

## Innovation im Maschinenbau

### Ein Beitrag zur Technikgeneseforschung

Peter Kalkowski, Fred Manske

#### Einführung

Technikgenese ist erst seit etwa zwei Jahrzehnten Gegenstand der Soziologie (vgl. Lutz 1990, S. 616).<sup>1</sup> Nach Lutz begann die "Technikforschung" sich erst seit den frühen 70er Jahren "aus dem bisher dominierenden Paradigma und aus der von ihm begründeten doppelten Axiomatik eigengesetzlicher technischer Entwicklung und deterministischer gesellschaftlicher Folgen zu lösen" (ebenda).<sup>2</sup>

Daß Technik nicht schon "von sich aus" die "Arbeitsfolgen" determiniert, daß es vielmehr eine Bandbreite von organisatorischen Nutzungsformen von Technik mit zum Teil erheblich unterschiedlichen "Folgen" für die Arbeit gibt, ist heute in der Industriosociologie unbestritten. Unbestritten ist auch, daß die Genese von Technik selbst als ein komplexer "gesellschaftlicher Prozeß" anzusehen ist. So gibt es beispielsweise keine "eigengesetzliche technisch-wissenschaftliche Logik" gleichsam "abseits" der sonstigen Gesellschaft, die allein die Technikentwicklung determinieren würde.

Technikgenese als "gesellschaftlicher Prozeß" (Lutz) oder als "sozialer Prozeß" (Weingart 1989) ist also als "neues" Thema der Soziologie anerkannt. Allerdings wird man wohl dem Befund zustimmen müssen, daß "Technik weiterhin ein Fremdkörper in der soziologischen Theoriebildung" ist (Weingart 1989, S. 11). Und: "Die Kluft zwischen solchen Theorien, die vornehmlich auf die sozialen Folgen der Technik abstellen, einerseits, und solchen, die die sozialen Einflüsse auf die Technikentwicklung thematisieren, andererseits, besteht weiterhin. (...) Letztere haben in der Soziologie bislang überhaupt keinen systematischen Platz, sie finden sich vielmehr in der an den neueren Ansätzen der Wissenschaftssoziologie orientierten Technikgeschichte bzw. unter dem theoretisch noch nicht präzisierten, lediglich programmatischen Schlagwort der "Technikgeneseforschung" (ebenda).

Der hiermit nur angedeutete "ungesicherte" theoretische Status der soziologischen Technikgeneseforschung (vgl. zum Stand dieser "Disziplin" neben Weingart 1989 Rammert 1988 und 1991) sollte aus unserer Sicht Anlaß sein, bei der Weiterentwicklung dieser Disziplin auf zwei Momente besonderen Wert zu legen: Zum einen sollte Techniksoziologie "interdisziplinär" ausgerichtet sein, sich nicht abgrenzen von Theorieangeboten (und empirischer Forschung) anderer wissenschaftlicher Disziplinen. Zum zweiten scheint es uns sehr wichtig, Techniksoziologie als eine "Mischung" aus theoretischer und (theoretisch angeleiteter, gleichwohl "offener") empirischer Forschung anzulegen.

<sup>1</sup> Sieht man einmal ab von einigen frühen Arbeiten "genuiner" Soziologen, etwa von Gilfillan 1935. Freilich muß bedacht werden, daß die Spezialisierung in den Sozial- und Gesellschaftswissenschaften früher nicht so ausgeprägt war wie heute. Ein Wissenschaftler wie Schumpeter war beispielsweise nicht nur "reiner" Ökonom, seine Theorie der Innovation ist eine Mischung aus ökonomischen und soziologischen Argumentationslinien, vgl. u.a. Schumpeter 1950.

<sup>2</sup> Man wird wohl konzedieren müssen, daß diese doppelte Axiomatik für andere Wissenschaften nicht gegolten hat. So ist der Zusammenhang zwischen Gesellschaft, Wissenschaft, Wirtschaftswachstum und Technikentwicklung schon seit langem Gegenstand von Debatten, an denen verschiedene Wissenschaftsdisziplinen beteiligt sind, vgl. etwa Musson 1977, Paulinyi 1989, Moscovici 1977. Nur verweisen können wir hier auf die Auseinandersetzung mit "Technik" in der Philosophie, die für soziologische Technikgeneseforschung erst noch fruchtbar zu machen wäre.

Aus unserer Sicht ist letzteres besonders wichtig. Der nicht sonderlich beeindruckende Stand soziologischer Technikgeneseforschung ist nicht zuletzt auf eine recht bescheidene empirische Fundierung zurückzuführen. Wir verstehen unsere Arbeit angesichts dieser Situation als einen mehr empirisch ausgerichteten Beitrag, der sich darum bemüht, die Kluft zwischen Technikgenese- und Technikfolgenforschung zu schließen. "Arbeitsfolgen" für die Technischen Büros des Maschinenbaus, die der thematische Schwerpunkt unseres Projekts sind, werden als Produkt einer veränderten Innovationsstrategie beschrieben, mit der die Branche auf veränderte Umweltbedingungen reagiert (Kundenanforderungen, technologische Entwicklungen, Konkurrenzsituation) und die von den Betrieben in neue Personal- und Organisationsstrukturen umgesetzt werden muß.<sup>3</sup> Unter Zuhilfenahme von einigen theoretischen Ansätzen, die wir mehr probeweise verwenden, wollen wir zeigen, daß es sich bei Technikgenese im (deutschen) Maschinenbau um einen besonderen soziologisch-ökonomischen Typus von Technikgenese handelt, der sich von anderen Industriezweigen (und auch in anderen Ländern) unterscheidet (Kapitel 1). Des weiteren wollen wir zeigen, daß dieser Typus durch die Veränderung wichtiger "Rahmenbedingungen" seit Neuestem unter Veränderungsdruck geraten ist (Kapitel 2). Schließlich versuchen wir, wesentliche Veränderungen des maschinenbauspezifischen Typus der Technikgenese zu bestimmen. Daraus ergeben sich Fragen des Zusammenhangs von Technikgenese- und Technikfolgenforschung, die wir nur kurz anreißen können (Kapitel 3).<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Wir konzentrieren uns im folgenden auf diesen Argumentationsstrang und klammern an dieser Stelle Formen des Technikeinsatzes im Technischen Büro (CAD, CIM) bewußt aus.

<sup>4</sup> Die vorliegende Arbeit beruht vor allem auf einer empirischen Untersuchung in verschiedenen Fachzweigen des deutschen Maschinenbaus. Auftraggeber der Studie ist der Bundesminister für Forschung und Technologie, fachlich betreut wird sie durch den Projektträger Fertigungstechnik und Qualitätssicherung beim Kernforschungszentrum Karlsruhe. Insgesamt wurden 23 Unternehmen untersucht. Im Mittelpunkt standen dabei Betriebe der Fachzweige Werkzeugmaschinen-, Druckmaschinen-, Papiermaschinen- und Verpackungsmaschinenbau. Außerdem enthält das Sample vier Hersteller von Elektrokomponenten sowie jeweils einen Hersteller von Werkzeugen und Feinwerktechnik. Durchgeführt wurden acht Intensiverhebungen (Dauer zwischen drei bis fünf Tagen; Gespräche auf Unternehmensleitungsebene, in den Bereichen Konstruktion und Entwicklung - Leitung und einzelne Konstrukteure - Produktion und Vertrieb - nur Leitung) und fünfzehn Kurzrecherchen (Expertengespräche auf Leitungsebene). Hinzu kommen Expertengespräche in technischen Instituten, mit dem VDMA,

## 1. Der traditionelle Typus der Produktinnovation im Maschinenbau: Technikentwicklung in vorgezeichneten Bahnen und das besondere Verhältnis von "Theorie und Praxis" im Maschinenbau

### Stellung des Maschinenbaus im Industriesystem

Der Maschinenbau ist "in allen Industrieländern in eine führende Rolle hineingewachsen. (...) Die Aufgabe des Maschinenbaus besteht in der Bereitstellung von Investitionsgütern für alle Bereiche der Volkswirtschaft" (Fürstenau 1973, S. 4). Aus diesen Worten eines Vertreters des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) spricht das Selbstbewußtsein dieser Branche. Maschinenbauer sehen sich schon lange als diejenigen, die die technische Entwicklung in der Wirtschaft maßgeblich vorantreiben. Im Maschinenbau werden Produkte "erzeugt", die die "technischen Kerne" der Produktionsprozesse nahezu jeder Industrie bilden. Und die Effizienzsteigerung dieser Produktionsprozesse ist genuine Aufgabe des Maschinenbaus, erfordert sie doch im allgemeinen die Verbesserung von deren technischen Kernen. In der arbeitsteilig organisierten Volkswirtschaft ist mithin Produktinnovation bei den Produktionsmitteln der Part des Maschinenbaus als besonderer Industrie.

Seit seiner Entstehung, etwa in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts (vgl. Wolf/Mickler/Manske 1992), ist im Maschinenbau selbst ein ständiger Spezialisierungsprozeß vonstatten gegangen. Heute besteht der Maschinenbau aus vielen und sehr unterschiedlichen Fachzweigen.<sup>5</sup> Diese können nach dem Kriterium der Verflechtung mit der gesamten Industrie (inklusive des Maschinenbaus) bzw. ihrer Stellung im Industriegefüge systematisch wie folgt unterschieden werden.

- Fachzweige, in denen "vollständige" Maschinen im Prinzip für die gesamte Industrie (oder zumindest für große Teile derselben) hergestellt werden. Zu diesen "Universalmaschinenherstellern" zählen z.B. die Hersteller von Prüf- oder Kraftmaschinen. Der

der IG Metall und in einem wirtschaftswissenschaftlichem Institut.

<sup>5</sup> Der deutsche Maschinenbau ist beispielsweise in 33 Fachzweige gegliedert (VDMA [Hg.] 1992).

prominenteste Fachzweig, der hierzu gehört, ist aber der Werkzeugmaschinenbau. Allerdings zeigt sich bei genauerer Betrachtung, daß nur ein Teilbereich des Werkzeugmaschinenbaus wirklich universell nutzbare Werkzeugmaschinen herstellt. Ein anderer Teil hat sich auf die Herstellung von Maschinen für bestimmte Industriezweige spezialisiert (etwa auf die Produktion von Transferanlagen für die Automobilindustrie).

- Fachzweige, in denen "vollständige" Maschinen für ganz bestimmte Industriezweige hergestellt werden. Dies sind "Spezialmaschinenhersteller", beispielsweise von Textil- oder Gießereimaschinen usw.
- Fachzweige, in denen "Komponenten" hergestellt werden, die Bestandteile von unterschiedlichen Maschinen oder Anlagen bilden. Dies sind Hersteller "universell nutzbarer Komponenten", z.B. Hersteller von Antrieben, von Armaturen usw.
- Schließlich als besonderer "universeller Zulieferer" der Werkzeugbau. Hier werden weder Maschinen noch Komponenten hergestellt, deren gemeinsames Merkmal ihre "Dauerhaftigkeit" ist. Im Gegensatz dazu produziert der Werkzeugbau Produkte, die durch ihren Gebrauch relativ schnell verschleifen.

Nicht gemeint ist hier also die Herstellung von Sonderwerkzeugen, beispielsweise zur Produktion von Karosserieteilen für die Automobilindustrie; solche hochkomplexen Werkzeuge sind mehr eine dauerhaft genutzte Komponente von Maschinen.

Insgesamt wird man den Maschinenbau als "intermediäre" Industrie bezeichnen können. Sie ist "zwischen" den Rohstoffe gewinnenden Industrien und denjenigen, die "Endprodukte" vor allem für den Konsum herstellen, positioniert. Diese Zwischenposition prägt den Charakter der Produktinnovation im Maschinenbau in einer ganz bestimmten Weise.

Aufgrund der besonderen Stellung des Maschinenbaus im Industriesystem ist Produktinnovation in dieser Branche weitgehend "angeleitete" Produktinnovation. Innoviert beispielsweise der Produzent von Personenkraftwagen gleichsam selbständig und für einen anonymen (Endverbraucher-)Markt, so derjenige Maschinenhersteller, der Produktionsanlagen für den PKW-Produzenten herstellen soll, gleichsam "im Auftrag" des PKW-Produzenten, angeleitet von einem ihm in der Regel bekannten Maschinenanwender. Aus den Innovationsstrategien der "Endproduktehersteller" werden Vorgaben für die Maschinenhersteller, die deren Innovationsstrategie

die Richtung weisen. Beispielsweise lautet die Innovationsanweisung an diejenigen Spezialmaschinenhersteller, die Maschinen für die Automobilindustrie und/oder deren Zulieferer herstellen, seit einigen Jahren, flexiblere, d.h. schneller umrüstbare Maschinen zu bauen, die außerdem zur Fertigung eines größeren Teilespektrums geeignet sein sollen.

Des weiteren scheint uns für Produktinnovation im Maschinenbau charakteristisch, daß die Maschinenbauer sich wegen ihrer besonderen intermediären Stellung jedenfalls tendenziell "Selbstbeschränkungen" unterwerfen müssen. Gemeint ist damit eine Selbstbeschränkung in bezug auf das "Innovationstempo". Die Innovationsstrategie ist also "*kleinschrittig*" oder *evolutionär*. Verantwortlich dafür sind aus unserer Sicht vor allem ökonomische Gründe und Probleme der Beherrschbarkeit von Technik. Die Investition in Maschinen erfordert im allgemeinen einen erheblichen Kapitaleinsatz. Die Investoren erwarten deshalb, daß die Maschinen über einen längeren Zeitraum anwendbar sind und daß sie während solcher Zeiträume technologisch nicht allzusehr veralten. Größere "technologische Sprünge" könnten außerdem die Maschinenanwender überfordern, neue Maschinen könnten deshalb eventuell von den Kunden des Maschinenbaus gar nicht effizient genutzt werden. Auch eine potentielle Überforderung der Maschinenbaukunden stellt also ein das Innovationstempo retardierendes Moment dar.

Für diese Zusammenhänge kann die bereits angesprochene, von der Automobilindustrie geforderte flexiblere und womöglich auch höher automatisierte Technik ebenfalls als Beispiel herangezogen werden. Die auf diese Fährte gesetzten Maschinenbauer haben flexible High-Tech-Anlagen produziert und müssen nun feststellen, daß zumindest einige ihrer Kunden gar nicht dazu in der Lage sind, die Potentiale dieser Anlagen auszuschöpfen. In vielen Fällen ist das darauf zurückzuführen, daß die Bedienungsmannschaften des Anwenders ungenügend auf die Nutzung neuer Maschinen und Anlagen mit einem höheren Automationsniveau vorbereitet sind. Um diesem Defizit entgegenzuwirken, sind die Hersteller in zunehmendem Maße gefordert, entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen für das Anwenderpersonal anzubieten.

Auf einer anderen Ebene liegt das Problem, daß viele Anwender aufgrund rasch wechselnder Nachfragestrukturen eine steigende Varianten- und Teilevielfalt zu

bewältigen haben und sich angesichts der Unsicherheiten über die zukünftige Absatzmarktentwicklung mit der Nutzung flexibler High-Tech-Anlagen einen größeren Optionsraum offenhalten wollen, dann aber oft feststellen müssen, daß sie die Potentiale solcher Anlagen gar nicht benötigen und in eine ihren Absatzmarktbedingungen nicht adäquate Technik investiert haben.<sup>6</sup>

Nach den bisherigen Ausführungen wird Produktinnovation im Maschinenbau im starken Maße durch Funktion und Stellung dieser Industrie im Industriesystem geprägt: Produktinnovation im Maschinenbau erfolgt wegen dieser besonderen Stellung im Industriesystem in dosierten kleinen Schritten und wird durch die Anforderungen der Maschinenabnehmer angeleitet. Die Maschinenabnehmer bestimmen gleichsam den Rahmen, in dem die Maschinenbauer dann ihre "innovative Kreativität" entfalten können - aber auch müssen! Das bedeutet auch, daß Produktinnovation im Maschinenbau ein Prozeß ist, an dem sowohl Maschinenhersteller als auch Maschinenanwender als Akteure mit allerdings unterschiedlichen Rollenverteilungen beteiligt sind. Charakteristisch für Technikgenese im Maschinenbau ist eine ausgeprägte Kooperation zwischen Herstellern und Anwendern.

In gewisser Weise wird damit der Begriff "Technikgenese im Maschinenbau" fragwürdig, angemessener wäre der Begriff Technikgenese von Produktionsmitteln. Oder noch genauer: Technikgenese von Produktionsmitteln für bestimmte Produkte. Vielleicht läßt sich an dieser Definition die Rollenverteilung zwischen Maschinenhersteller und -anwender exakter bestimmen. Der Part des Anwenders ist zunächst einmal die Festlegung des Produkts, das mit dem Produktionsmittel gefertigt werden soll. Die Entscheidung über Produktdesign und -eigenschaften fällt in erster Linie nach Marketinggesichtspunkten: Was kann in welchen Mengen zu welchem Preis (voraussichtlich) verkauft werden? (Denken wir uns hier wieder den Produzenten von PKW als Beispiel.) Der (potentielle) Maschinenhersteller bleibt in dieser Entscheidungsphase im Prinzip außen vor. Er kommt erst ins Spiel, wenn es um Auswahl bzw. Her-

stellung des Produktionsmittels geht.<sup>7</sup> Gar nicht so selten erhalten potentielle Hersteller des Produktionsmittels, mit dem das Produkt hergestellt werden soll, beim Produktproduzenten in der "Prototypenfertigung" hergestellte Muster des Produkts und sollen dann die dafür geeignete Maschine entwickeln.

Es handelt sich gleichsam um Produktinnovation "auf Bestellung". In der Phase der Produktionsmittelentwicklung interagieren also Maschinen- und Produktproduzent - und zwar in der Regel ein Produzent mit mehreren Produktionsmittelproduzenten, die um den Maschinenauftrag ringen. Thema der Interaktion ist also das Produktionsmittel bei in der Regel nicht in Frage gestellten Eigenschaften des zu produzierenden Produkts (zu diesen Eigenschaften gehört die Menge der Produkte, die hergestellt werden soll). Das schließt nicht aus, daß Maschinenhersteller nicht auch Vorschläge zur Änderung des Produkts machen können. Das ist traditionell aber äußerst selten und scheint sich erst heute zu ändern.

In Grenzen anders ist die Interaktion und Rollenverteilung, wenn es um "Ersatzinvestitionen" geht, also bei gegebenen Produkteigenschaften das Produktionsmittel durch ein neues ersetzt werden soll. In diesem Fall könnten Produktionsmittelhersteller eine aktivere Rolle spielen: Sie können den Maschinenabnehmer dadurch für sich gewinnen wollen, daß sie eine effizientere Maschine entwickeln. Die Eigeninitiative der Maschinenhersteller ist in der Praxis dann noch um Grade größer, wenn sie - was durchaus häufig der Fall ist - ihren Kunden von sich aus anbieten, eine verbesserte Maschine (insgesamt verbessert oder in einer wesentlichen Komponente) gleichsam probeweise zu nutzen. Hier übernimmt dann in der Tendenz bereits der Maschinenhersteller die führende Rolle, macht nicht mehr Innovationen auf Bestellung, sondern als Angebot.

Bei Einzelfertigern<sup>8</sup> wie etwa dem zitierten fertigungstechnischen Ausrüster der Automobilindustrie findet die Produktentwicklung fast ausschließlich im Rahmen konkreter Kundenaufträge statt. Sie müssen direkt auf die Anforderungen und Vorgaben ihrer Kunden *reagieren* und verfolgen deshalb traditionell eher eine passiv abwartende Innovationsstrategie.

Anders als bei Einzelfertigern ist das Verhältnis von Kunden bzw. Absatzmarkt und Hersteller bei Programmfertigern. Sie stellen Neuheiten in der Regel auf Fachmessen vor. Die Kunden wählen die für ihre Produktionszwecke passende Maschine - gegebenenfalls per Katalog - aus einem bereits bestehenden Angebot verschiedener Hersteller aus. Der Programmfertiger produziert also für einen vergleichsweise anonymen Markt und muß nicht wie der Einzelfertiger auf die je spezifischen Anforderungen einzelner Kunden eingehen. Beim

<sup>6</sup> Fünf der sieben von uns untersuchten Werkzeugmaschinenhersteller schätzen sowohl das Problem der mangelhaften Beherrschung von High-Tech-Anlagen durch Teile ihrer Kunden als gravierend ein als auch das Problem von "Fehlrationalisierungen" durch Kunden, die zu flexible und zu hoch automatisierte Maschinen verlangt (und auch bekommen) hätten. Es wurde über einen Auftrag (im Werte von mehreren Millionen) berichtet, Anlagen bei einem Automobilproduzenten im Automations- und Flexibilitätsniveau wieder "abzurüsten".

<sup>7</sup> Jeder Produkthersteller kennt im Regelfall einen Kreis von Universal- oder Spezialmaschinenherstellern, die Produktionsmittel herstellen, die er verwenden könnte.

<sup>8</sup> Zu den unterschiedlichen Fertigungs- bzw. Verwertungstypen im Maschinenbau vgl. Wolf/Mickler/Manske 1992.

Programmfertiger findet die Produktentwicklung dann auch nicht innerhalb von konkreten Kundenaufträgen statt. Sie ist von diesen vielmehr weithin entkoppelt und wird von organisatorisch eigenständigen Abteilungen bewältigt. Deshalb können und müssen Programmfertiger per se eine stärker angebotsorientierte bzw. aktive Produktinnovationsstrategie verfolgen, um nicht gegenüber der Konkurrenz an Boden zu verlieren. Allerdings müssen die Programmfertiger heute immer häufiger eine kundenspezifische Anpassung ihrer Maschinen vornehmen, um einen Auftrag zu bekommen. Darüber hinaus bemühen sie sich auch von sich aus verstärkt darum, die Anonymität ihres Absatzmarktes ein Stück weit aufzuheben, indem sie die Kundenanforderungen systematischer und detaillierter zu erfassen versuchen oder indem sie die Kunden selbst stärker in Innovationsprojekte einbeziehen (z.B. als Pilotanwender).

Die Produktinnovationsstrategien variieren nicht nur nach Fertigungs- bzw. Verwertungstypen (Einzel-/Programmfertiger), sondern auch nach Fachzweigen. In dem ebenfalls von uns untersuchten Druckmaschinenbau überwiegt traditionell eine eher aktiv-suchende Strategie. Das kann u.a. darauf zurückgeführt werden, daß die Verfahrenstechnik (Druckverfahren) seit den Anfängen des Druckmaschinenbaus stärker im Fluß war als etwa im Werkzeugmaschinenbau und die Druckereien aus Wettbewerbsgründen immer wieder zu einschneidenden Rationalisierungsinvestitionen veranlaßt wurden. So profitierten große Bereiche des Druckmaschinenbaus beispielsweise bis weit in die 80er Jahre von der Substitution des Buchdruckverfahrens durch den Offset-Druck. Der Erfolg des deutschen Druckmaschinenbaus, der seit seinen Anfängen zu Beginn des 19. Jahrhunderts unangefochten die Spitzenposition auf den Weltmärkten einnimmt, verdankt sich dann auch dem Umstand, daß er der Strategie der Qualitäts- und Technologieführerschaft stets eine höhere Priorität eingeräumt hat als der Preisführerschaft. (Bis heute ist der Druckmaschinenbau einer der ertragsreichsten Fachzweige - wenn nicht sogar der ertragsreichste Fachzweig des Maschinenbaus.) Daß er diese Position einnehmen konnte, hat jedoch noch andere Gründe.

Produktinnovation im Druckmaschinenbau war und ist stets mehr oder weniger auch das (synergetische) Ergebnis der engen und institutionalisierten Kooperation des Ensembles drucktechnischer Ausrüster, die ihre Produktinnovationen zum Teil sehr früh und erfolgreich - im Gegensatz zum Maschinenbau - auf genuin wissenschaftlicher (insbesondere physikalisch-chemischer) Basis realisieren konnten.<sup>9</sup>

Ein anderer Aspekt, der die aktiv-suchende Innovationsstrategie im Druckmaschinenbau begünstigt, ist die Betriebsgrößenstruktur dieses Fachzweigs. Anders als beim

mittelständisch strukturierten Werkzeugmaschinenbau, bei dem viele überwiegend kleine und mittlere Maschinenhersteller vielfach Großunternehmen als Kunden haben, konkurrieren im Druckmaschinenbau in erster Linie einige wenige weltweit agierende Unternehmen um eine Vielzahl oft recht kleiner Kunden.

Diese Skizze sollte verdeutlichen, daß die Maschinenabnehmer zwar den Rahmen setzen, in dem Innovationen durch Maschinenbauer möglich (und nötig) sind, daß damit aber die Frage nach der Initiative im Innovationsprozeß noch nicht entschieden ist: Grundsätzlich läßt sich die Bandbreite der Produktinnovationsstrategien im Maschinenbau in einer ersten Bestimmung zwischen den Polen passiv-abwartend und aktiv-suchend verorten. Offenkundig sind die Produktinnovationsstrategien des Maschinenbaus von der intermediären Stellung dieser Branche im Industriesystem und von der Stellung einzelner Maschinenbauunternehmen zu ihren Kunden (Fertigungs- bzw. Verwertungstypologie) geprägt - insgesamt also von der Absatzmarktposition "des" Maschinenbaus.

### **Zum technologischen Paradigma des Maschinenbaus**

Zur Beschreibung des traditionellen Typus der Produktinnovation im Maschinenbau in weiteren Dimensionen greifen wir die von Dosi 1982 entfaltete Unterscheidung von "technological paradigms" und "technological trajectories" auf. Sie soll uns außerdem in einem späteren Abschnitt dazu dienen, in einem ersten Zugriff die Tragweite bzw. Qualität der neuen Anforderungen an die Produktinnovation und ihre Bewältigung einzuschätzen. Es geht dabei um die Frage: Zeichnet sich für den Maschinenbau ein technologischer Paradigmenwechsel ab?

Nachdem wir den Zusammenhang von Absatzmarkt und Produktinnovationsstrategie erörtert haben, wollen wir aber zunächst in einem weiteren Analyseschritt und im Rekurs auf die genannten Kategorien die Arbeitstypen skizzieren, die traditionell den Prozeß der Produktinnovation im Maschinenbau tragen. Wir konzentrieren uns dabei auf das für die Technikgenese im Maschinenbau charakteristische Verhältnis von "Theorie und Praxis".

<sup>9</sup> Dieses Ensemble besteht unter anderem aus Anbietern von Maschinen für die Papierherstellung, Papierfabriken, Druckfarben- und Druckplattenherstellern, die auf unterschiedliche Weise mit der Chemieindustrie verwandt sind, und dem Bereich der Druckvorstufen, der von der Erstellung des Rohmanuskripts bis zur Bebilderung der Druckplatten reicht.

Dosi verwendet die Begriffe "technologisches Paradigma" und "technologische Entwicklungspfade" zur Interpretation der Determinanten und der Richtung des technischen Wandels. Seine Definitionen lauten:

"We shall define a 'technological paradigm' broadly in accordance with the epistemological definition as an 'outlook', a set of procedures, a definition of the 'relevant' problems and of the specific knowledge related to their solution. We shall argue also that each 'technological paradigm' defines its own concept of 'progress' based on its specific technological and economic trade-offs. Then we will call a 'technological trajectory' the direction of advance within a technological paradigm" (Dosi 1982, S. 148).

Dosi hat den Begriff des Paradigmas aus der wissenschaftlichen in die Welt der Technik übertragen. Ein technologisches Paradigma hat eine komplexe, gleichwohl konsistente Struktur, wesentliches Charakteristikum ist eine bestimmte "Einstellung", eine bestimmte "Sicht der Dinge". Zu einem technologischen Paradigma gehört dann, daß gewisse Probleme und Problemlösungsstrategien gleichsam "zugelassen" werden, während andere "tabuisiert" sind:

"Technological paradigms have a powerful exclusion effect: the effort and the technological imagination of engineers and of the organizations they are in are focused in rather precise directions while they are, so to speak, 'blind' with respect to other technological possibilities" (ebenda, S. 153).

Zu einem technologischen Paradigma gehört "some idea of 'progress'" (ebenda). Dieser technische Fortschritt erfolgt auf technischen Entwicklungspfaden (technological trajectories), die vom technologischen Paradigma gleichsam zugelassen werden.

"Thus, a technological trajectory is a cluster of possible technological directions whose outer boundaries are defined by the nature of the paradigm itself" (ebenda, S. 154).

Dosi verwendet in seinem Aufsatz ein stilisiertes "Entwicklungsmodell", um anzudeuten, wie durch komplexe Selektionsprozesse technologische Paradigmen entstehen können. Dieses Modell besteht aus den Sequenzen "reine Wissenschaft" - "angewandte Wissenschaft" - "Technologie" - "Produktion", suggeriert also eine Ent-

wicklung, die in der reinen Wissenschaft ihren Ausgang nimmt und über mehrere Etappen irgendwie zu in der Produktion (oder anderswo) angewandten technischen Artefakten gerinnt.<sup>10</sup> Nach Dosi kann man anhand dieses simplen Modells verdeutlichen, daß die "frühen" Phasenübergänge von der "reinen Wissenschaft" zur "angewandten" und weiter zur Technik durch ökonomische Gesetzmäßigkeiten (oder Marktmechanismen) nicht erklärt werden können: Weshalb also beispielsweise bestimmte wissenschaftliche Resultate in Technik umgesetzt werden und andere nicht. Es bedürfe sogenannter "bridging institutions" für diese Umsetzungen, etwa staatliche Programme, die hinsichtlich ihrer Erfolgswahrscheinlichkeit riskante und kostenintensive Grundlagenprojekte der Industrie (z.B. im Bereich der Chipentwicklung) flankieren und "die gesamte F+E-Kommune hinter erklärte Ziele stellen" (Danielmeyer, Leiter der F+E von Siemens 1990, S. 36).

Bei diesen Ausführungen hat Dosi offenbar eher sogenannte science-based-industries im Blick, bei denen die Grundlagenforschung eine zentrale Rolle für die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren spielt.<sup>11</sup> Wie wir sehen werden, unterscheidet sich der Maschinenbau jedoch grundsätzlich von diesen Industriebereichen, die bislang der bevorzugte Gegenstand der Technikgeneseforschung sind.

Dosis Ansatz aufgreifend können wir die traditionelle Technikgenese für die meisten Fachzweige des Maschinenbaus als "technological trajectories" innerhalb eines historisch gewachsenen technologischen Paradigmas begreifen, das sich durch eine relativ hohe Stabilität auszeichnete. Technische Innovationen des Maschinenbaus fanden im Rahmen dieses Paradigmas statt.

Ein zentraler Bestandteil des technologischen Paradigmas im Maschinenbau sind die traditionellen Bearbei-

<sup>10</sup> Dosi ist bewußt, daß dieses krude Modell nicht der Wirklichkeit entspricht: Entwicklungen verlaufen im allgemeinen nicht sequentiell von oben nach unten, sie schließen vielmehr Rückkopplungen ein. Außerdem kann es sehr wohl sein, daß erst technische Artefakte gebaut werden, die dann ex post aufgrund ihrer genaueren Analyse den Kenntnisstand der Wissenschaft erhöhen, vgl. dazu weiter unten.

<sup>11</sup> Vgl. Hack, L. (1988): Vor Vollendung der Tatsachen. Die Rolle von Wissenschaft und Technologie in der dritten Phase der Industriellen Revolution. Frankfurt/M.

tungsverfahren: Bohren, Drehen, Fräsen usw. Sie bilden die "technischen Kernprozesse" im Werkzeugmaschinenbau und darüber hinaus in den anderen Fachzweigen, sofern es um die Maschinenherstellung geht. Die nach Fachzweigen variierenden technischen Kernprozesse waren traditionell kaum größeren Veränderungen unterworfen. Auch heute dominieren etwa im Werkzeugmaschinenbau noch die traditionellen Bearbeitungsverfahren - weshalb man geneigt sein könnte, von einer Kontinuität des traditionellen Paradigmas auszugehen.

Mittlerweile sind aber auch im Werkzeugmaschinenbau neue Verfahrenstechniken wie beispielsweise die Laser- oder Erodieretechnik zur Anwendungsreife gebracht worden. Im Druckmaschinenbau haben die Entwicklung der Computertechnologie und physikalisch-chemischer Verfahren die Technologie der Direktbebilderung von Offset-Platten aus digitalen Datenbeständen ermöglicht ("computer-to-plate") und damit den Weg für eine weitere Integration von Druck- und Druckvorstufe gebahnt: Die Druckplatten können bebildert werden, während sie in der Druckmaschine auf dem Zylinder aufgespannt sind ("computer-to-press").

Wir lassen hier offen, ob es sich bei diesen Entwicklungen um Pfade innerhalb eines gegebenen technologischen Paradigmas handelt oder sich damit bereits die Konturen eines neuen Paradigmas abzeichnen. Zumal angesichts der zunehmenden Verwendung von Mikroelektronik in den Maschinenbauprodukten<sup>12</sup> erscheint es uns aber unangemessen, den Begriff "Kernprozeß" auf die mechanische Stoffbearbeitung im engeren Sinn zu reduzieren und aus der fortbestehenden Dominanz traditioneller Verfahrenstechnik auf die Stabilität des technologischen Paradigmas im Maschinenbau zu schließen.

Betrachten wir jetzt aber das Verhältnis von (Grundlagen-)Wissenschaft und Technikgenese im Maschinen-

bau. Verwenden wir hier das einfache Phasenschema von Dosi, so können wir feststellen, daß die naturwissenschaftliche Grundlagenforschung für das Innovationsgeschehen traditionellerweise und auch heute noch im Maschinenbau kaum eine Rolle spielt. Selbst die in die Produktinnovation einfließenden Ergebnisse angewandter Technikforschung - etwa an universitären Instituten - hatten bislang für Maschinenbaubetriebe nicht die Bedeutung, daß die für ihre Wettbewerbsfähigkeit wichtigen Innovationsbemühungen auf eine grundsätzlich neue (wissenschaftliche) Basis gestellt werden müßten. Auch heute ist es häufig noch eher so, daß viele Innovationen, die in den Betrieben entstehen, erst im nachhinein von Instituten "wissenschaftlich salviert" werden.

Dafür fanden wir in den von uns untersuchten Unternehmen viele Beispiele. So werden relativ häufig Maschinen oder Maschinenkomponenten neu entwickelt und deren Eigenschaften erst danach an Technikinstituten genau analysiert. Die Technikentwickler in den Unternehmen kannten diese Eigenschaften im Detail gar nicht. Aufgrund ihrer Erfahrung und weil sie die bekannten Pfade nur in kleinen Schritten verlassen, haben sie dennoch eine im großen und ganzen funktionsfähige Entwicklung realisiert. Interessant ist hieran - in den Worten von Dosi -, daß ihr "technological 'knowledge' is much less well articulated than is scientific knowledge" (Dosi 1982, S. 153).<sup>13</sup>

Neue Maschinen oder Maschinenkomponenten werden auch nicht nur in technikwissenschaftlichen Instituten analysiert, sondern durchaus auch in Maschinenbauunternehmen selbst. In unserem Untersuchungssample sind es zehn Unternehmen, von denen wir wissen, daß sie akribische Analysen von Neuentwicklungen im eigenen Hause durchführen. Die "Arbeitsteilung" zwischen angewandter Technikwissenschaft und Unternehmen bei Produktinnovationen ist im Maschinenbau nicht exakt festgelegt, die Übergänge sind fließend. Kennzeichnend sind des weiteren zwar durchaus relativ stabile Kooperationen, d.h. Maschinenbauunternehmen betrachten die Dienstleistungen der technischen Institute

<sup>12</sup> Im Durchschnitt wurde der Anteil der Elektrik und Elektronik am Wert der Maschine in den von uns besuchten Betrieben mit ca. 30 % beziffert. Dabei ist zu beachten, daß die Maschinenbauunternehmen nur in seltenen Ausnahmefällen, den gesamten Umfang der von ihnen in den Produkten verwendeten Hardware und Software selbst herstellen. Bei der Integration der Mikroelektronik in die Produkte des Maschinenbaus kommt daher der Kooperation mit entsprechenden Zulieferern eine gestiegene Bedeutung zu. Mit anderen Worten: Ein Teil der Produktinnovation wird externalisiert.

<sup>13</sup> Das Verhältnis von Technikentwicklung und Entwicklung der Wissenschaften (vor allem der Naturwissenschaften) ist ein zentrales Thema der Technik- und Wirtschaftsgeschichte. Gefragt wird vor allem nach der Bedeutung von Praxis einerseits und von Naturwissenschaft andererseits in der industriellen Revolution. Vgl. dazu unter anderem Paulinyi 1989 und die Beiträge in Musson 1977.

als wichtigen Beistand bei ihrer Innovationstätigkeit, die Dienstleistungen werden aber eher fallweise und in sehr unterschiedlicher Intensität in Anspruch genommen.<sup>14</sup> Es existiert beispielsweise in den von uns untersuchten Unternehmen kein eigenes Budget, aus dem Aufträge an technische Institute bezahlt werden würden, und außerdem wird der Kontakt zu den Instituten in der Regel von sehr wenigen oder sogar nur einer Person aufrechterhalten.

Mit der Analyse technischer Artefakte haben wir ein weiteres Charakteristikum der Technikgenese im Maschinenbau bereits genannt. Das Experiment ist unverzichtbarer Bestandteil der Entwicklung von Maschinen. Das (mehr oder minder wissenschaftliche) Experiment gehört zur Maschinenentwicklung hinzu. Jede Maschine, die entwickelt und gebaut worden ist, stellt gleichsam eine "Versuchsanordnung" dar, die in der Praxis auf ihre Funktionsfähigkeit untersucht werden muß. Das ist der Fall, obwohl sich die technische Entwicklung im Maschinenbau, vor allem der Mechanik, wie gesagt, traditionell kleinschrittig bzw. evolutionär vorwärtsbewegt.

### **Arbeitstypen, die traditionell den Produktinnovationsprozeß im Maschinen tragen<sup>15</sup>**

Dem experimentellen Charakter der Maschinenentwicklung korrespondieren - unter den Bedingungen des dualen Berufsbildungssystems - ganz spezifische Interaktionsformen und Karrieremuster (die sich heute deutlich von denjenigen etwa in den USA und in England, weniger stark allerdings von denjenigen in Frankreich unterscheiden).<sup>16</sup> Die duale Berufsausbildung hat dazu

beigetragen, daß die im Maschinenbau den unmittelbaren Produktionsprozeß wesentlich tragenden Facharbeiter über ein theoretisches Basiswissen verfügen, das z.B. Kenntnisse über technische Kernprozesse, Aufbau und Funktionsweise von Maschinen einschließt. Dies sowie der notwendig theoretisch-experimentelle und evolutionäre Charakter der Technikentwicklung (als Konsequenz der Anforderung, Neuerungen lediglich dosiert an die Kunden weiterzugeben) sind Voraussetzungen dafür, daß die Differenzen zwischen den "eigentlichen" Maschinenentwicklern, traditionell sind das die Mechanikkonstrukteure, und den Arbeitern im Maschinenbau nicht sehr groß sind. Bei beiden mischen sich mehr theoretische und mehr empirisch-praktische Wissens Elemente, wobei das Gewicht der theoretischen bei den Mechanikkonstrukteuren sicher größer ist als bei den Arbeitern.

Die strukturellen Ähnlichkeiten zwischen den Tätigkeitstypen Mechanikkonstrukteur und Arbeiter im Maschinenbau sind die Voraussetzung für eine intensive Interaktion zwischen ihnen. Diese ist dadurch gekennzeichnet, daß sich wechselseitig als Experten anerkennende Fachleute miteinander kompetent über den gleichen Gegenstand reden: Der Konstrukteur nimmt den Facharbeiter als Mit-Innovatoren ernst, der Anteil des Facharbeiters an der Produktinnovation ist erheblich.<sup>17</sup>

Natürlich gibt es hier Differenzen, die von verschiedenen Faktoren abhängen. So sind die Beiträge der Montagefacharbeiter zur Produktinnovation im allgemeinen höher zu veranschlagen als diejenigen der Facharbeiter in der Teilefertigung. (Das kann freilich im Universalwerkzeugmaschinenbau anders sein, weil dort Neuentwicklungen gleichsam auch in der eigenen Teilefertigung getestet werden können - selbst wenn es dort einen Prototypenbau gibt.) Und noch höher ist der Beitrag der sogenannte Inbetriebnehmer einzuschätzen, die durch die Inbetriebnahme die Funktionsfähigkeit der Gesamtmaschine testen: Sie haben die Maschine zum ersten Mal zum Laufen zu bringen.

<sup>14</sup> Das schließt eben nicht aus, daß es Sonderentwicklungen gibt, an denen Institute dann einen massiven Anteil haben. Gemeint sind hiermit vor allem sogenannte Verbundvorhaben, bei denen mehrere Firmen mit in der Regel auch mehreren Instituten kooperieren; solche Vorhaben werden zumeist auch von staatlicher Seite und/oder dem VDMA oder von Fachzweigen des VDMA finanziell gefördert. Prominentes und sehr aktuelles Beispiel ist die Entwicklung des Hochgeschwindigkeitsfräsens.

<sup>15</sup> Es geht uns an dieser Stelle nicht um eine detaillierte Darstellung einzelner arbeitsteilig an der Produktinnovation beteiligter Arbeitstypen oder die vollständige Aufzählung der maßgeblichen Akteure, sondern um grundsätzlichere berufsstrukturelle Bedingungen der Produktinnovation.

<sup>16</sup> Wir können hier auf die Unterschiede zu den genannten Ländern nicht genauer eingehen. Zu Vergleichen zwischen Frankreich und Deutschland siehe unter anderem Drexel 1992,

Maurice und Sorge 1990. Zu Vergleichen zwischen Deutschland und England siehe Sorge 1985, besonders S. 175 ff. Zu den USA siehe Dertouzos, M.L./Lester, R.K./Sollow, R.M. 1990 und die sehr interessante frühe Arbeit von Mead 1908/09.

<sup>17</sup> Asdonk, Bredeweg und Kowol 1991 verfehlen schon deshalb eine exakte Bestimmung der Technikgenese im Maschinenbau, weil sie die in dieser Industrie tätigen Ingenieure und Konstrukteure dem Typus einer theoretisch-wissenschaftlichen Rationalität subsumieren und die Arbeiter dem Typus einer empirisch-praktischen Rationalität.



Zu erwähnen sind schließlich diejenigen Monteure, die die Maschinen beim Kunden aufbauen und dadurch dort Erfahrungen sammeln, die in den Prozeß der Produktinnovation einfließen. Dies ist vor allem bei solchen Spezialmaschinenherstellern sehr wichtig, die keine spanenden Werkzeugmaschinen herstellen, sondern Maschinen, deren Kernprozesse andere Verfahren sind: Erfahrungen können neben den Versuchen mit Prototypen im eigenen Haus in diesen Fällen vor allem bei den Kunden gesammelt werden.

Der Innovationstypus im Maschinenbau ist also traditionell rekursiv, d.h. *eines* seiner Kennzeichen ist die intensive Interaktion zwischen Entwicklern bzw. Konstrukteuren der Mechanikkonstruktion, die traditionell den größten Teil der Konstruktion ausmachte und den Innovationsprozeß wesentlich trug, und Arbeitern. Und diese Rekursivität schließt sowohl Interaktionen mit technik-wissenschaftlichen Instituten als auch solche mit anderen Maschinenherstellern und vor allem: mit Maschinenanwendern - und dort ausdrücklich mit denen, die die Maschinen tatsächlich tagtäglich fahren - ein. Produktmodellierung, Produktrealisierung und Produktanwendung sind also aufeinander zu beziehende Teilprozesse der Produktinnovation im Maschinenbau.

Basis der ausgeprägten Rekursivität sind, wie ausgeführt, die Tatsache, daß Produktinnovation im Maschinenbau weithin auf vertrauten "technological trajectories" verläuft, der experimentelle Gehalt der Innovation und nicht zuletzt das besondere Ausbildungssystem in Deutschland. Grundlage der engen Interaktion ist damit insgesamt die traditionell doch recht enge Verwandtschaft zwischen den Tätigkeiten der Entwickler und Konstrukteure einerseits und (großen Bereichen) der Arbeiter andererseits.

Indiz dieser Nähe ist ein etabliertes Karrieremuster im Maschinenbau: Sehr viele, in der überwiegenden Zahl der von uns untersuchten Unternehmen sogar die meisten, Konstrukteure bzw. Entwickler der Mechanikkonstruktion sind traditionell aufgestiegene Facharbeiter. Das heißt die typische Karriere zum Konstrukteur beginnt im Maschinenbauunternehmen traditionell mit der Facharbeiterlehre. In einem langjährigen Ausleseprozeß werden von diesen diejenigen herausgefiltert, die in die Entwicklung und Konstruktion aufsteigen könnten (oder

auch in die Arbeitsvorbereitung, was uns hier aber nicht interessiert). Sie durchlaufen als Zwischenetappe eine Zusatzausbildung (früher zumeist zum Techniker, heute ist das in der Regel eine FH-Ausbildung), in der sie zusätzliches theoretisches Wissen erwerben und beginnen dann in der Konstruktion. Dort können sie verschiedene Karrierestufen vom Detailkonstrukteur bis hin zum sogenannten selbständigen Konstrukteur erreichen. Selbst die Leitungspositionen (Abteilungsleiter, Konstruktionsleiter bis hin zum technischen Vorstand) werden traditionell sehr häufig von solchen aufgestiegenen ehemaligen Facharbeitern eingenommen (in unserem Sample fanden wir dafür viele Beispiele).

Alles in allem bilden die Träger der Produktinnovation im deutschen Maschinenbau also traditionell einen relativ homogenen "technisch-wissenschaftlichen Block", dessen Zentrum die Mechanikkonstruktion ist. Kennzeichen sind die ausgeprägte direkte Interaktion zwischen Experten über verschiedene Hierarchiestufen hinweg und die Durchlässigkeit für Karrieren. Die Akteure verfügen über allen gemeinsame Kerne von Wissens- und Erfahrungstatbeständen. Es handelt sich um eine "eigene, abgeschlossene Welt", in der in einer besonderen Weise kommuniziert wird, die Neulingen zunächst kaum zugänglich ist.

Das zeigt sich heute schlaglichtartig angesichts der Kommunikationsprobleme zwischen den neuentstandenen Elektro(nik)konstruktions- und den etablierten Mechanikkonstruktionsabteilungen. Die Resultate der letzteren sind die Basis für die Arbeit der ersteren. Und an der Schnittstelle zwischen beiden wird nun deutlich, daß die Mechanikkonstruktion von den Elektrokonstrukteuren nicht zur Gänze verstanden wird. Ein Problem ist dabei, daß die Mechanikkonstrukteure untereinander und auch in der Kommunikation mit Arbeitern gleichsam "skizzenhaft" sein konnten: Wegen der gemeinsamen Basis konnte man sich so verständigen. Das ist aber im Verkehr mit der Elektrokonstruktion nicht möglich. Dadurch, daß umgekehrt auch die Arbeit der Elektro(nik)konstruktion für die Mechanikkonstrukteure in der Regel eine "black box" bleibt, kommt es in vielen Betrieben zumindest zeitweise zu erheblichen Kooperationsproblemen zwischen diesen von unterschiedlichen Fachkulturen geprägten Funktionsbereichen.

### Dominanz der technischen Rationalität

Ein weiteres wesentliches Merkmal des traditionellen Typus der Produktinnovation im deutschen Maschinenbau ist die Dominanz der "technischen Rationalität" und ihrer Träger in diesem Prozeß. In Anlehnung an Galbraith's Begriff "Technostruktur" können in Industrieunternehmen Träger verschiedener Rationalitäten unterschieden werden: Diejenigen von technisch-wissenschaftlicher, ökonomischer und diejenigen von organisatorischer Rationalität (Galbraith 1968).<sup>18</sup> Daß die *ökonomische Rationalität* im Maschinenbau bei Produktinnovationsprojekten traditionell keine sehr große Rolle spielt, zeigt sich in den von uns untersuchten Unternehmen unter anderem an den immer wieder aufs Neue scheiternden Versuchen, Wertanalyse-Abteilungen entweder dauerhaft zu etablieren oder aber bestehende so zu stärken, daß sie sich gegenüber der Konstruktion durchsetzen könnten. Ihre Aufgabe wäre es, den Konstrukteuren die ökonomischen Konsequenzen ihrer Konstrukte aufzuzeigen und sie dazu zu bewegen, ökonomische Kriterien in ihrer Arbeit besser als bisher üblich zu berücksichtigen.<sup>19</sup>

In unserer Untersuchung fanden wir hierfür zahlreiche Belege. Bezeichnend ist die Aussage eines Konstruktionsleiters, der meinte, die Entscheidungen von Konstrukteuren seien nicht kontrollierbar: "Es kann sich dabei um Entscheidungen handeln, die ein Produkt bis zu 500.000 DM teurer oder billiger machen können."

Nach unseren Recherchen (und nach denen etwa von Ehrlenspiel, vgl. Fußnote 19) fristen Wertanalysegruppen in den meisten Maschinenbauunternehmen bisher eher ein Schattendasein, ihre Durchsetzungsfähigkeit ist sehr beschränkt. (Das hängt auch damit zusammen, daß der "technisch-wissenschaftliche Block" in den meisten Unternehmen auch die Unternehmensleitungen stellt.)

Auch die Bedeutung der *organisatorischen Rationalität* ist in den meisten Maschinenbauunternehmen - wie schon angedeutet - deshalb gering, weil der "technisch-wissenschaftliche Block" gleichsam "organisch" von selbst funktioniert. Organisation von Produktinnovation ist im Maschinenbau traditionell zumeist informelle bzw. wenig bürokratisierte Organisation des direkten Kontakts zwischen den einzelnen Wissensträgern. Es kommt hinzu, daß die meisten Unternehmen des Maschinenbaus von kleiner oder mittlerer Größe sind. Abgesehen von den wenigen sehr großen Unternehmen kann man wenig überspitzt sagen, daß die Organisation bislang "mit leichter Hand nebenher" gemacht wurde".

Der Dominanz des "technisch-wissenschaftlichen Blocks" dürfte es nicht zuletzt geschuldet sein, daß der deutsche Maschinenbau sich nicht nur sehr auf "Marktnischen" spezialisiert hat, sondern daß er im internationalen Vergleich in sehr vielen Fachzweigen technologisch an der Spitze steht. Die Kehrseite dieser Entwicklung ist freilich, daß der deutsche Maschinenbau auf den sogenannten "Volumenmärkten" gegenüber der japanischen Konkurrenz immer mehr ins Hintertreffen geraten ist. Denn auf solchen Märkten spielen die Preise als Wettbewerbsfaktoren die entscheidende Rolle (vgl. dazu die aktuelle Misere von einstmaligen Spitzenpositionen im internationalen Wettbewerb einnehmenden deutschen Maschinenbauunternehmen).

## 2. Produktinnovation im Maschinenbau unter Veränderungsdruck

Der Maschinenbau sieht sich einigen, von ihm nicht oder nur wenig beeinflussbaren, Entwicklungen gegenüber, die den traditionellen Typus der Produktinnovation und die dort bislang verfolgten Produktinnovationsstrategien in Frage stellen. Es handelt sich erstens um veränderte Kundenanforderungen, die zum Teil auf Veränderungen auf den Absatzmärkten der Maschinenanwender zurückzuführen sind. Zweitens sind es technologische Veränderungen, unter denen die Mikroelektronik die spektakulärste ist. Von Bedeutung für den Maschinenbau sind drittens sich wandelnde berufliche

<sup>18</sup> Intensiven Gebrauch von dieser Begrifflichkeit machen Zündorf und Grunt in ihrer (sehr lesenswerten) Studie über Produktinnovation (Zündorf/Grunt 1982).

<sup>19</sup> Nach Ehrlenspiel könnten 33 % der Herstellkosten von Maschinen durch verschiedene Maßnahmen eingespart werden. Von diesen 33 % könnte der allergrößte Teil, nämlich 65 %, durch die Konstruktion vermieden werden, die eben nicht kostenbewußt genug konstruiert werden (vgl. Ehrlenspiel 1980).

Orientierungen von Jugendlichen und last but not least ist es der verstärkte Konkurrenzdruck vor allem aus Japan, der in Teilbereichen des deutschen Maschinenbaus zu Reaktionen auch bei der Produktinnovation führt.

### **Veränderte Kundenanforderungen**

In der Diskussion ist seit längerem der Wandel auf Massenproduktionsmärkten hin zu einer "variantenreicheren oder flexiblen Massenproduktion" (ähnlich wie wir charakterisiert Moldaschl diese Veränderungen, vgl. Moldaschl 1991) mit zum Teil schnelleren Produktwechseln. (Eine allzu übertriebene Variante der Interpretation dieses Wandels ist die These vom Ende der Massenproduktion von Piore und Sabel 1985: zur Kritik daran vgl. u.a. Brandt [1986].) In den von uns besuchten Betrieben der verschiedenen Fachzweige wurde denn auch berichtet, daß sie sich angesichts des Wandels der Absatzmärkte ihrer Kunden und aus eigenen Wettbewerbsinteressen seit einiger Zeit verstärkt um die Erhöhung der Flexibilität der von ihnen hergestellten Maschinen bzw. Anlagen bemühen müssen und daß traditionelle Leistungsziele wie die Beschleunigung der Bearbeitungsgeschwindigkeit demgegenüber gegenwärtig einen geringeren Stellenwert haben.

In den Betrieben der Fachzweige Druck-/Papier- und Verpackungsmaschinenbau werden etwa, um die "vollautomatische Umstellung" der Anlage auf ein anderes Format ("per Knopfdruck" am zentralen Bedienpult) realisieren zu können, in zunehmendem Maße mechanische Elemente durch elektrische und elektronische Lösungen ersetzt. Mit dem Ersatz mechanischer Elemente (beispielsweise von Getrieben) durch zentrale per Mikroprozessortechnik gesteuerte drehzahlregulierbare Antriebe, von denen in großen Druckmaschinen über 200 Stück enthalten sein können, konnte die Umrüstzeit in diesen Fachzweigen erheblich reduziert werden - nicht zuletzt, weil die traditionell dazu erforderlichen Eingriffe per Schraubenschlüssel weitgehend oder ganz entfallen.

Anhand eines Herstellers von Pressenstraßen soll die Bedeutung der "flexiblen Massenproduktion" für die Maschinenhersteller hier etwas detaillierter illustriert werden. Nach den Recherchen war die Steigerung der Hubzeit (Preßvorgänge je Zeiteinheit) lange die dominierende Herausforderung für die Produktinnovation. Als eine ganz wesentliche neue Anforderung ist in den

letzten Jahren auch für ihn die schnelle Umrüstbarkeit der Pressen mit in den Vordergrund getreten. Der Pressenhersteller führt das auf Just-in-Time-Konzepte der Kunden, das damit einhergehende Senken der Losgrößen und auf die steigende Bedeutung der Termintreue zurück. Im von uns untersuchten Fall wurden früher an den Pressen ca. 20 Tage hintereinander gleiche Teile hergestellt, heute liegt diese Zeit bei zwei bis drei Tagen.

Ein Hersteller von Transferanlagen führt die Tendenz zur Flexibilisierung dieser Anlagen (was in der Regel durch die Verwendung von mehr oder minder vielen flexiblen Bearbeitungseinheiten bei der Konfiguration der Anlagen realisiert wird) auch darauf zurück, daß die Automobilindustrie die Teilefertigung auf immer mehr kleinere Zulieferer breiter streuen würde. Es entstehe "eine regelrechte Kleinindustrie". Diese Zulieferer würden andere Anforderungen an die Flexibilität der Maschinen stellen als große Zulieferer.

Die Realisierung von mehr Flexibilität und besserer (schnellerer) Umrüstbarkeit bedeutet für die beiden zitierten Maschinenbauunternehmen nicht dasselbe: Für den Hersteller der Transferanlagen ist vor allem die größere Flexibilität die Herausforderung. Er kann ihr gerecht werden, indem er vom Prinzip der starren Einzweckbearbeitungsstationen abrückt und diese substituiert durch sogenannte flexible Bearbeitungsmodule. Die Realisierung solcher flexiblen Module ist gleichbedeutend mit der Realisierung schnellerer Umrüstbarkeit.

Was gemeint ist, wollen wir hier wenigstens andeuten, ohne allzu sehr auf technische Details einzugehen. Entwickelt wurden mehrachsige CNC-Module, die schwenkbar und rundum mit mehreren Aufnahmen für Spindelköpfe bzw. Werkzeuge versehen sind; im Prinzip sind sowohl die Spindelköpfe als auch die Werkzeuge leicht auswechselbar. Je nach Werkstück, das gerade zu einer solchen modularen Bearbeitungsstation kommt, können dann verschiedene Spindeln bzw. Werkzeuge zum Einsatz gebracht werden. Bei solchen flexiblen Modulen können - Zitat aus dem Firmenprospekt, das sich auf einem bestimmten Einsatzfall bezieht - bei "Fertigung unterschiedlicher Gehäuse (...) bei chaotischer Fertigung jeweils in wenigen Sekunden die entsprechenden Spindelköpfe zur Bearbeitung bereitstehen". Der Nachteil flexibel ausgerüsteter Transferanlagen gegenüber den herkömmlich starren besteht darin, daß die flexiblen erheblich langsamer sind.

Der Pressenhersteller kann die größere Flexibilität seiner Anlagen nicht auf die gleiche Weise erreichen. Seine Aufgabe besteht darin, die Zeit zu reduzieren, die das Auswechseln der Werkzeuge in den einzelnen Pressen

dauert (er kann also nichts den flexiblen Modulen vergleichbares herstellen). Was dies bedeutet, kann man sich daran verdeutlichen, daß das Wechseln von Werkzeugen früher ein bis zwei Schichten (acht bis sechzehn Stunden) dauerte: Das ist heute fast die Hälfte der Zeit, die die Presse überhaupt mit einem Werkzeug arbeitet. Die Aufgabe der Pressenhersteller bestand folglich darin, die Werkzeugwechselzeit drastisch zu verkürzen. Dies konnte nur durch eine Automatisierung des Werkzeugwechsels erreicht werden.

Beim Pressenhersteller kommt als weitere Anforderung hinzu, daß die Menge der Ausschußteile, die beim Neuanlauf einer Pressenstraße nach einem Werkzeugwechsel anfällt, reduziert werden muß. Diese Anforderung folgt aus der Just-in-time-Konzeption.

Thema ist hier also die Bearbeitungsqualität. Und unter anderem auch im Zusammenhang mit Just-in-time-Konzepten, aber auch mit der höheren Flexibilität und damit höheren Kosten der Maschinen steht eine weitere Forderung, die für den gesamten Maschinenbau heute sehr wichtig ist: diejenige nach höherer (technischer) Nutzungszeit der Maschinen. Beide Anforderungen führen in der Tendenz zum verstärkten Einsatz von Diagnose-, Steuerungs- und Regelungssystemen. Anders ausgedrückt: Zur Substitution des Menschen bei solchen Funktionen durch Technik. Die dazu anwendbare Technik beinhaltet immer auch die Verwendung von Mikroelektronik und verlangt von den Betrieben den Auf- und Ausbau des dafür erforderlichen Know-hows.

Zu nennen ist schließlich noch der Trend, daß die Maschinenanwender eine immer komfortablere Bedienbarkeit der Maschinen einfordern. Diese Forderung kann durchaus in Zusammenhang mit den bereits genannten gebracht werden. Die Anforderungen laufen nämlich in der Tendenz alle auf eine zunehmende Substitution bisher von Menschen zu leistender Tätigkeitsfunktion durch Technik hinaus. Der Trend zur Ausschaltung menschlicher Arbeit aus dem Produktionsprozeß, ist also ungebrochen, die Rationalisierungsterrains sind nur (jedenfalls zum Teil) andere als früher: Es geht nicht

mehr so eindeutig um die Beschleunigung, um höhere Stückzahlen je Zeiteinheit wie früher.

### Technologische Entwicklungen

Für nahezu alle Fachzweige des Maschinenbaus ist die *Mikroelektronik* als extern entstandene neue Technologie zu einer großen Herausforderung geworden. Ihre Bedeutung für die Produktentwicklung zeigt sich vielleicht am besten, wenn zwischen drei Dimensionen einer Maschine unterschieden wird:

- Kernprozesse: Gemeint sind damit die stoffumwandelnden bzw. stoffverformenden Prozesse, zu deren Zweck eine Maschine dienen soll.
- Steuerung und Regelung der Kernprozesse einer Maschine: Gemeint ist die Art und Weise, wie die Kernprozesse gesteuert, überwacht (Vergleich von Soll- und Ist-Werten) und geregelt werden (Reaktionen auf Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Werten mit dem Ziel, die Soll-Werte zu erreichen). Dies kann unmittelbare Aufgabe des Menschen sein, der diese Funktionen also aufgrund seines Wissens und Könnens ausführt. Die Steuerung und Regelung kann aber auch in unterschiedlichem Maße technisiert sein.
- Übergeordnete Steuerung und Regelung von großen Abschnitten des Produktionsprozesses bis hin zur "Fabriksteuerung und -regelung": Zu denken ist hier an solche Systeme, bei denen nicht nur der Kernprozeß gesteuert wird, sondern - mit einem übergeordneten System - die Zu- und Abführung von Werkstücken sowie der Kernprozeß selbst. Beispiele sind etwa Flexible Fertigungssysteme (aber auch traditionelle Transferstraßen) oder - als hochkomplexe Fälle - Walzwerke oder etwa Anlagen zur Papierherstellung (vom chemisch-mechanischen Prozeß der Herstellung selbst bis hin zum Zuschneiden oder Aufrollen des fertigen Papiers).<sup>20</sup>

Die Kernprozesse einer Maschine, so könnte man aus dieser Unterscheidung schlußfolgern, werden durch die Mikroelektronik zumindest nicht direkt tangiert. Es zeigt

<sup>20</sup> In unserem Sample befinden sich zwei Unternehmen, die Maschinen für den letzten Prozeßabschnitt der Papierherstellung fertigen, sogenannte Papierschneidemaschinen, und ein Unternehmen, das sogenannte Kalander für davorliegende Abschnitte der Papierveredelung produziert. Diese Maschinenhersteller müssen heute Software für die von ihnen produzierten "Prozeßabschnitte" herstellen, die mit der "Mill-Software" kompatibel ist (Mill = Maschine zur Papierherstellung).

sich allerdings, daß die Mikroelektronik ganz wichtige neue Entwicklungen auch bei den Kernprozessen im Maschinenbau ermöglicht hat. Der Ansatzpunkt des Mikroelektronikeinsatzes "im" Produkt sind dabei die Funktionen der Steuerung, Regelung und Überwachung. Vermittelt durch einen erheblichen technischen Fortschritt in diesen Dimensionen - durch die Substitution konventioneller Steuerungs- und Regelungstechnik und vor allem auch durch die Substitution von Arbeit - sind zum einen im gesamten Maschinenbau Entwicklungen der Kernprozesse vorangetrieben worden. Und zum anderen war es die Mikroelektronik, die im Werkzeugmaschinenbau ein Zusammenfügen verschiedener Kernprozesse in einer Maschine ermöglicht hat. Wir können hier von einer Aggregation unterschiedlicher Kernprozesse sprechen (am bekanntesten dürften Bearbeitungszentren sein, mit denen aufgrund der Aggregation verschiedener Verfahren mittels des Einsatzes einer nun wirklich universellen Maschine die sogenannte "Komplettbearbeitung" möglich wird).

Was die Mikroelektronik an Entwicklungen ausgelöst hat, wird vom technischen Vorstand eines größeren Werkzeugmaschinenherstellers folgendermaßen resümiert: "Früher hatten unsere Maschinen einen Schlitten, heute drei; früher erfolgte die Bearbeitung einspindlig, heute mehrspindlig und außerdem ist eine dreidimensionale Bearbeitung möglich. Ebenso kann heute die Handhabung von Werkstücken, Werkzeugen und Spannmitteln integriert werden." Im Ergebnis können mit den Drehmaschinen dieses Unternehmens heute kubische Teile komplett bearbeitet werden; der Begriff Drehmaschine ist also gar nicht mehr angemessen, drückt das Potential dieser Maschinen nicht adäquat aus.

Wie bereits angedeutet, ermöglicht die Mikroelektronik im Druckmaschinenbau unter anderem die Integration von Druck- und Druckvorstufentechnik, was auch zur Folge hat, daß die Existenz einiger Berufsgruppen in Frage gestellt wird.

Darüber hinaus erlaubt die integrierte Prozeßelektronik mit mehreren hierarchischen Ebenen (Fertigungsleitreechner, Zellenrechner, Prozeßleitkontrolle, SPS- und CNC-Steuerungen) z.B. die zentrale Steuerung bislang separater Prozeßabschnitte, die in-line miteinander gekoppelt sind. Auf diese Weise können etwa für Papierfabriken aus eingegebenen Produktionsdaten optimalere Systemlösungen für die Papierproduktion, -veredelung und -verarbeitung hervorgehen.

Mit den Begriffen Substitution und Aggregation haben wir zwei technologische Entwicklungsrichtungen benannt. Aggregation meint das Zusammenfügen verschiedener Kernprozesse in einer Maschine, die vorher in je verschiedenen Maschinen "verkörpert" waren. Die Substitution meint vor allem das Ersetzen intellektueller, sensorischer und manueller menschlicher Leistungen durch Technik.<sup>21</sup> Die Effekte der Substitution und Aggregation bestehen darin, daß die Maschinen produktiver und flexibler werden und daß gleichzeitig die Bearbeitungsqualität zunimmt.

Wie ausgeführt, spielt die Mikroelektronik eine bedeutende Rolle für die Neuentwicklungen und die dadurch erzielten Effekte. Gleichwohl lautet ein vielleicht etwas überraschendes Ergebnis unserer Untersuchung, daß in fast allen Unternehmen die für sie wesentlichen Produktinnovationen von der Mechanik ihren Ausgang nehmen und maßgeblich von der Mechanikkonstruktion definiert werden.

### **Berufliche Orientierungen**

Als ein Merkmal des traditionellen Typs der Produktinnovation im Maschinenbau haben wir hervorgehoben, daß sehr viele Konstrukteure ihre Karriere mit einer Facharbeiterausbildung begonnen haben. Der Erfolg des traditionellen Typus der Produktinnovation im Maschinenbau basiert offenkundig nicht zuletzt darauf, daß durch diese Karrieren der Transfer von Erfahrungswissen in Konstruktion und Entwicklung nicht abreißt. Dieser Typus einer evolutionären Produktinnovation innerhalb des gegebenen maschinenbauspezifischen technologischen Paradigmas ist auf diese Transfers angewiesen.

Seit einigen Jahren ist das "Nachwachsen von" Konstrukteuren aus der unmittelbaren Produktion nicht mehr ohne weiteres gewährleistet. Der Grund dafür sind die (bekannteren) Veränderungen in den beruflichen Orientierungen von Jugendlichen: Mehr und mehr Jugendliche

<sup>21</sup> Der Vergleich konventioneller mit CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen oder einer konventionellen mit einer volldigitalisierten Druckmaschine verdeutlicht die Substitutionseffekte.

streben einen Schulabschluß an, der ihnen den Zugang zur Hochschule eröffnet, zumal für die Industrie wird es schwieriger, junge Leute für eine Facharbeiterausbildung zu gewinnen (und einen Teil davon auch dauerhaft in Facharbeiterpositionen zu beschäftigen) (vgl. unter anderen Lutz 1990).

In den von uns untersuchten Maschinenbauunternehmen hat das im wesentlichen zwei Konsequenzen: Die Unternehmen sehen sich zum einen zunehmend gezwungen, für die Konstruktion und Entwicklung sogenannte Seiteneinsteiger zu rekrutieren, die mehr oder minder direkt von der Fachhochschule kommen, vor und während der FH-Ausbildung nur wenig mit der industriellen Praxis in Berührung gekommen sind (TU-, TH- oder Universitätsabsolventen werden von Maschinenbauunternehmen immer noch eher selten nachgefragt, vgl. dazu weiter unten). Dieser Nachwuchs verfügt nicht mehr über das Maß an beruflicher Erfahrung wie diejenigen Konstrukteure, die den mühsamen Weg des traditionellen Aufstiegs absolvieren mußten.

Die zweite Veränderung besteht darin, daß die besseren unter denjenigen, die auch heute noch eine Facharbeiterausbildung im Maschinenbau antreten, diese Ausbildung immer häufiger ganz bewußt als Startetappe einer Karriere einplanen, die sie möglichst schnell in Positionen außerhalb der unmittelbaren Produktion bringen soll. Als Folge davon ist bei diesen Personen ähnlich wie bei den vermehrt rekrutierten Seiteneinsteigern die Kenntnis der unmittelbaren Produktion (und das heißt auch: der Fähigkeiten, Mentalität und Verhaltensweisen der dort arbeitenden) nicht so intensiv ausgebildet wie beim traditionellen Typus des Konstrukteurs.

Die Stärke des deutschen Maschinenbaus beruhte bislang nicht zuletzt auf der engen Verbindung von Entwicklung und Konstruktion einerseits und Produktion andererseits. Angesichts der beschriebenen Entwicklung scheint, wie wir bei unseren Recherchen feststellen konnten, jedoch zwischen diesen Bereichen eine Kluft zu entstehen, die für die Betriebe zu einem personalpolitischen Problem werden könnte. (Wir werden im letzten Abschnitt dieses Papiers auf einen Ansatz eingehen,

mit dem einige Betriebe versuchen, dieses Problem zu lösen.)

### **Internationale Konkurrenz**

Der Maschinenbau befindet sich weltweit in einer Krise, die jedenfalls zum Teil insofern eine "normale" Krise ist, als jede allgemeine ökonomische Krise auch im Maschinenbau zu einer Krise führen muß. Auf diesen Aspekt der Krise des Maschinenbaus wollen wir hier nicht eingehen. Wir fragen nach der Möglichkeit einer eher strukturellen Krise im deutschen Maschinenbau, die eng im Zusammenhang mit der Weltmarktkonkurrenz - vor allem der japanischen - zu sehen wäre.

Der deutsche Maschinenbau hat sich in hohem Maße auf Nischenmärkte spezialisiert. Solche Märkte sind zum Teil außerordentlich klein; so beträgt etwa das Marktvolumen für Buchdruckmaschinen weltweit je Jahr etwa 500 Mill. DM (wenn wir von den Schwankungen einmal absehen). Auf diesem Markt ist man als Maschinenhersteller gewissermaßen unter sich, die wenigen Hersteller kennen ihre wechselseitigen Schwächen und Stärken, und die Marktanteile sind im allgemeine relativ konstant. Man kann bei solchen Märkten zum Teil sogar von einer gewissen Marktaufteilung sprechen etwa derart, daß die wenigen Hersteller sich auf je bestimmte technische Niveaus der Maschinen spezialisieren. Und es ist vor allem der Part der deutschen Maschinenhersteller, die technisch anspruchsvolleren Maschinen herzustellen. "Es ist eine Binsenwahrheit, daß sich unsere Industrie auf den Weltmärkten nur mit Spitzentechnologie behaupten kann und nicht über den Preis der Produkte" (VDMA-Präsident B. Leibinger, VDI-Nachrichten 26.09.1990).

Die japanischen Maschinenhersteller haben bis heute die kleinen Nischenmärkte eher links liegen lassen und sich auf die großen, auf die Volumenmärkte konzentriert. Das sind Märkte, auf denen weltweit relativ gleichartige Maschinen in großen Mengen nachgefragt werden, typisches Beispiel sind universell nutzbare Werkzeugmaschinen. Dort ist die Wahrscheinlichkeit am größten,

daß identische Maschinen von einer großen Zahl von Kunden "nach Katalog" gekauft werden. Mithin können dort die "Gesetze der Massenproduktion" jedenfalls ansatzweise "ausgenutzt" werden: Durch die Produktion gleicher Maschinen in größerer Anzahl (die möglichst auch noch weitestgehend aus Teilen oder Baugruppen konfiguriert sind, die bei allen Maschinen des "Programms" des betreffenden Herstellers verwendet werden können) wird es möglich, Konkurrenten im Preis zu unterbieten, weil man economies of scale realisieren kann.

Diese Strategie der "Preisführerschaft" ist von japanischen Werkzeugmaschinenherstellern konsequent verfolgt worden. Sie beinhaltet eine ganz bestimmte Produktinnovationsstrategie: Die Neuentwicklung oder Weiterentwicklung von Maschinen erfolgt auf Grundlage einer äußerst intensiven Beobachtung des Absatzmarktes und der Innovationstätigkeit der Konkurrenz. Hinzu kommt eine Intensität der Wertanalyse, wie sie bei deutschen Werkzeugmaschinenherstellern, die mit japanischen auf den Volumenmärkten konkurrieren, bislang geradezu undenkbar war. (Die große Bedeutung der Wertanalyse bei der Produktinnovation in japanischen Maschinenbaufabriken zeigt sich daran, daß eine große Zahl von Betriebswirten schon ab der ersten Phase an der Innovation beteiligt ist.)<sup>22</sup> Das Ergebnis dieses Prozesses ist - und das ist eine entscheidende Differenz zu den deutschen Konkurrenten - keineswegs ein neues Produkt, das technologisch an der Spitze stehen müßte, vielmehr handelt es sich im allgemeinen um einen Kompromiß zwischen Ökonomie und Technik, bei dem der "ökonomischen Rationalität" so manche "High-Tech-Idee" zum Opfer gefallen ist.

Die entscheidenden Differenzen zwischen den deutschen und den japanischen Konkurrenten liegt also darin, daß in den deutschen Unternehmen die "technische Rationalität" dominiert, während in den japanischen die "ökonomische" und die "technische Rationalität" eher gleichberechtigt sind. Diese Differenz hat in Teilen des deutschen Maschinenbaus - vor allem bei den Herstel-

lern universell nutzbare Werkzeugmaschinen - zu einer tiefen strukturellen Krise geführt, von der tendenziell auch andere Fachzweige ergriffen werden könnten. Auch in dem erfolgsgewohnten und auf Technologieführerschaft setzenden deutschen Druckmaschinenbau wurde berichtet, daß die japanische Konkurrenz insbesondere im Segment standardisierter Kleinoffset-Maschinen, die in größeren Serien produziert werden, mittlerweile technologisch nahezu gleichwertige Maschinen zu niedrigeren Preisen anbietet.<sup>23</sup> Fragen wir also, welche Strategien den deutschen Unternehmen einen Ausweg der Krise weisen könnten.

### **3. Wandel von Strategien und Strukturen: Vom Umgang des Maschinenbaus mit den neuen Herausforderungen**

Im Maschinenbau werden, wie oben ausgeführt, traditionell recht unterschiedliche Produktinnovationsstrategien verfolgt. Hinsichtlich der Frage, ob es eher die Maschinenanwender oder die Maschinenhersteller sind, die Produktinnovationen auslösen, spielt der Verwertungstyp eine wichtige Rolle. Unternehmen, die als Einzelfertiger auf Bestellung je nach Kundenwunsch maßgeschneiderte Problemlösungen herstellen, reagieren eher auf Kundenanforderungen als daß sie von sich aus Innovationen aktiv initiieren würden. Ihre Strategie ist eher passiv-abwartend. Allerdings haben wir oben auch darauf hingewiesen, daß Einzelfertiger durchaus eine aktivere Rolle bei der Produktinnovation spielen können. Insbesondere beim Verwertungstyp der Programmfertigung ist die Produktinnovationsstrategie eher aktiv-suchend: Unternehmen, die Maschinen nach Katalog anbieten, sind mehr als Einzelfertiger in der Rolle des eigeninitiativ handelnden Innovators. Des weiteren haben wir zur Bestimmung von Produktinnovationsstrategien im Maschinenbau das Verhältnis der Maschinenhersteller zu ihren Konkurrenten herangezogen.

<sup>22</sup> Dies ist ein Resultat einer vergleichenden Studie des deutschen, des japanischen und des US-Werkzeugmaschinenbaus, die unser Kollege Moritz zur Zeit durchführt.

<sup>23</sup> Nach Darstellung der befragten Experten aus dem Top-Management agiert die japanische Konkurrenz auch mit Dumpingpreisen. Da die japanische (Druck-)Maschinenbauer in der Regel zu größeren Konzernen gehören, verfügten sie über größere finanzielle Ressourcen, die es ihnen ermöglichten, derart langfristige Markteroberungsstrategien zu verfolgen, bei denen den deutschen Herstellern die Luft ausgehen würde.

Auch hier spielt der Verwertungstyp eine Rolle; ähnlich wie bei der Hersteller-Anwender-Beziehung ist die Konkurrenz bei der Programmfertigung Anlaß zu einer aktiveren Strategie, während sie bei der Einzelfertigung dazu traditionell eher wenig Anlaß bietet.

Einige auf den Volumenmärkten agierende Programmfertiger haben sich unter dem Druck der japanischen Konkurrenz entschlossen, technologisch abgespeckte Maschinen zu entwickeln. Wie es z.B. bei einem Unternehmen heißt, sollen verstärkt auch Maschinen im "unteren Leistungssegment" angeboten werden. Bei der Entwicklung dieser "Low-Cost-Maschinen" werden bereits ab der allerersten Phase in einer bislang nicht gekannten Konsequenz Wertanalysen durchgeführt. Damit wird auch das Ziel verfolgt, die immer mehr ausufernde Vielfalt von Teilen bzw. Baugruppen in den Griff zu bekommen - dies läuft unter dem Begriff: Reduktion von Komplexität. Zweierlei soll also erreicht werden: Man will erstens wieder in Teilbereichen der Volumenmärkte konkurrenzfähig werden, die stark vernachlässigt worden sind. Drastischer formuliert: Diese Programmfertiger haben nicht erkannt, daß vor allem in "Low-Tech-Segmenten" Geld zu verdienen ist; sie waren allzusehr auf "High-Tech" orientiert. Außerdem bemühen sie sich (wieder einmal, denn das ist ein Dauerthema im Maschinenbau), das Teilespektrum zu straffen. Dies ist eine Herausforderung für den "technologisch-wissenschaftlichen Block", der traditionell die Technikentwicklung vorantreibt und ökonomische Kriterien eher vernachlässigt. Unternehmen, die die "japanische Variante" verfolgen, fahren eine Doppelstrategie: Sie setzen einerseits nach wie vor auch auf High-Tech, also auf Technologieführerschaft, andererseits kommt die Teilstrategie der Entwicklung von Low-Tech-Maschinen hinzu.

### **Ansätze zu Optimierung der strategischen Produktplanung**

Grundsätzlich haben unsere Erhebungen ergeben, daß die Maschinenbauunternehmen wegen der intermediären Stellung des Maschinenbaus im Industriesystem Neuerungen zwar nach wie vor lediglich dosiert an ihre Kunden weitergeben, gleichzeitig aber ihre Bemühungen um Technologieführerschaft in den letzten Jahren erheblich intensiviert haben. Das gilt sowohl für die Unternehmen, die noch vor wenigen Jahren eine eher passive Strategie für sinnvoll hielten, als auch für diejenigen, die schon in der Vergangenheit eine aktivere Strategie verfolgt haben.

Wenn der Strategie der Technologieführerschaft jetzt generell eine höhere Priorität eingeräumt wird, heißt das selbstverständlich nicht, daß die Mechanismen der Preiskonkurrenz und Kostenkriterien vernachlässigt werden könnten. Ihnen wird, wie bereits angedeutet, gerade angesichts der konjunkturellen Flaute, die seit Beginn der 90er Jahre auch den Maschinenbau belastet, wieder mehr Aufmerksamkeit gewidmet, zumal im Zuge dieser Flaute nachdrücklich zu Bewußtsein gekommen ist, daß es um die Ertragssituation der deutschen Vorzeigebbranche selbst in Zeiten der Booms und Exportrekorde nicht allzu gut stand. Mit Hilfe wirtschaftlicher Bewertungsverfahren bemüht man sich in einigen Betrieben, die Konstrukteure zum kostengünstigen Konstruieren zu veranlassen - allerdings mit recht unterschiedlichem Erfolg. In den meisten Betrieben wurde berichtet, daß die Wertanalyseprojekte aufgrund des Zeitdrucks, unter dem die Entwicklung und Konstruktion in der Regel arbeitet, bald wieder in Vergessenheit geraten sind.

Die forcierten Bemühungen, Wettbewerbsvorteile durch neue Produkte zu realisieren und die Anforderung, Neuerungen lediglich dosiert an die Kunden weiterzugeben, kommen unter anderem darin zum Ausdruck, daß viele Betriebe jetzt eine systematischere Produktplanung auf der Basis von Analysen des Produktumfeldes, des Absatzmarkts, von Potentialen und der Unternehmensstruktur vornehmen.

Ein Beispiel ist der Hersteller von Flexiblen Fertigungssystemen. In diesem Unternehmen erfolgt die Entwicklung von Neuerungen verglichen mit den meisten anderen untersuchten Unternehmen sehr systematisch. Basis ist ein zehnjähriger Entwicklungsplan, der jährlich überarbeitet wird. Wesentliche Bestandteile dieses Entwicklungsplans sind eine Absatzmarktanalyse, eine Analyse der technischen Trends (die Laser-Entwicklung ist ein wichtiges Thema der Technikanalyse, das Unternehmen hat beschlossen, diese Neuentwicklung nicht zu nutzen) und der Konkurrenz. Zur Zeit steht die Entwicklung einer neuen Generation von Flexiblen Fertigungssystemen an. Ausdrücklich betont wird in diesem Zusammenhang, sie dürften bei einer Entwicklung nicht "zu weit nach vorne preschen". Durch ein zu starkes Entwicklungstempo würden sie ihre Kunden überfordern, letztlich würden sie sich damit selbst schaden.

Mit der Durchführung solcher Analysen werden häufiger externe Unternehmensberater beauftragt. Bei einem von uns besuchten Verpackungsmaschinenhersteller hat eine solche Markt-Produkt-Analyse dazu geführt, daß ca. ein Viertel des Konstruktionspersonals in den Vertrieb versetzt wurde, um auf diese Weise eine größere Kundennähe zu erreichen. Um den Kundenansprüchen bes-



ser entsprechen zu können und das Risiko der Produktentwicklung gegenüber Marktveränderungen zu reduzieren, hat eine Reihe von Betrieben die Produktionsplanung in jüngster Zeit intensiviert und stärker kunden- bzw. absatzmarktorientiert ausgerichtet. Dabei spielen auch die Rückmeldungen des Vertriebs, Service, der Pilotanwender usw. eine zentrale Rolle.

In allen untersuchten Unternehmen war neben den Ansätzen zur Optimierung der Produktplanung eine Vielzahl von Entwicklungen zu beobachten, die der Orientierung auf eine offensivere Innovationsstrategie Rechnung tragen. Diese Ansätze, die vorwiegend auf die Steigerung der Leistungsfähigkeit des Technischen Büros zielen, können hier nicht im einzelnen dargestellt werden.<sup>24</sup> Wesentlich für die Technikgenese im Maschinenbau erscheint uns vor allem, daß die neuen Anforderungen an die Produktinnovation mit den traditionellen Personal- und Organisationsstrukturen des Maschinenbaus offenbar nicht bewältigt werden können.

### Neue Personal- und Organisationsstrukturen

Viele Unternehmen haben in den letzten Jahren eigenständige F+E-Abteilungen auf- oder ausgebaut, deren Funktion die vom Alltagsgeschäft weitgehende getrennte Beschäftigung mit Produktinnovation ist.

In diesen Abteilungen, die zum Teil Serviceleistungen für die mit der Auftragsabwicklung beschäftigten Konstruktionsbereiche erbringen aber auch selbstgestellte grundlagenorientiertere Projekte verfolgen, arbeitet eine wachsende Anzahl von wissenschaftlich-theoretisch geschulten Hochschulabsolventen, deren Wissen abstrakter und spezialisierter als das eines in der Auftragskonstruktion arbeitenden Konstrukteurs ist, und die intensi-

ver mit externen Stellen wie technikwissenschaftlichen Instituten oder Ingenieurbüros kooperieren und auch dadurch eine wichtige Funktion in den Betrieben haben.

Insbesondere bei einem der Papiermaschinen- und einem der Druckmaschinenhersteller werden für die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen vornehmlich Absolventen von Universitäten, Technischen Hochschulen oder Technischen Universitäten eingestellt: Diplom-Ingenieure, Mathematiker und Physiker (der Druckmaschinenhersteller neuerdings auch Chemiker), von denen einige promoviert sind.

Am Beispiel des Druckmaschinenherstellers soll gezeigt werden, welche (immer noch geringe) quantitative Gewichte Forschungs- und Entwicklungsabteilungen im Maschinenbau selbst bei einem Großunternehmen mit einer ausgeprägten Strategie der Technologieführerschaft auch heute noch haben. Bei insgesamt 9.450 Beschäftigten (Ende 1991) arbeiten in der sogenannten Forschung gerade einmal 50 Personen (vor vier Jahren waren es allerdings erst 25 Personen). Im Vorstandsbe- reich Forschung und Entwicklung (bzw. Konstruktion) arbeiten 1991 insgesamt etwa 640 Personen, darunter 22 promovierte Ingenieure, 83 Diplom-Ingenieure, 140 Diplom-Ingenieure (FH), 194 Techniker und 107 Technische Zeichner/-innen. Die übrigen sind Sekretärinnen und der sogenannte Servicebereich.

In diesem Unternehmen gibt es auch eine ca. 60 Personen (darunter 36 gewerblich Beschäftigte) starke "produktionstechnische Forschung und Entwicklung", deren Aufgabe es ist, "Ausschau nach neuen Produktionsmitteln zu halten". Beispielsweise werden hier vor Investitionsentscheidungen Maschinen von verschiedenen Werkzeugmaschinenherstellern getestet.

Bei dem erwähnten Papiermaschinenhersteller wurde betont, daß in dem Betrieb heute grundsätzlich nicht mehr die Möglichkeit besteht, aus der Produktion in die Entwicklung und Konstruktion aufzusteigen.

In den Unternehmen des Werkzeugmaschinenbaus werden die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen dagegen überwiegend aus FH-Absolventen und zusätzlich einigen erfahrenen Konstrukteuren gebildet. Deshalb ist hier eine "Entfernung" von der Forschung und Entwicklung zur Konstruktion und zur Produktion also nicht so groß wie in den vorgenannten Fällen.

In manchen Unternehmen stellt man nach schlechten Erfahrungen mit Universitäts- oder TU- bzw. TH-Ab-

<sup>24</sup> Nur erwähnen wollen wir die Ansätze zur Systematisierung der Produkte sowie der Entwicklungs- und Konstruktionsarbeit und die Investitionen in deren Rechnerunterstützung. Den E+K-Bereichen wird seit geraumer Zeit auch deshalb verstärkt Aufmerksamkeit gewidmet, weil die in diesen Bereichen generierten Daten der Ausgangspunkt für den Regelkreis der integrierten Datenverarbeitung sind. Eine auf Repräsentativität angelegte Breitenerhebung stellt fest, daß das Technische Büro mit seinen Verbindungen und Arbeitsbeziehungen in den Vertriebs- und Fertigungsbereich im Zentrum der CIM-Anstrengungen steht (Lay, G., CIM-Projekte in der BRD: Ziele, Schwerpunkte, Vorgehen, VDI-Z 134 [1992], Nr. 3/März).

solventen wieder bevorzugt FH-Ingenieure ein. Wie berichtet wurde, fühlten sich Universitätsabsolventen oft nach einiger Zeit im Betrieb eher unterfordert und würden unzufrieden, weil sie ihre Aufstiegsabsichten nicht realisieren können. FH-Ingenieure seien im Gegensatz dazu weniger anspruchsvoll und würden eher "auf ihrem Platz bleiben".

Werfen wir an dieser Stelle einen Blick auf die Entwicklung der Gesamtzahlen von im Maschinenbau beschäftigten Ingenieuren.

Man erkennt, daß der Anteil der Ingenieure an den im Maschinenbau insgesamt Beschäftigten gerade in den letzten Jahren relativ stark gestiegen ist (leider sind nur Zahlen bis 1987 verfügbar, der VDMA wird erst zu Beginn des nächsten Jahres eine neue Ingenieurhebung durchführen). Aus Bild 1<sup>25</sup> geht allerdings auch hervor, daß der Anteil der Universitäts-, TU- bzw. TH-Absolventen an den im Maschinenbau Beschäftigten im Jahre 1987 mit 2,4 % immer noch recht gering ist. Erwähnt werden muß des Weiteren, daß von diesen nur ein Teil in der Forschung, Entwicklung oder Konstruktion tätig ist (von den 1987 im Maschinenbau insgesamt tätigen 83.270 Ingenieuren haben 44.300 in den Bereichen Forschung, Entwicklung, Konstruktion, Versuchs- und Prüffeld gearbeitet [Quelle: VDMA-Ingenieurhebung]).

Wichtig ist, daß die traditionellen Aufstiegswege aus der Produktion und eine theoretische Weiterbildung in die Konstruktion und Entwicklung offenbar nicht mehr ausreichen, um die neuen Anforderungen an die Produktinnovation bewältigen zu können, obwohl in vielen Betrieben betont wurde, daß sie durchaus auch weiterhin Konstrukteure mit einer Lehre benötigen.

Im Maschinenbau etabliert sich gegenwärtig verstärkt eine mehr "theoretisch-wissenschaftliche" Rationalität, die sich sehr deutlich von der mehr "empirisch-praktischen" der Facharbeiter unterscheidet. In den Betrieben werden vermehrt "Seiteneinsteiger" rekrutiert, also Hochschulabsolventen, die nur über geringe Praxiserfahrungen verfügen. Durch die vermehrte Rekrutierung von Seiteneinsteigern und die Einschränkung oder gar den Wegfall des klassischen Aufstiegswegs vom Facharbeiter zum selbständigen Konstrukteur, der den Praxisbezug und das Erfahrungswissen sicherte, das tradi-

tionell notwendig war, um den Anforderungen der Kunden entsprechen und fertigungs- und montagegerecht konstruieren zu können, droht allerdings eine Kluft zwischen Theorie und Praxis zu entstehen.<sup>26</sup> Bevor wir uns den organisatorischen Maßnahmen zuwenden, mit denen die Betriebe dieser Gefahr entgegenzuwirken versuchen, wollen wir kurz auf die Veränderung der personellen Zusammensetzung des Technischen Büros infolge der Etablierung größerer und in sich sehr heterogener Elektrokonstruktionsbereiche eingehen.

In vielen untersuchten Unternehmen haben die Elektrokonstruktionsabteilungen gemessen an der Kopfzahl mit der mechanischen Konstruktion gleichgezogen. Das große Wachstum der Elektrokonstruktionsabteilungen ist unter anderem darauf zurückzuführen, daß die Maschinen gerade hinsichtlich ihrer Steuerungen Unikate sind und die ökonomische Lebensdauer von Steuerungen in den untersuchten Unternehmen maximal zwei Jahre beträgt, während sie bei der Mechanik zwischen fünf bis fünfzehn Jahren schwankt. Außerdem steckt die Software-Erstellung immer noch in ihren Anfängen. Durchschlagende Erfolge bei Versuchen, sie zu rationalisieren, konnten bislang in Maschinenbaubetrieben nicht erzielt werden.

Nach Funktionskomplexen und hauptsächlichlichen Tätigkeitstypen können unterschieden werden:

*Elektrotechnik-Konstruktion:* Es handelt sich um eine "klassische" Elektrokonstruktion. Ihr Resultat ist der Schaltplan, der alle elektrischen und elektronischen Elemente der Maschine mit ihren Verknüpfungen enthält. In diesem Bereich gibt es im allgemeinen die Tätigkeitstypen *Elektrokonstrukteur* und (angelernte) *Elektrozeichnerin*. Der zumeist männliche Elektrokonstrukteur ist häufig ein ehemaliger Facharbeiter aus der

<sup>25</sup> Bild 1 ist nicht darstellbar, bei Interesse bitte beim SOFI anfordern.

<sup>26</sup> Wir müssen in diesem Aufsatz auf die ausführliche Diskussion von Technikentwicklungen verzichten, die jedenfalls zum Teil helfen, die Kluft zu überbrücken. Gemeint ist unter anderem CAD (computerunterstützte Techniken zur Konstruktion bzw. zur Zeichnungserstellung, vgl. dazu Wolf/Mickler/Manske 1992), CAD kann mehr und mehr zur sogenannten Simulation verwendet werden. Beispielsweise kann auf diese Weise am Produktmodell (also anhand des Datenmodells des Produkts, das rechnerintern zur Verfügung steht) überprüft werden, ob beim Bearbeitungsvorgang Kollisionen auftreten können. Ohne CAD-Einsatz wären dazu aufwendige praktische Erprobungen notwendig gewesen. Ein anderes Beispiel sind die heute durch den Computereinsatz ermöglichten Untersuchungen wichtiger Eigenschaften, etwa des Schwingungsverhaltens, von Maschinen. Dies ist heute (jedenfalls in Grenzen) ebenfalls anhand von Untersuchungen des Produktmodells möglich - die Maschine muß also, etwa als Prototyp, noch gar nicht gebaut sein.

Elektromontage, der sich zum Techniker oder FH-Ingenieur weitergebildet hat.

*Software-Konstruktion für Steuerungs-, Regelungs- und Überwachungsfunktionen:* Unterscheiden kann man hier sogenannte *SPS-Programmierer* (SPS sind am Markt erhältliche speicherprogrammierbare Steuerungen, die in den Maschinenbauunternehmen programmiert werden), häufig aufgestiegene Facharbeiter aus der Inbetriebnahme, zunehmend aber auch Seiteneinsteiger, und *MC-Programmierer* (MC sind Mikroprozessorsteuerungen). Diese Tätigkeit verlangt eine höhere Qualifikation als das SPS-Programmieren. Zum Teil arbeiten hier auch Ingenieure mit Hochschulabschluß.

*CNC-Programmierung:* Es handelt sich um die Programmerstellung für die Bearbeitung mit der Maschine. Diese Programme werden den Kunden mit geliefert. Hier arbeiten in der Regel besonders qualifizierte Programmierer, zumeist ehemalige Facharbeiter.

*Entwicklung der Bedienoberflächen:* Hier arbeiten im allgemeinenhochqualifizierte "Soft-Werker". Sie können maschinenbaufremd sein, müssen aber über Ergonomiekennntnisse verfügen.

*Leiterplattenkonstruktion:* Hier gibt es häufig eine Arbeitsteilung zwischen *Konstrukteuren* (zumeist aufgestiegene ehemalige Facharbeiter) und sogenannten *Layoutern*.

*Anwendungsentwicklung:* Gemeint ist hiermit die Entwicklung von speziellen Neuerungen, etwa von CNC-Steuerungen oder optischer Bilderkennung usw. Hier arbeiten hochqualifizierte Spezialisten.

Der Konstruktions- und Entwicklungsprozeß ist durch das Hinzukommen der Elektro- zur Mechanikkonstruktion komplexer und unübersichtlicher geworden. Außerdem ist vor allem die Softwarekonstruktion im Maschinenbau immer noch eine Art Fremdkörper - oben erwähnten wir bereits die Verständigungsprobleme zwischen Mechanikkonstruktion und Elektrokonstruktion, die sich, wie in mehreren Betrieben berichtet wurde, zu einer schwerwiegenden Kommunikationsbarriere entwickeln können. Ein Konstruktionsleiter konstatierte: "Zwischen Mechanikkonstruktion und Elektrokonstruktion existiert eine Rivalität, die sich bis zur Montage durchs Unternehmen zieht."

Neben der größer werdenden Kluft zwischen "Theorie" und "Praxis" besteht also im Technischen Büro ein Graben zwischen Mechanik- und Elektrokonstruktion.

Nimmt man noch die Tatsache hinzu, daß die Konstruktionslandschaft wesentlich unübersichtlicher geworden ist, dann wird das Ausmaß der personal- und organisationspolitischen Probleme deutlich, dem sich die Maschinenbauunternehmen heute gegenübersehen. Es liegt auf der Hand, daß die Organisation heute nicht mehr "mit leichter Hand nebenher" (mit-)gemacht werden kann. Die Organisation des Konstruktionsprozesses bzw. der Produktinnovation ist zu einer wichtigen Aufgabe geworden. Wir wollen im folgenden anhand von zwei Beispielen zeigen, auf welche Weise in den von uns untersuchten Unternehmen versucht wird, die neue Aufgabe zu lösen.

### **Organisatorische Ansätze zur Bewältigung der entstehenden Kluft zwischen Theorie und Praxis und zur Überwindung von Bereichsdenken**

Ein Organisationsmodell, das in unserem Sample von einem Papiermaschinenhersteller praktiziert wird, besteht darin, daß die weitgehend unabhängig von Kundenaufträgen arbeitende Forschung und Entwicklung bei Neuentwicklungen, die jetzt häufiger von dieser Abteilung angestoßen werden, die Federführung übernimmt und um sie herum Entwicklungsteams mit Vertretern aus den anderen auftragsbezogen arbeitenden Konstruktionsbereichen gebildet werden. Dadurch soll verhindert werden, daß sich die Forschungs- und Entwicklungsbereiche verselbständigen und im Betrieb ein "Elfenbeinturm" entsteht. Andererseits soll diese Organisationsform dazu beitragen, daß die auftragsbezogen arbeitenden Konstruktionsgruppen vom eher technikwissenschaftlichen Wissen der Forschungs- und Entwicklungsabteilung profitieren. Vertriebspersonal und Experten aus der Arbeitsvorbereitung sind ebenfalls in solchen "interdisziplinär zusammengesetzten" Teams vertreten. Letztere sollen vor allem auf die Einhaltung der Anforderungen an fertigungs- und montagegerechtes Konstruieren achten. Grundsätzlich wird von den Entwicklern und Konstrukteuren erwartet, daß sie intensiver mit der Fertigung, Montage und dem Vertrieb kooperieren.

Es ist offen, ob die Kluft zwischen Theorie und Praxis durch die Einbindung von Experten aus der Arbeitsvorbereitung in die Teams überwunden werden kann. Ein wesentliches Manko dieses Organisationsmodells besteht jedoch darin, daß die Elektrokonstruktion in den Teams bislang nicht vertreten ist.

Bei einer anderen Variante der Projektorganisation, die derzeit von einem Druckmaschinenhersteller (Programmfertiger) ausprobiert wird, wurde die Projektleitung für die Neuentwicklung einer Maschine einem jungen Ingenieur übertragen, der zuvor in der Forschungsabteilung beschäftigt war, aber nicht zur Leitungshierarchie gehört.

Der Projektleiter hat zunächst für die Planung und Konzipierung des Produkts nach den vom Vorstand definierten Rahmendaten (Maschinenleistung, Herstellungskosten, maximale Projektdauer) in Kooperation mit verschiedenen Konstruktionsbereichen einen Zeit- und Projektstrukturplan angefertigt und dann ein Team von Konstrukteuren und Technischen Zeichnerinnen aus den verschiedenen Konstruktionsbereichen zusammengestellt. Dieses Team wird im Verlauf der zunehmenden Konkretisierung des Produktmodells nach und nach um weitere Personen erweitert. Der Projektleiter ist zudem befugt, über sogenannte Projektkoordinatoren einzelner Funktionsbereiche von allen anderen Forschungs-, Entwicklungs- und Konstruktionsbereichen Dienstleitungen für das Projekt einzufordern.

Problematisch an der in dem Unternehmen praktizierten Form der Projektorganisation ist einerseits, daß auch in diesem Fall die Elektrokonstruktion nicht an der Konzipierung beteiligt wird. Darüber hinaus kann der Projektleiter zwar Dienstleistungen anderer Bereiche einfordern, er hat aber keine Weisungsbefugnisse gegenüber diesen linienförmig organisierten Abteilungen. Mit anderen Worten, sein Zugriff auf die projektrelevanten Ressourcen ist begrenzt.

Mit den verschiedenen Formen der Projektorganisation wird dem Umstand Rechnung getragen, daß es für die Produktinnovation in zunehmendem Maße erforderlich

ist, das Wissen und die Kenntnisse unterschiedlicher Fachbereiche und Spezialisten zu integrieren. An solchen interdisziplinären Problemlösungsprozessen können z.B. Fachleute für die Sicherheitstechnik, komplexere Berechnungen, physikalische und chemische Analysen beteiligt sein oder auch Vertreter aus der Arbeitsvorbereitung ("fertigungstechnische Beratung"), dem Vertrieb und der Materialwirtschaft. Auf diese Weise kann die gesamte Funktionsstruktur auf Produktinnovation ausgerichtet werden.

Weil die Projektorganisation aber stark auf horizontale Kooperationbeziehungen angewiesen ist und die Projektleiter quer zu den überkommenen, linienförmig organisierten Zuständigkeiten agieren, greifen sie auch in angestammte Kompetenzbereiche ein. Dabei sind sie häufig mit dem Widerstand der "alten Hierarchen" konfrontiert. Aus mehreren Unternehmen wurde berichtet, daß sich die zumeist jüngeren Projektleiter mit ihrem Anliegen nur schwer gegenüber den Leitern der etablierten Abteilungen durchsetzen können.

Bei unseren Untersuchungen konnten wir jedoch feststellen, daß gegenwärtig die meisten Betriebe angesichts der neuen Anforderungen an die Produktinnovation mit neuen, flexibleren Organisationskonzepten "experimentieren" und dabei zu der Erkenntnis gelangen, daß es meistens die traditionellen Hierarchiestrukturen sind, die den Erfolg der Projekte gefährden.

Resümierend können wir festhalten: die Unternehmen befinden sich noch in einer Phase des Ausprobierens von unterschiedlichen Organisationskonzepten, die zur Steigerung der Innovationsfähigkeit beitragen sollen. Der Ausgang dieser Experimente ist noch offen. Grundsätzlich ist es aber für den Maschinenbau ein unabwiesbares Erfordernis, vermehrt Theoretiker und Spezialisten für die Bewältigung ihrer Innovationsvorhaben zusammenzubringen (Heterogenisierung der Konstruktion, Diversifizierung der Innovationsaktivitäten). Gleichzeitig müssen sie mit Hilfe organisatorischer Maßnahmen verhindern, daß Theorie und Praxis zu weit auseinanderdriften.

Zu diesem Zweck gibt es in einigen Betrieben auch eigene Einarbeitungsprogramme für neueingestellte Konstrukteure, bei denen diese sich für mehrere Wochen oder Monate in der Fertigung und Montage aufhalten, um die dort auftretenden konstruktionsrelevanten Probleme kennenzulernen. Im Druckmaschinenbau ist auch ein Druckerlehrgang Bestandteil des Einarbeitungsprogramms.

### Ein neues technologisches Paradigma?

Zweifellos wird heute im Maschinenbau mehr theoretisches Wissen benötigt. Wie wir oben ausgeführt haben, basiert Technikgenese im Maschinenbau im Unterschied zu derjenigen in den science-based-industries traditionell auf einer sehr engen Verbindung von Theorie und Praxis. Garant dieser engen Verbindung von Theorie und Praxis waren im Maschinenbau die Aufstiegswege von Facharbeitern aus der Produktion in die Konstruktion. Maschinen "für die Praxis" wurden von Leuten entwickelt, die "aus der Praxis" kamen.

Angesichts der beschriebenen Veränderungen des Innovationstyps steht der Maschinenbau heute vor der Aufgabe, den veränderten Anforderungen an die Produktinnovation einerseits durch eine vermehrte Rekrutierung von Seiteneinsteigern gerecht zu werden, andererseits aber die enge Verbindung von Theorie und Praxis aufrechtzuerhalten, die bislang die Stärke dieser für das Industriesystem zentralen Branche ausmachte. Auch heute noch sind Konstrukteure, die erst eine Lehre absolviert haben und im Anschluß daran eine Fachschule besucht haben, im Maschinenbau sehr begehrt, in der Regel aber - nicht zuletzt infolge der veränderten beruflichen Orientierung von Jugendlichen - auf dem Arbeitsmarkt schwer zu bekommen.

Die Frage, ob der Produktinnovation im Maschinenbau heute ein grundsätzlich anderes Paradigma zugrundeliegt, können wir hier nicht abschließend beantworten. Die wachsende Wertschöpfungsrelevanz der Technischen Büros, steigende Investitionen in die technische Ausstattung und die personellen Ressourcen der E+K-Bereiche, durch die diese in vielen Betrieben ins Zentrum der Rationalisierungsinteressen rücken, der Trend zur Verwissenschaftlichung von Entwicklung und Kon-

struktion, um nur einige Stichworte zu nennen, könnten als Indiz für einen Paradigmenwechsel genommen werden. Auch die zunehmende Elektronisierung der Maschinen und Anlagen, die nach Einschätzung der befragten Experten noch nicht abgeschlossen ist, könnte den Schluß auf einen Paradigmenwechsel nahelegen.

Der Umstand, daß Produktinnovationen im Maschinenbau bis heute nach wie vor im wesentlichen von der Mechanikkonstruktion angestoßen wird und die Elektrokonstruktion gegenüber dieser Leitdisziplin in den Betrieben eher den Status einer nachgeordneten Dienstleistungsfunktion hat, spricht dagegen für eine Kontinuität des traditionellen Paradigmas.

Erinnern wir uns jedoch daran, daß ein technologisches Paradigma, gemäß Dosis Definition dadurch definiert ist, daß jeweils nur bestimmte Problemlösungen zugelassen, andere dagegen ausgeschlossen werden, so ist zumindest nicht auszuschließen, daß die starke Dominanz der Mechanikkonstruktion im Maschinenbau für diesen auch zu einer Gefahr werden kann, wenn sie dazu führt, daß zentrale für die Wettbewerbsposition der Betriebe und der Branche entscheidende Entwicklungen nicht rechtzeitig wahrgenommen werden.<sup>27</sup>

### Literatur

- Asdonk, J.; Bredeweg, U.; Kowol, U. (1991): Innovation als rekursiver Prozeß - Zur Theorie und Empirie der Technikgenese am Beispiel der Produktionstechnik, in: Zeitschrift für Soziologie, Jg. 20, Heft 4.
- Danielmeyer, H.G. (1990): Marktrelevanz setzt Maßstäbe, in: Siemens-Zeitschrift, Heft 5.
- Dertouzos, M.L.; Lester, R.K.; Solow, R.M. (1990): Die Krise der USA. Potential für neue Produktivität "Made in USA". Frankfurt.
- Dosi, G. (1982): Technological Paradigms and Technological Trajectories, in: Research Policy.
- Drexel, J. (1992): Das Ende des Facharbeiteraufstiegs? Neue mittlere Bildungs- und Karrierewege in Deutschland und Frankreich - ein Vergleich. Frankfurt/New York.

<sup>27</sup> Mehrfach wiesen unsere Gesprächspartner darauf hin, daß die Stärke ihrer japanischen Konkurrenten in der "Mechatronik", der Synthese von Mechanik und Elektronik liegt und sie dadurch Wettbewerbsvorteile erzielen konnten.

- Ehrlenspiel, K. (1980): Möglichkeiten zum Senken der Produktionskosten - Erkenntnisse aus einer Auswertung von Wertanalysen, in: Konstruktion, Jg. 32, Heft 5.
- Fürstenau, J. (1973): Struktur und Strukturveränderungen im Maschinenbau, in: Institut für Bilanzanalysen Frankfurt. Die Maschinenbau-Industrie in der Bundesrepublik Deutschland.
- Galbraith, J.K. (1968): Die moderne Industriegesellschaft. München.
- Gilfillan, S.C. (1935): The Sociology of Invention. Chicago.
- Hack, L. (1988): Vor Vollendung der Tatsachen. Die Rolle von Wissenschaft und Technologie in der dritten Phase der Industriellen Revolution. Frankfurt/M.
- Lutz, B. (1990): Die Rückkehr des Facharbeiters, in: Gewerkschaftliche Monatshefte, Heft 7.
- Lutz, B. (1990): Technikforschung und Technologiepolitik, in: WSI-Mitteilungen, Heft 10.
- Maurice, M.; Sorge, A. (1990): Industrielle Entwicklung und Innovationsfähigkeit der Werkzeugmaschinenhersteller in Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland, Wissenschaftszentrum Berlin, discussion paper.
- Mayntz, R. (1992): Erfindungen sind nicht im Gang der Wissenschaft programmiert, in: Technische Rundschau, Heft 28/29.
- Mead, J.H. (1980, zuerst 1908/09): Berufsbildung, Arbeiterschaft und Schule, in: Jonas, H. (Hg.), George Herbert Mead, Gesammelte Aufsätze, Band 1.
- Moldaschl, M. (1991): Frauenarbeit oder Facharbeit? Montagerationalisierung in der Elektroindustrie II. Frankfurt/New York.
- Moscovici, S. (1977): Versuch über die menschliche Geschichte der Natur. Frankfurt.
- Musson, A.E. (1977): Einführung, in: Musson (Hg.).
- Musson, A.E. (Hg.) (1977): Wissenschaft, Technik und Wirtschaftswachstum im 18. Jahrhundert. Frankfurt.
- Paulinyi, A. (1989): Industrielle Revolution. Vom Ursprung der modernen Technik. Reinbek.
- Rammert, W. (1988): Technikgenese, Stand und Perspektiven der Sozialforschung zum Entstehungszusammenhang neuer Techniken, in: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Jg. 40, Heft 4.
- Rammert, W. (1991): Research on the Generation and Development of Technology: The State of the Art in Germany, in: Verbund sozialwissenschaftlicher Technikforschung, Mitteilungen Heft 8, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung.
- Schumpeter, J.A. (1950): Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie. Tübingen.
- Sorge, A. (1985): Informationstechnik und Arbeit im sozialen Prozeß. Frankfurt/New York.
- VDMA (Hg.) (1992): Statistisches Handbuch für den Maschinenbau, Ausgabe 1992. Frankfurt.
- Weingart, P. (Hg.) (1989): Technik als sozialer Prozeß. Frankfurt.
- Wolf, H.; Mickler, O.; Manske, F. (1992): Eingriffe in Kopfarbeit. Die Computerisierung technischer Büros im Maschinenbau. Berlin.
- Zilsel, E. (1976): Die sozialen Ursprünge der neuzeitlichen Wissenschaft. Frankfurt.
- Zündorf, L.; Grunt, M. (1982): Innovationen in der Industrie: Organisationsstrukturen und Entscheidungsprozesse betrieblicher Forschung und Entwicklung. Frankfurt/New York.