Mayntz, R.: Akteurszentrierter Institutionalismus in der Technikforschung. In: G. Bechmann; W. Rammert (Hrsg.): Technik und Gesellschaft, Frankfurt, New York 1995, S. 107-130.
- Schulz, H.: Tendenzen beim Einsatz flexibler Fertigungssysteme. In: H. Hirsch-Kreinsen; R. Schultz-Wild (Hrsg.): Rechnerintegrierte Produktion, Frankfurt/New York 1986, S. 83-109.
- Semlinger, K.: Effizienz und Autonomie in Zulieferungsnetzwerken - Zum strategischen Gehalt von Kooperation. In: W.H. Staehle; J. Sydow (Hrsg.): Managementforschung, Bd. 3, Berlin, New York 1993, S. 309-354.
- Spur, G.: Vom Wandel der industriellen Welt durch Werkzeugmaschinen, München/Wien 1991.
- VDI-Nachrichten, verschiedene Jahrgänge.
- VDMA (Verein Deutscher Maschinenbauanstalten): Ingenieur-Erhebung im Maschinen- und Anlagenbau - Ergebnisse der VDMA-Studie, hektogr. Manuskript, Frankfurt 1988.
- Voskamp, U.; Wittke, V.: Von „Silicon Valley“ zur „virtuellen Integration“ - Neue Formen der Organisation von Innovationsprozessen am Beispiel der Halbleiterindustrie. In: J. Sydow; A. Windeler (Hrsg.): Management interorganisationaler Beziehungen, Opladen 1994, S. 212-243.
- Warnecke, H.J.; Becker, B.-D.: Strategien für die Produktion, Stuttgart u.a. 1994.
- Wolf, H.; Mickler, O.; Manske, F.: Eingriffe in Kopfarbeit, Berlin 1992.

Klaus Schmierl

Wandel der Markt-, Entwicklungs- und Kooperationsbedingungen im Werkzeugmaschinenbau

1. Innovationsbedingungen des Werkzeugmaschinenbaus zwischen zwei Rezessionen: „Die nächste Flaute kommt bestimmt“
2. Entwicklungslinien in der Produktionstechnik
3. Strukturveränderungen im Werkzeugmaschinenbau: Neuzuschnitt der Unternehmensgrenzen, Unternehmenskonzentration und neue Kooperationsbezüge
4. Hersteller-Anwender-Beziehungen
5. Unternehmensnetzwerke: Arrangement und Kampf mit der vielköpfigen Hydra

1. **Innovationsbedingungen des Werkzeugmaschinenbaus zwischen zwei Rezessionen: „Die nächste Flaute kommt bestimmt“**

(1) Die Zielsetzungen der hier zugrundeliegenden Studie richteten sich zu Beginn auf die Analyse *struktureller Veränderungen des Technikmarktes*, nämlich die veränderten Bedingungen, Erscheinungsformen und Wirkungsmechanismen der Entwicklung und Produktion von Produktionstechnik. Im wesentlichen sollte die Bedeutung dieser Veränderungen im Werkzeugmaschinenbau für die Auslegung von *rechnergestützten Produktionssystemen* herausgearbeitet werden. Nicht bzw. nur in Ansätzen konnte zu diesem Zeitpunkt der dramatische Produktionsrückgang der vergangenen Jahre vorhergesehen werden. Mit am dramatischsten von allen Branchen wurde der Werkzeugmaschinenbau vom *Konjunkturerinbruch* getroffen; allein die Auftragseingänge lagen 1993 mit 9,3 Mrd. DM gerade bei der Hälfte des Vorrezessionsstands (18 Mrd. DM in 1989; vgl. Handelsblatt/23.8.1995). Die Beschäftigtenzahlen reduzierten sich durch allumfassende *Personalabbaumaßnahmen* in der gesamten Branche von 103.000 im Jahre 1990 auf 65.400 Arbeitskräfte im zweiten Quartal 1995 (Handelsblatt/7.3.1996; Süddeutsche Zeitung/ 27.12.1995). Der ohnehin aufgrund des konjunkturellen Einbruchs drastische Personalabbau in der Branche wird zusätzlich verstärkt durch betriebliche Maßnahmen der Verlagerung von Produktionskapazitäten ins Ausland. Es bleibt abzuwarten, inwieweit dieser personelle Aderlaß möglicherweise den Betrieben in naher Zukunft ungeplante und unerwünschte Folgen beschert; Meldungen über steigende Lieferzeiten aufgrund einer zu knappen Personaldecke, zunehmende Fluktuations- und Krankheitsraten,

Streßbelastung der Beschäftigten durch Überstunden, unwiederbringlicher Know-how-Abzug aus der Fertigung durch Eliminierung älterer Mitarbeiter o.ä. könnten in diese Richtung weisen.

(2) Breiter Konsens unter Praktikern, Wissenschaftlern und Experten herrscht in dieser Hinsicht in der Überzeugung, daß nicht nur reguläre, immer wiederkehrende konjunkturelle Schwankungen, sondern gravierende *strukturelle Defizite* des deutschen Werkzeugmaschinenbaus für die Wucht des letztlich zur Krise gesteigerten Konjunkturreinbruchs verantwortlich zeichneten (u.a. Rehberg 1993). Mittlerweile allerdings hat sich die Lage wirtschaftlich wieder etwas entspannt, so daß Titel wie „Auftragsboom bei Werkzeugmaschinen“ oder „Die Produktion läuft auf hohen Touren“ eine *neue Aufbruchstimmung* charakterisieren, die durch die um 34 % gestiegenen Auftragseingänge im ersten Halbjahr 1995 gespeist wird. Tatsächlich stieg die Produktion in 1995 um 18 % auf 12,3 Mrd. DM an. Da Auftragsüberhänge erst im Jahr 1996 verwertet werden können, wird für 1996 ein Produktionszuwachs von 10 bis 15% in Aussicht gestellt (Handelsblatt/7.3.1996), und auch für die nächsten drei Jahre scheint eine durchschnittlich zehn- bis zwölfprozentige Steigerung der Produktion nach Einschätzungen des Vereins Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW) im Bereich des Möglichen zu liegen.¹ Freilich erscheinen diese Steigerungsraten angesichts der äußerst niedrigen Ausgangsbasis in der Talsohle der Krise höher, als sie in Absolutzahlen sind. Darüber hinaus spiegelt sich diese Aufwärtsentwicklung nicht in einer proportionalen Erhöhung der Beschäftigtenzahl wider, auch wenn in manchen Werkzeugmaschinenbauunternehmen wieder erste Neueinstellungen erfolgten. Analog zur Bestürzung in den letzten Jahren bricht sich jetzt wieder Erleichterung bis hoffnungsfrohe Euphorie hinsichtlich der kommenden Profiterwartungen Bahn: „Technologisch ist die deutsche Werkzeugmaschinenindustrie nach wie vor topfit“. Diese Erholung geht nach Bernhard Kapp, dem VDW-Vorsitzenden (Handelsblatt/23.8.1995), im wesentlichen auf die in der Rezession eingeleiteten und nun zum Tragen kommenden strategischen Maßnahmen und Umorientierungen zurück: marktgerechte Maschinenkonzepte mit verbessertem Preis-/Leistungs-Verhältnis, Verwendung offener Steuerungskonzepte, Ausbau der Modularität, Kostensenkung im Betrieb, schlankere Unternehmensorganisation, Sicherung von Marktanteilen, Orientierung auf die Wachstumsmärkte und - ansatzweise - Abbau mangelnder Internationalität durch Verstärkung der Lieferungen nach Asien und Nordamerika.

Mit dieser Einschätzung steht der VDW-Vorsitzende nicht einmal allein: Die Studie „Science and Technology Outlook“ der OECD (Organisation für ökonomische Zusam-

¹ Derartige Einschätzungen werden auch durch die im "Ifo-Schnelldienst" veröffentlichten, laufenden Umfragen zur Branchen- und Wirtschaftsentwicklung durch das Ifo-Institut München gestützt (vgl. Baumann 1995; Lindlbauer 1995).

menarbeit und Entwicklung) kommt zum Schluß, daß Deutschland „in den letzten Jahren ebenso wie Japan seine Anpassungs- und Innovationsfähigkeit unter Beweis gestellt“ hat (Liedke 1993, S. 9). Die Gründe allerdings liegen nach dieser Untersuchung weniger in einer besonders hervorragenden Leistungs- und Anpassungsfähigkeit der Wirtschaft als vielmehr in *gesellschaftlichen und staatlichen Vorleistungen*, die an anderer Stelle „technologische Infrastruktur“ (Hirsch-Kreinsen 1994) genannt wurden: „Maßgebliche Faktoren für gute Ergebnisse auf diesem Gebiet sind ein solides Bildungswesen, starke Forschungs- und Hochschuleinrichtungen, die eng mit der Industrie zusammenarbeiten, dauerhaft hohe Investitionen in Forschung und Entwicklung (FuE) sowie eine effiziente staatliche Politik. Als weiteren positiven Faktor macht die OECD das Subsidiaritätsprinzip aus, also die Begrenzung der Projektförderung auf Arbeiten, die nicht von der privaten Wirtschaft durchgeführt werden können, einerseits und der großzügigen Finanzierung gemeinnütziger Aktivitäten andererseits“ (Liedke 1993, S. 9.).

(3) Sowohl der umfassende Einbruch während der wirtschaftlichen Misere als auch die von den Unternehmen ergriffenen Maßnahmen haben das Gesicht des deutschen Werkzeugmaschinenbaus grundlegend verändert. Das über lange Jahre hinweg gültige Innovationsmuster (Hirsch-Kreinsen 1993) wird den sich gegenwärtig im Prozeß der Entwicklung und Anwendung komplexer Produktionstechnik ergebenden weitreichenden Veränderungen nicht mehr gerecht. Von den *Anwenderbetrieben* werden im Kontext systemischer Rationalisierung zunehmend spezifischere und damit für die Hersteller komplexere Anforderungen an Produktionstechnik gestellt. Die in der Vergangenheit erprobten Routinen der Auslegung und Anwendung von *Produktionstechnik konventionellen Zuschnitts* reichen immer weniger zur Bewältigung der Produktionsanforderungen aus. Die für die Metallbearbeitung genutzte Technik umfaßte traditionell fast ausschließlich Maschinentechniken für Zerspanen und Umformen, d.h. insbesondere Werkzeugmaschinen und deren Peripherieeinrichtungen (Steuerungen, Beschickungseinrichtungen etc.). Diese werden/wurden bisher von einer vergleichsweise überschaubaren Zahl einschlägig spezialisierter Hersteller in nahezu eindeutig abgrenzbaren Marktsegmenten angeboten. Das Know-how der Hersteller konzentrierte sich zumeist auf eng begrenzte Bearbeitungsverfahren wie Drehen oder Fräsen. Die Entwicklung fand nicht selten im Kontext einer teilweise langjährigen Kooperation zwischen Werkzeugmaschinen- und Steuerungsherstellern bzw. elektrotechnischen Unternehmen statt; relativ lose, von den Maschinenherstellern in der Regel dominierte Entwicklungsbeziehungen bestanden zu technischen und ingenieurwissenschaftlichen Instituten. Insgesamt wiesen die Entwicklung der Produktionstechniken wie generell die Innovationsstrategien im Maschinenbau einen „inkrementellen“ Charakter auf; kontinuierlich und schrittweise wurden nicht selten sehr traditionelle Maschinenkonzepte weiterentwickelt. Entwicklungssprünge waren dabei eher die Ausnahme denn die Regel (vgl. die Beiträge von

Bieber, Deiß und Hirsch-Kreinsen in diesem Band bzw. Deiß 1995; Deiß, Hirsch-Kreinsen 1992; Deiß u.a. 1990).

(4) Insbesondere der benannte ökonomische Einbruch hatte Konsequenzen für die Branchenstruktur und den Technikmarkt. Infolge der *ökonomischen Krise* sowie der gegenwärtig vorangetriebenen *Internationalisierungsbestrebungen der Maschinen-/Anlagenhersteller und der Anwender* steht die gesamte Branchenstruktur im Werkzeugmaschinenbau und Maschinenbau durch Neuschneidung der zwischenbetrieblichen Arbeitsteilung zur Disposition. In diesem Beitrag soll den Folgen dieses umfassenden Wandels für das *Werkzeugmaschinensegment* nachgegangen werden.² Nicht weiter ausgeführt werden in diesem Beitrag hingegen die - von Industriesoziologen und Sozialwissenschaftlern an anderer Stelle bereits ausführlich erörterten - aktuellen Strategien der Werkzeugmaschinenbauunternehmen zur Aufbau- und Ablauforganisation ihrer *Entwicklungs- und Konstruktionsabteilungen* sowie die entsprechenden *Qualifikationsstrukturen* und entwicklungssteuernden „*Leitbilder*“ (vgl. dazu Wolf u.a. 1992; Asdonk u.a. 1993; Manske 1994; Kalkowski u.a. 1995; Dierkes u.a. 1995). Zu fragen ist hingegen insbesondere nach den möglicherweise gewandelten Strategien deutscher Werkzeugmaschinenbauunternehmen zur Konzeption von Werkzeugmaschinen sowie zur Reorganisation der überbetrieblichen Beziehungen zu Zulieferern, Kunden und Konkurrenten. Als Stichworte sind dabei Maßnahmen wie Fertigungstiefenreduzierung und Outsourcing, Simultaneous Engineering, Joint Ventures, Direktinvestitionen sowie vertikale und horizontale Unternehmenszusammenschlüsse aufzugreifen und in ihren Konsequenzen für die *Struktur des Technikmarktes* aufzuarbeiten. Die vorgestellten Befunde sollen im folgenden im wesentlichen durch zwei Thesen strukturiert werden:

These 1: Durch Modularisierung der Werkzeugmaschinenkonzeption und Vereinfachung der Komponenten werden verschärfte Kundenanforderungen an Flexibilisierung und Ökonomisierung sowie an die Spezifität von Techniksystemen „neutralisiert“

² *Empirisch* stützen sich die referierten Befunde auf Literaturrecherchen in einschlägigen Fachzeitschriften zum Wandel der Absatz- und Innovationsbedingungen im Werkzeugmaschinenbau und insbesondere auf etwa ein Dutzend Interviews mit Experten aus Werkzeugmaschinenbaubetrieben sowie auf ein Expertengespräch mit einem Verbandsvertreter des VDW (Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken). In fünf dieser Fälle konnte an Besuche aus früheren Forschungsprojekten angeknüpft werden, so daß sich in begrenztem Umfang auch Veränderungen im Zeitablauf der letzten fünf Jahre abbilden lassen. Bei den in die Untersuchung einbezogenen Unternehmen handelt es sich durchgängig um Hersteller von Maschinen und Anlagen aus dem technisch anspruchsvolleren Marktsegment (wie Bearbeitungszentren (BAZ), Drehzentren, Flexible Fertigungszentren (FFZ), Flexible Fertigungssysteme (FFS), Blechbearbeitungsmaschinen, Transferstraßen etc.; vgl. dazu die ausführlichere Erläuterung dieser produktionstechnischen Systeme unter 2.6). Sowohl hinsichtlich des Bearbeitungsverfahrens (Fräsen, Bohren, Drehen, Blechbearbeitung etc.) als auch der Betriebsgröße wurde versucht, ein möglichst breites, gleichwohl statistisch nicht repräsentatives, Sample zu erfassen (Streuung von 150 bis 2.500 Beschäftigte). An den empirischen Untersuchungen war Dipl. Soz. Stefanie Hottmann (München) beteiligt.

Ausgehend von einem infolge neuer Strategien der Anwenderbetriebe zur „systemischen und flexiblen Rationalisierung“ veränderten Nachfrageverhalten der Kunden werden produktionstechnische Systeme einerseits immer *komplexer*. Andererseits müssen die Systeme weitaus stärker als früher an die spezifischen Anwenderbedingungen und die Besonderheiten eines je konkreten Anwenderbetriebs angepaßt werden, so daß sie zunehmend *spezifischer* werden; der gestiegene Rationalisierungsdruck bei den Anwendern erlaubt keine Experimente mit mehr oder weniger unangepaßten Techniken. Schließlich umfaßt Produktionstechnik verstärkt verschiedenste informations- und *kommunikationstechnische Komponenten*. Das Leistungsspektrum der Hersteller muß erweitert werden und von der Projektierung, der Systemauslegung und -realisierung bis hin zur umfassenden Übernahme von Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben reichen. Die Herstellerbetriebe versuchen, dieses Dilemma zwischen Kostenreduzierung und kundenspezifischer Anpassung durch zunehmende *Modularisierung* der Werkzeugmaschinen und *Standardisierung* der Komponenten zu lösen. Die dahinterliegende Zielsetzung ist die Verringerung der Produktionskosten durch Erhöhung des Anteils von nunmehr standardisierten Zukaufteilen. Darüber hinaus erlaubt die Modularisierung der Werkzeugmaschine neben der Vereinfachung der Auftragsabwicklung eine umfassende Austauschbarkeit und Kombinierbarkeit der Module und ein schrittweises Ausbauen von Systemlösungen beim Kunden. Der Technikmarkt ist somit in seinen Entwicklungslinien von einem sich erweiternden Spektrum technischer Konzepte gekennzeichnet, in dem sich an einem Pol einfache Low-cost-Maschinen und am anderen überaus komplexe (gleichwohl modular aus standardisierten, „einfachen“ Einzelteilen aufgebaute) High-tech-Lösungen gegenüberstehen. Während die zeitökonomischen Rationalisierungseffekte bei den Hauptzeiten nahezu ausgereizt scheinen, richten sich außerdem die Profilierungsbestrebungen der Hersteller jetzt stärker auf *die Minimierung der Nebenzeiten* (Rüstzeiten, Werkzeugwechsel, Werkzeugzugriff, Späneentsorgung, Werkstückzuführung etc.).

These 2: Aufgrund dieser produkt- bzw. herstellungsspezifischen Veränderungen wandeln sich die gesamte Branchenstruktur sowie die institutionellen und organisatorischen Entwicklungsbedingungen

Sowohl die wachsende Komplexität der Systeme als auch die Strategien zur Reduzierung der Fertigungstiefe wirken in dieselbe Richtung einer verstärkten *Konzentration* im Werkzeugmaschinenbau *und* einer vertieften *vertikalen Kooperation* im Zusammenspiel mit einer *Hierarchisierung* der Zulieferketten: Die Anzahl der Zulieferer weitet sich insgesamt aus, wohingegen seitens der Maschinenbauunternehmen am Ende der Zulieferkette die Zulieferpartner je Komponente eingeschränkt werden. Einer quantitativen Ausweitung und Ausdifferenzierung unterschiedlich spezialisierter Teilsegmente am Technikmarkt entspricht somit für die einzelnen Maschinenbestandteile und -module gewissermaßen eine Verengung des Zuliefermarkts. Die in These 1 angesprochene Kun-

denanforderung hinsichtlich zusätzlicher Systemkomponenten und Dienstleistungen erfordert zunächst eine Ausweitung des angestammten Entwicklungs- und Leistungsfelds der Hersteller. Diese versuchen, die grundsätzlich steigende Komplexität durch eine Ausweitung des Anteils der (standardisierten und modularisierten) Zukaufteile in den Griff zu bekommen. Komponenten werden von den Endherstellern zunehmend vom Zuliefermarkt bezogen und ersetzen so die Eigenfertigung. Die Gesamtverantwortung für die Maschinensysteme verbleibt dabei nach wie vor bei den Werkzeugmaschinenherstellern. Diese Auslagerung von Produktionsaktivitäten erfordert deshalb eine Intensivierung von Außenkontakten. *Neue Formen vertikaler und horizontaler Kooperation und/oder Konzentration* werden vorangetrieben (strategische Allianzen, Fusionen, Kartelle etc.). Kooperationsbeziehungen sowohl zu den Lieferanten als auch zu den Kunden verändern dabei ihre Qualität: Sie werden zugleich sowohl ausdifferenziert, da wegen der erhöhten Komplexität der Techniklinien und der Nutzung neuartiger Bearbeitungsmodule eine Vielzahl neuer Entwicklungspartner hinzukommt, als auch intensiviert, da zuverlässige Lieferanten ausgewählt werden und dabei das Lieferantenfeld ausgedünnt wird. Mit der drastischen Reduzierung der Fertigungstiefe im Zuge der sich gegenwärtig abzeichnenden Verschiebungen in den Absatz-, Logistik- und Zulieferbeziehungen korrespondieren das Entstehen und die - auch international und global ausgreifende - Ausweitung von *Unternehmensverbänden und Fusionierungen*.

Zur Ausführung dieser Thesen werden im zweiten Abschnitt die veränderten bzw. sich gegenwärtig verändernden Anforderungen an Produktionstechnik und die darauf abgestimmten konzeptionellen und konstruktiven Maschinen- und Systemlösungen der Werkzeugmaschinenhersteller zum Zwecke der Ökonomisierung und Flexibilisierung ihrer eigenen Produktion und der ihrer Kunden geschildert. Im dritten Abschnitt wird der Frage nach den mit diesen neuen Entwicklungslinien sowie den aktuellen sozioökonomischen Krisentendenzen zusammenhängenden Verschiebungen der Branchenstruktur nachgegangen. Im vierten Abschnitt werden die widersprüchlichen Trends einer einerseits intensivierten und auf längerfristige Kooperation angelegten und andererseits den Marktmechanismen Preis und Konkurrenz unterworfenen Beziehung zwischen den Herstellern aus dem Werkzeugmaschinenbau und deren Kunden aufgezeigt. Der Beitrag wird mit einer kurzen Skizze offener Fragen abgeschlossen.

2. Entwicklungslinien in der Produktionstechnik

Hirsch-Kreinsen wies in seinem Beitrag bereits darauf hin, daß und wie sich das „Innovationsmuster“ im Werkzeugmaschinenbau als ein historisch je spezifisches und dem Wandel unterworfenen Ensemble von Institutionen der Mikro-, Meso- und Makroebene gegenwärtig neu strukturiert. Bisher bestehende Rückkopplungsmechanismen zwischen den verschiedenen gesellschaftlichen Akteuren, Organisationen und Regelungsinstituti-

onen erodieren. Die dafür verantwortlichen Ursachenbündel sind in den *Veränderungen von Wissenschaft und Technologie* und in *sozioökonomischen Momenten* zu sehen, wobei die Impulse aus der Wissenschaft insbesondere im Untersuchungszeitraum massiv durch die *ökonomischen Krisenbedingungen* der deutschen und der globalen Wirtschaft überlagert wurden. Im folgenden Abschnitt soll deshalb vor allem den Resultaten dieser Turbulenzen: den *produktspezifischen und industriestrukturellen Folgen für die Markt-, Entwicklungs- und Kooperationsbeziehungen im Werkzeugmaschinenbau* nachgegangen werden (vgl. zu aktuellen Veränderungen auch Deiß 1995; Rose 1995).

2.1 Verschärfte (Preis-)Konkurrenz

(1) Impulse des Wandels gehen in erster Linie auf veränderte betriebliche Rationalisierungs- und Technikeinsatzstrategien der *Anwender* zurück, die sich als „systemische Rationalisierung“ bezeichnen lassen (z.B. Altmann u.a. 1986; Bieber, Sauer 1991; Sauer, Döhl 1994; Deiß 1995). Die Rationalisierungsbestrebungen machen nicht mehr an den Unternehmensgrenzen halt, sondern nehmen auch und vor allem betriebsübergreifende Optimierungsmöglichkeiten in der gesamten Wertschöpfungskette in Angriff. Der Charakter der innerbetrieblichen Produktionsprozesse wandelt sich auch bei den Kunden des Werkzeugmaschinenbaus vom traditionellen tayloristischen Massenproduktionstypus hin zu einem Modell „flexibler Massenproduktion“ (Sauer 1992) bzw. „flexibler Standardisierung“ (Döhl, Sauer 1995), in dem die Flexibilisierung des Produktionsprozesses, die Beschleunigung von Produktionsumrüstungen, die Einhaltung knapper Liefertermine sowie die Reduzierung der Durchlaufzeit im gesamten Wertschöpfungsprozeß in den Vordergrund rücken (vgl. auch Kalkowski, Manske 1993).

Die wichtigsten Kunden des Werkzeugmaschinenbaus (insbesondere aus der Konsumgüterindustrie oder der Automobilindustrie) reagieren auf die Nachfragesättigung der vergangenen Jahre mit einem diversifizierten und in immer kürzeren Innovationszyklen umgestalteten Produktsortiment. Die Flexibilisierungsnotwendigkeit und die Bedeutung der betrieblichen Zeitwirtschaft und Zeitökonomie wachsen. Die Kunden verlangen von den Technikern der Werkzeugmaschinenhersteller bei Produktinnovationen eine stärkere Berücksichtigung kaufmännischer Kriterien und eine klarere Kostenorientierung bei den Entwicklungsvorhaben. Nicht mehr nur die Technik steht für die Kunden als Auswahlkriterium im Vordergrund; auch Unterschiede in der Produktqualität lassen sich für die Werkzeugmaschinenbauer nicht mehr geltend machen, da Qualität bei starkem Konkurrenzdruck auch von ausländischen (derzeit vor allem japanischen, italienischen und amerikanischen) Wettbewerbern abgefordert und tatsächlich auch geliefert werden kann. Die technischen Planer bei den überwiegend großbetrieblichen Kunden verlieren innerbetrieblich an Durchsetzungsmacht gegenüber den in der Bedeutung *gestärkten kaufmännischen und Controlling-Abteilungen*, deren Maßgabe ausschließlich die *finanzielle Seite einer Kaufentscheidung* ist. In der Folge steht für die Abnehmer von Werk-

zeugmaschinen im Falle der Automobilindustrie und deren Zulieferer zunehmend und nahezu uneingeschränkt der Preis einer Werkzeugmaschine im Vordergrund.

(2) Diese anwenderseitigen Veränderungen steuern auch die an neue Maschinensysteme und Anlagen gestellten Anforderungen. In ihrer Eigenschaft als Lieferanten der die Produktivität mitbestimmenden Produktionsmittel sind die Hersteller im Werkzeugmaschinenbau mit dem Produktionsdilemma der Gewährleistung höherer Flexibilität bei gleichzeitiger Kostensenkung konfrontiert. Diese widersprüchlichen Zielsetzungen sind jedoch um so schwerer zu erreichen, je komplexer und umfangreicher die produktionstechnischen Systeme werden. Besonders die von den Automobilherstellern für ihre Produktionsprozesse geordneten Transferstraßen sind bzw. waren äußerst unflexibel und starr, da sie zumeist nur zur Herstellung eines bestimmten Teils eines einzigen Automodells geeignet sind. Abweichend von der im fordistischen Produktionsmodell gültigen Zielsetzung der Produktionssteigerung in Form von Massenproduktion wird für die Entwickler im Werkzeugmaschinenbau nach Aussage eines befragten Herstellervertreeters zunehmend die simultane Verbesserung der sich widersprechenden Zielsetzungen von *Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit* der Maschinensysteme zur Hauptaufgabe. Neben einer technisch verbesserten Auslegung der Maschinen zur permanenten Reduzierung der Produktkosten beim *Kunden* müsse auch eine ausreichende Produktionssicherheit und -flexibilität garantiert sein. Der Forderung nach Produktivitätsfortschritten durch Beschleunigung der Teilprozesse muß ebenso entsprochen werden wie den Anforderungen nach der informationstechnischen Kompatibilität mit anderen Teilsystemen oder der rationellen Bewerkstelligung von Umrüstvorgängen. Dies um so mehr, als der beschleunigte Wandel von Rationalisierungsprinzipien und -modellen bei den Anwendern die organisatorischen Strukturen, in denen Werkzeugmaschinen genutzt werden, immer schneller veralten läßt (vgl. Moldaschl, Schmierl 1994). In der Automobilindustrie, dem wohl wichtigsten Kunden des Werkzeugmaschinenbaus, verlangen die (scheinbar) vom Kunden in immer kürzeren Zeitabständen geforderten Modellwechsel nicht selten eine komplette Umrüstung und Umorganisation der verketteten Produktionslinien und Transferstraßen. Außerdem steht in der gegenwärtigen Krisensituation das Modell industrieller Produktion als Ganzes vor strukturellen Umbruchprozessen, die in ihrer Tragweite und ihrem endgültigen Ausgang noch stark mit Unsicherheit behaftet sind (Kern, Sabel 1994; Sauer, Wittke 1994). Und schließlich werden für neue Produktionskonzepte von der teilautonomen Arbeitsgruppe über die Fertigungsinself bis hin zur „fraktalen“ (Warnecke 1992) oder „modularen“ Fabrik (Wildemann 1988) offene, die Flexibilität der Arbeitskräfte unterstützende Systemarchitekturen benötigt.

(3) Diese Gründe zusammengenommen, werden vom Werkzeugmaschinenbau verstärkt Lösungen gefordert, welche starre Technikverkettungen vermeiden und eine Weiternutzung der einzelnen Maschinen(-module) in veränderten Produktionszusammenhängen

erlauben. Verlagerungen im Nachfrageverhalten der Kunden drängen so auf die Entwicklung von anpassungsfähigen, schnell verfügbaren, mit unterschiedlichen Peripherieeinrichtungen sowie Organisationsstrukturen kompatiblen, den Anwenderbedürfnissen maßgeschneiderten und dennoch preiswerten Werkzeugmaschinen. Diesen Anforderungen begegnen die Hersteller im Werkzeugmaschinenbau gegenwärtig mit Strategien der Reduzierung der Fertigungstiefe, der konstruktiven Auslegung der Maschinen zur Komplettbearbeitung und Minimierung von Nebenzeiten sowie der Flexibilisierung der fertigungstechnischen Systeme und Anlagen. Eine wesentliche konstruktive Voraussetzung dieser Maßnahmen ist die Modularisierung der Werkzeugmaschinen und die Standardisierung der Komponenten.

2.2 Modularisierung und Standardisierung der Werkzeugmaschinen

Herstellerseitige Strategien zur konstruktiven Veränderung der Produkte haben grundsätzlich zwei Rationalisierungszielsetzungen zu verfolgen. Die Kunden erwarten sich von den Lösungen der Technikanbieter Produktionskosteneinsparungen durch eine höhere Produktivität bzw. die Möglichkeit zur rationelleren und vor allem flexibleren Maschinennutzung. Die Hersteller aus dem Werkzeugmaschinenbau müssen aber zugleich im Interesse der Produktionskostenminimierung im eigenen Herstellungsprozeß den Konstruktions- und Produktionsprozeß der Werkzeugmaschinen entsprechend optimieren. Diese beiden Anforderungen an die Maschinenauslegung müssen im Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß gleichermaßen beachtet und möglichst kompatibel aufeinander abgestimmt werden (vgl. auch Deiß 1995; Döhl u.a. 1989).

(1) Eine wesentliche Anstrengung zur unmittelbaren Kosteneinsparung und zur Produktionskostensenkung in der eigenen Produktion richtet sich bereits seit geraumer Zeit auf eine möglichst *fertigungsgerechte Konstruktion* und auf Weiterentwicklungen zur besseren *Handhabbarkeit der Teile* bei der Montage. Mittel dazu sind eine verstärkte, nunmehr in der gesamten Branche verfolgte Modularisierung der Werkzeugmaschine und die Standardisierung der Einzelkomponenten und Zukaufteile. Ausgangspunkt dieser auch aus der Automobilindustrie und deren Zulieferketten bekannten Trends der Modularisierung ist eine intensive Durchforstung der Produktsortimente durch die Werkzeugmaschinenhersteller (vgl. Deiß, Döhl 1992; Becker 1995a). In einer ersten Phase wird zunächst eine Gruppierung der Teile unterschiedlicher Werkzeugmaschinen nach Ähnlichkeitskriterien vorgenommen. Zielsetzung ist die Verwendung möglichst gleicher Teile und Komponenten in möglichst vielen der hergestellten Produkte. Das Ziel ist die Erarbeitung eines das gesamte Produktspektrum umfassenden, modularen Baukastensystems, das im Extremfall die Verwendung jeweils einer eigenentwickelten oder zugelieferten Komponente in allen Maschinen erlaubt. Bei einem Drehmaschinenhersteller wird beispielsweise nach einer das gesamte Produktsortiment umfassenden Nor-

mierungswelle nun für alle (Horizontal- und Vertikal-)Werkzeugmaschinentypen die gleiche Spindel benutzt.

(2) *Vorteile* einer zunehmenden *Standardisierung* der Maschinen über eine Modularisierung und der Entwicklung weitgehend universell einsetzbarer Teile werden in der Möglichkeit gesehen, die Baueinheiten je nach Bedarf zusammensetzen zu können, ohne langfristige und ausführliche Beschaffungs- bzw. Produktionspläne erarbeiten zu müssen. Eine konstruktiv ermöglichte Begrenzung der Baugruppen je Maschine soll die universelle, flexible Ausgestaltung der Systemlösungen durch variierende Kombination der grundsätzlich austauschbaren Module erleichtern. Maßnahmen der Modularisierung und Standardisierung stehen dabei in einem wechselseitigen Verstärkungsverhältnis zur gleichlaufenden Reduzierung der Fertigungstiefe (vgl. 2.3). Eine Modularisierung der Werkzeugmaschinen und eine Standardisierung der verwendeten Baugruppen, Module und Teile erleichtern die Ausweitung des Zukaufanteils von Teilen und Teilprodukten, da infolge der verringerten Teilevariabilität die Losgrößen steigen und damit Spezialisierungseffekte beim Zulieferer verstärkt werden; außerdem hält sich unter diesen Voraussetzungen der Koordinierungs- und Abstimmungsaufwand mit dem Zulieferer in Grenzen. Zugleich aber wird eine aus der Reduzierung der Fertigungstiefe folgende Spezialisierung von Zulieferern wiederum die Modularisierung und Standardisierung der zugelieferten Teile durch Anstrengungen dieser Zulieferer verstärken, zunehmend Effekte der Größendegression verwerten zu können. Über die unmittelbaren Economies of scale-Effekte beim eng spezialisierten Lieferanten und entsprechend günstigere Einkaufspreise hinaus sollen sich für die abnehmenden Werkzeugmaschinenbaubetriebe auch aus der besseren Kompatibilität unterschiedlicher Bauteile und höheren Übersichtlichkeit des Zuliefermarktes Kostenvorteile ergeben. Einsparpotentiale einer *Minimierung der Teileanzahl* werden auch im Entfallen der für jedes Teil anfallenden Kosten für Einkauf, Registrierung, Speicherung und Lagerung identifiziert.

Die Werkzeugmaschinenbauunternehmen haben mit diesen Maßnahmen zur Modularisierung offenbar die im Zuge der durch die Automobilstudie des MIT (Massachusetts Institute of Technology, Womack u.a. 1992) ausgelöste „Lean Production“-Diskussion beliebten Vergleiche mit japanischen Konkurrenten in konkrete Folgerungen und Maßnahmen umgesetzt. Neben Wettbewerbsfaktoren - wie höherer Arbeitsproduktivität (in maßgeblichen japanischen Branchen, wie der Automobilindustrie oder der Konsumgüterindustrie), längeren Jahresarbeitszeiten oder günstigen Zulieferbedingungen - wurden die (scheinbaren) Vorsprünge der japanischen Hersteller oftmals auch internen Faktoren zugeschrieben: „Die deutschen Werkzeugmaschinenhersteller haben eine verglichen mit den japanischen Konkurrenten hohe Kapitalbindung im Umlaufvermögen. Sie hat ihre Ursache in den hohen Materialbeständen, die darauf hinweisen, daß Reibungsverluste in den Fertigungsabläufen bestehen. (...) Es gibt aber auch interne Faktoren, die die geringere Arbeitsproduktivität erklären und zur Erhöhung der Effizienz der Produktionspro-

zesse durch die Unternehmen beeinflusst werden können. Dazu gehören beispielsweise die Fertigung in sog. Geisterschichten, wie sie in Japan üblich ist, eine straffere Organisation der Fertigungsabläufe und eine *Konzentration auf ertragsstarke, möglichst in Modulbauweise gefertigte Produkte*“ (Vieweg 1992, S. 58 f., Herv. durch Verf.). In ähnlicher Weise bemängelt auch Rehberg die „Vernachlässigung der Modularität und die Weiterentwicklung leicht handhabbarer Standardmaschinen“ (1993, S. 3). Möglicherweise ist mit der zunehmenden Modularisierung - produktseitig - auch ein weitaus grundlegenderes Umschwenken des Werkzeugmaschinenbaus angedeutet, womit Vorwürfen eines Hangs zum technischen Perfektionismus und zu „übertechnisierten“ Lösungen gegenüber einer Vernachlässigung des „ökonomischen Kalküls“ begegnet werden soll.

Insbesondere Drehmaschinenhersteller ergriffen bereits vor einigen Jahren Maßnahmen, Standardmaschinen in unterschiedlichen Varianten anzubieten.³ Durch das Anbieten der Drehmaschinen *mit Optionen* konnte der Technikanwender nach dem Baukastenprinzip aus verschiedenen Spielarten auswählen. Mit dem zusätzlichen Aufgreifen von Detailwünschen des Kunden erscheinen dann Standardmaschinen als kundenspezifische Leistungen. Bei einem 1.000 Beschäftigte zählenden Drehmaschinenhersteller erlaubt der modulare Aufbau der Maschinen je nach Bedarf den Einsatz von Dreheinheiten mit einer bis vier Spindeln und einem bis vier Schlitten. Mit der Zusammensetzung eines Systems aus standardisierten Komponenten wird eine Umrüstung bzw. Anpassung zwischen unterschiedlichen Typen erleichtert. Die Marketingstrategie der Hersteller läßt somit die Ausweisung eines differenzierten und diversifizierten Produktprogramms und -sortiments zu, ohne tatsächlich gänzlich unterschiedliche Maschinen entwickeln, konstruieren und produzieren zu müssen. Damit lassen sich die entwickelten Serienmaschinen als an die speziellen Anforderungen der Käufer angepaßt beschreiben: „Wir bezeichnen uns als Maßschneider der CNC-Maschinenhersteller“. Historischer Vorläufer dieser scheinbaren Diversifizierung der Produktpalette dürfte die aus der Automobil- und Kfz-Zulieferindustrie bekannte Politik der „flexiblen Standardisierung“ sein (vgl. Deiß, Döhl 1992; Schrayssshuen 1992).

2.3 Reduzierung der Fertigungstiefe

Maßnahmen der Modularisierung der Werkzeugmaschinen und einer Standardisierung der Einzelkomponenten und Zukaufteile sind auch deshalb attraktiv, weil sie als Realisierung von Kostenvorteilen bei einer verstärkten *Reduzierung der Fertigungstiefe*

³ Ähnlich wie Buss und Wittke (1995) das Eindringen japanischer Konkurrenten in den Bereich der amerikanischen Halbleiterindustrie am Beispiel der DRAM-Module beschreiben, in der eher standardisierte Produkte („commodities“) durch sog. „Broadliner“ hergestellt wurden, gerieten im Werkzeugmaschinenbau gerade die deutschen Hersteller aus dem Standardsektor der Drehmaschinen als erste seitens japanischer Werkzeugmaschinenbauunternehmen unter Konkurrenzdruck.

wirksam werden können. Bei allen Unterschieden im Detail läßt sich als einheitlicher empirischer Befund in der gesamten Branche ein Trend zur Reduzierung der Fertigungstiefe durch Auslagerung von Fertigungskapazitäten feststellen. Der *Anteil des einzelnen Werkzeugmaschinenherstellers* am Endprodukt ist in den vergangenen Jahren drastisch *zurückgegangen*. Zunächst verwundert dies, da in einer konjunkturellen Stag-nationsphase, wie sie für den Untersuchungszeitraum zugrundegelegt werden kann, Un-ternehmen tendenziell den Fremdbezug von Teilen zurückfahren, um Produktionsvolu-men im Betrieb zu halten. Möglicherweise ist aber mittlerweile die Outsourcing-Politik und Spezialisierung auf Kernprozesse bereits soweit fortgeschritten, daß eine Rückfüh-rung der Produktion bisher ausgelagerter Teile nicht mehr möglich ist, da die dazu not-wendigen Maschinen, Arbeitskräfte und Planungskapazitäten nicht mehr im Betrieb verfügbar sind. Es spricht allerdings einiges dafür, daß diese Entwicklung zur Auslage-rung von Wertschöpfungsaktivitäten weiter fortschreiten wird. Die Maßnahmen der Betriebe zur Produktionsverlagerung lassen sich dabei zumindest drei Typen zuordnen. Die beiden Pole sind als „komplettes Outsourcing“ und „Komplettfertigung“ zu be-zeichnen. Der Mitteltypus kennzeichnet eine Strategie der „Kernkom-ponentenfertigung“.

(1) Dem traditionellen Maschinenbauunternehmen der letzten Jahrzehnte entspricht der Typus der „*Komplettfertigung*“: In Unternehmen dieses Typs werden abgesehen von DIN-, Norm- und Massenteilen alle Teile und Komponenten in einer eigenen Mechni-schen Fertigung im Werk gefertigt, wo sie auch montiert werden; der Eigenfertigungs-anteil und die Fertigungstiefe sind damit ausgesprochen hoch. Alle zur Fertigung eines kompletten Produkts nötigen direkten und indirekten Funktionen sind im Betrieb vor-handen. Derzeit spielt allerdings diese Art umfangreicher Eigenproduktion keine Rolle mehr; im Sample fand sich kein Betrieb dieses Typs. Dieser Typus war allenfalls noch in den 80er Jahren zu Zeiten der Hochkonjunktur bedeutsam. Damals wurde die eigene Fertigung möglichst vieler Teile und Komponenten von den Betrieben noch als unver-zichtbar für die Sicherung von Know-how und die langfristige Optimierung der Produk-tionsprozesse betrachtet.

(2) In Betrieben, die die entgegengesetzte Strategie des „*kompletten Outsourcing*“ ver-folgen, wurde die Mechanische Fertigung inzwischen vollständig aufgelöst. Die Pro-duktion ist reduziert auf *Montagefunktionen* und die unterstützenden, indirekt produkti-ven Aufgaben der Qualitätskontrolle, Instandhaltung etc. Während früher die meisten benötigten Bauteile im Werk selbst produziert wurden, werden heute in großem Maß-stab *Komponenten zugekauft* und am Standort nur noch zusammengesraubt und -gefügt. Nicht nur Teile, sondern ganze Komponenten werden komplett zugeliefert und im Werk lediglich endmontiert. Auch Teile der Konstruktionsarbeit werden ausgelagert. Im Betrieb verbleibt hingegen die Konzeptions-, Entwurfs- und Entwicklungsarbeit. Über die Verlagerung von Funktionen in externe Kooperationsbezüge versprechen sich

Unternehmen dieses Typs in erster Linie unmittelbare Kostenvorteile in der Materialwirtschaft über den Zukauf billiger Teile. So wird davon ausgegangen, daß Unternehmen, die sich auf die Produktion bestimmter Teile spezialisiert haben, aufgrund der Routinisierung und der Nutzung der „economies of scale“ diese in der Regel billiger herstellen (vgl. auch Eidenmüller 1995). Diese Vorteile der economies of scale ließen sich letztlich in einem geringeren Preis der Werkzeugmaschine wettbewerbsstärkend an die Kunden weitergeben. Lerneffekte dieser Arbeitsteilung und Spezialisierung einzelner Zulieferer und zweifellos weitergehende Modularisierungsbestrebungen stellen aus Sicht der Endhersteller nochmalige künftige Kosteneinsparungen in Aussicht. Darüber hinaus sollen durch die dadurch mögliche Konzentration des Unternehmens auf bestimmte Arbeitsprozesse sowohl unmittelbar geringere Kosten bei der Herstellung als auch mittelbar finanzielle Vorteile und verbesserte Marktchancen aufgrund einer gesteigerten Geschwindigkeit bei der Auftrags erledigung entstehen.

Als Gründe für die drastische Steigerung oder gar Ausschließlichkeit des Zukaufs von Teilen werden auch die damit verbundenen *Einsparungen von Kosten und Investitionen* angeführt. Bei Wechseln im Produktsortiment oder bei Erweiterungen der Produktpalette soll durch die Verwendung standardisierter, in unterschiedlichen Werkzeugmaschinengenerationen nutzbarer Baugruppen der Aufwand für Entwicklung und Konstruktion von Neu- bzw. Änderungsaufträgen reduziert werden. Einkauf von Zukaufteilen wird auch deshalb als vorteilhaft gewertet, da diese in der Fertigung der Endproduzenten bei geringen Stückzahlen oftmals nur mit großem Arbeitsaufwand hergestellt werden können. Kostenüberlegungen spielen weiterhin auch insofern eine Rolle, als beim Werkzeugmaschinenhersteller eine Reihe von manchmal unterausgelasteten Produktionsmitteln, wie Härteofen, Schweißanlage oder einzelne Werkzeugmaschinen, eingespart werden können. Eine wichtige Rolle spielen dabei Überlegungen zur Eliminierung von Auslastungsproblemen an teuren Produktionsmitteln. Schließlich geht es bei dieser Auslagerungsstrategie aber auch um die Reduktion von Komplexität. So sollen der durch unterschiedliche Marktentwicklungen durchschlagende Flexibilisierungsdruck sowie die zu dessen Bewältigung nötige Planungs- und Steuerungskomplexität auf die Lieferanten abgewälzt werden.

Nicht unwesentliche Zielsetzung dieser Art der Produktionsverlagerung und des supply managements ist die unmittelbare Kosteneinsparung durch Reduzierung des Fertigungspersonals. Erwartungsgemäß spiegelt sich dieser in den letzten Jahren vollzogene Abbau der Fertigungstiefe in einer drastischen Reduzierung der Mitarbeiterzahlen wider. Bei einem Untersuchungsbetrieb sank z.B. die Anzahl der Mitarbeiter von maximal 2.000 vor zehn Jahren auf derzeit ca. 300. Wenig wurde bisher in der industriesoziologischen Forschung die Frage diskutiert, inwieweit sich diese Verlagerungspolitik in Zukunft in strategischer Hinsicht für die Betriebe selbst nachteilig auswirken könnte. Konsequenzen eines Know-how-Abzugs durch Offenlegung der Konstruktions- und

Fertigungsprinzipien und die dadurch stattfindende „Züchtung“ von künftigen Konkurrenten werden sich erst zu einem Zeitpunkt herausstellen, zu dem ein Reagieren in den meisten Fällen zu spät kommt. Auch spricht einiges für die Vermutung, daß das auf diese Weise verlorengelassene Fertigungs-Know-how später als Innovationsproblem die Betriebe wieder einholen dürfte. Vielleicht hingegen grenzen die Werkzeugmaschinenbauer ihre nach außen vergebenen Module aber auch so geschickt ab, daß gerade das im Werkzeugmaschinenbau entscheidende Know-how über das Gesamtsystem nicht weitergegeben wird. Insbesondere im nächsten Typus haben derartige Überlegungen eine Rolle gespielt.

(3) Die meisten Betriebe verfolgen hingegen eine andere „make or buy“-Strategie als die des kompletten Outsourcing, da mit dieser allumfassenden Auslagerungspolitik u.a. wegen Qualitätsproblemen und nicht eingehaltenen Lieferterminen „einige Unternehmen auf die Nase fielen“ (Geschäftsführer). Am breitesten durchgesetzt hat sich eine Strategie der „Kernkomponentenfertigung“, in der je nach Wichtigkeit der Teile für die mittel- und langfristige Marketing- und Produktionsstrategie des Betriebs eine Entscheidung über die Eigenfertigung oder den Zukauf erfolgt. Produktionsverlagerungen spielen auch bei diesem Typ eine maßgebliche Rolle. Diese Strategie zeichnet sich dadurch aus, daß die einzelnen Module einer Werkzeugmaschine hinsichtlich ihrer Bedeutung, ihrer Know-how-Trächtigkeit oder nach den Produktionskosten bewertet werden und die Entscheidung über die Eigenfertigung bzw. den Zukauf zwischen den Modulen in Abhängigkeit von der Bewertung variiert wird. Know-how-trächtige Kernkomponenten werden im Haus, Standard- und Normteile und -module extern gefertigt. Bei den Externalisierungsteilen oder -arbeitsgängen handelt es sich zumeist um Prozesse, die nicht zwingend dem Kernprozeß der Mechanischen Fertigung zuzurechnen sind; so werden zuallererst die Arbeitsgänge des Schweißens und Härtens, der Modellherstellung von Gußteilen und der Fertigung von Standard-Drehteilen aus den Betrieben ausgelagert. Insbesondere mittlerweile günstig zukaufbare Komponenten wie Führungen, Spindellagerungen, Werkzeugmagazine, Drehstrommotoren und große Anteile der Elektronik werden oftmals von außen bezogen. Zumeist spielen auch hier reine Kostenüberlegungen eine Rolle: „Alle Teile, die ein anderes Unternehmen aufgrund einer Spezialisierung besser und billiger produzieren kann und die standardisiert sind, werden von der Firma eingekauft“ (Geschäftsführer). Insbesondere für *Nicht-Kernelemente* und *Massenteile* ist gegenüber der früheren Praxis einer eher regionalen Versorgung eine Strategie des *global sourcing* zur reinen Beschaffungspreisminimierung dominant.

Die wichtigsten, das sind oftmals die patentierten oder patentierfähigen Teile, werden beim Werkzeugmaschinenhersteller zur Eigenfertigung gehalten. Diese Strategie beinhaltet zumeist das Erfordernis bzw. den Versuch, sich durch den Erhalt und die Optimierung strategischer und einzigartiger Eigenfertigungskomponenten und -teile auf dem Markt zu profilieren. Ein Betrieb versucht dies mit einer speziellen Art von Führungen, andere wiederum mit eigenen Revolvern und Spindeln, mit einer spezifischen Werk-

zeugwechseleinrichtung und Bohr-/Fräskopfauslegung oder durch die Spezialisierung auf die Bearbeitung besonders groß- oder kleindimensionierter Werkstücke. Daneben werden in allen Betrieben vor allem die Prozesse der Montage der Elemente und Baugruppen als die zentralen Know-how-Arbeitsgänge im Betrieb gehalten. Darüber hinaus lassen sich aber gravierende Unterschiede im Ausmaß der Auslagerung feststellen. So finden sich in diesem Feld einerseits Betriebe, die nur noch ein Know-how-Modul selbst fertigen und alle anderen zukaufen, andererseits Betriebe, die eine umfangreiche Mechanische Fertigung aufrechterhalten, um mehrere Werkzeugmaschinenkomponenten selbst zu fertigen.

Für die neue Werkzeugmaschinen-Generation eines Herstellers von Bearbeitungszentren für große Werkstücke (ca. 1.000 Beschäftigte) wurden das Werkzeugmagazin, die Ständer, die Tische, die kompletten Gußteile und -betten, die Komponenten der Kühlwasserversorgung, der Späneentsorger, die Blechverkleidung und Abdeckhauben sowie die Wälzlager als Zukaufteile ausgelegt. Gußteile und -betten werden aus einem dem Unternehmensverbund zugehörigen Werk zugeliefert. Als Entscheidungskriterium für den Bezug von Zukaufteilen spielt die Zugehörigkeit zur AG oder zum Unternehmensverbund keine Rolle; ausschlaggebend sind lediglich der Preis und die Lieferzeit. Nur für die vertikal und horizontal nutzbaren Bohr-/Fräsköpfe wird neben der internen Entwicklung und Konstruktion auch die Fertigung beibehalten.

Nach Einschätzung eines Vorstandsmitglieds eines Drehmaschinenherstellers (ca. 1.500 Beschäftigte) lassen sich nicht alle zur Herstellung einer Werkzeugmaschine notwendigen Tätigkeiten vom Guß der Betten bis zur Erstellung der Steuerungen im Betrieb halten oder in den Betrieb zurückführen. Das *Gießen*, die *Vorbearbeitung der Gußmaterialien* und weitere „grobe“ Arbeiten wurden zur Vermeidung von „Dreck, Sand und Schmutz“ ausgelagert. Eine eigene Produktion der *Steuerungen* wäre angesichts der relativ kleinen Losgrößen unrentabel. So wurden die Steuerungen immer schon von außen bezogen, deren Software allerdings im Betrieb programmiert. In diesem Zusammenhang werden Software-Tätigkeiten von Fall zu Fall auch an wissenschaftliche Hochschulinstitute delegiert, sofern die interne Kapazität ausgelastet ist. Ein weiteres Beispiel für Zukaufteile sind die *Wälzführungen* der Schlitten, für die sich ebenfalls aufgrund der geringen Stückzahlen eine Fertigung im Betrieb nicht rentieren würde. Die *Revolver oder Spindeln*, die sich sehr wohl von außen beziehen ließen, werden hingegen aus strategischen Gründen zur mittelfristigen Know-how-Sicherung im Hause behalten. Außerdem könne man bei Stückzahlen von ca. 200 Spindeln im Jahr den Zulieferern auch „kostenmäßig Paroli bieten“. Insgesamt aber ist langfristig ein Trend zur Auslagerung von Produktionsaktivitäten feststellbar. So stieg der Einkaufsmaterialanteil von 25 % vor ca. 30 Jahren auf derzeit ca. 55 %.

Eine abgewandelte Version dieser Kernkomponentenstrategie verfolgt ein 1.000 Beschäftigte zählender Mitgliedsbetrieb eines Unternehmensverbunds. Eher unwichtige Teile, wie Guß- und Schweißteile, werden aus unabhängigen Werken, z.B. aus Spanien, importiert. Wichtige Maschinenkomponenten werden zwar nicht im Werk in Deutschland, allerdings unter *eigener Regie* mit eigenständigem Management im osteuropäischen Ausland (z.B. in Ungarn) produziert, wo eine Fabrik auf die "Grüne Wiese" gebaut wurde.

Eine Begrenzung des Zukaufanteils wird von den Betrieben dieses Typs bewußt auch wegen der damit verbundenen strategischen oder logistischen Vorteile vorgenommen, die über eine nur scheinbar rentable Gegenrechnung von Kostenvorteilen hinausgehen. Der Betrieb ist in geringerem Maße von der konjunkturellen Lage, den Preisen und der Qualität der Produkte der Zulieferer abhängig. Auch logistische Probleme im Falle des Fehlens wichtiger Bauteile können mit einer weitgehend eigenständigen Produktion vermindert werden. Zudem soll eine zu weitgehende Weitergabe von Wissen in den vorgeschalteten Bereich vermieden werden.

Vorsichtige - oder weitsichtige - Betriebe halten sich dabei auch langfristig die jederzeitige Option zum Rückverlagern der Prozesse offen. In diesen wurde zwar die Produktion auf andere Unternehmen verlagert, doch wurden die *Möglichkeiten zur Fertigung* bewußt *aufrechterhalten*. Ein wesentliches Ziel ist die Erhaltung des Produktions-Know-hows im Hause. Hier werden auch weiterhin Maschinensysteme am Standort unterhalten, die nicht ausgelastet sind, dafür aber eine gewisse Unabhängigkeit gegenüber den Lieferanten garantieren. Es handelt sich um Vorsichtsmaßnahmen, falls Probleme mit Lieferanten oder anderweitige Lieferschwierigkeiten auftreten (Konkurs, Streik, Verkehrsprobleme etc.). Zu diesem Zweck und um die unterausgelasteten Maschinen wenigstens teilweise auszulasten, werden sie in einem der Betriebe in der Lohnfertigung für andere Unternehmen zur Herstellung besonders komplizierter kubischer Bauteile in kleinen Losen eingesetzt. Eine derartige Strategie des Zukaufs billiger Teile bei gleichzeitig minimaler Aufrechterhaltung der eigenen Produktion rechnet sich hier offensichtlich auch trotz zeitlich begrenzten Stillstands einzelner Werkzeugmaschinen.

2.4 Vertikale Kooperation zu Zulieferern und Oligopolisierung des Zuliefermarktes

(1) Eng mit den beschriebenen Modularisierungs- und Standardisierungsbestrebungen und dem Trend zur Reduzierung der Fertigungstiefe hängen veränderte Kooperationsbezüge zwischen den Werkzeugmaschinenherstellern und ihren Zulieferern zusammen. In der Folge gehen gleichzeitig Prozesse der Ausdifferenzierung des Zuliefermarktes einerseits und der Segmentierung andererseits vonstatten. Im Zuge dieser vermehrten Externalisierung von Fertigungsfunktionen muß sich der Werkzeugmaschinenhersteller mit einer sich hinsichtlich der Sparte und Teilbranche *ausweitenden Zahl von Kooperationspartnern* im Zulieferfeld auseinandersetzen. Während bisher eine externe Abstimmung idealiter nur mit dem Zulieferer des Rohmaterials und allenfalls der Elektroteile oder Steuerungen notwendig war, ist nun die Zusammenarbeit mit Zulieferern für jede zugekaufte Komponente nötig. Neben den in der Regel immer schon zugekauften Komponenten (Steuerungen, Elektronik, Werkzeugaufsätze) sind dies zunehmend auch die Führungen, Spindeln, Motoren, Maschinenbetten, Maschinenverkapselungen, Werkzeugmagazine u.ä.

(2) Zugleich aber wird das *Feld der Zulieferer* - nur scheinbar gegenläufig - *eingeschränkt* auf nur wenige Zulieferer je Komponente. Während früher die Konkurrenz unter den Zulieferern von den Werkzeugmaschinenbauern strategisch zur Begrenzung der Preisspirale genutzt wurde, wird heutzutage vermehrt auf die auch dem Lieferanten gegenüber artikulierte Bereitschaft zu grundsätzlich langjährigen Beziehungen gesetzt. Die wachsende Breite in der Varianz von Lieferantenbeziehungen wird durch *steigende Tiefe* in der einzelnen Kooperation in den Griff zu bekommen versucht. Ein sich in der gesamten Branche offensichtlich durchsetzendes Prinzip ist das der *zwei Zulieferer* („dual sourcing“). Manche Betriebe konzentrieren sich sogar auf nur einen Lieferanten, unterscheiden aber zur Sicherstellung von Ausweichmöglichkeiten in A- und B-Lieferanten, falls der reguläre Lieferant ausfällt. Dieses Vorgehen erlaubt Vergleiche hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und Preispolitik konkurrierender Zulieferer. Außerdem läßt sich dadurch die Chance zum jederzeitigen Wechsel des Lieferanten im Konflikt- oder Problemfall offenhalten. Die meisten Werkzeugmaschinenhersteller haben sich somit nunmehr einen *stabilen und vor allem eng begrenzten Zulieferkreis* geschaffen und: „Wir springen nicht wild zwischen unterschiedlichen Anbietern herum“ (Konstruktionsleiter). So sind in jedem Betrieb Bestrebungen im Gange, die ursprüngliche Strategie einer fallweisen und vom Preis abhängigen Beschaffungspolitik, die ein Ausspielen der Konkurrenz der Zulieferer im gesamten Feld beinhaltete, zugunsten langjähriger Kooperationsbeziehungen zu nur zwei Lieferanten für jede Zulieferkomponente zu verändern.

Für beide Partner steigt so die Sicherheit und Prognostizierbarkeit des Verhaltens des jeweiligen Gegenüber; die Flexibilität des Abnehmers aus dem Werkzeugmaschinenbau zum Wechsel des Lieferanten wird dabei nicht grundsätzlich angetastet. Von daher findet diese Beziehung auch trotz einer veränderten Umgangsweise keinesfalls in einer symmetrischen und gleichberechtigten Win-win-Situation statt. Als Motive zur Aufnahme und Aufrechterhaltung stabiler Zulieferer-Abnehmer-Beziehungen liegen weit aus stärker ökonomische, wechselseitige Abhängigkeiten oder auch Machtmechanismen zugrunde als ein neu gewonnenes „Vertrauen“ (vgl. auch Flecker, Schienstock 1994). Dieses gewandelte Verhältnis basiert nun nicht auf einer neuen Erkenntnis der Werkzeugmaschinenproduzenten hinsichtlich der Lieferanten, sondern auf der ökonomisch zwingenden Einsicht, daß gute Lieferanten ein knappes Gut darstellen: „Lieferanten sind nicht einfach auf dem Markt nachfragbar“ (Geschäftsführer). Bislang wenig beachtete Kosten des finanziellen, zeitlichen und personellen Aufwands für die Informationsbeschaffung, die Marktsichtung sowie die Auswahl und Bewertung neuer Lieferanten im Falle eines ständigen Wechsels finden nun stärkere Berücksichtigung.⁴ Auch Kosten

4

Begünstigt wurde diese Einsicht möglicherweise durch den betriebswirtschaftlichen Transaktionskostenansatz, in dem derartige Kosten analytisch in die Diskussion eingeführt und hinsichtlich ihrer

für den Aufbau einer funktionsfähigen Beziehung, für den dazu nötigen wechselseitigen Wissenstransfer und für die Einhaltung von Verträgen werden nun als wichtig erkannt. Besonders wegen der Notwendigkeit einer Angleichung der Erfahrungshintergründe der Betriebe in mehr oder weniger langen Anlaufphasen werden *stabile Beziehungen* mit zwei oder drei ausgewählten Unternehmen aufgebaut („wir müssen den Lieferanten erst einmal unseren Wissensstand weitergeben“).

In der *Intensivierung der Beziehungen zu den Lieferanten* sehen eine Reihe von Gesprächspartnern das meiste Potential für gemeinsame Entwicklungsanstrengungen verborgen. Neue „faire und offene“ gegenseitige Beziehungen ersetzen die traditionellen „Versuche, den jeweils anderen über den Tisch zu ziehen und gewisse Erkenntnisse und Verfahrensvorsprünge nicht offenzulegen“. Diese für den Werkzeugmaschinenbau relativ neue Kooperationsweise in der Zusammenarbeit mit Zulieferern kann auch auf die gemeinsame Entwicklung von Komponenten ausgeweitet werden. Ein Betrieb berichtet von der mit einem Antriebshersteller betriebenen Gemeinschaftsentwicklung eines Antriebs, der demnächst auf dem Markt erscheinen wird und dem gute Verkaufschancen zugeschrieben werden. Bei einem Untersuchungsbetrieb wurde kürzlich für die Entwicklung des Werkzeugmagazins für den neuen Maschinentyp ein „Lean development“-Versuch gestartet, wobei der Prototyp in enger Zusammenarbeit mit dem späteren externen Lieferanten am gleichen Standort entwickelt und gebaut wurde. Die regulären Entwicklungsarbeiten für die letztlich vom Werkzeugmaschinenhersteller auf den Markt angebotenen Maschinen laufen dabei vollständig beim Zulieferer.

Trotz Beispielen für Gemeinschaftsentwicklungen oder die komplette Übertragung auch der Entwicklungs- und Konstruktionsfunktionen an die Zulieferer - wie sie aus der Automobilindustrie bekannt ist - ist der Normalfall im Werkzeugmaschinenbau (bislang?) ein anderer:⁵ Die Maschinenhersteller entwickeln in ihrer eigenen Entwicklung und Konstruktion die Produkte und Bauteile, deren Konstruktionszeichnungen sie den Lieferanten weitergeben. Substantieller Teil der Strategie ist aber auch dabei Wissenstransfer zum und Hilfestellung beim jeweiligen Partner hinsichtlich technischer Informationen, um einen gemeinsamen technischen Standard einhalten zu können. Um wirklich weitreichende Verbesserungen der Gesamtkosten im zwischenbetrieblichen Wertschöpfungsprozeß zu erreichen, hat der Endabnehmer auch in einem, immer auch gewisse Risiken beinhaltenden „Übereignungsverfahren“ Prinzipien und Grundzüge seiner Entwicklungs-, Konstruktions- und Produktionsprozesse offenzulegen und dem Lie-

Bedeutung herausgestrichen wurden; ihr bedeutendster bzw. bekanntester Vertreter dürfte wohl Williamson sein (vgl. die kurzen Skizzen dieses Ansatzes bei Semlinger 1993 und Mahnkopf 1994).

⁵ Auch Asdonk u.a. bezeichnen die Vergabe von Produktentwicklungsaufgaben an Zulieferbetriebe als nur „ansatzweise“ realisiert (1993, bes. S. 58).

feranten Einblick zu gewähren. Möglicherweise ist dieses Vorgehen auch nur eine Vorstufe zur umfassenden Auslagerung der FuE-Aufgaben an Systemlieferanten.

Voraussetzung dieser langjährigen Zusammenarbeit ist allerdings in nicht wenigen Fällen eine ausgesprochen rigide Auswahlpolitik, in deren Zuge nunmehr auch die Zulieferer von den Maschinenherstellern umfassend auditiert werden. Bewertungen, Vorgaben konkreter Qualitätssicherungs-, Logistik- oder FuE-Methoden und -Techniken bzw. Auflagen hinsichtlich einer DIN-ISO-Zertifizierung werden allerdings im Werkzeugmaschinenbau (noch) nicht angewandt (Bieber, Sauer 1991; Sauer, Döhl 1994a). Ebenso wenig werden mehreren Zulieferern gleichzeitig ähnliche Entwicklungs- und Konstruktionsaufträge übergeben, um direkte Leistungsvergleiche zu erhalten („concurrent engineering“). Allerdings wird sehr wohl der von den Endabnehmern der Werkzeugmaschinen ausgeübte Preisdruck an die Zulieferer weitergegeben: „Wir drehen die Preisspirale bei unseren Lieferanten in gleichem Maße, wie unsere Kunden dies mit uns tun“ (Entwicklungs- und Konstruktionsleiter). Derartige Preisdiktakte haben bereits viele Automobilzulieferer in schwerwiegende Existenznöte gebracht. Die Wirkungen im Werkzeugmaschinenbau und dessen Zulieferindustrie bleiben abzuwarten. Auch bei auf Stabilität angelegten Zusammenarbeitsformen bleiben die in externen, über den Markt organisierten Kooperationsbezügen angelegten antagonistischen Interessen der Abnehmer einerseits und der Zulieferer andererseits weiterbestehen.⁶ Anstatt der Drohung mit Lieferantenwechsel werden nun in den Verhandlungen eben andere „Argumente“ gewählt: der Preis, mit weitergehender Wirkung aber vor allem Gesichtspunkte der Liefertermine, der Qualitätssicherung und -kontrolle, der Vertrags- und Lieferbedingungen sowie die zu einem bestimmten Preis mögliche konstruktive Auslegung der Zulieferteile. Konflikte sind infolgedessen bei diesen Zulieferernetzwerken trotz der dauerhaften Reziprozität der Beziehungen keineswegs vollständig aufgehoben, sondern nur zeitweise eingedämmt, bis sie - an einem Kontrakt oder Kontakt entzündet - in Form des Rückgriffs auf bloße Machtausübung wiederaufflammen (vgl. Mahnkopf 1994). Schließlich sind die Lieferanten in den beschriebenen Zulieferernetzwerken zwar formal selbständig, in der Realität aber vom Abnehmer steuerbar und gesteuert, wodurch sich eine neue „Variante im Verteilungskampf“ eröffnet (Semlinger 1993).

Auch mittel- bis langfristig sich verstärkende Abstimmungs- und Kontrollprobleme aufgrund der nunmehr externalisierten Entwicklungs-, Konstruktions- und Produktionsprozesse sind zu berücksichtigen. Zwar sind gegenwärtig Kenntnisse über Fertigungs-

⁶ Es ist eben nicht so, daß das einzige ernstzunehmende Problem in „Innovationsnetzwerken“ das doppelte Informationsdefizit „einer sogenannten technologischen Unsicherheit hinsichtlich der sachlichen und finanziellen Machbarkeit eines neuen Produkts“ oder die Intransparenz des Marktes ist (Kowohl, Krohn 1995, S. 90). Es ist auch nicht so, daß „Vertrauen die Grundlage eines permanenten Know-how-Transfers zwischen Hersteller und Anwender bildet“ (ebd., S. 88). Genausowenig ist es „charakteristisch für Netzwerke, daß sie allmählich einen stationären Zustand finden“ (ebd., S. 89; vgl. auch Abschnitt 3).

verfahren und -probleme (noch) beim Hersteller selbst vorhanden. Es läßt sich somit auf eine gemeinsame Basis von Fachsprache, Prozeßwissen und Kenntnishintergrund zurückgreifen. In Kurzfristperspektive ist die Externalisierung von Funktionen zunächst „nur“ mit Zeitaufwand, zusätzlichen Kommunikationserfordernissen oder höherem formalen und konstruktiven Explizierungs- und Spezifizierungsgrad verbunden. Mittelfristig aber könnten sich die Entkopplung der Entwicklung und Konstruktion von Fertigung und Montage und die deshalb mangelnde Rückvermittlung von Zeichnungs- und Konstruktionsfehlern für die Hersteller selbst als strategisch nachteilig herausstellen. Schließlich steigen bei einer derartigen Verlagerung von bisher in den Endherstellerunternehmen durchgeführten Funktionen der Abstimmungs- und Koordinierungsaufwand ebenso wie Risiken bei Verzögerungen; insbesondere durch die Eliminierung von Zeitpuffern bei simultaner Entwicklung können die Gefahr von Engpässen in vorgelagerten betriebsexternen Bereichen, auf die der Steuerungszugriff weitaus schwerer fällt, und die dann drohenden Auswirkungen auf Lieferverzögerungen nur durch höhere wechselseitige Informationsflüsse ausgeräumt werden (vgl. Bieber, Möll 1993).

(3) Die wachsende Komplexität und Spezifität der Systeme, Strategien zur Reduzierung der Fertigungstiefe, die Ausweitung der Breite und Unterschiedlichkeit der Zulieferer bei Einschränkung der Zulieferpartner je Komponente, die *Hierarchisierung* der Zulieferketten und dabei insbesondere der verstärkte Zukauf von Komponenten durch die Endhersteller in Form einer Auslagerung von Produktionsaktivitäten erfordern eine drastische Intensivierung von Außenkontakten. Da verstärkt Fertigungsprozesse nach außen verlagert werden, rücken einige Zulieferer nun ähnlich wie in der Automobilzulieferindustrie in eine Position von Systemlieferanten auf (vgl. hierzu auch die Beiträge in Altmann, Sauer 1989 und Deiß, Döhl 1992). Es bilden sich somit unterhalb der Werkzeugmaschinenhersteller eine neue Ebene und ein *neues spezialisiertes Marktsegment* für bestimmte Zukaufteile heraus. Da diese Strategien von fast allen Werkzeugmaschinenherstellern verfolgt werden, finden sich als Lieferanten ganzer Komponenten immer wieder dieselben Zulieferer. Die Modularisierungsstrategie der Hersteller geht somit mit *dramatischen Konzentrationstendenzen* im Zulieferfeld einher (vgl. Deiß 1995; Eidenmüller 1995). Mit dieser Einschränkung der Zuliefereranzahl je Segment korrespondiert zumeist eine Intensivierung der Zusammenarbeit; allerdings mit der Konsequenz, daß eine Reihe von Zulieferern vom Markt verschwindet. Im einzelnen deuten sich darin *zwei Folgen an*, deren langfristige Konsequenzen derzeit noch nicht absehbar sind:

- Durch die Einschränkung der Zuliefervielfalt und wegen der Versuche zur *Modularisierung* der Werkzeugmaschine durch die Hersteller werden Trends einer *Standardisierung* von Komponenten, Modulen und Zukaufteilen einerseits und der *Konzentration* im Zulieferbereich andererseits nochmals verstärkt. Im Bereich der Führungen z.B. hat sich derzeit unterhalb der Ebene der Hersteller ein nunmehr ei-

genständiges Teilsegment der Führungshersteller im Maschinenbau gebildet. Hier läßt sich durchaus von einem *Anbieter-Oligopol* sprechen, da nur wenige Zulieferfirmen (zwei bis drei deutsche und einige wenige japanische Firmen) sich mittlerweile eine marktbeherrschende Stellung erarbeitet haben. Diese Monopolisierungstendenzen scheinen aber offenbar (noch) nicht soweit fortgeschritten, daß den Werkzeugmaschinenbauern Preisdiktate auferlegt werden könnten.

- Durch die Standardisierungstendenz unterscheiden sich die im Zulieferbereich angebotenen Baugruppen und Bauteile nur noch graduell voneinander, so daß letztlich auch die von unterschiedlichen Werkzeugmaschinenproduzenten im selben Marktsegment hergestellten und ausgelieferten *Werkzeugmaschinen immer ähnlicher* werden. Vielfalt geht damit verloren. Mit einem von einem Gesprächspartner gewählten Begriff läßt sich in diesem Zusammenhang von „Gleichschaltung“ sprechen. Die Sicherung des Markenimages und die Profilierung am Markt erfordern von den Herstellern dann zwangsläufig die Verlagerung der Aktivitäten auf andere Identifikations- und Wissens-Quellen sowie Spezialisierungsnischen. Das Augenmerk wird von den Werkzeugmaschinenherstellern deshalb derzeit verstärkt auf die Optimierung der „Nebenzeiten“,⁷ auf eine problemlosere Kombinierbarkeit der einzelnen Module und Teilsysteme oder auf umweltgerechteren und kostengünstigeren Betriebsmitteleinsatz etc. gelegt. Ob diese von den Werkzeugmaschinenherstellern verfolgten Gegenstrategien einer Kompetenzverlagerung und -konzentration auf Werkzeugwechsler, Nebenzeiten, Nutzungsgrade etc. tatsächlich die erwünschten Effekte zeitigen, muß gegenwärtig offen bleiben.

(4) Offensichtlich sind hiermit Entwicklungen und Verschiebungen angedeutet, die in der industriesoziologischen Diskussion um die Anstöße von Neuentwicklungen bzw. die Veränderungen von Technikentwicklung im Werkzeugmaschinenbau bisher nur unzureichend oder gar nicht zur Kenntnis genommen wurden: die in Teilbereichen erstarkte Rolle von *Zulieferern*. Ein die Beziehungen zum Hersteller stark strukturierender und dessen Definitionsmacht beeinträchtigender Aspekt ist die Tatsache, daß die Marktmacht einzelner Zulieferer von Teilen und Komponenten ständig zunimmt. Dies hängt eng mit der Oligopolisierung bestimmter Marktsegmente zusammen. Für die vier *Sparten* der Werkzeuge, der Führungen, der Lagereinrichtungen und der Software-Entwicklung trifft dies in besonderem Maße zu. In diesem Zusammenhang werden von den Werkzeugmaschinenproduzenten gezwungenermaßen eine Reihe von Entwick-

⁷ Nebenzeiten bezeichnen Zeitanteile bei der Bearbeitung von Werkstücken mit Werkzeugmaschinen, zu denen kein unmittelbarer Zugriff des Werkzeugs auf das Werkstück erfolgt bzw. erfolgen kann. Es handelt sich dabei z.B. um unproduktive Rüstzeiten zum Einrichten der Maschine, zur Vorbereitung des Arbeitsplatzes und der Werkzeugmaschine, zur Programmierung der CNC-Maschine, zum Werkzeugwechsel innerhalb der Maschinenkapsel, zum Auf- und Abspannen der Werkstücke etc. Einzelne Maßnahmen zur Senkung von Nebenzeitanteilen werden detaillierter unter 2.2 beschrieben.

lungsfunktionen an die Zulieferer insbesondere von Antrieben, Spindeln und Führungen übertragen. Dadurch kommen verstärkt Entwicklungsanstöße aus dieser Richtung mit der Ambition, eigene Entwicklungen in den Werkzeugmaschinen auch tatsächlich zum Tragen kommen zu lassen. Modullieferanten vertreten immer offensiver Forderungen nach der Nutzung und Optimierung der eigenen Module und damit letztlich nach der Verwertung ihrer originären Innovationsleistungen. Hierzu werden nicht selten auch Veränderungen in den Konstruktionsprinzipien der Werkzeugmaschinenhersteller erforderlich.

- Insbesondere die *Werkzeughersteller* stellen immer höhere Erwartungen an die Werkzeugmaschinen. Während vor zehn Jahren eine Werkzeugmaschine mit einer maximalen Drehzahl von 3.600 bis 5.000 Umdrehungen arbeitete, sind heute Umdrehungen von 7.500 bis 15.000 die Regel. Damit lassen sich auch seitens der Werkzeugmaschinenhersteller höhere Vorschubgeschwindigkeiten und Schnittgeschwindigkeiten realisieren. Vor allem mit neuartigen *Werkzeugen* aus Keramik, Diamant, titanbasierten Hartmetallen wie Cermet oder mittels neuer Beschichtungsarten sollen Chancen zu höheren Drehzahlen und besserem Wärmeverhalten herausgearbeitet werden. Werkzeughersteller verlangen in diesem Zusammenhang von den Werkzeugmaschinenherstellern zum Teil vehement eine Maschinenauslegung, die die Leistung der Werkzeuge zum Tragen kommen läßt, so daß sie vom Endabnehmer (an-)erkannt werden kann.
- Im ebenfalls verstärkt durch Komponentenzulieferer abgedeckten Teilsegment von *Wälzführungen* beziehen sich die Anforderungen auf die Gestaltung der Schienen und Werkzeugschlitten und auf neuartige Verfahren der Kräfteaufnahme. Die in Kompaktführungen und in linearen Wälzführungen verkörperten Innovationen wurden ursprünglich durch Verpackungsmaschinenhersteller initiiert und im Werkzeugmaschinenbau übernommen. Früher kennzeichneten gerade die *Führungen* und Führungssysteme den Kern des betriebsspezifischen Know-hows des jeweiligen Werkzeugmaschinenherstellers. Nun werden sie in den meisten Fällen als Zukaufteile von außen bezogen, wo sie als standardisierte und unveränderliche „Hardware“ in nur begrenzter Variabilität bezogen werden können. Ebenso wie im Zusammenhang mit der generellen Verringerung der Fertigungstiefe verbindet sich auch hiermit die Gefahr einer *Abwanderung von unternehmensinternem Wissen* an die Zulieferbetriebe, da in der Phase der Entwicklung auch Spezifitäten des eigenen Produktionswissens und -prozesses offengelegt werden müssen.
- Eine erst kurzzeitig sichtbare Entwicklung ist die Tatsache, daß als neue Komponentenanbieter aus dem Bereich der „Maschinenperipherie“ und seitens der Materialflußgestaltung Hersteller von *Teilelagern, Ein-/Auslagerungs- und Transportmaschinen* als Entwicklungspartner hinzukommen. Diese treten zunehmend

durchaus als Generalunternehmer auf, wodurch die traditionellen Werkzeugmaschinenhersteller mit entsprechenden Einbußen an Gestaltungs- und Definitionsmacht zu Subunternehmern „degradiert“ werden.

- Ein mehr oder weniger dramatischer Autonomieverlust ist ferner im *Software-Bereich zu konstatieren*. Aus branchenhistorischen Gründen handelt es sich dabei um ein dem klassischen Werkzeugmaschinenhersteller weitgehend unbekanntes Feld, in dem in der Vergangenheit Wissensdefizite bestanden. Mit der breiten Nutzung von Computersteuerungen wurden neuartige Anforderungen gestellt, die nicht jeder Werkzeugmaschinenhersteller zu erfüllen in der Lage war und ist. Die Ursache liegt dabei weniger in Informationsdefiziten beim Entwicklungs- und Konstruktionspersonal im Werkzeugmaschinenbau als vielmehr in der nicht ausreichend gelungenen Transferleistung der auf dem Markt angebotenen Software-Produkte in Nutzungs- und Einsatzkonzepte für Werkzeugmaschinen.

Diese Entwicklungen zusammengefaßt, bleibt auch bei Auslagerung ganzer Maschinenkomponenten die Verantwortung der Hersteller für den gesamten Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß und für die *Auslegung der gesamten Werkzeugmaschine* zunächst unverändert. Allerdings hat sich der *Entwicklungsprozeß der Teilkomponenten* wie Steuerungen, Antriebe, Spindeln, Betten, Führungen, Lager, Motoren, Werkzeugmagazine, Werkzeuge etc. stark verändert. Zwar lassen sich durch die Modularisierung und Standardisierung der Werkzeugmaschinen und durch den Bezug von Komponenten bei arbeitsteilig spezialisierten Zulieferern economies of scale im gesamten Wertschöpfungsprozeß herausarbeiten und offensichtlich (noch?) beim Käufer der Werkzeugmaschinen bzw. Fertigungssysteme verwerten, jedoch werden dabei auch Kompetenzen im Entwicklungsprozeß nach außen gegeben. Durch wohlüberlegte Schneidung der zugekauften Teilsysteme, Module und Komponenten der Werkzeugmaschinen sollen diese nach außen „entlassenen“ Kompetenzen zwar in Grenzen gehalten werden und soll insbesondere dafür gesorgt werden, daß Verantwortung und Definitionsmacht für die Gesamtlösung beim Werkzeugmaschinenbauer verbleiben. Eine eigenständige Positionierung auf dem Technikmarkt erfordert aber wegen der im Volumen verstärkten Zunahme von Zukaufteilen neue vermarktbarere Konzepte, die dem Technikanwender Rationalisierungseffekte garantieren.

2.5 Komplettbearbeitung und Profilierung durch Optimierung von Nebenzei- ten

Die Fragen nach dem Wandel von Prozessen der Technikentwicklung und nach den Veränderungen auf dem Technikmarkt sind immer auch rückgebunden an die Frage nach den Initiatoren von Technikneuentwicklungen. In der wissenschaftssoziologischen Diskussion wurde in der Vergangenheit die Frage zu beantworten versucht, inwieweit

Entwicklungsanstöße autonom von den Herstellern ausgehen oder von den Kunden angeregt werden und inwieweit sich Impulse von Technikinnovation und -genese angemessener mit dem Begriff des „demand pull“ oder des „technology push“ beschreiben lassen. Nach unseren empirischen Befunden sind Anwenderimpulse und Initiativen der Hersteller immer miteinander verwoben, da die Vorstellungen der Anwendungen und die Angebote der Hersteller ausgehend von einer gemeinsamen Kenntnis des aktuell technisch Machbaren in gewissem Maße gleichlaufen müssen, um von den Werkzeugmaschinenherstellern überhaupt verwertet werden zu können (vgl. Hirsch-Kreinsen in diesem Band bzw. Asdonk u.a. 1991; Hirsch-Kreinsen 1993; Kowol, Krohn 1995). Das Kunststück für einen Werkzeugmaschinenhersteller lag und liegt infolgedessen darin, diejenigen technischen Lösungen anzubieten, die nicht im Bereich höchster Technisierung und Automation liegen, sondern an einem geringer automatisierten Optimum anzusiedeln sind und zugleich zu einem Zeitpunkt am Markt aufzutreten, an dem bei potentiellen Anwendern auch der Bedarf vorhanden ist und/oder Erwartungen hinsichtlich neuer Rationalisierungspotentiale geweckt werden können. Die Maßgabe für das Aufgreifen dieser eigenen technischen Verbesserungen wie auch der aus dem Zulieferbereich kommenden liegt gleichwohl immer in der Abwägung des dem Werkzeugmaschinenproduzenten im Herstellungsprozeß oder dem Kunden bei der Anwendung versprechenden *ökonomischen Nutzens*. In beiden Kontexten - d.h. sowohl beim Anwender als auch im eigenen Produktionsprozeß - sind gleichzeitig und gleichermaßen Anforderungen an die Flexibilisierung und Ökonomisierung der Produktion zu lösen.⁸ Sofern mit der Neuentwicklung Einspareffekte z.B. beim Umrüstaufwand oder bei der Wartung verbunden sind, lassen sich diese auch dem Kunden gegenüber mit einem höheren Preis durchsetzen.

In der Werkzeugmaschinenbaubranche gibt es somit auch kaum Sprunginnovationen, sondern weitgehend *inkrementelle Innovationen* (vgl. Asdonk u.a. 1993; Kalkowski, Manske 1993; Hirsch-Kreinsen 1993; Hirsch-Kreinsen 1995a; Manske 1994). „Demgegenüber verläuft der Entwicklungsprozeß im Werkzeugmaschinenbau eher schleppend, langsam und schrittweise optimierend. Es kommt nunmehr vor allem zu einem zähen Ringen um Details und Sekunden. Angesetzt wird dabei schwerpunktmäßig beim Werkzeugwechsel und bei den Nebenzeiten“ (Konstruktionsvorstand). Als Anstöße zur Weiterentwicklung der Technik im Werkzeugmaschinenbau sind an erster Stelle externe Demand-pull-Faktoren in Gestalt spezieller *Kundenforderungen* nach Produktivitäts-

8

Insofern lassen sich die den Werkzeugmaschinenherstellern eröffnenden Strategiedimensionen aufgrund ihrer Rolle als Produzenten von Investitionsgütern, welche in Anwenderkontexten ebenfalls Flexibilisierungs- und Ökonomisierungserfordernissen unterworfen sind, allenfalls analytisch, nicht aber praktisch in externe Strategien und interne Strategien trennen, wie es z.B. für die Möbelindustrie möglich und sinnvoll ist. Die Werkzeugmaschinenhersteller stehen in diesem Zusammenhang vor dem Dilemma, das Flexibilisierungserfordernis tendenziell durch die kundenspezifische Anpassung maßgeschneiderter Sonderanfertigungen lösen zu müssen, eine Ökonomisierung jedoch das Angebot preiswerter Maschinen nahelegen würde, die eine Produktion von Standardmaschinen in größeren Serien voraussetzen würde (vgl. Döhl u.a. 1989, bes. Abschnitt III).

steigerung zu nennen (z.B. Erhöhung der Geschwindigkeit, Verbesserung des Auf- und Abspannens, Wunsch nach integrierter Komplettbearbeitung etc.). Initiativen der Anwender gehen zumeist auf ein aktuelles Fertigungsproblem zurück, wozu seitens des Werkzeugmaschinen-, Fertigungssystem- oder Transferstraßenproduzenten eine Lösung zu erarbeiten ist. Zumeist wird die Anforderung weniger in konkreten Vorstellungen zur Werkzeugmaschinenkonstruktion geäußert als vielmehr diffus in Form einer Definition von Leistungsmerkmalen und -anforderungen, die immer vorläufig und veränderbar bleibt und oftmals im Disput zwischen Kunde und Hersteller verändert wird. Nicht selten werden von den Anwendern Zeichnungen oder Werkstücke als Vorlage in die Verhandlungen mit eingebracht, deren Fertigung auf der zu entwickelnden Werkzeugmaschine kostengünstig möglich sein muß. Letztlich können nach Ansicht einzelner Gesprächspartner wohl nur zwei Neuentwicklungen der letzten Jahrzehnte als wirkliche Sprunginnovation angesehen werden. So zum einen der in den letzten drei Jahrzehnten die gesamte Branche erfassende Umstieg auf die *NC-/CNC-Technik*, der nunmehr einheitlich und fast durchgängig in der gesamten Branche vollzogen wurde. Und zum zweiten die von einem bekannten Werkzeugmaschinenhersteller als eigene und weitgehend selbständig vorangetriebene Innovation zur Nutzung der *Lasertechnik* in der Blechbearbeitung. Allenfalls ließe sich darüber hinaus noch in der gerade abgeschlossenen Entwicklung des *Linearmotors* eine Sprunginnovation entdecken.

Hinsichtlich der technischen Auslegung der Werkzeugmaschinen lassen sich im Werkzeugmaschinenbau derzeit drei generelle Trends feststellen. *Zum ersten* wird - initiiert durch Rentabilitätsforderungen der Kunden - die Integration unterschiedlicher Bearbeitungsverfahren zum Zweck der Komplettbearbeitung von Werkstücken in einer Aufspannung vorangetrieben. *Zum zweiten* sind die Werkzeugmaschinenhersteller zunehmend gezwungen, gewandelte gesellschaftliche Einstellungen zum Umweltschutz und zur Energie- bzw. Betriebsmitteleinsparung aufzugreifen, die zumeist mit den ökonomischen Interessen der Anwender gleichlaufen. Und *zum dritten* setzen Neuentwicklungen der Werkzeugmaschinenhersteller angesichts der zeitökonomischen Einsparungsziele verstärkt bei den Nebenzeiten an, da die Möglichkeiten zur Minimierung von Hauptzeiten beim gegenwärtigen Stand der Technik nahezu ausgereizt sind.

(1) Da die Maschinenkonzepte der einzelnen, bislang getrennten Bearbeitungsverfahren Bohren, Fräsen, Drehen etc. sich nahezu an der Grenze des beim derzeitigen Wissens- und Forschungsstand Möglichen befanden, wurde als Quelle der Zeitoptimierung eine Integration dieser unterschiedlichen, ursprünglich unvereinbar scheinenden Bearbeitungsverfahren zur Komplettbearbeitung von Werkstücken als Lösung entdeckt. Insbesondere die Einsparung der Nebenzeiten zum Auf- und Abspannen des Werkstücks und zum Werkzeugwechsel versprach zeitökonomische Vorteile. Dieser bereits bei Deiß u.a. (1990) beschriebene, aus Wirtschaftlichkeitsgründen von den Kunden geforderte Trend zur *Komplettbearbeitung* wird in der Zwischenzeit von der gesamten

Branche aufgegriffen und wird aus Produktivitäts- und Rationalisierungsgründen wohl weiter fortschreiten (vgl. Fabry 1995, S. 60). Die Grenzen zwischen den einzelnen Bearbeitungsverfahren verwischen sich, und die bisher spezialisierten *Zerspanungstechnologien fließen zunehmend ineinander*. In Bearbeitungszentren verschwimmen die früher klar getrennten Maschinenbaukulturen des Fräsens und Bohrens einerseits, sowie des Drehens andererseits, nunmehr zunehmend ineinander, ohne derzeit allerdings bereits vollständig aufgelöst zu sein. Während die Integration der Dreh- und Fräsbearbeitung in einem Maschinenraum - u.a. durch die Nutzung angetriebener Werkzeuge bei der Drehbearbeitung - nunmehr gängiger Stand der Technik ist, werden auch zu den dem Zerspanen vorgelagerten Arbeitsgängen des Gießens Integrationsmöglichkeiten herauszuarbeiten versucht. Fortschritte bei der Komplettbearbeitung erhofft man sich so von der parallel vorangetriebenen Weiterentwicklung der *Werkstoff-Forschung* einerseits und der Fertigungstechnik andererseits: Dabei wird z.B. an der Integration der 1. Prozeßstufe „Metallumformung“ mit der 2. Prozeßstufe „Spanende Fertigung“ in ein einheitliches Maschinenmodell geforscht. Neue durchgängige Konzepte richten sich auf die Entwicklung von Maschinen, die gleichzeitig gießen und fertigen können. So ist man heute offensichtlich in der Lage, Kurbelwellen zu gießen, die nicht mehr auf zerspanenden Maschinen nachbearbeitet werden müssen. Analog hierzu werden Rohteile genauer vorgeformt, so daß beim Endhersteller ein geringerer Bearbeitungsaufwand anfällt (Near-net-shape-Technologie; vgl. Fabry 1995). Schließlich werden traditionelle Schleifmaschinen zunehmend durch Drehmaschinen substituiert, die das Drehen und das Schleifen in einen Arbeitsgang (Hart drehen) integrieren, so daß bislang notwendige Umrüst- und Aufspannarbeitsgänge beim Übergang von der Dreh- in die Schleifbearbeitung entfallen (vgl. Klocke u.a. 1995).

Auf dem Sektor der *Drehmaschinen* konnte mit dem *Einsatz angetriebener Werkzeuge* vor ca. zehn Jahren eine Innovation lanciert werden, die das Einsatzspektrum der CNC-Drehmaschinen erheblich in Richtung auf Komplettbearbeitung erweiterte. Während sich die Drehbearbeitung bisher durch feststehende Werkzeuge gegenüber einem rotierenden Werkstück auszeichnete, konnten nun zusätzliche Werkzeuge zum außermittigen Bohren und Gewindeschneiden, zum Fräsen, Schlitzen, Senken usw. eingesetzt werden. Hiermit wurde - ausgehend vom Drehen - ein erster Schritt in Richtung der Komplettbearbeitung realisiert. Mittlerweile entsprechen diese Bearbeitungsverfahren dem gängigen Standard; man spricht in diesen Fällen von Drehzentren. Eine wichtige Weiterentwicklung bei *Drehmaschinen* liegt im Einsatz einer zweiten Drehspindel für die rückseitige Bearbeitung eines Werkstückes. Früher wurde ein Reitstock eingesetzt, der das Werkstück als Gegenachse zur Antriebsspindel festspannte; dieser wird heute durch eine zweite Spindel mit einem zweiten Revolver ersetzt. Diese zweite Spindel läßt eine simultane Bearbeitung mit einem zweiten Werkzeug zu. Diese Technik der Doppelspindel hat sich mittlerweile zu einem von den Kunden als selbstverständlich zugrundegelegten Standard in der Drehbearbeitung entwickelt. „Weitere Innovationen im Drehbe-

reich liegen in der Luft“ (Geschäftsführer), wie beispielsweise die *Laserbearbeitung* auf Drehmaschinen oder die Konzeption von *Ultrapräzisionsmaschinen* (ausführlich: Spur 1995, S. 193).

(2) Ein auf Initiativen der Anwenderseite zur Optimierung der Entsorgung und Wasserhaushaltung sowie zur Betriebsstoffkostenreduzierung zurückgehender, in der gesamten Werkzeugmaschinenbaubranche feststellbarer Trend ist der zur *Trockenbearbeitung*, die sowohl aus ökonomischem Einsparkalkül der Anwender als auch aus Umwelt- und Kostengründen verlangt wird. Forderungen des *Umweltschutzes* werden durch die Entwicklung von Ersatzstoffen für Kühlmittel und die Verwendung biologisch abbaubarer Öle aufgegriffen, die sowohl in der Anschaffung als auch der Entsorgung bei bisheriger Verwendung teuer zu Buche schlagen (vgl. Fabry 1995, S. 58). Den Werkzeugmaschinenherstellern fällt gerade diese Anpassung leicht, da diese neuen Verfahren der Trockenbearbeitung nicht zur Notwendigkeit einer durchgängigen Neukonzipierung und -konstruktion neuer Werkzeugmaschinen führen, sondern durch Änderungen innerhalb der gegebenen Grundprinzipien der Maschinengestaltung abgedeckt werden können. Ein kompletter Verzicht auf Kühl- und Schmiermittel ist damit allerdings bislang (noch) nicht möglich, obwohl der Schmier- und Kühlmittelverbrauch stark verringert wird. Von Anwenderseite induzierte Entwicklungsanstöße weisen ferner in die Richtung *schwer zerspanbarer* Produkte. Allgemeiner Nachfragewandel und ein veränderter gesellschaftlicher Stellenwert der Umweltthematik sowie vor allem schärfere bestehende oder bevorstehende staatliche Vorschriften erfordern zunehmend die Möglichkeit zur Bearbeitung von haltbareren und dauerhafteren Produkten (z.B. durch Einsatz neuer Werkzeug- und Werkzeugmaschinenmaterialien wie Polymer, Keramiken, neuen Legierungen oder Cermets).

(3) Werkzeugmaschinenhersteller müssen sich gegenwärtig, u.a. wegen der beschriebenen Funktionsverlagerungen und Gleichschaltungsmechanismen hinsichtlich der Werkzeugmaschinenkomponenten, wesentlich durch unterschiedliche Rahmendaten der Maschinensysteme zur Erhöhung der Produktivität beim Anwender durch die Reduzierung der Nebenzeiten profilieren. Die Konzentration auf die Nebenzeiten reflektiert somit den gegenwärtigen Stand der Technik, an dem „aus den Hauptzeiten nichts mehr herauszuholen ist.“ *Einsparungen bei den Nebenzeiten* fokussieren sich z.B. auf die Beschleunigung der Werkzeugwechselsysteme, auf die Verkürzung der Zugriffszeiten des Werkzeugs auf das Werkstück, auf die Beschleunigung von Eilzeiten,⁹ auf das hauptzeitneutrale Be- und Entladen bzw. Auf- und Abspannen, auf das Zusammenspiel des Zu- und Abtransports von Werkstücken o.ä. (vgl. auch Kalkowski, Manske 1993 bzw.

⁹ Eilzeiten bezeichnen Zeitanteile bei der Bearbeitung von Werkstücken, in der das Werkzeug aus dem oder in den Werkzeugspeicher transportiert wird und währenddessen im Maschinenraum die spanende Bearbeitung unterbrochen wird.

Förtsch u.a. 1995, S.62). Äußerst wichtige Vorarbeiten zur Beschleunigung der Bearbeitungsgänge wurden dabei von den Führungs- und Antriebsherstellern mit der Entwicklung von Direktantrieben und Linearmotoren geleistet (Pritschow u.a. 1995; Würz 1995). Bereits seit längerem angewandte Verfahren sind z.B. das *Zweiplatzkonzept*, bei dem jedes Bearbeitungszentrum mit zwei Spannplätzen ausgerüstet ist. Dabei muß der Bearbeitungsgang im Maschinenraum nicht unterbrochen werden, während ein Werker die Maschine am freien Platz bereits mit dem nächsten Werkstück belädt. So werden eine hauptzeitneutrale Bedienung der Maschine ermöglicht und zugleich Palettenwechslersysteme überflüssig.

Der Maßgabe einer Nebenzeiteinsparung im Sinne der Beschleunigung von Umrüstvorgängen bei Produktionsumstellungen entsprach ein Hersteller von Bearbeitungszentren (1.000 Beschäftigte) mit der Entwicklung eines neuen Fertigungskonzeptes, das als „*agiles Fertigungskonzept*“ bezeichnet wird. Es nimmt eine Mittelposition zwischen der starren Fertigung einerseits und der flexiblen Fertigung andererseits ein. Agile Maschinensysteme setzen sich aus drei einfachen Achseinheiten zusammen und entbehren jeden „Schnick - Schnacks“, weswegen gute Erfolge auf dem Markt erzielt werden konnten. Der *Impuls* zur Verwirklichung dieses neuen Konzeptes ging von einem großen US-amerikanischen Automobilkonzern aus. Zur Umsetzung dessen relativ grober Überlegungen zur Verkürzung der Umstellungsdauer von Transferstraßen wurde das deutsche Unternehmen beauftragt. Als einer der größten internationalen Autohersteller produziert dieser Kunde 25.000 Motoren pro Tag in 18 Motorenwerken auf der ganzen Welt und strebte weitere Produktionssteigerungen (40.000) an. Ein weiterer wichtiger Ausgangspunkt der Idee der agilen Systeme lag auch in herstellerseitigen Ursachen begründet, die mit der Produktionsorganisation und -logistik des Unternehmensnetzwerks zusammenhängen. Denn mit den gängigen Maschinensystemen konnte das transnationale Werkzeugmaschinenbauunternehmen bisher keine gleichmäßige Auslastung der Produktionsstandorte erzielen. Das neue Prinzip liegt in der Verkettung mehrerer selbständiger Bearbeitungszentren in einer Transferstraße, die hauptzeitneutral und ohne Produktionsausfall umgerüstet werden können. Diese zeichnen sich durch umfassende Modularität und hohe Geschwindigkeit der Bohr-/Fräswerkbewegungen aus; für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten ist ein schneller Zugriff über eine an der Rückseite angebrachte Türe möglich, ohne die Bearbeitung unterbrechen zu müssen; zur Bearbeitung stehen insgesamt zwei Be- und Entladeplätze zur Verfügung; da ein Portallader die Werkstücke auf mit Führungsstiften ausgerüsteten Tischen positioniert, ist keine manuelle Aufspannung nötig; ein Scheibenmagazin für Werkzeuge gewährleistet die vertikale Bearbeitung ohne die Notwendigkeit eines Greifereinsatzes. Schließlich lassen sich aufgrund der Gleichartigkeit der Subsysteme diese je nach Kapazitätsauslastung fallweise in unterschiedlichen Produktionsbetrieben des Konzerns fertigen.

Eine Profilierung auf dem Markt und gute Verkaufserfolge konnten z.B. bei einem Drehmaschinenhersteller (400 Beschäftigte) mit der Verwendung „hydrostatischer Führungen“ zur Beschleunigung der Eilzeiten erzielt werden. Diese besondere Führung zeichnet sich durch eine gute Dämpfung (geringer Reibkontakt), eine bessere Rundlaufgeschwindigkeit (Verkürzung der Nebenzeiten) und Präzision aus (für minimale Toleranzen und insbesondere für den höheren Drehbereich). Beim Prinzip der hydrostatischen Führung wird eine runde Trägersäule von einem röhrenförmigen Körper um-

geschlossen. An den Seiten wird über insgesamt acht Trägertaschen Öl eingeschleust, wodurch sich der Längsschlitten abhebt bzw. sich ein Spalt um die Säule herum bildet. Mit diesem Prinzip tritt keine mechanische Reibung mehr auf, der Schlitten läuft wie auf einem Ölfilm (berührungslos bei konstantem Abstand). Als weiterer Vorteil gilt die Verschleißfreiheit dieser Führung, die die Gewährung einer zehnjährigen Garantiezeit erlaubt.

(4) Rationalisierungsbestrebungen, die weiterhin die Verringerung der Hauptzeiten zum Ziel haben, betreffen im wesentlichen die Beschleunigung der Werkstückbearbeitung durch schnellere bzw. leistungsfähigere Werkzeuge. Aktuelle Forschungsanstrengungen in der *Fräsbearbeitung* und bei ähnlichen Verfahren richten sich bei Neuentwicklungen im Werkzeugmaschinenbau derzeit auf die Optimierung des *High-speed-cutting* (vgl. Becker 1995; Schulz u.a. 1995; Gühring, Cselle 1995; Möller 1995). Dieses Verfahren spielt bei der Drehbearbeitung kaum eine Rolle, da hier die Geschwindigkeit ohnehin bereits sehr hoch ist und Experimente mit höheren Geschwindigkeiten vor ca. zehn Jahren wegen unbefriedigender Ergebnisse nicht zu Weiterentwicklungen führten. Entwicklungspotentiale werden eher bei den Verfahren Schleifen, Fräsen, Drehfräsen und Plasmadrehen gesehen. Allerdings sind bei diesem Verfahren zunächst Gefahrenpotentiale auszuschalten, die durch die hohen Fliehkräfte bei hohen Geschwindigkeiten an den Werkzeugen entstehen (vgl. Schulz u.a. 1995). Schäden an den Maschinen sind dabei nur das geringere Problem; auch massive Gefährdungen der Maschinenführer sind für Fälle, in denen sich das Werkzeug oder einzelne Werkzeugteile aus den Werkzeugaufnehmern lösen, nicht ausgeschlossen. Dies erfordert vor einem breiten Einsatz in der Praxis die Weiterentwicklung passiver Sicherheitstechnik, stabiler Kabinen oder die stärkere Auslegung der Werkzeuge nach Sicherheitskriterien. Schulz u.a. berichten hier „von zusätzlichen Sicherungsschrauben für die Schneidenträger und geometrischen Änderungen der Grundkörper“ oder von „höherfesten Werkstoffen“ (wie Titan) (ebd., S. 534). Auch nach Ansicht eines der Gesprächspartner bedürfen die neuen Modelle des *High-speed-cutting* noch vielfacher Problemlösungen insbesondere bei den peripheren Bearbeitungsgängen und Konstruktionsprinzipien: „Mit einer schnellen Spindel ist es nicht getan.“ Wichtig sind gleichzeitig ein guter Spänefluß, schnelle Achsen, gute Schmierstoffe, steifere Werkzeugmaschinen oder eine übersichtliche Arbeitsraumverkapselung.¹⁰

2.6 Flexibilisierung der Produktion statt mannloser CIM-Fabriken

Der Werkzeugmaschinenbau stellt wegen seiner Rolle als Lieferant der gesamten Industrie mit Produktionsmitteln einen strategisch wichtigen Motor industriell-kapitalisti-

¹⁰ Mit diesem High-speed-cutting ist wohl die gegenwärtig wichtigste und erfolversprechendste Weiterentwicklung angedeutet. Zu weiteren aktuellen *Trends der Werkzeugmaschinenentwicklung* aus der Sicht von Ingenieurwissenschaftlern vgl. auch Becker 1994; Becker 1995a; Fabry 1995; Klocke u.a. 1995; Spur 1995; Spur u.a. 1995 oder Westkämper 1993.

scher Rationalisierung dar. Entwicklungen neuer Techniken und Technologien im Werkzeugmaschinenbau sind damit immer rückgebunden an das Rentabilitätskalkül der Anwender, das zu unterschiedlichen Zeitpunkten eine unterschiedliche Form annehmen kann. Rentabilität kann kurzfristig definiert werden als Minimierung der Lohnstückkosten durch Einsatz von Systemen auf höchstmöglichem Automationsniveau. Rentabilität in einer längerfristigen Betrachtung kann aber auch auf die Minimierung der Gesamtkosten durch Flexibilisierung der Produktionsabläufe, Verringerung der Durchlaufzeit und Möglichkeit zu schnellen Produktionsumstellungen zielen. Verdeutlichen läßt sich dies am aktuellen Wandel der Einstellungen der Werkzeugmaschinenbaukunden zur CIM-Debatte (CIM = Computer Integrated Manufacturing). In dieser Diskussion um die flächendeckende und den gesamten Betrieb datentechnisch vernetzende Einführung von Computersystemen, die zum Teil epidemischen Charakter annahm, erhofften sich insbesondere Vertreter der Ingenieurwissenschaften eine Vereinfachung der betrieblichen Prozesse durch Vermeidung von Mehrfachaufwand bei der Aufnahme, Eingabe, Verwaltung, Aktualisierung und Anwendung von Daten durch die Definition einer einheitlichen Datenbasis. Elemente dieser CIM-Strategie waren die horizontale und vertikale Vernetzung des Betriebs: Durch eine gemeinsame Datenbank sollten die in einem CAD-/CAM-System¹¹ genutzten *produktionstechnischen Funktionen* mit den simultan erfaßten, in einem PPS-System¹² abgebildeten *betriebswirtschaftlichen und administrativen Funktionen* verknüpft werden. Damit sollten der vertikale Datenstrom von der Entwicklung in die Konstruktion, die Arbeitsvorbereitung, die Fertigung/Montage und die Qualitätssicherung einerseits mit dem horizontalen Datenfluß von der Auftragsannahme und -planung in die Fertigungsplanung über die Fertigungssteuerung, durch die Fertigung/Montage und letztlich die Termin- und Mengenüberwachung andererseits miteinander abgeglichen und somit optimiert werden (vgl. dazu im Detail Schultz-Wild u.a. 1989).¹³

11 In der betrieblichen Praxis niemals vollständig realisierte CAD-/CAM-Systeme zielten auf die Verknüpfung von CAD-Systemen (Computer Aided Design) mit CAP-(Computer Aided Planning) und CAM-(Computer Aided Manufacturing)Systemen. Die aus der Entwicklung und Konstruktion kommenden technisch-geometrischen Zeichnungsdaten sollten computertechnisch zur bürogestützten Programmierung der NC-/CNC-Maschinen weiterverwendet werden und darüber hinaus mittels einer datentechnischen Schnittstelle an die Maschinen übertragen werden.

12 Als PPS-Systeme (Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme) werden rechnergestützte Material- und Betriebsdatenverwaltungssysteme bezeichnet, mit deren Hilfe die betrieblichen Grunddaten (Arbeitspläne, Stücklisten, Betriebsmitteldaten) gemeinsam für die betrieblichen Logistikfunktionen von Auftragsplanung und -steuerung, Kalkulation, Materialwirtschaft, Zeitwirtschaft, Fertigungsplanung und -steuerung, Betriebsdatenerfassung, Kontrolle und Versandsteuerung verwaltet und aufbereitet werden sollen.

13 Wichtige CIM-Bestandteile auf der Ebene der Produktionstechnik waren computergestützte Produktionsmittel, die letztlich die Vision einer „*mannlosen Fabrik*“ verwirklichen helfen sollten: Im Rahmen des *Computer Aided Manufacturing (CAM)* sollten die Fertigung und deren Unterprozesse Mechanische Fertigung, Montage, Transport, Lagerung, Teilehandhabung, Wartung und Instandhaltung computertechnisch gesteuert und überwacht werden. Zunächst wurden zur Automatisierung der unmittelbaren Fertigungsfunktionen *NC-Maschinen* eingesetzt; bei diesen wurden die zur Bearbeitung eines Werkstücks notwendigen geometrischen und technologischen Daten in numerischer Form durch gestanzte Lochstreifen eingegeben, die zumeist zentral in der Arbeitsvorbereitung er-

Als bisherige Zielsetzung der Anwender komplexer Produktionssysteme dominierte in der Diskussion um CIM die höchstmögliche Automatisierung und die *Eliminierung bzw. Reduzierung menschlicher Arbeit* (z.B. durch die Verwendung hochkomplexer Ladeeinrichtungen). Gefördert bzw. gestützt werden sollten die vorherrschenden tayloristischen und arbeitsteiligen Produktionsmodelle. So wurde Mitte der 80er Jahre unter CIM überwiegend bzw. ausschließlich die Vision einer mannlosen Produktion verstanden. „Jedes Unternehmen bemühte sich um ein Vorzeigeobjekt komplexer, automatisierter Fertigungssysteme“ (Konstruktionsleiter). Dieser Modetrend, nach dem jeder Produzent ein flexibles Fertigungssystem konzipieren mußte, gilt nunmehr als überholt. Der Trend geht nach Einschätzung der meisten Gesprächspartner weg von Großsystemen. Während Ende der 70er Jahre Flexible Fertigungssysteme mit zehn bis zwölf Werkzeugmaschinen, Leitrechner, Transporteinrichtung und Wagenmaschine weltweit Renner waren, „ist man heute schlauer.“ Der Automatisierungsgrad wurde in den letzten Jahren insgesamt in seinem Umfang reduziert. Dies geht im wesentlichen darauf zurück, daß die *Nachteile* einer durchgängig automatisierten Fertigung in letzter Zeit deutlich hervorgetreten sind und letztlich im Rentabilitätskalkül der Anwender negativ zu Buche schlugen.

Die Gründe für diese Veränderungen liegen ebenso wie die vorgängige CIM-Euphorie weniger in einer herstellerinduzierten Veränderung der Systemkonzeption als vielmehr im Wandel der Anwenderwünsche *aufgrund schlechter Erfahrungen*: Nachteilig wirkte sich in erster Linie die Abhängigkeit des Gesamtsystems von einzelnen Bauteilen aus, die mit nur einer begrenzten Lebensdauer ausgestattet sind. Mit dem Anstieg der Zahl der eingesetzten und miteinander verbundenen Komponenten steigt die Ausfallwahrscheinlichkeit des gesamten Systems. Dementsprechend sinkt die Verfügbarkeitsrate. Besonders negativ wirkte sich in der Vergangenheit die hohe Störanfälligkeit komplexer FFS oder Transferstraßen aus. Verbreitete Stellungnahmen der Gesprächspartner waren z.B.: „Wenn ein Baustein ausfällt, dann steht der ganze Karren“, oder „wenn nur ein Bohrwerkzeug bricht, dann steht die ganze Kiste“. Mit dem Kauf hochtechnisierter Sys-

stellt und in der Werkstatt eingelesen wurden. Die späteren *CNC-Maschinen* (Computerized Numerical Control) stellen eine weiterentwickelte Form der NC-Maschinen dar, haben einen eigenen Speicher (Mikroprozessor) und lassen sich sowohl durch Lochstreifen als auch durch in einem NC-Programmiersystem erstellte Magnetbänder oder auch durch direkt an der Werkzeugmaschine erstellte Programme steuern. Als *Bearbeitungszentren (BAZ)* werden CNC-Maschinen bezeichnet, die die Möglichkeit zur Mehrseitenbearbeitung (Vier-Achsen-Bearbeitung) bieten und deren Werkstück- und Werkzeugwechsel automatisiert sind; sie sind zumeist mit einem umfassenden Programmspeicher ausgestattet. *Flexible Fertigungszellen (FFZ)* verfügen zusätzlich zur Ausstattung der Bearbeitungszentren über Werkstückbe- und -Entladeeinrichtungen, Überwachungssysteme und integrierte Meßvorrichtungen. Bei *Flexiblen Fertigungssystemen (FFS)* werden in der Regel mehrere CNC-Werkzeugmaschinen bzw. BAZ, Werkstückbe- und Entladeeinrichtungen, Werkzeug- und Werkstückspeicher, Transporteinrichtungen sowie Steuerungs- und Überwachungssysteme miteinander verknüpft. Als weitere CAM-Komponenten fanden/finden Fahrerlose Transportsysteme (FTS), automatische Montagsysteme, Industrieroboter, automatische Materialflußsysteme und computerverwaltete Lagersysteme Verwendung.

teme steigt so auch die Abhängigkeit der Kunden von den Herstellern, insbesondere bei einem „Crash“. In manchen Fällen führte diese Komplexität sogar soweit, daß bei einer Störung ein Außenmonteur bzw. Servicetechniker des Werkzeugmaschinenherstellers extra zum Anwender reisen mußte, „um die richtigen Knöpfe zu drücken“ (Geschäftsführer). Die mannlose Fertigung erfordert darüber hinaus einen teilweise unrentablen Überwachungsaufwand. Zugleich wird die Möglichkeit eines rechtzeitigen menschlichen Eingreifens in den Fertigungsablauf erschwert. Denn hochautomatisierte Anlagen sind oftmals äußerst unflexibel und erlauben Werkern und Technikern nur unzureichende Eingriffsmöglichkeiten: „Hochtechnisierte Systeme sind oft nur von Akademikern zu beherrschen und gehen am Ziel vorbei“ (Konstruktionsleiter). Diese gegen Großsysteme sprechende mangelnde Beherrschbarkeit im Störfall wird insbesondere dann kritisch, wenn die Maschinen an Kunden mit eher unqualifiziertem Bedienpersonal geliefert werden, deren Ausbildungsstand zu einer angemessenen Reaktion im Falle einer Störung nicht ausreicht; nach Erfahrung eines Gesprächspartners ist damit vornehmlich in den USA zu rechnen. Möglicherweise ist auch die konjunkturelle Entwicklung als Einflußfaktor zu berücksichtigen: In einer wirtschaftlich und finanziell guten Umsatzsituation bei potentiellen Kunden werden hochgradig automatisierte Systeme vorangetrieben. In der Rezession werden von diesen hingegen Investitionen zurückgefahren und eher sog. Low-cost-Maschinen angeschafft. Nach dieser These könnte sich der gegenwärtige Trend jederzeit wieder umkehren und bei verbesserter Konjunktur sich das Kundenverhalten wieder stärker zur Nachfrage komplexer und automatisierter Systeme verschieben. Dies würde entgegen der hier vermuteten, mehrheitlich in die Richtung einer Flexibilisierung von Systemen mittleren Automationsgrads gehenden Entwicklung für einen zyklischen Nachfrageverlauf nach hoch- bzw. niedrigautomatisierten Anlagen sprechen. Eine abschließende Entscheidung muß einer Überprüfung in der Zukunft vorbehalten bleiben.

In den 90er Jahren wurde offenbar im Investitionsverhalten der Technikanwender zunehmend von automatisierten Systemen Abstand genommen. Der *Trend* geht in Richtung der Produktion mit *überschaubaren Bearbeitungszellen*. Anstatt überzogener CIM-Visionen werden nun eher „Sparversionen“ und Technikkonzepte nachgefragt, die mannarbe statt mannlose Schicht erlauben sollen. Die Richtung ist angedeutet mit Flexiblen Fertigungssystemen, die zwar im einzelnen einem hohen technischen Standard entsprechen, aber zugleich einfacher aufgebaut sind und nicht unbedingt vollautomatisiert arbeiten (vgl. auch Becker 1995a). Möglicherweise deutet sich darin ein höheres Gewicht der *Offenheit von Systemen* hinsichtlich ihrer Einsatzbreite und Erweiterungsfähigkeit an. Ein Instrument dazu sind kombinierbare flexible Fertigungssysteme, die nicht mehr wie in den 80er Jahren umfangreiche Anlagen darstellen, sondern bei der Erstbestellung lediglich aus zwei Bearbeitungszentren bestehen, die mit automatisierten Vorrichtungen zum Werkzeugwechsel und zur Werkzeugvermessung ausgestattet sind. Zur wichtiger werdenden Nebenzeiteinsparung werden *Werkzeugspeicher* für mehr als 100 Werkzeu-

ge verwendet. Das Prinzip der Modularität auf der Ebene der einzelnen Werkzeugmaschinen, das unter 2.2 beschrieben wurde, wird somit auf einer höheren Komplexitätsebene dupliziert. Auch bei FFS oder verketteten Transferstraßen setzt sich als eines der derzeit gültigen Prinzipien aus unterschiedlichen Gründen die *zunehmende Modularität* komplexer Systeme durch: Im Gegensatz zu den traditionellen starr verketteten Systemen lösen erstens fallweise Störungen bei mehreren, unabhängig arbeitenden modularen Zentren keinen Stillstand des gesamten Systems aus; bei Ausfall eines Bearbeitungszentrums können die restlichen Bearbeitungsmodule in der Produktion ungehindert fortfahren. Zweitens kann bei Umrüstarbeitsgängen oder bei kompletten Produktionsumstellungen, die z.B. bei Modellwechseln im Automobilbau erforderlich werden und bisher zeitweise die Produktion lahmlegten, die alte Anlage bei weiterlaufender Produktion schrittweise ersetzt werden. Drittens erlaubt der modulare Aufbau eine schrittweise Aufstockung und Aufstellung der Anlagen durch zeitversetzten Zukauf weiterer Komponenten und Module. Insbesondere mittelständischen Kunden wird so die Möglichkeit gegeben, sich zunächst lediglich ein Bearbeitungszentrum anzuschaffen und dies möglicherweise schrittweise um mehrere Bearbeitungszentren mit anschließender Verkettung und übergreifenden Transporteinrichtungen zu erweitern.

Die Forderungen der Kunden und Technikanwender verstärken auch im Werkzeugmaschinenbau die Versuche zur Verschaffung von Konkurrenzvorteilen durch Kostenführerschaft (vgl. Porter 1992). Früher konnten sich Werkzeugmaschinenhersteller noch Marktvorteile über einen technischen Vorsprung verschaffen, heute zählen vor allem Kostengesichtspunkte bei der Produktauswahl durch die Käufer. Die Kunden, im wesentlichen die Automobilindustrie, diktieren und drücken die Preise („Lopezeffekt“). Es findet nach Ansicht einiger Interviewpartner nunmehr *kein Technikwettbewerb* mehr statt, sondern zunehmend ein *reiner Preiswettbewerb*.¹⁴ Da die Kunden zumeist auch Wirtschaftlichkeitsrechnungen durchführen, werden bei einer Kaufentscheidung die

14 Aus diesem Grund sind gegenwärtig in der Technikgeneseforschung beliebte Rückgriffe auf die Metapher des hinter Veränderungen der dominanten Techniklinien stehenden Leitbildes (vgl. zuletzt: Dierkes u.a. 1995) nicht ganz zutreffend, da dabei von der Tatsache abstrahiert wird, daß hinter dem Technikwandel konkrete Rationalisierungsstrategien und daraus abgeleitete Technikanforderungen bzw. vor allem ökonomische Zwänge und Zielsetzungen stehen. Technikanwendung und -entwicklung wird nicht durch sich in den Köpfen von irgendwelchen Entwicklern und Erfindern abzeichnende Leitbildmoden und -konjunkturen gesteuert. Ebenso wenig hilft eine verschwörungstheoretische Terminologie des „Einbruchs“ in bestehende und abgesichert scheinende Wissensstrukturen, des „Schließens und Konsolidierens“, der „Institutionalisierung“ oder der „Allianzbildung mit Koalitionspartnern, Fahnenträgern und Promotoren“ weiter (Knie 1994). Dies mag vielleicht noch bei ausgewählten Sprunginnovationen mehr oder weniger zutreffen, wobei auch hier Zweifel angebracht sind, sicherlich nicht aber bei den im Werkzeugmaschinenbau dominierenden inkrementellen, von Anwenderinteressen sowie Profilierungsversuchen der Hersteller gesteuerten Technikwandelprozessen. Diese Einschätzung ließe sich sicherlich am Paradebeispiel für Leitbilder - den CIM-Visionen der 80er Jahre - nachweisen, deren Ursprung wohl weniger in ingenieurwissenschaftlichen Leitbildern, als vielmehr in, zunächst in Branchen der Massen- und Serienproduktion (Elektroindustrie, Automobilindustrie) vorangetriebenen Versuchen zur Unabhängigmachung von menschlicher Arbeitskraft zu sehen ist - was aber hier nicht weiter ausgeführt werden kann. Eben dieses analytische Zurückführen der Leitbilder auf die dahinterliegenden ökonomischen Quellen und Mechanismen unterbleibt in der aktuellen Leitbilddiskussion.

Investitionskosten entscheidendere Kriterien als technische Spitzenleistungen in Details. Es lassen sich zwei nur scheinbar gegenläufige Trends zugleich feststellen: Die Herstellerfirmen versuchen, ihre Kosten durch eine Vereinfachung der Maschinen zu minimieren, um sich so auf dem Markt durch niedrigere Maschinenpreise behaupten zu können. Manche Befragte sprechen in diesem Zusammenhang - etwas euphemistisch - von einem „Trend zurück zur Natur, einer Beschränkung auf das Wesentliche und Bezahlbare“. Dabei impliziert gerade diese „Vereinfachung“ der Maschine komplexere Anforderungen an den Entwicklungs-, Konstruktions- und Produktionsprozeß beim Maschinenhersteller; „einfache“ Low-cost-CNC-Maschinen sind z.B. durch simple Bedienoberflächen gekennzeichnet, welche immensen Informatik- und Programmieraufwand voraussetzen. Außerdem wird zugleich die Komplexität der Anlagen auf eine neue Weise gesteigert, indem früher separierte, unterschiedliche Bearbeitungsverfahren zum Zwecke der Komplettbearbeitung in ein Maschinenkonzept integriert werden (vgl. z.B. Drehzellen). Dieses scheinbar sich widersprechende Vorgehen wird durch die Modularisierung der Werkzeugmaschine bzw. der Systeme und vor allem erst durch die nunmehr erreichten hohen Rechnerleistungen ermöglicht.

In manchen Fällen verzichteten Kunden auch auf den Kauf eines hochkomplexen und -automatisierten Fertigungssystems, das das gesamte mögliche Werkstückspektrum umfaßt, wenn dadurch die Komplettbearbeitung eines Teils der Werkstücke in einem geringer automatisierten System preisgünstiger wurde. Die Komplettbearbeitung innerhalb einer Werkzeugmaschine wird dabei durch eine Beschränkung auf das wesentliche Werkstückspektrum erreicht; hierzu verzichten Kunden neuerdings auch auf allumfassende Bearbeitungsanforderungen (wie überdimensionierte Werkstücke), um die Fertigung mit einer preisgünstigeren Werkzeugmaschine zu gewährleisten. Anstatt derartige Teile automatisiert in der Transferstraße oder im FFS fertigen zu lassen, werden sie aus der automatisierten Bearbeitung herausgenommen und auf einem alleinstehenden Bearbeitungszentrum oder an einer konventionellen Werkzeugmaschine durch manuelle „Handwerksarbeit“ bearbeitet.

Schließlich spielt bei der Beschaffungsplanung der Kunden beim Kauf komplexer Systeme der *zeitliche Vorlauf* der Bestellung und Auslegung bis zum eigentlichen System Einsatz eine Rolle. Allein die Vorbereitungszeit (ohne Installation) nimmt beim Anwender im Falle eines FFS bis zu zwei Jahre in Anspruch, bevor die Produktion beginnen kann. Heute wird den Werkzeugmaschinenherstellern zunehmend eine schnelle Umsetzung des Kundenauftrages abverlangt. „Nicht mehr die Großen fressen die Kleinen, sondern die Schnellen die Langsamen“ (Konstruktionsleiter). Eine Konzentration der Werkzeugmaschinenhersteller auf kleinere Standardmaschinen und Standardelemente begünstigt diese Vorgehensweise. Anfänglich umfassen die Systeme nur zwei bis maximal vier Werkzeugmaschinen und lassen sich damit vergleichsweise schnell und

problemlos implementieren. Sie können je nach Bedarf miteinander verkettet und um zusätzliche Komponenten erweitert werden.

3. Strukturveränderungen im Werkzeugmaschinenbau: Neuzuschnitt der Unternehmensgrenzen, Unternehmenskonzentration und neue Kooperationsbezüge

Die im letzten Abschnitt beschriebenen, auf das *Produkt* (Werkzeugmaschine bzw. BAZ, FFS etc.) zielenden Strategien der Werkzeugmaschinenhersteller zur Bewältigung der ökonomischen Krise, die sich vornehmlich mit der Anpassung der Produktkonzeption oder der Produktionsbedingungen befaßten, werden durch Maßnahmen ergänzt, die über die Betriebsgrenzen hinausweisen. Insbesondere Make-or-buy-Strategien, Umorientierungen in der Eigentümerstruktur und Kapitalanlagepolitik sowie die Nutzung von (tatsächlichen oder auch nur scheinbaren) Effizienzvorteilen von Kooperationsbezügen sollen die Kostensituation des einzelnen Unternehmens verbessern helfen. Als gemeinsames Merkmal der sich derzeit abzeichnenden Verschiebungen in den Absatz-, Logistik- und Zulieferbeziehungen zeichnen sich das Entstehen und die Ausweitung von *Unternehmensverbänden* ab. Kaum mehr ein Unternehmen des Werkzeugmaschinenbaus ist wirtschaftlich wirklich eigenständig; zumeist ist ein anderes Unternehmen (oder eine Gruppe) beteiligt oder hält sogar die Mehrheit. Aufgrund der wechselseitigen und verketteten Schachtelbeteiligungen verschieben sich auch die Entscheidungsbefugnisse auf eine von außen nur schwer erkennbare Ebene. Äußerst vorläufig und turbulent werden gegenwärtig die bisherigen Eigentumsverhältnisse verändert und Unternehmensgrenzen neu gezogen: Die gesamte Branche ist z.Zt. von gravierenden *Konzentrationstendenzen gekennzeichnet und wird komplett neu strukturiert.*¹⁵

Ohnehin seltene Experimente mit Strategischen Allianzen und horizontalen Kooperationen von eigenständig bleibenden, wirtschaftlich und rechtlich selbständigen Partnern scheitern an mangelndem Erfolg, an Konkurrenzzwängen oder an den beteiligten Partnern zuwiderlaufenden Interessen der Eigentümer und Aktionäre. Demgegenüber werden sowohl zu Zulieferern als auch Kunden sowie zu Maschinenbauunternehmen anderer Sektoren *neue Formen vertikaler und horizontaler Kooperation* auf unterschiedlichen *Konzentrationspfaden* vorangetrieben: Während „Marktsegmentmonopolisten“ ein

¹⁵ In diesem Gliederungspunkt werden Veränderungen aufgegriffen, die auch von Kalkowski u.a. (1995) in ihrer neueren Arbeit noch nicht zur Kenntnis genommen wurden: Da sie den Schwerpunkt auf die innerbetrieblichen Reaktionen und Maßnahmen zur Bewältigung der Krise legen (vgl. Kap. IV, VII und VIII), bleiben ihnen die hier beschriebenen zum Teil dramatischen überbetrieblichen Lösungsansätze bzw. Entwicklungen verborgen. Dies betrifft sowohl die zunehmende Bedeutung der Zulieferer als Impuls für Neuentwicklungen im Werkzeugmaschinenbau als auch die Entwicklungskooperation zwischen den Herstellern und deren Kunden sowie die durch Konzentration und Segmentierung veränderten Unternehmensgrenzen.

gesamtes Werkzeugmaschinensegment durch systematisches Aufkaufen von Produzenten ähnlicher Maschinen und Anlagen zu beherrschen suchen, weiten andere Unternehmen das Produktsortiment des Unternehmensverbunds durch wirtschaftliche Verknüpfung mit Herstellern komplementärer Werkzeugmaschinen und -anlagen aus („Komplettanbieter“). In einem dritten Typus scheint die Aufkaufstrategie eher von Kapitalanlage- als von produkt- oder marktstrategischen Überlegungen dominiert zu sein, da hier der Unternehmensverbund letztlich einem „Gemischtwarenladen“ ähnelt (3.1). Diese Branchenrestrukturierung im Verbund mit den im letzten Abschnitt beschriebenen und als Reaktion auf die ökonomische Krise zur Reduzierung der Produkt- und Herstellungskosten ergriffenen Veränderungen führen zu einer gewandelten *Branchenstruktur* sowie zu veränderten *institutionellen und organisatorischen Entwicklungs- und Kooperationskonstellationen*. Gleichsam gegenläufig zur - bereits unter 2.3 beschriebenen - teilweise drastischen Reduzierung der Fertigungstiefe kommt es zur Konglomeratbildung. Dabei machen diese Aktivitäten zur Produktionsauslagerung, zum Aufbau von Zulieferketten und zur Intensivierung von Kooperationsbezügen einerseits und die Konzentrationsbestrebungen andererseits nicht an den nationalen Grenzen halt, sondern umfassen zunehmend auch Investitionsobjekte im europäischen oder außereuropäischen Ausland (3.2).

3.1 Unternehmenskonzentration

Während im letzten Abschnitt die betriebliche Entwicklungs-, Konstruktions- sowie ansatzweise die Logistikpolitik zum Thema gemacht wurden, wird im folgenden Abschnitt als komplementäres betriebliches Politikfeld die Marketing- und Portfoliostrategie aufgegriffen. Prozesse der Unternehmenskonzentration sind äußerst eng mit den simultan ablaufenden Bestrebungen zur Reduzierung der Fertigungstiefe und Produktionsverlagerung verknüpft, die unter 2.3 behandelt wurden. Ungeklärt ist dabei, ob die Unternehmenskonzentration der Reduzierung der Fertigungstiefe zeitlich vorangeht, ob der Abbau der (inner-)betrieblichen Wertschöpfungsaktivitäten überwiegend (bzw. nur) zum Zwecke einer offensiven Akquisitions- und Internationalisierungspolitik erfolgt oder ob beide Tendenzen möglicherweise unabhängig voneinander vorangetrieben werden.

Offensichtlich lassen sich die derzeitigen Vorgänge der Unternehmenskonzentration gleichermaßen als Begleiterscheinungen und Folgen wie als Voraussetzungen bzw. Anstöße der Reduzierung der Fertigungstiefe erklären. Im Werkzeugmaschinenbau zeichnet sich gegenwärtig die widersprüchliche Situation ab, daß Unternehmen eine Vielzahl von Unternehmensfunktionen auf- und an andere Unternehmen abgeben; diese Reduzierung der Fertigungstiefe zieht damit neue und intensivierte Kooperationsformen zu Zulieferern auch auf diesen ausgelagerten Wertschöpfungsfeldern nach sich. Zugleich aber wird der Werkzeugmaschinenbau durch eine beispiellose Welle der Zusammenballung,

Fusionierung und Unternehmenskonzentration neu strukturiert. Einer Tendenz zur Verkleinerung der einzelnen Unternehmenseinheiten durch Produktionsauslagerung steht somit ein Trend zur Bildung von größeren Unternehmensverbänden, Unternehmensgruppen, Produktionsnetzwerken und Konzernen gegenüber. Diese Dialektik von Ausdifferenzierung und Segmentierung einerseits und Integration andererseits wird in diesem Abschnitt aufzugreifen sein.¹⁶ Dabei sind die untersuchten Betriebe nicht immer die Initiatoren und Promotoren der Beteiligung an oder des Aufkaufs von Firmen, sondern nicht selten „Opfer“ und „Beute“ mit zunächst unabsehbaren Konsequenzen. Die bisher zumeist bestehende betriebliche Selbständigkeit wird damit nachhaltig und tiefgreifend in Frage gestellt. Entscheidungen, das Produktspektrum, die Absatzmarktaufteilung, die Betriebsgröße und Beschäftigungspolitik sowie den Umfang und die Art der Produktionskapazitäten betreffend, werden zunehmend auf höherer Ebene oder von branchenfremden Beteiligten (Banken, Konzernen aus anderen Wirtschaftsbereichen) getroffen und laufen nicht selten den einzelbetrieblichen Interessen zuwider. Durch diese aktuellen Akquisitionsturbulenzen wird eine Voraussage hinsichtlich der Frage, wohin sich der Werkzeugmaschinenbau letztlich entwickelt, äußerst problematisch.

(1) *Internationale Konkurrenz*, im Standardmaschinensektor vor allem durch Japaner und im Technologieführersegment wechselkursbedingt durch die derzeit starken Italiener, ist eine wichtige Begründung, wenn die unübersehbaren Konzentrationstendenzen im Werkzeugmaschinenbau zur Sprache kommen. Aufgrund dieser globalen Verschärfungen der Absatzsituation dürften nunmehr offensiv umgesetzte Formen vertikaler und horizontaler Kooperation zwischen konkurrierenden Herstellern zu erwarten sein. Zu vermuten wäre, daß sich infolge der Verschärfung der Absatz- und Konkurrenzsituation im Laufe der letzten Rezession die Impulse für eine direkte Zusammenarbeit mit unmittelbaren deutschen Wettbewerbern in Form von strategischen Allianzen oder Kartellen zur Offensive gegenüber ausländischen Konkurrenten verstärken (vgl. Lewis 1991; Kaufmann 1993). Allerdings ist demgegenüber eine horizontale Zusammenarbeit mit direkten Mitbewerbern desselben Marktsegments im Werkzeugmaschinenbau äußerst selten. Die „Angst vor Eruptionen und Reibungen“ (Geschäftsführer) verhindert nicht

16

Eine genauere Analyse dieses wechselseitigen Zusammenhangs zwischen einer Tendenz zur Reduzierung der Fertigungstiefe und einem Trend zur Unternehmenskonzentration muß einer gesonderten Untersuchung vorbehalten bleiben. Zu prüfen wäre dabei beispielsweise, inwieweit eine zum Zwecke der Spezialisierung vorgenommene Reduzierung der Fertigungstiefe eines Betriebs zwar einerseits eine kleinere, schlagkräftigere Einheit schafft, die andererseits aber wegen Defiziten in anderen Produktsegmenten und wegen des geringen Gesamtkapitals als Aufkaufkandidat für größere Maschinenbauunternehmen attraktiv wird, wodurch letztlich der Reduzierung der Fertigungstiefe eine Unternehmenskonzentration folgt. Der in diesem Abschnitt beschriebene Trend zur Zunahme von „Komplettanbietern“ könnte in diese Richtung weisen. Aber die empirischen Befunde weisen auch auf eine gegenläufige Kausalkette hin: Im Zusammenhang mit einer Unternehmenskonzentration werden im neuen Unternehmensverbund Know-How-Quellen und Kapazitäten zusammengefaßt; mit der Zielsetzung einer Synergienutzung werden in einer Neuordnung einzelne Teilaufgaben in nunmehr spezialisierte Betriebe oder Werke zusammengelegt, während in den beteiligten (Schwester-)Unternehmen durch den Funktionsabzug die Fertigungstiefe reduziert wird.

selten Kooperationen mit anderen Werkzeugmaschinenherstellern. Die über Jahrzehnte hinweg bestehende Konkurrenz zwischen den Werkzeugmaschinenherstellern in der Bundesrepublik blockiert eine gleichberechtigte Zusammenarbeit. So ist nach Ansicht nahezu aller Gesprächspartner nicht davon auszugehen, daß es im Werkzeugmaschinenbau je zu Kooperationen zwischen Herstellern kommen wird, die im selben Segment tätig sind: „Boehring und Index oder Traub und Index werden in 100 Jahren sicherlich nicht miteinander kooperieren“ (Expertengespräch). Dabei überwiegen jeweils die Hoffnungen auf das Zugrundegehen der japanischen Konkurrenten bei Überleben beider deutscher Hersteller den grundsätzlich erkannten Zwang zur Zusammenarbeit. Allenfalls waren *vereinzelte Gespräche im Entwicklungsbereich von Steuerungen* oder hinsichtlich der *Präsenz in anderen Märkten* oder der *Aufeinanderabstimmung von Vertrieb und Service* zu verzeichnen. Aber vor allem im Kernbereich wird eine strategische Zusammenarbeit vermieden.

Ein Beispiel für eine aus Sicht eines der Beteiligten gelungene *externe Kooperation* zu einem abgrenzbaren Themenkreis liefert ein Arbeitskreis unter Automobilausstattern unter dem Label „ERFA“ (= Erfahrungsaustausch in der Industrie), an dem annähernd alle namhaften Produzenten von Transferstraßen beteiligt waren. Sechs bis acht Unternehmen (u.a. Grob, Hüller-Hille, Burkhart & Weber, Heller, Alfinger, Ex-Cell-O) waren jeweils in Person der technischen Leiter in diesem Gesprächskreis vertreten. Jeder Betrieb lieferte wiederum die Informationen an ein bis zwei weitere Partner „in der Hinterhand“. Ein Themenschwerpunkt bildete der Versuch einer *Standardisierung der unterschiedlichen Kundennormen*. So sollte der unter und in den Automobilkonzernen herrschende „Wildwuchs“ in den Normenanforderungen beseitigt werden. Innerhalb einzelner Konzerne bestehende unterschiedliche Grundlagen des Normenwesens hinsichtlich der Beschaffung von Produktionsmitteln hatten z.B. zur Folge, daß VW Kassel andere Normen als die VW-Zentrale in Wolfsburg anwendete. Der Arbeitskreis lief Mitte der achtziger Jahre zwar zunächst zufriedenstellend, konnte jedoch letztlich den Herausforderungen der Rezession und dem steigenden Konkurrenzdruck untereinander nicht standhalten. Die Zusammenarbeit wurde nicht weitergeführt, da sich die erarbeiteten Vorstellungen bei den Abnehmern nicht durchsetzen ließen.

Das Spezifikum dieses Erfahrungsaustauschs liegt in zwei Eigentümlichkeiten: Zum einen haben die Autokonzerne eine derartige Zusammenarbeit durch ihre Knebelungspolitik selbst provoziert, wobei für die „Geschädigten“ zugleich ein Verursacher-Oligopol als eingrenzbarer Zielgruppe identifizierbar war. Zum zweiten erfordern Transferstraßen aufgrund der Art der Vertragsabschlüsse bereits im Vorfeld immense Vorleistungen der Hersteller bei der Entwicklung und Zeichnungserstellung, ohne sicher gehen zu können, den Auftrag auch tatsächlich zugeteilt zu bekommen. Im Gegensatz dazu sind bei Standardmaschinen, die für den Massenmarkt produziert werden, die Vorleistungen tendenziell weniger aufwendig; das Investitionsvolumen ist geringer, und das Abnehmerfeld ist weitaus anonym. Infolgedessen sind vergleichbare Einrichtungen wie der Arbeitskreis „ERFA“ für Bearbeitungszentren aus anderen Sektoren des Werkzeugmaschinenbaus unbekannt. Darüber hinaus sind Gründe für das *Scheitern von hori-*

zontalen Kooperationen zwischen unmittelbaren Wettbewerbern vielfältig. Eine geplante „horizontale Kooperation“ zwischen zwei unmittelbaren Konkurrenzunternehmen zur Vertriebsbündelung scheiterte an starren Entschädigungsregelungen des deutschen Handelsrechts:

Der *Kooperationsvertrag* eines 400 Beschäftigte umfassenden Drehmaschinenproduzenten mit einem kleinen Drehmaschinenhersteller im süddeutschen Raum bezog sich auf einen gemeinsamen *Vertrieb*. Da der Kooperationspartner kleinere Drehmaschinen herstellte und sich somit die Maschinengrößen der Hersteller ergänzten, wurde eine gegenseitige Unterstützung beim Verkauf der Produkte vereinbart. Die *Gründe für das friedliche Scheitern* der Kooperation nach eineinhalb Jahren lagen vor allem im Handelsvertretungsgesetz und der *räumlichen Überschneidung der Handelsvertretungen* beider Firmen. Durch die Zusammenarbeit wurden einige Vertretungen überflüssig, was bei Kündigung der Vertretungsverträge mit hohen Ausgleichszahlungen verbunden gewesen wäre. „Die Vertreter kämpften so lange um ihre Provision, bis die Kooperation beendet wurde.“ Aufgrund dieser schlechten Erfahrungen wurden Kooperationsversuche mit anderen Betrieben des gleichen Marktsegmentes eingestellt. „Für eine Kooperation mit einem anderen Werkzeugmaschinenhersteller sind wir fast zu klein, und wir schrecken vor dem damit verbundenen Risiko zurück.“

Weitere Erfahrungen mit horizontalen Kooperationen lassen sich allenfalls noch rückblickend aus wirtschaftlich weniger turbulenten Zeiten berichten. Neben den wenig spektakulären und mehr oder weniger konfliktarmen Vertriebskooperationen stellen *Entwicklungskooperationen* die wohl am weitesten gehenden Kooperationsformen dar, da sie ähnlich wie die verstärkte Zusammenarbeit zwischen den Werkzeugmaschinenbauern und ihren Zulieferern dem Partner jeweils Einblick in Entwicklungs- und Konstruktionsmethoden, -strukturen und -verfahren vermitteln. Allerdings sind die Konfliktquellen bei einer horizontalen Entwicklungskooperation und deren strategischen Konsequenzen um einige Potenzen dramatischer, da die Wahrscheinlichkeit eines durch Know-how- und Methodentransfer ermöglichten Eindringens des Konkurrenten in eigene Kundenstämme oder die Herausarbeitung von Konkurrenzvorteilen durch Lerneffekte bei einem Produzenten des eigenen Marktsegments weitaus höher ist. Von daher ist es nicht verwunderlich, daß horizontale Kooperationen zwischen tätigen deutschen Werkzeugmaschinenherstellern des gleichen Marktsegments von Mißerfolgen begleitet sind und deshalb nicht vorangetrieben werden.

Seitens eines Drehzentrenherstellers (2.500 Beschäftigte) wurden erstmals Ende der 60er Jahre Versuche mit einer Entwicklungspartnerschaft unternommen. Die Idee einer gemeinsamen Entwicklung eines neuen NC-Maschinen-Konzeptes mit einem CNC-Dreh- und -Fräsmaschinenhersteller wurde begünstigt durch die räumliche Nähe der Unternehmen (die Standorte liegen etwa 50 km voneinander entfernt), durch die Tatsache, daß die Unternehmen sich bisher nicht als direkte Wettbewerber gegenüberstanden sowie durch persönliche Kontakte der Vorstände und gemeinsame Produktinteressen. In einer gemeinsamen Tochtergesellschaft sollte eine Maschine entwickelt werden, die dem bisherigen Programm des Kooperationspartners ähnelte. Die Arbeitsgemeinschaft

(zwei Konstrukteure pro Firma) entwickelte zunächst eine Baureihe von vier unterschiedlich großen Werkzeugmaschinen, wobei der damit einhergehende *Austausch von Entwicklungs- und Konstruktionswissen* in wöchentlichen Besprechungen für beide Seiten „äußerst *interessant*“ und produktiv war: „Wir Techniker haben viel voneinander gelernt“. Als bereits die Modelle erstellt wurden, wollten die Aufsichtsräte der Firmenneugründung aus unbekanntem Gründen nicht zustimmen. Die Situation wurde zusätzlich dadurch verstärkt, daß der Kooperationspartner nur noch am Verkauf der kleinen Maschine interessiert war, der bessere Absatzchancen zugebilligt wurden. Man einigte sich schließlich in bezug auf die Kleinmaschinen darauf, daß jede Firma einen Typ mit einer spezifischen Sonderausstattung für unterschiedliche Werkstücke herstellt. Insgesamt wurde jeweils eine Auflage von 100 Stück geplant, wobei der Markt aufgeteilt werden sollte. Allerdings hatte der Kooperationspartner mit dem Verkauf der Maschinen sehr viel mehr Erfolg und konnte in der ersten Vermarktungsphase 75 Maschinen verkaufen gegenüber 25 Werkzeugmaschinen des komplementären Typus. Beim Versuch eines Ausgleichs der ungerechten Absatzverteilung und „als es ums Geld ging“, kam es zu Streitigkeiten, die schließlich in der Trennung der Unternehmen endeten.

Damit bestätigt sich die Einschätzung, daß Allianzen durchgängig als „äußerst labil“ und wohl eher „als Durchgangsstadium im Kampf um die führende Rolle auf dem Weltmarkt angesehen“ werden müssen (Flecker, Schienstock 1994, S. 630). Dem entspricht die im Werkzeugmaschinenbau offenbar breit geteilte Meinung, daß heutzutage kleine Unternehmen den Herausforderungen nicht mehr standhalten können und Fusionen unentbehrlich sind. Diese werden allerdings weniger zwischen grundsätzlich gleich starken und gleichberechtigten Partnern gesucht als vielmehr in Form mehr oder weniger feindlicher Übernahmen praktiziert. Sofern die Kompetenzen von Konkurrenten für den Betrieb wichtig scheinen und sofern der eigene Kapitalstock ausreicht, wird deshalb der Wettbewerber gleich aufgekauft. Offenbar reichen die Kapitalstärke und das Finanzvolumen vieler Unternehmen der deutschen Industrie bzw. des Werkzeugmaschinenbaus aus, um derart kapitalaufwendige Investitionen zu tätigen.

(2) Der infolgedessen tatsächlich stark an Bedeutung gewinnende Trend zur „*Unternehmenskonzentration*“ kann unterschiedliche Rechtsformen annehmen: z.B. den Kauf eines Unternehmens durch ein anderes, die Fusionierung zweier ehemals selbständiger Unternehmen zu einem einheitlichen Konzern oder die Schaffung von Holdings aus mehreren weiterhin rechtlich eigenständigen, wirtschaftlich allerdings beherrschten Unternehmen. Auf diese unterschiedlichen Formen der Schaffung einer Unternehmenskonzentration soll hier nicht weiter eingegangen werden. Es sollen hier die drei Strukturierungen im Vordergrund stehen, die diese Konzentrationen empirisch im Untersuchungsfeld hinsichtlich der Angebots- und Marketingpolitik im wesentlichen annehmen:

- Ein erster Typ einer *horizontalen* Konzentration vereinigt möglichst alle Werkzeugmaschinenhersteller, die in einem Segment tätig sind, um eine Monopolstellung für spezifische Bearbeitungsverfahren herauszuarbeiten. Er läßt sich als

„*Marktsegmentmonopolist*“ bezeichnen. Die Körber AG beispielsweise kaufte in ihrer Unternehmensgruppe „Schleifring“ strategisch hochgradig geschickt das durchgängige Spektrum der Schleifbearbeitung in der Bundesrepublik auf. Weitere Beispiele für eine derartige Aufkaufstrategie sind die Unternehmen(-sgruppen) Schuler, Gildemeister, IWKA. Diese Strategie geht auf die Annahme zurück, daß sich Werkzeugmaschinenfirmen bei der Schaffung von größeren Konglomeraten auf das eigene Marktsegment konzentrieren müßten, da hier das Know-how gebündelt ist und nur so eine bei heterogenen Aufkaufstrategien drohende Erhöhung der Intransparenz und Verminderung der Steuerungsmöglichkeiten vermieden wird.

- Ein zweiter eher unspezifischer Typus kann als „*Gemischtwarenladen*“ bezeichnet werden, da sich in der Aufkauf- bzw. Zusammenschlußstrategie keine einheitliche Linie im Produktsortiment ablesen läßt. Solche Konzentrationen sind durchgängig „*anorganisch*“, d.h., die beteiligten Firmen entstammen weder vor- oder nachgelagerten Produktionsstufen noch gleichen Wirtschaftsbranchen oder Branchensegmenten. Ein Beispiel hierfür ist in der Rothenberger-Gruppe zu sehen.

- Beim dritten Typus des „*Vollsortimenters*“ bzw. synonym „*Komplettanbieters*“ erstreckt sich die *horizontale* Konzentration auf unterschiedliche Bearbeitungsverfahren und Teilbranchen des Werkzeugmaschinenbaus und zielt auf einen prinzipiell einheitlichen Kundenkreis. Die einzelnen Betriebe erhoffen sich dadurch eine verbreiterte Verortung beim Kunden und eine Profilierung als Problemlöser und Komplettanbieter für ein umfangreiches Produktionsproblem. Die traditionelle Konzentration des Geschäfts auf bestimmte Bearbeitungsverfahren oder eine bestimmte Werkstückgröße wird durch eine stetige Ausweitung des Produktspektrums aufgebrochen. Bekannte Beispiele sind der Zusammenschluß von Traub mit Heckert oder die Unternehmensverbände des Bremer Vulkan oder der Autania. Traub stieg bekanntlich als spezialisierter Drehmaschinenhersteller beim Fräs- und Bohrmaschinenhersteller Berthold Hermle AG aus Gosheim sowie beim Fräsmaschinenhersteller Heckert-Chemnitzer Werkzeugmaschinen GmbH ein. Eine gewisse Mischform ist in der Werkzeugmaschinenbauparte innerhalb des Bremer Vulkan-Verbands zu sehen, die einerseits annähernd ein Marktmonopol bei Großbohr- und Fräswerken innehat, andererseits aber auch das Spektrum in der Unternehmensgruppe auf Firmen im Sektor der Produktionsmittel für kleinere und mittlere Werkstücke verbreitert und dabei so verschiedene Firmen wie Schieß, Dörries-Scharmann, Droop&Rein, Union, Wanderer etc. vereint. Neuere, aus der Presse bekannt gewordene Entwicklungen, wie z.B. die gegenwärtig mehr oder weniger abgeschlossenen Vergleichs- oder Konkursverfahren ändern nichts an diesen Grundstrukturen und haben insbesondere davon unabhängige Ursachen.

Diese letztere, auf einem Unternehmensverbund basierende *Diversifizierung* des Produktprogramms war die im Sample am weitesten verbreitete Strategie. Während bisher Firmen des Werkzeugmaschinenbaus zumeist sowohl auf Maschinenkonzepte für einzelne Bearbeitungsverfahren (Bohrwerke, Fräsmaschinen, Horizontal- oder Vertikal-drehmaschinen, Bearbeitungszentren) als auch auf bestimmte Werkstückgrößen spezialisiert waren, sollen diese immer auch als Marktausschlußprinzipien wirkenden Beschränkungen eliminiert werden. Derartige Unternehmensgruppen umfassen dementsprechend eine zunehmend breitere Angebotspalette. So deckt idealiter jeder Betrieb eines Verbunds ein anderes Bearbeitungsverfahren wie z.B. Drehen, Fräsen oder Schleifen ab, die Maschinenkonzepte ergänzen sich. Verbünde sollen die beteiligten Unternehmen in den Stand versetzen, dem Kunden eine Vielzahl verschiedener, sich ergänzender Bearbeitungsmaschinen aus einer Hand anzubieten. Spezialanbietern werden im Gegensatz zu diesen Komplettanbietern Nachteile auf dem Markt zugeschrieben, weil Maschinenbaukunden bevorzugt mit Betrieben zusammenarbeiten, die bei Bedarf alle Bearbeitungsverfahren komplett liefern oder vermitteln können. Bei den Technikanwendern, die somit alle Maschinen bei einem Anbieter bestellen können, soll insbesondere der Bestell- und Kooperationsaufwand reduziert werden. Synergien werden durch die problemlosere Integration der in der Unternehmenspalette angebotenen Bearbeitungsverfahren und durch die gemeinsame Verwertung der in den Schwesterfirmen entwickelten Techniken erhofft. Zugleich ist kein direkter Wettbewerber einbezogen, so daß die Gefahr eines unbeabsichtigten Abflusses von Know-how vermindert wird.

Der Grund für eine derartige Strategie des Komplettangebots liegt in der wechselseitigen Ergänzung der Produkte und Standorte, wodurch Synergien im Vertrieb entstehen sollen, da ein Kundenkreis von allen Unternehmen gleichzeitig angesprochen werden kann. Die Chance zum Anbieten einer dem Kunden optimal erscheinenden Gesamtlösung steigt aus Sicht dieser Beteiligten eines Produktionsnetzwerkes mit einer großen Bandbreite von (sinnvoll aufeinander abgestimmten) Produkten. Wirksam wird hier die Hoffnung, dem Kunden in Verhandlungen mehrere Alternativen aus der Unternehmensgruppe vorschlagen und daraus finanzielle Vorteile und Marktsicherungschancen für den eigenen Betrieb herausarbeiten zu können. Widersprüche, die sich daraus ergeben, daß der Vorteil, dem Kunden gegenüber als Komplettanbieter aufzutreten, nur für die Unternehmensgruppe als Ganzes wirksam und für den einzelnen Betrieb zunächst nicht unmittelbar ökonomisch vorteilhaft ist, werden dabei zunächst nicht berücksichtigt.

(3) Eine Reihe weiterer *Gründe für Konzentrationsbestrebungen* wurde bereits in den letzten Ausführungen angedeutet. So liegen Zielsetzungen derartiger Unternehmenszusammenschlüsse sicher auch, zumeist aber nur teilweise, im Versuch, *Synergieeffekte* zu erzielen. Mit Hilfe von Fusionen sollen zwischen den Firmen zunächst *Synergien* in den *unproduktiven Bereichen* und im *Management* geschaffen werden. Insbesondere die Doppelnutzung von Verwaltungsfunktionen durch die Zusammenlegung bisher getrenn-

ter Strukturen verspricht Kosteneinsparungen. Weitere, ebenfalls eher marginale Gründe sind die Möglichkeit zur *Erhöhung des Einkaufsvolumens* und die Nutzung der sich durch eine Machtposition herausbildenden Verhandlungs- und *Preisvorteile in der Beschaffung*.

Vorteile einer Kooperation (mit Werkzeugmaschinenherstellern aus komplementären Branchensegmenten) sollen durch den Aufbau, die Aufrechterhaltung sowie *Auslastung eines internationalen Vertriebsapparats* entstehen. Um den Marktanteil bei einzelnen Maschinentypen auszubauen, wird ein Vertriebsapparat benötigt, der auch bei schwankender Konjunktur volumenmäßig ausgelastet werden muß. Während in der Vergangenheit in Zeiten der Rezession Vertriebs-schließungen in Betracht gezogen wurden, soll durch die Zusammenarbeit zwischen Herstellern unterschiedlicher Bearbeitungssegmente der Ausgleich von Nachfrageschwankungen erleichtert werden, da unterschiedliche Maschinentypen in der Regel unterschiedlichen Konjunkturzyklen unterliegen. Dabei wirksam werdende Bestrebungen zur Sicherung der Marktmacht durch die *Erhöhung der Marktanteile und Monopolisierung des Anbietermarkts* werden auch durch feindliche Übernahmen durchzusetzen versucht.

Ein traditionell auf die Herstellung von mittleren und größeren Bohrwerken spezialisiertes Unternehmen betreibt seit einigen Jahren durch eine ausgesprochen offensive Aufkaufpolitik eine Ausweitung und *Diversifizierung* des Produktspektrums. Heute werden in der Unternehmensgruppe Horizontaldrehmaschinen, Vertikaldrehmaschinen, Bearbeitungszentren, Flexible Fertigungssysteme und Portalfräsmaschinen hergestellt. Jeder Standort zeichnet sich durch besondere Kompetenz in seinem Spezialisierungsfeld aus. Die Zielsetzung war die Vergrößerung der *Marktanteile*, die für jedes Produkt die Weltmarktführerschaft sichern sollte. Die Akquisitionsbemühungen zur Aufnahme von kleineren Maschinen in das Produktspektrum fanden kürzlich im Aufkauf einer Firma aus dem süddeutschen Raum und in der Kooperation mit einer Firma aus dem angrenzenden europäischen Ausland erfolgreiche Abschlüsse. Insbesondere mit der Verschmelzung einer ursprünglich 2.800 Beschäftigte zählenden Aktiengesellschaft mit der Unternehmensgruppe Ende 1993 wurde ein direkter *Konkurrent* vom Markt genommen.

Weitere Möglichkeiten der Synergienutzung verspricht die *Bündelung von Produktionsprozessen* und Bearbeitungsgängen bei spezialisierten Werken. So sollen „economies of scale“ zum Tragen kommen, indem die in den einzelnen Firmen unterausgelasteten Kapazitäten bzw. Maschinen zum Teil über mehrere Schichten hinweg ausgelastet werden. Somit sollen Investitionen in Produktionsmittel, Betriebsmittel und Arbeitskräfte gebündelt und im Falle der Neuanschaffung von Produktionsmitteln verringert werden. Derartige Kosteneinsparungen bieten sich z.B. dann, wenn ein Unternehmensverbund ein teures Maschinengestell für eine Sonderbearbeitung benötigt, mit dessen Hilfe Abgüsse und Modelle (z.B. für die Rumpfmachine) auch für die Schwesterbetriebe gemacht werden können, so daß nicht jede Firma einzeln die Anschaffung vornehmen muß. Schließlich sollen Möglichkeiten eines Abgleichs der Baugruppen, der

Werkzeuge oder Handlingsysteme Synergieeffekte und Rentabilitätssteigerungen sowohl auf der Ebene der Fertigung und Montage als auch in den Entwicklungs- und Konstruktionsabteilungen eröffnen. Insbesondere kleinere Unternehmen werden durch Unternehmenszusammenschlüsse unter solchen Bedingungen vor ernsthafte *Existenzprobleme* gestellt. Gerade Betriebsschließungen durch Zusammenlegung von Kapazitäten sind bedeutende Zielsetzungen bei Unternehmensaufkäufen und der darauf folgenden strategischen Neuausrichtung und Koordinierung des Verbundes.

Ein Hersteller von Transferstraßen und Bearbeitungszentren mit ca. 800 Beschäftigten ist in eine Holdinggesellschaft eingebunden, deren Führungsunternehmen, eine Aktiengesellschaft, an einer ganzen Reihe von Maschinenbaubetrieben beteiligt ist und vom Betrieb ständig Anteile hinzukaufte. Mittlerweile „hat sie das Sagen“, denn sie verfügt über eine Zweidrittel-Mehrheit im Aufsichtsrat. Von dieser Holding sind jedoch weitere direkte Konkurrenten dominiert. „Bisher ist noch nicht geklärt, ob die Unternehmen gegeneinander oder miteinander agieren“ (Konstruktionsleiter).

Oftmals werden Unternehmenszusammenschlüsse als notwendige Voraussetzung erachtet, *bessere Finanzierungsbedingungen* durch höheres Eigenkapital zu schaffen. Durch die Verbindung mit einer finnischen Firma wollte ein ursprünglich eigentümergeführter Kleinbetrieb der Fräszentrenherstellung primär Finanzierungsrisiken verteilen: „Privat war das Unternehmen nicht mehr finanzierbar“ (Geschäftsführer). Auch die *Mitnahme staatlicher Rettungsgelder* kann als Zielsetzung bei einem Unternehmenszusammenschluß nicht ausgeschlossen werden. So wird der Kauf des Chemnitzer Werkzeugmaschinenunternehmens Heckert durch Traub von einigen Gesprächspartnern weniger als durch strategisch-unternehmerische Überlegungen motiviert gesehen als vielmehr vor dem Hintergrund des Abschöpfens einer staatlichen 60-Millionen-DM-Subvention zur Abwendung des drohenden Konkurses beurteilt.

Weitaus wichtiger aber sind zumeist - insbesondere für Betriebe, die die Strategie des Komplettangebots verfolgen - strategische Überlegungen zum *besseren Markteinstieg*. *Spezialisten*, wie Großmaschinenanbieter, befinden sich zunächst im Nachteil, da Geschäftsbeziehungen in der Regel mit kleinen Maschinen begonnen werden. Kunden aus der Automobilindustrie - die wohl bedeutendsten Abnehmer von Werkzeugmaschinen - nutzen kleinere Maschinen immer auch als Testobjekte für die herstellerseitige Bedienung, Serviceleistung und Kooperation, bevor Großprojekte vergeben werden. Positive Erfahrungen der Kunden machen im Anschluß daran auch die Nachfrage nach mittleren und größeren Maschinen und damit weiterreichende Absatzchancen wahrscheinlich. Der selbe Zusammenhang liegt auch der Aufrechterhaltung sowohl einer *Standard-* als auch *Sonderanlagenproduktion* zugrunde: Ein Kunde, der beim Einstieg mit (preisgünstigen) Standardmaschinen eines Herstellers zufrieden ist, wird beim gleichen Hersteller künftig auch Sondermaschinen anfordern. Über erste Kontakte zwischen Hersteller und Anwender im Low-cost-Sektor (Standardmaschinen) wächst so die Bereitschaft zur gemeinsamen Durchführung von größervolumigen Projekten. Auch aus der Position

von *kleinen und mittleren Unternehmen* nährt ein Zusammenschluß Erwartungen für eine höhere Akzeptanz bei potentiellen Kunden. Denn für viele Kunden erscheint offenbar nur ein Unternehmen(-sverbund) mit hohem Jahresumsatz und hoher Eigenkapitaldecke als solider Geschäftspartner. Eine wichtige Rolle spielt dabei ein Sicherheitsbedürfnis der Kunden nach auch langjähriger Gewährleistung von Wartung, Instandhaltung und Service für die gekaufte Werkzeugmaschine.

(4) Zusammenfassend laufen diese im Werkzeugmaschinenbau stattfindenden Konglomeratbildungen auf Veränderungen hinaus, die Begriffe wie „flexible Spezialisierung“ zur Beschreibung loser Kooperationsformen vieler unterschiedlich spezialisierter, hoch flexibler Kleinproduzenten (Piore, Sabel 1985) hinfällig werden lassen. Zu hinterfragen sind auch (derzeit beliebte) Prognosen einer fortschreitenden, generellen „Dezentralisierung“ von Unternehmen in Produktionsnetzwerken. Abgesehen von der noch nicht beantworteten Frage, inwieweit dezentrale und kleinbetriebliche Konzernstrukturen tatsächlich auch eine Dezentralisierung der Entscheidungsmacht beinhalten oder eben möglicherweise nur schlagkräftig "economies of scope" umsetzen sollen, sind die hier vorgestellten Befunde sogar Indizien für den gegenteiligen Trend zunehmend größerer Wirtschaftseinheiten. Allenfalls finden Konzentrations- und Dezentralisierungstendenzen gleichzeitig statt: Die neuen Unternehmensverbände setzen sich vielleicht zunehmend weniger aus einem aufgeblähten bürokratischen Overhead in der Zentrale mit unselbständigen, an Weisungen gebundenen, ebenso großen Produktionsstätten zusammen, sondern aus einer Vielzahl kleiner, reagibler, sich ersetzender oder sich ergänzender Betriebe (vgl. Hirsch-Kreinsen, Wilhelm 1996; Flecker, Schienstock 1994). Bestrebungen zur Reduzierung der Fertigungstiefe oder der Unternehmenskonzentration machen dabei nicht mehr an den nationalen Grenzen halt. Auch der durch die gegenwärtige Mode in der Industriesoziologie entstehende Eindruck, traditionelle Formen der Vergesellschaftung qua Macht und Eigentum würden nun in umfassendem Maße durch kooperative, analytisch zwischen Macht und Markt angesiedelte Unternehmens- und Produktionsnetzwerke abgelöst, muß angesichts der vorstehenden Befunde als trügerisch bezeichnet werden. Nach wie vor bzw. möglicherweise in wieder verstärktem Umfang werden altbekannte Formen der Kapitalkonzentration und -zentralisation (über Aktiengesellschaften, Kartelle, Unternehmensverflechtungen etc.) als Mittel zur Beherrschung von Wertschöpfungsketten herangezogen.

Die angedeutete Zunahme von Unternehmenskonglomeraten ist immer auch mit mehr oder weniger drastischen Restrukturierungsmaßnahmen und Eingriffen in die betriebliche Eigenständigkeit verbunden. Mit gewandelten Eigentums- und Kapitalanlagestrategien der Konzerne sind auch Veränderungen der Produktions- und Zulieferzusammenhänge verbunden. Unternehmens- und Produktionsnetzwerke gehen immer auch einher mit Veränderungen der Fertigungstiefe der beteiligten Unternehmen. Spezialisierungen und Synergien begünstigen die Zusammenlegung von Ressourcen. Die Bündelung von

Kapazitäten bei spezialisierten Teileinheiten zieht einen Abzug von Kapazitäten bei anderen Teileinheiten nach sich. Dieser Abfluß insbesondere von Fertigungskapazitäten findet dabei immer stärker auch über nationale Grenzen hinweg statt. Das „scheue Reh“ sucht sich neue Weidegründe zunehmend auch im globalen Maßstab.

3.2 Internationalisierung der Produktion

(1) Eine Sonderform der Unternehmenskonzentration im Zusammenhang mit einer Verlagerung von Produktionsabläufen bei Fertigungstiefenreduzierung ist in der im gesamten Sample in unterschiedlicher Weise verfolgten *Internationalisierung* zu sehen. Abgesehen von einem Betrieb, der eine ausgesprochene Regionalbindung kultiviert, ist die Internationalisierung in Form von Direktinvestitionen im Ausland oder eines Zusammenschlusses mit einem ausländischen Partner ein Thema in allen Unternehmen. Die Bandbreite geht dabei bis hin zu einem Betrieb, der sich als „global player“ bezeichnen läßt. Aber auch die Begrenzung auf den Inlands-Absatzmarkt liegt weniger in einer strategischen Entscheidung begründet, als vielmehr in einer durch die Betriebsgröße erzwungenen Selbstbescheidung. Aufgrund von Sprachbarrieren und der Unentbehrlichkeit von Personal bei kleinen und mittleren Betrieben ist eine Kontaktaufnahme mit potentiellen ausländischen Partnern oftmals nicht möglich und durchführbar.

Produktionsverlagerungen aus Deutschland in osteuropäische *Zielländer* wurden in fast allen besuchten Betrieben entweder bereits erprobt oder sollen mittelfristig eine bedeutendere Rolle einnehmen. In den internationalisierenden Betrieben bezeichnen Standorte im angrenzenden osteuropäischen Ausland den oftmals ersten Ausgangs- und Schwerpunkt der internationalen Aktivitäten. Vor allem Tschechien, aber auch den übrigen osteuropäischen „Reform-“Ländern, kommt eine hohe Attraktivität zu. Ein Betrieb bezieht seine Maschinenbetten, ein weiterer den Maschinengrundaufbau und einen kompletten Werkzeugmaschinentyp von dort. Einer der Fräszentrenhersteller läßt eine Zwei-Millionen-Anlage komplett bei einer Joint-venture-Schwester in Tschechien fertigen; zur Qualitätskontrolle und zur Rechtfertigung des Auftretens als Produzent wird sie vollständig in Deutschland aufgebaut, getestet, wieder zerlegt und letztlich zur Inbetriebnahme beim Kunden aufgestellt. Bei einer Ungarn-Tochter werden von einem Drehmaschinenhersteller auch wichtige Kernteile bezogen. Neben einem weiteren Schwerpunkt im EU- bzw. EFTA-Raum (z.B. die Fusion mit einem finnischen Transportanlagenbauer; betriebseigene Niederlassungen in Schweden) dehnt sich nun der Werkzeugmaschinenbau auch auf die übrige Welt aus: Ein Betrieb aus dem Frankfurter Raum läßt z.B. Drehmaschinen bei einer USA-Tochter fertigen und plant ein Joint Venture mit China.

Für den Werkzeugmaschinenbau lassen sich gegenwärtig vor allem *drei Absatzmarktschwerpunkte* feststellen, die durch möglichst mindestens einen Produktionsstandort in

der Nähe des Absatzmarkts bedient werden sollen. Der Markt in Europa wird durch die deutschen Zentralen und deren (osteuropäischen) Produktionsstandorte betreut; für den amerikanischen Kontinent werden zunehmend Standorte in den USA und zum Teil in Brasilien aufgebaut, und für die Abdeckung des pazifischen Raums erscheinen Produktionsstätten in China und Korea attraktiv. Damit deutet sich auch in der internationalen Kapitalanlagestrategie der Unternehmen des Werkzeugmaschinenbaus eine gewisse Konzentration auf die gegenwärtigen oder künftig vermuteten Kernländer der Weltmarkt-„Triade“ an. Diese empirischen Befunde einer Konzentration von grenzüberschreitenden Kapitalanlagen und -beteiligungen oder Firmenübernahmen auf Industrieländer werden auch durch aktuelle, vom Ifo-Institut München erhobene, statistische Daten zu den Direktinvestitionen der deutschen Wirtschaft bestätigt (Wilhelm 1996). Insbesondere im Verarbeitenden Gewerbe lagen die Zuwächse des Auslandsengagements in den 80er Jahren in beachtlichen Größenordnungen. Demnach sind die USA der wichtigste Auslandsstandort für alle anderen entwickelten Industrieländer. Afrika und die Entwicklungsländer hatten keinerlei Anteil an den internationalen Kapitalströmen im Zusammenhang mit Direktinvestitionen; eine nochmals sinkende Bedeutung in den 80er Jahren ließ ihren Anteil am deutschen Auslandsvermögen auf unter 10 % fallen (vgl. auch Amling 1993). Allenfalls Brasilien, Argentinien und Mexiko spielten als Zielländer des Auslandsengagements aus dem Feld der Schwellenländer eine Rolle. Aus Sicht deutscher Unternehmen waren damit ungefähr 90 % des im Ausland angelegten Vermögens in den industrialisierten Volkswirtschaften konzentriert. Dabei hat der europäische Anlageraum gegenüber dem wichtigsten Zielland USA im letzten Jahrzehnt aufgeholt.

Die vorherrschenden *Unternehmensbereiche*, die von der Verlagerung betroffen sind, sind der Vertrieb oder die Produktion (vgl. auch 2.3). Die aus anderen Branchen bekannten und auch für den Maschinenbau oder die Elektrotechnik attraktiven Prozesse der *Verlagerung von Forschungs- und Entwicklungs- bzw. Konstruktionstätigkeiten* vor allem in ostasiatische Länder wie Indien oder Indonesien spielen gegenwärtig im Werkzeugmaschinenbau u.a. aufgrund der Befürchtungen eines Abwanderns von Technologie-Know-how, allenfalls eine untergeordnete Rolle (vgl. auch Müller-Stewens, Hillig 1992; Kaufmann 1993). Aus einem Betrieb wird zwar von der Vergabe von Software-Aufträgen an ein indisches Programmierbüro berichtet, die sich auf eine nicht-projektgebundene, standardförmige Software-Programmierung ohne Termindruck bezog. Die Entwicklungs- und Konstruktionsanstrengungen bleiben aber grosso modo wegen der besonderen Form der Entwicklungsprozesse bzw. wegen der speziellen Produkte und des notwendigen komplexen Resultats der Software-Programme (derzeit noch?) vornehmlich in der Hand hiesiger Hersteller. Die Gründe liegen in der Spezifität des komplexen Produkts Werkzeugmaschine, Fertigungssysteme oder -anlage, das die Kenntnis der Nachfolgeprozesse voraussetzt. So müssen - im Gegensatz zur Erstellung eines vom konkreten Anwenderinteresse abstrahierenden Software-Programms, wie z.B. einer

Adreßdatenverwaltung - bereits bei der Entwicklung und Konstruktion einer Werkzeugmaschine die nachfolgenden Spezifika der Bearbeitungsprozesse mitberücksichtigt werden. Auch Kaufmann identifiziert in einer empirischen Auswertung der Antworten von 79 international kooperierenden Unternehmen¹⁷ den Vertrieb (in 67,1 % der Unternehmen) und die Produktion (mit 48,1 %) als die häufigsten Kooperationsbereiche. Im Mittelfeld liegen mit 21,5 % der Einkauf und jeweils mit 20,3 % die Informationsbeschaffung sowie der FuE-Bereich (Kaufmann 1993).

Nicht nur niedrigere Lohnkosten werden von Werkzeugmaschinenbauern zur *Begründung* einer Prozeßverlagerung ins Ausland herangezogen. Insbesondere die auch durch hohe Arbeitslosigkeit und Sozialabgaben erhöhten Lohnnebenkosten, die Steuerpolitik des Staates, „überzogene“ Auflagen der deutschen Umweltämter und Unfallverhütungsvorschriften dienen als „*Push*“-Faktoren der Legitimation.¹⁸ In ihrer Bedeutung unterschätzt wird hingegen zumeist die Rolle der vergleichsweise hohen Bewertung bzw. „Überbewertung“ (Röhm 1996) der Deutschen Mark als Zeichen der hohen Produktivität in der deutschen Industrie, die sich für eine exportorientierte Branche wie den Werkzeugmaschinenbau als wettbewerbsnachteilig auswirkt und eine Produktion in unmittelbarer Nähe des jeweiligen Absatzmarktes günstig erscheinen läßt. Als die vorrangigsten Impulse für Direktinvestitionen erweisen sich jedoch ebenso wie in anderen empirischen Untersuchungen auch im Untersuchungsfeld des Werkzeugmaschinenbaus die *besseren oder einzig möglichen Marktzugangschancen* (vgl. auch Müller-Stewens, Hilig 1992; Kaufmann 1993; Wilhelm 1996).¹⁹

Produktionsverlagerungen aus Gründen des besseren Marktzugangs werden auch durch *Unzufriedenheit* hinsichtlich der *Zusammenarbeit mit Handelshäusern* im Ausland provoziert: Nach der *früheren* Marketingstrategie eines Drehmaschinenherstellers (2.500 Beschäftigte) wurden die Produkte von Handelsvertretern *im Ausland* vertrieben, im Falle des Kundenauftrags beim Werk in Deutschland bestellt und mit dem Schiff zu ihrem Bestimmungsort gebracht. Einer Umsatzmaximierung durch die Zusammenarbeit mit Handelsvertretungen sind allerdings enge Grenzen gesetzt, da diese zumeist mehre-

¹⁷ Ein Viertel der vom Institut für Mittelstandsforschung Bonn im Zuge einer empirischen Befragung untersuchten 310 Mittelstandsunternehmen des Verarbeitenden Gewerbes (= mit unter 1.000 Beschäftigten) kooperierte grenzüberschreitend.

¹⁸ Nach einer betriebswirtschaftlichen Untersuchung lassen sich diese Faktoren zwar empirisch nicht einmal grundsätzlich als eine Gefährdung des „deutschen Standortes“ nachweisen, müssen aber nichtsdestoweniger als „Warnsignal“ verstanden werden, das Maßnahmen zur Erfüllung der Unternehmensforderungen erzwingt (Amling 1993).

¹⁹ Auch in der Untersuchung von Kaufmann überwogen bei den 79 international agierenden Unternehmen absatzmarktspezifische Kooperationsmotive: In knapp 65 % der Fälle sollten „Marktkennntnisse“, in gut 60 % „Geschäftsbeziehungen genutzt“ werden; ca. 53 % der Betriebe wollten den „Markteintritt“ beschleunigen und gut ein Drittel Vertriebswege erschließen. Ebensovielen ging es um „Know-how-Austausch“. Wiederum jeweils einem Viertel waren Motive der Absatzausweitung im Sinne der „Erweiterung des Produktprogramms“ oder der „Erschließung von Beschaffungswegen“ wichtig. In Produktionseffekten liegende Motive wie die „Verlagerung von Tätigkeiten“ (21,5 %), die Erreichung von „Größendegressionseffekten“ (ca. 9 %) oder „besserer Kapazitätsauslastung“ (knapp 8 %) wurden hingegen seltener als wichtig benannt (Kaufmann 1993).

re konkurrierende Werkzeugmaschinenhersteller vertreten und bei der Vermarktung von Werkzeugmaschinen einzelner Unternehmen immer auch die entgegenstehenden Interessen ihrer anderen Auftraggeber mitberücksichtigen müssen. Darüber hinaus werden große Anbieter mit hohem Umsatzvolumen bevorzugt. Direktinvestitionen in eigene *Verkaufsbüros* vor Ort versprechen eine bessere Marktpflege als die üblichen *Handelshäuser*, die „einen ganzen Bauchladen an Maschinen vertreten“. Der finanzielle Aufwand für die Einrichtung und Aufrechterhaltung wird in der Regel durch zusätzliche Umsätze ausgeglichen. Die Absatzinteressen des Mutterunternehmens und der Verkaufsbüros sind grundsätzlich gleichgerichtet, da diese ausschließlich das Sortiment der Firma vertreiben und die wirtschaftliche Abhängigkeit von Absatzzahlen den Verkauf der Produkte antreibt.

Internationalisierung hat oftmals exportsubstituierende Funktion und trägt damit nicht selten offensiven Charakter (Wilhelm 1996, S. 38). Zu diesen *absatzmarktspezifischen* „Pull“-Faktoren sind auch die Realisierung von *Wechselkursvorteilen* oder die bessere Information über und Aufnahme von *nationalspezifischen Normen* zu zählen. Bedeutende marktgetriebene Verlagerungen gehen auf verstärkte Erfordernisse an die Unternehmen zurück, in unmittelbarer Markt- und Kundennähe auch eine eigene Produktion auf- oder auszubauen: So stieg ein "global player" im Untersuchungsfeld mit einer 51 %-Beteiligung in eine Produktionsstätte in Korea ein, weniger aufgrund der geringeren Lohnkosten als vielmehr mit der Zielsetzung, den ostasiatischen *Markt* von dort aus bedienen zu können. Weitere Gründe für den Einstieg in die Produktion im Ausland liegen oftmals in *Importbeschränkungen*, die einzelne Länder Produkten aus dem Ausland auferlegen. Brasilien z.B. baut überaus hohe Zutrittsbarrieren und "tariff barriers" für Importprodukte auf, die nur durch eine Verlagerung der Produktion in das Land umgangen werden können.

Seit der Krise im Werkzeugmaschinenbau gründete ein Drehmaschinenhersteller (ca. 2.000 Beschäftigte) Niederlassungen bzw. *eigene Standorte im Ausland*. Die *Fertigung* wird zum großen Teil aus Deutschland *ausgelagert*, während *Entwicklung* und *Konstruktion* am deutschen *Standort* verbleiben. In einer 100%igen Tochtergesellschaft in Cleveland (USA) werden Drehmaschinen nach dem deutschen Programm gefertigt. Der Anstoß für die Direktinvestition kam von (transport-)kostenökonomischen Berechnungen und der Notwendigkeit zur Erfüllung nationalspezifischer Normen. Zum einen wäre ein Verschiffen von firmeneigenen Maschinen nach traditioneller Exportweise zu teuer gewesen. Zum anderen ist eine Modifizierung der deutschen Konstruktionspläne vonnöten, da in den USA die überwiegend dem Staatssektor zuzurechnenden Kunden spezielle Normen und Standards (z.B. bezüglich der Steuerungen und der Hydraulik) bzw. ein Label „Made in USA“ verlangen und die Maschinen den spezifischen Anforderungen des dortigen Markts angepaßt werden müssen. Das deutsche Unternehmen liefert das Entwicklungs- und Produktionswissen, das komplette Zeichnungsmaterial und für eine Übergangszeit die Rumpfmachine; die weitergehende Fertigung wird von der Niederlassung übernommen. Damit ist die Tochtergesellschaft primär Fertigungsbetrieb und Werkstatt, besitzt jedoch zugleich eine Verkaufs- und eine kleine Konstruktionsabteilung. Eine ähnliche Funktion und Organisationsstruktur hat ein ebenfalls kürzlich vereinbartes Joint Venture in China.

Insbesondere in Fällen, in denen internationale Automobilkonzerne einen Großteil des Umsatzes bestreiten, wird für Werkzeugmaschinenbauer ein mehr oder weniger stummer Zwang wirksam, im Treck und Gefolge der Automobilhersteller bisher abgeschirmte Weltmarktregionen zu „öffnen“ und in unmittelbarer Nähe zu den neu aufgebauten Produktionsstandorten eigene Werke aufzubauen. Da derartige Flexibilitäten einen immensen Kapital- und Finanzbedarf voraussetzen, ist dies oftmals nur entweder einem größeren Unternehmen oder einem Unternehmensverbund möglich. Innerhalb eines Unternehmensverbunds lassen sich nach erfolgtem Produktionsanlauf ggf. Kapazitätsschwankungen besser ausgleichen. Insofern dürfte Internationalisierung immer auch mit Konzentrationstendenzen und Konglomeratbildungen einhergehen, die die bereits oben angedeutete Segmentierung des Weltmarkts in eine Triade mit intensiven Produktions- und Handelsbeziehungen einerseits und mehr oder weniger isolierten Entwicklungsländer andererseits verstärken.²⁰

Der Unternehmensverbund eines Untersuchungsbetriebs agiert nach der Strategie des „global player“ auf weltweit allen Märkten und hat dazu ein Netzwerk aus konkurrierenden Firmen in den Vereinigten Staaten, in Brasilien und Korea aufgebaut. Entscheidungen über den Zuschlag einer Auftragsabwicklung macht die Konzernleitung der internationalen Gruppe jeweils vom Stand des Wechselkurses und vom Standort des zu beliefernden Werks der global agierenden Kunden abhängig. Die Abnahme eines Fertigungssystems mit 40 Bearbeitungszentren durch General Motors (USA) zog drei identische Folgeaufträge in Ungarn, Brasilien und Australien nach sich, die jeweils durch ein anderes Werk produziert wurden. Ein ebenfalls großvolumiges Maschinensystem für das Mutterwerk von Skania in Schweden wurde durch Deutschland, der Wiederholungsauftrag zur Tochtergesellschaft in Brasilien vom Werk in den USA abgewickelt. Die Gesamtverantwortung und Projektleitung für derartige Großaufträge liegt bei der Konzernmutter in Deutschland. Damit verbleiben die Entwicklungsaufgaben, die Serviceleistungen und das Management des Konzerns in Deutschland, wohingegen Produktion und Vermarktung der Werkzeugmaschinen teilweise in das Ausland ausgelagert wurden.

(2) Die in den vergangenen Jahren zu verfolgende Welle der Auslagerung von Produktion und Bildung internationaler Kooperationen in der deutschen Industrie ging also auch am Werkzeugmaschinenbau nicht vorbei. Der unter 2.2 skizzierte Trend zur Standardisierung und Vereinfachung der Einzelteile einer Maschine erleichtert diese Politik der Auslagerungen. Insbesondere für Nicht-Kernelemente läßt sich durchgängig eine „Globalisierungsstrategie“ ausmachen. Die Definition von Kernelementen und Nicht-Kernelementen fällt zwar je nach Unternehmen unterschiedlich aus, doch wird aus allen Betrieben über eine Zusammenarbeit mit Unternehmen aus Ländern berichtet, deren

²⁰ Inwieweit dies für diese Länder zum Fluch oder möglicherweise gerade wegen der Segregation zum Segen gereicht, muß einer Klärung an anderer Stelle vorbehalten bleiben. Afheldt oder Amin dürfte eine Abkopplung der Entwicklungsländer in Verbindung mit einer verstärkten Süd-Süd-Kooperation und einer gleichzeitigen Priorisierung der Sicherung der Grundbedürfnisse der Bevölkerung durch eigene Produktion bessere Entwicklungschancen bieten, als eine enge Ausrichtung an den Weltmarkterfordernissen (vgl. Afheldt 1994; Amin 1992).

Arbeits- und Produktionskosten auf den ersten Blick niedriger ausfallen. In nicht wenigen Fällen allerdings lassen mittlerweile gemachte negative Erfahrungen und Irritationen die ursprüngliche *Euphorie* heute *etwas gebrochen* erscheinen. Insbesondere staatliche Behörden im osteuropäischen Ausland setzen den marktwirtschaftlichen Vorstellungen der westdeutschen Unternehmen nicht selten Widerstand entgegen, was die Beherrschung ehemaliger Staatsbetriebe anbelangt; so werden im Regelfall Mehrheitsbeteiligungen deutscher Unternehmen an Joint Ventures abschlägig beschieden. Darüber hinaus stehen Lohnkostenvorteilen im Ausland nicht selten Probleme vor allem hinsichtlich der Qualität der Produkte und der Liefertreue gegenüber. Auch in den Unternehmen selbst werden diese Ursachen von Qualitätsdefiziten primär im Qualifikationsgefälle identifiziert, da in nur wenigen Ländern ähnlich hochqualifizierte und gut ausgebildete Arbeitskräfte wie in Deutschland zur Verfügung stehen. Schlechte Erfahrungen mit internationalen Partnern führten in manchen Fällen zu einer Rückverlagerung von Produktion in den eigenen Betrieb oder zur Bildung eines engen, begrenzten Zulieferkreises in der unmittelbaren regionalen Umgebung.

Im Zuge einer Zusammenarbeit eines baden-württembergischen mittelständischen Betriebs mit einem tschechischen Zulieferer wurden die Gußbetten der Werkzeugmaschinen ursprünglich im Ausland gegossen und nach Konturvorgaben der deutschen Entwicklungsabteilung dort komplett bearbeitet. Mittlerweile werden sie in Tschechien nach dem Guß lediglich vorgefräst. Die Endbearbeitung erfolgt in Deutschland, da die zugelieferten Betten qualitativ unzureichend waren und der Grund dafür letztlich darin gesehen wurde, daß beim Partner das zur Bearbeitung der komplexen und großdimensionierten kubischen Maschinenbetten notwendige äußerst teure FFS fehlte.

In vielen Beispielen deutet sich mittlerweile die Erfahrung an, daß Outsourcing langfristig keine Entlastung bietet, sofern sich ein Unternehmen damit *strategische Nachteile* an anderer Stelle einhandelt (vgl. Porter 1992). Insbesondere das zunächst nicht erkannte Fehlen einer *technologischen Infrastruktur* stellt sich oftmals später als nachteilig heraus. Unter technologischer Infrastruktur sind Standortbedingungen zu verstehen, die als nicht bewertete und möglicherweise nicht quantifizierbare gesellschaftliche Faktoren produktionsunterstützende Funktion haben.²¹ Es handelt sich beispielsweise um institutionelle öffentliche Vorleistungen in Form von Aus-, Fort- und Weiterbildungseinrichtungen oder von Forschungs- und Technologiepolitik, um Zugriffsmöglichkeiten auf betriebsexterne Kompetenzen hinsichtlich technologischem und betriebswirtschaftlichem Wissen, um Möglichkeiten zum Wissensaustausch mit anderen Herstellern, Bera-

21 Diese technologische Infrastruktur verweist auf eine paradoxe und kontingente Situation für internationalisierende Unternehmen. Diese Funktionen werden von den Unternehmen quasi unentgeltlich abgeschöpft, die Kosten damit sozialisiert, indem qualifizierte Arbeitskräfte oder ähnliche, die Produktion ermöglichende Vorleistungen zur Verfügung gestellt werden (*faux frais*). Sie werden allerdings überwiegend vom Staat (mit-)finanziert und gehen damit in die Staatsquote und letztlich in Form von Lohnnebenkosten und Steuerabgaben auch in die Arbeitskosten ein, deren Höhe von den Unternehmen als Anlaß zur Verlagerung in Länder herangezogen wird, in denen es an den im Inland verwerteten Infrastrukturen mangelt.

tern, Wissenschaftsvertretern oder Anwendern oder auch um mehr oder weniger ausge-
reifte regionalspezifische Angebotsstrukturen des Technikmarkts, sowie technische
Dienstleistungs- und Service-Angebote (vgl. Hirsch-Kreinsen 1995).

(3) Internationalisierende Unternehmen sind nicht mehr nur dem Wettbewerb auf dem
nationalen Markt unterworfen. Sich ausweitende Absatzfelder ziehen neben drastisch
steigender Konkurrenz durch andere international agierende Unternehmen zwangsweise
die Zunahme von unterschiedlichen, nicht selten divergierenden Anforderungen an
Konzeption, Produktion und Vertrieb der Werkzeugmaschinen nach sich. Folgen und
Nebenfolgen einer derartigen Verlagerungsstrategie für die internationalisierenden Un-
ternehmen selbst werden jedoch zumeist ebenso ausgeblendet wie diejenigen für die
regionale und nationale Industriestruktur. Obwohl offenbar (zunächst noch?) die ele-
mentaren Produktionsprozesse und dementsprechende Know-how-Quellen in Deutsch-
land verbleiben, dürften auf längere Sicht gravierende negative Rückwirkungen sowohl
für die Zulieferbranche in Deutschland als auch die verlagernden Betriebe selbst nicht
ausbleiben. Möglicherweise werden der deutschen *Zulieferindustrie* für einfach zu pro-
duzierende Norm- und Standardmaterialien die Grundlagen entzogen, so daß auch ein
Verschwinden nicht auszuschließen sein dürfte (Hirsch-Kreinsen, Wilhelm 1996). Kon-
sequenzen im Sinne von *längeren Transportwegen*, zeitlichen *Lieferverzögerungen*,
Qualitätsmängeln, entsprechend negative Auswirkungen auf die *Umwelt* u.ä. drohen
allerdings in näherer oder fernerer Zukunft in Form des Fehlens einer technologischen
Infrastruktur auf die deutschen Werkzeugmaschinenhersteller *zurückzuschlagen*.²² Dar-
über hinaus beinhalten Auslagerungen der Produktion von Zulieferteilen immer auch
die teilweise Offenlegung der Konstruktions-, Fertigungs- und Montageprinzipien, för-
dern also langfristig die Konkurrenz (vgl. 2.4). Demgegenüber sind Produkte in kompli-
zierter, technisch anspruchsvoller Bauweise ungleich schwerer zu kopieren. Diese
Schutzfunktion geht mit der Standardisierung und Modularisierung mehr und mehr ver-
loren. Und last but not least werden wohl die gegenwärtigen Belastungen des Arbeits-
marktes nur ein Vorspiel zu kommenden Personalabbauprozessen sein: Durch unmittel-
bare Produktionsverlagerungen und durch Beschäftigungseinbußen infolge des interna-
tional verschärften Wettbewerbs wird ein doppelter Druck auf das Beschäftigungsvolu-
men ausgeübt (vgl. auch Wilhelm 1996).²³ Und schließlich könnten die Verlagerungs-

²² Gerade die Formen des global sourcing und der globalen Produktions- und Unternehmensnetze
hängen von einer ständig ausreichenden Versorgung mit Rohstoffen und Energie ab, die die Dritte
Welt als „Syntropieinseln“ (Altvater 1992) für die Industrieländer bisher relativ problemlos lieferte.
Zugleich allerdings werden die Folgen dieser Globalisierung als Zerstörung der Lebensräume, als
Treibhauseffekt und als Belastung der Transportsysteme auch auf die industriellen Kernländer zu-
rückzuschlagen (vgl. auch Altvater 1995).

²³ Ein gern benutztes Argument der Arbeitgeberseite ist die Behauptung, daß durch die Verlagerung
und den Zukauf preisgünstiger Teile und Lieferprodukte aus dem (lohn-)kostengünstiger produzie-
renden Ausland im Zuge der Lohnveredelung die Wettbewerbsposition der deutschen Industrie ge-
stärkt wird, da diese Preisvorteile über günstigere Werkzeugmaschinen auch an die Kunden weiter-
gegeben werden können (Handelsblatt 1995). Diese These läßt sich hier nicht diskutieren; aller-

aktivitäten im Werkzeugmaschinenbau einen Multiplikatoreffekt hinsichtlich des Arbeitsplatzabbaus auch in den Abnehmerbranchen der Hersteller komplexer Investitionsgüter initiieren, wenn dann Teile der technologischen Infrastruktur in Form eines ausgedehnten Technikmarktes nicht mehr in Deutschland, sondern im Ausland vorhanden sind (vgl. Hirsch-Kreinsen 1995).

Produktions- und Wertschöpfungsprozesse verlagernde deutsche Hersteller in der metallverarbeitenden Sparte agieren gegenwärtig wohl weitaus stärker aus einer Position der Stärke und Kapitalmacht heraus, als gängige Situationsbeschreibungen der (scheinbaren) Schwäche des deutschen Werkzeugmaschinenbaus nahelegen und als in der aktuellen Diskussion als Bild gezeichnet wird. Gerade dieser deutsche Kapitalexpert ist insofern als Zeichen der Stärke der deutschen Industrie zu interpretieren, als sie offensichtlich in breitem Ausmaß in der Lage ist, überschüssiges (in Deutschland nicht reinvestiertes) Kapital zur Investition in andere Länder zu transferieren (vgl. Achter 1994). So wurden 1993 ca. 35 % der Direktinvestitionen deutscher Unternehmen durch reinvestierte Gewinne finanziert. In knapp 44 % brachten die deutschen Kapitaleigner (überschüssiges) Kapital für die Internationalisierungsaktivitäten auf, und ungefähr 16 % wurden als konzerninterne Kredite sowie annähernd 5 % als Kredite verbundener Unternehmen verrechnet (dazu Wilhelm 1996).

Zugleich aber wird mit derartigen Produktionsverlagerungen die Möglichkeit zur langfristigen Aufrechterhaltung der in der Diskussion ebenfalls betonten *Standortvorteile in Deutschland* in Frage gestellt (u.a. Amling 1993): gute Qualität der Produktion, ein hohes Produktivitätsniveau, ein hohes Qualifikationsniveau der Beschäftigten, hohe Berechenbarkeit der Sozial- und Tarifpartner, politische und soziale Stabilität, eine gute infrastrukturelle Versorgung mit Verkehrseinrichtungen, Informations- und Kommunikationstechnologie, eine gleiche Sprache etc. Insgesamt erhalten damit im Zuge der Reorganisation der Wertschöpfungskette zur Nutzung der Heterogenität von Produktionsstrukturen „Raum und Region eine neue strategische Bedeutung. Regionen werden zu Variablen im ökonomischen Kalkül der Unternehmen, zum elastischen Potential moderner Produktionsstrategien“ (Döhl, Sauer 1995, S. 148).

dings entsprechen diesen Wettbewerbsvorteilen offensichtlich nicht in gleicher Weise auch Beschäftigungseffekte im Inland: So wurden in der Textil- und Bekleidungsindustrie sowie im Ledergerber- „im Inland ab 1980 Arbeitsplätze in großem Umfang abgebaut, bei gleichzeitiger Expansion der Beschäftigung in ausländischen Produktionsstätten. Die Beschäftigungseinbußen im Inland lagen jedoch weit über den Zuwächsen in den Auslandsunternehmen. (...) Der Vergleich der jeweiligen Entwicklungen der Beschäftigung nach Wirtschaftszweigen deutet in anderen Fällen darauf hin, daß in der Vergangenheit die deutschen Unternehmen ihre Personalbestände im In- und Ausland parallel aufgestockt bzw. abgebaut haben. Ein positiver Zusammenhang wurde u.a. für die Wirtschaftszweige Herstellung von Kunststoffwaren, Ziehereien, Kaltwalzwerke, Stahlverformung, Straßenfahrzeugbau, Elektrotechnik und Eisenschaffende Industrie und in geringerem Ausmaß für den Maschinenbau ermittelt“ (Wilhelm 1996, S. 31 f.).

4. Hersteller-Anwender-Beziehungen

Im letzten Abschnitt wurde zu zeigen versucht, daß in der Vergangenheit zwischen Werkzeugmaschinenherstellern aus dem selben oder einem ähnlichen Marktsegment keinerlei Entwicklungskooperationen bestanden oder angestrebt werden - abgesehen von der ausnahmsweisen und zumeist vom Staat initiierten Lösung von Detailproblemen (vgl. Müller 1995). Die wichtigsten bzw. weitreichendsten Veränderungen in den Kooperationsstrategien der Werkzeugmaschinenhersteller spielen sich in der Zusammenarbeit mit Kunden bzw. Zulieferern ab. Da die Werkzeugmaschinen in ständig sich beschleunigenden Produktentwicklungszyklen und mit zunehmend kürzerer technischer Lebensdauer nachgefragt werden, versuchen die Werkzeugmaschinenhersteller, bereits im Entwicklungsstadium *Lieferantenanregungen* und *Kundenwünsche* aufzuspüren, um diese bei Innovationen zu berücksichtigen und die Dauer der Entwicklungsprozesse abzukürzen. Da der Maschinenbau als „intermediäre Industrie“ zwischen den Rohstoff gewinnenden und den Endprodukte herstellenden Branchen angesiedelt ist, läuft der Entwicklungsprozeß als eine „weitgehend `angeleitete´ Produktinnovation“ ab (Kalkowski, Manske 1993, S. 64). Dabei ist - ähnlich der Zusammenarbeit zwischen den Herstellern und ihren Lieferanten (vgl. 2.2, 2.3 und 2.4) - auch hinsichtlich der Hersteller-Anwender-Beziehung als wohl genereller Trend eine enger werdende Anbindung und eine prinzipielle *Zunahme von Langfristigkeit von Kooperationsbeziehungen* zu sehen (vgl. Deiß 1995). Hinsichtlich dieser Bereitschaft - oder dieses Zwangs - zur intensivierten überbetrieblichen Zusammenarbeit mit *Kunden* ist allerdings eine Differenzierung des Absatzmarktes in Automobilindustrie und Großkonzerne der Investitionsgüterindustrie einerseits und allgemeinen Markt für Werkzeugmaschinen andererseits nötig. Diese Typisierung läßt sich damit als Ausdruck des generellen Trends der Ausdifferenzierung bzw. Segmentierung fassen. Die Kooperationsbeziehungen werden in ihrer Qualität und Reichweite ausdifferenziert: Eher partnerschaftlichen Formen der Zusammenarbeit stehen hochgradig vermachtete Zulieferketten nun auch im Branchensegment der Produktionsmittelausstatter gegenüber, die durch im Zentrum stehende, „fokale“ Unternehmen (Bieber 1992; Sauer 1992) gesteuert werden. Hinsichtlich dieser Formen der „*vertikalen Kooperation*“ *zum Kunden* sind zwei Typen mit unterschiedlichen Charakteristika zu unterscheiden. In einem ersten Typus läßt sich - mit einem nicht ganz zutreffenden Begriff - von einer „partnerschaftlichen Kooperation“ sprechen. Der zweite Typus sei hier als „vermachtete Kooperation“ bezeichnet.

(1) Bei der gemeinschaftlichen, „*partnerschaftlichen Kooperation*“ ist der Kooperationsprozeß prinzipiell längerfristig, aber dennoch zeitlich begrenzt angelegt. Die Zusammenarbeit erfolgt entwicklungsprozeß- und projektbezogen, beinhaltet das Miteintreten von Kunden in einen gemeinsamen Entwicklungsprozeß und erfordert die wechselseitige Offenlegung des jeweiligen Produktionswissens. Schon der „normale und traditionelle“ Planungs- und Implementationsprozeß eines Auftrags im Werkzeugma-

schinenbau ist durch vergleichsweise *enge Hersteller-Anwender-Beziehungen* gekennzeichnet (vgl. u.a. Deiß, Hirsch-Kreinsen 1992; Hirsch-Kreinsen 1993; Asdonk u.a. 1993; 1994). Diese ohnehin bereits enge Zusammenarbeit wird derzeit durch *Maßnahmen zur Verkürzung der Dauer von Entwicklungs- und Konstruktionsprozessen* noch zusätzlich vertieft. Während früher die gegenseitige Abstimmung mit der beiderseitigen Unterzeichnung von Verträgen und Pflichtenheften abgeschlossen war und allenfalls bei nachträglichen Kundenwünschänderungen punktuell und zeitlich begrenzt neu aufgenommen wurde, werden gegenwärtig intensivere und auf zeitliche Dauer angelegte Kooperationsformen institutionalisiert. Insbesondere seit der breiten Rezeption der aus japanischen Unternehmen bekannten „Lean Production“-Konzepte und der darauf folgenden Diskussion um die Übertragbarkeit der Ansätze beginnen Zusammenarbeitsformen des „*simultaneous engineering*“ zu greifen. Mit diesen Strategien des Simultaneous Engineering sollen alle zur Entwicklung eines Produktes notwendigen Spezialisten „an einen Tisch gebracht“ werden. Das Neue an dieser Kooperationsform ist, daß für die Entwicklung eines Produktes nicht nur die Entwickler, Konstrukteure und Prototypenbauer als entscheidend erachtet werden, sondern auch Vertreter der Arbeitsvorbereitung, Fertigung (wie z.B. Inbetriebnahme - Schlosser) und der Materialwirtschaft. Mittlerweile geht diese Art der Kooperation auch im Werkzeugmaschinenbau über die Unternehmensgrenzen hinaus (vgl. zur Automobilindustrie den Beitrag von Bieber in diesem Band). Im Gegensatz zum sequentiellen Engineering sollen so Entwicklungszeiten nahezu halbiert werden können. Ein Betrieb berichtet z.B. von einer Reduzierung der Entwicklungszeit für ein Werkzeugmagazin von 30 auf 12 Monate.

Unter der Bezeichnung Simultaneous Engineering wird gegenwärtig bei einem Drehmaschinenproduzenten (ca. 1.000 Beschäftigte) zusammen mit einem großen Automobilzulieferer aus der Elektrobranche an der Entwicklung für ein künftiges, gemeinsames Produkt gearbeitet. Der Werkzeugmaschinenbauer steuert dabei maßgeblich seine Produktionskompetenzen und entsprechende Fertigungskapazitäten bei. In einer Testphase werden derzeit erste Prototypenteile gefertigt, wobei keine Gewähr für die Fortführung der Zusammenarbeit und die Akquisition künftiger Aufträge besteht. Auf der vom Kooperationspartner im Betrieb des Werkzeugmaschinenherstellers angemieteten Werkzeugmaschine werden sporadisch unterschiedliche Teile produziert, deren Kontur vorgegeben wird. Der Werkzeugmaschinenbaubetrieb stellt für die Prototypenproduktion zum vom „Partner“ vorgegebenen Zeitpunkt einen Bedienungsmann und die entsprechende Infrastruktur bereit. Die Belegphasen wechseln sich wegen der immer wieder zwischengeschalteten Entwicklungsprozeduren mit oftmals Wochen bzw. Monate dauernder Nichtnutzung der Werkzeugmaschine ab. Zu diesen Zeiten läßt sich die Maschine für eigene Produktionsaufträge des Betriebs belegen.

Über eine ähnliche Art der langfristig angelegten Zusammenarbeit berichtet der Konstruktionsvorstand eines Herstellers von Blechbearbeitungsmaschinen. Der Betrieb werde von Kunden zunehmend auch als Kompetenzträger über das eng begrenzte Feld der Werkzeugmaschinenentwicklung hinaus wahrgenommen. Auch in der Zusammenarbeit mit Herstellern aus angrenzenden Maschinenbausektoren liegen Potentiale zur gemeinsamen Forschung und Entwicklung. Gemeinsam mit einem Druckmaschinenher-

steller wird derzeit eine auf dem Markt vollkommen neuartige Druckmaschine entwickelt, zu deren Produktion eine ebenfalls überarbeitete Blechbearbeitungsmaschine eingesetzt werden soll. Beide Seiten erhoffen sich aus der Zusammenarbeit insofern innovationsfördernde Impulse, als „das beiderseitige Ziehen und Drücken, das Push und Pull im Entwicklungsprozeß letztlich auch in Grenzsituationen der Bearbeitung zum Maximieren, Optimieren und Überschreiten dieser Grenzen beiträgt“. Diese im Prinzip auf viele Jahre angelegte „exklusive Kooperation“ mit einem Anwender soll mit weiteren Anwendern in ähnlicher Konstellation und mit ähnlicher Zielsetzung fortgeführt werden.

(2) Der zweite - vorherrschende - Typus der „*vermachteten Kooperation*“ bestimmt die Situation von Betrieben, die gezwungen sind, mit *Automobilkonzernen* und deren Zulieferern oder anderen mächtigen Unternehmen und Konzernen der Investitionsgüterindustrie zusammenzuarbeiten. Hier werden die langjährigen und gesichert scheinenden Kooperationsbezüge aufgrund der Konzernmacht der Abnehmer aufgebrochen. Die Konkurrenzsituation im Werkzeugmaschinenbau wird - abgesehen von Preisdiktaten - zur Durchsetzung immer rigiderer Anforderungen an Dokumentation, Ausstattung, Garantieleistungen, Maschinenlaufzeiten, Fehlerraten, Service etc. benutzt:

- Eine besonders für mittelständische Werkzeugmaschinenhersteller unübersehbare Vielzahl an Normen wird bei Vertragsabschluß durch die hochspezialisierten Rechtsabteilungen der Konzerne durchgedrückt. Die Zahl von *Betriebsmittelvorschriften* bei Automobilkonzernen kann bis zu 14.000 Vorgaben und (Sicherheits-) Anforderungen für ein geliefertes System umfassen. Diese sind aber oftmals nicht vollzählig und ausdrücklich im Vertrag, sondern über zahlreiche Verweise auf andere Regelwerke aufgeführt. „So kann ein Konzern einen Auftrag bei der Abnahme problemlos hochgehen lassen, und zum Schluß sind bei uns 15 Leute nur mit diesem Auftrag beschäftigt“ (Geschäftsführer).
- Zumeist werden im *Vorfeld der Ausschreibung* Grundsätze einer neuen Produktionsanlage mit einem einzelnen Hersteller vorgeklärt, bevor sie *öffentlich ausgeschrieben* werden, wobei der in die Beratung eingeschaltete Maschinenanbieter zwar über einen Vorteil bei der Auftragsvergabe verfügt, allerdings nicht zwingend den Auftrag erhält.
- Charakteristisch für Großkunden sind auch das *Verschicken mehrerer Pflichtenhefte* an verschiedene Anbieter und die *Angebotseinholung* bei möglichst vielen Werkzeugmaschinenherstellern zur Verschaffung einer Vergleichsmöglichkeit über Preis und Leistung.
- Neben wirtschaftlichen Aspekten werden vor einer endgültigen Kaufentscheidung zunehmend längere Garantieleistungen und ausgefeiltere Serviceleistungen auch in

Preisen bewertet und in der Berechnung ständig verfeinert (24-Stunden-Verfügbarkeit bei Service; Vertragsstrafen bei Nichteinhalten einer Verfügbarkeitsgarantie; Regelungen zu Verfügbarkeitsdaten, Serviceleistungen, Ersatzteillieferungen, Konventionalstrafen durch Controlling-Abteilung des Kunden etc.).

- Die *Pflichtenhefte* werden *rigider*, was Taktzeitforderungen, die permanente Verringerung der Toleranzen oder die statistische Abnahme anbelangt. Einzelne in ihren Forderungen besonders weitgehende Autokonzerne verlangen zur Überprüfung der auch langfristigen Funktionsweise der Anlage im Vorfeld *FMEA-Analysen* (Failure Mode Effects Analysis), Verfügbarkeitsanalysen und PC-Simulationen und setzen *Wertanalyseteams* für Tätigkeitsanalysen bei Serviceoperationen ein - zum Teil, um Daten für die gesamte angenommene Lebensdauer der Werkzeugmaschine zu errechnen (*life-time-circle-costs*).
- Selbst *nach Ablauf der Garantiezeit* wird von den Herstellern die *Übernahme von Service-, Wartungs- und Instandhaltungsleistungen* gefordert und vertraglich *formalisiert* - inkl. genauer Wartungsbeschreibungen, Wartungsintervalle, Reparaturmaximalzeiten, Ausfall- und Verfügbarkeitsraten von Maschinen (bis zu 95 %), Zwang zur Einlagerung von Ersatz- und Sonderteilen beim Werkzeugmaschinenproduzenten u.ä.

Über diese unmittelbaren Preiskämpfe und -diktate hinaus finden offensichtlich auch Prozesse der mehr oder weniger offenen *Wissensenteignung* statt. Im Zuge des Einholens von Konzeptionsangeboten bei mehreren Maschinenbauunternehmen durch die Planer eines neuen Produktes werden mit den Konstruktionszeichnungen auch firmenspezifische Lösungsansätze offengelegt. Obwohl nur ein Anbieter von der Auftragsvergabe profitiert, fließen über die Projektverantwortlichen der Großkunden die Ideen, teilweise auch die Zeichnungen der abgewiesenen Hersteller ohne entsprechende finanzielle Abgeltung in dessen endgültige modifizierte Systemlösung ein. Damit gelangen über den Umweg der Kunden ggf. auch direkte Wettbewerber an unternehmensspezifische Kernkompetenzen von bei der Vergabe nicht berücksichtigten Werkzeugmaschinenbauern. Einen wirksamen Patentschutz zur Verhinderung der Verwertung von Wissen durch Wettbewerber gibt es offensichtlich nicht.

Aber auch im Falle der Auftragsvergabe und frühzeitiger begonnenen Formen der Zusammenarbeit bei Simultaneous Engineering kommt es im Entwicklungsprozeß zu einem auch langfristig schädlichen Know-how-Abzug über den Austausch von Dokumentationen, Bedienungsanleitungen, Zeichnungen etc. So müssen in der Zusammenarbeit mit Kunden zwangsläufig die jeweiligen Bearbeitungsverfahren, -methoden und -tricks der Werkzeugmaschinenhersteller diskutiert und hinterfragt werden. Dieses Wissen wird damit für den Kooperationspartner nachvollziehbar, abschöpfbar und läßt sich vom

Kunden legal auch an anderer Stelle und an einem anderen Zeitpunkt wieder nutzen, auch wenn die Kooperation nicht weitergeführt wird.

Die Besonderheit eines von einem Bearbeitungszentrum- und Transferstraßenhersteller zusammen mit einem Automobilhersteller durchgeführten *SE-Projekts (Simultaneous Engineering)* liegt darin, daß gemeinsam eine Maschine entwickelt wird, für deren Entwicklungsprozesse bereits zu Beginn ein Kostendeckungsfaktor zur anteiligen Übernahme der Entwicklungs- und Produktionskosten festgelegt wird (z.B. 50 % zu 50 %). „Zum Ende wird immer gegengerechnet“. Durch die paritätische Zusammenarbeit der beiden Unternehmen werden sowohl evtl. Gewinne als auch mögliche Verluste halbiert. Interessant ist diese Form von Arrangement vor allem dann, wenn der Werkzeugmaschinenhersteller rote Zahlen schreibt, da sich das Risiko auf Hersteller und Automobilfirma verteilt. Im Unterschied zur *herkömmlichen Auftragsabwicklung* muß allerdings bei diesem SE-Projekt die Auflistung der verwendeten Teile offengelegt werden. Dem Automobilkonzern wird damit die gesamte Kostenstruktur des Werkzeugmaschinenbauunternehmens transparent, die früher bei einer traditionellen Gesamtrechnung nicht erkennbar war.

Werkzeugmaschinenhersteller haben darauf teilweise mit einer Orientierung auf andere Marktsegmente reagiert. Bei einem Untersuchungsbetrieb aus dem Fräsmaschinensektor wurde der Anteil der Bearbeitungsmaschinen für die Automobilindustrie von früher 80 % auf derzeit 25 % reduziert. Bei einem Hersteller von Standarddrehmaschinen wirkte die beschriebene Politik der Kunden auf die eigene Produktstruktur und Kundenstruktur zurück. „Die Firma entwickelte sich *vom Spezialisten zum Generalisten*“, womit eine Veränderung des Kundenstammes einherging. Früher wurden zu ca. 80 % die Automobilkonzerne und deren Zulieferindustrie beliefert; dieser Anteil reduzierte sich mit der Zeit auf etwa 20 %: „Wir haben versucht, den Lopezleuten zu entkommen“. Insgesamt vollzog sich ein Übergang von der Automobilindustrie als Hauptabnehmer zu „Gara-generfertigungsstätten“ (Geschäftsführer).

(3) In der Beziehung zwischen den Produktionsmittelherstellern im Werkzeugmaschinenbau und ihren überwiegend der großbetrieblich organisierten Automobilindustrie entstammenden Kunden dominiert der zweite Typus einer vermachteten Kooperation. In den Befunden scheint sich eine Ausdifferenzierung des Marktes für Produktionsmit-telausstatter in Form einer *Polarisierung* bzw. *Pyramidisierung* anzudeuten.

- An einem Pol stehen wenige und ausgewählte Hersteller von umfassenden, kundenspezifischen *Fertigungskomplettlösungen* mit ausschließlichem und engem Anwenderbezug. Diese sind in intensivierte, auf eine langjährige Zusammenarbeit angelegte Simultaneous-Engineering-Bezüge zum Kunden (insbesondere den Automobilkonzernen) eingebunden. Zugleich ist deren unmittelbare Konkurrenzsituation zu anderen Lieferanten - nicht aber der Preisdruck seitens der Abnehmer - aufgrund der Ausdünnung und Hierarchisierung des Lieferantenstamms entschärft.

- Dem gegenüber sind eine Vielzahl geknebelte, mit hoher Absatzunsicherheit behaftete *Hersteller einzelner Werkzeugmaschinen* oder gar Unterlieferanten von Fertigungssystem-Komponenten oder -Modulen an der bzw. in der (Zulieferer-)Kette in ein breit gespanntes Geflecht von direkten, auf der gleichen Zulieferstufe stehenden, und indirekten, auf über- oder untergeordneten Zulieferstufen stehenden Konkurrenten, eingewoben. Geringe Kundentreue zeichnet die Absatzsituation dieser Betriebe aus. Zugleich verhindert ein permanenter Preisvergleich der Abnehmer feste und auf Dauer gestellte Beziehungen oder auch gemeinsame Neuentwicklungen, da eine Maschine oder Anlage beim günstigsten Werkzeugmaschinenanbieter gekauft wird.

5. Unternehmensnetzwerke: Arrangement und Kampf mit der vielköpfigen Hydra

In diesem Beitrag wurde zu zeigen versucht, daß Genese, Entwicklung und Herstellung von Produktionstechnik gegenwärtig durch grundlegend gewandelte Unternehmensstrukturen sowie neue Bedingungen der Machtdurchsetzung und Kooperation geprägt sind. Veränderungen von Produktionstechnik und neue Strukturen des Technikmarkts lassen sich nur dann angemessen beschreiben bzw. erklären, wenn neben den betrieblichen Strategien von Werkzeugmaschinenherstellern auch Veränderungen der gesamten überbetrieblichen Wertschöpfungskette erörtert werden. Eine Analyse „neuer Strukturen des Technikmarkts“ hat infolgedessen zumindest die drei Dimensionen des Produkts Werkzeugmaschine, der Branchenstruktur im Werkzeugmaschinenbau sowie der Kooperation zwischen Werkzeugmaschinenherstellern, Kunden und Zulieferern aufzugreifen. Vor diesem Hintergrund lassen sich die empirischen Befunde zum Wandel des Werkzeugmaschinenbaus folgendermaßen zusammenfassen:

(1) Veränderte betriebliche Rationalisierungs- und Technikeinsatzstrategien der *Anwender*, die sich als „systemische Rationalisierung“ bezeichnen lassen, sowie die infolge globalen Wettbewerbs verschärften Konkurrenzbedingungen stellen erhöhte Anforderungen an das Produkt Werkzeugmaschine bzw. Fertigungssystem. Die Produktionsprozesse der Kunden des Werkzeugmaschinenbaus wandeln sich vom traditionellen tayloristischen Massenproduktionstypus hin zu einem Modell „flexibler Massenproduktion“ (Sauer 1992) bzw. „flexibler Standardisierung“ (Döhl, Sauer 1995). Dementsprechend werden von den hierbei eingesetzten Produktionsmitteln gleichermaßen Ökonomisierungs- wie aber auch Flexibilisierungseffekte gefordert. Zugleich steht für die hinsichtlich der Beschaffungs- und Kaufentscheidung beim Kunden *gestärkten kaufmännischen und Controlling-Abteilungen* zunehmend und nahezu uneingeschränkt der Preis einer Werkzeugmaschine/eines Fertigungssystems im Vordergrund, wohingegen die ehemals

dominanten Techniker, deren Entscheidung sich weitaus stärker bzw. vornehmlich am „technischen Profil“ einer Werkzeugmaschine bzw. eines Fertigungssystems orientierte, zunehmend Einfluß verlieren,.

Die Herstellerbetriebe versuchen, dieses Dilemma zwischen Preisdruck einerseits und Kundenspezifika bzw. Anwendungsflexibilität andererseits durch gewandelte Strategien auf den zwei Politikfeldern „Produktkonzeption“ und „Variation und Organisation der Unternehmensgrenzen“ zu neutralisieren.

(2) Im Hinblick auf die *produktspezifische und marketingpolitische* Konzeption, Entwicklung und Gestaltung der Werkzeugmaschinen und Fertigungssysteme begegnen die Hersteller im Werkzeugmaschinenbau diesen Anforderungen gegenwärtig mit Strategien der *Erhöhung des Zukaufanteils* von Modulen und Teilen durch Reduzierung der Fertigungstiefe und Verlagerung von Produktions- und Wertschöpfungsaktivitäten, der konstruktiven Auslegung der Maschinen zur Komplettbearbeitung sowie der Flexibilisierung der fertigungstechnischen Systeme und Anlagen. Wesentliche Ansatzpunkte und Voraussetzungen hierzu sind Versuche zur zunehmenden *Modularisierung* der Werkzeugmaschinen bzw. Fertigungssysteme und *Standardisierung* der Baugruppen und Komponenten. Während die zeitökonomischen Rationalisierungseffekte bei den Hauptzeiten nahezu ausgereizt scheinen, richten sich die Profilierungsbestrebungen der Hersteller außerdem stärker auf *die Minimierung der Nebenzeiten* (Rüstzeiten, Werkzeugwechsel, Werkzeugzugriff, Späneentsorgung, Werkstückzuführung etc.).

1. Eine erste Konsequenz sowohl der von den Herstellern eigeninitiativ vorgenommenen als auch der von den Anwendern oder auch Zulieferern geforderten Produktneuerungen ist eine stark steigende *Komplexität* und *Diversität* der Produktionstechnik. Darüber hinaus erfordern die maschinenseitigen Veränderungen eine wachsende Berücksichtigung von Maschinenbaudisziplinen wie Sensorik, Optik, Stahlverarbeitung oder Materialwissenschaften, die zunächst nicht den traditionellen, engeren Maschinenbaudomänen der mechanischen, spanenden Bearbeitung (Bohr-, Fräs- oder Drehbearbeitung) zugehörten. Für die Hersteller reicht die Konzentration auf ein Bearbeitungsverfahren und auf Spezialkenntnisse in mechanischen Fertigungsverfahren keinesfalls mehr aus.
2. Als zweite Konsequenz dieser einzelbetrieblichen Produktpolitik ist der Technikmarkt in seinen Entwicklungslinien nunmehr von einem Spektrum technischer Konzepte gekennzeichnet, in dem sich an einem Pol einfache Low-cost-Maschinen und am anderen überaus komplexe (gleichwohl modular aus standardisierten, „einfachen“ Einzelteilen aufgebaute) High-tech-Lösungen gegenüberstehen.

3. Eine dritte Folge sind die eng mit den beschriebenen Modularisierungs- und Standardisierungsbestrebungen und dem Trend zur Reduzierung der Fertigungstiefe zusammenhängenden, veränderten Kooperationsbezüge zwischen den Werkzeugmaschinenherstellern und ihren Zulieferern. Einerseits sind im Zuge der Elektronisierung und Informatisierung der Werkzeugmaschinen sowie der gegenwärtig voranschreitenden Reduzierung der Fertigungstiefe und Internationalisierung der Produktion für die Werkzeugmaschinenhersteller *neue Entwicklungspartner verschiedener Fachdisziplinen* hinzugekommen, so daß sich die Bandbreite der bisherigen Akteure im Entwicklungsprozeß erheblich ausdifferenziert. Zugleich betreiben die Werkzeugmaschinenhersteller aktiv die drastische Verminderung der Anzahl der unterschiedlichen Zulieferer auf möglichst nur zwei je Modul oder Komponente durch eine Intensivierung der Hersteller-Zulieferer-Beziehungen. Die wachsende Breite in der Varianz von Lieferantenbeziehungen soll durch *steigende Tiefe* der Kooperation innerhalb der einzelnen Teilbranche kompensiert werden. Beide Veränderungen zusammengenommen rufen die beschriebenen Rationalisierungsprozesse der Maschinen-/Anlagenhersteller somit eine zunehmende *Ausdifferenzierung, Segmentierung und Hierarchisierung* des Technikzulieferermarkts hervor. Folge sind u.U. nicht unerhebliche *Probleme der Kooperation* zwischen teilweise sehr unterschiedlichen Entwicklungspartnern, und erforderlich werden neue Formen der Kooperation und Abstimmung (vgl. hierzu den Beitrag von Hirsch-Kreinsen in diesem Band).

(3) Mit der drastischen Reduzierung der Fertigungstiefe im Zuge der sich gegenwärtig abzeichnenden Verschiebungen in den Absatz-, Logistik- und Zulieferbeziehungen korrespondieren im Politikfeld der Variation der Unternehmensgrenzen das Entstehen und die auch internationale und globale Ausweitung von *Unternehmensverbänden und Fusionierungen*. *Vertikale und horizontale Kooperations-* und vor allem *Konzentrationsformen* werden vorangetrieben (strategische Allianzen, Fusionen, Kartelle etc.). In den meisten Fällen umfassen derartige Verbände unterschiedliche, komplementäre Bearbeitungsverfahren und Teilbranchen des Werkzeugmaschinenbaus, um im Verbund einem prinzipiell einheitlichen Kundenkreis gegenüber als „*Vollsortimenter*“, „*Komplettanbieter*“ und „*Problemlöser*“ auftreten zu können. Auch im Werkzeugmaschinenbau sind derzeit offensichtlich zugleich Tendenzen einer *Ausdifferenzierung und Segmentierung* einerseits und *Integration* andererseits festzustellen. Immer größere Konzerne und Unternehmensverbände bestehen zunehmend aus vielen kleinen, reagiblen und „schlagkräftigen“ Betrieben und Teileinheiten. Unternehmensgrenzen verschwimmen und Entscheidungs- und Verantwortungszentren werden diffuser bzw. intransparenter.

(4) Verschärfte zyklische ökonomische Krisen, die im Zusammenhang mit Internationalisierung voranschreitende Konzentration von Unternehmen sowie Oligopolisierung des Marktes im Werkzeugmaschinenbau und in seiner Zulieferindustrie dürften die Folie

beschreiben, vor deren Hintergrund die künftige Entwicklung von Technik im Werkzeugmaschinenbau beurteilt werden muß. Die *Grundsätze* der in diesem Beitrag beschriebenen Modularisierung der Produkte oder auch der Segmentierung, Hierarchisierung und Pyramidisierung eines Teilmarktes der Verarbeitenden Industrie *sind nicht neu*. Für die Automobilindustrie und ihre Teilezulieferer werden sie bereits seit einigen Jahren beschrieben (vgl. Altmann, Sauer 1989; Bieber, Sauer 1991; Deiß, Döhl 1992; Sauer, Döhl 1994; Döhl, Sauer 1995). Das Neue an den Befunden des vorliegenden Beitrags dürfte allerdings sein, daß diese Prinzipien *nun offenbar* in ähnlicher Weise *auch im Werkzeugmaschinenbau* Platz gegriffen haben. Von daher muß sich die Industriegesellschaft die Frage stellen, inwieweit ihr Blick nicht allzu lange durch die rosarote Maschinenbaubrille getrübt wurde, wonach die Beziehungen zwischen Werkzeugmaschinenbauern und ihren Kunden sowie zwischen den Herstellern und ihren Zulieferern oder auch zwischen verschiedenen Werkzeugmaschinenbaubetrieben überwiegend durch „Vertrauen“ geprägt seien und insbesondere in „Innovationsnetzwerken“ auf eine langfristige Basis gestellt wären (vgl. Asdonk u.a. 1993; 1994).²⁴ Sollte die These einer Polarisierung in Systemlieferanten einerseits und Werkzeugmaschinen- bzw. Fertigungssystem-Modulzulieferer andererseits zutreffen, stellt sich die Frage, inwieweit das „Aufsteigen“ zum Systemlieferanten an bestimmte organisatorische oder produktspezifische Voraussetzungen gebunden ist. Sind Großunternehmen chancenreicher oder spielt die Betriebsgröße keine Rolle? Inwieweit sind Unterschiede zwischen Sonderanlagenfertigern und Standardmaschinenherstellern zu berücksichtigen? Inwieweit stützt oder verhindert die Internationalisierung der Wertschöpfungsaktivitäten den Aufbau langjähriger und zugleich eher „gleichberechtigter“ Kooperationsformen? Werden durch die Globalisierung und Internationalisierung der Industrie möglicherweise die Grundlagen für kontinuierliche Kooperation zerstört oder bietet sie demgegenüber gerade den Nicht-Systemlieferanten Chancen für den Aufbau neuer Beziehungen in anderen Entwicklungsnetzwerken mit anderen Innovationsmustern?

(5) Das Wechselspiel von Fragmentierung und Neubildung von Unternehmenseinheiten hat aber nicht nur Folgen für die beteiligten Unternehmen. Weitaus existentiellere Konsequenzen dürften sich hinsichtlich der - hier nur kurz angedeuteten - Politisierungsfähigkeit und für die *Chancen zur Interessenvertretung der Arbeitskräfte* zeigen (vgl.

24 So ist zwar die Beschreibung der Genese von Produktionstechnik durch Begriffe wie „Innovation als rekursiver Prozeß“ (Asdonk u.a. 1991) einleuchtend und hat durchaus zur Weiterentwicklung ehemals verkürzter linearer oder kaskadenförmiger Technikgenesemodelle geführt (vgl. Hirsch-Kreinsen 1995a). Es darf aber dabei nicht übersehen werden, in welchen Strukturen und aus welchen (ökonomischen) Ursachen „Innovationsnetzwerke“ (Asdonk u.a. 1994; Kowol, Krohn 1995) entstehen und sich verändern (vgl. Abschnitt 3). Außerdem erscheinen Innovationsnetzwerke immer dann als harmonisch, symmetrisch und effizient, wenn nicht zugleich auch Anwenderkontext einerseits und Herstellerstrategien andererseits in einen historischen Rahmen gestellt und in ihren historischen Rückkopplungsmechanismen mit anderen gesellschaftlichen Bereichen sowie deren Aufbau- oder Erosionstendenzen berücksichtigt werden (vgl. in diesem Sinn Hirsch-Kreinsen in diesem Band).

auch Altmann, Deiß 1996). Zwar scheinen die Gewerkschaften das Problem erkannt zu haben, jedoch stellen sich bei Internationalisierung und Globalisierung weitreichendere Anforderungen an koordinierte Anstrengungen der Einzelgewerkschaften auf nationaler Ebene sowie hinsichtlich internationaler Gewerkschaftsstrukturen (Zwickel 1995).²⁵ Wenn es stimmt - wofür vieles spricht -, daß sich die beschriebenen Formen der Kapitalkonzentration zu Unternehmensverbänden als Netzwerke bezeichnen lassen, bei welchen kein einheitlicher Kollektivakteur identifizierbar ist: Wie läßt sich dann eine derartige Unternehmensgruppe in die interessenpolitische Verantwortung nehmen? Auf welcher Ebene sind Verhandlungen mit wem zu führen? Welche Institutionen und Organisationen könnten den ökonomischen Interessen global agierender Unternehmen wirksam im Sinne gesellschaftlicher, wirtschafts- und beschäftigungspolitischer Schadensminimierung Grenzen setzen, wenn sie wollten? Inwieweit ließe sich die nach wie vor bestehende „regionale und nationale Interessenbornierung“ (Döhl, Sauer 1995) der Gewerkschaften als den traditionell zuständigen Funktionsträgern solidarischer Interessenvertretung aufbrechen? Auf welchem nationalen Rechts- und Tarifsystem ist aufzubauen? Wie müssen eigene Organisationsformen und Entscheidungsstrukturen beschaffen sein, um einer derartigen „vielköpfigen Hydra“ (Teubner 1991) den Kampf ansagen zu können?²⁶ Wie lassen sich die Werktätigen, die (noch) in Deutschland einen Arbeitsplatz innehaben, mobilisieren? Altvater und Mahnkopf haben die mit der Europäischen Integration veränderten Chancen der Interessenvertretung für die Gewerkschaften bereits 1993 eher skeptisch diskutiert. Auch aus Sicht von Manske scheinen die Gewerkschaften die „zunehmende Armut und soziale Spaltung der Gesellschaft“ nicht aufhalten zu können (Manske 1994, S. 424). Mit der in der Zwischenzeit fortgeschrittenen Globalisierung und Internationalisierung hat auch der europäische und der deutsche Kapitalismus eine neue Stufe erklommen, wodurch Gewerkschaften nicht mehr nur vor der europäischen, sondern zunehmend „vor der globalen Herausforderung“ stehen.

Literatur

Achter, F.: Standort & Tarifrunde, isw-Wirtschaftsinfo extra, Nr. 14, München 1994.

²⁵ Vgl. hierzu auch die Vorschläge von Rehberg zur „Entwicklung gewerkschaftlicher Positionen und Maßnahmen“ (1993).

²⁶ Politische Einflußnahmen werden insbesondere durch die Wesensmerkmale von Unternehmensnetzwerken, die steigende Komplexität und mangelnde Zurechnungsfähigkeit von Kompetenz und Zuständigkeit, erschwert: „Nicht mehr Personifizierungen, sondern polyzentrische Autonomisierung, nicht mehr Einzelzurechnung, sondern simultane Vielfachzurechnung werden erst der Handlungslogik des Netzwerks gerecht. Entscheidend ist die Fragmentierung der kollektiven Handlungsfähigkeit in dezentrale Subeinheiten, zu denen auch die Zentrale als *primus inter pares* zählt. Netzwerke handeln nicht durch ein einheitliches Willens- und Aktionszentrum, wie es für die klassische Korporation typisch ist, sondern über eine Vielzahl von 'Knoten', die jeder autonom für sich, aber zugleich für das 'Netz' operieren“ (Teubner 1991, S. 208, Hervorhebungen im Original).

- Afheldt, Horst: Wohlstand für niemand? Die Marktwirtschaft entläßt ihre Kinder, München 1994.
- Altmann, N.; Deiß, M.: Arbeit in der vernetzten Produktion. In: D. Schulte (Hrsg.): Arbeit der Zukunft, Beiträge zur Reformdiskussion im Deutschen Gewerkschaftsbund und seinen Gewerkschaften, Köln 1996, S. 84-103.
- 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.
- Altmann, N.; Sauer, D. (Hrsg.): Systemische Rationalisierung und Zulieferindustrie - Sozialwissenschaftliche Aspekte zwischenbetrieblicher Arbeitsteilung, Frankfurt/New York 1989.
- Altvater, E.: Der Preis des Wohlstands, Münster 1992.
- Altvater, E.: Die Arbeitsgesellschaft vor den Herausforderungen von Geld und Natur. In: Aus Politik und Zeitgeschichte, Heft 15, 1995, S. 16-24.
- Altvater, E.; Mahnkopf, Birgit: Gewerkschaften vor der europäischen Herausforderung - Tarifpolitik nach Mauer und Maastricht, Münster 1993.
- Amin, Samir: Das Reich des Chaos. Der neue Vormarsch der Ersten Welt. Hamburg 1992.
- Amling, F.J.: Industriestandort Bundesrepublik Deutschland, Frankfurt 1993.
- 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.: Innovation, Organisation und Facharbeit - Rahmenbedingungen und Perspektiven betrieblicher Technikentwicklung, Bielefeld 1993.
- Asdonk, J.; Bredeweg, U.; Kowol, U.: Evolution in technikerzeugenden und technikverwendenden Sozialsystemen - dargestellt am Beispiel des Werkzeugmaschinenbaus. In: W. Rammert; G. Bechmann (Hrsg.): Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 7, Frankfurt/New York 1994, S. 67-94.
- Baumann, H.: Westdeutsche Industrie: Trotz DM-Aufwertung höheres Produktionswachstum als 1994. In: Ifo-Schnelldienst, Heft 14, 1995, S. 13-20.
- Becker, H.: Deutschlands Werkzeugmaschinenbau zu neuen Ufern. In: Werkstatt und Betrieb, Heft 7-8, 1994, S. 523-536.
- Becker, H.: Mit Hochgeschwindigkeit in die Zukunft. In: Werkstatt und Betrieb, Heft 7-8, 1995, S. 628-634.
- Becker, H.: Schnelle Stand-alone-Maschinen flexibel und präzise. In: Werkstatt und Betrieb, Heft 7-8, 1995a, S. 644-651.
- Bergstermann, J.; Manz, Th.: Technik gestalten, Risiken beherrschen - Befunde der Sozialforschung zur Entwicklung moderner Produktionstechnik, Berlin 1992.
- Bieber, D.: Systemische Rationalisierung und Produktionsnetzwerke. In: Th. Malsch; U. Mill (Hrsg.): ArBYTE - Modernisierung der Industriesoziologie? Berlin 1992, S. 271-293.
- Bieber, D.; Möll, G.: Technikentwicklung und Unternehmensorganisation - Zur Rationalisierung von Innovationsprozessen in der Elektroindustrie, Frankfurt/New York 1993.
- Bieber, D.; Sauer, D.: „Kontrolle ist gut! Ist Vertrauen besser?“ - „Autonomie“ und „Beherrschung“ in Abnehmer-Zulieferbeziehungen. In: H.G. Mendius; U. Wendeling-Schröder (Hrsg.): Zulieferer im Netz - Zwischen Abhängigkeit und Partnerschaft, Köln 1991, S. 228-254.
- Bischoff, J.; Menard, M.: Weltmacht Deutschland? Hamburg 1992.
- Bredeweg, U.; Kowol, U.; Krohn, W.: Innovationstheorien zwischen Technik und Markt - Modelle der dynamischen Kopplung. In: W. Rammert; G. Bechmann (Hrsg.): Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 7, Frankfurt/New York 1994, S. 187-206.
- Bronder, Ch.; Pritzl, R. (Hrsg.): Wegweiser für Strategische Allianzen - Meilen- und Stolpersteine bei Kooperationen, Frankfurt 1992.
- Buss, K.-D.; Wittke, V.: Organisation von Innovationsprozessen in der US-Halbleiterindustrie. In: Verbund Sozialwissenschaftliche Technikforschung, Mitteilungen, Heft 15, 1995, S. 63-97.

- Deiß, M.: Innovation und Technikmarkt - Entwicklung von Produktionstechniken im Spannungsfeld von Herstellerstrategien und Anwendungsbezug. In: H. Rose (Hrsg.): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement, Frankfurt/New York 1995, S. 39-68.
- 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.: Strukturelle Veränderungen auf dem Markt für Produktions- und Steuerungstechnologien (Vorstudie), zusammenfassender Projektbericht, München, November 1992.
- Dierkes, M.; Canzler, W.; Marz, L.; Knie, A.: Politik- und Technikgenese. In: Verbund Sozialwissenschaftliche Technikforschung, Mitteilungen, Heft 15, 1995, S. 7-28.
- Döhl, V.; Altmann, N.; Deiß, M.; Sauer, D.: Neue Rationalisierungsstrategien in der Möbelindustrie I, Frankfurt/New York 1989.
- Döhl, V.; Sauer, D.: Neue Unternehmensstrategien und regionale Entwicklung. In: ISF-München u.a. (Hrsg.): Jahrbuch Sozialwissenschaftliche Technikberichterstattung 1995 - Schwerpunkt: Technik und Region, Berlin 1995, S. 103-157.
- Eidenmüller, B.: Die Bedeutung der Produktion für den Wirtschaftsstandort Deutschland. In: Angewandte Arbeitswissenschaft, Nr. 144, 1995, S. 55-66.
- Fabry, J.: Entwicklungstrends bei Zerspanwerkzeugen. In: VDI-Z, Nr. 3/4, 137. Jg., 1995, S. 58-61.
- Fischer, H.: Produktionsbezogene Kooperation zwischen dem Hersteller und dem Verwender individuell gefertigter Maschinen, Frankfurt etc. 1983.
- Flecker, J.; Schienstock, G.: Globalisierung, Konzernstrukturen und Konvergenz der Arbeitsorganisation. In: N. Beckenbach; W. van Treeck (Hrsg.): Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit, Soziale Welt, Sonderband 9, Göttingen 1994, S. 625-642.
- Förtsch, U.; Jüngst, H.; Schäfers, B.: Nutzung eines modularen Werkzeugsystems durch einen Einzelfertiger. In: VDI-Z, Nr. 3/4, 137. Jg., 1995, S. 62-68.
- Gühning, J.; Cselle, T.: Bohren - trocken oder bei Hochgeschwindigkeit? In: Werkstatt und Betrieb, Heft 6, 128 Jg., 1995, S. 538-542.
- Hack, L.: Vor Vollendung der Tatsachen - Die Rolle von Wissenschaft und Technologie in der dritten Phase der industriellen Revolution, Frankfurt 1988.
- Handelsblatt: Verlängerte Werkbänke im Osten sichern Arbeitsplätze im Westen, 25.10.95, 1995, S. 16.
- Handelsblatt: Nicht alle Hosen kommen aus Hongkong, 25.10.95, 1995a, S. 16.
- Hirsch-Kreinsen, H.: NC-Entwicklung als gesellschaftlicher Prozeß - Amerikanische und deutsche Innovationsmuster der Fertigungstechnik, Frankfurt/New York 1993.
- Hirsch-Kreinsen, H.: Die Internationalisierung der Produktion: Wandel von Rationalisierungsstrategien und Konsequenzen für Industriearbeit. In: Zeitschrift für Soziologie, Heft 6, 23. Jg., 1994, S. 434-446.
- Hirsch-Kreinsen, H.: Einflußgrößen, Verlaufsformen und Arbeitsfolgen internationaler Rationalisierungsstrategien - Erste Befunde eines laufenden Projektes. In: Verbund Sozialwissenschaftliche Technikforschung, Mitteilungen, Heft 14, 1995, S. 6-26.
- Hirsch-Kreinsen, H.: Institutionelle und personelle Innovationsvoraussetzungen des Werkzeugmaschinenbaus. In: H. Rose (Hrsg.): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement, Frankfurt/New York 1995a, S. 11-38.
- Hirsch-Kreinsen, H.; Wilhelm, K.-J.: Internationalisierung eines Elektrotechnischen Unternehmens - Das Beispiel ABB. In: P. Meil (Hrsg.): Globalisierung industrieller Produktion, Frankfurt/New York 1996, S. 101-122.
- Kalkowski, P.; Manske, F.: Innovation im Maschinenbau - Ein Beitrag zur Technikgeneseforschung. In: SOFI-Mitteilungen, Nr. 20, Januar 1993, S. 62-85
- Kalkowski, P.; Mickler, O.; Manske, F.: Technologiestandort Deutschland - Produktinnovation im Maschinenbau: traditionelle Stärken - neue Herausforderungen, Berlin 1995.

- Kaufmann, F.: Internationalisierung durch Kooperation - Strategien für mittelständische Unternehmen, Wiesbaden 1993.
- Kern, H.; Sabel, Ch.F.: Verblaßte Tugenden - Zur Krise des deutschen Produktionsmodells. In: N. Beckenbach; W. van Treeck (Hrsg.): Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit, Soziale Welt, Sonderband 9, Göttingen 1994.
- Kief, H.B.: FFS-Handbuch 92/93, München/Wien 1992.
- Kief, H.B.: NC-/CNC-Handbuch 95/96, München/Wien 1995.
- Klocke, F.; Koch, K.-F.; Zamel, St.: Technologie des Hoch- und Ultrapräzisionsdrehens. In: ZWF (Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung), Heft 5, 1995, S. 217-221.
- Knie, A.: Gemachte Technik - Zur Bedeutung von „Fahnenträgern“, „Promotoren“ und „Definitionsmacht“ in der Technikgenese. In: W. Rammert; G. Bechmann (Hrsg.): Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 7, Frankfurt/New York 1994, S. 41-66.
- Kowol, U.; Krohn W.: Innovationsnetzwerke - Ein Modell der Technikgenese. In: W. Rammert; G. Bechmann (Hrsg.): Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 8, Frankfurt/New York 1995, S. 77-105.
- Laske, G.: Eine Musterbranche stürzt ab - Werkzeugmaschinenbau in den USA und in Deutschland - Lernen aus der Krise, Bremen 1995.
- Lewis, J.D.: Strategische Allianzen, Frankfurt/New York 1991.
- Liedke, B.: Quellen der Innovationskraft - Stärken und Schwächen von F+E im internationalen Vergleich. In: H. Selzle (Hrsg.): Technik-Trendbuch 1993, Landsberg 1993, S. 8-12.
- Lindlbauer, J.D.: Industrie: Kapazitätsauslastung erneut gestiegen. In: Ifo-Schnelldienst, Heft 22-23, 1995, S. 3-7.
- Mahnkopf, B.: Markt, Hierarchie und soziale Beziehungen. In: N. Beckenbach; W. van Treeck (Hrsg.): Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit, Soziale Welt, Sonderband 9, Göttingen 1994, S. 65-84.
- Manske, F.: Facharbeiter und Ingenieure im „deutschen Produktionsmodell“ - Nationale Technikstile und die internationale Konkurrenzfähigkeit reifer Industrieländer. In: WSI-Mitteilungen, Heft 7, 1994, S. 415-425.
- Möller, B.: Hochgeschwindigkeitsspindeln. In: ZWF, Heft 5, 1995, S. 206-209.
- Moldaschl, M.; Schmierl, K.: Fertigungsinseln und Gruppenarbeit - Durchsetzung neuer Arbeitsformen bei rechnerintegrierter Produktion. In: M. Moldaschl; R. Schultz-Wild (Hrsg.): Arbeitsorientierte Rationalisierung, Frankfurt/New York 1994, S. 51-103.
- Müller, W.: Handlungsfelder für einen innovativen und wettbewerbsfähigen Werkzeugmaschinenbau. In: G. Laske (Hrsg.): Eine Musterbranche stürzt ab, Bremen 1995, S. 263-285.
- Müller-Stewens, G.; Hillig, A.: Motive zur Bildung Strategischer Allianzen - Die aktivsten Branchen im Vergleich. In: Ch. Bronder; R. Pritzl (Hrsg.): Wegweiser für Strategische Allianzen, Frankfurt 1992, S. 65-101.
- Piore, M.J.; Sabel, Ch.F.: Das Ende der Massenproduktion - Studie über die Requalifizierung der Arbeit und die Rückkehr der Ökonomie in die Gesellschaft, Berlin 1985.
- Porter, M.: Wettbewerbsvorteile, Frankfurt/New York 1992.
- Pritschow, G.; Fahrbach, Ch.; Scholich-Tessmann, W.: Elektrische Direktantriebe im Werkzeugmaschinenbau. In: VDI-Z, Nr. 3/4, 1995, S. 76-79.
- Rammert, W.: Technik aus soziologischer Perspektive - Forschungsstand, Theorieansätze, Fallbeispiele - ein Überblick, Opladen 1993.
- Rehberg, F.: Die Krise des Maschinen- und Werkzeugmaschinenbaus (nicht nur) in Baden-Württemberg, hektogr. Bericht des IMU-Instituts, Stuttgart, Januar 1993.
- Röhm, Th.: Hoffnungen auf schnelle Belebung der Weltkonjunktur erfüllen sich vorerst nicht. Ergebnisse des 51. Ifo Konjunkturtests International. In: Ifo-Schnelldienst, Heft 7-8, 1996, S. 8-12.
- Rose, H. (Hrsg.): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement - Neue Ergebnisse der Sozialforschung über Technikbedarf und Technikentwicklung, Frankfurt/New York 1995.
- Sauer, D.: Auf dem Weg in die flexible Massenproduktion. In: M. Deiß; V. Döhl (Hrsg.): Vernetzte Produktion, Frankfurt/New York 1992, S. 49-79.

- Sauer, D.; Döhl, V.: Arbeit an der Kette - Systemische Rationalisierung unternehmensübergreifender Produktion. In: Soziale Welt, Heft 2, 45. Jg., 1994, S. 197-215.
- Sauer, D.; Döhl, V.: Kontrolle durch Autonomie - Zum Formwandel von Herrschaft bei unternehmensübergreifender Rationalisierung. In: J. Sydow; A. Windeler (Hrsg.): Management interorganisationaler Beziehungen, Opladen 1994a, S. 258-274.
- Sauer, D.; Wittke, V.: Vom Wandel der Industriearbeit zum Umbruch industrieller Produktion - Bericht aus dem Schwerpunkt Technik und Arbeit. In: R. Mayntz; B. Meisheit (Hrsg.): Verbund Sozialwissenschaftliche Technikforschung, Mitteilungen, Heft 12, Köln 1994, S. 42-59.
- Schrayssshuen, Th.: Flexibel durch Module - Die Bewältigung neuer Flexibilitätsanforderungen in unternehmensübergreifender Perspektive. In: M. Deiß; V. Döhl (Hrsg.): Vernetzte Produktion, Frankfurt/New York 1992, S. 107-140.
- Schultz-Wild, R.; Nuber, Ch.; Rehberg, F.; Schmierl, K.: An der Schwelle zu CIM - Strategien, Verbreitung, Auswirkungen, Eschborn/Köln 1989.
- Schulz, H.; Becker, H.; Würz, T.: Sichere Fräswerkzeuge für die Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung. In: Werkstatt und Betrieb, Heft 6, 128. Jg., 1995, S. 532-536.
- 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.
- Spur, G.: Über die Genauigkeit von Maschinen. In: ZWF, Heft 5, 90. Jg., 1995, S. 192-193.
- Spur, G.; Krüger, J.; Suwalski, I.: Steuerungsintegration von Überwachungsverfahren. In: ZWF, Heft 5, 1995, S. 237-240.
- Sydow, J.; Windeler, A. (Hrsg.): Management interorganisationaler Beziehungen - Vertrauen, Kontrolle und Informationstechnik, Opladen 1994.
- Teubner, G.: Die vielköpfige Hydra - Netzwerke als kollektive Akteure höherer Ordnung. In: W. Krohn; G. Küppers (Hrsg.): Emergenz: Die Entstehung von Ordnung, Organisation und Bedeutung, Frankfurt 1991, S. 189-216.
- Thelen, E.: Die zwischenbetriebliche Kooperation, Frankfurt 1993.
- Vieweg, H.-G., unter Mitarbeit von Hilpert, H.G.: Analyse der Wettbewerbsposition des deutschen Maschinenbaus, hektogr. Manuskript, Gutachten des Ifo-Instituts im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, München, Dezember 1992.
- Warnecke, H.-J.: Die fraktale Fabrik, Berlin 1992.
- Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung, Handbuch 1992, Landsberg 1992.
- Westkämper, E.: „Intelligente“ Werkzeugmaschinen für die Produktion 2000. In: VDI-Z, Nr. 9, 1993, S. 14-18.
- Wildemann, H.: Die modulare Fabrik, München 1988.
- Wilhelm, M.: Neben dem Außenhandel haben die Direktinvestitionen als Internationalisierungsstrategie an Bedeutung gewonnen. In: Ifo-Schnelldienst, Heft 7-8, 1996, S. 26-38.
- Wolf, H.; Mickler, O.; Manske, F.: Eingriffe in Kopfarbeit - Die Computerisierung technischer Büros im Maschinenbau, Berlin 1992.
- Womack, J.P.; Jones, D.T.; Roos, D.: Die zweite Revolution in der Autoindustrie - Konsequenzen aus der weltweiten Studie des Massachusetts Institute of Technology, Frankfurt/New York 1992 (5. Auflage).
- Würz, T.: Steuerungs- und Antriebstechnik auf bekannten Wegen. In: Werkstatt und Betrieb, Heft 7-8, 1995, S. 635-642.
- Zwickel, Klaus: Globalisierung der Märkte und gewerkschaftliche Interessenvertretung. In: Gewerkschaftliche Monatshefte, Heft 5, 10. Jg., 1995, S. 585-600.

