

Inhalt

Abstract

The following study is concerned with research and development (R&D) activities in the West German machine-building industry. R&D strategies of the organization of R&D within companies and the organization of R&D with other companies or scientific institutions are analyzed. It is argued that fundamental technological change puts increasing pressure on machine-building companies to adapt and restructure traditionally established R&D activities.

2. Interner Fu&E-Prozess

## Zur Gegenwart der Fabrik der Zukunft:

### Forschungsaktivitäten im bundesdeutschen Maschinenbau

3. Heterogene Branchenstruktur

Jürgen Häusler

90/1

7. Intra-industrielle Zusammenarbeit: Neue Kooperationsformen

8. "Fabrik der Zukunft": Staatliche Steuerungsleistungen? 95

Literatur 111

Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung

Lothringer Str. 78

D-5000 Köln 1

Federal Republic of Germany

Telephone 0221/ 336050

Fax 0221/ 3360555

90/1915  
Max-Planck-Institut  
für Gesellschaftsforschung  
Bibliothek

PLA-7/9001

20295000

MPIFG Discussion Paper 90/1

ISSN 0933-5668

März 1990

### Abstract

The following study is concerned with research and development (R&D) activities in the West German machine-building industry. R&D strategies, the organization of R&D within companies and the relevance of cooperation with other companies or scientific institutions are analyzed. It is argued that fundamental technological change puts increasing pressure on machine-building companies to adapt and restructure traditionally established R&D activities.

\* \* \* \* \*

Gegenstand der folgenden Untersuchung sind die Forschungs- und Entwicklungs-(FuE-)Aktivitäten der Unternehmen in der bundesdeutschen Maschinenbauindustrie. Im Mittelpunkt der Analyse stehen strategische Orientierungen dieser Aktivitäten, ihre organisatorische Ausgestaltung in den Unternehmen und die Bedeutung der Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen bzw. wissenschaftlichen Einrichtungen. Die These wird vertreten, daß gegenwärtig grundlegende technologische Veränderungen die etablierten FuE-Strukturen in Maschinenbauunternehmen einem zunehmenden Anpassungsdruck aussetzen.

Max-Planck-Institut  
für Gesellschaftslehre  
Bibliothek

MPIFG Discussion Paper 90/1  
ISSN 0933-6668  
Max 1990

Max-Planck-Institut für Gesellschaftslehre  
Lohstrasse 51, 70  
D-5000 Köln 1  
Federal Republic of Germany  
Telephone 0221 / 336050  
0221 / 336055  
Fax

## Inhalt\*

Abstract	2
Verzeichnis der Schaubilder	4
Verzeichnis der Tabellen	5
1. Einleitung	7
2. Interne FuE-Organisation: Inkrementelle Innovationsstrategie	13
3. Heterogene Branchenstruktur: Vertikale Koordination	19
4. Ökonomische Konkurrenzposition: Gefährdete Spitze	26
5. Technologische Herausforderungen: Technologischer Paradigmenwechsel	35
6. Reorganisation der FuE-Struktur: Autonomisierung, Diversifikation und Integration	47
7. Intra-industrielle Zusammenarbeit: Neue Kooperationsformen	81
8. "Fabrik der Zukunft": Staatliche Steuerungsleistungen?	95
Literatur	111

---

\* Zahlreiche Verbesserungen des Papiers verdanke ich den Anregungen und Kommentaren von Jürgen Feick, Edgar Grande, Hans-Willy Hohn, Susanne Lütz, Renate Mayntz, Charles Sabel, Fritz W. Scharpf, Uwe Schimank, Arndt Sorge; für die ansprechende Gestaltung von Text, Schaubildern und Tabellen danke ich Annette Ahrens und Bernd Meisheit.

## Verzeichnis der Schaubilder

Schaubild 1:	FuE im Maschinenbau: Die "dominante Koalition" in der formativen Phase	14
Schaubild 2:	Steuerungs- und Koordinationspotentiale auf Unternehmensebene	25
Schaubild 3:	Außenhandelssituation des bundesdeutschen Maschinenbaus	32
Schaubild 4:	FuE-Ausgaben der Hochschulen und finanzierende Sektoren (Index 1962=100)	53
Schaubild 5:	Haushaltsentwicklung der für den Maschinenbau relevanten FhIs 1972-1987	54
Schaubild 6:	Kooperationsbeziehungen zwischen Wissenschaft und Industrie	57
Schaubild 7:	Modelle der FuE-Steuerung in Maschinenbauunternehmen	60
Schaubild 8:	Unternehmensmodelle im Maschinenbau	61
Schaubild 9:	Unternehmensstrategien im Maschinenbau	78
Schaubild 10:	Strategische Anforderungen und Optionen der Unternehmen des Maschinenbaus	78
Schaubild 11:	Unternehmenszusammenschlüsse im Maschinenbau 1973-1984	84

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Umsatzanteil der jeweils zehn größten Unternehmen (in %)	20
Tabelle 2: FuE-Aufwendungen der Unternehmen nach Beschäftigtengrößenklassen in einzelnen Branchen (in %)	21
Tabelle 3: Entwicklung der Produktion einzelner Fachzweige (1980-1987)	22
Tabelle 4: Position des Maschinenbaus in der bundesdeutschen Ökonomie (1985; jeweils Anteile am gesamten Industriesektor in %)	28
Tabelle 5: Maschinenbau: Produktion, Export und Import (in Mio. DM)	31

<sup>1</sup> Vgl. die Flut von einschlägigen Beiträgen in den Sonderbeilagen "Technische Linie" des Handelsblatts und "Trend" der VDI-Nachrichten sowie die Serie "Die neue Fabrik" in "Blick durch die Wirtschaft".

<sup>2</sup> So antizipieren Gewerkschaften nach innen gerichtete Forderungen nach dezentraleren Organisationsstrukturen, in den Unternehmen dürfen vor dem Hintergrund notwendiger neuer Organisationskonzepte ... jahrzehntelang gewachsene Fachbereiche mit 'Erbbetriebcharakter' und innerbetriebliche Machtstrukturen kein Tabu sein' (Neipp 1986: 145); vielfach wird das mittlere Management als möglicher Verlierer einer Entwicklung zur "Fabrik der Zukunft" gesehen; vgl. Bonse 1989 und Göhren 1985: 28.

<sup>3</sup> Vgl. zusammenfassend Schettkat 1988.

<sup>4</sup> Vgl. u.a. Kämpfer 1988, Boffo/ Fix-Stierz/ Schneider/ Wengel 1986 und die Einrichtung eines Sonderforschungsbereiches "Neue Informationstechnologien und flexible Arbeitssysteme, Entwicklung und Bewertung von CIM-Systemen auf der Basis teilautonomer

## 1. Einleitung

In der Debatte um die Zukunft westlicher Industriegesellschaften bildet die "Fabrik der Zukunft" einen zentralen Topos. Geprägt ist diese Diskussion von hoffnungsvoller Ungewißheit: Noch scheint die Dynamik der technologischen Entwicklung ebenso beeindruckend wie die Vielfalt der strategischen Optionen des Managements in der "Fabrik der Zukunft".<sup>1</sup>

Die Interessenorganisationen der Arbeitgeber und Arbeitnehmer sehen Chancen und Gefahren in den technologischen Entwicklungen zugleich: Erstere hoffen auf entscheidende Produktivitätsfortschritte und gesteigerte Akzeptanz seitens höher qualifizierter Arbeitnehmer, letztere erwarten im Zuge einer Qualifizierungsoffensive erweiterte Mitbestimmungsrechte; gleichzeitig sehen beide durch diese Entwicklungen aber auch gewachsene Organisations- und Machtstrukturen in Frage gestellt.<sup>2</sup>

Erhofft, befürchtet oder prognostiziert werden positive wie negative Effekte auf Beschäftigungsstruktur und -niveau in der industriellen Fertigung.<sup>3</sup> Gleiches gilt für die "Sozialverträglichkeit" der neuen Arbeitsplätze.<sup>4</sup> In der Industriesoziologie bleibt das erwartbare Ergeb-

---

<sup>1</sup> Vgl. die Flut von einschlägigen Beiträgen in den Sonderbeilagen "Technische Linie" des Handelsblatts und "Trend" der VDI-Nachrichten sowie die Serie "Die neue Fabrik" in "Blick durch die Wirtschaft".

<sup>2</sup> So antizipieren Gewerkschaften nach innen gerichtete Forderungen nach dezentraleren Organisationsstrukturen; in den Unternehmen dürfen vor dem Hintergrund notwendiger neuer "Organisationskonzepte ... jahrzehntelang gewachsene Fachbereiche mit 'Erbhofcharakter' und innerbetriebliche Machtstrukturen kein Tabu sein" (Neipp 1986: 145); vielfach wird das mittlere Management als möglicher Verlierer einer Entwicklung zur "Fabrik der Zukunft" gesehen; vgl. Bonse 1989 und Göhren 1986: 28.

<sup>3</sup> Vgl. zusammenfassend Schettkat 1988.

<sup>4</sup> Vgl. u.a. Kämpfer 1988, Boffo/ Fix-Sterz/ Schneider/ Wengel 1986 und die Einrichtung eines Sonderforschungsbereiches "Neue Informationstechnologien und flexible Arbeitssysteme: Entwicklung und Bewertung von CIM-Systemen auf der Basis teilautonomer

nis des gegenwärtigen Restrukturierungsprozesses industrieller Produktion heftig umstritten.<sup>5</sup>

Offen erscheint Fachleuten schließlich auch die *Zukunft jener Branche*, die durch ihre heutigen (insbesondere Forschungs- und Entwicklungs-) Aktivitäten die Gestalt der "Fabrik der Zukunft" entscheidend prägt: "Ob der deutsche *Maschinenbau* über den jetzigen Aufschwung hinaus als Wachstumsbranche gelten kann - darüber läßt sich trefflich streiten" (Leibinger 1988; Hervorhebung JH).<sup>6</sup>

Eindeutig und unbestritten ist dagegen der *zentrale Stellenwert*, den die gegenwärtigen Veränderungen der industriellen Fertigungstechnik für die zukünftige ökonomische und gesellschaftliche Entwicklung (auch) in der Bundesrepublik haben. An diesem Punkt sieht sich auch die staatliche Forschungspolitik gefordert: "Zur Erhaltung und Stärkung unserer Wettbewerbsfähigkeit und damit des Lebensstandards sowie zur Sicherung unserer Arbeitsplätze ist es notwendig, einen breit angelegten zukunftsorientierten Innovationsprozeß in der industriellen Fertigung ... einzuleiten und kontinuierlich weiterzuführen" (BMFT 1988: 3).

Mit seinen Programmen zur Förderung der Forschungs- und Entwicklungs-(FuE-)Aktivitäten im Maschinenbau<sup>7</sup> verbindet das BMFT

---

Fertigungsstrukturen" an der Universität Bochum; vgl. dazu FR 15.3.1989.

<sup>5</sup> Zusammenfassend vgl. Malsch/ Seltz 1987.

<sup>6</sup> Berthold Leibinger ist Geschäftsführender Gesellschafter der baden-württembergischen Trumpf Maschinenfabrik.

<sup>7</sup> Im Programm "Fertigungstechnik 1984-1988" wurden vom BMFT über 600 Mio. DM ausgegeben; gefördert wurden dabei insbesondere 19 Verbundprojekte (vgl. KfK 1989; Technologiebrief April 1989: 2/3); das aktuelle Programm Fertigungstechnik läuft von 1988 bis 1992 (vgl. BMFT 1988a; Technologie-Nachrichten 15.8.1989: 2/3). Für die Zwecke dieses Papiers werden aus pragmatischen Gründen lediglich die Forschungsprogramme des BMFT genannt, die explizit oder implizit auf eine Förderung der FuE-Aktivitäten im Maschinenbau zielen; unberücksichtigt bleiben dabei alle jene staatlichen Maßnahmen (auch anderer Ministerien, mit anderen als finanziel-

lediglich bescheidene Steuerungsabsichten: (1) In *temporärer* Hinsicht soll die Förderung "die Bemühungen der Industrie unterstützen und Innovationsprozesse beschleunigen ..., damit sie *rechtzeitig in den Prozeß einer zukunftsorientierten Strukturverbesserung einsteigen*"; (2) *quantitativ* sollen die Maßnahmen eine Zunahme der FuE-Aktivitäten der Unternehmen induzieren; (3) schließlich streben die Maßnahmen danach, ihre eigene Zielgruppe auszudehnen und zielen deshalb insbesondere auf Unternehmen einer spezifischen *Größenordnung*, deren Einbettung in umfassendere Forschungsnetzwerke notwendige kritische Massen schaffen soll: "Kleine und mittlere Unternehmen sind häufig überfordert, diese Probleme allein zu lösen. Ihnen muß die Möglichkeit gegeben werden, solche zukunftsorientierten technologischen Lösungen in kooperativen Projekten mit anderen Unternehmen sowie mit wissenschaftlichen Institutionen gemeinsam zu entwickeln" (BMFT 1988).

Eine Steuerungsabsicht hinsichtlich der *technologischen Schwerpunkte* der Forschungsaktivitäten wird *innerhalb* der Programme zur Förderung von Innovationen im Maschinenbau<sup>8</sup> lediglich implizit kundgetan: *Spezifische* Defizite werden angegangen, *Schwerpunkte* werden gesetzt. Als Grundtenor wird jedoch der *technologieneutrale* Charakter der Fördermaßnahmen (beschleunigter Technologietransfer, Standardisierungsaktivitäten, indirekt-spezifische Förderung, Aktivierung von Verbund- und Kooperationsvorhaben) hervorgehoben. Die Steuerung der technologischen Entwicklung, was spezifische *Entwicklungsrichtungen* angeht, wird von den Unternehmen selbst erwartet.

---

len Instrumenten), die unternehmerische FuE-Aktivitäten in diesem Sektor ebenfalls positiv oder negativ beeinflussen mögen; vgl. dazu Becher 1988 sowie die Ausgangsüberlegungen des Projekts "Politische Steuerung von Industrieforschung" am MPIFG (MPIFG 1988: 21-23).

<sup>8</sup> Als Ganzes stellen die Maßnahmen zur Förderung neuer Fertigungstechniken angesichts alternativ möglicher technologischer Förderprogramme natürlich steuernde staatliche Eingriffe dar. Technologiespezifisch selektiv können staatliche Aktivitäten zudem jenseits der Programmebene bei den folgenden Implementationsschritten (von der Projektausschreibung bis zur Projektauswahl) wirken; dies geschah etwa im Programm "Fertigungstechnik 1984-1988" durch den Projektträger (KfK; Interview 890317.INT).



Mit dieser Reduktion staatlicher Steuerungsansprüche in der Förderung industrieller Forschung im Maschinenbau befindet sich das BMFT durchaus im Einklang mit gegenwärtig populären Beiträgen zur sozialwissenschaftlichen Steuerungsdiskussion<sup>9</sup>. Diese postulieren auf allgemeiner Ebene die *Unmöglichkeit* (Luhmann 1988) und auf der konkreteren forschungspolitischen Ebene die *Ineffizienz* staatlicher Steuerung. Letztere wird v.a. mit einem strukturell gegebenen "Defizit an Lenkungswissen" staatlicherseits begründet: "Zu bezweifeln ist zunächst, daß die Forschungsbürokratie über das erforderliche Lenkungswissen überhaupt verfügen kann. Es müßte eher noch dem Informationsstand überlegen sein, den die zu Fördernden, am Markt Operierenden haben" (Streit 1984: 49).

Im Mittelpunkt dieses Papiers soll nicht die sich an diese Beiträge direkt anschließende Diskussion zum staatlichen Steuerungspotential stehen.<sup>10</sup> Beleuchtet werden soll vielmehr eine implizite und größtenteils unhinterfragte Annahme der theoretischen wie praktisch-politischen Absagen an staatliche Versuche der Steuerung industrieller Forschungsaktivitäten. Danach wird nicht nur die staatliche Fähigkeit zur Steuerung in Frage gestellt, sondern aufgrund der unterstellten Fähigkeit des Unternehmenssektors zur *Selbststeuerung* auch der *Bedarf* an staatlichen Steuerungsleistungen. Vorausgesetzt wird also, daß die *Unternehmen* über das erforderliche "Lenkungswissen"<sup>11</sup> verfügen.

Um dies zu belegen, reicht (zumindest) im Falle des für die Planung von Forschungsaktivitäten nötigen Wissens der übliche Verweis auf "den Markt" allerdings keineswegs aus. Die plausible Widerlegung

---

<sup>9</sup> Zu einer politischen Gegenposition vgl. Zöpel 1988, Bogumil/Lange 1988 und Ullrich 1988a; deren politisch-normativen Charakter macht ihre paradoxe Ausgangsthese deutlich, wonach die politische Steuerung technologischer Entwicklungen gerade zu dem Zeitpunkt *immer notwendiger* werde, an dem politische Steuerung *immer unmöglicher* wird (vgl. auch Luhmann 1988: 324).

<sup>10</sup> Vgl. zur steuerungstheoretischen Diskussion u.a. Scharpf 1989, Mayntz 1987, Wilke 1988 und Luhmann 1989.

<sup>11</sup> Einschließlich der ebenfalls notwendigen Handlungskapazitäten (Personal und Finanzen).

dieser Annahme bildete schon einen zentralen Ausgangspunkt sozialdemokratischer Forschungspolitik und -strategie zu Beginn der 70er Jahre: "Der Markt als ein gegenwartsbezogenes Instrument der Produktionsbestimmung kann sich auf künftige Entwicklungen nur insoweit einstellen, als diese sich bereits in heute absehbarer und kalkulierbarer Nachfrage niederschlagen" (Hauff/ Scharpf 1975: 45).

Auch marktwirtschaftliche Apologeten konzedieren letztlich, daß der *Marktmechanismus* als *Selektionsmechanismus* (der lediglich ex post unternehmerische "Fehl"entscheidungen bestraft und "richtige" Entscheidungen belohnt) Richtung und Ausmaß unternehmerischer Forschungsaktivitäten nicht vorausschauend und handlungsleitend steuern kann, wenn sie im Anschluß an Schumpeter die *Variationen* technologischer Innovationsprozesse damit erklären, "daß es der *unternehmerischen Eigeninitiative und Eigenverantwortung* überlassen bleibt, in welchen Bereichen geforscht und entwickelt wird" (Donges 1988: 154; Hervorhebung JH).

Dieses Vertrauen in die Kenntnisse des Unternehmens bzw. des Unternehmers bezüglich zukünftiger Markt- und technologischer Entwicklungen bleibt allerdings reichlich vage und letztlich unbegründet.

Mehr noch als im Produktionsbereich (wo ebenfalls erst ex post die tatsächliche Nachfrage über die Richtigkeit unternehmerischer Produktionsentscheidungen entscheidet) bleibt in der Forschungsplanung auch auf Unternehmensebene ein hoher Grad an Ungewißheit strukturell notwendig erhalten. Diese Ungewißheit, oder in anderen Worten: mangelndes "Lenkungswissen", ist geradezu konstitutiv für den industriellen Forschungsprozeß und dessen zentrales strategisches Problem: "Aber nicht nur im Bereich grundlegender Neuerungen, sondern bei allen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten muß man feststellen, daß wir hier weitaus weniger über zuverlässige Instrumente der Steuerung, Planung und Erfolgskontrolle verfügen als in anderen Bereichen der Unternehmensführung. Forschungs- und Entwicklungsmanagement ist damit heute wohl mehr noch ein Kunst-

handwerk als eine mit wissenschaftlichen Lehrsätzen der Betriebswirtschaft beherrschte Methodik" (Beckurts 1982: 52).<sup>12</sup>

Zur Diskussion stehen sollen in diesem Papier folglich lediglich denkbare *institutionelle Arrangements* der Unternehmen, um diese *forschungsstrategische Ungewißheit zu bearbeiten* oder im günstigsten Fall in beschränktem Maße abzuarbeiten.

Mechanismen der industriellen Selbststeuerung sollen im folgenden am Beispiel der Forschungsaktivitäten des bundesdeutschen Maschinenbaus auf *zwei Ebenen* analysiert werden: (1) beim individuellen Unternehmen (FuE-Management und -Organisation); (2) in kooperativer Form als Zusammenarbeit einzelner Unternehmen (vertikal als "Produktionsverbund" von Hersteller und Abnehmer; horizontal als brancheninterne oder -übergreifende Forschungsk Kooperationen).

Spezifische Steuerungsmechanismen werden dabei mit spezifischen Problemstrukturen in der gegenwärtigen forschungsstrategischen Situation des Maschinenbaus kontrastiert. Die *These* wird vertreten, daß traditionelle, eingespielte und bisher erfolgreiche Steuerungsmechanismen mehr und mehr in Konflikt geraten mit den durch den Druck der Weltmarktkonkurrenz gegenwärtig geforderten technologischen Neuerungen im Maschinenbau. Ausgelöst werden dadurch (und wurden in den vergangenen Jahren vereinzelt bereits) Anpassungsprozesse der Organisation und der strategischen Ausrichtung der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des Sektors.

Vorgetragen wird diese These in drei Argumentationsschritten: (a) zunächst werden zentrale Strukturelemente der "traditionellen" FuE-Organisation in Maschinenbauunternehmen beschrieben (Kapitel 2 und 3); diese werden (b) der gegenwärtigen ökonomischen Konkurrenzsituation und technologischen Zukunftsperspektive des Sektors gegenübergestellt und die daran anknüpfende Problempersonen der beteiligten Akteure zusammengefaßt (Kapitel 4 und 5); daran anschließend werden (c) auf zwei Ebenen (im Unternehmen, zwischen Unter-

---

<sup>12</sup> Beckurts war zu dieser Zeit der leitende Forschungsmanager der Siemens AG.

nehmen) denkbare und sich abzeichnende Anpassungsprozesse der strategischen Orientierung und institutionell-organisatorischen Einbettung der FuE-Aktivitäten des bundesdeutschen Maschinenbausektors diskutiert (Kapitel 6 und 7).

Vor diesem Hintergrund lassen sich abschließend (Kapitel 8) staatliche Fördermaßnahmen in ihrer Bedeutung für die Forschung der Unternehmen im Maschinenbau in einem ersten Ansatz neu deuten.

## 2. Interne FuE-Organisation: Inkrementelle Innovationsstrategie

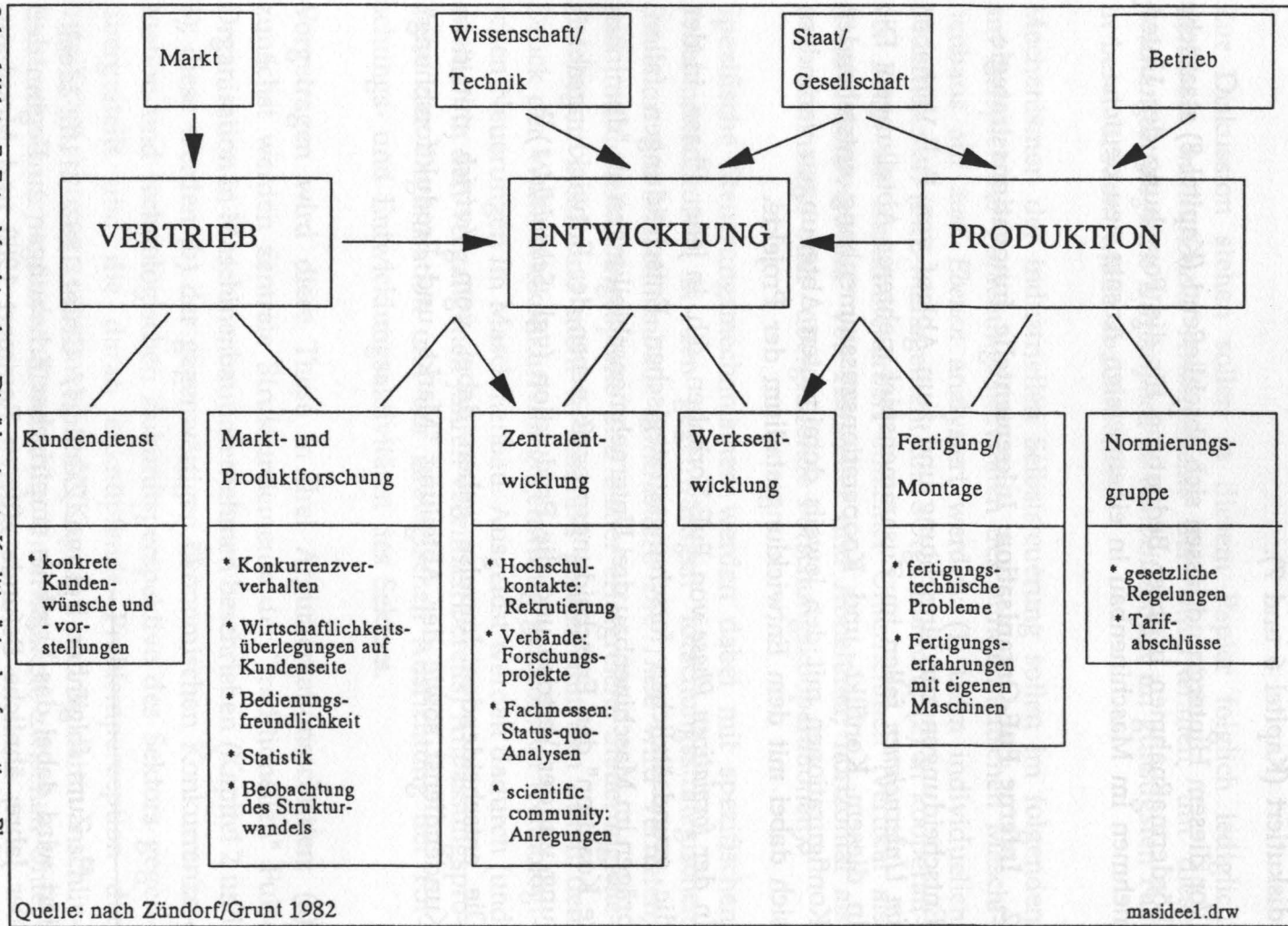
Entscheidungen zur Einrichtung und zum Ablauf von FuE-Vorhaben *im Unternehmen* fallen im Zusammenspiel mehrerer Abteilungen. Die in diesem Konflikt- und Kooperationszusammenhang entstehenden Konfigurationen mit den jeweils dominanten Abteilungen verändern sich dabei mit dem Entwicklungsstadium der Projekte.

In der *formativen Phase* von FuE-Vorhaben, d.h. in jener Phase, in der die grundsätzlichen forschungsstrategischen Entscheidungen fallen, prägen im Maschinenbau drei Unternehmensabteilungen als "dominante Koalition" den Entscheidungsprozeß: neben der Entwicklungsabteilung v.a. der Vertrieb und die Produktion (vgl. *Schaubild 1*).<sup>13</sup>

Die entscheidenden Impulse gehen dabei vom *Vertrieb* mit dem Kundendienst sowie der Abteilung "Markt- und Produktforschung"

<sup>13</sup> Zum folgenden vgl. v.a. Zündorf/ Grunt 1982: 211ff.; idealisiert wird dabei das Ergebnis empirischer Erhebungen zu Beginn der 80er Jahre; ähnliche Befunde zitieren Rammert 1988 und Mombaur 1989: 34ff.; zu einer strategischen Äußerung zu diesem Zusammenhang im Maschinenbau vgl. Mock 1983.

Schaubild 1: FuE im Maschinenbau: Die "dominante Koalition" in der formativen Phase



aus.<sup>14</sup> Über den Kundendienst initiieren konkrete Kundenwünsche<sup>15</sup> und Nutzungserfahrungen Entwicklungsvorhaben, die zu Detailveränderungen an existierenden Maschinen führen. Damit determiniert v.a. das *Kundenverhalten*, im Maschinenbau also das Marktverhalten und die Investitionsstrategien der jeweils belieferten Industriebranchen, Entwicklungsrichtung und -geschwindigkeit des technischen Fortschritts im Maschinenbau. Allgemeinere Marktverschiebungen auf der Nachfrageseite beobachten die Markt- und Produktforschungsabteilungen.

Technische, d.h. *fertigungstechnische* Erfahrungen und Probleme verarbeiten die Abteilungen Fertigung und Montage zu Vorschlägen der Produktinnovation. Normierungsgruppen in den Produktionsabteilungen schließlich bringen Änderungsvorschläge ein, die auf gesetzliche (Sicherheit am Arbeitsplatz, Umweltschutz) oder tarifvertragliche Bestimmungen reagieren.

Diese Orientierungsstruktur auf institutioneller Ebene spiegelt sich auch im Informationsverhalten der Maschinenbauunternehmen wider; so führen dort Mitarbeiter-, Kunden- und Lieferantengespräche die Liste der genutzten Informationsquellen deutlich an (Hofer 1986: 35).

Auf inhaltlicher Ebene dominiert traditionell im Prozeß der Entwicklung und Ausarbeitung neuer FuE-Vorhaben in Maschinenbauunternehmen eine *inkrementalistische*, auf die Verbesserung der existieren-

---

<sup>14</sup> Nach subjektiven Schätzungen von Beteiligten haben 75% der Innovationsanstrengungen hier ihren Ursprung.

<sup>15</sup> "Kunden" sind in diesem Zusammenhang Industrieunternehmen als die Abnehmer der Produkte des Maschinenbaus; zur steigenden strategischen Bedeutung des Verhaltens "privater Kunden" auf indirektem Wege vgl. Weißbach/ Niebur 1986: 344.

den Produkte gerichtete bzw. beschränkte Perspektive.<sup>16</sup> Die Aufmerksamkeit wird systematisch auf die Analyse des Status quo fixiert. Die in die Zukunft gerichteten Innovationsstrategien entwickeln sich aus der Erfassung *konkreter* Defizite der aktuell produzierten Maschinen heraus; es unterbleibt in der Regel eine - auch denkbare - in die Zukunft gerichtete Reflektion des aktuellen Standes der Technik auf abstrakterer Ebene.<sup>17</sup>

Eine Analyse des unterschiedlichen Innovationsverhaltens bzw. der unterschiedlichen Innovationsgeschwindigkeiten einzelner Fachzweige des Maschinenbaus erhärten einerseits diese "demand-pull"-These.<sup>18</sup>

---

<sup>16</sup> Ein zugespitztes Beispiel für eine derartige Perspektive liefert das folgende Zitat des Geschäftsführers eines Landmaschinenherstellers; dieser schätzt "den Stellenwert von Produktinnovationen für das Unternehmen als gering ein, weil die Aufgabenstellung für den Bauern seit Jahrzehnten unverändert besteht, dann kann man nicht jedes Jahr etwas völlig Neues erfinden" (zitiert nach Mombaur 1989: 35).

<sup>17</sup> Mit gleichem Ergebnis bei unterschiedlicher Begründung so auch Rammert 1988: 179; dort bedingen geringe Unternehmensgrößen im Maschinenbau geringe interne Differenzierungen der Forschungsabteilungen; daraus wiederum resultieren geringe interne Steuerungskapazitäten; den daraus folgenden Bedarf an externen Steuerungsleistungen befriedigen Kundenwünsche, was letztlich defensive Innovationsstrategien wahrscheinlich macht; während Rammert also die engen Beziehungen von Maschinenbauunternehmen und Abnehmerindustrien funktional von den (geringen) Unternehmensgrößen herleitet, wird diese enge Beziehung hier als (größenunabhängiges) historisch gewachsenes und bisher erfolgsverbürgendes Strukturmerkmal der Branche interpretiert (Rammert selbst bietet ebenfalls (176ff.) eine alternative Kausalbeziehung an, indem er die Komplexität des Innovationsziels (der Produkte) zur erklärenden Variable für den Grad der internen Differenzierung etc. erklärt).

<sup>18</sup> Dabei ist hier keineswegs beabsichtigt, einen Beitrag zur - bisher letztlich ergebnislosen - Diskussion innerhalb der ökonomischen Innovationsforschung zur Differenz "demand-pull" versus "technology-push" zu leisten; es geht vielmehr um das Aufzeigen einer strukturellen Dominanz (auf der Ebene strategischer Orientierungen und institutioneller Arrangements) der Markt- bzw. Kundenorientierung (im Vergleich zur Produktions- und insbesondere Technologieorientierung) in einer spezifischen Industriebranche. Zu einer resümierenden Darstellung der Debatte um die - letztlich nur analytisch zu treffende

Die nicht unbeträchtlichen Differenzen in der Innovations"freudigkeit" einzelner Fachzweige des Maschinenbaus machen andererseits eine Einschränkung der hier unterstellten *grundsätzlichen* Gleichsetzung von kundenorientierter und inkrementeller Innovationsstrategie<sup>19</sup> notwendig. Denn es könnte sich durchaus ein auf die Abnehmerindustrien wirkender zunehmender Konkurrenz- bzw. Innovationsdruck auch auf die zuliefernden Maschinenbauunternehmen auswirken - unter Umständen auch in der Form *sprunghaft* ansteigender technologischer Anforderungen.

Gleichwohl muß sich dieser Innovationsdruck in einer derartigen Konstellation<sup>20</sup> nicht notwendigerweise auf die etablierten, durch traditionell enge Kunden-Lieferanten-Beziehungen verbundenen, Maschinenlieferanten auswirken; er könnte ebenso beim Abnehmer internalisiert<sup>21</sup> oder an Dritte weitergegeben werden. Als Indiz für eine solche Entwicklung könnten die Exporterfolge japanischer Werkzeugmaschinenhersteller auf dem bundesdeutschen Markt zwischen Mitte der 70er und Mitte der 80er Jahre gedeutet werden (vgl. Vieweg 1989: 29).

Schließlich macht die mangelnde technologische Konkurrenzfähigkeit bundesdeutscher Werkzeugmaschinenbauer gegen Ende der 70er Jahre auch deutlich, daß kundenvermittelter Innovationsdruck nicht hinreichend mit einer ausschließlich kundenorientierten Innovationsstrategie zu bewältigen ist.

---

- Differenz zwischen "demand-pull" und "technology-push" vgl. Mowery/ Rosenberg 1982; eine historische Darstellung der Debatte liefern Irvine/ Martin 1984: 15-27; vgl. auch Dose 1988.

<sup>19</sup> So zum Teil auch die betriebswirtschaftliche Innovationsforschung: "Potentielle Käufer orientieren ihre Präferenzvorstellungen i.d.R. an den ihnen bekannten Produkten und zeigen damit einen gewissen Konservatismus" (Brockhoff 1985: 626/627).

<sup>20</sup> Die so, und in dieser Weise auch oft zitiert, etwa im bundesdeutschen Automobilbau gegen Ende der 70er Jahre vorlag.

<sup>21</sup> Vgl. etwa die Roboterentwicklung durch Volkswagen.



Kundenvermittelter Innovationsdruck kann lediglich eine notwendige Bedingung zur Aktivierung von Innovationsanstrengungen darstellen, er kann jedoch nicht die Innovationsgeschwindigkeit bzw. -richtung, z.B. also die Wahl zwischen inkrementellen oder radikalen Lösungen, hinreichend vorgeben;<sup>22</sup> hierfür werden technologische Informationen entscheidend. Während Kundenwünsche zur technologischen Problemlösung wenig beitragen bzw. einen "bias" zur inkrementellen Lösung haben, bleibt die allgemeine Marktnachfrage als Handlungsanleitung für das FuE-Management zu diffus. Zusammengefaßt hieße dies: Kundenwünsche mögen sich sprunghaft verändern; die Bewältigung solcher technologischen Anforderungen würde in der Regel im Maschinenbauunternehmen allerdings eine Reorientierung dahingehend voraussetzen, daß die ausschließlich kunden- bzw. marktorientierte Innovationsstrategie durch eine solche ersetzt bzw. ergänzt würde, die zumindest auch sich bietende technologische Potentiale als Innovationsimpulse nutzt.<sup>23</sup>

Eine solche alternative, auf einer "technology-push"-Perspektive basierende "angebotsorientierte" Innovationsstrategie (Brockhoff 1985<sup>24</sup>) müßte im Unternehmen v.a. die Forschungs- und Entwicklungsabteilung vertreten. Die Hauptabteilung Zentralentwicklung etwa hält traditionell die wissenschaftlich-technischen Außenkontakte zur "scientific community". Im Rahmen der standardisierten Innovationsaktivitäten des Unternehmens werden die dabei registrierten Entwicklungen jedoch lediglich als interessante Anstöße perzipiert; einen system-

---

<sup>22</sup> Mowery/ Rosenberg 1982: 227: "demand is necessary, but not sufficient"; zur Mittelneutralität des Zielfindungsmechanismus "Nachfrage" vgl. auch Dosi 1982: 149.

<sup>23</sup> Dagegen erscheint zur Erreichung *inkrementeller* Innovationschritte durchaus auch eine kooperative Erarbeitung der Problemlösung durch Kunde und Lieferant, bzw. gar eine kundendominierte Lösung, denkbar: "Bei der Anfrage nach einer Maschine formuliert der *Anwender* exakt ein Bearbeitungsproblem *und legt ein grundsätzliches Lösungskonzept, den Lösungstypus, vor*" (Zörgiebel 1983: 160; Hervorhebung JH).

<sup>24</sup> Brockhoff (1985: 627) definiert diese "angebotsorientierte Innovationsstrategie" dadurch, daß sie auch "Optionen aus der Prognose technologischer Möglichkeiten ableitet".

matischen, der Marktbeobachtung vergleichbaren Stellenwert erhalten sie gegenwärtig noch nicht.<sup>25</sup>

Nach einer erfolgten Initialzündung im Bereich technologischer Neuerungen bleibt gleichwohl noch die Strategie des *Imitators*. In deren Rahmen vermitteln sich neue technologische Impulse dem Unternehmen vor allem über die (wiederum in der Markt- und Produktforschung des Vertriebs angesiedelte) Beobachtung der Konkurrenten.

### 3. Heterogene Branchenstruktur: Vertikale Koordination

Zu den spezifischen Ausprägungen des Maschinenbaus gehören zunächst die große Zahl an Unternehmen und die relativ große Bedeutung kleiner und mittlerer Unternehmen.<sup>26</sup> Unter den zentralen Branchen in der bundesdeutschen Ökonomie weist der Maschinenbau die deutlich höchste Zahl an Unternehmen auf; 1985 waren dies ca. 4.500 (Tabelle 1). Knapp 80% dieser Unternehmen hatten unter 200 Beschäftigte<sup>27</sup>. Gleichzeitig erreicht die Dominanz einiger weniger Großkonzerne im Maschinenbau deutlich geringere Ausmaße als in vergleichbaren anderen Branchen; so erzielten die größten zehn Unternehmen deutlich unter 20% des Branchengesamtumsatzes (Tabelle 1)<sup>28</sup>.

---

<sup>25</sup> So auch kritische Stimmen in einzelnen Unternehmen, z.B. des Werkzeugmaschinenbaus (Interview 890414.INT).

<sup>26</sup> Vgl. zum folgenden auch Hildebrandt/ Seltz 1989.

<sup>27</sup> Diese 3.700 Unternehmen hatten allerdings nur einen Anteil an den Beschäftigten des Maschinenbaus von knapp unter 24% und einen Anteil am Umsatz der Branche von 19%.

<sup>28</sup> Es lassen sich auch keine Tendenzen zur Stärkung der Dominanzposition der Großkonzerne in den letzten 20 Jahren erkennen; das Bild verändert sich nicht, wenn die Position der 3, 5, 25 oder 50 größten Unternehmen zugrunde gelegt wird; und schließlich bleibt die Situation in komparativer Perspektive weitgehend dieselbe, wenn die Anteile an den Beschäftigten oder Investitionen der Branche zum Maßstab genommen werden; vgl. Monopolkommission 1988.

Tabelle 1: Umsatzanteil der jeweils zehn größten Unternehmen (in %)

Wirtschaftsgruppe	1968	1975	1981	1985	Anzahl der Unternehmen 1985
Luft- und Raumfahrt	91,7	95,1	--	95,6	40
Straßenfahrzeugbau	78,5	79,5	72,7	74,5	1.729
Metallerzeugung	--	50,5	53,5	52,7	145
Chemische Industrie	44,9	46,4	47,0	47,5	1.152
Elektrotechnik	45,1	48,3	48,0	47,3	2.395
Feinmechanik, Optik	--	33,6	33,2	30,3	1.175
Maschinenbau	17,7	17,8	15,0	18,9	4.554
Steine und Erden	17,8	17,6	17,0	18,0	1.603
Kunststoffwaren	20,4	14,0	15,2	14,4	1.689
Textilgewerbe	9,3	9,5	10,4	11,3	1.334
Ungewichtetes Mittel	38,5	42,3	43,9	44,2	33.483

Quelle: Monopolkommission 1988: 92/93 und Anlagenband 186ff.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Struktur der Unternehmensgrößen der industriellen *Forschungsaktivitäten* im Maschinenbau. Im Branchenvergleich haben kleine und mittlere Unternehmen einen relativ großen Anteil an den FuE-Aktivitäten des Maschinenbausektors: Unternehmen mit unter 500 Beschäftigten tätigen 35% der FuE-Aufwendungen der Branche; der Industriedurchschnitt hierfür beträgt 17%, in der chemischen oder elektrotechnischen Industrie liegt dieser Anteil unter 10%. Unternehmen mit über 2.000 Beschäftigten tätigen im Maschinenbau nur knapp 50% der branchenweiten Forschungsausgaben (Durchschnitt 74%, Chemie und Elektrotechnik jeweils über 80%). Der Anteil der Forschungsaufwendungen der Kleinunternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten hat sich dabei in den 80er Jahren noch erhöht<sup>29</sup> (Tabelle 2).

Ferner zeichnet den Maschinenbau ein hoher Grad an *Binnendifferenzierung* entlang fachlicher Sektoren aus. Die Gesamtbranche gliedert sich in etwa 30 Fachzweige (mit jeweils zwischen 50 und 400 Unter-

<sup>29</sup> Dieser Sprung ist zu einem großen, jedoch nicht präzise zu bestimmenden Teil grundlegenden Änderungen im Erhebungsverfahren ab 1979 geschuldet; vgl. Häusler 1989: 18/19.

**Tabelle 2:** FuE-Aufwendungen der Unternehmen nach Beschäftigtengrößenklassen in einzelnen Branchen (in %)

Beschäftigte	< 500		500-1999		> 2000	
	1979	1985	1979	1985	1979	1985
Kraftfahrzeugbau	1,3	2,1	2,9	2,3	95,8	95,7
Elektrotechnik	7,9	9,4	10,0	7,9	81,9	82,7
Chemische Industrie	7,7	8,5	13,2	10,4	79,2	81,2
Metallerzeugung und -verarbeitung	18,6	30,0	17,4	9,7	64,0	60,3
Maschinenbau	29,9	34,9	22,1	17,5	48,1	47,7
Feinmechanik, Optik	23,3	30,0	23,7	22,8	53,0	47,2
Steinen und Erden	30,8	39,8	30,4	17,8	38,9	42,4
Kunststoff- und Gummlwaren	36,1	46,2	19,1	13,3	44,9	40,5
Holz-, Papier- und Druckgewerbe	61,7	77,6	28,5	14,0	9,8	7,5
Leder-, Textil- und Bekleidungs-gewerbe	64,8	73,9	28,7	19,6	6,5	6,5
Insgesamt	12,5	16,9	14,1	9,6	73,4	73,6

Quelle: SV 1985: 71; SV 1988: 43

nehmen), die sich zumeist auf spezifische Abnehmerbranchen hin orientieren. Jeder Fachzweig vereinigt in der Regel weit unter 10% des gesamten Produktionswertes des Maschinenbaus auf sich (eine Ausnahme bildet die Büro- und Informationstechnik mit knapp 12%); einen Anteil von über 5% weisen lediglich die Sektoren Werkzeugmaschinen (8,8%), Antriebstechnik (6,4%), Druck- und Papiertechnik (6,5%), Fördertechnik (6,0%), Lufttechnik (5,2%) und Nahrungsmittel und Verpackung (5,2%) aus (jeweils für 1987; VDMA 1988: 48/49).

Die einzelnen Fachzweige differieren deutlich hinsichtlich ihrer ökonomischen Struktur und Entwicklung. Langfristig über dem Durchschnitt des gesamten Maschinenbaus (reale Veränderungsrate des Produktionswertes von 1970 auf 1986 ca. 27%) entwickelten sich von über 30 Fachzweigen die Büro- und Informationstechnik (365%), die Ölhydraulik und Pneumatik (90%), Präzisionswerkzeuge (63%), Gummi- und Kunststoffmaschinen (35%), die Fördertechnik (30%) und die Bergwerkmaschinen (30%; VDMA 1987: 39). Unterdurchschnittlich und mit sogar negativen Wachstumsraten entwickelten sich in dieser Zeitspanne dagegen z.B. die Sektoren Näh- und Bekleidungs-, Werkzeug-, Bau- und Baustoff- sowie Schuh- und Lederindustriemaschinen.

Ein solches Zentrum können etwa in der Maschinenbauindustrie die Unternehmensspitzen von Bayer, BASF und Hoechst darstellen, so Grant/Paterson/Whitton 1988.

In einer kurzfristigeren Perspektive (von 1980 auf 1987) verschoben sich die spezifischen Entwicklungstrends teilweise (vgl. *Tabelle 3*). Das stärkste Wachstum verzeichneten in dieser Periode wiederum die Büro- und Informationstechnik (143%); ein ähnlich starkes Wachstum

**Tabelle 3:** Entwicklung der Produktion einzelner Fachzweige (1980-1987)

Fachzweig	Produktions- index 1987 (1980=100)
Büro- und Informationstechnik	243,2
Montage- Handhabungstechnik, Industrieroboter	232,4
Waren- und Leistungautomaten	143,8
Gummi- und Kunststoffmaschinen	138,1
Druck- und Papertechnik	132,9
Präzisionswerkzeuge	128,2
Textilmaschinen	127,8
Geldschränke und Tresoranlagen	120,5
Ölhydraulik und Pneumatik	117,0
Industrieöfen o. elektr., Brenner Feuerungen	110,7
Allgemeine Lufttechnik	105,2
Näh- und Bekleidungsmaschinen	105,1
Wäscherei- und Chemischreinigungsmaschinen	104,6
Waagen	103,7
Fördertechnik	103,5
Apparatebau	102,3
Antriebstechnik	101,2
Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen	100,8
Holzbe- und Verarbeitungsmaschinen	100,1
Kompressoren und Vakuumpumpen	98,2
Werkzeugmaschinen	97,3
Gießereimaschinen	96,6
Feuerwehrgeräte	96,1
Armaturen	94,7
Prüfmaschinen	92,9
Flüssigkeitspumpen	91,2
Hütten- und Walzwerkeinrichtungen	89,4
Maschinen f.d. Schuh- und Lederindustrie	88,2
Schweißtechnik (ohne elektr.)	87,0
Landmaschinen und Ackerschlepper	81,6
Kraftmaschinen	81,1
Bau- und Baustoffmaschinen	80,9
Lokomotiven	75,1
Bergwerksmaschinen	55,6

Quelle: VDMA 1988: 40/41

verzeichneten auch die Montage- und Handhabungstechnik sowie Industrieroboter (132%), ein mäßiges Wachstum etwa die Gummi- und Kunststoff- (38%), aber auch die Druck- und Papiertechnik (32%), die Präzisionswerkzeuge (28%) sowie Textilmaschinen (27%); ein negatives Produktionswachstum verzeichnete dagegen der Werkzeugmaschinenbau.

Mit einigen Ausnahmen (Wachstumssektor Büro- und Informationstechnik) sind angesichts der zwischenzeitlichen Verschiebungen kaum deutliche langfristige Trends auszumachen.<sup>30</sup> Sehr deutlich wird dagegen die hohe Varianz der Entwicklungslinien der Sektoren im Maschinenbau. Dies gilt ähnlich auch für andere Strukturgrößen, wie etwa Außenabhängigkeit (Exportquoten)<sup>31</sup> und Konkurrenzposition auf dem Weltmarkt.<sup>32</sup>

Die Fähigkeit des Maschinenbaus zur Selbststeuerung seiner FuE-Aktivitäten *auf Branchenebene* ist aufgrund dieser zentralen Charakteristika seiner Unternehmensstruktur *strukturell begrenzt*. Zugespitzt fallen vor dem Hintergrund seiner *Unternehmens(größen)struktur*<sup>33</sup> wie seiner starken *Binnendifferenzierung* - mit einer großen Zahl an Unternehmen ohne ein potentiell steuerungsfähiges dominantes Zentrum<sup>34</sup> - die Unternehmen selbst als Koordinierungsinstanz für die For-

---

<sup>30</sup> Vgl. auch BDI 1982: 171f.; dort finden sich Angaben zum Zeitraum 1960-1980.

<sup>31</sup> Diese liegen in den meisten Fachzweigen zwischen 50-60% (z.B. Werkzeugmaschinenbau 57%), vereinzelt aber auch bei lediglich 20-30% (Automaten 17%, Präzisionswerkzeuge 30%) oder aber bei 80-90% (Textil- und Druckmaschinen 81% bzw. 78%, Schuh- und Ledermaschinen 94%; Zahlen jeweils für 1987, VDMA 1988: 96-250.

<sup>32</sup> Die jeweiligen Anteile an den Weltexporten lagen 1987 zwischen 10% (Kältemaschinen) und 50% (Trocknungsanlagen und Oberflächentechniken); VDMA 1988: 260-267; vgl. auch Schiele 1986b: 139.

<sup>33</sup> Vgl. auch Weber 1987: 39.

<sup>34</sup> Ein solches Zentrum könnten etwa in der chemischen Industrie die Unternehmensspitzen von Bayer, BASF und Hoechst darstellen; so Grant/ Paterson/ Whitston 1988.

schungsaktivitäten des gesamten Maschinenbausektors weitgehend aus. Eine pessimistische Antwort findet damit auf den ersten Blick die nach Ansicht eines Industrievertreters für den Maschinenbau gegenwärtig zentrale Frage: "Was kann das Einzelunternehmen und der ganze Industriezweig selbst tun, um den für kleinere Unternehmen erhöhten Gefahren in den Zeiten eines technisch bedingten Umbruchs zu begegnen?" (Schiele 1986b: 134).

Hinter dem Prozeß der Binnendifferenzierung wie auch der spezifischen Unternehmensgrößenstruktur des bundesdeutschen Maschinenbausektors steht die ausgeprägte *Spezialisierungsstrategie* dieser Branche (vgl. Weber 1987: 37). Der Erfolg dieser Strategie basiert nicht zuletzt auf den gerade durch sie ermöglichten und forcierten engen Beziehungen von Maschinenbauunternehmen und Abnehmerindustrien.

Für Steuerungspotentiale auf Unternehmensebene impliziert die besondere Bedeutung dieser "linked productive units" (Utterbeck 1987: 18) oder "Produktionsverbünde" (Weißbach/ Niebur 1986) im Maschinenbau, daß Steuerungs- und Koordinierungsaktivitäten weniger zwischen den Unternehmen oder einzelnen Fachzweigen des Maschinenbaus stattfinden (*horizontale bzw. Binnen-Koordination* der Branche) als vielmehr zwischen den einzelnen Fachzweigen des Maschinenbaus und den jeweils spezifischen Abnehmerindustrien (*vertikale bzw. externe* Koordination zwischen Branchensegmenten und spezifischen Abnehmern; vgl. *Schaubild 2*).

Die Investitionsentscheidungen nachgelagerter Industriebranchen sind damit die zentralen Determinanten der Entwicklung im Maschinenbau - in ökonomischer wie in technischer Hinsicht<sup>35</sup>. Die ökonomische

---

<sup>35</sup> So auch Horstmann 1987: 140ff.; auf allgemeiner Ebene Altfelder 1989: 1051. Hier liegt ein entscheidender Unterschied zur chemischen Industrie; trotz ähnlich enger Beziehungen zu den Abnehmern sind die Abhängigkeitsbeziehungen im letzteren Fall genau gegenläufig; dies hat sicherlich etwas mit der Größenstruktur in der chemischen Industrie zu tun, aufgrund derer die großen Chemieunternehmen sowohl gegenüber den Abnehmern über massive Machtpotentiale verfügen, als auch eine Binnenkoordination gewährleisten können.

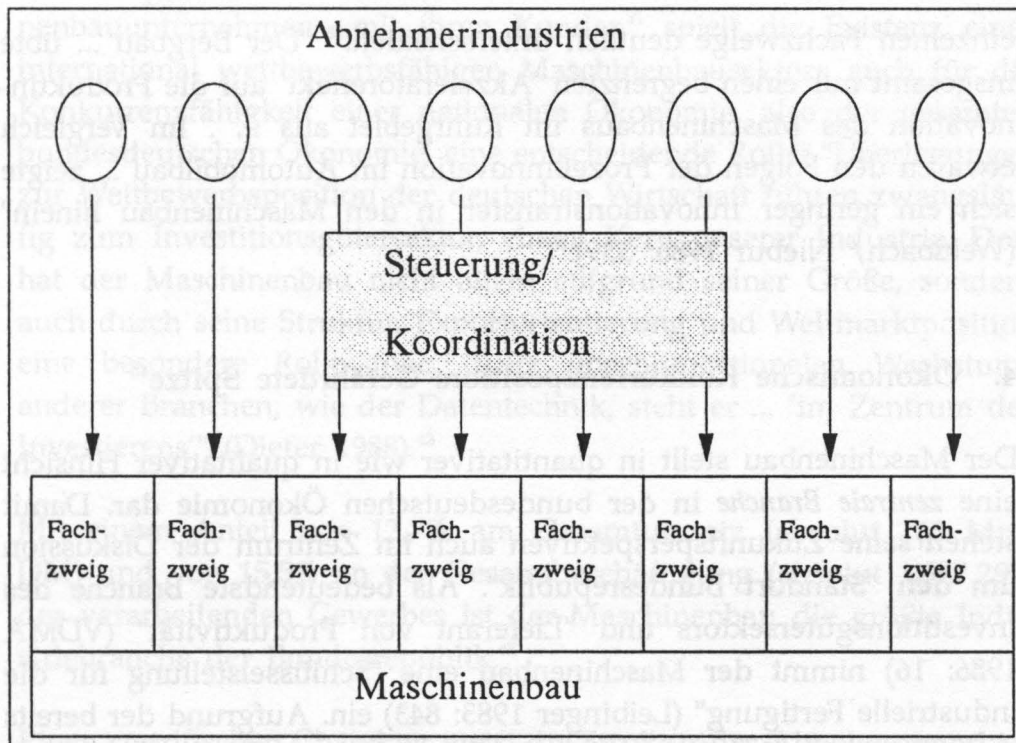


Schaubild 2: Steuerungs- und Koordinationspotentiale auf Unternehmensebene

Dimension offenbart sich in der deutlichen Konjunkturabhängigkeit des Maschinenbaus.<sup>36</sup> Eine entscheidende Bedeutung erlangen Kundenwünsche auch für die Steuerung der FuE-Anstrengungen der Unternehmen im Maschinenbau. Dieses Strukturmerkmal hat für die Innovations- und Entwicklungsdynamik der Gesamtbranche vor allem die Konsequenz<sup>37</sup>, daß sich die spezifischen Innovationsdynamiken der

<sup>36</sup> Für Beispiele aus einzelnen Fachzweigen vgl. Vieweg 1989a, 1989b, 1989c und 1989e.

<sup>37</sup> Neben jener, daß, wie oben schon ausgeführt, damit eine inkrementalistische Forschungsstrategie induziert wird.



einzelnen Fachzweige deutlich unterscheiden:<sup>38</sup> "Der Bergbau ... übte insgesamt nur einen begrenzten 'Akzeleratoreffekt' auf die Produktinnovation des Maschinenbaus im Ruhrgebiet aus ... . Im Vergleich etwa zu den Folgen der Prozeßinnovation im Automobilbau ... zeigte sich ein geringer Innovationstransfer in den Maschinenbau hinein" (Weißbach/ Niebur 1986: 339).<sup>39</sup>

#### 4. Ökonomische Konkurrenzposition: Gefährdete Spitze<sup>40</sup>

Der Maschinenbau stellt in quantitativer wie in qualitativer Hinsicht eine *zentrale Branche* in der bundesdeutschen Ökonomie dar. Damit stehen seine Zukunftsperspektiven auch im Zentrum der Diskussion um den "Standort Bundesrepublik". Als bedeutendste Branche des Investitionsgütersektors und "Lieferant von Produktivität" (VDMA 1986: 16) nimmt der Maschinenbau eine "Schlüsselstellung für die industrielle Fertigung" (Leibinger 1983: 843) ein. Aufgrund der bereits dargestellten großen Bedeutung der engen Verflechtungen der Maschi-

---

<sup>38</sup> Aufgrund der ungleichen regionalen Verteilung unterschiedlich innovationsträchtiger Produktionsverbände bietet sich hiermit auch eine recht simple und überzeugende Erklärung regionaler, auf den Maschinenbausektor bezogener, Wachstumsdisparitäten ("Nord-Süd-Gefälle", insbesondere im Vergleich zwischen Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg) an (so auch Weißbach/ Niebur 1986 und Hildebrandt/ Seltz 1989: 470ff.; für die im Bundesvergleich negative Entwicklungsdynamik des Maschinenbaus in Norddeutschland macht der dortige Landesvorsitzende des VDMA, Saacke, ebenfalls die spezifische Branchenstruktur verantwortlich; vgl. Handelsblatt vom 25.5.1988); komplexere Ansätze (etwa Herrigel 1988) bringen hierzu relativ wenig an zusätzlichem Erklärungsgehalt.

<sup>39</sup> Für aktuelle Beispiele eines innovationsbeschleunigenden positiven Zusammenhangs zwischen Automobilherstellern und Kunststoffmaschinenbauern vgl. VDI-N 32/12.8.1988: 14 oder zwischen Flugzeug- und Automobilherstellern und den Herstellern von Hochgeschwindigkeitsfräsmaschinen vgl. Wirtschaftswoche 13/24.3.1988: 97.

<sup>40</sup> Vgl. Wirtschaftswoche 1988; vgl. zum folgenden auch RWI 1989: 178ff.

nenbauunternehmen mit ihren Kunden<sup>41</sup> spielt die Existenz eines international wettbewerbsfähigen Maschinenbausektors auch für die Konkurrenzfähigkeit einer nationalen Ökonomie, also der gesamten bundesdeutschen Ökonomie, eine entscheidende Rolle: "Überlegungen zur Wettbewerbsposition der deutschen Wirtschaft führen zwangsläufig zum Investitionsgütersektor, einem Kern unserer Industrie. Dort hat der Maschinenbau nicht allein aufgrund seiner Größe, sondern auch durch seine Struktur, Exportorientierung und Weltmarktposition eine besondere Rolle inne. Trotz überproportionalen Wachstums anderer Branchen, wie der Datentechnik, steht er ... 'im Zentrum des Investierens'" (Dieter 1988).<sup>42</sup>

Mit einem Anteil von 12,7% am Gesamtumsatz (absolut 161 Mrd. DM) und von 15,5% an der Gesamtbeschäftigung (absolut 1.027.297) des verarbeitenden Gewerbes ist der Maschinenbau die größte Industriebranche der Bundesrepublik.<sup>43</sup>

Einen spezifischen Charakter weist die Struktur des Abnehmermarktes des Maschinenbaus aus. Unter 2% seiner Lieferungen gehen direkt an private Kunden; ansonsten gehen sie als Vorleistungen oder Investitionsgüter vor allem an *private Unternehmen* (über 90%; etwa 8% gehen an den Staat oder öffentliche Unternehmen).<sup>44</sup> Etwa ein Viertel aller

---

<sup>41</sup> Aufgrund dieser engen Verknüpfungen behält die räumliche Nähe von Maschinenbauproduzenten und -kunden nach wie vor eine entscheidende Bedeutung für die Modernisierung der Fertigungseinrichtungen einer nationalen Ökonomie; Diskriminierungen der Kunden in anderen Ländern sind möglich (so auch ein häufiger Vorwurf an japanische Hersteller, wonach ausländische Kunden verspätet mit neuesten technologischen Erzeugnissen beliefert würden); schließlich werden mit Maschinenbauexporten immer auch Fertigungsstandards exportiert, an die sich die fertigenden Industrien anderer Länder jeweils erst anzupassen haben.

<sup>42</sup> Werner H. Dieter ist Vorsitzender des Vorstands der Mannesmann AG.

<sup>43</sup> Zahlen jeweils für 1985; vgl. *Tabelle 4*; zur Einordnung des Maschinenbaus in die bundesdeutsche Ökonomie vgl. auch Herrigel 1987.

<sup>44</sup> Alle Angaben beziehen sich auf 1980; vgl. VDMA 1986: 17ff.

**Tabelle 4:** Position des Maschinenbaus in der bundesdeutschen Ökonomie (1985; jeweils Anteile am gesamten Industriesektor in %)

Branchen	Beschäftigte	Umsatz	Exporte	FuE
Maschinenbau	15,5	12,7	14,7	10,6
Elektrotechnik	13,6	10,6	10,1	25,2
Straßenfahrzeugbau	11,8	12,4	17,1	14,9
Chemische Industrie	8,1	11,7	13,9	19,8
Leder, Textil, Bekleidung	7,3	4,9	4,8	0,4
Metallerzeugung	9,5	9,1	9,6	2,6

Quelle: Hellbrück-Schu 1987: 245; BMFT 1988; SV 1986: 50; VDMA 1987: 18/19

Lieferungen gehen an den Maschinenbau selbst; die folgenden wichtigsten Branchen sind der Automobilbau, Landwirtschaft, Elektrotechnik, Chemie und das Baugewerbe mit einem Anteil von jeweils um 5%.

Ihre Vorleistungen bezieht die Branche zu knapp einem Drittel vom Maschinenbau selbst; neben den intersektoralen Verknüpfungen gewinnen im Maschinenbau also auch die *intra*sektoralen Liefer- und Abnehmerverflechtungen eine große Bedeutung. Bedeutende Lieferanten sind ferner Dienstleistungen (z.B. Engineering) und die Elektrotechnik mit jeweils über 10% sowie Gießereien, Ziehereien, Walzwerke und die Eisen- und Stahlverarbeitung mit insgesamt etwa 20%.

Auch im internationalen Vergleich zeichnet den bundesdeutschen Maschinenbau eine starke Exportorientierung aus; knapp zwei Drittel der Produktion gehen in den Export (VDMA 1988: 36). Mit seinen Exporten nimmt der Maschinenbau hinter dem Automobilsektor den zweiten Rang unter den bundesdeutschen Branchen ein; sein Anteil an den Gesamtexporten der Bundesrepublik liegt bei 15% (Automobilsektor 17%).

Gegenwärtig ist der bundesdeutsche Maschinenbau der größte Maschinenexporteur auf dem Weltmarkt: Mit einem Anteil an der gesamten Maschinenausfuhr der westlichen Industrieländer von 22% (1987) liegt er vor den USA (18%) und Japan (17%). Diese Spitzenposition hatte

die Branche erstmals 1972 erreicht, sie aber zwischen 1980 und 1985 wieder an die USA verloren. Ein spezifisches Merkmal der dominanten Stellung des bundesdeutschen Maschinenbaus auf dem Weltmarkt ist die Breite seiner Spitzenstellung: In 26 von 46 Fachzweigen ist die Bundesrepublik der größte Exporteur (VDMA Nachrichten 11/1988: 57f.).<sup>45</sup>

Dank seiner starken Position auf dem Weltmarkt ist der Maschinenbau für ca. ein Viertel des bundesdeutschen Exportüberschusses verantwortlich.<sup>46</sup> Ein Handelsbilanzdefizit besteht trotz steigender bundesdeutscher Exporte mit Japan; noch 1980 war diese Bilanz ausgeglichen. Damit stellt die "japanische Konkurrenz ... für den deutschen Maschinenbau nach wie vor die wesentliche Herausforderung dar" (Dieter 1988).

Der bedeutendste internationale Abnehmermarkt des bundesdeutschen Maschinenbaus ist mit einem Anteil von 60% Westeuropa. Über 40% der Exporte gehen in die EG; auf dem EG-Markt nimmt der bundesdeutsche Maschinenbau mit einem Marktanteil von 35% (1987; 1980 betrug der Anteil noch 32%) und einem Anteil an den EG-Importen (ohne Bundesrepublik) von 17% (1987; 1980: 13%) eine herausragende - und in seiner Bedeutung tendenziell zunehmende - Stellung ein (Dieter 1988). In zehn der elf EG-Mitgliedsländer ist der bundesdeutsche Maschinenbau der größte ausländische Anbieter und erreicht insgesamt am EG-Maschinenmarkt (1987 ca. 360 Mrd. DM) einen Anteil von über 30% (Paetzold 1988).<sup>47</sup>

Zusammengefaßt hat der bundesdeutsche Maschinenbau - insbesondere dank seiner Stellung auf dem europäischen bzw. EG-Markt - seine herausragende *Weltmarktposition* in den 80er Jahren gehalten, wenn nicht gar gestärkt. Die Auseinandersetzung mit den bedeutendsten

---

<sup>45</sup> 1984 galt dies für 21 von 37 Fachzweigen, Schiele 1986b: 139; die USA halten die Spitzenposition in 6 Fachzweigen, Japan in 7.

<sup>46</sup> 1985 und 1986, vgl. Hellbrück-Schu 1098: 247.

<sup>47</sup> Frank Paetzold war bis Ende 1989 Präsident des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau.

Konkurrenten zeitigt auf den ersten Blick keine entscheidenden negativen Konsequenzen: "Das Vordringen Japans und Italiens auf dem Weltmarkt ging also nicht zu Lasten des deutschen Angebots" (Dieter 1988). Krisenzeichen existieren allenfalls für spezifische Märkte, Fachzweige und zeitliche Perioden.

Gleichwohl birgt die hohe Abhängigkeit des Maschinenbaus von Exporterfolgen auch ein hohes Maß an *Unsicherheit* und kaum zu kontrollierenden *Risiken*: Wechselkursentwicklungen (Schwankungen, hoher DM-Wert), politische Entwicklungen (siehe etwa die Bedeutung der iranischen Revolution für den Anlagenbau), nationale Konjunkturen und protektionistische Tendenzen in Empfängerländern werden zu entscheidenden Wettbewerbsparametern der Branche. Nicht zuletzt hierin liegt die große Bedeutung des EG-Binnenmarktes: "Die Einbindung in einen großen Binnenmarkt würde die aus der heutigen Exportlastigkeit resultierenden Risiken für die überwiegend mittelständischen Maschinenbauunternehmen erheblich vermindern" (Paetzold 1988).<sup>48</sup>

Allerdings erwächst dem bundesdeutschen Maschinenbau auch gerade in diesem bedeutenden Markt ein (neben Japan) zweiter starker Konkurrent: "Als schärfste Konkurrenz werden bei der Modernisierung Europas nicht die Japaner und schon gar nicht die Amerikaner gesehen. Seit einigen Jahren sind die *Italiener* die am meisten respektierten Kontrahenten" (SZ 29.12.1988, den Geschäftsführer des VDMA, Justus Fürstenau, wiedergebend; Hervorhebung JH). Branchenanalysen sehen italienische Hersteller als "Hauptkonkurrenten der deutschen Firmen ... insbesondere bei Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen, bei Maschinen für die Holzverarbeitung sowie für die Lederverarbeitung" (HYPO 1989: 15). Der italienische Werkzeugmaschinenbau liegt auf dem vierten Platz der Weltrangliste und bildet nach Einschätzung seines Verbandspräsidenten (FAZ 14.9.1989) in "der Sonder-

---

<sup>48</sup> Nach dessen Realisation könnten einschließlich des bundesdeutschen Marktes 70% der Produktion des bundesdeutschen Maschinenbaus auf "heimischen Märkten" abgesetzt werden; der EG-Binnenmarkt würde zum zweitgrößten Maschinenmarkt der Welt; BddW 10.11.1988; vgl. auch VDMA 1988b.

liste der Hersteller 'intelligenter Technologien' ... zusammen mit Japan und der Bundesrepublik die Spitzengruppe.<sup>49</sup>

Den Exporterfolgen steht ein zunehmender *Importdruck* gegenüber. Die Entwicklung der Importe verlief in den letzten Jahrzehnten ähnlich wie die Entwicklung der Exporte; in den 80er Jahren stiegen sowohl die Importe als auch die Exporte um jährlich 5% (Dieter 1988). Der Anteil der Importe an der Inlandsversorgung stieg allein zwischen 1982 und 1987 von 36% auf 41% (Tabelle 5).<sup>50</sup> Seit Mitte der 70er Jahre hat sich der Anteil der Importe an den Exporten von über 20% auf über 40% verdoppelt (Schaubild 3).

**Tabelle 5:** Maschinenbau: Produktion, Export und Import (in Mio. DM)

Jahr	Produktion	Export	Export in % der Produktion	Import	Import in % des Exports	Inlands- versorgung	Einfuhr in % der Inlands- versorgung
1982	117.135	74.114	63,3	24.352	32,9	67.374	36,1
1983	118.607	73.560	62,0	27.772	37,8	72.819	38,1
1984	125.895	80.079	63,6	31.837	39,8	77.654	41,0
1985	141.940	92.739	65,3	37.669	40,6	86.870	43,4
1986	151.758	96.796	63,8	38.894	40,2	93.856	41,4
1987	151.658	94.513	62,3	39.589	41,9	96.735	40,9

Quelle: VDMA 1987: 32 und VDMA 1988: 36

Neben der wachsenden Konkurrenz auf dem heimischen und EG-Markt steigt der Konkurrenzdruck auch auf spezifischen *Drittmärkten* von aktuell oder zukünftig besonderer Bedeutung; dies gilt vor allem

<sup>49</sup> Zum italienischen Werkzeugmaschinenbau vgl. auch BddW 21.10.1988 und BddW 27.7.1989; zum Textilmaschinenbau vgl. Sabel 1988: 16, zu Holzbearbeitungsmaschinen vgl. Vieweg 1989c: 23.

<sup>50</sup> Hier setzt auch das BMFT-Programm Fertigungstechnik an und zitiert insbesondere die Importanteile an der Inlandsversorgung des Werkzeugmaschinenbaus (1983 29%, 1986 26%) und den Anteil Japans an diesen Importen (1983 11%, 1986 17%); vgl. dazu auch Leibinger 1983: 843 und Vieweg 1989e: 29.

in den USA:<sup>51</sup> dort haben etwa die "japanischen Werkzeugmaschinenhersteller ... weitaus größere Marktanteile gewinnen können als die deutschen" (Vieweg 1989e: 30).<sup>52</sup>

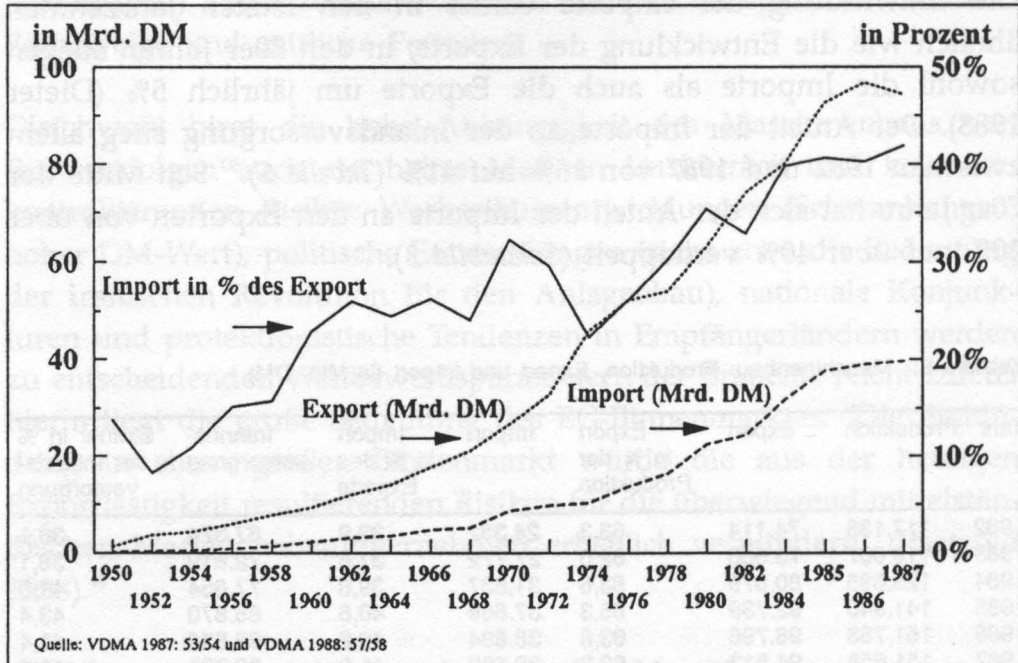


Schaubild 3: Außenhandelsituation des bundesdeutschen Maschinenbaus

Auf dem Werkzeugmaschinenmarkt der USA erwachsen zudem mit Korea und Taiwan neue Konkurrenten aus den Schwellenländern (Vieweg 1989e: 30). Auch in anderen Schwellenländern entsteht (gegenwärtig noch regional und produktspezifisch begrenzt) neue Konkurrenz für den bundesdeutschen Maschinenbau auch auf dem Gebiet technologisch anspruchsvoller Produkte (Vieweg 1989d).

<sup>51</sup> Für einige Fachzweige des Maschinenbaus sind dies in der Zukunft die Märkte in den Schwellenländern des Fernen Ostens; auch und insbesondere zu diesen Märkten haben jedoch japanische Unternehmen einen leichteren Zugang; vgl. Vieweg 1989b: 10 und RWI 1989: 186.

<sup>52</sup> Dabei ist noch zu beachten, "daß die japanischen Unternehmen zunehmend über Direktinvestitionen im Ausland expandieren und damit die Außenhandelsstatistik nur noch eine begrenzte Aussagekraft besitzt" (Vieweg 1989e: 30).

Die spezifischen Risiken der forcierten Internationalisierung der Maschinenbaumärkte und das Erstarren von (zum Teil neuen) Konkurrenten auf dem heimischen Markt, dem zentralen EG-Markt und bedeutenden Drittmärkten setzen den bundesdeutschen Maschinenbau einem intensivierten Konkurrenzdruck aus; trotz seiner gegenwärtig noch immer dominanten Stellung in vielen Marktsegmenten konstatieren Vertreter der Branche daher wiederholt eine prekäre Lage.<sup>53</sup>

Die aktuell herausragende Stellung des bundesdeutschen Maschinenbaus wird häufig mit seinen hohen *FuE-Aufwendungen* erklärt. Im internationalen Vergleich übertrifft der Maschinenbau in seinen Forschungsanstrengungen seine Hauptkonkurrenten; absolut "entsprach der gesamte FuE-Aufwand des deutschen Maschinenbaus 1987 in etwa dem in den USA und Japan" (Dieter 1988). Mit einem Umsatzanteil der FuE-Ausgaben von 3,1% ist der bundesdeutsche Maschinenbau deutlich forschungsintensiver als jener in Japan (2,1%) und den USA (1,7%).

Andere Ergebnisse bringt ein Vergleich mit anderen Branchen in der Bundesrepublik. Als die umsatzstärkste Branche liegt der Maschinenbau mit seinen FuE-Ausgaben erst an vierter Stelle (*Tabelle 4*); sein Anteil am gesamten FuE-Personal in der Industrie liegt bei 14% (zum Vergleich: Die Elektrotechnik hat einen doppelt so hohen Anteil).<sup>54</sup> Der Anteil des Maschinenbaus an den FuE-Aufwendungen im Wirtschaftssektor liegt bei etwas über 10% und verharrt seit Beginn der 70er Jahre auf diesem Niveau.

---

<sup>53</sup> Schiele (1986a) - Vorstandsmitglied der Klein, Schanzlin & Becker AG, Frankenthal, früherer VDMA- und jetziger AIF-Präsident - betitelt seinen Artikel zur Wettbewerbssituation des bundesdeutschen Maschinenbaus: "Nur noch zweiter Sieger?".

<sup>54</sup> Vgl. hierzu und zu den folgenden FuE-Daten Häusler 1989; die Angaben beziehen sich, wenn nicht anders angemerkt, auf 1985.



Stabil blieb auch der Umsatzanteil der FuE-Ausgaben: 1967 betrug dieser 3,2%; 1985 3,3%.<sup>55</sup> Mit dieser Quote liegt der Maschinenbau im Branchenvergleich erst an sechster Stelle (zum Vergleich: Elektrotechnik 7,8%; Chemie 4,8%). Eine ähnliche Situation existiert für die FuE-Aufwendungen je Beschäftigten: 1985 betragen diese 5.700 DM gegenüber 14.160 DM bei der chemischen oder 11.870 DM bei der elektrotechnischen Industrie.

Absolut betragen die FuE-Aufwendungen des Maschinenbaus 1985 3,9 Mrd. DM; Personalaufwendungen hatten dabei einen im Branchenvergleich hohen Anteil (67%; zum Vergleich: Elektrotechnik und Chemie 60%). Die Verteilung des FuE-Personals entsprach weitgehend dem Branchendurchschnitt: Forscher 34%, Techniker 35%, sonstiges Personal 31%.

Regional konzentrieren sich die FuE-Aktivitäten des Maschinenbaus auf Nordrhein-Westfalen (Anteil am FuE-Personal der Branche 35%), Baden-Württemberg (23%) und Bayern (17%).

Die Struktur der Abnehmer- und Lieferverflechtungen des Maschinenbaus spiegeln sich nur in abgeschwächter Form auf der Ebene der aggregierten<sup>56</sup> Forschungsanstrengungen wider: 87% der angewandten FuE der Branche zielen auf Maschinenbauerzeugnisse, 3% auf elektrotechnische Erzeugnisse, 2% auf Kraftfahrzeuge und jeweils deutlich unter 1% auf u.a. Stromerzeugung, chemische Erzeugnisse, feinmechanische und optische Erzeugnisse. Umgekehrt wird auf Maschinenbauerzeugnisse gerichtete FuE zu 90% in Maschinenbauunternehmen durchgeführt; größere Anteile daran haben lediglich die Elektrotechnik (5%) und der Kraftfahrzeugbau (4%), während andere Branchen

---

<sup>55</sup> Davon abweichende Angaben in VDMA 1986: 150; dort wird eine stetige Steigerung dieser Quote (von 2,5% auf 3,5% zwischen Mitte der 70er und Mitte der 80er Jahre) postuliert.

<sup>56</sup> Auf der Ebene einzelner Unternehmen sind - insbesondere in der aktuellen Tendenz - deutliche Abweichungen gegenüber diesen auf Branchenebene aggregierten Daten zu beobachten; zur zunehmenden intersektoralen Verflechtung auch bei den FuE-Aktivitäten vgl. weiter unten Kapitel 6 und 7.

(Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Eisen-, Blech- und Metallwaren, Holz-, Papier- und Druckgewerbe, Kunststoff- und Gummiwaren) wiederum lediglich Anteile von deutlich unter 1% aufweisen.<sup>57</sup>

In der staatlichen Forschungsförderung ist die Bedeutung des Maschinenbaus zu Beginn der 80er Jahre deutlich gestiegen; während sein Anteil an den staatlichen Fördermitteln auf Bundesebene von 1975 bis 1981 bei etwa 18% lag, betrug dieser Anteil 1982 bis 1985 etwa 25%.

Für die Forschung und Entwicklung in den Maschinenbauunternehmen erreichen diese staatlichen Gelder allerdings nur eine geringe Bedeutung.<sup>58</sup> Staatliche Mittel finanzieren nur 7% der FuE-Aktivitäten in den Maschinenbauunternehmen. Mit dieser Eigenfinanzierungsquote von 93% liegt der Maschinenbau über dem Industriedurchschnitt (87%) und anderen zentralen Industriebranchen (Elektrotechnik: 89%; die große Ausnahme: Chemie mit 98%; SV 1988: 44).

## 5. Technologische Herausforderungen: Technologischer Paradigmenwechsel

Die Selbststeuerung der FuE-Aktivitäten des bundesdeutschen Maschinenbaus erfolgt, wie oben ausgeführt, typischerweise mit Hilfe zweier Mechanismen: (1) Innerhalb der Unternehmen sind die Aktivitäten der Entwicklungsabteilungen eng mit jenen der Vertriebs- und Produktionsabteilungen verzahnt. In der Konsequenz bezeichnet FuE im Maschinenbau v.a. Entwicklung, d.h. laufende inkrementelle Verbesserung existierender Maschinen. Die Anstöße für diese Verbesserungs-

---

<sup>57</sup> Angaben jeweils für 1985; vgl. SV 1988: 56.

<sup>58</sup> Eine sehr viel größere Bedeutung gewinnt die staatliche FuE-Finanzierung (von Bund *und* Ländern) jedoch, wenn man die gesamte für den Maschinenbau relevante Forschung zugrunde legt, also nicht nur die FuE in den Unternehmen bzw. den Institutionen der industriellen Gemeinschaftsforschung, sondern etwa auch die in den Hochschulen und Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft; hierfür finden sich jedoch keine branchenbezogenen Angaben.

novationen liefern dabei die oben genannten Vertriebs- und Produktionsabteilungen, indem sie einerseits Defizite in der eigenen Produktion und andererseits Kundenkritik als Verbesserungswünsche und -vorschläge an die Entwicklungsabteilungen weitergeben. (2) In den Beziehungen zwischen Unternehmen dominieren die engen Verbindungen mit den jeweiligen Abnehmerindustrien, deren jeweilige Marktsituationen und darauf basierenden spezifischen Investitionsstrategien die entscheidenden Signale für die Forschungsaktivitäten der Maschinenbauunternehmen setzen.

Dieses Modell der Selbststeuerung der Forschung im Maschinenbau innerhalb des Unternehmenssektors sorgt für kontinuierliche und marktkonforme Produktinnovationen. Den Kern des Modells bilden die engen Verknüpfungen zwischen Herstellern und Kunden. Ausgerichtet ist es auf die zuverlässige Bereitstellung von Verbesserungsinnovationen. Es bildete damit bisher auch die Basis der herausragenden Stellung des bundesdeutschen Maschinenbaus auf dem Weltmarkt.<sup>59</sup>

Andererseits stößt dieses Modell erwartbar dann an strukturelle Grenzen, wenn *grundlegendere Innovationen*, seien es brancheninterne Basisinnovationen oder Adaptionen von branchenfremden Basisinnovationen<sup>60</sup>, aufgrund technologischer Entwicklungen *möglich* und aufgrund veränderter und verschärfter Weltmarktbedingungen *notwendig* werden.

Und tatsächlich bündeln sich Weltmarktdruck (vgl. Kapitel 4) und technologische Potentiale in den 80er Jahren derart, daß sich der bundesdeutsche Maschinenbau gegenwärtig nach Ansicht von Industrievertretern in der "stärksten Veränderungsphase seit seiner Entste-

---

<sup>59</sup> Vgl. Horstmann 1987: 142 und die dortigen Literaturhinweise.

<sup>60</sup> So definieren Irvine/ Martin (1984: 25) "*radical innovations*" als solche, "where the innovator has *synthesized* a set of technical possibilities" [Hervorhebung JH].

hung" befindet.<sup>61</sup> Basis dieser Perzeption sind mehrere Entwicklungen: "... was auf unsere Industrie zukommt, kann in drei große Komplexe geordnet werden: ... Die Ausschöpfung des CIM-Potentials. ... Mechatronik im Maschinenbau. ... Technische Trends außerhalb der Informatik" (Schiele 1986b: 135-141).

In dieser Sichtweise scheint es - trotz der inzwischen schon längeren Geschichte der Einführung der Elektronik in den Maschinenbau<sup>62</sup> - gerechtfertigt, die gegenwärtigen technologischen Entwicklungen im Maschinenbau als *technologischen Paradigmenwechsel*<sup>63</sup> zu kennzeichnen.

In derartigen Einschätzungen der technologischen Situation und Zukunft des Maschinenbaus wird auf mehrere zugrundeliegende technologische Entwicklungslinien verwiesen; diese sind im wesentlichen die breite Integration der *Mikroelektronik*<sup>64</sup> sowie die umfassende

---

<sup>61</sup> Der damalige VDMA-Präsident Schiele in HB 16.12.1985; zitiert nach Weißbach/ Niebuhr 1986: 343.

<sup>62</sup> Vgl. u.a. Noble 1986: 98-136, Sorge 1985: 117-154 und Hirsch-Kreinsen 1989.

<sup>63</sup> Nach Dosi (1982 und 1988) zu definieren durch einen Wechsel der jeweils dem Forschungsprozeß zugrundeliegenden spezifischen "outlooks", "procedures", "relevant problems", "specific knowledge" und "concepts of progress".

<sup>64</sup> In der Sicht des BMFT setzt diese Verbreitung erst in den 80er Jahren ein - auf Nutzerseite ("Für die technischen Aufgabenbereiche wie Konstruktion, Produktionsplanung und -steuerung und andere der Produktion vor- oder nachgelagerter Bereiche wird die Informationstechnik erst in 10% bis 17% der Betriebe eingesetzt. Im Bereich der Produktion selbst gibt es große Unterschiede der Rechneranwendung. So werden bei mehr als einem Drittel der Betriebe CNC-Werkzeugmaschinen eingesetzt; über komplexere rechnergesteuerte Fertigungsanlagen, z.B. flexible Fertigungssysteme und -zellen, verfügen etwa 3% der Betriebe. Wenige Betriebe nutzen bisher rechnerunterstützte Systeme für Transport, Montage und Teilehandhabung; automatisierte Materialflußsysteme sind in weniger als 1% der Betriebe vorhanden") wie auf Produzentenseite ("Solche (NC-Werkzeugmaschinen) wurden in der Bundesrepublik Deutschland 1986 im Wert von etwa 5,7 Mrd. DM hergestellt; dies waren etwa 44% des gesamten Produktionswertes an Werkzeugmaschinen. Dieser Anteil ist

Nutzung *neuer Werkstoffe* (Verbundwerkstoffe) und *Werkzeuge* (Laser) (Neipp/ Pfeiffer 1986: 11). Die auf diesen technologischen Entwicklungen aufbauenden (Produkt-)Innovationen im Maschinenbau vollziehen sich auf mehreren Ebenen und markieren drei zentrale Entwicklungstrends der Fertigungstechnik: Modernisierung, Integration und Flexibilisierung.<sup>65</sup>

Die funktionssteigernde *Modernisierung* der einzelnen *Komponenten* der Maschinen (mit dem Ziel "intelligenterer" Komponenten mit gesteigerter Präzision, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wiederholgenauigkeit, Geschwindigkeit etc.) wird durch die Nutzung verschiedenster sogenannter "Zukunftstechnologien" forciert. Dabei sind die sich abzeichnenden technologischen Trends mit dem Begriff "Modernisierung" nur sehr unzureichend beschrieben: "Diese strukturellen Veränderungen führen weit über das hinaus, was man vordem als klassische Funktion, Struktur und Prozeß des Maschinenbaus verstand" (Neipp/ Pfeiffer 1986: 11). An der mechanischen Baugruppe (Lager, Antrieb, Gestell, Bearbeitung/Werkzeug) selbst reichen diese Innovationen vom Einsatz von Lasertechnologien als Schneidewerkzeuge bis zum Einsatz neuer Werkstoffe bei Gestellteilen (Kohlefaser, Beton, Keramik). Erheblichen Forschungsbedarf sehen Experten auf dem Gebiet der Peripherie (Handhabung, Beschickung, Überwachung, Qualitätskontrolle, Diagnose); in der Handhabung sind etwa Roboter einsetzbar und in Überwachung und Diagnose werden optoelektronische Sensoren und wiederum Lasertechnologien zukünftig eine große Rolle spielen. Die größten Entwicklungssprünge werden noch immer auf dem Gebiet der Maschinensteuerung erwartet; Entwicklungspoten-

---

in den vergangenen Jahren ständig gestiegen, 1982 betrug er erst 23%"; BMFT 1988: 7/8 und 11; vgl. auch Babel 1989: 62).

<sup>65</sup> Vgl. zum folgenden u.a. Weck 1983; Neipp/ Pfeiffer 1986, Handelsblatt 1988; Wirtschaftswoche 1989; König 1983; historischer Entwicklungsstand bzw. -perspektive einzelner technologischer Entwicklungen variieren dabei (von weitgehend gegenwärtig bis reine Zukunftsperspektive) ebenso wie der Charakter der jeweils erforderlichen Forschungsaktivitäten (von der Grundlagenforschung bis zur Entwicklung).

tiale stecken hierbei v.a. in der Software-Entwicklung; für die Zukunft angestrebt werden adaptive intelligente Maschinensteuerungen.

Dem Ziel einer *Integration* der einzelnen *Komponenten* einer Maschine dient die Verknüpfung von Maschine (im engeren Sinn) oder von mehreren unterschiedlichen Maschinen, Steuerung und Peripherie (Fertigungszellen); eine herausragende Forschungsaufgabe ergibt sich aus dieser Entwicklung etwa für automatisierte Materialfluß-Systeme (Küffner 1987). Schließlich wird langfristig die "*informationstechnische Vernetzung* von Konstruktion, Produktionsplanung und -steuerung und den der Produktion vorgelagerten Bereichen" (Riesenhuber 1988; Hervorhebungen JH) denkbar. Neben die Vernetzung einzelner Unternehmensteile durch Computer Integrated Manufacturing (CIM bzw. CIE, Computer Integrated Enterprise; BddW 31.3.1988) tritt möglicherweise die Integration externer Zulieferer in die eigenen Produktionsabläufe (JIT; just-in-time). Daraus ergibt sich die zentrale Bedeutung der Standardisierung auch als Forschungsaufgabe.<sup>66</sup>

Nicht zuletzt sollen die Fertigungseinrichtungen als *Ganzes* einen deutlich höheren Grad an *Flexibilität* erreichen; diese basiert auch auf neuen Maschinenkonzepten (Modul- oder Baukastenprinzip). Damit mündet die technologische Entwicklung in eine Maschinengeneration (integrierte Produktions- und flexible Fertigungssysteme bilden die Schlagwörter hierfür), die in der Tendenz das Dilemma von Flexibilisierung und Spezialisierung, also die Widersprüche einer Automatisierung der Einzel- und Kleinserienfertigung bzw. einer Flexibilisierung der Großserienfertigung aufhebt (Göhren 1986: 20).<sup>67</sup>

Festzuhalten bleiben schließlich die starken *Interdependenzen* zwischen diesen separat dargestellten Entwicklungslinien. So setzen natürlich die angestrebte informationstechnische Vernetzung und die Flexibilisie-

---

<sup>66</sup> Vgl. u.a. Interview 890510.INT; im aktuellen Programm Fertigungstechnik vergibt das BMFT ca. 20 Mio. DM für diesen Zweck.

<sup>67</sup> Zur ökonomischen Rationalität gegenwärtiger technologischer Modernisierungsprozesse im Maschinenbau vgl. auch Horstmann 1987: 134ff.

rung der Fertigungssysteme deutlich ansteigende Leistungskennziffern der Maschinen(elemente) voraus, was etwa deren Präzision oder Wiederholgenauigkeit betrifft;<sup>68</sup> umgekehrt wird ersteres oft erst auf Basis von Durchbrüchen auf der Werkstoff- oder Werkzeugeite denkbar (so macht der Lasereinsatz als Schneidewerkzeug die Konstruktion neuartiger rechnergesteuerter Blechfertigungszellen und -systeme erst möglich; VDI-N 5.8.1988).

Zusammenfassend sind zwei Aspekte bzw. Konsequenzen dieser technologischen Entwicklungen hervorzuheben:

(1) Ihre Reichweite, Komplexität und ihr grundlegender Charakter konstituieren den Tatbestand eines *technologischen Sprungs*, der eine *Diskontinuität* der technologischen Entwicklung markiert. Deren zentrales Kennzeichen ist die interdependente Verknüpfung - *Konfluenz* - mehrerer bisher unabhängig voneinander ablaufender technologischer Entwicklungsstränge; also v.a. jener im Maschinenbau und in der Elektrotechnik. Derartige Phänomene ("decisive events" oder "unplanned confluence of technology") gehören in der ökonomischen Innovationsforschung zu den selten thematisierten und dennoch zentralen Aspekten technologischer Entwicklung: "It was this clear recognition that important innovations often result from the interaction of several previously unconnected streams of scientific and technological activity that remains perhaps the most important finding from TRACES" (Irvine/ Martin 1984: 20/21).<sup>69</sup>

---

<sup>68</sup> Ein Beispiel dafür, daß diese Anforderungen weit über traditionelle Hardware-Charakteristika hinausgehen können, liefert die Montage von Schläuchen im Rahmen der flexiblen Automatisierung in der Automobilindustrie; hier entsteht Bedarf selbst für Grundlagenforschung: "Wissenschaftliche Grundlagen über komplizierte Fügevorgänge, wie sie beim Montieren biegeschlaffer Teile auftreten, fehlen" (VDI-N 22.7.1988).

<sup>69</sup> TRACES steht für "Technology in Retrospect and Critical Events in Science", einer 1968 entstandenen Studie des Illinois Institute of Technology; diese Studie gilt als Klassiker der "science-push"-Position; verwiesen wird in diesem Zusammenhang auch auf eine Battelle-Studie von 1973, die mit der Aussage zitiert wird (Irvine/ Martin 1984: 25): "The occurrence of an unplanned confluence of

Dieser Situation scheint auch Branchenkennern die prinzipiell *inkrementalistische* Orientierung der Forschungsstrategien des Maschinenbaus nicht gerecht zu werden: "Diese Strategie des bloßen 'trading up' als ebenso bequeme wie sterile Antwort auf die Kostenführer-Strategie der Japaner halten die Herausgeber für einen strategischen Kardinalfehler. ... (sie vertreten dagegen die These), daß die Kostennachteile im weltweiten Wettbewerb, insbesondere mit japanischen Unternehmen, nicht in erster Linie als Lohnkosten- und andere Standortnachteile zu interpretieren sind, sondern als Resultante einer Technologieunterlegenheit" (Neipp/ Pfeiffer 1986: 8/9).

(2) Die dominierende *vertikale* Orientierung der Beziehungen der Maschinenbauunternehmen zu anderen Unternehmen (Lieferanten-Kunden-Beziehungen) kollidiert mit dem in diagonalen<sup>70</sup> Perspektive zunehmend *branchenübergreifenden* Charakter der technologischen Entwicklung: "Vielmehr kommt es darauf an, über den Zaun zu schauen und Entwicklungen in anderen, vielleicht fremden Gebieten der Technik zu erkennen. Dazu gehört die ständige Prüfung, ob solche zunächst branchenfremden Techniken auf das eigene Arbeitsgebiet übertragen werden können. Anregungen für den Maschinenbau sind nicht nur von der Elektronik ausgegangen. Neue Chancen entstehen auch durch Entwicklungen neuer Werkstoffe wie Glasfaser- oder Kohlenfaser-Verbundwerkstoffe oder durch die Anwendung

---

technology was characteristic of six of the (eight) innovations."

<sup>70</sup> Astley/ Fombrun (1983: 205) unterscheiden "three forms of economic interdependence: Horizontal interdependence between identical firms competing in the same market, vertical interdependence between symbiotically related firms linked by sequential work flows, and diagonal interdependence between firms located in different but interrelated industrial sectors"; entscheidender Bestandteil dieser Definition ist die zeitliche Perspektive, denn diagonale Beziehungen - sich abzeichnende Konfluenzen, die aktuell von zentraler Bedeutung für die Ausrichtung der FuE-Strategien sind - dürften sich zukünftig, auf der Ebene von produktbezogenen Beziehungen, entweder in horizontale Konkurrenz- oder vertikale Kunden-Lieferantenbeziehungen verwandeln: "Diagonal interdependence reflects the convergence of two functional chains which come to act either as substitutes or as complements for each other" (Astley/ Fombrun 1983: 207).



neuer Techniken als Werkzeuge - man denke nur an die Lasertechnik" (Leibinger 1988).

Damit werden die technologischen Entwicklungen auch deshalb bedeutend, weil sich die durch sie induzierten Veränderungen nicht auf den technischen Bereich beschränken werden. Vielmehr deutet sich gleichfalls eine *Reorganisation der Branchenstruktur*<sup>71</sup> an: "Die klassischen Grenzen zerfließen, eine Branche formiert sich neu: Entwickelte sich der Bereich Montage, Handhabung, Industrieroboter ursprünglich aus dem Maschinenbau, kamen später die EDV-Firmen als Hersteller dazu, so finden sich heute auch ursprüngliche Roboteranwender unter den Herstellern und neuen Firmen, die ihre Zukunft im Systemgeschäft sehen" (VDI-N 28.4.1989; am Beispiel der Montageautomation).

(1) Das Aufbrechen etablierter *Branchengrenzen* bezeichnet dabei die herausragende Tendenz; dies deutet sich an, wenn mit der Modernisierung der Maschinensegmente technologische Fortschritte aus Branchen in den Maschinenbau integriert werden, mit denen dieser traditionell keine engen Beziehungen hatte und wenn umgekehrt der Maschinenbau auf dem Wege zur Integration der Maschinensegmente technologisches Wissen aus solchen Branchen in seinen Produktionsprozeß integriert. Vor allem die Debatte um das Verhältnis von Elektrotechnik und Maschinenbau stehen für diese Tendenzen (Gremm 1988). Hinweise auf die Dimensionen dieser Entwicklung gibt z.B. Babel (1989b: 61): "Die immer höhere Durchdringung von Steuerungstechnik - sprich: Mikroelektronik und umfangreiche Software - beeinflußt nahezu alle Maschinenelemente."<sup>72</sup>

(2) Die gegenwärtige *Größenstruktur* des Maschinenbaus (Dominanz der Klein- und Mittelunternehmen) steht um so mehr zur Disposition, je weitgehender es gelingen wird, die Gegensätze von Einzel-, Klein- und Großserienfertigung einzuebnen.

---

<sup>71</sup> Eine branchenunspezifische Analyse dieser Entwicklung liefert Delapierre 1988.

<sup>72</sup> Babel ist Vorstandsvorsitzender der MAHO; vgl. dazu ähnlich Leibinger 1989b.

(3) Die Struktur der gegenwärtigen *internen Branchendifferenzierung* wird sich um so mehr verändern, je weiter die Flexibilisierung von Maschinen gelingt und sich damit die Spezialisierungskorridore einzelner Maschinen (und -hersteller) deutlich ausweitet. Letztere tendieren in der Folge dazu, sich zum Systemanbieter zu entwickeln; einerseits fallen hierunter etwa Überlegungen, vom Anbieter von Bohrmaschinen zum Anbieter von kompletten und vielseitigen Blechbearbeitungsmaschinen zu werden (womit eine Diversifikation innerhalb der traditionellen Fachzweiggrenzen angestrebt wird), aber auch Langfriststrategien, die darauf abzielen, die komplette "Fabrik der Zukunft" anbieten zu können (hier würde sich ein Prozeß der branchenweiten *Entdifferenzierung* anbahnen).

Auch aufgrund der verstärkten Integration des Produktionsbereiches in den Gesamtablauf des Unternehmens werden Unternehmen des Maschinenbaus gezwungen, sich neben der Herstellung der Maschinen verstärkt auch der Installation (Problematik der Schnittstellen)<sup>73</sup> und Betreuung der Maschinen (Notwendigkeit der permanenten Verfügbarkeit) zuzuwenden und immer stärker zum *Anbieter kompletter Systeme* werden. In der Konsequenz verschiebt "sich der Charakter des Geschäfts im Maschinenbau von einem NC-Einzelmaschinen-Geschäft zum System-Geschäft. Dies wird eine gravierende Umstrukturierung der Wertschöpfung in Richtung Software-Entwicklung, Projektierungs-Know-how sowie Engineering bringen; ganz zu schweigen von den Problemen einer internen und absatzseitigen Finanzierung dieser Aktivitäten" (Neipp/ Pfeiffer 1986: 12).<sup>74</sup>

Das technologisch induzierte Aufbrechen der Binnendifferenzierung des Maschinenbaus wie auch der relative Funktionsverlust seiner spezifischen traditionellen Außenbeziehungen mit anderen Branchen

---

<sup>73</sup> Die meisten Maschinenbauunternehmen bezeichnen vor diesem Hintergrund gegenwärtig dann auch eine fehlende Standardisierung von Hard- und Software sowie einen generellen Mangel von anwendungsorientierter Software als die bottlenecks der weiteren Entwicklung; vgl. Göhren 1986: 27 und Interview 890510.INT.

<sup>74</sup> Vgl. auch Zechlin 1988, stellvertretender Hauptgeschäftsführer des VDMA.

bedeuten für die *Forschungsstrategie* des Maschinenbaus, daß der zentrale Bestandteil des etablierten Modells der Selbststeuerung seiner Forschungsaktivitäten, nämlich die enge Verknüpfung von Hersteller und Anwender, für die *Forschungssteuerung in dieser Exklusivität* zunehmend *unzureichend* werden wird. Die forschungsleitenden Signale dieses Verbundes bilden in zunehmendem Maße die entscheidenden technologischen Entwicklungstrends nur noch unzureichend ab: "Der Fortschritt im Werkzeugmaschinenbau, der sich wesentlich im erreichten Leistungsstand der numerischen Steuerung und dessen Anwendung repräsentiert, wurde *entscheidend von der Innovation in der Elektronik* unterstützt" (Babel 1989b: 62; Hervorhebung JH).

In jedem Fall würde der Maschinenbau in einer Einbettung in traditionelle Konstellationen diese Trends mit erheblichen Zeitverzögerungen registrieren, nämlich erst als Reaktion auf Entwicklungen, die sich im Verhalten der Konkurrenten beobachten lassen.

Kritiker einer solchen Imitations- oder Adaptionstrategie messen insbesondere in der gegenwärtigen Situation dem "*Faktor Zeit ... eine strategische Dimension*" bei<sup>75</sup> und begründen dies mit der Scherentwicklung zwischen Länge der profitablen Vermarktungsphase eines Produktes und Höhe der zu seiner Entwicklung notwendigen Forschungsaufwendungen: "Oft bleibt für die Vermarktung der Produkte zu wenig Zeit, um die hohen FuE-Aufwendungen wieder einspielen zu können" (Fendt 1988: 72). Auch Pfeiffer (1983: 65) konstatiert eine "Entstehungszyklenexpansion bei gleichzeitiger Marktzyklenkontraktion" und meint, daß die daraus resultierenden Konsequenzen für das Management geradezu mit einer "kopernikanischen Wende vergleichbar" seien (vgl. auch Rose 1988). Als Herausforderung für die Branche bezeichnet der Vorstandsvorsitzende der Deckel AG, Lundkvist, "die immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen. 1989 werde Deckel 70% seines Umsatzes mit Produkten erzielen, die jünger als drei Jahre sind" (zitiert nach FAZ 14.9.1989).

---

<sup>75</sup> Dies ist wohl auch ein Reflex der Tatsache, daß sich die Branche einer diskontinuierlichen technologischen Entwicklung gegenüber sieht.

Ferner würden *Chancen* des technologischen Wettbewerbs nicht genutzt. Zwar bliebe immer die Hoffnung auf ein Auf- bzw. Überholen im Wege des intelligenten Imitierens, welches nicht maximale technische Innovation, sondern optimale Adaption technologischer Neuerungen anstrebt.<sup>76</sup> Offensichtlich jedoch befinde sich jedes Unternehmen, oder auf den Weltmarkt bezogen: jede nationale Branche, mit dieser Strategie zunächst in der Defensive und riskiere den Verlust möglicher Extra-Gewinne des "leaders" oder sogar den Verlust von Marktanteilen.

Die Kritiken bündeln sich in der These, daß die traditionelle Forschungsstrategie des bundesdeutschen Maschinenbaus nicht den Herausforderungen der aufgezeigten technologischen Entwicklungen entspreche.<sup>77</sup> Es wird im Maschinenbau eine Inkongruenz zwischen institutionellem Aufbau der industriellen Forschungsabteilungen (Dominanz von Vertrieb und Fertigung) sowie deren strategischer Orientierung (inkrementelle Veränderungen auf Basis von Kundenwünschen) und den technologischen Erfordernissen konstatiert. Während die Forschungsaktivitäten der Unternehmen auf inkrementelle (Verbesserungs-)Innovationen abzielen, wären vor dem Hintergrund der technisch-ökonomischen Entwicklungen weitreichende (Basis-) Innovationen gefordert. Der strategischen Situation des Maschinenbaus werde gerade der Inkrementalismus der Unternehmen in ihren FuE-Anstrengungen nicht gerecht: "In the new environment, it will not be sufficient to do the same old things better" (NRC 1986: 7).

Es ist daher auch nicht verwunderlich, wenn gegebene institutionelle Formen und strategische Orientierungen der Unternehmensforschung

---

<sup>76</sup> Historisch könnte die, im internationalen Vergleich gesehen, verzögerte Adaption der numerischen Steuerung im bundesdeutschen Maschinenbau (Streit 1984: 42) hierfür ein Beispiel abgeben, ebenso wie das "lange Widerstreben, die Notwendigkeit einer flexiblen Automation der Fertigung (abgestützt auf CIM-Konzepten)" zu akzeptieren (Neipp/ Pfeiffer 1986: 11).

<sup>77</sup> So der Grundtenor von Neipp/ Pfeiffer 1986; von dieser Situationsdeutung gehen auch die Fördermaßnahmen des BMFT aus, insbesondere in der Sichtweise des Projektträgers; vgl. Brödner 1982: 8 und Interview 890317.INT.

im Maschinenbau in Frage gestellt werden: "Gerade der Maschinenbau als 'alte' Branche hat auch auf längere Perspektive gesehen Chancen. Voraussetzung dafür ist, daß technologische Veränderungen rechtzeitig erkannt und in den Produkten auch genutzt werden. Vor allen Dingen genügt es nicht, sich an den jeweils neuesten Modellen der Konkurrenz zu orientieren" (Leibinger 1988: 20).

Durch die externen technologischen Veränderungen sehen sich die Unternehmen (auch) in der Organisation ihrer Forschungsaktivitäten einem starken Veränderungsdruck ausgesetzt, der sich mit dem Begriff einer *Transformationskrise* - "problems of long-term transformation" (Dosi 1982: 148) - kennzeichnen läßt. In deren Verlauf treten Probleme auf, die verbunden sind mit dem Übergang auf eine neue Forschungsstrategie; diese ist wiederum gekennzeichnet durch spezifische neue Zielgrößen (economies of scope statt economies of scale) bzw. einem neuen Fortschrittsverständnis (Systemflexibilität statt Automatisierung von Teilschritten<sup>78</sup>), neue anzuwendende Verfahren (z.B. Software- statt Maschinenentwicklung), neue dabei auftretende Probleme bzw. neuem zu ihrer Lösung notwendigen Wissen (z.B. elektronisches und optoelektronisches Know-how).

Dabei ist offensichtlich, daß aufgrund der Heterogenität der Branche weitreichende zeitliche und inhaltliche Differenzen existieren bezüglich der Strategien und Erfolgsaussichten der jeweiligen etwa fachzweig- oder größenspezifischen Bearbeitungsformen dieser Transformationskrise. So wird durchgängig die Ansicht vertreten, daß der bundesdeutsche Werkzeugmaschinenbau diese Anpassungskrise gegenwärtig bereits überwunden habe: "Natürlich hinterließ diese Entwicklung

---

<sup>78</sup> Interessant sind nicht zuletzt die mit diesem Übergang verbundenen Schwierigkeiten der Messung des "Fortschritts": "Probleme bereitet in der Regel die Quantifizierung des tatsächlichen Nutzens der CIM-Anwendung in monetären Größen. ... Gleichzeitig ist aber anzumerken, daß die CIM-Technologien nicht in erster Linie auf Kosten-, sondern vielmehr auf marktrelevante Leistungsaspekte zielen" (VDMA 1989: 94 und 108; vgl. auch Upmann 1989, Rose 1989 und Schlingensiepen 1989); diesen Schwierigkeiten liegen grundsätzliche Probleme zugrunde, "to compare and assess the superiority of one technological path over the other" (Dosi 1982: 154).

einschneidende Spuren: Enorme FuE-Anstrengungen, ganz neue produktionstechnische Verfahren, Substitution von Mechanik und Hydraulik durch Elektrik und Elektronik, Umstrukturierung im Mitarbeiter- und Ausbildungsbereich - manch ein Unternehmen hat diesen Strukturwandel nicht überlebt. Grundsätzlich hat der deutsche Werkzeugmaschinenbau von dieser Entwicklung profitiert" (Babel 1989b: 60).<sup>79</sup>

Ungeachtet derartiger brancheninterner Differenzen zeichnen sich im Maschinenbau Veränderungen in der *internen FuE-Organisation* gegenwärtig ab bzw. haben sich bereits vollzogen. Zur Diskussion steht dabei die enge Bindung der FuE-Abteilungen an Produktions- und vor allem Vertriebsabteilungen. Forschungslabors werden verstärkt in die Lage versetzt, Forschungsaktivitäten, die branchenfremd oder -übergreifend und eher grundlagenorientiert sind, entweder selbst durchzuführen oder mit Hilfe externer Kontakte zu integrieren (Kapitel 6).

Ferner entwickeln sich neuartige Formen der *Kooperation* zwischen Unternehmen, jenseits der traditionellen Produktionsverbände. In Forschungsk Kooperationen wird die bisher dominierende Orientierung auf Kundenwünsche durch eine Orientierung auch an technischen Durchbrüchen in anderen Branchen ergänzt (Kapitel 7).

## 6. Reorganisation der FuE-Struktur: Autonomisierung, Diversifikation und Integration

Zugespißt verändern sich gegenwärtig die Rahmenbedingungen der FuE-Aktivitäten von Maschinenbauunternehmen an drei zentralen Punkten: (a) der lineare Verlauf technologischer Entwicklungen (innerhalb eines technologischen "trajectories") wird abgelöst durch *Entwicklungssprünge* (aufgrund des Wechsels zwischen "trajectories"); (b) die anstehenden Forschungsprobleme werden zunehmend *bran-*

---

<sup>79</sup> Vgl. auch Ziegler 1989: 137ff., Vieweg 1989e und die aktuellen Einschätzungen anlässlich der EMO '89 (vgl. dazu beispielsweise VDI-N 1989 und VDI-Z 8/89).

chenübergreifend; (c) verändert sich damit zusammenfassend die Situation aus der Sicht des forschenden Unternehmens von einer der relativen Sicherheit zu einer der zugespitzten *Unsicherheit*.

Während sich früher inkrementelle, brancheninterne und kundenorientierte FuE-Arbeit als problemadäquat erwiesen hat, erfordert die gegenwärtige Situation strategische und organisatorisch-institutionelle Reorientierungen auf mehreren Ebenen.

Der Versuch, die gestiegene Unsicherheit zu absorbieren, führt die Unternehmen zunächst dazu, die *externen* Kontakte im FuE-Bereich in zwei Richtungen zu *intensivieren*: (a) der branchenübergreifende Charakter der technologischen Probleme macht es notwendig, auf Unternehmensebene in gesteigertem Maße auch Forschungskoperationen mit Unternehmen aus anderen Branchen (insbesondere der elektrotechnischen Industrie) einzugehen (vgl. Kapitel 7); (b) der komplexe und sprunghafte Charakter der technologischen Entwicklungen führt, ausgehend von einem hohen Niveau, zu einer verstärkten Kooperationsbereitschaft der Unternehmen mit wissenschaftlichen Einrichtungen, um auf diesem Wege insbesondere Forschungsprobleme, die grundlagenorientiert sind, angehen zu können.

Als ein erster Indikator für beide Tendenzen, in allerdings je spezifischer Ausprägung, kann der Anstieg der Bedeutung der *Auftragsforschung* dienen; deren Anteil an den gesamten industriellen FuE-Aufwendungen verdreifachte sich zwischen 1975 und 1985 von 3 auf 9% (Häusler 1989: 36 und 74)<sup>80</sup>; im verarbeitenden Gewerbe lag dieser Anteil 1985 bei 6,3% (SV 1988: 44-47). Mit einem Anteil von lediglich 3,4% lag der Maschinenbau deutlich unter dem Industriedurchschnitt, was die Vergabe von externen Forschungsaufträgen angeht. Die in einigen anderen Industriebranchen offensichtlich bereits erfolgte grundsätzliche Reorientierung bahnt sich im Maschinenbau in umfassender Weise gegenwärtig offensichtlich erst an (Interviews 890414.INT, 890308.INT und 890510.INT).

---

<sup>80</sup> Für Signale einer fortgesetzten Steigerung auch in absehbarer Zukunft siehe Hightech 1988.

Die Motive zur Vergabe von Forschungsaufträgen an Externe variieren in einzelnen Fällen stark (Hightech 1988; Interview 890510.INT); zusammengefaßt sind zwei Motivbündel denkbar, die jeweils auf die Behebung spezifischer Defizite der unternehmensinternen FuE-Tätigkeit zielen: (a) Auftragsforschungseinrichtungen können billiger und/oder schneller sein<sup>81</sup> und damit (temporäre) Kapazitätsengpässe in den Unternehmen kompensieren; (b) sie können Forschungskapazitäten bereitstellen, die in den Unternehmen nicht vorhanden sind; dort können quantitative Mängel existieren (bis zum vollständigen Fehlen eigener FuE-Kapazitäten) oder qualitative Defizite bestehen (vertikal: fehlende Grundlagenkenntnisse; horizontal: fehlende Spezialkenntnisse oder fehlende Kenntnisse in firmenfremden Fachgebieten).

Während im ersten Fall die Vergabe von externen Forschungsaufträgen Opportunitätsüberlegungen folgt, existiert im zweiten Fall (zumindest mittelfristig) geradezu ein Zwang, dies zu tun. Angestrebt werden mit der Vergabe derartiger Forschungsaufträge also sowohl eine Reduktion der Kosten (bzw. des Zeitaufwandes) der Forschungsaktivitäten als auch (bzw. oder) eine Ausdehnung der Komplexität der für das Unternehmen bewältigbaren Forschungsfragen bzw. erreichbaren Innovationspotentiale.<sup>82</sup> Bündeln lassen sich beide Motive in dem Versuch, Unsicherheit zu bearbeiten bzw. zu reduzieren.

Das gesteigerte Interesse an externen Forschungsleistungen (ausgehend von einem niedrigen Niveau<sup>83</sup>) führt zunächst vor allem zur Zunahme von Forschungsaufträgen *an andere Unternehmen*. Bei den Auftragnehmern dominiert der Wirtschaftssektor selbst: 70% der Aufträge gehen an Unternehmen. Hierbei kann es sich um Unternehmen des

---

<sup>81</sup> Was Spezialisierungs- oder "economies of scale"-Effekten zugeschrieben wird.

<sup>82</sup> Als "Hauptvorteil der Fremdforschung" kennzeichnet so z.B. ein Forschungsmanager den "Zugriff auf Fachleute aus den verschiedensten Fachrichtungen"; zitiert nach Hightech 1988: 4/5.

<sup>83</sup> Im Vergleich etwa zu den USA liegt die Bereitschaft bundesdeutscher Unternehmen zur Vergabe externer Forschungsaufträge insgesamt deutlich niedriger (Hightech 1988).



verarbeitenden Gewerbes<sup>84</sup>, aber auch - und deutlich von ersteren zu unterscheiden - um private Auftragsforschungs-Unternehmen handeln.<sup>85</sup>

Innerhalb des verarbeitenden Gewerbes (wo der Anteil bei 56% liegt) vergibt der Maschinenbau mit 47% einen eher geringen Anteil seiner Forschungsaufträge an inländische Unternehmen; knapp 22% gehen an staatliche Einrichtungen und 30% ins Ausland (SV 1988: 47).<sup>86</sup> Bei einzelnen (insbesondere Groß-) Unternehmen scheinen öffentliche Forschungseinrichtungen (Hochschulen, FhG-Institute) eine deutlich größere Rolle zu spielen.<sup>87</sup>

Eine zentralere Rolle spielt der Maschinenbau im Rahmen des seit 1978 existierenden BMFT-Förderprogramms "Auftragsforschung und -entwicklung"<sup>88</sup>; knapp ein Drittel der bewilligten Vorhaben (über 3.000 bei insgesamt knapp 10.000 Anträgen bis 1987) wurden von Unternehmen des Maschinenbaus durchgeführt. Ein spezifisches

---

<sup>84</sup> Wobei sich leider nicht ermitteln läßt, ob es um branchenintern oder -extern vergebene Aufträge handelt. Von Interesse ist der Trend, daß Forschungs- und Entwicklungszentren von Großkonzernen zunehmend auch für Auftragsforschung zur Verfügung stehen; im Porsche Entwicklungszentrum, beispielsweise, bearbeitet fast die Hälfte der Ingenieure externe Aufträge und erwirtschaft damit mehr als ein Drittel des Umsatzes dieser Einrichtung (Hightech 1988: 10).

<sup>85</sup> Die bekanntesten hierbei sind Battelle und Cambridge Consultants (Arthur D. Little); daneben existiert eine zunehmende Zahl kleiner, etwa auf einzelne Branchen spezialisierter, Unternehmen der Auftragsforschung; zu Beispielen auch aus dem Bereich des Maschinenbaus vgl. Hightech 1988: 12.

<sup>86</sup> Wobei bei diesen Zahlen stets zu beachten bleibt, daß Angaben zu vergebenen Forschungsaufträgen von den Unternehmen offenbar in besonderer Weise als sehr delikate Daten angesehen werden (Hightech 1988: 3).

<sup>87</sup> Interviews bei Krupp und Mannesmann; derartige FuE-Kooperationen werden auch als wichtiger und zahlreicher eingeschätzt als Unternehmenskooperationen (vgl. auch Szyperski 1989: 107).

<sup>88</sup> Vgl. zum Programm und seinen Modalitäten Freyend u.a. sowie Forschung und Entwicklung 1-2/1987: 1-4.

Merkmal dieses Programms mag den hohen Anteil des Maschinenbaus erklären: Gefördert wurden nur Unternehmen mit einem Umsatz von weniger als 500 Mio. DM.<sup>89</sup> Mit seiner mittelständischen Struktur, auch was die FuE-Aktivitäten angeht, wird der Maschinenbau durch dieses Programm offensichtlich spezifisch angesprochen. Das Programm deckt wohl auch einen sich verstärkenden Forschungsbedarf dieser kleinen Maschinenbauunternehmen, den diese wegen fehlender eigener FuE-Kapazitäten nicht intern decken können.

Nachdem es zunächst für die Förderung unerheblich war, um wen es sich beim Auftragnehmer handelte<sup>90</sup>, wurden die Bestimmungen derart geändert,<sup>91</sup> daß nur noch solche Forschungsaufträge gefördert werden, die an Dienstleistungsunternehmen (Ingenieur-Büros) oder wissenschaftliche Einrichtungen vergeben werden; dies entspräche im Grundsatz den (zunehmend) dichten Verflechtungen von Maschinenbauunternehmen und Hochschul- bzw. Fraunhofer-Instituten.<sup>92</sup>

Aus dem Bereich wissenschaftlicher Einrichtungen sind für den Maschinenbau traditionell die Technischen Hochschulen (z.B. RWTH Aachen) und die einschlägigen Institute der Fraunhofer-Gesellschaft (z.B. IPA, Stuttgart) von besonderer Bedeutung. Selektiv und in spezifischer Weise kooperieren Maschinenbauunternehmen auch mit einzelnen Großforschungseinrichtungen und Instituten der Max-Planck-Gesellschaft (spezifisch, was traditionelle Bindungen an einzelne MPIs, was die Größenstruktur der Unternehmen und was den Kooperationsmodus angeht: So kooperieren Großkonzerne z.B. mit einzelnen Forschern in diesen Einrichtungen statt mit den Einrichtungen).

---

<sup>89</sup> Ursprünglich war diese Grenze noch niedriger angesetzt.

<sup>90</sup> Bis 1985 waren dies zu 43% Firmen, 37% Ingenieur-Büros, 9% Einrichtungen der öffentlichen Hand, 9% Institute privater Rechtsträger (Forschung und Entwicklung 2/1986: 3/4).

<sup>91</sup> Durch Richtlinienänderung zum 3. Mai 1988 (Forschung und Entwicklung 1-2/1988: 5).

<sup>92</sup> Bisher bleibt ungeklärt, ob sich in der Folge der Maschinenbau-Anteil noch verstärkt hat.

Da sich die Unternehmen des Maschinenbausektors in ihren FuE-Aktivitäten weitgehend auf angewandte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten beschränken (und "Grundlagenforschung" grundsätzlich nicht betreiben), existieren zur Bearbeitung jener Probleme, die über diesen Bereich hinausgehen, schon traditionell vielfältige und enge Beziehungen zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen.<sup>93</sup> Dabei trifft der Kooperationsbedarf der Unternehmen auf eine hohe Kooperationsbereitschaft z.B. der Hochschuleinrichtungen, die neben der spezifischen Anwendungsorientierung der Ingenieurwissenschaften nicht zuletzt auch darauf beruht, daß den Professuren in diesem Bereich grundsätzlich längere Karrieren (5-10 Jahre) in Maschinenbauunternehmen vorausgehen (Interview 890306.INT).

Und wie sich der unternehmerische Kooperationsbedarf aufgrund des spezifischen Charakters der technologischen Probleme gegenwärtig noch verstärkt (Leibinger 1986: 105), wird die Kooperationsbereitschaft etwa der Hochschulinstitute durch deren kritische Haushaltslage und damit zusammenhängende Drittmittel-Abhängigkeit noch weiter "gefördert" (Interview 890308.INT; allgemein Schimank 1988).

Der Wirtschaftssektor finanzierte 1987 mit 450 Mio. DM über 6% der Forschungsaktivitäten an Universitäten (Gesamt: 6,6 Mrd. DM). Dieser Anteil lag noch zu Beginn der 80er Jahre bei über 2% (1962 lag er bei über 1%; BMFT 1988b: 352/353). Im Laufe der 80er Jahre ist die Bereitschaft der Industrie, Hochschulforschung zu finanzieren, stark angestiegen (mit einer Steigerung, die deutlich über den Steigerungen

---

<sup>93</sup> Ein beredtes Zeugnis dieses Tatbestands legt wohl auch die erstaunliche Bedeutung der "Hochschulgruppe Fertigungstechnik" im Unternehmenssektor wie im politischen Raum ab (Interview 890317.INT); vgl. auch Lütz 1990: 41 ff.: referiert werden dort die ersten Ergebnisse von Befragungen, die im Rahmen eines Dissertationsvorhabens am MPIFG (Susanne Lütz: "Vernetzung zwischen den Sektoren des Forschungssystems: Verbundforschung als Förderinstrument des BMFT") durchgeführt werden; interviewt werden Experten aus Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die an den Verbundprojekten des BMFT-Programms "Fertigungstechnik 1984-1988" beteiligt waren.

der staatlichen Zuwendungen an die Hochschulen und den gesamten universitären Forschungsaufwendungen lag; *Schaubild 4*).

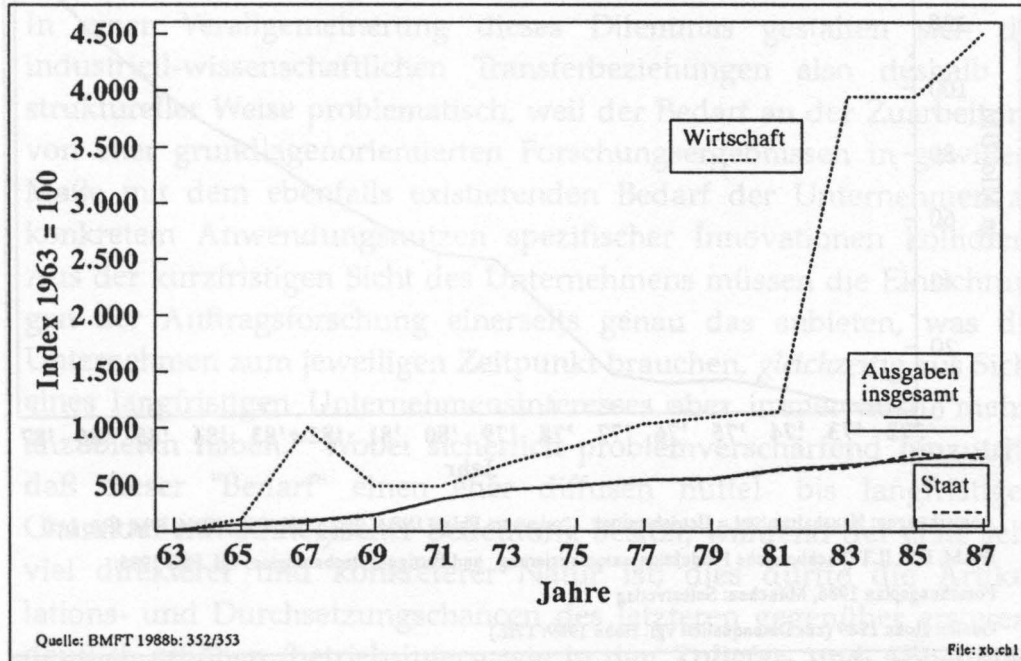


Schaubild 4: FuE-Ausgaben der Hochschulen und finanzierende Sektoren (Index 1962=100)

In beispielhafter Ausprägung existiert diese Koinzidenz von (unter anderem) finanziell induzierter Kooperationsbereitschaft wissenschaftlicher Einrichtungen und technologisch induziertem Kooperationsbedarf von Unternehmensseite bei den für den Maschinenbau relevanten Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft (FhG 1989 und umfassend zur FhG Hohn 1989) - und erklärt damit wohl zum Teil auch das dynamische Wachstum der letzteren seit Ende der 70er Jahre (*Schaubild 5*).

Ein Strukturelement der Arbeit der Fraunhofer-Institute macht zudem auf ein zentrales Problem der Kooperationsbeziehungen von Maschinenbauunternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen aufmerksam. Verwiesen wird hier auf die in der Arbeit *innerhalb* eines FhIs existierende Möglichkeit, (gleichzeitig oder nacheinander) Auftragsforschung (anwendungsnah) *und* Vorhalteforschung (möglicherweise grundlagenorientiert) zu betreiben, bzw. auf die *externe* Möglichkeit, zwischen der anwendungsorientierten "FhG-Welt" und der grundla-

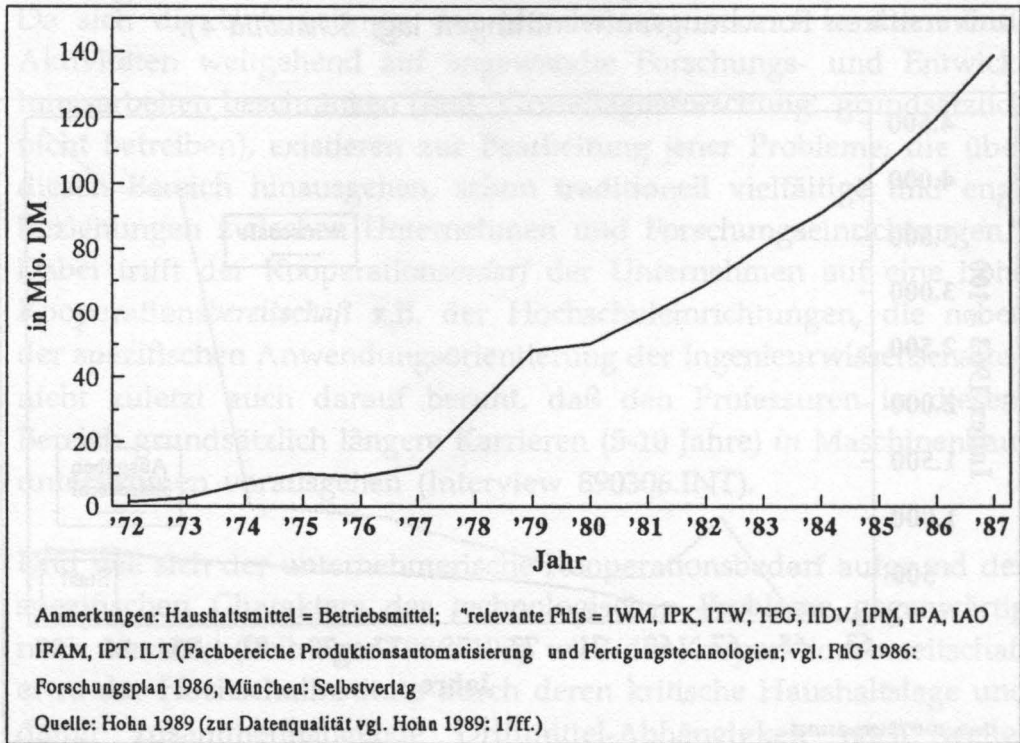


Schaubild 5: Haushaltsentwicklung der für den Maschinenbau relevanten FhIs 1972-1987

genorientierten "Hochschulwelt" problemlos zu wechseln.<sup>94</sup> In der Perspektive der folgenden Argumentation hieße dies, daß die Erfolgsgeschichte des anwendungsorientierten "Modells" Fraunhofer-Gesellschaft ganz zentral darauf basieren würde, daß es real nur in "verunreinigter" Form, d.h. mit grundlagenorientierten "Einsprengseln" existiert; dies würde insbesondere dann zutreffen, wenn der Erfolg der FhG nicht ausschließlich an der gegenwärtigen Zahlungsbereitschaft der Industrieunternehmen, sondern auch an der langfristigen Problemlösungskapazität der FhG festgemacht würde. Ersteres wäre "lediglich" ein Indiz dafür, daß die FhIs den Unternehmen erfolgreich gegenwärtig aktuelle Problemlösungen anzubieten in der Lage sind, während letzteres voraussetzen würde, daß die FhIs den beschriebenen Wechselmechanismus zwischen Auftrags- und Vorhalteforschung auch real praktizieren können (und nicht einseitige und kurzfristige

<sup>94</sup> Idealtypisch dafür, bis ins architektonische Detail, das Produktionstechnische Zentrum Berlin (Spur 1989, insbesondere 17).

Orientierungen an Industrienaufträgen die Institutsentwicklungen dominieren).<sup>95</sup>

In einer Verallgemeinerung dieses Dilemmas gestalten sich die industriell-wissenschaftlichen Transferbeziehungen also deshalb in struktureller Weise problematisch, weil der Bedarf an der Zuarbeitung von eher grundlagenorientierten Forschungsergebnissen in gewissem Maße mit dem ebenfalls existierenden Bedarf der Unternehmen an konkretem Anwendungsnutzen spezifischer Innovationen kollidiert. Aus der kurzfristigen Sicht des Unternehmens müssen die Einrichtungen der Auftragsforschung einerseits genau das anbieten, was die Unternehmen zum jeweiligen Zeitpunkt brauchen, *gleichzeitig* aus Sicht eines langfristigen Unternehmensinteresses aber immer auch "mehr" anzubieten haben.<sup>96</sup> Wobei sicherlich problemverschärfend hinzutritt, daß dieser "Bedarf" einen eher diffusen mittel- bis langfristigen Charakter mit strategischer Bedeutung besitzt, während der erste sehr viel direkter und konkreter Natur ist; dies dürfte die Artikulations- und Durchsetzungschancen des letzteren gegenüber ersterem deutlich erhöhen (betriebsintern wie in den Zuliefer- und Abnehmerbeziehungen<sup>97</sup>).

---

<sup>95</sup> Was angesichts des hohen und steigenden Anteils der Auftragsfinanzierung bei einigen Instituten durchaus zu erwarten wäre; in einem solchen Fall wollte es wohl die Ironie des Schicksals, daß der heutige Erfolg den zukünftigen Mißerfolg in sich tragen würde.

<sup>96</sup> Auf der letzten Jahrestagung der Westdeutschen Rektorenkonferenz, die unter dem Leitthema "Hochschule, Wirtschaft, Arbeitswelt" stand und insbesondere von den beteiligten Vertretern der Hochschulen und Wissenschaftspolitik als "Offensive für die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft" gedacht war, konnte ausgerechnet der *Industrievertreter* (der Vorstandsvorsitzende der Ruhrgas AG und Vorsitzende des Stifterverbandes der Deutschen Wissenschaft Liesen) zitiert werden mit der Forderung: "Es war vor allem der Gast aus der Wirtschaft, der bei aller Bereitschaft zur Zusammenarbeit den Charakter der Hochschulen gewahrt wissen wollte" (FAZ 9.5.1989).

<sup>97</sup> Als Indiz hierfür mögen die Darstellungen der Durchsetzungsschwierigkeiten innovations- und forschungsorientierter Managementstrategien etwa auf Vorstandsebene von Maschinenbauunternehmen, aber auch gegenüber ihren Zulieferern, dienen (Interview 890414.INT; vgl. auch Pfeiffer 1983: 79); in dynamischer und handlungstheoreti-

Ein Dilemma entwickelt sich hieraus, weil die unvermittelte *Instrumentalisierung* der Forschungsarbeiten und -perspektiven der wissenschaftlichen Einrichtungen durch die kurzfristigen Verwertungsinteressen der Unternehmen eben ihr notwendiges Potential reduziert, ihre spezifischen, d.h. grundlagenorientierten Beiträge zur Bewältigung der gegenwärtigen Forschungsprobleme des Maschinenbaus zu erbringen. Die Erhaltung dieses Potentials setzt voraus, daß sich die wissenschaftlichen Einrichtungen ein hinreichendes Maß an *Autonomie* erhalten können, um auf diese Weise nicht den Kontakt zu wissenschaftsinternen Diskussionen und Entwicklungen zu verlieren.<sup>98</sup>

In der gegenwärtigen Transferdiskussion wird dieses Dilemma<sup>99</sup> von Unternehmensseite in der Regel zugunsten jenes Pols aufzulösen versucht, an dem die Wissenschaft sich den (kurzfristigen) Anwendungsinteressen der Industrie unterzuordnen hätte. Hierbei wird gleichzeitig mit der Forderung nach *mehr* Transferleistungen von der Wissenschaft in die Industrie ein umfassender *Orientierungswechsel* der wissenschaftlichen Einrichtungen exklusiv auf die Probleme von Industrieunternehmen eingeklagt.<sup>100</sup> Die häufig benutzte Bezeichnung der "Wissenschaft in dienender Funktion" (Interviews) kann als Indiz für derartige Versuche gelten.

---

scher Perspektive reflektieren diese Hindernisse auch "die Schwierigkeit, allein mit Hilfe der Nahbrille die irgendwo abgelegte Fernbrille zu suchen" (Wiesenthal 1989: 41).

<sup>98</sup> In der individuellen Sicht des Hochschulforschers äußert sich in verkleideter Form dieses Dilemma in der hoffnungsvollen Aussage, daß nur solche Industrieaufträge akzeptiert würden, die den Forschungsinteressen des Instituts entsprechen (Interview 890306.INT).

<sup>99</sup> In Unternehmen, die selbst Grundlagenforschung betreiben, tritt dieses Dilemma natürlich auch *intern* auf (Rensen 1989).

<sup>100</sup> Wobei häufig die Aussage, daß letzteres in der Tendenz und im Kontrast zu "den 60er Jahren" schon weitgehend erreicht sei, zur Begründung (und als Voraussetzung) der eingangs zitierten Forderung nach einer Zunahme der Transferbeziehungen angeführt wird (Interview 890308.INT).

Offensichtlich ignorieren diese Versuche, daß die Unternehmen an *beiden* denkbaren Polen der Kooperationsbeziehung Wissenschaft - Industrie, d.h. vollständige Instrumentalisierung oder vollständige Autonomisierung, von den wissenschaftlichen Einrichtungen *keine* Lösung ihrer Forschungsprobleme zu erwarten hätten.<sup>101</sup> Und auch zwischen den Polen wäre zu differenzieren zwischen Zuständen der weitgehenden Instrumentalisierung der Wissenschaft (mit lediglich kurzfristigen und "einfachen" Lösungen) und jenen ihrer relativen Autonomie (mit mittel- bis langfristigen "komplexeren" Lösungen, die dann idealerweise optionenserweiternd wirken könnten) (*Schaubild 6*).

<b>Autonomie der Wissenschaft</b>	min.	keine Lösung		
		options-erweiternde mittel- bis langfristige Lösung		
			kurzfristig effiziente Lösung	
	max.			keine Lösung
	max.	<b>Einfluß der Industrie</b>		min.

Schaubild 6: Kooperationsbeziehungen zwischen Wissenschaft und Industrie

In jedem Fall zeitigen die Versuche der Intensivierung *externer* Forschungsk Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen Konsequenzen für die *interne* Forschungsorganisation und die Forschungsstrategien der Unternehmen. Paradoxerweise implizieren die (graduell

<sup>101</sup> "Lösungen" im Falle der vollständigen Instrumentalisierung wären insofern *keine* Lösungen, als sie die eigenen Problemlösungskapazitäten der Unternehmen im Prinzip nicht übersteigen würden.



durchaus variierenden) *Instrumentalisierungsversuche* der wissenschaftlichen Einrichtungen durch die Unternehmen Tendenzen zur relativen *Autonomisierung* der unternehmensinternen FuE-Abteilungen. Die im Rahmen wissenschaftlicher Diskurse ablaufenden Kontakte relativieren die Bedeutung der über die Vertriebsabteilungen vermittelten Marktsignale als forschungslenkende Impulse zumindest in deren Exklusivität.<sup>102</sup>

Zumindest bedingt die Intensivierung der Kooperationsbeziehungen den Aufbau hinreichender interner Forschungskapazitäten, um den Transferinput "verarbeiten" zu können.<sup>103</sup> "Hinreichend" kann hierbei zunächst auf die Notwendigkeit verweisen, eigene FuE-Kapazitäten zu errichten oder auszubauen, um wissenschaftliche Diskussionen inhaltlich adäquat perzipieren zu können (hinreichende Kapazität zur Perzeption wissenschaftlicher Diskurse; *was* wird geforscht?).<sup>104</sup> Auch in größeren Unternehmen müssen jene Kapazitäten geschaffen (oder angesichts größerer Problemkomplexität ausgebaut) werden, die als Voraussetzung der Auswahl konkreter Transferpartner eine Sichtung des Feldes potentieller Transferinstitutionen erst möglich machen (hinreichende Kapazität zur Beobachtung des Feldes relevanter Akteure und Institutionen in der Wissenschaft; *wer* forscht, bzw. *wo* wird geforscht?).<sup>105</sup> Und schließlich setzt letzteres auch voraus, das

---

<sup>102</sup> Aus Sicht der FuE-Abteilungen stehen sich in diesem Prozeß durchaus ambivalente Entwicklungen gegenüber: Die wachsende betriebsinterne Autonomie wird im ungünstigsten Fall mit steigender externer Abhängigkeit "erkauft"; zunehmende extern vergebene Forschungsaufträge lassen sich auch als Beleg eigener Defizite interpretieren; und nicht selten etablieren sich Kooperationsbeziehungen der FuE-Abteilungen auf dem Wege des Dekrets durch die Geschäftsleitung.

<sup>103</sup> Zur Notwendigkeit von Mindest-Unternehmensgrößen in diesem Zusammenhang vgl. Interview 890306.INT.

<sup>104</sup> So verfügen zahlreiche kleinere Maschinenbauunternehmen durchaus *nicht* über hinreichende Kapazitäten zur Verarbeitung der einschlägigen Fachliteratur (Interviews 890427.INT und 890306.INT und genereller Hohlweider in Rensen 1989).

<sup>105</sup> Dies geschieht auch in größeren und großen Maschinenbauunternehmen bisher höchst selektiv und unvollkommen, z.T. zufällig

Spektrum potentiell für das Unternehmen interessanter Forschungsfelder in prognostischer Perspektive zu erfassen (hinreichende Kapazitäten zur Erstellung technologischer Prognosen; wo liegen die zukunfts-trächtigen technologischen Trends?).<sup>106</sup>

Notwendig wird neben dem Auf- bzw. Ausbau organisatorischer Kapazitäten und der institutionellen Autonomisierung der FuE-Abteilung (Lambright/ Teich 1981: 315) insbesondere eine *strategische Reorientierung* der unternehmerischen FuE-Aktivitäten; im Kern geht es (in einer idealtypischen Konstruktion) um die Ablösung des *marktorientierten* durch ein *technologieorientiertes* Forschungsmanagement (Schaubild 7).<sup>107</sup>

Abgelöst wird dabei jenes Modell der Steuerung der FuE-Aktivitäten im Maschinenbau, in dem (a) die steuernden Impulse von Kundenwünschen, betriebsintern vermittelt über die Vertriebsabteilungen, ausgingen und (b) der Kontakt der Forschungsabteilungen zum Wissenschaftssektor weitgehend beschränkt blieb auf die Nachfrage nach ausschließlich an den Defiziten des Status quo orientierten Verbesserungsinnovationen.

---

und auf persönlichen Kenntnissen basierend (Interview 890414.INT und 890510.INT); als Sonderfall dieses Informationsbedarfs tritt die Vielfalt der staatlichen Transfer-Fördermaßnahmen hinzu.

<sup>106</sup> Der Aufbau derartiger systematisch nutzbarer Kapazitäten des auf die Zukunft ausgerichteten "technology screening" steht in den Maschinenbauunternehmen der mittleren (z.B. Gildemeister) wie der oberen Größenklasse (z.B. Mannesmann) gegenwärtig noch an; bei Unternehmen beider Größenklassen betreut diesen Aufgabenbereich eine Person (mit); (Interview 890414.INT). Allgemein zu Technologieprognosen vgl. Campbell 1983, Fendt 1988 und Schröder 1989; letzterer beendet seine zusammenfassende Darstellung mit einer kritischen Einschätzung dieser methodischen Versuche: "Die Notwendigkeit der Erstellung technologischer Vorhersagen ist ebenso klar erkannt wie die Beschränktheit der Möglichkeiten zur methodischen Fundierung derartiger Vorhersagen."

<sup>107</sup> Bezogen auf ein "weicheres" Organisationsmerkmal geht es dabei auch um die Transformierung der existierenden Unternehmens-"kultur" im Sinne von eingefahrenen Problemlösungsstrategien.

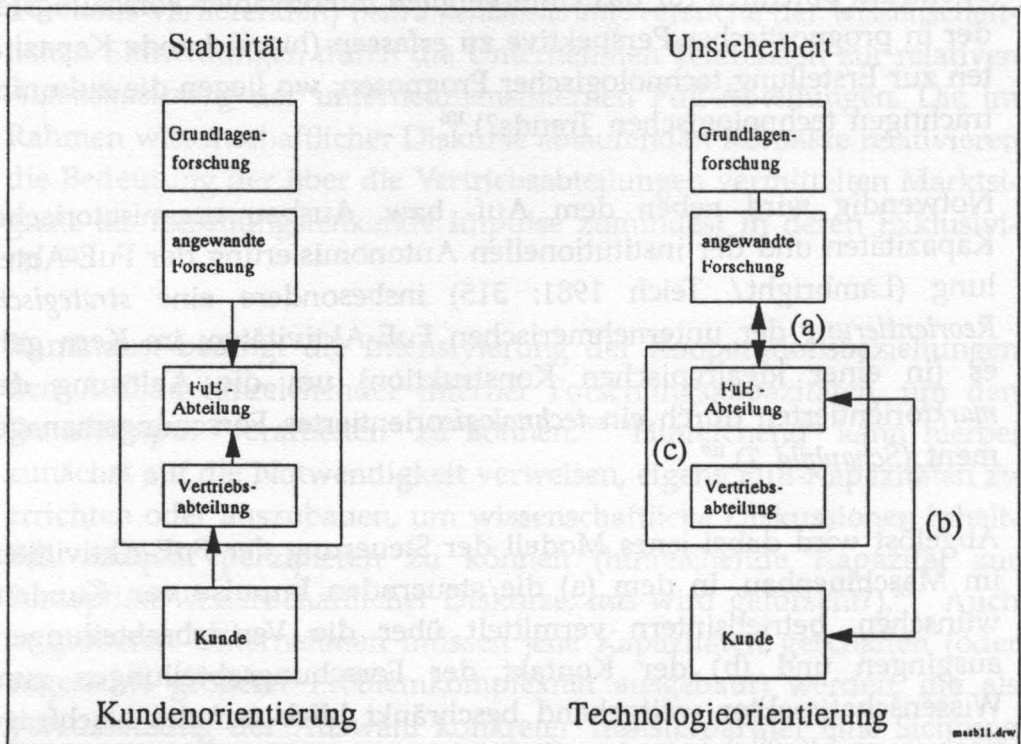


Schaubild 7: Modelle der FuE-Steuerung in Maschinenbauunternehmen

In den gegenwärtigen Zeiten hoher technologischer und marktbezogener *Unsicherheit* wird der oben aufgeführte, weitgehend *lineare* Zusammenhang transformiert in einen umfassenderen, *wechselseitig integrierten* Komplex.<sup>108</sup> Der unternehmerische Forschungsprozeß wird dadurch *verlängert* in Richtung auf die Integration sowohl grundlagenorientierter Forschungsergebnisse als auch in Richtung auf potentielle Nutzer.

Dazu orientieren sich (a) die Forschungsabteilungen in ihrer Suche nach Steuerungsimpulsen in verstärktem Maße an Entwicklungsten-

<sup>108</sup> Handlungstheoretisch könnte man vom Übergang von einer "computational strategy" zu einer Strategie der "Unsicherheitsabsorption durch eine komplexe Struktur semi-autonomer Einheiten" (interne Differenzierung und Zunahme externer Kooperation) sprechen (vgl. Wiesenthal 1989); damit verbunden wäre auch die Auflösung der traditionell "dominanten Koalition" innerhalb der Unternehmensforschung.

denzen im technisch-wissenschaftlichen Raum; die verstärkten Bemühungen um den *Technologietransfer* von der Wissenschaft in die Unternehmen laufen parallel mit einem stärkeren Rückbezug der anwendungs- auf die grundlagenorientierte Forschung - auch hier wird eine stärkere Integration angestrebt.<sup>109</sup> Der Abnehmer wird (b) in diesem Zusammenhang nicht mehr als der dominante Impulsgeber, sondern als *Pilotanwender* (oder "lead customer"; Hightech 1989: 67) in den Forschungsprozeß integriert;<sup>110</sup> Marktsignale (im Sinne konkreter, auf Produkte bezogener Verbesserungswünsche) verlieren so als dominanter Steuerungsimpuls an Bedeutung und werden *gleichzeitig* sehr viel enger, direkter und simultaner in den Forschungsprozeß einbezogen. So läßt sich die heterogene Vielfalt "individueller" Kundenwünsche auf abstrakterem Niveau verallgemeinern; konkrete Kundenwünsche werden zu abstrakten Marktanforderungen, wie z.B. Flexibilität. In der Konsequenz resultieren aus diesen Entwicklungen Tendenzen (c) zur betriebsinternen *relativen Autonomisierung* der FuE-Abteilungen mit einem gleichzeitigen Bedeutungszuwachs ihrer externen FuE-Kooperationsbeziehungen.

Vor dem Hintergrund der heterogenen Struktur des Maschinenbausektors wird unmittelbar einsichtig, daß dieses idealtypische und abstrakte Modell der Forschungssteuerung in den Unternehmen zumindest entlang einer Kategorie, nämlich der Unternehmensgröße, zu präzisieren und differenzieren ist (*Schaubild 8*).

---

<sup>109</sup> Mit den bereits ausgeführten problematischen, in ein Dilemma mündenden Konsequenzen.

<sup>110</sup> Exemplarisch für diesen Sachverhalt kann die Grundstruktur zahlreicher Verbundprojekte im Rahmen des BMFT-Programms Fertigungstechnik gelten (Interview 890510.INT); vgl. auch die Darstellung des Projekts "Integrierte Fertigung von Teilefamilien" bei Lütz 1989; zur Evaluation eines Pilotanwenders im Rahmen des Verbundprojektes "Werkstattorientierte Programmierverfahren" vgl. Hekeler 1989.

Unternehmensgrösse	(1) klein	(2) mittel	(3) gross
Unternehmensstrategie	spezialisierter Zulieferer	spezialisierter Systemanbieter	umfassender Systemanbieter
Problem des FuE-Managements	(Aufbau eigener FuE-) Kapazität	Diversifikation (der FuE-Aktivitäten)	Koordination (zur Erreichung von Synergieeffekten)
externe FuE-Beziehungen	(kollektive) Gemeinschaftsforschung (AIF)	Verbundforschung (symmetrische Zusammenarbeit)	asymmetrische bi- und multilaterale Zusammenarbeit

Schaubild 8: Unternehmensmodelle im Maschinenbau

Zu unterscheiden wären *drei* Kategorien von Unternehmen:<sup>111</sup> (1) kleine Unternehmen mit deutlich unter 2.000 Beschäftigten; hierunter dürften über 95% der Unternehmen im Maschinenbausektor fallen, die allerdings einen weit geringeren Anteil am Branchenumsatz erzielen (etwa 50%) und einen ebenfalls geringeren Anteil der Forschungsaufwendungen des Sektors auf sich vereinen (etwa 40%); (2) mittlere Unternehmen mit etwa 2.000 Beschäftigten und etwa 500 Mio. DM jährlichem Umsatz; hierunter fallen insbesondere die bedeutendsten Unternehmen des Werkzeugmaschinenbaus (Deckel 1987, Maho 1988, Traub 1987, Gildemeister 1987, Trumpf 1988); ca. 20% der branchenweiten Forschungsaufwendungen werden von Unternehmen dieses Größensegments getätigt; (3) Großkonzerne; hierunter fallen insbesondere jene Stahlkonzerne, die im Rahmen ihrer Krisenüberwindungs-

<sup>111</sup> Die folgenden statistischen Angaben können lediglich sehr grobe Indikatoren darstellen, da die verfügbaren Quellen nicht dieser hier vorgenommenen Einteilung folgen (VDMA 1988: 82 und SV 1988: 43).

Strategien verstärkt in den Maschinen- und Anlagenbau diversifizieren.<sup>112</sup>

Der Kategorisierung liegen für die drei Größensegmente jeweils *spezifische Unternehmens-* und damit auch *Forschungsstrategien* zugrunde:<sup>113</sup>

(1) So treten die zahlreichen Klein- und Mittelbetriebe des Maschinenbaus vornehmlich als *spezialisierte Zulieferer* oder *Anbieter von Einzelmaschinen* auf. Ein hoher Spezialisierungsgrad bringt sie in die Nähe einer Position des nahezu konkurrenzlosen Anbieters.<sup>114</sup> Um diese Position zu bewahren, dürfte sich in strategischer Perspektive für die Zukunft eine noch weitere Zuspitzung der Spezialisierung aufdrängen. Diese existenzsichernde Strategie birgt andererseits für die Zulieferer die Gefahr, wenn nicht die Aussicht, der Abhängigkeit von anderen Unternehmen (als den Abnehmern) auch in ihrer Innovationstätigkeit in sich. Sie läßt sich für spezialisierte Maschinenanbieter in immer weniger Marktsegmenten realisieren, da sie Märkte mit geringen Stückzahlen voraussetzt und die zunehmende Flexibilisierung der Maschinen immer weitere Bereiche des Maschinenbaumarktes zu Märkten mit größeren Volumina werden läßt.

Die FuE-Tätigkeit dieser Unternehmen reduziert sich weitgehend auf auftragsgebundene *Entwicklungsarbeit* innerhalb des Herstellungsprozesses der Maschinen (oder -teile). Der auf diesen Unternehmen

---

<sup>112</sup> So hat z.B. die Thyssen Industrie AG mit einem Umsatz von über 5 Mrd. DM einen Umsatzanteil an der Thyssen AG von etwa 20% und mit 35.000 Beschäftigten einen Anteil an der Gesamtbelegschaft von fast 30% (Thyssen 1987 und Thyssen Industrie 1987; daneben vgl. Krupp 1987 und Mannesmann 1987; vgl. dazu auch Grabher 1988: 30ff.).

<sup>113</sup> Und eben nicht vorhandene statistische Einteilungen (siehe oben); zur Kategorisierung vgl. auch Interview 890414.INT.

<sup>114</sup> Dieses strukturelle Merkmal kann auch für größere Unternehmen zutreffen: "Das Mönchengladbacher Textilmaschinenunternehmen W. Schlafhorst & Co. ... macht seinen Umsatz von rund einer Milliarde Mark im Grunde mit zwei Maschinentypen. Die aber sind so gut wie konkurrenzlos in der Welt ..." (Wirtschaftswoche 1988: 52).

lastende Innovationsdruck wird einerseits durch die angeführte Position des nahezu konkurrenzlosen Anbieters insofern reduziert, als sie es sich "leisten können", der absoluten Spitze der technologischen Entwicklung in einigem Abstand zu folgen (Interview 890414.INT).

Gleichzeitig zeichnet sich eine zunehmende Integration der Kleinbetriebe in die Produktionsabläufe und damit schließlich in die Innovationsbewegungen der Großkonzerne auch im Maschinenbau ab. Aus deren Perspektive stellt sich dieser Prozeß dar als das Bestreben nach zunehmender Arbeitsteilung dar; dabei zielen diese Versuche nicht nur auf eine Reduktion des Anteils der Eigenfertigung, sondern beziehen explizit auch die FuE-Tätigkeit ein (Interview 890510.INT). Derart wird sich der Innovationsdruck - allerdings branchen- bzw. fachzweigspezifisch - auch auf die Unternehmen dieses Größensegments verstärken. Mit dieser Entwicklung verbunden wäre die Existenz deutlicher *externer* Steuerungssignale für die FuE-Tätigkeit, da sich die Großkonzerne die konzeptionellen Bereiche auch in der Forschungsplanung vorbehalten (Interview 890510.INT).

Das zentrale Problem der Kleinbetriebe im Bereich der Forschung<sup>115</sup> wäre damit einerseits der *Aufbau hinreichender eigener FuE-Kapazitäten*, um den über die Abnehmer vermittelten Anforderungen nach technologischen Spitzenprodukten entsprechen zu können. Andererseits werden auch diese Unternehmen verstärkt auf *externe Forschungsressourcen* zurückgreifen; dies liegt insbesondere in "branchenfremden" Bereichen (Elektronik) nahe, da dort der Aufbau eigener Kapazitäten die größten Schwierigkeiten bereiten dürfte. Dabei bedingen sich beide Entwicklungen gegenseitig: Die interne Verarbeitung extern erzielter Forschungsergebnisse setzt hinreichende FuE-Kapazitäten in den Firmen voraus; insbesondere in Kleinbetrieben mit bislang gering oder gar nicht ausgeprägter Forschungsorientierung dürften darüber hinaus schon das reine Interesse an externen Forschungsarbeiten und der Umfang der internen FuE-Kapazitäten stark korrelieren.

---

<sup>115</sup> Ungeachtet der Möglichkeit für diese Unternehmen, in das nächste Größensegment aufzurücken.

Der Großteil der Bemühungen um externe Forschungskontakte dürfte im Rahmen der AIF-Programme Auftrags- und Gemeinschaftsforschung stattfinden.<sup>116</sup> Die Vergabe von *Forschungsaufträgen*, deren inhaltliche Ausrichtung relativ problemlos wäre, da im Rahmen des Verbundes mit den Abnehmern weitgehend extern vorgegeben, setzt als kritische Größe bei den Unternehmen hinreichende Kenntnisse über das Feld potentieller Auftragnehmer voraus. *Gemeinschaftsforschung* dagegen, deren Ergebnisse kollektive Güter darstellen, macht im Rahmen der AIF komplexe Abstimmungs- und *Koordinationsprozesse* notwendig.

(2) Die Maschinenbauunternehmen jenseits der Grenze "klassischer" mittelständischer Betriebe (d.h. z.B. mit über 2.000 Beschäftigten und Umsätzen von etwa 500 Mio. DM) stehen unter dem Zwang, einen kompetitiven und *anonymen* Weltmarkt bedienen zu müssen (Interview 890414.INT): "Auch scheint sich im Maschinenbau die Standardisierung einzelner Produkte oder Bauteile mehr und mehr durchzusetzen; mit der Folge, daß eine kostengünstige Großserienfertigung für einen anonymen (Weltmarkt) möglich wird" (RWI 1989: 186).

Die (auf Großserienfertigung basierenden) Marktstrategien der Unternehmen reflektieren nicht zuletzt weitreichende Veränderungen in der technologischen Zusammensetzung ihrer Produkte; die Wert- bzw. Kostenanteile der einzelnen Komponenten einer Maschine verschieben sich massiv zugunsten der mikroelektronischen Bestandteile (der Kostenanteil der Steuerungen beträgt derzeit ca. 20%) (Babel 1989b

---

<sup>116</sup> In der "Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen" (AIF) sind 96 Forschungsvereinigungen zusammengeschlossen. Neben der Vertretung der Interessen dieser Forschungsvereinigungen obliegt der AIF als "Partner der Bundesregierung" auch die Abwicklung von insbesondere mittelstandsbezogenen FuE-Förderprogrammen des BMWi (Gemeinschaftsforschung) und des BMFT (FuE-Personal-Zuwachsförderung, Auftragsforschung, Forschungskoperationen); vgl. AIF 1988. Zwischen 1978 und 1986 kamen im Programm Auftragsforschung 55% der Anträge von Unternehmen mit unter 100 Beschäftigten und unter 5% von Unternehmen mit über 1.000 Beschäftigten; antragsberechtigt sind seit 1984 Unternehmen mit einem Umsatz von bis zu 500 Mio. DM (Forschung und Entwicklung 1-2/1987: 1-4).



und Leibinger 1989b). In der Konsequenz sind für eine rentable Maschinenproduktion deutlich höhere Stückzahlen erforderlich: "Insbesondere in der CNC-Software steckt das gesamte Anwendungs-Know-how des Werkzeugmaschinenherstellers. Etwa alle 3-4 Jahre stehen neue, wesentlich leistungsfähigere Hardware-Generationen zur Verfügung. Im gleichen Zeitraum steigen jedoch die Marktanforderungen an eine Werkzeugmaschine überproportional, so daß der Aufwand für die entsprechende Software exponentiell steigt. Nur hohe Stückzahlen machen das Steuerungsgeschäft profitabel" (Babel 1989a).<sup>117</sup>

Diese Unternehmen verfolgen daher *keine* Strategie der zugespitzten Spezialisierung, sondern entwickeln sich zunehmend zu *spezialisierten Systemanbietern*. Dabei versuchen sie, ein hinreichend großes Marktsegment vollständig mit Serienprodukten bedienen zu können: "Von der Einzelmaschine über Automatisierungsbausteine bis zur flexiblen Fertigungszelle, vervollständigt durch die Programmier- und Steuerungstechnologie, bietet TRUMPF ein *durchgängiges Konzept für die komplette automatisierte Blechbearbeitung*" (Trumpf 1988: 11).<sup>118</sup>

Statt einer weiteren Spezialisierung verfolgen diese Unternehmen die Strategie, auch weite Felder der um den eigentlichen Maschinenbau angesiedelten Technologien abzudecken.<sup>119</sup> Gemeinsam ist ihnen inzwischen daher der Versuch, ein weites Segment des gesamten technologischen Spektrums der "Fabrik der Zukunft" abzudecken: "Bei Gildemeister liegt das Know-how für das Aufgabenspektrum in einer Hand: Spezialisten für Informatik, Elektronik, Logistik und Fertigung

---

<sup>117</sup> Babel prognostiziert Stückzahl-Steigerungen von 300 (1982) auf 3.000 (1990).

<sup>118</sup> Dies repräsentiert wohl kaum eine Strategie der weiteren Spezialisierung - so die Fehlinterpretation bei Sabel u.a. 1989: 204; Herrigel (1987: 7) beschreibt die grundlegende Strategie als die Ausnahme.

<sup>119</sup> Die Strategie beispielsweise der Maho AG wird (in VDI-N 12.5.1989) mit den Worten beschrieben: "... ein Werkzeugmaschinenbauer zieht immer weitere Kreise um sein angestammtes Geschäft herum."

stehen für kundenspezifische Lösungen zur Verfügung" (Firmenanzeige).

Diese Strategie läßt sich anhand einer Analyse der Unternehmensstrukturen verdeutlichen. Elektronik- und/oder Systemkenntnisse dieser Unternehmen bündeln sich durchweg in Beteiligungs- oder (zugekauften bzw. ausgegründeten) Tochterunternehmen: Trumpf gründete 1982 die Trumpf Systemtechnik; zum Gildemeister Konzern gehören inzwischen auch die Gildemeister Projecta und die Gildemeister Automation; seit 1986 gehört das Systemhaus "Rechnersysteme für Wissenschaft und Technik" (rwt) zur Deckel AG, als Systemgesellschaft ist ihr die Descam GmbH assoziiert; zur Maho gehören die Maho Software und die Maho System GmbH (Gildemeister 1987, Deckel 1987, Trumpf 1988 und Maho 1988).

Die Unternehmensstrategie, vom spezialisierten Werkzeugmaschinen- zum Systemanbieter zu werden<sup>120</sup>, bleibt nicht auf die Eingliederung von elektronischem Know-how beschränkt.<sup>121</sup> Sie geht aus von einer (zum Teil über Zukäufe erfolgenden) Arrondierungsstrategie auf dem angestammten Geschäftsgebiet<sup>122</sup> und schließt in der Regel auch *Serviceleistungen*<sup>123</sup>, *gänzlich neue technologische Tätigkeitsfelder*<sup>124</sup> oder auch *Vorleistungen* ein.<sup>125</sup>

<sup>120</sup> "... gilt also das Deckel- Motto: 'Mehr als Werkzeugmaschinen - das ganze System'" (Deckel 1987: 22).

<sup>121</sup> Artikelüberschrift in den VDI-N vom 12.5.1989: "Werkzeugmaschinenbau wächst in die Breite und in die Tiefe".

<sup>122</sup> Vgl. etwa die Beteiligungsliste der Gildemeister AG: Gildemeister N.E.F.-Drehmaschinen GmbH (100%), Gildemeister + Knoll GmbH (Tiefbohrmaschinen, 99%), Witzig & Frank-Martin GmbH (Sondermaschinen, 50%), Heidenreich & Harbeck Werkzeugmaschinenfabrik GmbH (24%).

<sup>123</sup> Vgl. Gildemeister Leasing AG (50%-Beteiligung).

<sup>124</sup> Vgl. die 1988 gegründete Trumpf Lasertechnik GmbH.

<sup>125</sup> Z.B. Gießereien (Heidenreich & Harbeck Gießerei/ Gildemeister), Werkzeuge (Gildemeister + Knoll GmbH, Gildemeister-Devileg Systemwerkzeuge/ 50% Gildemeister), Getriebe (ROTA-TEC GmbH/ 100% MAHO) oder Kugelgewindetriebe (IBL Ballscrews Ltd., Eng-

Im Rahmen dieser Aktivitäten internationalisieren Maschinenbauunternehmen - neben der bereits umfassend erfolgten Internationalisierung ihrer Vertriebsnetze - nun auch ihre Produktion.<sup>126</sup> Dies induziert vereinzelt eine Verlagerung von FuE-Aktivitäten ins Ausland; insbesondere der US-Markt gilt als "der entscheidende Innovationsmarkt".<sup>127</sup>

Die Umsetzung der veränderten Unternehmensstrategie stellt die Unternehmen im Rahmen ihrer Forschungsorganisationen und -strategien zunächst vor das Problem, FuE-Kapazitäten *in neuen technologischen Feldern* aufbauen zu müssen.

So gingen viele Unternehmen gegen Ende der 70er Jahre dazu über, elektronische Steuerungstechniken nicht mehr vorrangig extern zu beziehen (von Elektrokonzernen wie Siemens oder AEG), sondern *selbst zu entwickeln*.<sup>128</sup> Ausgangspunkt ist dabei die Einschätzung, daß eigene Elektronikkenntnisse und -forschung für Maschinenbauunternehmen inzwischen absolut notwendig seien - der Zukauf elektronischer Steuerungen also auf Dauer keine realistische Alternative

---

land/ 100% Deckel AG).

<sup>126</sup> So produziert die Maho AG Drehmaschinen in Italien (in ihrem Tochterunternehmen Graziano) und erweitert 1989 ihr seit Anfang der 80er Jahre bestehendes Vertriebsunternehmen in den USA um Fertigungseinrichtungen (Maho 1988 und VDI-N 12.5.1989); die Deckel AG unterhält europäische Fertigungsstätten in Großbritannien, Frankreich und der Schweiz (FAZ 14.9.1989).

<sup>127</sup> Maho-Vorstandsvorsitzender Bader, zitiert nach VDI-N 14.10.1988; zumindest Trumpf und Deckel entwickeln auch Aktivitäten in Japan (FAZ 14.9.1989).

<sup>128</sup> Vgl., einschließlich einer Darstellung damit verbundener Schwierigkeiten, Interview 890414.INT; interessant ist an diesem Punkt auch, daß der Forschungschef eines solchen (Werkzeugmaschinen-) Unternehmens aus der Elektrotechnik kommt. Qualitative Angaben zu dieser Umorientierung der FuE-Kapazitäten liegen nicht vor; als ein Indiz können beispielsweise die Angaben im Geschäftsbericht der Gildemeister AG gelten, wonach ihre FuE-Ausgaben nach Geschäftsfeldern stark variieren und mit "Entwicklungsausgaben in Höhe von knapp 18% vom Umsatz ... dabei die GILDEMEISTER AUTOMATION GMBH eine Sonderstellung ein(nahm)" (Gildemeister 1987: 16).

darstelle: "Die Integration der Mikroelektronik ist für den Werkzeugmaschinenbauer eine Gratwanderung zwischen dem Einbau kostengünstiger Standardsteuerungen und der Notwendigkeit von auf die eigenen Bedürfnisse - und das heißt letzten Endes auf die Bedürfnisse seiner Kunden - zugeschnittenen Lösungen. ... Das Dilemma liegt auf der Hand: Bei der Verwendung von Standardangeboten kann den Kunden häufig keine Optimallösung angeboten werden. Werden vom Steuerungshersteller spezielle Module erarbeitet, ist das erstens teuer, dauert zweitens in der Regel recht lange und birgt drittens die Gefahr in sich, daß sehr viel vom maschinenbaulichen Know-how an den Steuerungshersteller abgegeben werden muß. Sobald dieses Know-how beim Steuerungshersteller in die Standardangebote einfließt, ist das eigene Wissen Allgemeingut geworden. Diese Gefahr besteht ganz besonders, wenn der Steuerungshersteller im Ausland eng mit der dortigen Maschinenbaukonkurrenz zusammenarbeitet. ... Eine Möglichkeit, aus diesem Dilemma herauszukommen, ist der Aufbau eigener Entwicklungskapazitäten" (Leibinger 1989a).<sup>129</sup>

Grundlage dieser Einschätzung sind neben der mangelnden Problemadäquanz generalisierter Steuerungstechniken (nicht nur in technischer Hinsicht)<sup>130</sup> auch Befürchtungen hinsichtlich der zu großen Gefahr externer Abhängigkeit.<sup>131</sup>

Daß trotz der genannten, mit der Übernahme fremder Steuerungstechniken verbundenen, gravierenden Probleme Werkzeugmaschinenher-

---

<sup>129</sup> Dazu, daß diese Reorientierung im bundesdeutschen Werkzeugmaschinenbau reichlich spät erfolgte, vgl. Interview 890518.INT.

<sup>130</sup> Hierunter dürften z.B. auch unterschiedliche, mit den Steuerungstechniken verknüpfte, Konzeptionen einer optimalen innerbetrieblichen Arbeitsorganisation fallen; so legte die Gildemeister AG bei ihren Eigenentwicklungen größten Wert darauf, *dialogfähige* Techniken zu bekommen, um ihre Facharbeiter und deren Fachkenntnisse hinreichend in den Produktionsprozeß einbeziehen zu können (Interview 890414.INT; vgl. dazu Hirsch-Kreinsen 1989).

<sup>131</sup> Diese wird insbesondere von japanischen Zulieferern befürchtet (Interview 890414.INT); so wohl auch die "message" des 4. BDI-Technologiegesprächs 1989 (BDI 1989); vgl. auch Stotz 1989 und Lejeune 1989.

steller Steuerungstechnik zu einem großen Teil von Elektronikunternehmen<sup>132</sup> beziehen (Babel 1989a), mag zweierlei bedeuten: Entweder existieren in der Branche zwei unterschiedliche strategische Einschätzungen, oder die Differenz läßt sich mit unterschiedlichen, d.h. im zweiten Fall fehlenden technologischen Kapazitäten erklären; letzteres würde wohl mittelfristig eine Zweiteilung der Werkzeugmaschinenbranche mit differierenden Zukunftsaussichten für die beiden Segmente anzeigen.

Über die Erschließung (für den traditionellen Maschinenbau) neuer technologischer Forschungsfelder *diversifizieren* diese Unternehmen ihre Forschungsaktivitäten.<sup>133</sup> Auf Schwächen dieses Begriffs weist Delapierre (1988: 151/152) hin, wenn er einen alternativen Begriff vorschlägt: "The agglomeration principle refers to the gathering of technological and scientific elements to form a coherent body." In der Tat geht es bei der beschriebenen Entwicklung nicht zentral darum, *in* andere (abgelegene) technologische Bereiche zu diversifizieren (wie etwa beim Kauf von Triumph-Adler durch Volkswagen), sondern umgekehrt darum, *aus* anderen technologischen Bereichen Know-how zu integrieren, um damit auf Basis der angestammten technologischen Kapazitäten neue "coherent scientific and technical capacities" zu erlangen ("bunching of divers technologies").

Mit der Absicht, geschäftsbereichsübergreifende Forschungsthemen zu bearbeiten und damit auch derartige Forschungskapazitäten aufzubauen, entsteht ein, wenn auch begrenzter, Bedarf an *zentralen Forschungs-*

---

<sup>132</sup> Die nach wie vor massiv und mit hoher Forschungsintensität in die Automatisierungstechnik expandieren: "Bei Siemens beschäftigen sich rund 15.000 Mitarbeiter mit der Produktionsautomatisierung. Der Aufwand für die Entwicklungsarbeit erreiche 13% des Umsatzes" (FAZ 14.9.1989).

<sup>133</sup> Für den Einstieg in elektronische Forschungsgebiete werden staatliche Fördermaßnahmen als kritischer Faktor eingeschätzt (vgl. Interview 890414.INT); verallgemeinernd könnte dies die Vermutung stützen, daß zumindest für kleinere und mittlere Unternehmen technologisch spezifische Förderprogramme des Staates für grundlegende Reorientierungen ihrer Forschungsperspektiven eine durchaus kritische Bedeutung erlangen können.

*einrichtungen* in den Unternehmen; derartige zentrale und geschäftsreichsübergreifende Forschungsaktivitäten wären angesiedelt und hätten als "Klammer" zu dienen zwischen (grundlagenorientierter) Universitätsforschung<sup>134</sup> und (auf Weiterentwicklung fixierten) Entwicklungstätigkeiten einzelner Geschäftsbereiche.<sup>135</sup> In der Folge wird ein *Integrationsbedarf* aktuell, den die Diversifikationsstrategie miterzeugt.

Nicht zuletzt wären derartige Entwicklungen instrumentell für einen *Orientierungswechsel* des Forschungsmanagements (bzw. setzen diesen voraus): Neben die ausschließliche Orientierung auf Kundenwünsche (und damit auf Verbesserungsinnovationen) treten *zunehmend auch* Kontakte ("interpersonal networks") mit wissenschaftlichen Einrichtungen, um technologische Impulse aus der Grundlagenforschung integrieren (und damit zu Neuentwicklungen kommen) zu können (Interview 891005.INT, Trumpf 1988: 10, Traub 1987: 15, Deckel 1987: 17, Maho 1988: 18). Als Voraussetzung des notwendigen Aufbaus derartiger Forschungskapazitäten in Unternehmen der mittleren Größenordnung steigen deren FuE-Ausgaben stark an<sup>136</sup> und erreichen inzwischen einen Umsatzanteil, der deutlich über dem Branchendurchschnitt liegt.<sup>137</sup>

Intensiviert werden die Kontakte mit Hochschul- und Fraunhofer-Instituten. Dies geschieht allerdings sehr selektiv und mit einer leicht

---

<sup>134</sup> Wobei diese neben der Elektronik auch Komponenten und Werkstoffe betrifft.

<sup>135</sup> Interview 890414.INT und internes Firmenpapier mit dem Titel: "Ablauf der Technologie- und Produktentwicklung".

<sup>136</sup> Trumpf verdoppelte seine FuE-Aufwendungen zwischen 1983 und 1987 von ca. 12 auf ca. 25 Mio. DM jährlich.

<sup>137</sup> Branchendurchschnitt knapp über 3% (Häusler 1989: 67); Trumpf 6%, Gildemeister 4,5% (17 Mio. DM), Maho 7% (24 Mio. DM), Deckel 6% (32 Mio. DM); Angaben zu den staatlichen Fördermitteln machen Maho (keine Fördermittel; VDI-N 12.5.1989, nach Angaben des BMFT erhielt Maho allerdings 15.000 DM im Rahmen eines Verbundprojektes; vgl. BMFT 1989: 397) und Gildemeister (vier BMFT-Projekte, 5% des Firmenaufwandes); Angaben jeweils zu 1987, Quellen jeweils Geschäftsberichte.

überschaubaren Anzahl derartiger Institute<sup>138</sup>; hier existieren inzwischen offensichtlich gut etablierte Kontakte mit spezifischen Einrichtungen und Personen.

(3) Auch die Großkonzerne des Maschinenbaus verfolgen keine Strategie der Spezialisierung; sie streben im Gegenteil an, jeweils komplette Systeme anbieten zu können - gerade ihr langfristiges Ziel ist die gesamte "Fabrik der Zukunft".

Typisch für dieses Größensegment sind Konzerne wie Mannesmann und Krupp. Aus ehemaligen Stahlkonzernen wurden gegen Ende der 60er bzw. Anfang der 70er Jahre zunächst Maschinen- und Anlagenbauer<sup>139</sup>; zu Beginn der 80er Jahre erfolgte der Einstieg in die Informationstechnik.<sup>140</sup> Heute sehen sich diese Unternehmen als "Technologiekonzerne" (vgl. Jürgensen 1989 und Kemmer 1989) und vereinen unter ihrem Dach<sup>141</sup> das gesamte technologische Know-how der "Fabrik der Zukunft":

- Maschinen- und Anlagenbau (z.B. Mannesmann Demag: Förder-technik, Baumaschinen, Kunststofftechnik; Mannesmann Anlagenbau)
- Hydraulik, Antriebs- und Getriebetechnik (Rexroth)
- Elektronik (Hartmann & Braun)
- Informations- und Datentechnik (Kienzle, PCS Computer-Systeme, Procad) (vgl. Mannesmann 1988).

Auf der Produktebene beliefern einzelne Tochterunternehmen spezifische Marktsegmente umfassend; das Angebot reicht dann (hier am

---

<sup>138</sup> Einer der Werkzeugmaschinenhersteller kooperiert beispielsweise mit fünf Instituten (darunter München, Berlin, Aachen, Stuttgart) (Interview 890414.INT).

<sup>139</sup> Mannesmann kaufte zu dieser Zeit Demag und Rexroth.

<sup>140</sup> Mannesmann kaufte Hartmann & Braun, Kienzle und ANT (letzteres wurde später wieder verkauft); vgl. in diesem Zusammenhang auch die aktuelle Vergabe der Mobilfunklizenz an das Mannesmann-Konsortium (FAZ 2.12.1989 und 8.12.1989).

<sup>141</sup> In unterschiedlichen Unternehmensformen: Mannesmann AG als Holding, Krupp als GmbH.

Beispiel Fördertechnik; vgl. Mannesmann Demag Fördertechnik o.D.) von den Komponenten (Hubwerke, Motoren, Getriebe) über Geräte (Kran- und Handhabungstechnik) bis zu kompletten Systemen (Rollen- und Bandförderer etc.; Steuerungshard- und -software). Modulare Bauweisen ermöglichen dabei höchste Stückzahlen bei den Komponenten (und damit Automatisierungsgewinne) und ein hohes Maß an Spezialisierung bei den Endprodukten (und damit die Berücksichtigung spezifischer Kundenwünsche) (Interview 890510.INT). Damit werden intern Produktionsstrukturen angestrebt, die kundenspezifische Angebote ermöglichen; diese internen Strukturveränderungen erscheinen insofern als funktional äquivalent zu den in der Literatur weit stärker berücksichtigten externen Kooperationsbeziehungen (z.B. kapitalstarker Großkonzerne als Systemhersteller in Kooperation mit technologisch innovativen und organisatorisch flexiblen Kleinunternehmen; Grabher 1988).

Diese Unternehmens- und Produktstrukturen haben für die FuE-Strategien dieser Unternehmen vor allem zwei Konsequenzen:

(a) Zentrale Orientierungspunkte der FuE-Arbeit sind die Entwicklung neuer Systeme, nicht die Verbesserung einzelner Komponenten; die Anforderungen, die sich auf der Systemebene ergeben, steuern die Entwicklungsarbeit auf der Komponentenebene.

Damit weiten sich auch die technisch-wissenschaftlichen Bereiche aus, auf denen nach nutzbaren Innovationen zu suchen ist.<sup>142</sup> Neue Systeme entwickeln sich ferner nicht aus inkrementellen Veränderungen existierender Geräte heraus; vielmehr werden "die 'Produkte' der Zukunft ... Fixpunkte der strategischen Planung" (Neipp 1986: 151). Kundenwünsche, Marktanalysen oder der Stand der Technik reichen zur Steuerung derartiger Forschungsanstrengungen nicht aus. Diese Unternehmen müssen in der Tendenz zum *Trendsetter* werden:

---

<sup>142</sup> Als Beispiel: Bei Fichtel & Sachs gehe es nicht (nur oder nicht mehr) um die Verbesserung von Stoßdämpfern, sondern um die Konstruktion stabiler Fahrgastzellen; Stoßdämpfer seien hierbei nur noch *eine* Komponente, elektronische Steuerungen zum Niveaueausgleich etc. weitere (Interview 890313.INT).



"Mannesmann begnügt sich nicht mit der Anpassung an technische Trends. Mannesmann versucht, selbst Verfahren und Produkte zu entwickeln, neue Märkte zu erschließen" (Mannesmann o.D.: 23).

Die adäquate *Prognose* von technologischen *Trends in einer Vielzahl technologischer Felder* wird in der Folge gerade für diese Unternehmen zu einem zentralen Problem des Forschungsmanagements: "Nicht so sehr die Feststellung von Trends, sondern vielmehr das rechtzeitige Erkennen von Trendbrüchen im Bereich der Werkstoffe, Produkt- und Produktionstechnologien kann dazu von zentraler Bedeutung für ein Unternehmen sein" (Neipp 1986: 151).

(b) Spezifische komparative Vorteile der Forschungsanstrengungen dieser Großkonzerne sind in hohem Maße davon abhängig, ob es den Unternehmen gelingt, *Synergieeffekte* zu erzielen: "Bei der Vielfalt der Mannesmann-Aktivitäten hat gerade auch in Forschung und Entwicklung die übergreifende Zusammenarbeit zwischen den Unternehmensbereichen herausragende Bedeutung. Es gilt, ein vorhandenes Synergiepotential konsequent auszuschöpfen" (Mannesmann o.D.: 3).

Synergieeffekte wären mit Blick auf die Fabrikautomation vor allem zwischen den Bereichen Maschinenbau und Elektronik herzustellen. Der Umsatzanteil (Außenumsatz) des Bereiches Maschinen- und Anlagenbau lag 1987 bei Mannesmann und Krupp jeweils bei etwa 40%, der Anteil der Elektrotechnik/Elektronik zwischen 5% (Krupp) und 15% (Mannesmann) (vgl. Krupp 1987 und Mannesmann 1988). Eine stark steigende Tendenz weisen dabei beide, vor allem jedoch der Anteil der Elektronik auf. Dieser Trend gilt auch für die sektorale Entwicklung der FuE-Aktivitäten; Angaben hierzu existieren für spezifische Unternehmensbereiche (hier für ein Teilunternehmen der Mannesmann AG (1987); Interview 890510.INT.): Mechanik 56%, Elektrik 15%, Elektronik 16%, Software 13%; eine stark steigende Tendenz haben die Anteile der letzten beiden Sektoren.

Die FuE-Ausgaben dieser Konzerne liegen bei etwa 300 Mio. DM.<sup>143</sup> Der dominante Teil (über 90%) der Forschungsaktivitäten wird dezentral in den einzelnen Tochtergesellschaften abgewickelt. Die zentralen Instanzen sind dagegen schon personell schwach besetzt.<sup>144</sup>

Unternehmensübergreifende Koordinationsleistungen werden auf allerdings allgemeiner Ebene (Rahmendaten für und Größenordnungen von Forschungsanstrengungen, Forschungsstrategien) auf *Vorstandsebene* erbracht; dazu können beispielsweise drei spezifische Funktionen gehören:

1. Regelmäßige 1- bis 2-Jahresanalysen.
2. *Unternehmensschwachstellenanalysen*, die sich vornehmlich strategischen Fragen widmen; hier geht es darum, die Existenz notwendiger kritischer Massen zu evaluieren, den Bedarf nach technologischen Inputs insbesondere im Rahmen von Technologiesprüngen zu evaluieren. In diesen Bereich fallen auch Entscheidungen für Joint Ventures vor dem Hintergrund eines Kooperationszwanges, zur Integration neuer Entwicklungen.
3. Jährliche Investitionsplanung; in deren Rahmen werden beispielsweise FuE-Anträge in drei Stufen, jeweils nach ihren Einzelwertgrenzen, verhandelt: Pauschal beantragt werden Projekte unter 100.000 DM, der Vorstand wird informiert bei Projekten zwischen 100.000 und 2.000.000 DM, vollständige FuE-Anträge sind vorzulegen bei Projekten über 2.000.000 DM Einzelwert (Interview 890313.INT).

Daneben existieren gemeinsame Ausschüsse der Technikvorstände der jeweiligen Tochterunternehmen (Interview 890308.INT). Zentrale Forschungsinstitute spielen eine untergeordnete Rolle.<sup>145</sup>

---

<sup>143</sup> Mannesmann 1988: 366 Mio. DM; Krupp 275 Mio. DM; vgl. Mannesmann 1987 und Krupp 1987.

<sup>144</sup> Bei einem der Großkonzerne gehören zur zentralen Abteilung Technik vier Mitarbeiter und drei externe Berater (Interview 890308.INT).

<sup>145</sup> Während das Krupp Forschungsinstitut noch mit konzernübergreifenden Fragen der Integration der Elektronik in den Maschinenbau befaßt ist, widmet sich das Mannesmann-Forschungsinstitut aus-

Die geringe Ausbildung zentraler Koordinationsinstanzen<sup>146</sup> und die fast völlig fehlende dezentrale Abstimmung von Forschungsaktivitäten zwischen den einzelnen Konzernunternehmen (Interviews) lassen zusammenfassend Synergieeffekte als sehr unwahrscheinlich, zumindest als äußerst schwer herzustellen, erscheinen.<sup>147</sup>

In externen Forschungs Kooperationen suchen die Unternehmen vor allem ergänzendes Know-how.<sup>148</sup> So betreiben auch diese Großkonzerne des Maschinenbaus keine Grundlagenforschung; dazu dienen zahlreiche<sup>149</sup> und in ihrer Bedeutung und ihrer Anzahl steigende Kooperationen mit Hochschulen.

Nicht nur der vergangene Erfolg des bundesdeutschen Maschinenbausektors, sondern auch seine guten Aussichten für die Zukunft werden in der Regel mit der "mittelständischen Struktur" der Branche begründet. Technologische Tendenzen und die beschriebenen Forschungsaktivitäten der Unternehmen relativieren diese Einschätzung deutlich.

Die spezifischen Vorteile des "Mittelstandes" bündeln sich in den Begriffen Spezialisierung, Flexibilität und Kundennähe. Aufgrund des technologischen Potentials der Fabrikautomatisierung werden insbesondere die letzten beiden Charakteristika in der Zukunft jedoch immer mehr "Tugenden" sein, die sich auch Großunternehmen erwerben können; flexible Automatisierung, modulare Bauweisen, aber auch firmeninterne Dezentralisierung und dichte Vertriebsnetze werden

---

schließlich der Stahlforschung und wurde konsequenterweise vor kurzem in die Mannesmann-Röhrenwerke integriert (Interviews).

<sup>146</sup> Der "adäquate" Konzentrationsgrad der FuE-Aktivitäten im Unternehmen ist gegenwärtig ein strategisch bedeutsamer Diskussionspunkt des FuE-Managements (Interview 890308.INT).

<sup>147</sup> Einzelnen Ausnahmen zum Trotz (Mannesmann o.D.: 19).

<sup>148</sup> Neben Kosten- und Zeitersparnissen; Hochschulkontakte werden auch als PR-Maßnahmen verstanden (Interview 890510.INT).

<sup>149</sup> Eines dieser Unternehmen unterhält ca. 200 Kontakte mit Hochschulen (Interview 890308.INT).

auch diese in die Lage versetzen, Kundenwünsche flexibel zu berücksichtigen.<sup>150</sup>

Der strategische Kern der Entwicklung zur "Fabrik der Zukunft" zielt auf die Überwindung des "Dilemmas der Produktivität" (Göhren 1986: 14), d.h. des Widerspruchs zwischen den Produktivitätsgewinnen der Massenproduktion und der mit ihr verbundenen geringen Reaktionsfähigkeit. Flexible Automatisierung (etwa in flexiblen Fertigungssystemen) erhöht die Produktivität auch der Klein- bzw. Mittelserienfertigung erheblich; Flexibilitätsvorsprünge von Klein- bzw. mittelständischen Unternehmen werden sich dadurch deutlich relativieren. Zur erfolgversprechenden Zielgröße würden dann *mittlere* Losgrößen (vgl. *Schaubild 9*). Für Großkonzerne wäre eine Reduktion der Losgrößen technisch erreichbar; Kleinunternehmen stünden zwei Strategien offen: die forcierte Spezialisierung oder der "Aufstieg" in die Bereiche der mittleren Losgrößen.

"Mittlere Losgrößen" bezeichnen allerdings keineswegs eine "Mittelstandsstrategie". Es sollte in den beiden letzten Abschnitten deutlich geworden sein, daß die "Fabrik der Zukunft", die Integration der Elektronik in den Maschinenbau und das Angebot von Systemen umfangreiche Forschungsanstrengungen, -strategien und -organisationen in den Unternehmen erfordern.

Einen systematischen Überblick über die strategischen Anforderungen und Optionen der Unternehmen des bundesdeutschen Maschinenbaus im Rahmen ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit (1 und 2) wie auch der Marktdurchdringung (3) vermittelt *Schaubild 10*; unterschieden werden eine unternehmensinterne (a) und eine unternehmensexterne (b) Ebene. In bezug auf die Diskussion über die Zukunftsaussichten spezifischer Größensegmente wird dabei deutlich, daß

---

<sup>150</sup> Die zentralen Aspekte dieser Fähigkeit werden von Delapierre (1988: 153/154) beschrieben: "multiplicity of final applications", "universality", "standardization", "customization" and "development of products as systems".

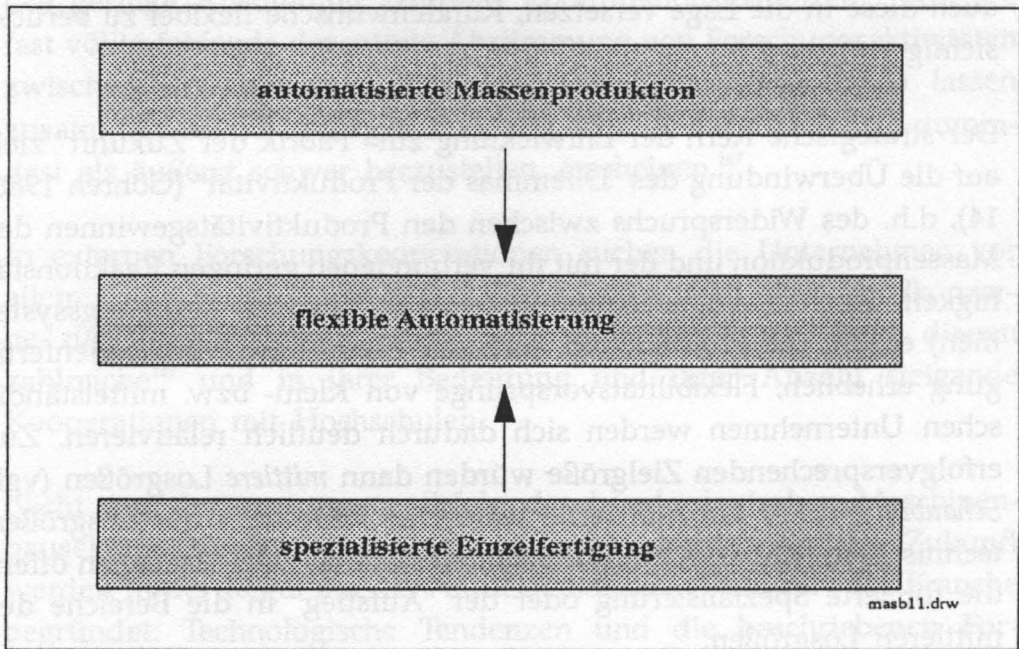


Schaubild 9: Unternehmensstrategien im Maschinenbau

		intern	extern
Forschung & Entwicklung	(1) Adaption grundlagenorientierter Innovationen	Aufbau grundlagenorientierter FuE-Kapazitäten  Autonomisierung der FuE-Abteilungen	Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen
	(2) Integration branchenübergreifender Innovationen	Aufbau neuer FuE-Kapazitäten  Aufkauf einschlägiger "Technologiefirmen"	FuE-Kooperationen mit "branchenfremden" Unternehmen
Markt	(3) organisatorische Flexibilität	Dezentralisierung (profit center etc.)	Netzwerke Zulieferer-Anwender-Integration just-in-time

masb101.drw

Schaubild 10: Strategische Anforderungen und Optionen der Unternehmen des Maschinenbaus

- (a) sich auf *keiner* Ebene (also nicht nur auf der FuE-Ebene, sondern auch auf der Ebene der Marktchancen, soweit diese technologiebedingt sind; vgl. Sorge 1987) a priori ein eindeutiger Vorteil eines spezifischen Größensegments ableiten läßt;
- (b) sich in Richtung auf die Notwendigkeit, grundlagenorientierte Innovationen aufzunehmen, komparative Vorteile für größere Unternehmen vermuten lassen; es spricht auf jeden Fall einiges gegen die These des "small is beautiful" in dem Sinne, daß "je kleiner, desto besser" gelte;
- (c) sich in Richtung auf die notwendige Erreichung organisatorischer Flexibilität komparative Vorteile für kleinere Unternehmen vermuten lassen; daß sich gleichzeitig jedoch keine stichhaltigen Argumente dafür finden lassen, Flexibilitätssteigerungen bei Großunternehmen grundsätzlich auszuschließen.

Nötig und möglich sind daher spezifische Aussagen. Im Maschinenbau scheint so etwa plausibel, daß eine "kritische Masse" für eine adäquate FuE-Arbeit nötig ist; diese dürfte über den Größenordnungen eines klassischen Klein- und Mittelbetriebes liegen; charakteristisch wären z.B. die erfolgreichen Werkzeugmaschinenbauer: über 2.000 Beschäftigte, Umsatz um bzw. über 500 Mio. DM, FuE-Haushalt um die 25 Mio. DM.

Dann würden lediglich die Kleinstunternehmen des Maschinenbaus den gegenwärtigen Anforderungen auf der FuE-Ebene nicht genügen. Hier bliebe lediglich eine zugespitzte Nischenstrategie - und dies nur kurz- bzw. mittelfristig: "Mit der Flucht in nur kurzfristig gewinnträchtige, dafür aber in jedem Fall auch relativ kleine Marktsegmente der qualitativ höchstwertigen Maschinenbauprodukte, insbesondere des Sondermaschinenbaus, werden die Marktsegmente der sogenannten Standard- und Universalmaschinen mit ihren mittleren und großen Serien noch zu oft ... preisgegeben. Daß eine solche Marktorientierung nur vorübergehende Entlastung bringen kann, wurde in einer Japan-Studie von Roland Berger bereits 1980 aufgezeigt" (Neipp/ Pfeiffer 1986: 8).

Ein (möglicherweise typisches) Beispiel für die Zukunftsperspektiven der vielgepriesenen Kleinunternehmen im Maschinenbau liefert Mombaur (1989: 34-46): Ein Landmaschinenunternehmen mit etwa 200 Mitarbeitern und einem Umsatz von unter 20 Mio. DM schätzt nach Aussage seines Geschäftsführers die Bedeutung von Innovationen als sehr gering ein (ausgegangen wird wie in der Vergangenheit von langen Produktlebenszyklen und stabilen technologischen Bedingungen<sup>151</sup>). Nur ca. 1,3% des Umsatzes (oder jährlich ca. 250.000 DM) werden für FuE aufgewandt, in diesem Bereich sind lediglich zwei Halbtagskräfte engagiert, eine FuE-Abteilung hat sich daher nicht ausdifferenziert, Markt- und Technologiebeobachtung wird nicht betrieben, externe Beratungsmöglichkeiten und finanzielle Fördermittel werden nicht in Anspruch genommen, und das Produktprogramm ist überaltert (lediglich drei Neuentwicklungen seit den 70er Jahren). Auf die Absatzkrise im Agrarmaschinenmarkt reagiert das Unternehmen mit einer stärkeren Orientierung auf die eigene Gießerei (Intensivierung der Arbeiten für Fremdkunden), also keineswegs mit verstärkten Innovationsanstrengungen in seinem traditionellen Maschinenbaumarktsegment, sondern mit einer Diversifikation aus dem Maschinenbau heraus. Als Fazit mehrerer derartiger Fallstudien hält Mombaur (1989: 75) fest: "... während Weiterentwicklungen offenbar gut bewältigt werden, scheinen Produktneuentwicklungen oder sogar Änderungen im Produktprogramm zwei der (insgesamt vier) hier beschriebenen (klein- und mittelständischen) Unternehmen zu überfordern" [Hervorhebung JH].

Die mittleren und Großunternehmen besitzen dagegen Erfolgchancen mit allerdings je spezifischen Erfolgsbedingungen:

- Großunternehmen müssen gleichzeitig die Flexibilität ihrer Produktions- und Marktstrategien über interne Dezentralisierung und/oder externe "Vernetzung" mit ihren Zulieferern

---

<sup>151</sup> Vgl. im Gegensatz dazu die Berichte von der Landmaschinen-Ausstellung "Agritechnica 1989": "Mikroelektronik ist aus Schleppern und anderen Landmaschinen nicht mehr wegzudenken" (FAZ 28.11.1989: 22).

sichern *und* komparative Vorteile ihrer Forschungsarbeit über die Nutzung potentieller Synergieeffekte realisieren;

- die mittleren Unternehmen müssen den Sprung vom Nischenproduzenten zum "Massen"- und/oder Systemanbieter schaffen; sie haben v.a. das Problem des Aufbaus neuer FuE-Kapazitäten (Kapitalbedarf; aber auch Veränderung interner Arbeitsabläufe, Produktionsstrukturen und Qualifikationsprofile; Erschließung neuer Märkte) und in der Folge das Problem der (Re-)Integration neuer technologischer Gebiete und jetzt ausdifferenzierter Unternehmenseinheiten (Synergieeffekte entstehen in der "neuen" Unternehmensstruktur auch nicht mehr "naturwüchsig").

#### 7. Intra-industrielle Zusammenarbeit: Neue Kooperationsformen

Branchenstruktur und -grenzen des Maschinenbausektors erfahren gegenwärtig deutliche Modifikationen, deren Ursachen auch im Wandel der technologischen Basis des Industriezweiges liegen: Neue Technologien drängen in den Sektor, zwingen damit die Maschinenbauunternehmen zur Diversifikation und/oder ermöglichen Unternehmen aus anderen Branchen, in den Maschinenbau einzudringen (vgl. Böhmer 1988).

Diese Situation hat auch Konsequenzen für die Kooperationsformen im Rahmen der FuE-Aktivitäten des Maschinenbaus. Herausgefordert wird dadurch vor allem die vorrangige Ausrichtung der Unternehmensforschung auf die "Kundenwünsche", d.h. die Exklusivität der engen *vertikalen* Verflechtung der Maschinenbauunternehmen mit ihren Abnehmern. Zu untersuchen ist, inwieweit sich diese Zusammenarbeit mit Kunden verändert, insbesondere aber, inwieweit sich auf der Forschungsebene neue Formen der *horizontalen* Kooperation zwischen konkurrierenden Unternehmen innerhalb des Sektors, aber auch und insbesondere *diagonale* Verflechtungen mit Unternehmen aus anderen Sektoren, entwickeln. In Beiträgen der "industrial economics" (Astley/Fombrun 1983) bezeichnen letztere - im Unterschied zu vertikalen Beziehungen zwischen Zulieferern und Herstellern innerhalb etablier-



ter Produktketten ("functional chains") - Beziehungen von Unternehmen *zwischen* derartigen funktionalen Produktketten;<sup>152</sup> diese können im Zeitverlauf in kompetitive (Substitutionswettbewerb) oder symbiotische (gegenseitige Ergänzung) Beziehungen münden.

Die Debatte zu den aktuellen Veränderungen der Struktur zwischenbetrieblicher Beziehungen in einzelnen Industriebranchen entzündet sich an zwei zu unterscheidenden Phänomenen: Neben den Analysen von Kooperationsbeziehungen zwischen selbständigen Unternehmen existiert ein ebenso großes Interesse an der Zunahme von Zusammenschlüssen von Unternehmen ("mergers & acquisitions").

Letzteres stellt immer auch eine strategische Option für Unternehmen dar, ihre technologische Basis zu erweitern. In der *Akquisition* sehen Beiträge zum FuE-Management folglich neben der Eigenentwicklung und der Kooperation eine der drei Optionen für industrielle Technologiestrategien (Arthur D. Little o.J.: 40). Akquisitionen bzw. Fusionen sind auch als Internalisierungsstrategien zu begreifen und wandeln daher im Zeitverlauf in unserem Zusammenhang ihren Charakter: Während sie zum Zeitpunkt ihres Inkrafttretens als externe FuE-Aktivität betrachtet werden können (Zukauf von unternehmensfremdem Know-how), wird die zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeit dieser neuen Unternehmenseinheiten Teil der Eigenentwicklung; insofern mögen die technologisch motivierten Akquisitionen auch als Bindeglied zwischen der Behandlung der innerbetrieblichen (Kapitel

---

<sup>152</sup> In diesem Sinne unterhalten Stahlunternehmen, Gießereien, Werkzeugmaschinenhersteller und (Land-)Maschinenhersteller traditionelle vertikale Lieferanten-Hersteller-Beziehungen innerhalb einer Produktkette; diagonale Beziehungen zwischen bisher getrennten Produktketten entwickeln sich dagegen, wenn Werkzeugmaschinenhersteller mit Unternehmen aus den Bereichen elektronische Steuerungen (EDV), neue Verbundwerkstoffe (Stahl, Keramik, Kunststoff) und Laser (Optoelektronik) in der Produktion eines flexiblen Blechbearbeitungszentrums zusammenarbeiten. Deutlich wird hiermit auch, daß funktionale Produktketten nicht mit Industriebranchen gleichzusetzen sind, diagonale Verflechtungen daher branchenübergreifend sein können, nicht jedoch sein müssen, bzw. vertikale Beziehungen innerhalb und zwischen Branchen existieren können.

6) und der zwischenbetrieblichen FuE-Aktivitäten (im weiteren Verlauf dieses Kapitels) dienen.

In der Branchenstruktur der Ver- und Aufkauf-Aktivitäten im Maschinenbausektor<sup>153</sup> seit Mitte der 70er Jahre sind zwei Phänomene hervorzuheben (*Schaubild 11*; Deutscher Bundestag 1985): (1) Unternehmen des Maschinenbaus waren häufiger Gegenstand eines Aufkaufs als ihrerseits Käufer: Zwischen 1973 und 1984 kauften Maschinenbauunternehmen 236 Unternehmen auf, während umgekehrt in 488 Fällen Unternehmen des Maschinenbaus aufgekauft wurden. (2) Nur an etwas mehr als einem Fünftel der Unternehmenszusammenschlüsse in diesem Zeitraum waren ausschließlich Unternehmen des Maschinenbaus beteiligt (von insgesamt 724 waren dies 168). An 80% der Zusammenschlüsse waren also Unternehmen aus anderen Branchen beteiligt. Dabei diversifizierte die Unternehmen des Maschinenbaus vor allem in die Sektoren Handel und Elektrotechnik. Umgekehrt kauften vor allem Unternehmen aus den Bereichen Stahl, Elektrotechnik, Chemie und Kraftfahrzeugbau Maschinenbauunternehmen auf.

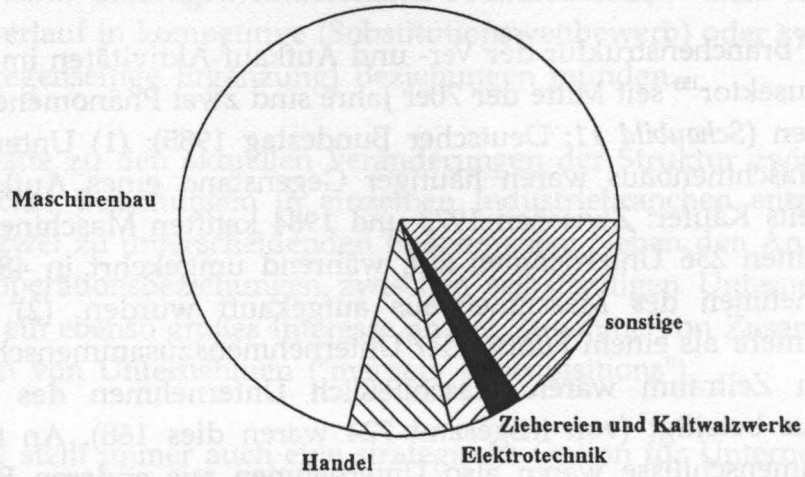
Die folgenden Hintergründe der Akquisitionstätigkeiten unter Beteiligung des Maschinenbausektors sind festzuhalten. Zum einen war der Maschinenbausektor offensichtlich ein Ziel der Diversifikationsstrategien der in die Krise geratenen Stahlunternehmen. Dies dürfte für diese Maschinenbauunternehmen den Trend vom (Einzel-)Maschinen- zum Systemanbieter verstärken. Große Maschinenbaukonzerne gründeten in diesem Zusammenhang Spezialunternehmen oder kauften solche Unternehmen auf, um z.B. Software-Kenntnisse oder Diagnose- bzw. Servicesysteme anbieten zu können.<sup>154</sup>

---

<sup>153</sup> Bei den einzelnen Industriebranchen führt der Maschinen- und Anlagenbau die Liste der "Beteiligungen und Neubildungen" z.B. 1988 deutlich an (Wupper & Partner 1989).

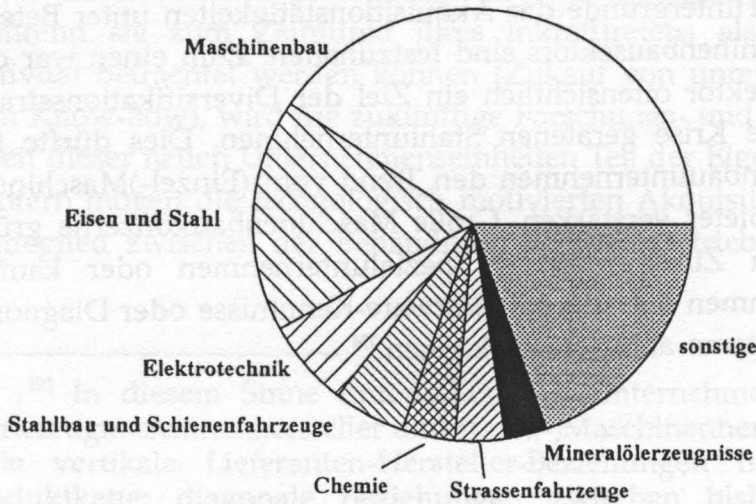
<sup>154</sup> Beispiele liefern die Friedr. Krupp GmbH mit der Krupp Atlas Datensysteme GmbH (Neipp 1988) und die Mannesmann AG mit einer ganzen Reihe von Firmen (Kienzle, Procad, PCS Computer-Systeme, Hartmann & Braun; Mannesmann 1988).

(1) Unternehmen des Maschinenbaus als erwerbende Unternehmen



Anmerkung: Zusammenschlüsse insgesamt = 236  
 sonstige = 37 Zusammenschlüsse in 16 weiteren  
 Wirtschaftsbereichen mit jeweils weniger  
 als 5 Zusammenschlüssen

(2) Unternehmen des Maschinenbaus als erworbene Unternehmen



Anmerkung: Zusammenschlüsse insgesamt = 488  
 sonstige = 81 Zusammenschlüsse in 22 weiteren  
 Wirtschaftsbereichen mit jeweils weniger  
 als 10 Zusammenschlüssen

Quelle: Deutscher Bundestag 1985: 126f.

maschb31.drw

Schaubild 11: Unternehmenszusammenschlüsse im Maschinenbau 1973-1984

Und andererseits offenbart sich auch hier die engere Verzahnung von Maschinenbau- und Elektroindustrie. So sind Akquisitionen ein nicht zu vernachlässigender Teil jener Technologiestrategie des Maschinenbausektors, die auf ein Aufbrechen des traditionellen, auf die Verbesserung der existierenden Maschinentypen fixierten FuE-Verhaltens gerichtet ist.

Neben Akquisitionen kann vor allem der Aufbau (bzw. die Intensivierung) vielfältiger *Kooperationsbeziehungen*<sup>155</sup> mit anderen Unternehmen dem Gewinn von Know-how dienen. Mit einer solchen Entwicklung befände sich der bundesdeutsche Maschinenbau in Einklang mit einem vielfach postulierten generelleren branchen- und länderübergreifenden Trend. Immer deutlicher wird sowohl in Industrieunternehmen (Zimmermann 1986)<sup>156</sup> als auch in der wissenschaftlichen Literatur ein Bedeutungsgewinn unternehmensexterner FuE-Aktivitäten konstatiert: "The growth of international and domestic interfirm agreements bearing to some degree or another on technology represents a significant and novel development of the 1980s" (Chesnais 1988: 52<sup>157</sup>). Neben den bereits dargestellten FuE-Kooperationen mit wissenschaftli-

---

<sup>155</sup> Zur Definition vgl. etwa Mariti/ Smiley (1983: 437): "A cooperative agreement is any long term, explicit agreement amongst two or more firms"; während der langfristige (statt einmaliger Transaktionen) und explizite (d.h. intentionale, nicht jedoch unbedingt schriftlich fixierte) Charakter von zwischenbetrieblichen Beziehungen für diese Definition zentral sind, spielt die juristische Form dieser Beziehung keine Rolle.

<sup>156</sup> Benedetti (1987: 68 und 70) identifiziert auch auf europäischer Ebene "a growing entrepreneurial involvement in joint research efforts" und "the creation of cross-border technological networks".

<sup>157</sup> Vgl. etwa auch Jorde/ Teece 1989; Friedman/ Berg/ Duncan (1979: 103) konnten noch gegen Ende der 70er Jahre konstatieren: "Researchers have conducted no empirical analyses of the substitutability of externally-acquired know-how for knowledge gained through internal R&D. ... much more is known about the causes and effects of internal R&D than about the extent to which knowledge acquisition occurs through mergers, licensing, government contracts, and joint development."

chen Einrichtungen geht es in dieser Diskussion vorrangig um die Zusammenarbeit von Unternehmen auf der FuE-Ebene.

Freeman (1987) interpretiert die Entwicklung von (FuE-)Kooperationsbeziehungen zwischen Unternehmen (zunächst innerhalb japanischer Konglomerate seit Ende des Zweiten Weltkrieges) als die für die Gegenwart zentrale institutionelle Innovation in "national systems of innovation"<sup>158</sup> und vergleicht sie in ihrer Bedeutung mit der Entstehung eigenständiger FuE-Labors in der Industrie (in amerikanischen Elektro- und deutschen Chemieunternehmen um die Mitte des 19. Jahrhunderts).

Trotz der Popularität des Postulats einer zunehmenden Bedeutung unternehmensexterner FuE-Aktivitäten und zwischenbetrieblicher FuE-Kooperationen liegen zu dieser Frage noch kaum empirisch fundierte, historische Studien vor. Aber nur auf diese Weise ließe sich die These eines gegenwärtigen Bedeutungsgewinns überzeugend erhärten; so bleibt es letztlich noch immer "difficult to establish for certain whether there is a trend in the use of co-operative agreements among firms because no institution has collected data for a sufficient period of time" (Mariti/ Smiley 1983: 446).

Es ist damit gegenwärtig noch offen, ob es sich bei dieser These in genereller Form um die späte "Entdeckung" eines längst etablierten Phänomens durch die Sozialwissenschaften, um am japanischen "Modell" orientierte Präskription oder tatsächlich um einen empirisch-analytischen Befund handelt.

Diese generelle Skepsis gilt in besonderem Maße, wenn es um die Analyse der FuE-Kooperationen im bundesdeutschen Maschinenbau geht. Empirische Aussagen können in der Regel lediglich auf Basis punktueller Unternehmensbefragungen gemacht werden: "The discussion in this section should therefore be viewed as somewhat tentative, since it is not based on hard data but rather on interviews with

---

<sup>158</sup> Diesen Vorbildcharakter japanischer Strukturen für in allen anderen Industrieländern notwendige Veränderungen betonen etwa auch Ouchi/ Bolton 1988.

senior managers ... . the managers interviewed reported that their use (of co-operative agreements) has increased markedly in the last 15 years" (Mariti/ Smiley 1983: 446/447); diese (auf die gesamte Diskussion bezogenen) Einschränkungen gelten auch gegenüber den folgenden Ausführungen zum Maschinenbausektor.

Im bundesdeutschen Maschinenbausektor beteiligen sich die Unternehmen des Größensegments bis etwa 2.000 Beschäftigte nur zögernd an kooperativen Forschungsaktivitäten mit anderen Unternehmen (Interview 890414.INT). Ebenso kritisch stehen sie den Kooperationen innerhalb der staatlich initiierten Verbundprojekte gegenüber.<sup>159</sup> In beiden Fällen existieren grundsätzliche Bedenken gegen Forschungsoperationen mit Konkurrenten (Interview 890414.INT); dies hängt möglicherweise damit zusammen, daß die Unternehmen dieses Größensegments ausschließlich produktorientiert, d.h. anwendungsorientierter bzw. marktnäher forschen als die im folgenden dargestellten Großkonzerne.<sup>160</sup> Existierende, insbesondere bilaterale FuE-Kooperationen stellen also eher die Ausnahme dar; dies gilt in verstärktem Maße für vereinzelte erste internationale Kooperationen.<sup>161</sup>

---

<sup>159</sup> Gegen die (staatlichen) Verbundprojekte wird eingewandt, daß sie aufgrund ihres Organisations- und Konsensbedarfs die unternehmerische Flexibilität zu stark einschränken. So sei die vierfache Beteiligung eines der Unternehmen des Werkzeugmaschinenbaus an solchen Projekten von außen (von interessierten Hochschulinstituten) initiiert worden (Interview 890414.INT).

<sup>160</sup> "An den großen, mit staatlichen Mitteln geförderten Projekten ist das Unternehmen nicht beteiligt; da hat man zwar mitgeredet in der Vorlaufphase, erinnert sich Babel, dann aber doch gesehen, daß man etwas Eigenes auf die Beine stellen muß: 'Weil wir unseren Markt kennen und wissen, was die Kunden wollen'" (VDI-N 12.5.1989, den Maho-Vorstandsvorsitzenden zitierend).

<sup>161</sup> Ein häufig zitiertes Beispiel wäre die Trumpf AG, die bei der Entwicklung und Produktion von Roboterlasern mit der zur Fiat-Gruppe gehörenden Coman SpA kooperiert (SZ 25.10.1988 und HB 12.12.1988); dabei gilt Trumpf Branchenkennern jedoch als Ausnahmefall (Interview 890712.INT).

Bei den Großunternehmen der Branche existieren Forschungskoope-  
rationen mit anderen Unternehmen auf zwei Ebenen. Symmetrische  
Kooperationsbeziehungen werden mit Unternehmen, auch und insbe-  
sondere aus anderen Branchen (Anwender), auf Konzernebene einge-  
gangen; hierbei spielen öffentliche Programme (BMFT-Verbundprojekte  
und europäische Programme<sup>162</sup>) eine zentrale und durchaus auch  
initiierende Rolle.<sup>163</sup> Hier zeichnet sich, zumindest in der Größenord-  
nung, eine neue Entwicklung ab.

Asymmetrische Forschungskoope-  
rationen existieren zwischen einzelnen  
Unternehmensbereichen und spezifischen kleineren Unternehmen  
(typisch hierfür: Software-Häuser).<sup>164</sup> Hier werden traditionelle Liefer-  
beziehungen um Kooperationen auf der Forschungsebene ergänzt. In  
ihrer Bedeutung sollen letztere tendenziell steigen<sup>165</sup> - parallel zur  
Ausweitung der Arbeitsteilung insgesamt, d.h. zur Reduktion des  
Anteils der Eigenproduktion.<sup>166</sup>

Repräsentativere Daten für die Bundesrepublik liefert in begrenztem  
Umfang eine im Auftrag der Monopolkommission durchgeführte

---

<sup>162</sup> Bei einem dieser Großkonzerne stieg der Anteil europäischer  
Programme an der gesamten öffentlichen Förderung von 1981: 3% auf  
1986: 24% (Interview 890308.INT).

<sup>163</sup> Interviews; Täger (1988: 121) zieht das Fazit: "Betrachtet man  
die einen Einfluß behaftenden Stellungnahmen nach Beschäftigtengrö-  
ßenklassen, so zeigt sich, daß vor allem größere Unternehmen staatliche  
Aktivitäten als förderlich für ihre kooperativen FuE-Aktivitäten  
halten."

<sup>164</sup> Zur Asymmetrie dieser Beziehungen vgl. Interview  
890510.INT.

<sup>165</sup> Der Anteil dieser Forschungskoope-  
rationen mit Kleinunterneh-  
men an den gesamten FuE-Aktivitäten liegt gegenwärtig beispielsweise  
bei einem Teilunternehmen eines der Großkonzerne noch bei unter 5%  
(Interview 890510.INT).

<sup>166</sup> Dieser Prozeß ist allerdings längst noch nicht so weit fortge-  
schritten, daß man die Tätigkeit dieser Konzerne reduzieren könnte  
auf die Funktion des "General Contractors, der die Leistungen von  
Spezialisten zu einem kundenspezifischen System kombiniert" (Grab-  
her 1988: 49).

Studie des IfO-Instituts (Täger 1988). Auf Basis einer schriftlichen Befragung von etwas über 400 Unternehmen (davon 90 aus dem Maschinen-, Stahl- und Schiffbau) bestätigt diese zunächst den bereits zitierten Eindruck, daß die *Bereitschaft* der Unternehmen, FuE-Kooperationen einzugehen, größenspezifisch variiert. Dabei scheint der Maschinenbau bei der größenspezifischen Verteilung der FuE-Kooperationen dem Branchendurchschnitt zu entsprechen. Für den gesamten Unternehmenssektor gilt, daß mit der Größe der Unternehmen sowohl die Bereitschaft zur Vergabe externer Forschungsaufträge<sup>167</sup> als auch die Bereitschaft zu FuE-Kooperationen mit anderen Unternehmen<sup>168</sup> steigt (Täger 1988: 21).

Der Maschinenbausektor entspricht nach dieser Studie ebenfalls dem Branchendurchschnitt, wenn es um die *Motive* geht, die dem Eingehen von FuE-Kooperationen zugrunde liegen: 75% der Unternehmen hielten die "Erreichung eines schnellen Erfolges" für "ausschlaggebend" bzw. "wichtig" für das Eingehen von FuE-Kooperationen; für 71% der Unternehmen galt dies für das Motiv "Lösung des FuE-Problems nur in Kooperation möglich"; 64% hielten die "Minderung des FuE-Aufwandes" für zentral, 63% einen "Engpaß in den FuE-Kapazitäten"; immerhin 35% der Unternehmen hielten "Anstöße durch die staatliche Technologiepolitik" für bedeutsam (Täger 1988: 69). Gleiches gilt für die *gegen* Kooperationen angeführten Gründe (Täger 1988: 79): Jeweils zwischen 60 und 70% der Unternehmen "beurteilen folgende wesentliche Gründe *gegen* FuE-Kooperationen mit einem anderen Unternehmen als 'ausschlaggebend' bzw. 'wichtig' ... Offenlegung von Innovations- und Produktstrategien, Bewahrung der technologischen Unabhängigkeit, Preisgabe bisheriger FuE-Ergebnisse."

Zu branchenspezifischen Aussagen kommt die Studie über die Kooperationspartner des bundesdeutschen Maschinenbaus; Differenzen zwischen einzelnen Branchen existieren, wenn es allgemein um die

---

<sup>167</sup> Bei Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten sind unter 35% dazu bereit, bei 500-2000 Beschäftigten sind dies 40-50%, darüber sind es über 60%.

<sup>168</sup> Bis zu 500 Beschäftigte: ca. 20%; 500-2.000 Beschäftigte: 20-30%; darüber: 40-60%.



Partner externer FuE-Aktivitäten geht: Im Branchenvergleich vergibt der Maschinenbau zwar einen durchschnittlichen Anteil an externen Forschungsaufträgen, kooperiert dabei aber deutlich *unterdurchschnittlich mit anderen Unternehmen* (Täger 1988: 23); d.h. wohl auch, daß der überwiegende Teil der externen FuE-Aktivitäten der Maschinenbauunternehmen eine Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen betrifft (so auch Szyperski 1989: 107).

Bei den Kooperationsbeziehungen mit anderen Unternehmen dominieren *vertikale* Verflechtungen: Im Maschinenbau kommen im Vergleich zu anderen Branchen die Kooperationspartner überdurchschnittlich oft aus dem Lieferanten- (43%), insbesondere aber aus dem Kundenkreis (49%; die Zahlen für die Gesamtheit der befragten Unternehmen: 41% und 39%) (Täger 1988: 37). Kooperationsbeziehungen im FuE-Bereich mit konkurrierenden Unternehmen scheinen eine nur geringe Bedeutung zu haben. Es handelt sich bei den Kooperationsbeziehungen mit Unternehmen denn auch vornehmlich um solche mit Unternehmen aus anderen Branchen; der größere Teil der FuE-Kooperationen auf Unternehmensebene findet mit branchenfremden Unternehmen statt: Lediglich 20-40% der Unternehmen im Maschinenbau hatten Kooperationen mit Unternehmen, die ein gleiches Produktprogramm hatten, aus dem gleichen Wirtschaftszweig kamen oder zumindest den gleichen Technologieschwerpunkt hatten (der Gesamtdurchschnitt lag zwischen 30% und 50%) (Täger 1988: 29).

Eindeutige und verallgemeinerbare Struktur- oder gar Trendaussagen, was Ausmaß, Entwicklungsdynamik und -richtung der Kooperationsbeziehungen angeht<sup>169</sup>, lassen sich vor dem Hintergrund des zitierten empirischen Materials für den Maschinenbau gegenwärtig wohl noch nicht machen. Deutlich wird allenfalls eine Pluralität, in schon geringerem Ausmaß eine Pluralisierung, der externen Kooperationsbezie-

---

<sup>169</sup> Etwa in dem Sinne, daß vormals lineare Beziehungsmuster (z.B. rigide Einbindung kleiner Maschinenbauunternehmen in die Innovationsstrategien von Großkonzernen aus dem Stahlbereich) gegenwärtig von Netzwerkstrukturen (flexible Integration der finanziellen Ressourcen der Großkonzerne und der innovatorischen Flexibilität der Kleinunternehmen) ersetzt würden (Grabher 1988).

hungen (Friar/ Horwitch 1985) auch im bundesdeutschen Maschinenbau. Hinsichtlich spezifischer Tendenzen lassen sich zusammenfassend lediglich einige tentative Aussagen machen.

Die eindeutige Ausrichtung der Innovationstätigkeit auf die Beziehungen zu den Kunden erfährt Modifikationen zum einen insofern, als "Kundenwünsche" jetzt in abstrakterer und anonymerer Form die Innovationstätigkeit beeinflussen. So repräsentiert der Kunde, d.h. die jeweils zu beliefernde Industriebranche, zwar mehr denn je die strategische Zielgröße der Marktstrategie der Maschinenbauunternehmen.<sup>170</sup> Den gewandelten Kundenwünschen (im Kern Flexibilisierung statt lediglich Automatisierung) wird aber abstrakt entsprochen: Die Entwicklung modularer Systeme ermöglicht einerseits kundenspezifische Problemlösungen auf der *Produktebene*, macht aber andererseits die *Innovationstätigkeit* unabhängig(er) von der Kenntnis präziser späterer Kundenanwendungen. Ganz im Gegenteil: Verallgemeinerbare - und auch für die Maschinenhersteller: flexible - Problemlösungen werden angestrebt und machen grundlagenorientierte FuE nötig.

Ein herausragendes Beispiel für diesen Zusammenhang stellt die innovative Nutzung des Lasers als Werkzeug in der Blechbearbeitung dar: Mit dieser Entwicklung wurde sicherlich Kundenwünschen nach schnelleren, präziseren und flexibleren Blechbearbeitungsmethoden entsprochen; dennoch hat zu keinem Zeitpunkt irgendein Kunde den Laser als problemlösendes Schneidewerkzeug antizipiert und gefordert. Diese zunächst abstrakte Idee, die lediglich auf einen potentiellen und anonymen Markt zielte, entsprang der intensiven Zusammenarbeit des Werkzeugmaschinenunternehmens mit Hochschul- oder sonstigen Forschungsinstituten, die grundlagenorientiert forschen (im konkreten Fall war dies insbesondere eine Großforschungseinrichtung, die DLR). Die Nutzung des neuen Schneidewerkzeuges erfolgt vor

---

<sup>170</sup> Was den weitverbreiteten Ausbau der jeweiligen Vertriebsnetze erklärt (vgl. z.B. die Aktivitäten der Werkzeugmaschinenhersteller Maho, Deckel, Trumpf u.a.; VDI-N 30.9.1988, 14.10.1988, 12.5.1989; FAZ 20.2.1988, 5.9.1988, 14.9.1989); in diesem Sinne mag die Beschreibung des Maschinenbaumarktes als eines "Käufermarktes" gerechtfertigt sein.

allem in einem standardisierten, flexiblen und kombinierten CNC-Blechbearbeitungszentrum (Interview 891005.INT).<sup>171</sup>

Enge FuE-Kooperationen auf Kundenebene werden vor diesem Hintergrund eingegangen mit "lead customers" (d.h. "Pilotanwendern"), (eher ausnahmsweise) mit bedeutenden Großkunden mit sehr speziellen Bedürfnissen<sup>172</sup> und mit jenen Kunden, die komplette Systeme von den Maschinenbauunternehmen beziehen.<sup>173</sup>

Des weiteren werden die Kooperationen mit den Kunden ergänzt um engere Kooperationen mit den eigenen Lieferanten: "Um auf dem Weltmarkt auch in mittel- und langfristiger Perspektive bestehen zu können, benötigt der Maschinenbau die enge Zusammenarbeit mit anderen Branchen. Dazu gehört das für den deutschen Maschinenbau schon seit langem selbstverständliche Zusammenwirken mit dem Kunden, dessen Wünsche und Vorstellungen so weit wie möglich in das eigene Produkt integriert werden. Dazu gehört aber auch die möglichst enge Abstimmung mit den eigenen Lieferanten - zum Beispiel bei der Entwicklung der notwendigen elektronischen Steuerungen" (Leibinger 1988).<sup>174</sup>

Der Abschluß dieses Zitats macht deutlich, daß der Aufbau von Kooperationsbeziehungen gefordert wird insbesondere mit jenen

---

<sup>171</sup> Vgl. auch die Innovationsgeschichte "Von der Idee zum Produkt. MINIMATIC 100", erzählt in Trumpf 1988: 12-14); weitere einschlägige Beispiele liefert Lütz 1990: 66f.

<sup>172</sup> Z.B. Werkzeugmaschinenhersteller und Daimler-Benz (Interview 891095.INT).

<sup>173</sup> Hier geht es allerdings "nur noch" um die kundenspezifische Adaption, vornehmlich auf der Ebene der Leittechnik, etwa eines Blechbearbeitungssystems, das aus standardisierten Segmenten, insbesondere den Werkzeugmaschinen, besteht; derartige Kooperationen haben eine Laufzeit von etwa zwei Jahren (Interview 891005.INT).

<sup>174</sup> Die Kooperationsbeziehungen mit Lieferanten (also einschließlich jener der eigenen Branche) haben gegenwärtig nach der Studie von Täger (1989: 37) fast die Bedeutung der Beziehungen mit den Kunden erreicht.

Zulieferern, die traditionell nicht zu den Zulieferern des Maschinenbaus gehör(t)en, insbesondere mit den Herstellern von Steuerungstechnik. Die Notwendigkeit, den Know-how-Abfluß vom Maschinen- zum Steuerungshersteller in Grenzen zu halten bzw. zumindest zu kontrollieren, verleiht dieser Zusammenarbeit für die Maschinenbauunternehmen strategische Bedeutung (Interview 891005.INT und Leibinger 1988).<sup>175</sup>

Erweitert werden die traditionellen Kooperationsbeziehungen also insbesondere in diagonaler Dimension: FuE-Kooperationen gewinnen an Bedeutung mit Unternehmen, deren Know-how in steigendem Maße für die Innovationsstrategien der Maschinenbauunternehmen relevant werden (seien es aktuelle oder potentielle Lieferanten, neben der Elektrotechnik also etwa auch aus den Bereichen der neuen Werkstoffe und Werkzeuge).<sup>176</sup>

Kaum Hinweise gibt das vorhandene empirische Material darauf, daß horizontale Kooperationsbeziehungen zwischen Konkurrenten im Maschinenbau von zentraler Bedeutung sind oder in ihrer Bedeutung aktuell deutlich zunehmen.

Empirisch zu belegen und erklärungsbedürftig wären zusammengefaßt also vor allem zwei vermutete bzw. sich auf strategischer Ebene abzeichnende Entwicklungen: (1) die Veränderung der vertikalen Beziehungen in Richtung auf eine Modifikation der Rolle der Kunden im Innovationsprozeß und (2) verstärkte, hier so bezeichnete: diagonale, Verflechtungen mit aktuellen, allerdings relativ neuen, und potentiellen Zulieferern.

---

<sup>175</sup> Im Werkzeugmaschinenbau existieren derartige, weitgehend exklusive, Kooperationen z.B. zwischen Trumpf und Bosch, Maho und Philips, Deckel und Grundig.

<sup>176</sup> So arbeitet Trumpf nicht nur eng mit Bosch auf dem Sektor der Steuerungstechnik zusammen; weitere Kooperationen existieren, wie schon erwähnt, mit Coman SpA (Italien) und mit IHI (Japan) jeweils auf dem Gebiet der Laseranwendung im Werkzeugmaschinenbau.

Obwohl sich empirisch nur vereinzelt FuE-Kooperationen etwa zwischen Konkurrenten ermitteln lassen, häufen sich andererseits auch von seiten der Maschinenbauunternehmen Äußerungen, die auf die zukünftige Bedeutung zwischenbetrieblicher FuE-Kooperationen hinweisen; derartige Forderungen fallen insbesondere im Zusammenhang mit Bestrebungen dieser Unternehmen, ihre Position auf zentralen Auslandsmärkten (USA, Japan) zu verstärken<sup>177</sup>, etablierte Geschäftsbereiche zu modernisieren<sup>178</sup> oder in neue vorzustoßen<sup>179</sup>. Beispiele betreffen etwa die Zusammenarbeit von Konkurrenten auf internationaler Ebene<sup>180</sup> oder die Zusammenarbeit mit solchen Zulieferern, deren Know-how für die weitere Entwicklung des Maschinenbaus von zentraler Bedeutung sein dürfte.<sup>181</sup>

Punktuelle empirische Belege und die angeführten theoretischen Überlegungen lassen, so das Fazit, ein steigendes Interesse bundesdeutscher Maschinenbauunternehmen an FuE-Kooperationen über traditionelle Hersteller-Kundenbeziehungen hinaus - insbesondere in jenen Bereichen, wo es um die Bewältigung technologischer Konfluenzen, d.h. um die Synthese bislang getrennter Forschungslinien (Irvine/

---

<sup>177</sup> Dies gilt etwa für führende bundesdeutsche Werkzeugmaschinenhersteller wie Maho, Deckel oder Trumpf (VDI-N 30.9.1988, FAZ 14.9.1989).

<sup>178</sup> In diesem Zusammenhang befindet sich beispielsweise die Jagenberg AG im Bereich ihrer Maschinenbauaktivitäten auf der "Suche nach Akquisitionen und strategischen Allianzen" (FAZ 5.8.1989).

<sup>179</sup> "Von neuen Geschäftsfeldern, die entwickelt würden, nennt (Trumpf-Chef Leibinger) die Entwicklung von Laser-Schweißrobotern in Kooperation mit der italienischen Fiat-Tochter Comau" (HB 13.12.1988).

<sup>180</sup> Im Textilmaschinenbereich entwickelten zwei der Hauptwettbewerber am Weltmarkt für Ringspinnmaschinen (Zinser Textilmaschinen GmbH, Ebersbach und Toyota Automatic Loomworks, Japan) gemeinsam eine Kurzstapel-Ringspinnmaschine für den Hochgeschwindigkeitsbereich (BddW 18.10.1988).

<sup>181</sup> "Das Rendezvous zweier Großer aus Kunststoffmaschinenbau und Elektronik bringt Synergie-Effekte in den Maschinenpark: Battenfeld ... Siemens" (VDI-N 5.5.1989).

Martin 1984: 25) geht - als durchaus plausible Vermutung erscheinen. Überzogene Aussagen, was das Ausmaß und die Steigung realer Tendenzen oder die Richtung spezifischer Trends derartiger zwischenbetrieblicher FuE-Kooperationen bundesdeutscher Maschinenbauunternehmen angeht, lassen sich auf Basis der bekannten und genannten Einzelfälle jedoch kaum empirisch absichern.

#### 8. "Fabrik der Zukunft": Staatliche Steuerungsleistungen?

Die Aufforderung an die (ökonomische) Innovationsforschung, den Staat expliziter in ihre Analysen einzubeziehen,<sup>182</sup> trifft sich auf eine interessante Weise mit Tendenzen in der (politologischen) Diskussion zum Steuerungspotential des Staates. Diese Steuerungsdiskussion - zumindest soweit sie ein staatliches Steuerungspotential noch unterstellt - legt in zunehmendem Maße darauf Wert, Struktur und Strategien des Steuerungsobjektes in die Analyse staatlicher Steuerungsversuche einzubeziehen (Mayntz 1988: 25 und 37). Auf diesen (doppelten) theoretischen Zusammenhang zielt die vorliegende Studie der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit auf Unternehmensebene im bundesdeutschen Maschinenbau.

Als Ausgangspunkt der unternehmerischen FuE-Aktivitäten wurde dabei im konkreten Fall herausgearbeitet, daß sich die bundesdeutschen Maschinenbauunternehmen weitreichenden technologischen Veränderungen und intensiver internationaler Konkurrenz gegenübersehen. Herausgefordert werden damit auch die traditionellen Strukturen und Strategien der Selbststeuerung ihrer FuE-Aktivitäten. In der Konsequenz deuten sich Reorientierungen in den unternehmerischen Forschungsstrategien und Reorganisationen der institutionellen Strukturen der unternehmerischen Forschungstätigkeiten an.

---

<sup>182</sup> Diese "have focused mainly on innovations and technological developments in the market sector of the economy and *the role of government* has been regarded only as a side issue. ... a plea is to be made for more explicit attention to be given to the role of government in future theory building of the innovation process" (Zegveld 1989: 281; Hervorhebung JH).

In vier Punkten lassen sich die interessantesten Entwicklungen bündeln; dabei verweisen die ersten beiden Punkte auf kognitive Probleme der betrieblichen Forschungssteuerung (Probleme in der Beschaffung des notwendigen *Steuerungswissens*), die letzten beiden auf organisatorisch-institutionelle Vorkehrungen der Unternehmen zur äußerst prekären Bewältigung dieser Probleme (Etablierung neuer *Steuerungsmechanismen* und deren Defizite):

(1) Die in den Maschinenbauunternehmen existierenden traditionellen Wege der Beschaffung des für das Forschungsmanagement nötigen *Steuerungswissens* erweisen sich vor dem Hintergrund technologischer Sprünge als unzureichend; Kundenwünsche signalisieren derartige Sprünge ebensowenig (oder zu spät) wie Verbesserungswünsche bzw. -vorschläge der Produktionsabteilungen. Abstrakt gefordert ist ein Orientierungswechsel des Forschungsmanagements, der es ermöglicht, Trends und Entwicklungen im technisch-wissenschaftlichen Bereich verstärkt als Steuerungsimpulse zu nutzen.

Dies impliziert den Übergang von einer Situation der relativen Stabilität (was den Ursprung der Steuerungssignale angeht) und der (lediglich) inkrementellen Veränderungen (was die von den Steuerungssignalen geforderten Handlungsfolgen angeht) in eine Situation relativer Unsicherheit mit sprunghaften Änderungsforderungen. Die adäquate Beobachtung des *technologischen Umfeldes* stellt das Unternehmen vor ungleich größere Anforderungen, als dies für die Marktbeobachtung zutrifft.<sup>183</sup>

(2) Der *Gegenstand* betrieblicher Steuerungsversuche von Forschungsaktivitäten im Maschinenbau verändert sich gegenwärtig grundlegend. In dieser Transformation der technologischen Basis der Maschinenbauunternehmen geht es um mehr als die Elektronik und es geht um

---

<sup>183</sup> Dies belegen u.a. die vielfältigen und dennoch relativ hilflosen Versuche, geeignete Mechanismen und Instrumente zum "technology forecasting" zu entwickeln; die Behauptung der gesteigerten Unsicherheit soll selbstverständlich nicht bedeuten, daß Marktbeobachtung in irgendeiner Weise als problemlos zu bezeichnen wäre - auch hier kann Sicherheit nur als "komparativer Begriff" verstanden werden (Wiesenthal 1989: 51).

mehr als die Integration bereits etablierter Technologien. Ausgangspunkt veränderter Forschungsstrategien sind neue Unternehmensstrategien; im Maschinenbau ist dies die Entwicklung der Unternehmen vom Anbieter von (Einzel-)Maschinen zum Anbieter von Systemen.

Damit weitet sich das Feld der für Maschinenbauunternehmen relevanten technologischen Entwicklungen deutlich aus. Am offensichtlichsten wird dieser Trend im Bereich elektronischer Steuerungen. Im Zusammenhang mit der "Fabrik der Zukunft" und des "Computer Integrated Manufacturing" wird die informationstechnische Verknüpfung einzelner Maschinen, aber auch einzelner Segmente des Unternehmens zur FuE-Aufgabe des Maschinenbaus. Die zunehmende Einführung elektronischer Elemente in den Maschinenbau hat wiederum nicht zu vernachlässigende Rückwirkungen auf die Maschinen bzw. deren Elemente.

Die Bedeutung dieser Entwicklungen wie auch die genannten engen Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Entwicklungen verschließen den Maschinenbauunternehmen die Möglichkeit, derartige technologische Neuerungen ausschließlich über den Zukauf zu integrieren; hier existiert vielmehr ein breites Feld neuartiger Forschungsprobleme des Maschinenbaus. Horizontal geht es in der Bearbeitung dieser neuen Probleme um die Ausweitung des Forschungsspektrums, vertikal um die "Tiefe" der jeweiligen Forschungsanstrengungen, also um das rechtzeitige Partizipieren an eher grundlagenorientierten Entwicklungen (mit Hilfe von betriebsinternen Aktivitäten oder externen FuE-Kooperationen).

(3) In engster Weise mit den beiden genannten kognitiven Problemen verknüpft sind innerorganisatorische Widerstände, die nicht zuletzt damit zusammenhängen, daß in der Folge des geforderten Orientierungswechsels auch *innerbetriebliche Machtverhältnisse* in Frage gestellt werden.

Innerbetriebliche Widerstände resultieren zunächst daraus, daß eingefahrene Routinen im Rahmen stabiler Konstellationen von Partnern (Kunden) und Themen (Performanzdefizite) überführt werden müssen in Situationen gesteigerter Unsicherheit; gefordert



(und nicht unbedingt vorauszusetzen) sind also Lernbereitschaft und die Fähigkeit der Selbstveränderung.

Zur Disposition gestellt wird ferner die für die Abwicklung von Forschungsprojekten traditionell "dominante Koalition" von Vertriebs-, Produktions- und (in der Regel dezentralen) Konstruktionsabteilungen. Einen Gewinn an innerbetrieblicher Autonomie verbuchen die Forschungsabteilungen; dieser wird auch abgestützt durch organisatorische Veränderungen (Einrichtung von zentralen, betriebsübergreifenden Forschungsabteilungen; Aufwertung von Forschungsfragen in der innerbetrieblichen Hierarchie<sup>184</sup>). Gleichzeitige Versuche, einen denkbaren Autonomie"überschuß" der FuE-Abteilungen zu verhindern, wären in dieser Perspektive die sozusagen dialektische Gegenteilstendenz zur grundlegenden Entwicklung<sup>185</sup> und daher ihrerseits nicht als der säkulare Trend zu interpretieren (Hack 1988). Die Auflösung "dominanter Koalitionen" und die Etablierung einer Struktur der "multiple selfs" dürften in der Regel zu "mikropolitischen" (Küpper/ Ortman 1988) Dissonanzen, also innerbetrieblichen Machtkämpfen, führen.

Auch die Integration bisher branchenfremder Technologien stellt Maschinenbauunternehmen nicht nur vor neuartige Informationsprobleme. Vielmehr müssen zur Bewältigung neuer Forschungsprobleme auch neue betriebsinterne FuE-Kapazitäten aufgebaut und existierende restrukturiert werden; auch hierin sind betriebsinterne Konflikte angelegt.

(4) Extern restrukturiert sich das etablierte Netz von *Konkurrenz- und Kooperationsbeziehungen* der Maschinenbauunternehmen.<sup>186</sup> Vielfach

---

<sup>184</sup> Die gängige Forderung lautet: "Forschungsfragen sind Vorstandssache".

<sup>185</sup> Zum unerkannt widersprüchlichen Nebeneinander beider Forderungen vgl. exemplarisch Hightech 1989.

<sup>186</sup> Wobei, den folgenden Ausführungen und Beispielen zum Trotz, natürlich nicht alle Veränderungen technologischer Natur sind oder technologischen Entwicklungen geschuldet wären; intensive strategische Debatten, Reorientierungen und Maßnahmen löst beispielsweise gegenwärtig im Maschinenbau die Aussicht auf einen

entstehen neue Konkurrenzbeziehungen: Innerhalb der Branche dürfte sich ein Verdrängungswettbewerb zwischen den Herstellern von Serien- bzw. Massen- und Einzelmaschinen entwickeln; zwischen einzelnen Branchen entstehen neue Konkurrenten (wie sich dies exemplarisch zwischen den Maschinenbau- und Elektrokonzernen im Bereich der Maschinensteuerungen zeigt und auch schon Bewegungen auf dem Übernahmesektor induziert); und auch international entwickeln sich neue Konkurrenzbeziehungen (so konkurriert der bundesdeutsche Maschinenbau nicht nur mit dem japanischen Maschinenbau, sondern im Kern mit dem Verbund japanischer Maschinenbau- und Elektronikhersteller; zum zweiten eröffnen neue Technologien auch im Maschinenbau Chancen für "neue" Herstellerländer).

Neben einer Restrukturierung der internen Forschungsorganisation vollziehen Maschinenbauunternehmen eine Neugliederung ihrer externen FuE-Kooperationsbeziehungen. Neben die Intensivierung externer Kooperationsbeziehungen tritt eine inhaltliche Ausweitung: Lieferbeziehungen werden um Forschungsk Kooperationen ergänzt.

Aus Sicht der Maschinenbauunternehmen kann der Unsicherheit der technologischen Entwicklungen letztlich nicht mit betriebsinternen Mitteln hinreichend begegnet werden. Externe Forschungsk Kooperationen dienen in diesem Zusammenhang dazu, eigene Defizite in den Bereichen grundlagenorientierter (Kooperationspartner vornehmlich wissenschaftliche Einrichtungen) und branchenfremder Forschung (Kooperationspartner auch Unternehmen aus anderen Branchen) zu beheben. Direkte Konkurrenten können im Rahmen von Forschungsk Kooperationen sich entweder lediglich der Unsicherheit gemeinsam versichern, diese durch das Poolen ihrer Prognosekapazitäten reduzieren oder, hinreichende Marktmacht als Trendsetter vorausgesetzt, möglicherweise sogar abschaffen. Der Kunde ist in dieses Netzwerk nicht mehr als Impulsgeber, sondern als Pilotanwender ("Versuchskaninchen") eingebunden.

Die steigende Außenbindung ist keineswegs ressourcenneutral (im Sinne eines Nullsummen-Spiels zwischen internen und externen FuE-

---

einheitlichen europäischen Markt aus.

Aktivitäten), sondern vollzieht sich vor dem Hintergrund wachsender Forschungsausgaben und trägt zu diesem Wachstum zunächst auch bei (notwendiger Aufbau firmeninterner Kapazitäten im Zusammenhang des "handling" der Kooperationsbeziehungen).<sup>187</sup>

Offen bleibt das Netto-Ergebnis der Kooperationsbeziehungen: Steht dem Know-how-Rückfluß ein kleinerer, gleicher oder größerer Abfluß von Know-how - zumal in Gebieten mit für das Unternehmen strategischer Bedeutung? - gegenüber. Neben der Struktur der Beziehungen (Macht- und Abhängigkeitsbeziehungen?) entscheidet darüber auch die jeweilige Kapazität des Unternehmens zur adäquaten Selektion der Kooperationspartner (wer hat für welche Fragen die nötigen Kompetenzen?).

"Erfolgreiche" Kooperationsbeziehungen sind daher höchst voraussetzungsvoll (was ihr Zustandekommen und ihren Ertrag angeht); die Unsicherheit bezüglich technologischer Entwicklungen reproduzieren sie zunächst nur auf einer anderen Ebene; und für einzelne beteiligte Unternehmen kann durchaus eintreten, daß "the cure seems worse than the cause".

Zusammenfassend machen die jeweils aufgezeigten unternehmerischen Anpassungsschwierigkeiten deutlich, daß sich die angezeigten und angestrebten Transformationen keineswegs sicher, sozusagen einem Diktat funktionaler Notwendigkeit folgend, vollziehen. Auch einzelne auf der Ebene spezifischer Unternehmen oder Fachzweige des Maschinenbaus bereits erfolgte bzw. erfolgende Entwicklungen in diese Richtung können nicht als Indiz eines sich mit Sicherheit vollziehenden Transformationsprozesses des Maschinenbausektors als Ganzem gewertet werden.

Festgehalten werden kann lediglich, daß mit der traditionellen Forschungsorganisation und -strategie der bundesdeutschen Maschinen-

---

<sup>187</sup> Wobei das FuE-Management wohl davon ausgeht, daß externe Forschungsk Kooperationen (soweit effizient gestaltet, also z.B. nicht in Form staatlich initiiertes Verbundprojekte) eine wachstumsbegrenzende Wirkung auf ihre Forschungshaushalte ausüben (Interviews).

bauunternehmen eine über lange Zeit hinweg sehr erfolgreiche Struktur angesichts sich wandelnder technologischer Rahmenbedingungen und eines zunehmend weltweiten Konkurrenzkampfes unter Druck gerät, einen Wandlungsprozeß zu durchlaufen. Spezifika dieser grundlegenden Wandlungstendenzen ergeben sich aus der Struktur der Situation, den Perzeptionen und strategischen Folgerungen der beteiligten Akteure und können vereinzelt auch empirisch erhoben werden. Der Ausgang des Transformationsprozesses bleibt gegenwärtig dennoch offen - dies nicht zuletzt aufgrund der Schwierigkeiten des Unternehmenssektors mit diesem Prozeß.

Deutlich machen die Schwierigkeiten und strukturellen Defizite auf Unternehmensebene letztlich auch einen potentiellen Bedarf nach externen (Steuerungs-)leistungen, ohne daß damit sichergestellt wäre, daß (a) diese externen Steuerungsleistungen auch tatsächlich erbracht werden und daß (b) diese vom Staat bereitgestellt werden (hier könnten etwa Verbände eine zentrale(re) Rolle spielen).

*Staatliche Interventionen* erfolgen interessanterweise an jedem der angeführten kritischen Punkte der Neuorientierung unternehmerischer FuE-Tätigkeit im Maschinenbau:<sup>188</sup>

(1) Staatliche Forschungsprogramme wirken für einzelne Unternehmen orientierend und reduzieren damit deren Unsicherheit bezüglich zukünftiger technologischer Entwicklungen.

Strukturierende Wirkungen auf das Forschungshandeln von Unternehmen entfalten die Programme auf mehreren Ebenen: In ihrer Entstehungsphase wirken sie (a) als *Kristallisationspunkte* einer auch die Industrieverbände und Unternehmen einschließenden Diskussion zu technologischen Zukunftsperspektiven spezifischer Industriebranchen. Vor der Programmformulierung treffen ministerielle Entwürfe und

---

<sup>188</sup> Hiermit werden, zumindest auf den ersten Blick, gleichzeitig die zentralen staatlichen Interventionen im Maschinenbau erfaßt; ergänzend zu erwähnen wären allenfalls jene Maßnahmen, die zur Akzeptanz des Einzugs der Elektronik in den Maschinenbau beitragen (etwa die BMFT-Meta-Studie oder das NRW Sotech-Programm).

Stellungnahmen von Verbänden oder Unternehmen(sgruppen) aufeinander; auf konkreterer Ebene wiederholt sich dieser Vorgang bei der Programmimplementation.<sup>189</sup> Im Ergebnis findet eine diskursive Reduktion der Komplexität technologischer Zukunftserwartungen statt.

Daraus folgend wirken staatliche Forschungsprogramme (b) relativ abstrakt als *Trendsetter*.<sup>190</sup> Die Existenz eines spezifischen staatlichen Programms in Verbindung mit der Partizipation einschlägiger Unternehmen und Industrieverbände verdichtet aus der Perspektive eines beobachtenden Unternehmens einen spezifischen technologischen Entwicklungstrend und stellt damit Orientierungswissen bereit.

Auf konkreterer Ebene in den Unternehmen wirken sie (c) als *Argumentationshilfen*. Die Verfügbarkeit staatlicher Gelder unterstützt im betriebsinternen Gerangel um Forschungsmittel des Unternehmens spezifische Projektanträge. Dies gilt in besonderem Maße für jene Projekte, die in der Prioritätenliste des Unternehmens deshalb weit unten stehen, weil sie aufgrund ihrer langfristigen Perspektive den in der Tendenz kurzfristigeren Orientierungen des FuE-Managements, in dem Sinne, daß Forschungsprojekte unternehmensintern massiv mit dem Zeitfaktor gewichtet werden, zuwiderlaufen. Vereinzelt entfalten staatliche Mittel in diesen "Randgebieten" unternehmerischer Forschungsaktivität auch initiiierende Wirkungen (Interview 890510.INT).

Die Bedeutung staatlicher Aktivitäten besteht in diesem Bereich weder vorrangig in den substantiellen Ergebnissen der Diskussionsprozesse noch in den von ihm bereitgestellten Informationen, sondern darin, daß der Staat die Foren bereitstellt, auf denen derartige Diskussionen ablaufen können. Deren materielle Ergebnisse müssen nicht die richtigen Antworten auf die Fragen der technologischen Zukunft liefern, sondern vorrangig Unsicherheit für die Mehrzahl der Unternehmen der Branche reduzieren.

---

<sup>189</sup> Dann treffen etwa Projektträger und bereits interessierte Unternehmen aufeinander (Interview 890317.INT und Lütz 1990: 43f.).

<sup>190</sup> Als solche reflektieren staatliche Programme in besonderer Weise den internationalen Kontext (internationales "Technologie-Wettrennen").

Es geht also nicht um den Versuch, fehlendes unternehmerisches Wissen durch staatliches Wissen zu ersetzen<sup>191</sup>, sondern darum, auf der Basis *beidseitig unvollständigen Wissens* entscheidungsfähig zu werden. Wird jene Situation ausgeschlossen, in der entweder dem Staat oder den Industrieunternehmen ein vollständiger bzw. auch nur problemadäquater Informationsstand zugeschrieben wird, bleiben weitere drei - analytisch unterscheidbare - Konstellationen denkbar: (a) das jeweils unvollständige und partielle Wissen der am Diskurs Beteiligten (Staat, Unternehmen, Verbände) ergänzt sich in idealer Weise und ergibt insgesamt einen vollständigen Informationsstand;<sup>192</sup> (b) diese Situation ist zwar prinzipiell denkbar, ihre Realisierung wird unter gegebenen Umständen aber immer am Verhalten der Beteiligten (Geheimhaltung) oder an Verfahrensregeln (Diskriminierung relevanter Informationsträger), also an den Defiziten des Diskurses, scheitern;<sup>193</sup> (c) aufbauend auf dem strukturellen Unwissen aller Beteiligten führt (selbst der ideale) Diskurs bestenfalls dazu, kollektive Handlungskorridore zu definieren - die dann jedoch als "Gewißheitsfiktionen" für die Akteure durchaus handlungsleitend und dadurch realitätsmächtig werden können (vgl. Schimank 1988).

(2) Die Integration bisher branchenfremder Technologien in den Maschinenbau forcieren staatliche Programme, indem sie diese (vornehmlich die Elektronik) im Rahmen der Schwerpunktsetzung der Forschungsförderung (Projektförderung) berücksichtigen. Nicht weniger umfangreich wird die Integration gefördert, indem staatliche Programme (auf den Doppelcharakter von Maschinenbauunternehmen, Hersteller *und* Anwender, setzend) den *Einsatz* dieser Technologien in den Maschinenbauunternehmen subventionieren; dies geschieht

---

<sup>191</sup> So die technokratische Lesart; in neoliberaler Perspektive läge die entgegengesetzte Lesart näher.

<sup>192</sup> Als existent erhofft diesen Zustand wohl das BMFT; für wünschenswert und erreichbar halten ihn etwa Vorstellungen einer "Strukturpolitik als öffentliche(m) Dialog" (Hauff/ Scharpf 1975: 113ff.).

<sup>193</sup> Für kapitalistische Gesellschaften postulieren dies etwa Rongge/ Schmiege 1973: 53ff.

insbesondere in bezug auf das "Computer Integrated Manufacturing" im Rahmen der CIM-Transferstellen.<sup>194</sup>

(3) In den innerbetrieblichen Auseinandersetzungen und Strategiedebatten stärken spezifische staatliche Maßnahmen die Technologie- und Forschungsperspektive (wenn auch wohl kaum die Autonomie der Forschungsabteilungen), indem die (zusätzliche) Einstellung von Forschungspersonal in den BMWi- und BMFT-Programmen zur Forschungspersonal-Zuwachsförderung subventioniert wird: 1986 gingen 33% der Mittel in den Maschinenbau und erreichten dort 16% der Unternehmen mit 20 - 1.000 Beschäftigten (Forschung und Entwicklung 1-2/88: 8). Auf allgemeiner Ebene mag dies auch durch Beiträge zum öffentlichen Diskurs geschehen.

(4) Nicht unerheblich beeinflussen staatliche Maßnahmen das Kooperationsverhalten der Unternehmen im Forschungssektor.<sup>195</sup> Nach der Studie von Täger (1988: 125ff.) messen etwa 55% der Maschinenbauunternehmen staatlichem Einfluß eine gewisse Bedeutung bei der Entstehung ihrer FuE-Kooperationen bei; dabei dominieren finanzielle Zuschüsse (60% hielten dies für sehr wichtig bzw. wichtig) vor der staatlichen Festlegung von Normen (14%) (Täger 1988: 129).<sup>196</sup>

---

<sup>194</sup> Die zentrale Voraussetzung des Erfolges dieses Programmes, nämlich die Existenz weitgehend entwickelter marktgängiger Produkte, wird von Experten allerdings nicht immer als erfüllt angesehen (Interview 890317.INT).

<sup>195</sup> Vgl. dazu auch Lütz 1990.

<sup>196</sup> Auf europäischer Ebene sehen Nueno/ Oosterveld (1988: 12) einen positiven Effekt der Koppelung der FuE-Subventionen an internationale Kooperationen. Unberücksichtigt bleiben im folgenden staatliche Maßnahmen, die Forschungsk Kooperationen zwischen Unternehmen betreffen, wie z.B. das Kartellrecht (vgl. aber Ullrich 1988b und Fuchs 1989). Zu den USA vgl. Jorde/ Teece 1989: 31ff.; der Effekt des "National Cooperative Research Act of 1984" (der vorwettbewerbliche FuE-Kooperationen legalisiert) wird dort als gering eingestuft. Eine größere Bedeutung wird allerdings staatlicher Kartellgesetzgebung grundsätzlich eingeräumt; basierend auf einem Vergleich Japan - USA so auch Ouchi/ Bolton 1988.

Mit der Festlegung des Programms "Fertigungstechnik 1984-1988" auf das Instrument "Verbundforschung" stieß das BMFT zunächst auf vielfältige Widerstände bei den Unternehmen. Gerade dort initiierte das Programm aber dann auch durchweg Lerneffekte, was den Nutzen kooperativer Forschungsanstrengungen betrifft.

Intensiviert wurden derart insbesondere Kooperationsbeziehungen zwischen Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen, auch Hochschulen. Neue Möglichkeiten für solche Kooperationen wurden auch durch Novellierungen des Hochschulrahmengesetzes geschaffen. Ein gesteigertes Interesse der Hochschulen an Industrienaufträgen schließlich ist sicher nicht zuletzt der restriktiven Haushaltspolitik geschuldet.<sup>197</sup>

Keineswegs zu vernachlässigen sind in diesem Zusammenhang die Folgen des öffentlichen Transfer-Diskurses; klare politische Signale und eine deutliche und kontinuierliche Sichtbarkeit in der forschungs-, technologie- und industriepolitischen Diskussion zeigen offensichtlich Folgen, die angesichts dafür eingesetzter geringer finanzieller Mittel überraschend anmuten. Für eine solche "Erfolgsstory" steht die baden-württembergische Steinbeis-Stiftung (unter deren industriellen Adressaten der Maschinenbau die herausragende Stellung einnimmt); öffentliche Zuschüsse machen an deren Haushalt inzwischen lediglich 3% aus (Regierungsbeauftragter 1988).

Kollektive Forschungsanstrengungen im Rahmen der staatlich subventionierten Gemeinschaftsforschung sind (häufig als Kompensation fehlender eigener Kapazitäten) von besonderer Bedeutung für kleinere Maschinenbauunternehmen. In elf einschlägigen AIF-Forschungsvereinigungen wurden 1986 Forschungsvorhaben für 52 Mio. DM durchgeführt; über 60% davon wurden vom BMWi finanziert (Forschung und Entwicklung 5-6/88: 5).

In dieser Aufzählung der bedeutendsten staatlichen Interventionen in den Forschungsprozeß von Maschinenbauunternehmen fällt abschlie-

---

<sup>197</sup> Wobei offen bleiben muß, ob es sich dabei um intendierte Politikfolgen handelt.



ßend auf, daß es sich neben *substantiellen* Steuerungsversuchen (spezifische Förderinhalte) vor allem um *diskursive* (kollektive Erzeugung von Orientierungs"wissen") und *prozedurale* (Initiierung kooperativer Forschungsanstrengungen) Steuerungsimpulse handelt.

Insgesamt kann vor diesem Hintergrund ferner kaum bezweifelt werden, daß staatliche Interventionen die unternehmerischen FuE-Aktivitäten und den gegenwärtigen Transformationsprozeß dieser Bemühungen beeinflussen.<sup>198</sup> Allerdings verweist diese Behauptung zunächst nur auf die *Faktizität* "einschlägiger" staatlicher Interventionen und die plausible Vermutung, daß die beobachtbaren Entwicklungen auf Unternehmensebene *ohne* diese staatlichen Interventionen anders verlaufen wären. Im Sinne einer, etwa durch Ergebnisse überzeugender Wirkungsforschung untermauerten<sup>199</sup>, gesicherten Evidenz kann jedoch selbst diese Behauptung der *Effektivität* der staatlichen Interventionen nicht präsentiert werden.

Darüber hinaus bleibt dann natürlich die *Qualität* des Einflusses weitgehend ungeklärt. Offen bleibt mit anderen Worten, ob hier auch staatliche *Steuerungsleistungen* vorliegen. Der folgende argumentative Umweg soll nahelegen, diesem Dilemma durch die Reformulierung der Ausgangsfrage, die faktisch einem reduzierten Erklärungsanspruch gleichkommt, zu entgehen.

Die auf den ersten Blick erstaunliche Problem- und Adressatenadäquanz<sup>200</sup> der staatlichen Interventionen in den Forschungsprozeß der Unternehmen im Maschinenbau dürfte sich vor allem daraus erklären, daß in keiner Phase ein vollständig autonomes Steuerungssubjekt das Handeln eines vollständig passiven Objekts zu steuern versuchte. Vielmehr lag diesen staatlichen Interventionen in jeweils spezifischer

---

<sup>198</sup> Für den Werkzeugmaschinenbau so Ziegler 1989: 222ff.

<sup>199</sup> Die für die staatliche Förderung industrieller Forschungsaktivitäten insgesamt nicht vorliegen; zu den im wesentlichen nicht überzeugenden Versuchen, einzelne Förderprogramme im Rahmen der Wirkungsforschung zu evaluieren vgl. Meyer-Krahmer 1989.

<sup>200</sup> Was schließlich in der Regel als notwendige Bedingung erfolgreicher staatlicher Steuerungsversuche angeführt wird.

Ausprägung auf allen Ebenen der Programmstehung, -durchführung und -evaluation eine enge Zusammenarbeit staatlicher "Steuerungssubjekte" und industrieller "Steuerungsobjekte" zugrunde. Damit sollen weder Verschwörungs- noch Instrumentalisierungsszenarien entwickelt, sondern zunächst lediglich darauf verwiesen werden, daß staatliches Steuerhandeln jeweils in komplexe Netzwerke eingebettet ist: "Zur analytischen Fiktion, daß Staat, Wirtschaft und Wissenschaft unterschiedliche Systeme darstellen, die jeweils über ein getrenntes Informationssystem verfügen könnten, gibt es damit für die Bundesrepublik Deutschland kein empirisch überzeugendes Pendant. ... auch in der liberalen Bundesrepublik Deutschland scheinen - zumindest was die Technologie- und Innovationspolitik betrifft - diese Bereiche gerade bei der Informationssammlung, -beschaffung, -selektion und -verarbeitung eher vernetzte als voneinander klar abgegrenzte Systeme darzustellen" (Meyer-Krahmer 1989; so auch Ziegler 1989: 190ff.).

Damit löst sich ein vermeintlich *linearer Steuerungsakt* (Steuerungssubjekt mit autonomen Intentionen steuert Steuerungsobjekt, das anschließend diese externe Steuerung akzeptiert, ignoriert oder bekämpft<sup>201</sup>) auf in ein *komplexes und dynamisches Wechselverhältnis*. Es "wandelt sich die hierarchische Relation zwischen Staat und 'Steuerungsobjekten' zu einem Verhandlungssystem, in dem es statt um Befehl und Gehorsam um beiderseits konsensfähige Lösungen geht" (Scharpf 1988: 70).

Zumindest auf einige der Konsequenzen einer derart reformulierten und steuerungstheoretisch zu bearbeitenden Problemperspektive sei hier hingewiesen:

Indem in dieser Perspektive aus einem Steuerungsakt ein Steuerungsprozeß wird, d.h., aus einem einmaligen linearen Steuerungsakt ein sich wiederholendes Spiel, bekommt die zeitliche Dimension für die Bestimmung des Verhältnisses von Steuerungs"subjekt" und "-objekt"

---

<sup>201</sup> Mit den damit verbundenen Problemen hinsichtlich der Koordinations- und Durchsetzungsfähigkeit des Steuerungsakteurs, der Adressatenadäquanz, etc.

eine zentrale Bedeutung. Beispielsweise könnte sich dann nämlich durchaus anfänglicher grundsätzlicher Widerstand gegen die staatliche Maßnahme als solcher in spätere Akzeptanz und Beteiligung im Detail (an den spezifischen Ausführungsbestimmungen, Grenzwerten z.B., oder gar der Programmdurchführung) umwandeln.

In einem solchen Wechselverhältnis könnten "staatliche Intentionen" vorab mit industriellen Interessen abgestimmt sein, was offensichtlich die Identifikation der jeweiligen Intentionen - und damit wiederum die Festlegung des Grades der Erreichung des Steuerungszieles - sehr erschweren würde und andererseits womöglich das Durchsetzungsproblem zu einem vernachlässigbaren Problem machen könnte, denn die Durchsetzungsfähigkeit eines spezifischen staatlichen Steuerungsversuches mag lediglich dem Tatbestand geschuldet sein, daß vorab den Widerständen betroffener Industriesegmente entsprochen wurde.

Gleichzeitig könnten innerhalb eines solch komplexen Beziehungsgeflechts die Konfliktlinien quer zum vermeintlich dominanten Gegensatzpaar 'staatliches Steuerungssubjekt versus industrielles Steuerungsobjekt' verlaufen, was bedeuten würde, daß die beiden Seiten des beobachtbaren Steuerungsproblems nicht dem faktischen Gegensatzpaar entsprechen müssten. So könnten den Steuerungsversuchen eines staatlichen Akteurs die Intentionen eines anderen zugrunde liegen; beispielsweise mögen die Haushaltsprobleme des Finanzministers Kürzungen spezifischer Forschungsförderprogramme des BMFT diktieren, die die Unterstützung vom am Abbau des Haushaltsdefizits interessierten BDI finden, aber auf eine gemeinsame Ablehnungsfront von BMFT und industriellem Fachverband treffen. Umgekehrt wäre denkbar, daß die Durchsetzung staatlicher Interventionen auf den Widerstand anderer gesellschaftlicher Akteure als dem Steuerungsobjekt treffen könnte; so exemplarisch im Dreiecksverhältnis BMFT, Atomindustrie und Anti-AKW-Bewegung geschehen.

Staatliche Steuerungsversuche reflektieren in der Konsequenz weder exklusiv staatliche Intentionen, noch reflektieren staatliche Steuerungsversuche auf einem Gebiet notwendigerweise die Intentionen des zuständigen Fachressorts. Dies erschwert die Bestimmung ihres "Erfolges" bzw. "Mißerfolges"; so dürfte die Bundesregierung ein for-

schungspolitisches Scheitern des bemannten Raumfahrtprogrammes nicht davon abhalten, es als einen außenpolitischen Erfolg zu verbuchen.

Und so kann letztlich das Scheitern staatlicher Steuerungsprogramme und -maßnahmen (was deren Effektivität angeht) nicht von vorneherein als "Staatsversagen" interpretiert werden, sondern muß eigentlich als Scheitern eines "Gemeinschaftsprodukts" von spezifischen staatlichen und industriellen Akteuren gewertet werden. Dafür könnten die Versuche in den 60er Jahren, einen bundesdeutschen Großrechner zu entwickeln, ebenso ein Beispiel abgeben wie die Erstellung des Schnellen Brütters in Kalkar.

Zusammengefaßt heißt dies aber, daß nicht nur die Wirkung staatlicher Steuerungsversuche sehr schwer zu identifizieren ist, sondern daß es letztlich bereits schwerfallen muß, die jeweiligen Steuerungsententionen als autonome staatliche Intentionen zu bestimmen, ja daß es sogar problematisch werden kann, das jeweilige Steuerungsobjekt (innerhalb des Staates wie im Verhältnis von Staat und Industrie) zu identifizieren.

Staatliche Steuerungsversuche in der Forschungspolitik werden so zu kaum noch isolierbaren Aktionen staatlicher Akteure innerhalb komplexer branchen- oder länderspezifischer Konstellationen oder Netzwerke ineinandergreifender staatlicher und industrieller Akteure.<sup>202</sup> Die vorliegende Studie dient der Analyse solcher Komplexe nur insofern, als sie in einem spezifischen Feld staatlicher Steuerungsversuche die Struktur und die Strategien des jetzt nur noch in Anführungszeichen als Steuerungs"objekt" zu bezeichnenden Unternehmenssektors analysiert.

In steuerungstheoretischer Perspektive scheint im Ergebnis lediglich der nicht unbedeutende Stellenwert staatlicher Interventionen eindeutig. Nur noch Vermutungen lassen sich darüber anstellen, daß sie zur quantitativen Ausdehnung und Beschleunigung der FuE-Aufwendun-

---

<sup>202</sup> Zur Analyse einer solchen Konstellation im Telekommunikationssektor vgl. Grande 1989.

gen und -Aktivitäten der Maschinenbauunternehmen beitragen, daß sie die Zahl der forschenden Unternehmen vergrößern, daß sie die FuE-Kooperationsbereitschaft steigern und daß sie innerhalb des Forschungsspektrums der Branche selektive Wirkungen zeitigen. Die Frage nach der staatlichen Steuerungsfähigkeit, d.h. nach der Intentionalität genau dieser vermuteten Wirkungen, muß jedoch auf jeden Fall unbeantwortet bleiben - oder erweist sich bei der Analyse eines derartig komplexen interdependenten Zusammenhangs letztlich eben als müßig.

## Literatur

- AIF (Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen), 1988: Handbuch 1988/89. Köln: AIF.
- Altfelder, Klaus, 1989: Planung im Maschinenbau. In: Norbert Szyperki (Hrsg.), Handwörterbuch der Planung. Stuttgart: Poeschel, 1048-1058.
- Asdonk, J./ U. Bredeweg/ U. Kowol, 1989: Arbeitshypothesen zur betrieblichen und überbetrieblichen Technikgenese-Steuerung im Bereich der Produktionstechnik - unter besonderer Berücksichtigung der Hersteller-Anwender-Beziehungen. Bielefeld: Manuskript.
- Astley, W. Graham/ Charles J. Fombrun, 1983: Technical Innovation and Industrial Structure: The Case of Telecommunications. In: Robert Lamb (Hrsg.), Advances in Strategic Management. A Research Annual, Vol. 1: 205-229.
- Babel, Werner, 1989a: Vortrag auf dem 4. Technologiegespräch des BDI am 22. Juni 1989 in Köln: Mikroelektronik-Anwendertag. Manuskript.
- Babel, Werner, 1989b: Mikroelektronik im Werkzeugmaschinenbau. In: BDI (Hrsg.), Industrieforschung. Mikroelektronik-Anwendung. Eine Dokumentation des 4. BDI-Technologiegesprächs vom 22. Juni 1989. BDI-Drucksache 227. Köln: BDI, 59-70.
- Becher, Gerhard, 1988: Der Einfluß wirtschafts- und gesellschaftspolitischer Rahmenbedingungen auf das Innovationsverhalten von Unternehmen. Eine Problemskizze auf der Grundlage der relevanten Literatur. Enderbericht an den BMWI Karlsruhe: ISI.
- Beckurts, Heinz, 1982: Forschungs- und Entwicklungsmanagement: Kunst versus Kosten. In: Wirtschaftswoche 1982 (4), 52-54.
- Benedetti, Carlos de, 1987: Europe's New Role in a Global Market. In: A.J. Pierre (Hrsg.), A High Technology Gap? Europe, America and Japan. New York: Council on Foreign Relations, 67-87.
- BMFT (Bundesminister für Forschung und Technologie), 1988a: Fertigungstechnik Programm 1988-1992. Bonn: BMFT.
- BMFT (Bundesminister für Forschung und Technologie), 1988b: Bundesbericht Forschung 1988. Bonn: BMFT.
- BMFT (Bundesminister für Forschung und Technologie), 1989: BMFT Förderungskatalog 1988. Bonn: BMFT.

- Böhmer, Reinhold, 1988: Fabrikautomation: Bunte Allianzen. In: Wirtschaftswoche 1988 (15), 162-165.
- Boffo, Monika u.a., 1986: Der Einsatz von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen und CAD/CAM-Systemen. Stand und Tendenzen der Diffusion, arbeitsschutzrelevante Aspekte und ausgewählte Gestaltungsvorstellungen. Mensch und Technik, Werkstattbericht Nr. 23.
- Bogumil, Jörg/ Hans-Jürgen Lange (Hrsg.), 1988: Sozialverträglichkeit und soziale Beherrschbarkeit. polis Sonderband Dezember 1988. Hagen: Fernuniversität GH Hagen.
- Bonse, Eric, 1989: Arbeitgeber und IG-Metall suchen nach neuen Konzepten. Ein Drahtseilakt zwischen Macht und Fortschritt. Der Zwang einer dauernden Qualifizierung bedroht bestehende Gewerkschafts- und Unternehmensstrukturen. In: VDI-Nachrichten 5.2.1989, S. 16.
- Brockhoff, Klaus, 1985: Abstimmungsprobleme von Marketing und Technologiepolitik. In: DBW 45: 623-632.
- Brödner, Peter, 1982: Schwerpunkt "Fertigungssteuerung" im Förderprogramm "Fertigungstechnik". In: Peter Brödner (Hrsg.), Rechnergestützte Fertigungssteuerung für die mittelständige Industrie. Bericht über die Fachtagung im September 1982 in Berlin. Karlsruhe: KfK, 7-24.
- Campell, Richard S., 1983: Patenting the Future. A New Way to Forecast Changing Technology. In: The Futurist 1983 (December), 62-76.
- Chesnais, François, 1988: Technical Co-Operation Agreements Between Firms. In: STI Review 4 (December), 51-119.
- Deckel, 1987: Geschäftsbericht 1987. München: Deckel.
- Delapierre, Michel, 1988: Technology Bunching and Industrial Strategies. In: K. Krabe/ T. Kogono (Hrsg.), Innovation and Management: international comparisons. Berlin: de Gruyter, 145-163.
- Dieter, Werner H., 1988: Der Maschinenbau hat die Unkenrufe widerlegt. In: Handelsblatt 30./31.12.1988, S. 42.
- Donges, Jürgen B., 1988: Möglichkeiten und Grenzen staatlicher Technologiepolitik. In: Manfred E. Streit (Hrsg.), Wirtschaftspolitik zwischen ökonomischer und politischer Rationalität. Wiesbaden: Gabler, 143-160.

- Dose, Nicolai, 1988: Technischer Fortschritt und Nachfrageverhalten. In: N. Dose/ A. Drexler (Hrsg.), Technologieparks. Voraussetzungen, Bestandsaufnahme und Kritik. Opladen: Westdeutscher Verlag, 90-109.
- Dosi, Giovanni, 1982: Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. In: *Research Policy* 11: 147-162.
- Eccles, Robert G., 1981: The Quasifirm in the Construction Industry. In: *Journal of Economic Behavior and Organization* 2: 335-357.
- Eickhof, Norbert, 1982: Strukturkrisenbekämpfung durch Innovation und Kooperation. Tübingen: Mohr.
- Fendt, Heinz, 1988: Technische Trends rechtzeitig erkennen. In: *Harvard Manager* 1988 (4), 72-80.
- Freeman, Christopher, 1987: *Technology Policy and Economic Performance. Lessons from Japan.* London: Pinter.
- Freyend, John von/ Hans-Hermann Eberstein/ Carsten Kreklau (Hrsg.), *BDI-Handbuch der Forschungs- und Innovationsförderung.* Köln: Fachverlag für Wirtschaft und Außenhandel.
- Friar, John/ Mel Horwits 1985: The Emergence of Technology Strategy. A New Dimension of Strategic Management. In: *Technology in Society* 7, 143-178.
- Friedman, Philip/ Sanford V. Berg./ Jerome Duncan, 1979: External versus internal knowledge acquisition: joint venture activity and R&D intensity. In: *Journal of Economics and Business* 31(2), 103-110.
- Fuchs, Andreas, 1989: Kartellrechtliche Grenzen der Forschungskoope-  
ration. Eine vergleichende Untersuchung nach US-amerikanischem,  
europäischem und deutschem Recht. Baden-Baden: Nomos.
- Gildemeister, 1987: *Geschäftsbericht 1987.* Bielefeld: Gildemeister.
- Göhren, H., 1986: Werkzeugmaschinen in der Fabrik der Zukunft. In: G. Neipp/ W. Pfeiffer (Hrsg.), *Strategien der industriellen Fertigungstechnik,* Berlin: Schmidt, 13-33.
- Grabher, Gernot, 1988: *Unternehmensnetzwerke und Innovation. Veränderungen in der Arbeitsteilung zwischen Groß- und Kleinunternehmen im Zuge der Umstrukturierung der Stahlindustrie (Ruhrgebiet) und der chemischen Industrie (Rhein/Main).* WZB Discussion Paper FS I, 88-20. Berlin: WZB.



- Grande, Edgar, 1989: Vom Monopol zum Wettbewerb? Die neokonservative Reform der Telekommunikation in Großbritannien und der Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Grant, Wyn/ William Paterson/ Colin Whiston, 1988: Government and the chemical industry. A comparative study of Britain and West Germany. Oxford: Clarendon.
- Gremm, Franz, 1988: Der Betrieb entscheidet immer mehr über den Erfolg. In: Handelsblatt (Technische Linie: Automation. Fabrik der Zukunft) 6.7.1988, S. 21.
- Hack, Lothar, 1988: Vor Vollendung der Tatsachen. Die Rolle von Wissenschaft und Technologie in der dritten Phase der industriellen Revolution. Frankfurt: Fischer.
- Häusler, Jürgen, 1989: Industrieforschung in der Forschungslandschaft der Bundesrepublik: ein Datenbericht. MPIFG Discussion Paper 89/1. Köln: MPIFG.
- Hauff, V./ F.W. Scharpf, 1975: Modernisierung der Volkswirtschaft. Technologiepolitik als Strukturpolitik. Frankfurt a. M.: Europäische Verlagsanstalt.
- Hekeler, M., 1989: Ergebnisse des Pilotanwenders (MTU Motoren- und Turbinen-Union Friedrichshafen GmbH). Manuskript.
- Herrigel, Gary B., 1987: The Political Economy of Industry: Mechanical Engineering in the FRG. Manuskript.
- Hightech, 1988: Auftragsforschung. Der gekaufte Erfolg. Immer häufiger lassen Firmen neue Produkte außer Haus entwickeln - doch nur wenige geben dies auch zu. In: Hightech 1988 (12), Sonderdruck.
- Hightech, 1989: Wettlauf der Innovationen. In: Hightech 1989 (5), 65-83.
- Hildebrandt, Eckart/ Rüdiger Seltz, 1989: Anhang: Struktur und Entwicklungstendenzen des bundesdeutschen Maschinenbaus. In: Eckart Hildebrandt/ Rüdiger Seltz (Hrsg.), Wandel betrieblicher Sozialfassung durch systematische Kontrolle? Die Einführung computergestützter Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme im bundesdeutschen Maschinenbau. Berlin: Sigma, 447-486.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut, 1989: Zur Geschichte der NC-Technik. Verschiedene Pfade der Entwicklung. In: Technische Rundschau 6, 15-22.

- Hofer, Peter, 1986: Informationsverhalten im Maschinenbau. In: W. Schwuchow/ H. Stegemann (Hrsg.), Informationsverhalten und Informationsmarkt. München: Saur, 32-51.
- Horstmann, Axel, 1987: Das wirtschaftspolitische Leistungsvermögen strukturorientierter staatlicher Innovationsförderung. Das Beispiel der Maschinenbauindustrie der Bundesrepublik Deutschland. Regensburg: Transfer Verlag.
- Hypo (Hypobank), 1989: Branchenreport. November 1989. München: Hypobank.
- Irvine, John/ Ben R. Martin, 1984: Foresight in Science. Picking the Winners. London: Frances Pinter.
- Jorde, Thomas M./ David J. Teece, 1989: Competition and Cooperation: Striking the Right Balance. In: California Management Review 1989 (Spring), 25-37.
- Jürgensen, Hans, 1989: Auf dem Weg vom Röhren- zum Technologiekonzern. Vorstandsvorsitzender drängt auf zügige Umstrukturierung von Mannesmann. In: FAZ, 2.12.1989.
- Junne, Gerd, 1984: Der strukturpolitische Wettlauf zwischen den kapitalistischen Industrieländern. In: Politische Vierteljahresschrift 25, 134-155.
- Kämpfer, Siegfried, 1988: Zwischenbilanz sozialverträglicher Technikgestaltung. Absage an tayloristische Arbeitsteilung. Computerintegration schafft Freiraum für den Menschen in der modernen Fabrik. In: VDI-Nachrichten, 11.11.1988.
- Kemmer, Heinz-Günter, 1989: Steter Wandel. Der Auftrag für das Mobilfunknetz an Mannesmann dokumentiert den beharrlichen Umbau vom Röhren- zum Technologiekonzern. In: Die Zeit, 15.12.1989.
- KFK (Kernforschungszentrum Karlsruhe), 1989: Ergebnisse des Programms Fertigungstechnik 1984-1988: Projektträgerschaft Fertigungstechnik Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH.
- König, Wilfried, 1983: Fertigungstechnologien in den neunziger Jahren - Ziele mit Erfolgchancen In: Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften, Vorträge Nr. N 317. Düsseldorf.
- Krupp, 1987: Fried. Krupp GmbH, Geschäftsbericht 1987. Essen: Krupp.
- Küffner, Georg, 1987: Flexible Produktion: Auf dem Weg zur Fabrik der Zukunft. Mannesmann AG. In: Georg Küffner, Spitzentechnologie in Deutschland: Von der Forschung zur Anwendung. Frankfurt a.M.: FAZ/ Wiesbaden: Gabler, 25-30.

- Lambright, W. Henry/ Albert H. Teich, 1981: The Organizational Context of Scientific Research. In: P.C. Nystrom/ W.H. Starbuck (Hrsg.), Handbook of Organizational Design, Bd. 1. New York: Oxford University Press., 305-319.
- Leibinger, Berthold, 1986: Entwicklungstendenzen im Werkzeugmaschinenbau. In: Gerhard Neipp/ Werner Pfeiffer (Hrsg.), Strategien der industriellen Fertigungswirtschaft. Aktuelle Beispiele aus dem deutschen Maschinen- und Anlagenbau für die betriebliche Integration neuer Produkt- und Prozeßtechnologien. Berlin: Erich Schmidt, 95-122.
- Leibinger, Berthold, 1988: Maschinenbau wächst auch in Zukunft weiter, wenn branchenfremde Techniken übernommen werden. In: VDI-Nachrichten 16.12.1988, S. 20.
- Leibinger, Berthold, 1989a: Vortrag auf dem 4. Technologiegespräch des BDI am 22. Juni 1989 in Köln: Mikroelektronik-Anwendertag. Manuskript.
- Leibinger, Berthold, 1989b: "Offene Steuerungen als langfristiges Ziel". In: BDI (Hrsg.), Industrieforschung Mikroelektronik-Anwendung. Eine Dokumentation des 4. BDI-Technologiegesprächs vom 22. Juni 1989. BDI-Drucksache 227. Köln: BDI, 89-100.
- Lejeune, Erich, 1989: "Zu spät aufgewacht". Chip-Broker Erich Lejeune fürchtet Abhängigkeit von Japanern (Interview). In: Industrie-Anzeiger 111 (68), 14/15.
- Little, Arthur D., o.J.: Der strategische Einsatz von Technologien. Konzepte und Methoden zur Einbeziehung von Technologien in die Strategieentwicklung des Unternehmens. Wiesbaden: Selbstverlag.
- Lütz, Susanne, 1990: Vernetzung zwischen den Sektoren des Forschungssystems: Verbundforschung als Förderinstrument des BMFT - untersucht am Beispiel des Programms Fertigungstechnik 1984-1988. Köln: Manuskript.
- Luhmann, Niklas, 1989: Politische Steuerung: Ein Diskussionsbeitrag. In: H.H. Hartwich (Hrsg.), Macht und Ohnmacht politischer Institutionen. 17. Wissenschaftlicher Kongreß der DVPW 12. bis 16. September 1988 in der Technischen Hochschule Darmstadt. Tagungsbericht. Opladen: Westdeutscher Verlag, 12-16.
- MAGS (Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NRW), 1988: Sotech Rundbrief 12.10.1988: Die Fabrik der Zukunft.
- MAHO, 1988: Geschäftsbericht '87/'88. Pfronten: MAHO.

- Malsch, Thomas/ Rüdiger Seltz (Hrsg.), 1987: Die neuen Produktionskonzepte auf dem Prüfstand. Beiträge zur Entwicklung der Industriearbeit. Berlin: edition sigma.
- Mannesmann AG: Ideen und Initiativen. Forschung und Entwicklung bei Mannesmann. Düsseldorf: Mannesmann.
- Mannesmann AG, 1988: Bericht über das Geschäftsjahr 1987. Düsseldorf: Mannesmann.
- Mannesmann Demag: Maschinen, Anlagen und Systeme. Duisburg: Mannesmann Demag.
- Mannesmann Demag 1987: Report for 1987. Duisburg: Mannesmann Demag.
- Mariti, P./ R.H. Smiley, 1983: Co-Operative Agreements and the Organization of Industry. In: The Journal of Industrial Economics 31, 437-451.
- Mayntz, Renate, 1987: Politische Steuerung und gesellschaftliche Steuerungsprobleme - Anmerkungen zu einem theoretischen Paradigma. In: Thomas Ellwein u.a. (Hrsg.), Jahrbuch zur Staats- und Verwaltungswissenschaft, Bd. 1/1987. Baden-Baden: Nomos, 89-110.
- Mayntz, Renate, 1988: Funktionelle Teilsysteme in der Theorie sozialer Differenzierung. In: Renate Mayntz u.a., Differenzierung und Verselbständigung. Zur Entwicklung gesellschaftlicher Teilsysteme. Frankfurt a. M.: Campus, 11-44.
- Meyer-Krahmer, Frieder, 1989: Der Einfluß staatlicher Technologiepolitik auf industrielle Innovationen. Baden-Baden: Nomos.
- Mock, Arno, 1983: Forschungs- und Entwicklungsmanagement im Maschinenbau. In: Hans Blohm/ Günter Dauert (Hrsg.), Forschungs- und Entwicklungsmanagement. Stuttgart: Poeschel, 41-47.
- Mombaur, Stephany, 1989: Strategien und Probleme der innovativen Entwicklung mittelständischer Unternehmen im Maschinenbau. Düsseldorf: Mensch und Technik (Werkstattbericht 69).
- Monopolkommission, 1988: Die Wettbewerbsordnung erweitern. Herbstgutachten 1986/1987 (einschl. Anlagenband). Baden-Baden.
- Mowery, David C./ Nathan Rosenberg, 1982: The Influence of Market Demand Upon Innovation: a critical review of some recent empirical studies. In: Nathan Rosenberg, Inside the Black Box. Technology and Economics. Cambridge: Cambridge University Press., 193-241.

- MPIFG (Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung), 1988: Report 1988. Köln: MPIFG.
- Neipp, Gerhard, 1986: Einführungsstrategien für die rechnerintegrierte Produktion. In: G. Neipp/ W. Pfeiffer (Hrsg.), Strategien der industriellen Fertigung, Berlin: Erich Schmidt, 139-166.
- Neipp, Gerhard, 1988: Produzieren am Standort Bundesrepublik Deutschland. Zur Bedeutung von Forschung und Ausbildung (Die neue Fabrik VII). In: Blick durch die Wirtschaft, 26.7.1988, S. 7.
- Noble, David F., 1986: Maschinenstürmer oder die komplizierten Beziehungen der Menschen zu ihren Maschinen. Berlin: Verlag Wechselwirkungen.
- NRC (National Research Council), 1986: Toward a New Era in U.S. Manufacturing. The Need for a National Vision. Washington, D.C.
- Nueno, Pedro/ Jan Oosterveld, 1988: Managing Technology Alliances. In: Long Range Planning 21, 11-17.
- Ortmann, Günther, 1988: Macht, Spiel, Konsens. In: W. Küpper/ Günther Ortmann (Hrsg.), Mikropolitik, Rationalität, Macht und Spiele in Organisationen. Opladen: Westdeutscher Verlag, 13-26.
- Ouchi, William G./ Michele K. Bolton, 1988: The Logic of Joint Research and Development. In: California Management Review 1988 (Spring), 9-33.
- Paetzold, Frank, 1988: Reform der wettbewerbsverzerrenden Unternehmensbesteuerung ist überfällig. In: Handelsblatt 30./31.12.1988, S. 35.
- Penzkofer, Horst, 1989: Unternehmensstrategie und europäischer Binnenmarkt. In: Ifo-Schnelldienst 42 (11), 11-18.
- Pfeiffer, Werner, 1983: Strategisch orientiertes Forschungs- und Entwicklungsmanagement - Probleme und Lösungsansätze aus der Sicht der Wissenschaft. In: Hans Blohm/ Günter Dauert (Hrsg.), Forschungs- und Entwicklungsmanagement, Stuttgart: Poeschel, 57-84.
- Rammert, W., 1988: Das Innovationsdilemma. Technikentwicklung im Unternehmen. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Regierungsbeauftragter für Technologietransfer Baden-Württemberg, 1988: Steinbeis-Stiftung für Wirtschaftsförderung. Bericht 1988. Stuttgart: Steinbeis-Stiftung.
- Rensen, Enno van, 1989: Industrieforschung. Innovation im Zusammenspiel von Grundlagenforschung und Unternehmenszielen. In: Konstanzer Blätter für Hochschulfragen 98-99, Jg. 26, 57-65.

- Ronge, Volker/ Günter Schmieg, 1973: Restriktionen politischer Planung. Frankfurt: Athenäum.
- Rose, Bernhard, 1989: Die klassischen Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung blockieren. Komplexe Fabriken sind Gift für CIM. In: VDI-Nachrichten 15.9.1989, S. 50.
- RWI (Rheinisch - Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung), 1989: Analyse der strukturellen Entwicklung der deutschen Wirtschaft. RWI-Strukturberichterstattung. Schwerpunktthema 1988: Standpunkt der Bundesrepublik Deutschland und Veränderungen der Standortfaktoren in sektoralen Strukturwandel. Essen: RWI, 178-186.
- Sabel, Charles F. u.a., 1987: Regional Prosperities Compared: Massachusetts and Baden-Württemberg in the 1980's. Discussion Paper IIM-LMP87-10b. Berlin: WZB.
- Sabel, Charles, u.a., 1989: How to keep mature industries innovative. In: U. Hilpert (Hrsg.), Regional Innovation and Decentralization. London.
- Scharpf, Fritz W., 1988: Verhandlungssysteme, Verteilungskonflikte und Pathologien der politischen Steuerung. In: M.G. Schmidt (Hrsg.), Staatstätigkeit. International und historisch vergleichende Analysen. Opladen: Westdeutscher Verlag, 61-87.
- Scharpf, Fritz W., 1989: Politische Steuerung und Politische Institutionen. In: H.-H. Hartwich (Hrsg.), Macht und Ohnmacht politischer Institutionen. 17. Wissenschaftlicher Kongreß der DVPW 12. bis 16. September 1988 in der Technischen Hochschule Darmstadt (Tagungsbericht), S. 17-29.
- Schettkat, Ronald, 1988: Innovation und Arbeitsmarktdynamik. Endbericht zu den WZB/AMB-Forschungen im Rahmen der Meta-Studie II. "Arbeitsmarktwirkungen moderner Technologien". Berlin: WZB.
- Schiele, Otto H., 1986a: Nur noch zweiter Sieger? Wettbewerbsfähiger durch Fertigungsautomation. In: Blick durch die Wirtschaft, 3.2.1986, S. 3.
- Schiele, Otto H., 1986b: Wettbewerbsfähigkeit durch industrielle Automation in der Fertigung. In: Bundesverband der deutschen Industrie (BDI) 1986: Industrieforschung. Schlüsseltechnologien. Eine Dokumentation des BDI-Technologiegesprächs vom 22.1.1986. BDI-Drucksache 187. Köln: BDI, 111-143.
- Schimank, Uwe, 1988: The contribution of university research to the technological innovation of the German economy. Societal auto-dynamic and political guidance. In: Research Policy 17, 329-340.

- Schlingensiepen, Jürgen, 1989: FFS in der Blechverarbeitung. Kosten-Nutzenanalyse. In: Industrie-Anzeiger 111 (68), 22-31.
- Schröder, Hans Horst, 1989: Technologische Vorhersagen. In: Norbert Szyperski (Hrsg.), Handwörterbuch der Planung. Stuttgart: Poeschel, 2015-2026.
- Sorge, Arndt, 1985: Informationstechnik und Arbeit im sozialen Prozeß. Arbeitsorganisation, Qualifikation und Produktivkraftentwicklung. Frankfurt: Campus.
- Spur, Günter (Hrsg.), 1989: Produktionstechnisches Zentrum Berlin. Berlin: Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik.
- Stotz, Hajo, 1989: Ein Teufelskreis. Know-How-Verlust durch Chip-Abhängigkeit. In: Industrie-Anzeiger 111 (68), 3.
- Streit, M.E., 1984: Innovationspolitik zwischen Unwissenheit und Anmaßung von Wissen. In: Hamburger Jahrbuch für Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik 29, 35-54.
- SV (Stifterverband für die Deutsche Wirtschaft), 1988: Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft 1985 - mit ersten Daten 1987. Essen: SV.
- Szyperski, Norbert, 1989: Einige Gründe für die Importabhängigkeit in der Mikroelektronik. In: BDI (Hrsg.), Industrieforschung. Mikroelektronik-Anwendung. Eine Dokumentation des 4. BDI-Technologiegesprächs vom 22. Juni 1989, BDI-Drucksache 227. Köln: BDI, 101-108.
- Täger, Uwe C., 1988: Technologie- und wettbewerbspolitische Wirkungen von Forschungs- und Entwicklungs-(FuE-)Kooperationen - Eine empirische Darstellung und Analyse. Abschlußbericht. München: IFO-Institut für Wirtschaftsforschung.
- Täger, Uwe C., 1989: Entwicklungstendenzen im Patentverhalten deutscher Erfinder und Unternehmen. Eine empirische Bestandsaufnahme. In: Ifo-Schnelldienst 42 (23), 14-26.
- Thyssen Industrie, 1987: Geschäftsbericht 1987. Essen: Thyssen Industrie AG.
- Thyssen, 1987: Geschäftsbericht 1987. Duisburg: Thyssen AG.
- Traub, 1987: Geschäftsbericht 1987. Reichenbach: Traub.
- Trumpf, 1988: Bericht über das Geschäftsjahr 1987/88. Ditzingen: Trumpf.

- Ullrich, Otto, 1988a: Technikfolgenabschätzung - ein Konzept zur politischen Gestaltung von Technik? In: Raban Graf von Westfalen (Hrsg.), Technikfolgenabschätzung - als politische Aufgabe. München: Oldenbourg, 74-102.
- Ullrich, Hanns, 1988b: Kooperative Forschung und Kartellrecht. Heidelberg: Recht und Wirtschaft.
- Upmann, Rainer, 1989: Zur wirtschaftlichen Bewertung von CIM. Von der Unternehmensstrategie zur monetären Quantifizierung. In: VDI-Z 131 (8), 59-66.
- Utterback, James M., 1987: Innovation and Industrial Evolution in Manufacturing Industries. In: B.R. Guile/ H. Brooks (Hrsg.), Technology and Global Industry. Companies and Nations in the World Economy. Washington: National Academy Press, 16-49.
- VDI-N (VDI-Nachrichten), 1989: Fabrik der Zukunft. Sonderteil der VDI-Nachrichten zur Ausstellung EMO '89. In: VDI-Nachrichten 8.9.1989, S. 45-56.
- VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau), 1986: Maschinen- und Anlagenbau. Im Zentrum des Investierens. Frankfurt: VDMA.
- VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau), 1987: Statistisches Handbuch für den Maschinenbau Frankfurt: VDMA.
- VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau), 1988: Statistisches Handbuch für den Maschinenbau. Frankfurt: VDMA.
- VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau), 1988: 1992 - Fit für Europa? Leitfaden für den Maschinen- und Anlagenbau. Frankfurt: VDMA.
- Vieweg, H.G., 1989a: Textil- und Bekleidungsmaschinen. Entwicklungsperspektiven bis zum Jahr 2000. In: Ifo-Schnelldienst 42 (7), 16-23.
- Vieweg, H.G., 1989b: Bau- und Baustoffmaschinen: Entwicklungsperspektiven bis zum Jahr 2000. In: Ifo-Schnelldienst 42 (10), 11-18.
- Vieweg, H.G., 1989c: Maschinen für die Holzbearbeitung und -verarbeitung: Entwicklungsperspektiven bis zum Jahr 2000. In: Ifo-Schnelldienst 42 (14), 21-27.
- Vieweg, H.G., 1989d: Die Wettbewerbsposition der asiatischen Schwellenländer als Anbieter von Erzeugnissen des Maschinenbaus. In: Ifo-Schnelldienst 42 (20), 13-21.
- Vieweg, H.G., 1989e: Entwicklungsperspektiven der Werkzeugmaschinenindustrie. In: Ifo-Schnelldienst 42 (24), 28-34.



- Weber, H., 1987: Unternehmensverbände zwischen Markt, Staat und Gewerkschaften. Zur intermediären Organisation von Wirtschaftsinteressen. Frankfurt: Campus.
- Weck, Manfred, 1983: Werkzeugmaschinen im Wandel - Forderungen der Anwender. In: Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften. Verträge N 3/7). Düsseldorf, 41-79.
- Weißbach, Hans-Jürgen/ Joachim Niebur, 1986: Maschinenbau des Ruhrgebiets im Umbruch. In: W. Fricke u.a. (Hrsg.), Jahrbuch Arbeit und Technik in Nordrhein-Westfalen 1986. Bonn: Verlag Neue Gesellschaft, 337-350.
- Wiesenthal, Helmut, 1989: Unsicherheit und Identität. Eine Literaturstudie zur Logik von Diskontinuität und "Multiple Selves" als strategische Adaption an unsichere Handlungsfelder. Köln: Manuskript.
- Wilke, Helmut, 1987: Entzauberung des Staates. Grundlinien einer systemtheoretischen Argumentation. In: Thomas Ellwein u.a. (Hrsg.), Jahrbuch zur Staats- und Verwaltungswissenschaft, Bd. 1/1987. Baden-Baden: Nomos, 285-308.
- Williamson, Oliver E., 1986: The economics of governance: framework and implications. In: R. Langlois (Hrsg.), Economics as a Process. Cambridge: Cambridge University Press, 171-202.
- Wirtschaftswoche, 1988: Deutscher Maschinenbau: Gefährdete Spitze. In: Wirtschaftswoche 15.04.1988, 46-61.
- Wirtschaftswoche, 1989: Special: Fabrik der Zukunft. In: Wirtschaftswoche 1989 (13), 74-112.
- Wupper und Partner (Hrsg.), 1989: Wer kauft wen? Analyse des Unternehmens- und Beteiligungsmarktes (Wupper Report '88/89, Mergers and Acquisitions). Hamburg: Wupper und Partner.
- Zechlin, Hans Jürgen, 1988: Maschinenbau. Immer noch Technologieführer der Welt. Ein Wettbewerbsvorteil der deutschen Wirtschaft: Der hohe Stand der Technik. In: Handelsblatt, 21.4.1988.
- Zegveld, Walter, 1989: New Issues in Science and Technology Policy: Discontinuities in the Process of Knowledge Generation, Knowledge Transfer and Knowledge Transformation. In: A.E. Andersson/ D.F. Batten/ Charlie Karlsson (Hrsg.), Knowledge and Industrial Organization. Berlin: Springer, 279-289.
- Ziegler, Jonathan Nicholas, 1989: The State and Technological Advance: Political Efforts for Industrial Change in France and the Federal Republic of Germany, 1972-1986. Unveröffentlichte Dissertation. Cambridge, MA.

Zimmermann, Ernst, 1986: Technologiekooperationen. In: ZfB-Ergänzungsheft 1, 225-233.

Zöpel, Christoph (Hrsg.), 1988: Technikkontrolle in der Risikogesellschaft. Bonn: Verlag Neue Gesellschaft.

Zörgiebel, Wilhelm W., 1983: Technologie in der Wettbewerbsstrategie. Strategische Auswirkungen technologischer Entscheidungen untersucht am Beispiel der Werkzeugindustrie. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

Zündorf, L./ M. Grunt, 1982: Innovation in der Industrie. Organisationsstrukturen und Entscheidungsprozesse betrieblicher Forschung und Entwicklung. Frankfurt: Campus.