

## Was geschieht mit der Ingenieurarbeit?

Constanze Kurz

*Überarbeitete Fassung eines Beitrags zum „Jahrbuch Sozialwissenschaftliche Technikberichterstattung 2000“. Für zahlreiche Anregungen und kritische Diskussionen danke ich Klaus-Peter Buss und Detlef Gerst.*

### 1. Aktuelle Fragen zur Entwicklung der Ingenieurarbeit

Junge Ingenieure sind heute in der Industrie so gesucht wie selten zuvor. Nachdem die IT-Branche anlässlich der CeBIT 2000 ihren Fachkräftemangel auf etwa 75.000 Spezialisten beziffert hatte, zogen die Unternehmen der Elektroindustrie und des Maschinenbaus nach und beklagten auf der Hannover Messe einen akuten Ingenieurmangel. Für die Zukunft fürchten sie gar eine Ingenieurücke, die langfristig dazu führen könne, „dass Innovation, Wachstum und Beschäftigung beeinträchtigt werden,“ so der Präsident des VDMA Eberhard Reuther. Angesichts des sich abzeichnenden „Rekordbedarfs an Ingenieuren“, so Hans-Olaf Henkel (vgl. VDI nachrichten vom 24. März 2000), fordert der BDI-Chef die Ausdehnung der Green Cards über IT-Fachleute hinaus für ausländische Ingenieure aller Branchen. Bundesregierung und Gewerkschaftsvertreter haben diesen Vorstoß mit Blick auf das heimische Arbeitslosenreservoir an Ingenieuren, aber auch mit dem Hinweis auf die Aus- und Weiterbildungsverpflichtungen der Unternehmen zunächst zurückgewiesen. Wie auch immer das Für und Wider um die Green Card für Ingenieure und um die damit verbundene Öffnung des deutschen Arbeitsmarktes für ausländische Fachkräfte am Ende ausfallen mag: Der Arbeitsmarkt für Ingenieure ist in den letzten zwei Jahrzehnten in weitaus stärkerem Maße als andere akademische Berufe durch nahezu regelmäßig wiederkehrende Abstimmungsprobleme zwischen Angebot und Nachfrage und damit mehr oder weniger gute Be-

rufsaussichten gekennzeichnet (vgl. VDI 1997). Das Phänomen des Ingenieurmangels ist kein neues, sondern zunächst „nur“ ein zyklisch wiederkehrendes, das zudem unter Generalisierungsvorbehalt steht. Denn der Ingenieurarbeitsmarkt ist - wie zu zeigen sein wird - einer, der durch unterschiedliche Arbeitsmarktchancen für verschiedene Branchen, Tätigkeitsfelder, Studienrichtungen und Bewerbereigenschaften charakterisiert ist. Mit anderen Worten: Ein realistisches Bild der Mangelsituation bedarf der Differenzierung und Spezifizierung nach Fachrichtungen und Branchen. Im folgenden fragen wir nach der Entwicklung der Ingenieurbeschäftigung, der Ingenieurarbeitslosigkeit, der Studienanfänger- und Absolventenzahlen sowie der Bedarfsentwicklung der Unternehmen am Beispiel der Fachrichtungen Elektrotechnik und Maschinenbau sowie den Branchen der Elektroindustrie und des Maschinenbaus.<sup>1</sup> Dabei beschäftigt uns auch die Frage, ob der traditionelle Steuerungsmechanismus in Gestalt positiver Arbeitsmarktsignale heute noch hinreichend ist, die Abwärtsentwicklung bei den Studienanfängerzahlen in den Ingenieurwissenschaften umzukehren (vgl. Kapitel 2).

Die aktuelle Diskussion über den Ingenieurmangel wird von der über neue, aus dem betrieblichen Strukturwandel resultierende Arbeitsanforderungen an Ingenieure flankiert. In der Tat hat sich die Berufssituation von Ingenieuren in der Industrie in den 90er Jahren grundlegend verändert. In diesem Zusammenhang erfährt die Ar-

<sup>1</sup> Die Situation der IT-Branche behandeln wir in diesem Artikel ausdrücklich nicht.

beits- und Sozialgestalt des Ingenieurs in bezug auf die Arbeits- und Qualifikationsanforderungen, Funktion und Status gegenwärtig eine neue inhaltliche Füllung. Dies ist um so bemerkenswerter, da bis zu Beginn der 90er Jahre die Muster der Arbeitsorganisation, der Arbeitsteilung, des Personaleinsatzes, der Kooperation und Qualifizierung für die Ingenieurarbeit eine hohe Kontinuität aufwiesen: Im Unterschied zum shop floor, wo die Einführung neuer Produktionskonzepte zur Aufwertung der Produktionsarbeit führte (vgl. Kern, Schumann 1984), blieb die Berufsrolle des Ingenieurs im Modell der „diversifizierten Qualitätsproduktion“ der 80er Jahre dieselbe, die sie bereits im Zeichen der tayloristisch-fordistischen Organisation des Produktions- und Entwicklungsprozesses gewesen ist: Der Ingenieur war der technische Experte, dessen akademische Qualifikation ihn zur Anweisung und Kontrolle anderer berechtigte und dessen Tätigkeiten extern kaum zu kontrollieren waren. Markt- und kundennahe Funktionen spielten in dieser Aufgabenstellung kaum eine Rolle. Selbst die neuen Formen des Technikeinsatzes und der Techniknutzung in Gestalt der Computerisierung führten nicht zu einem grundlegenden Wandel von Tätigkeitsprofilen und Qualifikationsanforderungen (vgl. Wolf u.a. 1992). Allerdings trug die hochgradige fachliche, funktionale und organisatorische Differenzierung der Unternehmen in Verbindung mit produkt- und prozesstechnischen Entwicklungen dazu bei, die Spezialisierung der Ingenieure nach technischen Wissensdisziplinen intern weiter zu vertiefen. Dieses Spezialistentum korrespondierte mit fachlich eng zugeschnittenen Studiengängen des akademischen Ausbildungssystems, die bis heute im Kern erhalten geblieben sind. So ist zu befürchten, wofür unsere Betriebsrecherchen eine Reihe von Belegen liefern, dass das Angebot ausgebildeter Ingenieure auch qualitativ unzureichend ist. Aus heutiger Sicht ist evident: Gerade weil es sich in den 80er Jahren „nur“ um inkrementelle Strukturanpassungen handelte (vgl. Wittke 1995a), blieben die Arbeitsveränderungen für die Ingenieure unspektakulär. Seit Beginn der 90er Jahre reicht der Bruch mit der herkömmlichen Arbeits- und Betriebsorganisation ungleich tiefer. Dies wiederum zieht neue Qualifikationsanforderungen an die Ingeni-

eure nach sich, die wir im folgenden für die Fertigung und die Produktentwicklung genauer darstellen wollen (vgl. Kapitel 3).<sup>2</sup> Mit dem neuen Anforderungsgehalt der Arbeit haben sich auch die Formen der Einbindung und betrieblichen Integration der strategisch wichtigen Funktionsgruppen geändert. Gerade weil Karrierewege in der Vergangenheit unmittelbar mit den vertikal differenzierten betrieblichen Strukturen verbunden waren, stellt sich in dem Moment, wo diese Strukturen in Bewegung geraten, die Frage nach den Möglichkeiten des beruflichen Fortkommens neu. Worin sich die neuen von den alten Karrierewegen unterscheiden und welchen Verhaltenszumutungen sich Aufstiegsaspiranten gerade in den produktionsnahen Einsatzbereichen gegenüber sehen, wollen wir aufzeigen (vgl. Kapitel 4) und abschließend die Frage nach den Perspektiven der Ingenieurarbeit stellen (vgl. Kapitel 5).

## **2. Die Landkarte der Ingenieurbeschäftigung: Lange nicht mehr so gefragt wie heute ... aber nicht jeder wird gebraucht**

Die Zahl der erwerbstätigen Ingenieure aller Fachrichtungen ist in Deutschland zwischen 1991 und 1995 von 973.200 auf 1.163.200 gestiegen (vgl. HIS 1998). Dies entspricht einem Anstieg von etwa 20 %. Mehr als die Hälfte verfügt über ein Fachhochschuldiplom, 43 % hatten ein Universitätsdiplom erworben (vgl. ebd.). Die Ingenieurwissenschaften gliedern sich in eine ganze Reihe unterschiedlicher Hauptfachrichtungen wie Bergbau/Hüttenwesen, Maschinenbau/Verfahrenstechnik, Elektrotechnik, Verkehrstechnik/Nautik, Architektur/Innenarchitektur, Stadt- und Raumplanung, Bauingenieurwesen und Vermessungswesen, welche sich wiederum in Einzelfächer differenzieren.<sup>3</sup> Unterschieden

<sup>2</sup> Hierbei stützen wir uns auf eine Reihe von Expertengesprächen, die wir im Rahmen der Vordringlichen Aktion „Industrielle Fachkräfte für das 21. Jahrhundert“, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung 1999 in der Elektro- und Automobilindustrie geführt haben sowie auf bislang teilweise noch unveröffentlichte Materialien aus einschlägigen SOFI-Forschungen.

<sup>3</sup> Das Fach Elektrotechnik beinhaltet die elektrische Energietechnik, Elektrotechnik/Elektronik, Mikrosystemtechnik sowie Nachrichtentechnik/Informationstechnik. Das Fach Maschinenbau/Verfahrenstechnik umfasst die Einzelfächer Chemieingenieur-

nach Hauptfachrichtungen zeigt sich, dass knapp 30 % der erwerbstätigen Ingenieure Maschinenbau studiert haben, es folgen Elektrotechnik mit 23 %, Bauingenieurwesen mit 17 % und Architektur mit 9 %.<sup>4</sup>

Bauingenieure und Architekten konnten in der ersten Hälfte der 90er Jahre mit Zuwachsraten von 29 % und 26 % die stärksten Beschäftigungsgewinne für sich verbuchen. Obwohl durch den Konjunkturbruch zu Beginn der 90er Jahre die Beschäftigungssituation gerade für die Ingenieurfächer Maschinenbau und Elektrotechnik, mit denen wir uns im folgenden näher beschäftigen möchten, stark angespannt war<sup>5</sup>, lag die Erwerbsquote von Personen mit diesem Studienabschluss bis 1995 höher (89,3 % West) als die der sonstigen Hochschulabgänger (85,9 % West). Die Beschäftigungszuwächse lagen zwischen 1991 und 1995 für Maschinenbauingenieure bei +17 % und für Elektroingenieure bei +20 % in den alten Bundesländern (vgl. ZEW 1998).<sup>6</sup> Insgesamt waren 1995 bundesweit 568.048 Ingenieure der Fachrichtungen Maschinenbau und Elektrotechnik erwerbstätig (vgl. ebd.).

## Entwicklung der Ingenieurbeschäftigung und Tätigkeitsspektrum in der Elektroindustrie und dem Maschinenbau

Die Entwicklung der Ingenieurbeschäftigung lässt sich nach Branchen und dort nach Tätigkeitsbereichen (Abteilung des Arbeitsplatzes im Betrieb<sup>7</sup>) differenzieren. Allerdings gilt für diese Angaben<sup>8</sup>, dass die neuen, wachstumsstarken Wirtschaftszweige der Informations- und Kommunikationstechnik, die Medien und Life Sciences nicht gesondert ausgewiesen und vielfach weder in der bestehenden Branchensystematik noch in den einschlägigen Umfragen der Verbände erfasst werden.<sup>9</sup> Diese Einschränkungen in Rechnung gestellt, lässt sich für die Situation Mitte der 90er Jahre sagen, dass sich die Ingenieurbeschäftigung zwar auf sehr viele verschiedene Wirtschaftszweige wie etwa den Groß- und Einzelhandel (3,5 %), die Dienstleistungen für Unternehmen (5,8 %) bis hin zur öffentlichen Verwaltung (6 %) verteilt (vgl. ZEW 1998). Das Verarbeitende Gewerbe stellt mit einem Anteil von 37 % aber immer noch *den* Schwerpunkt der Ingenieurbeschäftigung dar.

Im Maschinenbau arbeiteten Mitte der 90er Jahre knapp 15 % und in der Elektroindustrie 12 % der Ingenieure (vgl. ZEW 1998).<sup>10</sup> Diese Branchen decken ihren Ingenieurbedarf mehrheitlich aus den ihnen traditionell nahestehenden Fachrichtungen ab: 1995 waren 21,9 % der

---

wesen, Druck-/Reprotechnik, Energietechnik, Feinwerktechnik, Fertigung/Produktionstechnik, Gesundheitstechnik, Kunststofftechnik, Maschinenbau, Physikalische Technik, Textil-/Bekleidungstechnik, Umwelttechnik, Verfahrenstechnik, Versorgungstechnik und Werkstoffwissenschaft (vgl. Bargel, Ramm 1998, S. 23).

4 Die verbleibenden gut 21 % haben Fertigungs- und Wirtschaftsingenieurwesen sowie Agrarwissenschaften studiert (vgl. HIS 1998, S. 43).

5 Im Maschinenbau hat sich seit 1991 die Zahl der Stellen um fast eine halbe Million auf momentan noch etwa 892.000 verringert. In der Elektroindustrie wurden die Belegschaften im selben Zeitraum von knapp 1,1 Millionen auf 860.000 Beschäftigte verringert (vgl. Frankfurter Rundschau vom 18. März 2000).

6 In Ostdeutschland legten Maschinenbauingenieure 15 % und Elektroingenieure 6 % zu (vgl. ZEW 1998). Diese absoluten Zahlenangaben liegen über denen, die das IAB angibt, was sich in erster Linie auf unterschiedliche Bündelungen der jeweiligen Fachrichtungen zurückzuführen lässt. Im Kern aber bestätigen die IAB-Daten die hier skizzierte Tendenz (vgl. MatAB 1.1/1998).

7 Informationen hierzu liefert der Mikrozensus. Dabei wird die Lage des Arbeitsplatzes in neun Bereiche unterteilt: 1. Produktion, Fertigung, Montage, 2. Instandhaltung, Reparatur, 3. Kontrolle, Arbeitsorganisation, 4. Entwicklung, Konstruktion und Forschung, 5. Materialwirtschaft, Einkauf, 6. Verkauf, Kundenbetreuung, Marketing, 7. Finanzierung, Rechnungswesen, Datenverarbeitung, 8. Personalwesen, Ausbildung sowie 9. Geschäftsleitung.

8 Die Datenbasis bilden die Mikrozensus sowie die Wirtschaftsklassifikation des Statistischen Bundesamtes.

9 Wenn es sich um neue Wirtschaftszweige handelt, können sie wegen fehlender Verbände bzw. Verbandszugehörigkeit von der Branchensystematik nur schwer erfasst werden. Zudem klammert die Branchensystematik Dienstleistungen, die nicht unmittelbar produktionsbezogen sind, aus.

10 Die Bauingenieure und Architekten sind in dieser Angabe nicht berücksichtigt. Erfasst werden neben dem Maschinenbau, der Elektroindustrie und der Automobilindustrie (Herstellung von Kraftwagen) die Öffentliche Verwaltung (einschließlich Verteidigung, Sozialversicherung), die Dienstleistungen für Unternehmen, Erziehung und Unterricht, das Baugewerbe, der Einzelhandel (ohne KFZ und Tankstellen, die Herstellung von Metallerezeugnissen, der Großhandel (ohne KFZ), die Energieversorgung sowie der sonstige Fahrzeugbau (vgl. ZEW 1998).

erwerbstätigen Maschinenbauingenieure im Maschinenbau und 25,2 % der Elektroingenieure in der Elektroindustrie beschäftigt (vgl. ebd.). Erwartungsgemäß lag in der Elektroindustrie der Anteil der Maschinenbauingenieure mit 3,5 % bzw. der Anteil der Elektroingenieure im Maschinenbau mit 7,5 % erheblich niedriger (vgl. ebd.). Beide Branchen stellen zwar Beschäftigungskerne für die Ingenieure dar, bemerkenswert aber ist, dass die Elektro- und Maschinenbauingenieure zu drei Vierteln bzw. zu zwei Dritteln in anderen Branchen tätig sind. Dies unterstreicht den Sachverhalt, dass ein ingenieurwissenschaftlicher Abschluss ein sehr breit gefächertes Einsatzspektrum und vielfältige Karrieremöglichkeiten außerhalb der etablierten Branchensegmente eröffnet.

Die Elektroindustrie beschäftigte 1997 rund 150.000 Ingenieure (vgl. ZVEI 1998).<sup>11</sup> Der Anteil der Elektroingenieure an den Beschäftigten der Elektroindustrie insgesamt lag zu diesem Zeitpunkt bei 12,1 %, der Anteil der Maschinenbauingenieure bei 4,7 % und der Anteil der Informatiker bei 1,1 % (vgl. ebd.). Die generelle Tendenz eines positiven Verlaufs in der Entwicklung der Ingenieurbeschäftigung bestätigt sich auch im Ausschritt der Elektroindustrie. Der Anteil von Ingenieuren an der Gesamtzahl aller Beschäftigten der Elektroindustrie ist von 1993, wo er bei 14,8 % lag, auf 17,8 % (1995) und schließlich knapp 20 % (1997) gestiegen (vgl. ZVEI 1998).<sup>12</sup> Dieser Aufwärtstrend dürfte sich seit 1998 fortgesetzt haben. Bemerkenswert daran ist, dass zwischen 1993 und 1997 die Gesamtzahl der Beschäftigten um 12 % abnahm, während die Ingenieure (und Informatiker) im gleichen Zeitraum ihren Anteil um 15,6 % steigern konnten. Die Ingenieure haben also in den 90er Jahren und damit in einer Zeit des stetigen Personalabbaus, der bei den Großunternehmen der Elektroindustrie erst 1998 wieder einer leichten Aufwärtsentwicklung gewichen ist, zulegen können. Die im ersten Halbjahr 1998 vorgenommenen Neueinstellungen der Elektroindustrie, die ausschließlich auf das Konto

der Großunternehmen gingen<sup>13</sup>, kamen sogar zu knapp 30 % Ingenieuren und Informatikern zugute (vgl. ebd.).

Die Ingenieurbeschäftigung im Maschinenbau weist einen ähnlich positiven Verlauf auf: 1955 beschäftigte die Branche 36.700 Ingenieure, 1982 hatte sich diese Zahl mit 74.300 bereits mehr als verdoppelt, nahm in den 80er Jahren mit 87.700 (1988) weiter zu und erreichte 1995 einen Stand von 102.400 Ingenieuren. Bis 1998 erhöhte sich die Zahl der Ingenieure nochmals um 11,4 % auf 114.070. Bemerkenswert an dieser Entwicklung ist, dass der Zeitraum zwischen 1982 und 1998 auch im Maschinenbau durch insgesamt hohe Beschäftigungsverluste von über 12 % gekennzeichnet war<sup>14</sup>, die Zahl der Ingenieure in dieser Zeit aber um 54 % weiter anwuchs. Machte der Anteil der Ingenieure 1955 erst 5,2 % an allen Beschäftigten im Maschinenbau aus, hatte er sich bis 1998 mit 12,3 % mehr als verdoppelt (vgl. VDMA 1998).<sup>15</sup>

Die Maschinenbauingenieure stellten 1998 in den Maschinenbauunternehmen mit ca. 69.000 oder 63 % immer noch die größte Gruppe der Erwerbstätigen mit einer Ingeniurausbildung (vgl. VDMA 1998). Ihnen folgten mit fast 19.000 bzw. 17 % die Elektroingenieure.<sup>16</sup> Gerade im Maschinenbau spiegelt sich jedoch auch der Wandel der technologischen Entwicklungslinien, der durch eine zunehmende Verzahnung von Mechanik, Elektronik und Software zu einem Produkt gekennzeichnet ist, in der Umschichtung der fachlichen Strukturen der Ingenieurqualifikationen deutlich wider. Zwar hatte sich bis 1998 die Zahl der Maschinenbauingenieure gegenüber 1995 um 4.600 erhöht, ihr prozentualer Anteil war dagegen aber nur geringfügig gestiegen. Hingegen ist die absolute Zahl und der Anteil der Elektroingenieure überdurchschnittlich und am stärksten

11 Die Umfrage des ZVEI (1998) umfasst knapp 40 % aller Beschäftigten der Elektroindustrie (Informatiker eingeschlossen).

12 In diesen Angaben sind neben den Ingenieuren auch die Informatiker enthalten.

13 Unternehmen mit weniger als 5.000 Beschäftigten haben auch im ersten Halbjahr 1998 noch Personal abgebaut (vgl. ZVEI 1998).

14 Zwischen 1995 und 1998 ging die Gesamtzahl der Beschäftigten im Maschinenbau um 6 % zurück, während im selben Zeitraum die Zahl der Ingenieure um 11,4 % anstieg.

15 Der VDMA führte seit 1982 vier Umfragen (1988, 1995 und 1998) bei seinen Mitgliedsfirmen durch. Erfasst wurden etwa 550 Unternehmen des Maschinenbaus.

16 Es folgen mit 6,5 % die Fachrichtungen Verfahrenstechnik, mit 4,5 % Wirtschaftsingenieurwesen, mit 3 % Informatik und mit 6 % „andere“.

von 14.600 auf 18.700 oder um 28 % gewachsen (vgl. VDMA 1998). Das heißt, im Maschinenbau dringen Ingenieure verstärkt in neue Einsatzfelder wie die Elektronik- und Softwareentwicklung (vgl. Kalkowski u.a. 1995), aber auch verstärkt in kundennahe Bereiche wie etwa den Vertrieb vor.

Im Gesamt der Branchen ist mit ca. 30 % das Gros der Ingenieure in den Bereichen Forschung, Entwicklung und Konstruktion tätig. Als Fachrichtungen sind hier mit Abstand am stärksten Elektrotechnik sowie Maschinenbau vertreten. Demgegenüber spielen Verkauf/ Marketing mit ca. 13 % sowie die Fertigung mit knapp 10 % eine nachgeordnete Rolle (vgl. ZEW 1998, S. 33 ff.). Der Blick auf einzelne Branchen korrigiert dieses Strukturbild erwartungsgemäß nochmals stark in Richtung des Tätigkeitsfeldes Forschung, Entwicklung und Konstruktion: 1998 waren im Maschinenbau 51 % der Ingenieure in diesem Bereich tätig, es folgen der Vertrieb mit 18 % und die Produktion mit 10 %. Die Elektroindustrie zeigt im Prinzip ein ähnliches Bild. Von den Ingenieuren waren 41,7 % in den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen oder in der Konstruktion tätig, ein Drittel arbeitete im Vertrieb, nicht einmal jeder Zehnte war in der Produktion beschäftigt. Außer im Bereich Produktion stellen Elektroingenieure überall die Mehrheit des ingenieurtechnischen Personals. In Forschung und Entwicklung liegt ihr Anteil bei etwas über 60 %, wo hingegen der Anteil der Maschinenbauingenieure nur knapp 25 % beträgt. Dabei ist die Mehrzahl der Maschinenbauingenieure, die in der Elektroindustrie arbeiten, mit 44,1 % in Forschung und Entwicklung tätig, 23,9 % arbeiten in der Produktion, wo sie die Mehrheit der Ingenieure stellen (vgl. ZVEI 1998).

Unsere Recherchen wie auch die wenigen hierzu vorliegenden empirischen Befunde (vgl. VDI 1999a, ZVEI 1998; VDMA 1998) weisen für die Zukunft auf folgende betriebliche Einsatzschwerpunkte des Ingenieurpotentials in den uns interessierenden Branchen: Im Maschinenbau wird das Gebiet der Konstruktion auch weiterhin den größten Bedarf an Ingenieurleistungen haben, gefolgt vom Vertrieb und als dritt wichtigstem

Bereich der Forschung und Entwicklung. In der Elektroindustrie wird der Bereich Forschung und Entwicklung der wichtigste Bereich der Ingenieurbeschäftigung bleiben. Es folgt der Vertrieb, in der Produktion hingegen dürfte der Bedarf rückläufig sein. Letzteres ist sowohl auf die Verlagerung von Produktionsstandorten in andere Regionen als auch auf betriebliche Reorganisationsprozesse zurückzuführen.

### **Arbeitslosigkeit bei Ingenieuren - kein Ende für die Älteren in Sicht**

Insgesamt haben die Maschinenbau- und stärker noch die Elektroingenieure in den 90er Jahren die Entlassungswellen und die damit vielfach verbundene Restrukturierung der Unternehmen sehr viel glimpflicher als andere Beschäftigtengruppen überstanden. Dennoch verloren zunehmend vor allem Ingenieure im Alter von über 50 ihren Arbeitsplatz bzw. zogen sich vom Arbeitsmarkt zurück (vgl. ZEW 1998; MatAB 1.1/1998). Außerdem verschlechterten sich ab 1991 die beruflichen Startchancen von Studienabgängern zunächst erheblich. So blieb etwa beim Prüfungsjahrgang 1993 eineinhalb Jahre nach dem Examen ein Anteil Arbeitsloser von 9 % (Maschinenbau und Elektrotechnik Fachhochschulabsolventen) bzw. von knapp 6 % bei den Universitätsabsolventen bestehen (vgl. Minks 1996). Im Unterschied dazu waren die arbeitslosen Ingenieure und Ingenieurinnen des Jahrgangs 1989 im Laufe von eineinhalb Jahren fast ausnahmslos in Beschäftigung.

Die Erwerbslosenquote von Ingenieuren, die zu Beginn der 90er Jahre bei 2,6 % lag<sup>17</sup>, hatte sich bis Mitte der 90er Jahre nahezu verdreifacht (6,8 %) und überstieg die durchschnittliche Erwerbslosenquote der Hochschulabsolventen anderer Fachrichtungen, die zu diesem Zeitpunkt bei 4,5 % lag (vgl. ZEW 1998, S. 11 ff.). Nach Berechnungen des Instituts der deutschen Wirtschaft waren 1997 15.344 Elektroingenieure und 21.242

17 Von 1983 bis 1991 entwickelte sich der Arbeitsmarkt für Ingenieure tendenziell eher günstiger als für andere Akademiker, obwohl auch in diesem Zeitraum eine Sockelarbeitslosigkeit von etwa 20.000 Arbeitslosen zu verzeichnen war (vgl. VDI 1997).

Maschinen- und Fahrzeugbauingenieure arbeitslos und machten damit mehr als die Hälfte aller arbeitslosen Ingenieure (65.221) aus (vgl. IW 1998, S. 75 ff.). 1998 sank die Erwerbslosigkeit von Ingenieuren gegenüber dem Vorjahr erstmalig um 13,3 % (bzw. um 8.691 Personen) auf etwa 57.000 Erwerbslose (vgl. VDI-Nachrichten vom 11. Juni 1999). Damit stellen die Ingenieure aber weiterhin die größte Gruppe unter den arbeitslosen Akademikern.<sup>18</sup> Es sind seit 1997 vor allem jüngere Ingenieure im Alter bis 35 Jahren gewesen, die wieder verstärkt vermittelt werden konnten. In dieser Gruppe reduzierte sich die Arbeitslosigkeit von 1997 bis 1998 um rund ein Drittel auf etwa 9.000 Erwerbspersonen. Den stärksten Rückgang mit 45 % verzeichneten junge Elektroingenieure und in fast der gleichen Höhe junge Maschinenbauingenieure (vgl. ebd.).

Demgegenüber hat sich der Arbeitslosensockel bei den über 45jährigen Ingenieuren weiter verfestigt; ihr Anteil an allen arbeitslosen Ingenieuren liegt bei rund 60 %. Zum Vergleich: 1996 waren es erst 50 % und 1991 sogar nur 36 % gewesen. Deutlich wird an dieser Entwicklung, dass sich die Struktur der Arbeitslosigkeit seit Anfang der 90er Jahre geradezu verkehrt hat. Waren bis Mitte der 90er Jahre die Ingenieure unter 35 Jahren weit überproportional von Arbeitslosigkeit betroffen, sind seitdem die älteren Ingenieure überdurchschnittlich und die jüngeren unterdurchschnittlich häufig arbeitslos (vgl. HIS 1998). Von den arbeitslosen Ingenieuren der Elektrotechnik und des Maschinenbaus waren 1998 bereits 70 % älter als 45 Jahre. Für sie bestehen absehbar kaum Vermittlungschancen. Aus Sicht der Unternehmen mangelt es ihnen an fachlich „passgenauen“ Qualifikationen, vor allem aber wiesen die arbeitslosen Bewerber Persönlichkeitsmerkmale auf, die „sich mit dem Anforderungsprofil des jeweiligen Betriebs nicht vereinbaren lassen“ (IW 1998, S. 55). Darüber hinaus begründen die Betriebe die Ablehnung von Bewerbern mit einem zu hohen Alter (vgl. IW 1998, S. 53). Ob unter diesen Vorzeichen und solange die Firmen dem - wie der Präsident der Frankfurter Fachhochschule,

Kessler, formulierte - „Jugendlichkeitswahn frönen“ (vgl. Frankfurter Rundschau vom 18. März 2000) die anlässlich der CEBIT 2000 von Bundeskanzler Gerhard Schröder angekündigte Beschäftigungs- und Weiterbildungsinitiative der Bundesregierung für ältere arbeitslose Ingenieure fruchtet, bleibt abzuwarten.

### **Rückgang der Absolventenzahlen - Erosion des klassischen Rekrutierungspotentials**

Der Anteil von Ingenieuren an allen Hochschulabsolventen war bis Mitte der 90er Jahre nahezu konstant geblieben. Der Zuwachs an Hochschulabsolventen mit Berufen des Maschinenbaus sowie der Elektrotechnik lässt sich in erster Linie auf die zunehmende Verbreitung des Hochschulstudiums bzw. den Anstieg des Bildungsniveaus insgesamt zurückführen (vgl. ZEW 1998, S. 10 ff.).<sup>19</sup> Allerdings ist dieser Trend inzwischen abgeflacht. Denn nachdem die Attraktivität des Ingenieurstudiums bei den Studienberechtigten des Schulentslassungsjahres 1990 ein kurzfristiges Maximum erreicht hatte, sinkt seit Mitte der 90er Jahre der Anteil der Ingenieure an allen Studienberechtigten kontinuierlich ab und erreichte 1996 nur noch 16 % gegenüber 20 % Mitte der 80er Jahre (vgl. HIS 1998, S. 25).

Insbesondere in den Fachrichtungen Maschinenbau und Elektrotechnik haben sich die Studienanfängerzahlen zwischen 1990 und 1996 halbiert (vgl. HIS 1998). Im Jahr 1995 lag in beiden Fächern - alte und neue Bundesländer zusammengenommen - die Zahl der Studienanfänger nicht höher als Ende der 70er Jahre in den alten Ländern allein. An den Fachhochschulen nahmen 1995 knapp über 4.000, an den Universitäten unter 4.000 Studenten ein Studium des Maschinenbaus bzw. der Elektrotechnik auf. Besondere Verluste mussten hierbei Einzelfächer aus dem Bereich Maschinenbau (Chemieingenieurwesen, Energietechnik, Feinwerktech-

18 Es folgen mit weitem Abstand und knapp 27.000 Arbeitslosen die Lehrer, mit knapp 19.000 Arbeitslosen die Naturwissenschaftler (vgl. VDI-Nachrichten 11. Juni 1999).

19 Bezogen auf die Hochschulabgänger insgesamt treten bis 1995 allerdings deutliche Ost-West-Differenzen auf: In Westdeutschland ist zu diesem Zeitpunkt jede achte Person mit einem abgeschlossenen Studium Ingenieur, während dies in Ostdeutschland auf jede fünfte Person zutrifft (vgl. ZEW 1998).

nik, Kunststofftechnik, Textiltechnik, Werkstoffwissenschaft), die Elektrotechnik sowie die elektrotechnische Energietechnik hinnehmen (vgl. Bargel, Ramm 1998, S. 20 ff.). Der Effekt ist ein dramatischer Rückgang der Absolventenzahlen, die gegenüber dem Jahr 1994 zumindest bis 2002 auf halbem Niveau stagnieren werden.<sup>20</sup> Seit dem Wintersemester 1996/97 nehmen die Studienanfängerzahlen in der Elektrotechnik, im Maschinenbau, vor allem aber in der Informatik wieder zu.

Ungeklärt ist bislang, inwieweit diese Zunahme eine durchgreifende Umkehrung der Abwärtsentwicklung in Elektrotechnik und Maschinenbau signalisiert. Kündigen die wieder ansteigenden Studienanfängerzahlen das Ende eines kurzfristigen und übertriebenen Arbeitsmarktreaktionen geschuldeten „Schweinezyklus“ an? Oder flacht der Trend der „Abwendung“ von den Fächern Maschinenbau und Elektrotechnik lediglich ab und werden auf längere Sicht Einbußen bei den Studienanfängerzahlen unvermeidlich sein? Zugespißt steht dahinter letztlich die Frage nach den Ursachen und Wirkungszusammenhängen von Studienfachentscheidungen. Der Sachverhalt, dass neben dem Technikinteresse ein hohes Einkommen, ein sicherer Arbeitsplatz und eine kalkulierbare Aufstiegsprospektive bei den potentiellen Interessenten an einem Ingenieurstudium die Studienentscheidung in stärkerem Maße prägt als in anderen Fächern, ist zwar mittlerweile vielfach belegt (vgl. HIS 1998). Ob sich aus den seit kurzem wieder positiven Arbeitsmarktsignalen aber tatsächlich eine längerfristig glaubhafte Verbesserung der Arbeitsmarktchancen herauslesen lässt, scheint für viele Studienanfänger bislang noch nicht ausgemacht zu sein. Die weiterhin hohe Arbeitslosigkeit, aber mehr vielleicht noch die vielfachen Fehlprognosen zum Ingenieurbedarf<sup>21</sup> und die daraus resultierende Kurzatmigkeit, die seit den 70er Jahren die Aktivitäten von Unternehmen und Verbänden bei der Nachwuchssicherung im Ingenieurbereich geprägt hat, dürften bei Eltern und interessierten

Studienberechtigten nachwirken und den Eindruck verstärken, es auf Arbeitgeberseite mit unsicheren Kantonnisten zu tun zu haben.

Nimmt man zumindest die männlichen „Bildungsaufsteiger“ einfacherer, teilweise auch mittlerer sozialer Herkunft, die in ihren Berufsentscheidungen in der Regel in besonders starkem Maße auf attraktive Berufsaussichten reagieren, als „Barometer“, so zeigt sich, dass diese Gruppe ihre Wahlentscheidungen noch nicht wieder in Richtung eines Ingenieurstudiums revidiert hat (vgl. HIS 1998). Dies gilt insbesondere für Studienberechtigte mit Fachhochschulreife und im deutlichen Unterschied zu Abiturienten, bei denen die Talsohle durchschritten zu sein scheint. Unterstrichen wird diese Entwicklung durch die Veränderung der Relationen zwischen Fachhochschul- und Universitätsabsolventen. Statt der über Jahrzehnte von Wirtschaft und Berufsverbänden als ideal angesehenen Verteilung von Universitätsabsolventen und Fachhochschulabsolventen im Verhältnis 1:4 tendiert diese Relation allmählich gegen 1:2,5 (vgl. VDI 1999a).

Dass der Zufluss an männlichen Bildungsaufsteigern in die Fachhochschulen dünner geworden ist, verweist aber noch auf ein anderes Problem, welches die Komplexität von Ursachen und Bedingungen der Studienfachwahl untermauert: die klassischen Zugangswege über die Werkstatt - die Lehre in einem technischen Beruf und/oder der Besuch einer technischen Fachoberschule als Zwischenstufe auf dem Weg in die Ingenieur- ausbildung - haben generell an Bedeutung verloren. Mit anderen Worten: „Die rückläufigen Studierendenzahlen in den Ingenieurwissenschaften sind auch eine Folge einer schmaler werdenden Rekrutierungsbasis in den klassischen Zuliefereinrichtungen.“ (HIS 1998, S. 216)

Studieninhalte und Studienformen des Ingenieurstudiums attraktiver zu gestalten, gelten schließlich als Voraussetzung dafür, Frauen aber auch männliche Studienanfänger zu rekrutieren, deren Studieneingangsqualifikationen - im Unterschied zur klassischen Klientel, die sich von einem Ingenieurstudium anziehen lässt -, nicht

20 Als Maschinenbauingenieure beendeten 1995 20.000 ihr Studium, 1998 verließen 18.000 die Fachhochschulen und Universitäten. Die Zahl der Absolventen der Elektrotechnik lag 1995 bei 11.000; 1998 bereits unter 10.000 (vgl. HIS 1998).

21 Vgl. hierzu die ausführliche Darstellung der Prognosen für den Bedarf an Elektroingenieuren in der VDI-Studie 1999a.

einseitig durch technisch-praktische und/oder mathematisch-technische Fähigkeiten charakterisiert sind (vgl. HIS 1998). Die Präferenz von Studienberechtigten mit sprachlich-kommunikativen und sogenannten Querschnittsbegabungen für die Technikwissenschaften ist bekanntermaßen gering. Nicht ohne Ironie ist in diesem Zusammenhang, dass es gerade die Frauen waren, die in den 90er Jahren dazu beigetragen haben, die Studierendenzahlen zu stabilisieren (vgl. Bargel, Ramm 1998, S. 24 ff.).<sup>22</sup> Studienberechtigte außerhalb der klassischen Klientel zu gewinnen, dürfte nicht nur mit Blick auf ihre Kompetenzen und Fähigkeiten, sondern auch angesichts der spürbaren Ausdünnung der klassischen Klientel geboten sein. Die Unternehmen und Verbände haben dies mittlerweile erkannt und versuchen mit attraktiver gewordenen Einsatzfeldern und neuen Aufgabenprofilen verstärkt für ein Ingenieurstudium in den Kernfächern zu werben.<sup>23</sup> Mit der Akkreditierung von Bachelor- und Master-Studiengängen sollen zudem verstärkt ausländische Studenten - nur jeder 20. Ingenieurstudent in Deutschland kommt gegenwärtig aus dem außereuropäischen Ausland - angesprochen werden (vgl. ZVEI/VDMA 1997).

### **Wachsender Bedarf der Unternehmen - Mangel an Elektroingenieuren**

Nicht nur die Großunternehmen, sondern auch die mittelständischen Unternehmen der Elektroindustrie und des Maschinenbaus signalisieren mit Nachdruck, dass der Anteil von Maschinenbau- und Elektroingenieuren an der Gesamtzahl ihrer Beschäftigten weiter steigen soll.<sup>24</sup> Obwohl die Zahl der offenen Stellen (nach Be-

rufsordnung) kein sehr belastbarer Indikator für Bedarfsentwicklungen ist, drückt sich hierin zumindest ein sehr deutlicher Stimmungsumschwung aus. 1993 war für Maschinenbauingenieure mit etwa 600 und für Elektroingenieure mit etwa 400 der absolute Tiefpunkt des Angebots an offenen Stellen erreicht. Demgegenüber war bis 1998 die Zahl der offenen Stellen auf 2.000 für Maschinenbauingenieure und 1.600 für Elektroingenieure angestiegen (vgl. VDI 1999a). Das gleiche Bild zeigt sich beim Stellenindex.<sup>25</sup> Danach wurden im ersten Halbjahr 1998 7.872 Elektroingenieure und 8.725 Maschinenbauingenieure in Deutschland gesucht (vgl. ebd.).

Bekanntermaßen ist die Abschätzung des Ingenieurbedarfs ein überaus schwieriges, mit zahlreichen methodischen Problemen behaftetes, von Konjunkturläufen, Markterfolgen und nicht zuletzt personalpolitischen Strategien abhängiges Geschäft.<sup>26</sup> Deswegen sind Bedarfszahlen in jedem Fall ein „sich bewegendes Ziel“ (vgl. VDI 1999a). Diese Einsicht schließt allerdings ein, dass sich die Bedarfsentwicklung der Unternehmen mittel- bis langfristig kaum zuverlässig beziffern lässt, was vor allzu eilfertigen, kurzzyklischen Reaktionen auf mögliche Mangelsituationen warnt und überdies die Frage nach langfristigen Formen der Steuerung und Sicherung des Fachkräftebedarfs aufwirft.

Einige Bedarfsprognosen und Umfragen ergeben hier - wenn auch nur bis zu Beginn des 21. Jahrhunderts - grobe Anhaltspunkte zur Bedarfsentwicklung. Die VDMA-Mitgliedsfirmen haben ihren jährlichen Einstellungsbedarf mit ca. 7 % bis 7,5 % angegeben. Dieser liegt damit mehr als doppelt so hoch wie der jährliche Ersatzbedarf, der pro Jahr mit etwa 3 % vom Bestand zu veranschlagen ist. „Sollten die Bedarfsabschätzungen sich realisieren,“ so formulierte der VDMA 1998 vorsichtig, „würden die Unternehmen im Maschinenbau in den nächsten drei Jahren etwa 25.000 Ingenieure einstellen müssen.“ (VDMA 1998, S. 6) Auch die Mehrzahl der ZVEI-Unternehmen (65,4 %) erklärte 1997/98,

22 Der Frauenanteil an allen ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen liegt bei ca. 20 %. Den niedrigsten Frauenanteil verzeichnen die elektrotechnischen Ingenieurstudiengänge mit 3,5 % an den Fachhochschulen und bis 5 % an den Universitäten. Im Maschinenbau beträgt der Frauenanteil etwa 10 % an den Universitäten und reicht bis ca. 12 % an den Fachhochschulen (vgl. VDI 1999a).

23 Zu nennen ist hier die Initiative „THINK ING.“ von VDMA, ZVEI, VDI und VDE. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung startete 1999 eine bundesweite Ingenieurinnen-Kampagne mit dem Slogan „be.Ing. - In Zukunft Frauen“.

24 Eine Studie des IW (1998) zeigt, dass je kleiner der Betrieb ist, desto größer die geplante Erweiterung des Ingenieurbestandes ist.

25 Erfasst sind die Angebote aus 40 Zeitungen.

26 Vgl. ausführlich zu den Problemen der Bedarfsanalyse VDI 1999a.



dass sie bis 2000 mehr Elektroingenieure einstellen wollen als 1997, die Nachfrage nach Absolventen anderer Fachrichtungen soll hingegen gleich bleiben. Weitere 31 % der Unternehmen beabsichtigten zu diesem Zeitpunkt weiterhin ebenso viele Elektroingenieure einzustellen wie 1997, nur sechs Unternehmen (etwa 3 %) rechneten mit weniger Neueinstellungen für Elektroingenieure.

Die Siemens AG, die als eines der wenigen Großunternehmen seit Jahren langfristige Prognosen zur Bedarfsentwicklung vorlegt, ist der größte Nachfrager nach Absolventen der Fachrichtung Elektrotechnik in Deutschland. Dieses Unternehmen nahm 1999 schon nahezu die Hälfte (3.700) der insgesamt 8.500 Absolventen dieses Prüfungsjahrgangs auf. Da die Absolventenzahlen in der Elektrotechnik bis 2002 weiter auf etwa 6.000 absinken werden, rechnet die Siemens AG für die nahe Zukunft damit, Ingenieure durch Naturwissenschaftler substituieren zu müssen. Bereits in den Jahren 1985/86 hatte das Unternehmen auf Physiker anstelle von Elektroingenieuren zurückgreifen müssen. Angesichts der unbestreitbaren Mangelsituation, der sich die Elektroindustrie in bezug auf die Rekrutierung von Jungingenieuren gegenüber sieht, gewinnen nicht nur für Siemens, sondern für die Branche generell Aus- und Weiterbildungskonzepte an Bedeutung, die auf eine Verlagerung von „ingenieurnahen“ Aufgaben an Fachkräfte zielen, die aus der dualen Berufsausbildung kommen bzw. im tertiären Bildungsbereich weiterqualifiziert werden. Wir werden auf diesen Ansatz in Kapitel 4.1 zurückkommen.

Die vorliegenden wissenschaftlichen Prognosen gehen ebenfalls von einem steigenden Ingenieurbedarf aus. Eine Studie des Instituts der deutschen Wirtschaft unterscheidet hierbei zwischen „Bedarfstendenzen“ und „konkret geplanten Neueinstellungen“. Letztere vermitteln ein etwas zuverlässigeres Bild der unternehmerischen Personalpolitik. Danach prognostizieren die Elektrobranche mit 26 %, aber auch der Fahrzeugbau mit 19 % hohe Neueinstellungsraten. Elektroingenieure werden danach ihren Beschäftigungsanteil von 37,5 %

auf 42,9 % an allen in der Befragung ermittelten Ingenieuren (Elektrotechniker, Maschinenbauer, Verfahrenstechniker und Wirtschaftsingenieure) am stärksten steigern können (vgl. IW 1998, S. 13 ff.).

Wie ist nun auf Grundlage der an dieser Stelle nur holzschnittartig referierten Bedarfsabschätzungen und unter Einbeziehung der skizzierten Entwicklungen auf der Angebotsseite die Rede vom Ingenieurmangel einzuschätzen? Einig sind sich die wissenschaftlichen Untersuchungen darin, dass die prognostizierte Nachfrage nach Ingenieuren bis zum Jahr 2002 insbesondere für die Elektroingenieure nicht befriedigt werden können. Bis zum Jahr 2002 dürften etwa 13.000 Elektrotechniker fehlen, was in etwa zwei Absolventenjahrgängen entspricht (vgl. ZEW 1998, S. 47). Demgegenüber ist der Arbeitsmarkt für Maschinenbauingenieure nicht durch eine Mangelsituation gekennzeichnet, die Nachfrage kann dort vermutlich befriedigt werden (vgl. ebd.). Die VDI-Studie (1999a) gelangt zu einem gleichlautenden Ergebnis. Danach gilt das Szenario „Ingenieurmangel“ im Beschäftigungssegment der Elektroingenieure als das wahrscheinlichste, während für die Maschinenbauingenieure mit einer „funktionalen Abstimmung zwischen Angebot und Nachfrage“ zu rechnen sei.<sup>27</sup>

## 2.1 Zwischenfazit

Die Beschäftigungsentwicklung bei Maschinenbau- und Elektroingenieuren und hier im Ausschnitt der Elektroindustrie und des Maschinenbaus fiel in der letzten Dekade nicht so negativ aus, wie dies in der öffentlichen Debatte - vielfach mit Blick auf die Negativentwicklung bei der Gesamtbeschäftigung -, aber häufig auch von Unternehmen und Verbänden selbst unterstellt wird. Trotz der deutlichen Beschäftigungsgewinne liegt die Arbeitslosenquote von Ingenieuren der Fachrichtungen Elektrotechnik und Maschinenbau immer noch bei na-

<sup>27</sup> Die vom VDI in Auftrag gegebene Studie wartet mit differenzierten, nach Fachrichtungen spezifizierten Szenarien bzw. Projektionen auf und versucht so, den aus den Unwägbarkeiten eines unscharfen Arbeitsmarktes resultierenden methodischen Problemen, systematisch Rechnung zu tragen (vgl. ausführlich VDI 1999a).

hezu 6 %. Angesichts der hohen Zahl arbeitsloser Elektro- und Maschinenbauingenieure kann von einem generellen Ingenieurmangel weiterhin nicht die Rede sein. Fakt ist aber auch, dass sich das Angebot an arbeitslosen *Jungingenieuren* in den Fachrichtungen Elektrotechnik und Maschinenbau in den letzten drei Jahren fortlaufend und deutlich reduziert hat. Parallel dazu haben sich die Jahrgangsstärken an Absolventen dieser beiden Technikdisziplinen verringert, während sich gleichzeitig der Bedarf der Unternehmen erhöht hat, was insbesondere in bezug auf Absolventen der Elektrotechnik in eine unbestreitbare Mangelsituation führen wird. Die wachsenden Berufschancen junger Ingenieure kontrastieren dabei zunehmend mit den hohen Arbeitslosenzahlen älterer Ingenieure. Woran es also auch mangelt, sind Beschäftigungschancen für ältere Ingenieure und entsprechende Maßnahmen zur Kompetenzentwicklung.

Parallel zur Ausweitung der Ingenieurbeschäftigung haben sich in den klassischen Berufsfeldern und Branchen des Verarbeitenden Gewerbes in den 90er Jahren tiefgreifende Veränderungen vollzogen, welche den organisatorischen Kontext von Ingenieur Tätigkeiten und die Qualifikationsanforderungen nachhaltig beeinflussen.

### 3. Zwischen Fachwissen und Schlüsselqualifikationen: Das Doppelgesicht der Ingenieurarbeit

Im Aufgabenzuschnitt, aber auch in der beruflichen Verantwortung ist - wie wir im folgenden genauer darlegen möchten - seit Beginn der 90er Jahre in den industriellen Tätigkeitsfeldern von Ingenieuren ein weitreichender Wandel auszumachen. Dieser geht auf einen komplexen betrieblichen Umbruchprozess zurück. Er erfasst alle Unternehmensaktivitäten und sucht die herkömmlichen hierarchischen, vertikal hochintegrierten und funktional segmentierten Organisationsstrukturen aufzusprengen (vgl. Sauer, Döhl 1997). Die Innovationsanstrengungen der Unternehmen, welche durch den

Anpassungsdruck des Weltmarktes ausgelöst worden sind, richten sich ebenso auf die Neustrukturierung der internen Aufbau- und Ablauforganisation wie der unternehmensübergreifenden Arbeitsteilung. Sie schließen Optimierungen und Neuentwicklungen in den Produktlinien ebenso wie Veränderungen in den Architekturen der Produkt- und Produktionstechnik mit ein (vgl. Kurz 1999). Und sie beinhalten schließlich die Neulokalisierung von Produktions- und Innovationsaktivitäten (vgl. Kurz, Wittke 1998). Ziel all dieser Aktivitäten ist es, den Innovations- wie den Produktionsprozess zu beschleunigen und zugleich kostenoptimale, profitträchtige Lösungen zu realisieren: Durchgängiger Informationsfluss, Parallelisierung und Verkürzung von Innovations- und Produktionsprozessen, ökonomische Evaluation eigener Aktivitäten, sowie die Verbreiterung und Dezentralisierung von Innovations- und Kostenverantwortung weisen hierfür den Weg (vgl. Baethge-Kinsky 2000).

Freilich darf hierbei nicht übersehen werden, dass die „vertikale Desintegration“ (vgl. Wittke 1995b) der Unternehmen und ihre Neuformierung als „prozessorientierte“ Organisation (vgl. Baethge u.a. 2000) unterschiedlich weit fortgeschritten ist. Die Ungleichmäßigkeit, die Ungleichzeitigkeit, die Permanenz betrieblicher Umstellungsprozesse und die langen Inkubationszeiten neuer Entwicklungsmomente lassen Tiefe und Reichweite des Anforderungswandels im Bereich der Ingenieurarbeit und differenziert nach Tätigkeitsfeldern erheblich variieren.<sup>28</sup> Dies ist dennoch kein Anlass, die neue Unübersichtlichkeit und Unbestimmtheit ausrufen. Unsere empirischen Befunde sowie die Auswertung einschlägiger Untersuchungen und Materialien lassen deutliche Konturen der Restrukturierung von Ingenieurarbeit in produzierenden Unternehmen erkennen. In einer ersten Annäherung oberhalb von Branchendifferenzen wollen wir die Auswirkungen des betrieblichen Strukturwandels für das Anforderungsprofil in zwei klassi-

<sup>28</sup> Zudem weist die empirische Forschung gegenwärtig noch erhebliche Leerstellen auf, wenn es darum geht, arbeitswirksame Veränderungen für die Hochqualifizierten etwa nach Fachrichtung, betrieblichen Einsatzfeldern, aber auch nach Branche, Prozess oder Betriebsgröße zu differenzieren.

schen Tätigkeitsfeldern von Ingenieuren<sup>29</sup>, dem Fertigungsmanagement und der Produktentwicklung, ausführen.

### **3.1 Dezentralisierung von Prozess- und Geschäftsverantwortung - Neue Kompetenzanforderungen an das Fertigungsmanagement**

Maßgeblich für die Reorganisation der Innen- wie Außenbeziehungen der Unternehmen ist die konsequente Orientierung an Kundenbedürfnissen und Marktprozessen auf Basis preisorientierter Steuerungs- und Lenkungsinstrumente (vgl. D'Alessio u.a. 1999; Tullius 1999). Diese Umwandlung wird von einer Neudefinition von Schnittstellen und Prozessen flankiert, die auf die Neubestimmung und stärkere Selbstverantwortlichkeit von Geschäftsfeldern zielt. Hierfür werden die traditionellen Funktionsgliederungen neu ausgerichtet und Hierarchien innerhalb der Aufbauorganisation gekappt. Vormalig in Stäben und zentralen Fachabteilungen angesiedelte Entscheidungskompetenzen und Funktionen werden dezentralisiert und an die neu formierten Geschäftsbereiche angelagert. Anstelle der funktionalen Verantwortung tritt damit als erstes Organisationskriterium der Geschäftsprozess.

Für das Fertigungsmanagement haben sich mit dieser Ausrichtung der Gesamtorganisation auf den wertschöpfenden Prozess und der Anlagerung von Funktionen an die Produktion die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten erheblich erweitert. Hierdurch hat sich die Notwendigkeit erhöht, mit Stellen und Bereichen, die selbst nicht unmittelbar in die Fertigung eingebunden sind, zu kooperieren. Ein verstärkter bereichsübergreifender Transfer von Wissen und Informationen zwischen Personen und unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen sowie eine Zunahme von komplexen und undurchsichtigen

Entscheidungssituationen ist die Folge. Um in diesen schnell wechselnden und fachlich disparaten Kontakten bestehen zu können, sind in hohem Maße sozial-kommunikative Fähigkeiten (Offenheit, Kommunikationsfähigkeit, Kooperationsvermögen, Überzeugungskraft) gefordert. Darin eingeschlossen ist die Fähigkeit, sich rasch und situationsbezogen Informationen und Wissen aneignen zu können. Aber auch Konfliktfähigkeit und Durchsetzungsvermögen sind gefragt. Denn Widersprüchlichkeiten und Konfliktstoff werden in diesem neuartigen Geflecht von Nachfragern und Kunden auf- und nicht abgebaut.

Soweit wir es bislang sehen, richten sich die inhaltlichen Anforderungen, die aus dieser Verbreiterung des Aufgabenprofils um fachfremde und funktionsübergreifende Aspekte resultieren, *nicht* auf eine Erweiterung des technischen Basiswissens (etwa in die produkt- und prozesstechnischen Entwicklungsbereiche hinein). In diesem Punkt bleibt für das Fertigungsmanagement vielmehr einsatzspezifisch erworbenes „Bereichswissen“ die Grundlage des Arbeitshandelns. Die Erweiterung des Wissensprofils liegt vor allem in dem kooperationsbasierten und praxisbezogenen Erwerb von Prozessverständnis. Soweit es die Einbettung des Fertigungsmanagements in ökonomische und soziale Zusammenhänge betrifft, ist allerdings ein ungleich tiefer reichender Anforderungswandel beobachtbar.

Ins Spiel kommen etwa die veränderten Formen der Kostensteuerung (target costing, Zielkostenmanagement), die in der Interaktion mit anderen Bereichen, Zulieferern und Kunden unternehmerische Anforderungen an die Ingenieure stellen. Das Fertigungsmanagement ist auf diesem Weg zu höherer Eigentätigkeit und Selbstorganisation aufgefordert, was zweifellos die Selbständigkeit erhöht. Für die Übernahme des „Unternehmerblicks“ reicht eine oberflächliche Aneignung von betriebswirtschaftlichem Denken aber nicht mehr aus. Handfeste betriebswirtschaftliche Kenntnisse und „Geschäftsverständnis“ sind gefragt, um Leistungsmerkmale, Zeit, Qualität und Kosten eines Produkts in Abstimmung und Preisverhandlungen etwa mit Ver-

<sup>29</sup> Das Fertigungsmanagement (Anteil von 10 % an den Ingenieurkapazitäten insgesamt, s.o.) setzt sich vielfach aus Ingenieuren mit einem Fachhochschulabschluss zusammen. In der Forschung, Entwicklung und Konstruktion überwiegen die Universitätsabsolventen (Anteil von 30 % am Gesamt der Ingenieurkapazitäten, s.o.).

trieb, Beschaffung sowie anderen internen Kunden auszuhandeln und diese Vorgaben im Fertigungsbereich umzusetzen. Hierbei die richtige Balance zwischen Prozessbeitrag (Optimierung) und eigenem Geschäftsinteresse zu halten, stellt heute für viele Bereichsverantwortliche ein außerordentlich schwieriges Unterfangen dar.

Geschäftsverständnis bezeichnet ganz sicher eine neue Anforderung für einen Typus von Produktionsmanager, für den es in vergangenen Tagen in erster Linie darum ging, die vorgegebenen Stückzahlen zu erreichen. Zwar haben die oben bereits skizzierten Anforderungen in punkto Kommunikations-, Konfliktfähigkeit sowie Durchsetzungsvermögen für die Tätigkeit unterer und mittlerer Führungskräfte schon immer eine wichtige Rolle gespielt. Sozial-kommunikative Kompetenz erfährt als Anforderungsdimension durch den Organisationswandel nun aber eine neue inhaltliche Füllung. Die Herstellung und Regulierung interpersonaler Beziehungen fällt dabei nicht nur zunehmend den direkt Beteiligten zu, sondern erstreckt sich auch auf neue Kooperationspartner (Kunden, Zulieferer) und Anwendungsfelder. Insofern gelten die Wirkungen und Effekte, die sich aus Kooperationsbezügen ergeben, in der prozessorientierten Organisation als Produktivkraft, die es sehr viel systematischer und umfassender zu nutzen gilt (vgl. Voß, Pongratz 1998). Gefordert ist in diesem Zusammenhang nicht nur ein Mehr an sozial-kommunikativen Kompetenzen, sondern ihre Weiterentwicklung und kontinuierliche Anpassung an veränderte Arbeitszusammenhänge und Aufgabenstellungen. Dies ist mit der verstärkten Einführung von Gruppenarbeit in der Produktion sowie dem Team- und Projektansatz im Angestelltenbereich für die Ingenieure auf allen Unternehmens-ebenen und in allen Bereichen spürbar geworden. Das Fertigungsmanagement befindet sich hier in einer Doppelrolle: Zum einen sind die Fertigungsmanager direkt Betroffene, soweit es um Abstimmungsprozesse in der Prozesskette geht. Zum anderen sind sie auch Promotoren von arbeitsorganisatorischen Innovationen, etwa wenn es um die Einführung von Gruppenarbeit in die Produktion geht.

Im Gegensatz zum Eindruck, den die fein gewobenen Typisierungen zu „sozialen“ oder „weichen“ Kompetenzanforderungen vermitteln, geht es für die industriellen Manager also nicht nur um die Aneignung von Arbeits-, Moderations- und Präsentationstechniken. Das ist zur besseren internen „Beherrschbarkeit“ und zur „Außendarstellung“ von Koordinierung und Steuerung des Prozesses zwar auch wichtig. Aber im Kern zielt das neue Organisationsmodell auf die Nutzung bislang ungenutzter, vielfach unsichtbarer Humanressourcen des gehobenen Fachpersonals. Und genau dieser Sachverhalt lässt vielfach als „weich“ bezeichnete persönliche Eigenschaften und sozial-kommunikative Fähigkeiten in einem sehr weiten Bedeutungsgehalt (Motivationsfähigkeit, Entscheidungsfreude, Überzeugungskraft, Eigeninitiative, Engagement usw.) zu harten Erfolgsfaktoren werden, um einer neuen Arbeitsrolle genügen zu können. Die betrieblichen Praktiker haben dies in den Gesprächen mit uns immer wieder herausgestellt: „Und für diese Position, ich sage mal ganz direkt, da gibt es keine Qualifizierung für. Wenn ich zurückgucke, was ich von meinem Studium her machen musste und was ich letztendlich jetzt hier noch mache, dann hätte ich noch ein paar Semester Psychologie mit einbringen sollen. Das wäre sicherlich besser gewesen an mancher Stelle hier, als dass ich sechs Semester Maschinenbau gemacht habe.“ (Centerleiter Montage; Automobilindustrie) Für das Fertigungsmanagement machen diese Qualifikationsanforderungen, die üblicherweise den sogenannten „soft skills“ zugerechnet werden, das eigentlich „Harte“ der Veränderung aus.

### **3.2 Verkürzung der Entwicklungszeiten, Verzahnung der Technologien und Projektmanagement - Neue Kompetenzanforderungen in der Entwicklung**

Der Druck in punkto Produktentwicklung und Verkürzung der Entwicklungszeiten hat in den Unternehmen erheblich zugenommen. Generell geht es darum, verspäteten Marktzugang zu vermeiden und gleichermaßen

geschäfts- wie kundenrelevante Optima von Produkten und Prozessen zu erzielen. Dafür werden Produkt- und Produktionsgestaltung, bisher nacheinander sequentiell durchgeführt, stärker parallelisiert und miteinander verzahnt. Die Umorientierung der Produktentwicklung zu einem kundengetriebenen Prozess wird organisatorisch in den Unternehmen in Form des Simultaneous Engineering und des Projektmanagements fundiert. Dabei werden querfunktionale Teams, die sich aus Entwicklungs- und Fertigungsingenieuren, aber auch aus Vertretern von Marketing, Vertrieb, Produktion u.a. zusammensetzen, auf Zeit gebildet. Die über Jahrzehnte prägende Funktionalorganisation wird auf diesem Weg von einer projektorientierten Struktur durchzogen. Die Ingenieure sollen in diesen projektförmigen Arbeitsformen nicht ihre fachliche Heimatdisziplin vertreten, sondern prozessorientiert - im Sinne einer schnittstellenübergreifenden Zusammenarbeit - agieren. In der Regel sind die Ingenieure, die dem Entwicklungsbereich angehören, dabei gleichzeitig in mehreren Projekten tätig.

Diese Verfahrens-, Ablauf- und Organisationsformen haben in die arbeitsintensiven Bereiche der Entwicklung und Konstruktion erst in den 90er Jahren Einzug gehalten. In der betrieblichen Praxis dürfte bislang oft noch die Matrixorganisation, die zwischen Projekt- und Linienfunktionen mit entsprechenden Steuerungs- und Koordinierungsgremien vermittelt, überwiegen. Dennoch sind querfunktionale Projektgruppen heute in großer Zahl in den Unternehmen tätig. In punkto sozialkommunikativer Fähigkeiten konstituieren die Entwicklungsaufgaben grundsätzlich ähnliche Anforderungen wie für das Fertigungsmanagement. Auch in diesem Bereich erfordert die schnittstellenübergreifende Zusammenarbeit in hohem Maße die Mobilisierung sozialkommunikativer Kompetenz, geht es darum, team- und konfliktfähig zu sein. Die allgemeine Sichtweise bringt ein Entwicklungsingenieur auf den Punkt: „Über Teamfähigkeit will ich jetzt gar nicht sprechen, das ist ja heutzutage eigentlich Standard. Wer das nicht hat, der ist sowieso verloren.“ Die Entwickler müssen zu fach- und prozessübergreifendem Wissensaustausch und Kooperation mit Systemlieferanten, Produktionsplanung,

Vertrieb usw. in der Lage sein. Dies erfordert, Verständnis für die Perspektiven und fachlichen Belange anderer Fakultäten und Geschäftslogiken (Vertrieb, Controlling) zu entwickeln. Die Beteiligten müssen - bei grundsätzlicher Diskrepanz in Sichtweise, Orientierung und Zielen - die Konsequenzen ihres Handelns für die anderen mitbedenken. Dies setzt ein erhebliches Maß an Methodenkenntnissen wie auch Prozesskenntnissen (Kontextkenntnissen, Steuerungsinformationen) voraus.

Liegt hierin einerseits eine hohe Affinität zum bereits beschriebenen Anforderungswandel für das Fertigungsmanagement, sind doch andererseits die fachübergreifenden Kontakte und Anforderungen im Entwicklungsbereich sehr viel stärker durch technische Gesichtspunkte und durch fachlich berufliche Aspekte und Sichtweisen geprägt. Und diese fachliche Prägung durch unterschiedliche Fakultäten strukturiert offenbar weiterhin erheblich die Kommunikation, schafft Verständnisprobleme und erschwert in den Unternehmen die stärkere Verklammerung von vor- und nachgelagerten Bereichen mit der Entwicklung: „Wenn man einen Controller und einen Entwickler an einen Tisch setzt und die diskutieren ... dann können die eine Stunde aneinander vorbeireden. Weil – leider - in der Betriebswirtschaft und in der Technik die Vokabelarien vollkommen andere sind.“ (Produktentwickler in einem Automobilunternehmen) Nun liegen einige Forschungsbefunde dafür vor, dass berufsfachliche Ausbildungshintergründe als Ursache für Probleme in der Kommunikation und Kooperation in der Prozesskette für sich genommen nur eine geringe Rolle spielen (vgl. Jürgens, Lippert 1997). Ausschlaggebend seien vielmehr Probleme der Unternehmensorganisation, die aus der Beibehaltung einer dominanten Funktionalorganisation resultieren. Auch wir haben für eine solche Strukturdominanz in unseren Expertengesprächen Hinweise gefunden, die verdeutlichen, dass eine vollständige Ablösung der Funktionalorganisation in naher Zukunft kaum zu erwarten sein dürfte. Diese Mächtigkeit alter Strukturen ändert aber nichts daran, dass gerade im Rahmen des Projektmanagements Arbeits- und Handlungsfelder definiert werden, in denen zunehmend traditionell gültige fachliche Tren-

nungen überwunden werden müssen. In solchen Teams ohne die Vermittlung von entsprechenden fachübergreifenden und breiteren technischen Grundqualifikationen zu arbeiten, dürfte mehr schlecht als recht möglich sein (vgl. Mickler 1996).

Zumal, wenn man in Rechnung stellt, dass auch im Entwicklungsbereich selbst die Anforderungen an die Qualifikationsbreite gestiegen sind. Die auf einen Technik- oder Produktaspekt hochspezialisierte Fachkraft befindet sich dort inzwischen in der Minderheit. Vermehrt geht es für die Ingenieure darum, sich auf Basis eines breiten Wissensspektrums ebenso rasch wie flexibel in neuen Situationen zurechtfinden zu können und dabei mit einer zunehmenden fachlichen Spreizung von Entwicklungsaufgaben zurecht zu kommen: Misch- und Mehrfachqualifikationen im Sinne funktional überlappender Kompetenzen und damit verbunden die Fähigkeit, in Systemen oder Produktlebensläufen interdisziplinär zu denken, gewinnen überall dort an Bedeutung, wo Anpass- und Neuentwicklungen in Grenzgebieten der klassischen Fachrichtungen und Anwendungswissenschaften entstehen. Und dies ist - was etwa der Trend vieler Firmen zum „Systemanbieter“ unterstreicht - heute zunehmend der Fall. Die jahrzehntelang gewachsene und dominierende „Mechanik-Kultur“ im Maschinenbau - ähnliche Tendenzen sind aber auch in anderen Branchen wie etwa der Automobilindustrie zu verzeichnen - steht unter massivem Veränderungsdruck (vgl. Kalkowski 1996; Mickler 1996). Denn Niveau (technisch-wissenschaftliche Neuheit) und technische Komplexität der verwendeten Maschinenkomponenten steigen auf Basis der Potentiale der Mikroelektronik an. Dieses Zusammenwachsen der Technologien sprengt die engen fachlichen Spezialisierungen in Entwicklung und Konstruktion, was sich in der Neustrukturierung der Qualifikationsanforderungen zugunsten systemischen und vernetzten Wissens niederschlägt.

Dies gilt nicht nur für High-Tech-Produkte und Prozesse (z.B. der Telekommunikation, der Mikrosystemtechnik). Auch bei der Entwicklung technisch reifer Produkte arbeiten heute Spezialisten unterschiedlichster

Fachrichtungen wie Mechanik, Elektronik, neue Werkstoffe, Physik und Software-Design zusammen. Hinzu kommt, dass heute zunehmend von externen Anbietern (Ingenieurgesellschaften, Zulieferfirmen) erbrachte Ingenieurleistungen koordiniert und in die innerbetrieblichen Abläufe integriert werden müssen (vgl. Büchtemann, Grote 1999). Um die Beiträge der verschiedenen Innovatoren effektiv nutzbar machen zu können, wächst die Notwendigkeit für unterschiedlich sozialisierte Technikergruppen, interdisziplinär zusammenzuarbeiten. Bloße Wissensanhäufung ist ohne Wert. Entscheidend ist die Fähigkeit, Wissen problemadäquat aktivieren und umsetzen zu können. Dabei geht es in der Berufspraxis nicht nur darum, unterschiedliche Ingenieurkulturen zu vereinen. Darüber hinaus sind unterschiedliche Geschäftsprozesse, Produkthanbieter, Unternehmens- und Branchenkulturen effizient zu koordinieren.

Für die prozessorientierte Produktentwicklung resultieren hieraus verstärkt sozial-kommunikative und fachübergreifende Anforderungen in den Handlungsfeldern Prozessintegration und betriebswirtschaftliche Steuerung (betriebswirtschaftliche Kenntnisse, Organisationswissen). Im Prinzip gilt für die Entwicklung in diesem Punkt ähnliches wie für das Fertigungsmanagement. Der Abstimmungsprozess dürfte für die Entwicklungingenieure aber ungleich komplexer und stärker auf Fachwissen und Methodenkenntnissen basieren. Im deutlichen Unterschied zu den Fertigungsmanagern ist im Entwicklungsbereich auch eine Neustrukturierung der „harten“ fachlichen Qualifikationsanforderungen zu verzeichnen. Technologieungebundenes, auf technische Systeme allgemein anwendbares Wissen wird hier zunehmend anstelle hochspezialisierter Detailkenntnisse und eng begrenzter Problemlösungen, die in Spitzen weiterhin erforderlich sind, abgefragt.

### 3.3 Zwischenfazit

Mit den neuen Erfordernissen dezentralisierter Verantwortung und „Querfunktionalität“ erfährt das auf technischem Expertenwissen basierende Anforderungs- und

Berufsprofil des Ingenieurs gegenwärtig in den industriellen Tätigkeitsfeldern eine Umwandlung in Richtung auf mehr Kooperation, Integration und Interdisziplinarität. Allgemein formuliert werden Aufgabenstellung und Verantwortlichkeit der Ingenieure in den beiden hier behandelten Tätigkeitsfeldern Fertigungsmanagement und Produktentwicklung sehr viel weiter und sehr viel flexibler als im alten Produktionsmodell definiert. Und sie sind aufgrund der räumlichen Neuverteilung von Produktions- und Innovationsaktivitäten darüber hinaus heute stärker in internationale Arbeits- und Kooperationsbezüge eingebettet. Niemand kann gegenwärtig mit Sicherheit sagen, was bei einer Neubündelung von Ingenieuraufgaben und Funktionen am Ende des betrieblichen Wandlungsprozesses stehen wird. Evident ist jedenfalls, dass die in der alten Berufsrolle des Ingenieurs fixierte Dominanz des „technischen Experten“ in den betrieblichen Nutzungsformen an Bedeutung eingebüßt hat. Die Neuausrichtung der betrieblichen Qualifikationsanforderungen für Ingenieure entlang von nicht-funktionalen, nicht-technischen, nicht-hierarchischen Gesichtspunkten schreitet ganz sicher voran. Aber dies schließt weder ihre Brechung durch traditionelle funktionale Arbeitsteilungs-, Fach- und Bereichsstrukturen aus, noch führt es automatisch zu einem neuen beruflichen Selbstverständnis des Ingenieurs. Wie widersprüchlich die Austarierung zwischen neuen Betriebs- und Eigeninteressen der qualifizierten Angestellten ist, spiegelt sich aber auch im Feld der beruflichen Aufstiegs- und Entwicklungsmöglichkeiten. Die betrieblichen Reorganisationsprozesse spitzen hier die Frage nach Qualität und Zukunftsperspektiven der Ingenieurarbeit erheblich zu.

#### 4. Neue Karrierekonzepte für Ingenieure?

Im beruflichen Selbstverständnis wie auch für die betrieblichen Modi der Integration und Loyalitätsbindung von Ingenieuren schien „Aufstieg“ über Jahrzehnte hinweg zum Skript der Ingenieurrolle zu gehören. Für die überdurchschnittliche Karriereorientierung von Ingenieuren sprachen nicht nur eine Reihe von Untersu-

chungsbefunden zum Arbeits- und Berufsbewusstsein (Lutz, Kammerer 1975; Laatz 1979), sondern auch der Sachverhalt, dass Karrierehoffnungen in den Betrieben in den 70er und 80er Jahren ein reales Fundament in den Laufbahnstrukturen und statusbezogenen Gratifikationssystemen fanden. Aufzusteigen bedeutete für die Ingenieure dabei häufig eine Managementposition einzunehmen - also in der betrieblichen Hierarchie aufzurücken -, bedeutete Machtzuwachs sowie erweiterte Anweisungs- und Kontrollbefugnisse gegenüber einer möglichst großen Zahl von Untergebenen.

Das Bild vom statusorientierten Karrieremenschen und der großen bewusstseinsmäßigen Bedeutung des Aufstiegs für Ingenieure hat bis heute durch eine Reihe von einschlägigen Untersuchungen Korrekturen und Ausdifferenzierungen erfahren. Danach lassen sich in der Berufsgruppe der Ingenieure unterschiedliche Berufsorientierungen identifizieren, in denen das Aufstiegsmotiv von fachlichen, arbeitsinhaltenlichen oder lebensweltlichen Orientierungen überlagert wird. Karriere kann in der subjektiven Realität von Ingenieuren also vielfach nur als eine unter vielen anderen beruflichen Zielsetzungen gelten und damit sind die Statusansprüche allein nicht hinreichend beschreibbar (vgl. Paul 1989; Baethge u.a. 1995).

Dennoch sind materielle Orientierungen unter Ingenieurstudenten aktuell immer noch weit verbreitet und bleibt Aufstieg für die Berufsorientierungen von Ingenieuren ein wichtiger Motivations- und Antriebsfaktor (vgl. HIS 1998). „Fast alle Hochqualifizierten“, resümiert Kotthoff (1997)<sup>30</sup>, „wollen sich entwickeln, d.h. nicht auf der ersten Stelle oder Position sitzen bleiben. Ein Wachstum an Verantwortung, an Zuständigkeit, an dispositiven und manageriellen Aspekten, an Vielseitigkeit und an Aufgabenbedeutung für die Firma ist den allermeisten wichtig.“ (S. 88) Solchen Erwartungen wird in der beruflichen Realität offenbar weiterhin entsprochen, zumindest indizieren dies Umfragen, die tra-

30 Das Sample von Kotthoff setzt sich allerdings nicht nur aus Ingenieuren, sondern auch aus Naturwissenschaftlern und Hochschulabsolventen mit einem Abschluss der Fachrichtungen BWL, VWL oder Rechtswissenschaften zusammen.

ditionelle Statusmerkmale wie Verdienst, betriebliches ranking oder auch die Anzahl der unterstellten Mitarbeiter ins Auge fassen (vgl. VDI 1999b).<sup>31</sup> Im Maschinenbau haben mehr als die Hälfte aller Ingenieure Führungspositionen inne: Bei Geschäftsführungs- und Vorstandsmitgliedern sind es 59 %, bei Hauptabteilungs- und Bereichsleitern 56 % (vgl. VDMA 1998). Aber auch in der Elektroindustrie sind Ingenieure zu gut 37 % in den Geschäftsleitungen tätig und mehr als die Hälfte aller Bereichs-, Abteilungs- und Gruppenleiter sind Absolventen eines ingenieurwissenschaftlichen Studiengangs (vgl. ZVEI 1998).

Auf diesem hohen Allgemeinheitsgrad betrachtet, scheinen die beruflichen Entwicklungsmöglichkeiten von Ingenieuren recht aussichtsreich zu sein. Demgegenüber legt der Blick in die betriebliche Realität ein ungleich differenzierteres und brüchigeres Bild offen und zeigt, dass Karriereaspirationen sowohl im Sinne eines bloßen Mehr an Leitungsfunktionen, als auch in der fachlich aufgeladenen Verbindung von Leitungsfunktion mit kreativer wissenschaftlicher Arbeit immer weniger entsprechen wird. Dieser Sachverhalt ist auf die mit der Dezentralisierung verbundene Abflachung von Hierarchien und der Einbuße gerade an unteren (Unterabteilungsleiter) sowie mittleren Vorgesetztenpositionen zurückzuführen. Der Effekt: In den Unternehmen kontrastiert die Anzahl der gehobenen Positionen innerhalb der Betriebshierarchie mit dem gewachsenen Anteil an Ingenieuren an der Beschäftigung im Unternehmen insgesamt. Diese Folge, die aus den Programmen zur Organisationsentwicklung resultiert, ist wohl die augenfälligste Veränderung für Ingenieurkarrieren. Es geht heute für Ingenieure in den Unternehmen aber nicht allein darum, einen härter gewordenen Kampf um weniger Führungspositionen zu gewinnen. Entscheidend ist vielmehr, dass die Unternehmen selbst begonnen haben, die herkömmlichen Pfade beruflicher Entwicklung von

Ingenieuren zu korrigieren, die individuelle Lern- und Entwicklungsfähigkeit an neuen Kriterien zu messen, Aufstiegschancen neu zu verteilen und Statusversprechen zu relativieren. Was für hochqualifizierte Fachkräfte als Konflikt zwischen lebensweltlichen, kulturellen und politischen Normierungen auf der einen und veralteten Kommunikations- und Kooperationsstrukturen der Unternehmen auf der anderen Seite begann (vgl. Baethge u.a. 1995), wird nun durch eine veränderte Personal- und Organisationsentwicklung in neue Formen betrieblichen Fortkommens für Ingenieure gekleidet. Anders formuliert: Karrierewege führen für den Ingenieur heute nicht mehr in derselben Weise wie in der Vergangenheit nach oben, wenn sie überhaupt noch dorthin führen. Von einer hohen Veränderungsdynamik sind betriebliche Einsatzstrategien und Bildungskonzepte in den sogenannten produktionsnahen Arbeitsfeldern von Ingenieuren erfasst, was die Frage nach den daraus resultierenden Angeboten und Zumutungen für Aufstiegsaspiranten aufwirft.

#### **4.1 Veränderungen des Ingenieureinsatzes in den produktionsnahen Bereichen**

Im Rahmen der Debatte um die konkrete Stoßrichtung und die Folgewirkungen des Organisationswandels für die Ingenieurarbeit bestätigt die Empirie verschiedener SOFI-Projekte, dass parallel zur Neuschneidung der Tätigkeits- und Anforderungsprofile die betrieblichen Arbeitseinsatz- und Rekrutierungskonzepte gerade in den produktionsnahen Bereichen sehr stark im Umbau begriffen sind. Im Rahmen dieses Entwicklungsprozesses ist zudem zu beobachten, dass betriebliche Positionen „hierarchisch“ neu positioniert werden, das heißt, die mit ihnen verbundene Machtbefugnis wird reduziert bzw. gar nicht erst aufgebaut. Eingebettet sind diese neuen betrieblichen Strategien in den bereits skizzierten Reorganisationsprozess der Dezentralisierung und Vermarktlichung, der auf die Schaffung eigenverantwortlicher Einheiten innerhalb bestehender Unternehmensstrukturen zielt (vgl. Kapitel 3.1). Obwohl der erreichte Grad an dezentraler Kostenverantwortung und Funkti-

31: Die „Schallmauer“ des Jahreseinkommens für Ingenieure liegt gegenwärtig bei etwa 200.000 DM, die Anfangsgehälter zwischen 60.000 und 80.000 DM. 16 % der Ingenieure sind in der ersten und 22 % in der zweiten Ebene eines Unternehmens tätig, 40 % tragen Umsatzverantwortung. 26 % der befragten Ingenieure verfügen über einen Firmenwagen, der auch privat genutzt wird. Im Durchschnitt sind dem deutschen Ingenieur 34 Mitarbeiter unterstellt.



onsintegration und damit der unternehmerische Zuschnitt dieser „Miniaturunternehmen“ (vgl. Wolf 1997) in der Organisationsrealität teilweise erheblich voneinander abweichen, lässt sich für die wertschöpfenden Bereiche dennoch eine allgemeine Tendenz herauslesen: Die Fertigungen setzen zur eigenen Bestandssicherung (Kostensenkung) und Verbesserung ihrer Performanz darauf, Problemlösungs- und Innovationsaktivitäten zu entfalten, die quer zu der alten Funktions- und Planungshierarchie liegen. Diese Entwicklung erfordert vor Ort technisch-analytische sowie planerische Funktionen und lässt für die Fertigung Qualifikationen, die in der Automobilindustrie „oberhalb des Facharbeiterniveaus“ (vgl. D'Alessio u.a. 1999, S. 173) und in der Halbleiterindustrie auf einer „neuen mittleren Ebene technischer Qualifikationen“ zwischen Ingenieur und Facharbeiter (Buss, Wittke 1999, S. 243) liegen, unverzichtbar werden. Diese zusätzliche Fachkompetenz dient dazu, prozessoptimierende und problemlösende Aktivitäten in der Fertigung zu intensivieren, bzw. prozessnahe Innovationspotentiale für die Produktentwicklung zu erschließen. Unter dem Druck funktionaler und ökonomischer Erfordernisse entstehen damit innerhalb der Fertigung zunehmend „intermediäre“ Optimierungseinheiten, die einen fachübergreifenden, häufig teambasierten Zuschnitt haben, mit den üblichen Organisationsstrukturen und Planungsmaximen brechen und Arbeitsteiligkeit zugunsten dezentraler Aktivitäten reduzieren.

Um die benötigten Qualifikationen in der Fertigung auszufüllen, gehen die Unternehmen allerdings sehr unterschiedliche Wege, die sich wiederum mit entsprechend differenzierten Effekten für die Arbeit und den Einsatz von Ingenieuren verbinden. Der Fall der Mikroelektronik zeigt, dass ein Teil der Unternehmen das Aufgabenprofil von Produktionsfacharbeitern um prozessbezogene Ingenieur Tätigkeiten erweitert, die neue Position aber unterhalb des Ingenieurlevels bleibt. Komplementär zum upgrading der Produktionsarbeit wird das Fabrik-Engineering mit dem Ziel einer besseren Verzahnung von Engineering und Fertigung reorganisiert. Durch die Öffnung nach „unten“ - so eine beabsichtigte Nebenfolge der Aufwertung der Produktions-

arbeit - entstehen für die Ingenieure Spielräume, um die steigenden technologischen Anforderungen zu bewältigen (vgl. Buss, Wittke 1999). Der Neuzuschnitt der Aufgabenprofile am shop floor zielt „auf den Aufbau eines besseren Anlagen- und Prozessverständnisses in der Fertigung, das zumindest auf einem einfachen Niveau eine schnelle Fehlerdiagnose, ein direktes Reagieren sowie eine - wenn auch begrenzte - Verlagerung von Entscheidungs- und Dispositions Kompetenzen erlaubt.“ (vgl. Buss, Wittke i.d. Heft) Kernelement des Anforderungsprofils ist ein neuartiger Wissensmix, der zwischen Fertigung und Prozesstechnik angesiedelt ist und dazu beitragen soll, weitere Optimierungspotentiale zu erschließen: „Der Prozessingenieur kennt den Gesamtprozess. Der Mechaniker aus der Instandhaltung kennt die Macken der Maschinen. Aber im Zusammenspiel fehlt jemand, der alles beherrscht und der Hinweise auf Verbesserungspotentiale liefern kann, der mit den alten Noten ein neues Lied spielt.“ (Ausbildungsleiter Elektroindustrie)

Um die qualifikatorische Lücke zwischen Fertigung und Engineering zu schließen, wurde für die High-Tech-Bereiche der Halbleiterindustrie und Mikrosystemtechnik in Deutschland der Ausbildungsberuf des Mikrotechnologen neu geschaffen. Aus der Sicht der Unternehmen liest sich die vorläufige Bilanz dieses arbeitsorganisatorischen Ansatzes positiv. Allerdings ist in der Halbleiterindustrie auch ein alternatives Organisationsmuster anzutreffen, das Buss/Wittke anhand von zwei Fällen schildern. Hier weisen die Unternehmen von vornherein Ingenieuren, die sie in der Fertigung einsetzen, prozessbezogene Aufgaben- und Funktionszuschnitte zu. Dabei ist der Einsatz von Ingenieuren in der Produktion zeitlich begrenzt und gilt - im Sinne der Vermittlung von mehr Prozessnähe - als erster Schritt von Jungingenieuren, die daran anschließend eine „reguläre“ Ingenieurkarriere im Unternehmen anstreben.

Demgegenüber sind für die Automobilindustrie bereits seit Mitte der 80er Jahre insbesondere in den automatisierten Fertigungsbereichen arbeitsorganisatorische Konzepte in der Erprobung, die auf eine Reintegration

indirekter Funktionen und die Verbreiterung qualifizierter Kompetenzen in der Produktion zielen (vgl. Schumann u.a. 1994). Anspruchsvollere Funktionen der Instandhaltung und Planung sind zwar bis heute die Domänen des technischen Personals, das sich vielfach aus aufgestiegenen Facharbeitern rekrutiert, sowie der akademisch qualifizierten Spezialisten der produktionsnahen Engineering Bereiche geblieben. Seit Beginn der 90er Jahre hat sich aber durch die Stärkung der dezentral selbständigen Einheiten die Integrationsdynamik von Funktionen und Bereichen vielfach verstärkt und nun auch die Ingenieur Tätigkeiten erfasst. In einzelnen Werken und Fertigungen, so zeigt etwa die Studie von D'Alessio u.a. (1999) am Beispiel der Volkswagen AG, wurden Funktionen der Planung und Entwicklung dezentralisiert. Dies hat zu einem erhöhten Bedarf an Ingenieurkompetenz vor Ort beigetragen. Da Volkswagen traditionell über ein ausgesprochen großes Arbeitskräftereservoir an Ingenieuren verfügt, werden nun neben Berufseinsteigern bislang in der Produktion unterwertig eingesetzte Ingenieure für den Aufbau von Innovations- und Optimierungsaktivitäten in den Centern herangezogen. Damit verbindet sich zugleich die Möglichkeit zum Positionswechsel auf eine Ingenieurstelle und die Chance, prozessbezogene Innovationsaktivitäten - vielfach in Teams - selbst zu initiieren. Bei allen Akzeptanz- und Machbarkeitsproblemen, die sich gegenüber den zentralen Funktionsbereichen wie der Planung und Entwicklung aber auch in der Produktion selbst ergeben, kommt solchen jungen Prozess- und Produktentwicklungsteams offenbar eine wichtige „Katalysatorfunktion“ in punkto Optimierungsbeitrag zu (vgl. ebd.).

Neben den Ingenieurfunktionen, die durch die betriebliche Reorganisation vor Ort neu entstehen, gibt es in der Automobilindustrie Ingenieurarbeitsplätze, die traditionell einen produktionsnahen Aufgabenzuschnitt aufweisen (Betriebsingenieur, Industrial Engineering) und häufig mit einer Vorgesetztenfunktion (Unterabteilungsleiter) verbunden sind. Auch diese Positionen werden gegenwärtig von einer Restrukturierung erfasst, die darauf zielt, verstärkt prozessoptimierende Aufgaben in die Ingenieur Tätigkeit zu integrieren. Speziell im Funktions-

bereich der Betriebsingenieure, so zeigen Recherchen eines weiteren SOFI Projekts<sup>32</sup>, wird die Neustrukturierung der Aufgabehalte von einer Neubestimmung der Personalverantwortung flankiert. Der Betriebsingenieur hat keine oder allenfalls nur noch stark beschnittene Kompetenzen im Bereich der Personalführung und ist gegenüber dem Meister, auf den diese Personalkompetenz verlagert wird, nicht mehr weisungsberechtigt. Der Ingenieur agiert somit außerhalb der Linienfunktionen als Experte, der mit Aufgaben der Produkt- und Prozessoptimierung, der Produkt- und Prozessplanung, der Kostenplanung- und Steuerung sowie - in Abstimmung mit den Meistern - mit internen und externen Koordinationsaufgaben betraut ist (vgl. Tullius 1999). Die Funktionsveränderung und der geforderte Rollenwechsel drücken sich für den Betriebsingenieur nicht zuletzt in der neuen betrieblichen Tätigkeitsbezeichnung eines Produkt- und Prozessmanagers aus. Als Karriereumweg oder gar Karriereblockade wird der veränderte Funktionszuschnitt und die damit verbundene Neugestaltung der hierarchischen Strukturen vor allem von den Ingenieuren thematisiert, die sich vor der Umstrukturierung tatsächlich in einer Leitungsfunktion befunden haben und den Übergang der Personalverantwortung an die Meister als „Degradierung“ erleben. Diejenigen, die diese Funktionen als Jungingenieure neu übernehmen, aber auch altgediente Betriebsingenieure, bei denen technisch-fachliche Aspekte gegenüber Manageraufgaben bereits in der Vergangenheit im Zentrum der Arbeit standen, teilen diese Auffassung nicht. Die Neupositionierung des Betriebsingenieurs und der Bedeutungsgewinn „dezentraler“ Ingenieurkompetenz unterstreichen, wie stark die Strukturen der Arbeitsteilung auch innerhalb der indirekten Funktionen in der Automobilindustrie in Bewegung geraten sind und hierdurch „die berufsfachlichen Demarkationslinien und statusbedingten Abschottungen ihre Trennkraft verlieren“ (D'Alessio, Oberbeck 2000, S. 27). Außer Kraft gesetzt sind sie deswegen aber noch nicht.

32 Vgl. Materialien des SOFI-Projektes „Reorganisation von Arbeits- und Führungsstrukturen im Betrieb - Evaluation betrieblicher Reorganisationsprozesse in Betrieben der Automobil- und Chemieindustrie“. Projektverantwortlich: Prof. Dr. Michael Schumann.

## 4.2 Betriebliche Entwicklungsbedingungen produktionsnaher Ingenieurarbeit - Karrierespirale oder Blockade?

Bislang ist wenig darüber bekannt, ob auf Basis der neuen prozessbezogenen Aufgaben- und Funktionszuschnitte eine „Aufwärtsspirale beruflicher Entwicklung in Gang“ (vgl. D'Alessio u.a. 1999, S. 242) gesetzt wird, oder ob diese Ingenieure „den Prozess begleiten, bis sie sterben“ (Faust u.a. 1995, S. 129). Obwohl im Anforderungskatalog der Unternehmen Fertigungserfahrung und Prozessverständnis deutlich an Gewicht gewonnen haben, gilt die Produktion vielfach immer noch als Ort, an dem sich berufliche Entfaltungsinteressen von Ingenieuren nur schwer wahren lassen. Die Befunde von D'Alessio u.a. (1999) zeigen beispielsweise, dass sich kein Ingenieur aus den zentralen Planungs- und Entwicklungsbereichen freiwillig bereit dazu fand, in eine Position vor Ort zu wechseln. Obwohl es sich um Aufgabenzuschnitte handelt, die auf dem Ingenieurlevel liegen, sind offenbar die Vorbehalte und Befürchtungen vor möglichen fachlichen und sozialen Zumutungen, die sich aus der Produktionsnähe ergeben könnten, außerordentlich stark ausgeprägt. Aber auch die Mehrheit der Jungingenieure - ob in der Mikroelektronik oder in der Automobilindustrie - strebt eine Tätigkeit in den Entwicklungsbereichen an, die in ihren Augen immer noch mehr Aussichten auf Renommee und Karriere als Fertigungsjobs versprechen. Gegen das schlechte Image der Produktion spricht, dass sich zumindest in der Automobilindustrie aus der Verstärkung dezentraler Planungs- und Optimierungsaktivitäten fachlich reizvolle, mit vielfältigen querfunktionalen Bezügen ausgestattete Aufgaben zur Unterstützung und Optimierung des Prozesses vor Ort ergeben. Gerade für Ingenieure, die bislang in der Produktion oder als Sachbearbeiter ausbildungs-inadäquat eingesetzt wurden, bietet sich hier die Chance, abwechslungsreiche Aufgabenlösungen zu entwickeln und umzusetzen. Problematischer liegt demgegenüber die Situation älterer Ingenieure, die mit dem Entzug personeller Entscheidungsbefugnisse und Verantwortung das betriebliche Karriereversprechen als gebrochen ansehen und vermutlich nur noch wenig Aus-

sichten haben, quer zu den vorgestanzten Karrierepfaden ihren weiteren beruflichen Werdegang zu steuern. Im Unterschied dazu scheint für die Jungingenieure zumindest in *den* Unternehmen, in denen ihr Einsatz in der Fertigung bzw. in fertigungsnahen Expertenfunktionen als „Lehrzeit“ gilt, die dazu dient, berufsbefähigende Qualifikationen zu vermitteln und die betriebliche Wirklichkeit unter verschiedenen Aspekten kennen zu lernen, eine Dead-Lock-Situation wenig wahrscheinlich. Ohne Probleme ist ein solcher Berufseinstieg freilich nicht. Zum einen lassen sich in den neuen Aufgabenzuschnitten, die insbesondere in der Mikroelektronik unterhalb des Ingenieurlevels liegen, ausgeprägte technisch-analytische Fähigkeiten nur unzureichend realisieren. Zum anderen sind die produktionsnahen Ingenieurpositionen nicht oder nur noch sehr eingeschränkt mit Personal- und Führungsverantwortung ausgestattet. Damit entfällt gerade für die Berufseinsteiger ein klassisches, in der Arbeitssituation verankertes Lernfeld zum Erwerb sozial-kommunikativer Kompetenzen, deren Bedeutung in den Arbeits- und Sozialbezügen - wie wir gezeigt haben - beständig zunimmt. Um die Aneignung und Weiterentwicklung von Kooperations- und Kommunikationskompetenz sicherzustellen, bedarf es alternativer Lernarrangements im Rahmen des betrieblichen Arbeitsprozesses.

Besondere Probleme dürften sich mit dem produktionsnahen Einsatz für den Ingenieurwachstum aber in den Unternehmen ergeben, in denen weiterhin traditionelle Laufbahnstrukturen, die dem Kriterium der Personal- und Führungsverantwortung bekanntermaßen hohe Priorität einräumen, dominant bleiben. Die Abgabe der Personalverantwortung nach „unten“ dürfte sich hier sehr schnell als erhebliche Einschränkung der beruflichen Entwicklungsmöglichkeiten erweisen, die sowohl ältere wie junge Ingenieure bedroht. Die Frage lautet also einmal mehr, ob die Betriebe die Organisationsentwicklung mit einer Personalentwicklung abstimmen, die den Ingenieuren neben dem klassischen hierarchischen Aufstieg andere Karriere- und Mobilitätspfade eröffnet. Erst mit der konsequenten Modernisierung der Laufbahnstrukturen, die nicht zuletzt prozessnahe Formen der Einar-

beitung ohne wenn (Personalverantwortung) und aber (fachliche Engführung) honoriert, dürfte sich die unter Jungingenieuren weit verbreitete „Angst vor der Fertigung“, die auch als eine vor dem frühzeitigen Karriereende gelesen werden muss, auflösen lassen.

Insbesondere mit den Konzepten, die auf die Anforderung neue „mittlere“ Qualifikationen auszufüllen, mit dem Facharbeitereinsatz bzw. neuen Ausbildungsberufen reagieren, kommt die Frage ins Spiel, ob sich damit die bereits in den 80er Jahren diskutierte „Verschiebung im Verhältnis geistiger und körperlicher Arbeit“ (Bergmann 1986, S. 124) manifestiert und weiter gefragt, ob hieraus Substitutionseffekte für Ingenieurpositionen resultieren. Die neue Agenda für die Erhöhung des Qualifikationsniveaus der Produktionsarbeit unterscheidet sich in der Halbleiterindustrie von der alten vor allem dadurch, dass sie die außerordentlich starren und strikten Demarkationslinien zwischen der Fertigung und der dort dominierenden Handarbeit einerseits und dem Engineering als Domäne prozessbezogener Problemlösungskompetenz andererseits aufbricht. Der Aufbau der mittleren Qualifikationsebene zielt eindeutig auf bislang von Ingenieuren ausgeübte Tätigkeiten. Insbesondere vom Mikrotechnologen, aber auch vom IT-Fachinformatiker erwarten die Betriebe, dass die Absolventen dieser technisch-gewerblichen Ausbildungsgänge für Aufgaben eingesetzt werden können, die bislang von Ingenieuren und Informatikern durchgeführt wurden (vgl. Jaudas 2000). Personelle Einschnitte beim Ingenieurbestand dürften sich aus dem verstärkten Einsatz des neuen Facharbeitertypus kurzfristig aber nicht ergeben. Von den Unternehmen sind vielmehr quantitative und qualitative Entlastungseffekte intendiert, die einerseits den zunehmenden Ingenieurmangel dämpfen und andererseits die Engineering Bereiche von Routineaufgaben befreien sollen. Ob dies auf längere Sicht zu einer weiteren Spezialisierung weniger werdender Ingenieure führen wird, der Mikrotechnologe vielleicht sogar zugunsten der Ingenieure Bestand haben wird, ist gegenwärtig noch eine offene für die künftige Positionierung der Ingenieure und Ingenieurwissenschaften aber keineswegs irrelevante Frage.

Immer deutlicher zeichnet sich jedenfalls ab, dass sich mit der Übergabe ingenieurnaher Aufgaben nach „unten“ für die Absolventen der IT-Berufsausbildungsgänge neue Aufstiegswege nach „oben“ eröffnen, die bis in die betrieblichen Ingenieuränge hinein reichen.<sup>33</sup> Mit diesen neuartigen Aus- und Weiterbildungsmodellen vollziehen die Betriebe einen beachtlichen Schritt hin zu einer stärkeren Verkoppelung dualer und tertiärer Bildungsabschlüsse. Die harten Niveaudifferenzierungen, die zwischen akademischen und gewerblichen Qualifikationen sowie den entsprechenden beruflichen Entwicklungsverläufen bestehen, könnten auf diese Weise eingeebnet und die Attraktivität einer technisch-gewerblichen Ausbildung wieder erhöht werden. Möglicherweise bieten diese neuen Formen der Dualität mit Fachhochschulen und Universitäten auch eine realistische Chance, brachliegende bzw. „stillgelegte“ Rekrutierungsreservoirs (wie etwa die bereits in Kapitel 2 erwähnten „männlichen Bildungsaufsteiger“) verstärkt für den Ingenieurberuf zu mobilisieren. Ein Nebeneffekt: Der Fachhochschulabschluss könnte sich gegenüber dem Universitätsdiplom wieder besser positionieren.

Mit den neuen Wegen der Qualifikationsversorgung ist die Option „Ingenieur light“ in doppelter Hinsicht in den Horizont betrieblicher Einsatzstrategien gerückt. Zum einen decken die Betriebe das neue Anforderungsprofil mit Absolventen der neuen gewerblichen Ausbildungsgänge ab. Zum anderen stehen mit der Akkreditierung der „Bachelor-Studiengänge“ aber auch „eingedampfte“ Ingenieurqualifikationen für den Einsatz in der Fertigung zur Verfügung. Neue Segmentationslinien innerhalb der betrieblichen Ingenieuränge, aber auch innerhalb der Facharbeiterränge sind damit vorprogrammiert. Auf der einen Seite dürfte sich der Erosions- und Konkurrenzdruck für Produktionsarbeiter mit einer

---

<sup>33</sup> Gerade für die neuen Berufsbilder im technisch-gewerblichen Bereich haben die Unternehmen und Verbände in Kooperation mit den Fachhochschulen verstärkt „Ergänzungsausbildungen“ im tertiären Bildungsbereich entwickelt. Betrieblich Auszubildenden der Siemens AG bietet zudem die Siemens Technik Akademie ebenfalls in Kooperation mit verschiedenen Fachhochschulen die Möglichkeit, innerhalb von vier Jahren gleichzeitig den Berufsabschluss „Industrietechnologe“ und den „Bachelor“ zu erwerben.

konventionellen Facharbeiterausbildung und das für diese Berufsgruppe bekannte Dilemma blockierter Aufstiegswege (vgl. Drexel 1993) in Zukunft weiter ver- und nicht etwa entschärfen. Mit anderen Worten: Weil die Verlagerung von ingenieurnahen Aufgaben auf den shop floor von ausgesprochen starken Spezialisierungsmustern in Aufgabenzuschnitt und Ausbildung flankiert wird, profitieren davon die Absolventen der neuen IT-Berufe, nicht aber das Gros des Produktionspersonals. Auf der anderen Seite könnte der Abschluss „Bachelor“ zudem für eine neue Statusdifferenzierung innerhalb der Ingenieurqualifikationen sorgen, die in vielerlei Hinsicht (Einkommen, betrieblicher Status) über die in Deutschland sattsam bekannte zwischen Fachhochschul- und Universitätsabsolventen weit hinausreichen dürfte.

Welchen Weg die deutschen Unternehmen tatsächlich dauerhaft verfolgen werden, ob sie dem Einsatz von Mikrotechnologien, von (unterwertig eingesetzten) Ingenieuren oder dem „Bachelor“ den Vorzug geben, ist gegenwärtig schwer antizipierbar. Am wahrscheinlichsten ist, und zumindest die Siemens AG hat dies auch so angekündigt (vgl. Siemens AG 1998), dass in Zukunft diese drei Wege der Qualifikationsversorgung eine Rolle spielen werden. Festzuhalten bleibt für den Augenblick: Der Fluchtpunkt der betrieblichen Restrukturierungsansätze, die sich auf die Ingenieurarbeit richten, liegt darin, neue Formen ganzheitlicher Prozessoptimierung vor Ort zu finden und qualifikatorisch abzusichern. Die bisherigen Aufgabenstellungen werden dabei für die Produktionsfacharbeit wie für die Ingenieurarbeit neu gefasst. In Folge davon verschieben sich die benötigten Qualifikationen vom Spezialisten zum „Querdenker“. Hierin liegen berufliche Entwicklungsmöglichkeiten vor allem für Ingenieure, aber auch Facharbeiter, denen es gelingt, konsequent querfunktionale Arbeitszusammenhänge auf- und auszubauen, Innovationsaktivitäten in unterschiedlichsten Anwendungszusammenhängen zu initiieren sowie Aufstiegsmöglichkeiten jenseits der herkömmlichen Pfade beruflicher Entwicklung zu erkennen und zu nutzen.

## **5. Perspektiven der Ingenieurarbeit - Fragen an die Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren**

Auch in der gegenwärtigen Industrialisierungsphase hat das Beschäftigtensegment der Ingenieure an Stellenwert gewonnen und finden sich eine Reihe von Anhaltspunkten dafür, dass mit einer weiteren Expansion der Ingenieurbeschäftigung zu rechnen ist. Insbesondere der Arbeitsmarkt für Absolventen der Elektrotechnik ist allerdings durch eine Mangelsituation gekennzeichnet, die sich in den kommenden Jahren noch erheblich verschärfen wird und von der nicht wenige Beobachter negative Effekte für die anhaltende Mobilisierung der produktiven Potentiale von Wissenschaft, Technik, Organisation und Arbeit fürchten. Diese Mobilisierung führt nicht nur zu einem weiterhin steigenden Bedarf an Ingenieurqualifikationen, sondern beeinflusst und verändert wichtige Segmente der Ingenieurarbeit. Mit dem fortschreitenden Zerfall der lange Zeit das industrielle System prägenden tayloristisch-fordistischen Syndromatik und der Durchsetzung markt- und prozessorientierter Organisationsprinzipien ist die Ingenieurarbeit verstärkt als Objekt betrieblicher Rationalisierungsstrategien ins Visier genommen worden: Mit den Rationalisierern wird nun im Betrieb rationeller umgesprungen (vgl. Kadritzke 1999); „die Rationalisierung holt gleichsam die Rationalisierer selbst ein“ (Wolf u.a. 1992, S. 23). Die hohe Arbeitslosenrate und die mehr als schlechten Aussichten von über 45jährigen Ingenieuren selbst in Zeiten des Ingenieurmangels wieder in Arbeit zu kommen, machen deutlich, welche weitreichenden Risiken die von uns skizzierten neuen Anforderungsprofile für die Arbeitsperspektive von Ingenieuren erzeugen. Durch den Übergang von der isolierten technischen Einzellösung zum Systemwissen, zu dezentralen Organisationsstrukturen und breit dimensionierten, prozessorientierten Optimierungsaktivitäten wird heute von den Unternehmen ein Ingenieurtypus nachgefragt, der sich durch die Fähigkeit zum Querdenken, durch integratives Wissen, fachübergreifende Fähigkeiten und kommunikative Kompetenz auszeichnet. Und es finden sich trotz des Beharrungsvermögens traditioneller Laufbahnstruk-

turen eine Reihe von Anhaltspunkten dafür, dass das Vorhandensein dieser Kompetenzen nicht nur im industriellen Arbeits-, sondern auch im betrieblichen Organisationsmodell - um den Preis weitreichender Veränderungen der ihm unterliegenden Regeln - zunehmend honoriert werden wird. Ein zentrales Problem gerade für die Ingenieure, die über langjährige Berufserfahrungen in diesen Strukturen verfügen, besteht nun darin, dass die in der früheren Ingenieurpraxis erworbenen Kompetenzprofile mit den neu gestalteten Anforderungsprofilen nur noch wenig gemeinsam haben. Damit hat sich der Druck, Kompetenzen weiter zu entwickeln erheblich verstärkt. Auch wenn davon auszugehen ist, dass der Qualifikationswandel nicht alle betrieblichen Ingenieurfunktionen und Wissensgebiete trifft: Der Erwerb neuen Wissens ist für die Ingenieure zu einer wichtigen Bedingung dafür geworden, mithalten und das mit zunehmenden Alter wachsende Risiko der Arbeitslosigkeit klein halten zu können. Ingenieuruntersuchungen aus den 70er und 80er Jahren haben bereits vielfach auf die Notwendigkeit verwiesen, dass sich die Ingenieure auf wechselnde Qualifikationsanforderungen und das Veralten ihres Wissens einstellen müssen (vgl. Paul 1989). Die damaligen Befunde haben allerdings zugleich auch die subjektive Beliebigkeit von Weiterbildungsaktivitäten im Ingenieurbereich offen gelegt. Unter den radikal veränderten Vorzeichen der neuen Aufgabenstellungen dürften diese privatistisch verengten Formen der Fort- und Weiterbildung weniger denn je geeignet sein, die notwendigen Kompetenzen in erforderlichem Maße zu erlangen. Um der Tendenz zur Fehlqualifikation zu begegnen, was sowohl im unternehmerischen wie individuellen Interesse ist, müssen die vorhandenen Strukturschwächen, welche die Weiterbildung von Ingenieuren seit langem begleiten, angegangen werden. Ansatzpunkte dafür lassen sich zumindest in den Großunternehmen erkennen.

Spätesten an diesem Punkt stellt sich aber auch die Frage, inwieweit die heutigen Studienabsolventen der Ingenieurwissenschaften auf die von uns beschriebene Horizonterweiterung der Ingenieurpraxis vorbereitet sind. Die einschlägige Ingenieurliteratur (vgl. Neef

1998; Staudt 1998; Duddeck, Mittelstraß 1999), aber auch die Verantwortlichen aus den Unternehmen ziehen dies vielfach in Zweifel und beklagen ein Missverhältnis zwischen der in der Ausbildung erworbenen Qualifikations- und der betrieblicher Anforderungsstruktur. Und in der Tat hat sich am Ausbildungsprofil der klassischen Kernfächer Maschinenbau und Elektrotechnik bis heute nur wenig geändert (vgl. Kurz, Mickler 2000). Die Ingenieurstudenten erhalten zwar eine hochqualifizierte wissenschaftsorientierte Ausbildung, aber sie sind es nicht gewohnt, disziplinübergreifend zusammenzuarbeiten. Selbst die Vermittlung von Methodenkenntnissen als Grundlage zum fachübergreifenden Wissenstransfer rangiert weit hinter dem Erwerb spezialisierter technischer Kompetenzen. Die Entwicklung sozialkommunikativer Kompetenzen steckt an den Universitäten und Fachhochschulen ebenfalls noch in den Kinderschuhen. Die Vermittlung von Team-, Führungs- und Kommunikationsfähigkeit hat bislang keinen festen Platz in der Ingenieurausbildung gefunden. Es dominieren rezeptive Lernformen, das heißt, präzise Aufgabenstellungen sind nach vorgegebenen Methoden abzuarbeiten. Der harte Ausleseprozess anhand von mathematisch, naturwissenschaftlich-theoretischen Fachkenntnissen in der ersten Studienhälfte und die praxisferne Vermittlung von abstraktem Grundlagenwissen lassen hier für selbstorganisierte, kreative Lern- und kollektive Arbeitsprozesse kaum Luft. Die oft zitierte Sprachlosigkeit der Ingenieure und die „eisige Stille“, die in den Hörsälen herrscht (vgl. Neef 1999), ist in den bisherigen Lehr- und Lernformen tief verwurzelt. Auch vielen Professoren mangelt es an Vermittlungskompetenz und sprachlichem Darstellungsvermögen. Es verwundert nicht, dass unter diesen Bedingungen, Kritikfähigkeit und Querdenken, Kreativität und Experimentierfreude im Studium der Ingenieurwissenschaften nur wenig ausgebildet und gefördert werden.

Die in der Ingenieurausbildung vermittelten Kompetenzen entsprechen jedenfalls immer weniger den veränderten Arbeitskontexten von Ingenieuren und dies gilt - wie wir gezeigt haben - gleichermaßen für so unterschiedliche Einsatzfelder wie die Produktentwicklung

und das Fertigungsmanagement. Offenbar trägt der Ingenieurmangel und die lebhafte Debatte darüber nicht wenig dazu bei, zu verdecken, dass sich das Kompetenzprofil verschoben hat und es immer dringlicher wird, die akademischen Ausbildungsgänge an die gewandelten betrieblichen Anforderungen anzupassen. Aus dem quantitativen Mismatch wird aber kein Argument dafür, den qualitativen Mismatch in Kauf zu nehmen, zumal die Mängel des in der traditionellen Ausbildung vermittelten Qualifikationsprofils in der betrieblichen Praxis deutlich spürbar sind. Darüber hinaus gibt das gängige Studienmodell für viele der Studienanfänger keine inhaltlich attraktive Perspektive mehr vor. Denn dass für die Studienfachentscheidungen neben Arbeitsmarktreaktionen auch inhaltliche Erwägungen eine Rolle spielen, signalisiert der Sachverhalt, dass die Studienanfänger in den letzten Jahren bei der Aufnahme eines ingenieurwissenschaftlichen Studiengangs verstärkt praxisbezogener, weniger verschulte Einzelfächer wie Umwelttechnik, Druck- und Reprotechnik, Mikrosystemtechnik, Umweltschutz und Raumplanung gewählt haben (vgl. Bargel, Ramm 1998).

Nun mangelt es keineswegs an Konzepten und konkreten Ansätzen, die eine Reform des Ingenieurstudiums anstreben (vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung 1999). Diese Reformversuche sind in Tiefe und Reichweite bislang aber allzu punktuell geblieben. Dass sich das traditionelle Ausbildungssystem so hartnäckig hält, dürfte zu einem nicht geringen Teil darauf zurückzuführen sein, dass es sich über Jahrzehnte als ein erfolgreiches Bindeglied dafür erwiesen hat, zwischen neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen und ihrer Anwendung in der Praxis industrieller Produktion zu vermitteln. Ein ähnlich robustes, in sich geschlossenes und vor allem verallgemeinerungsfähiges Konzept lassen die vorliegenden Reformansätze kaum erkennen. Die Erfahrungen an den wenigen Universitäten, wo statt isolierter Einzelmaßnahmen weit gedachte integrative Reformentwürfe in der Erprobung sind (vgl. Alting 1999; Rall 1999), zeigen überdies, dass tiefgreifende inhaltliche und organisatorische Eingriffe in den traditionellen „Kernbereich“ der ingenieurwissenschaftlichen

Fächer unumgänglich sind, um die neuen technischen, methodischen und sozialen Kompetenzen in erforderlichem Maße zu vermitteln. Eine solche Neugestaltung der Ausbildungsgänge berührt nicht nur die Macht- und Interessenstrukturen, die das bisherige Ausbildungssystem geschaffen hat und die nur schwer aufzubrechen sind. Sie stellt überdies das traditionelle Paradigma, das die Technik auf angewandte Naturwissenschaft reduziert und den Problemhorizont und die Lösungsmodelle der Technikwissenschaften bis heute prägt, in Frage. Die in diesem Paradigma verankerten, auf sachtechnische Lösungen orientierten Denk- und Sprachformen sowie Handlungsmuster haben sich bei der Bewältigung konventioneller technischer und organisatorischer Aufgaben zwar durchaus bewährt. Der neuen Qualität technischer, sozialer und gesellschaftlicher Entwicklungen gegenüber erweist sich das traditionelle Paradigma aber als unzulänglich und überdies wenig geeignet, Studieninhalte aufzunehmen, die es im Grunde genommen gar nicht vorsieht (vgl. Ropohl 1999). Die Kluft, die sich zwischen dem Anforderungsprofil der Ingenieurarbeit einerseits und dem Ausbildungsprofil andererseits aufgetan hat, ist also auch als Folge einer wissenschaftlichen Engführung zu verstehen, die eine Ausweitung des Qualifikations-, Methoden- und Innovationshorizonts von Ingenieuren blockiert. Wenn es um die Frage der erweiterten Nutzung des Arbeitsvermögens zur Sicherung der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit geht, müsste es auch um eine Neuorientierung der Ingenieurwissenschaften gehen, welche darauf zielt, veränderte wirtschaftliche, technologische und gesellschaftliche Zusammenhänge in ihren theoretischen Horizont einfließen zu lassen.

## Literatur

- Alting, L. 1999: Der Fachbereich Fertigungstechnik der Zukunft. In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): Neue Ansätze für Ausbildung und Qualifikation von Ingenieuren. Herausforderungen und Lösungen aus transatlantischer Perspektive. Bonn, S. 193-203.
- Baethge, M.; Baethge-Kinsky, V.; Kupka, P. 2000 im Erscheinen: Ein Mythos verblasst. Über die unsi-

- chere Zukunft industrieller Facharbeit und Berufsbildung. Opladen: Leske + Budrich.
- Baethge, M.; Denking, J.; Kadritzke, U. 1995: Das Führungskräfte-Dilemma. Manager und industrielle Experten zwischen Unternehmen und Lebenswelt. Frankfurt a.M./New York: Campus Verlag.
- Baethge-Kinsky, V. 2000: Das Ende industrieller Beruflichkeit - gewandelte Anforderungsprofile als neue erwerbsbiografische Chance für Frauen? In: Konrad Adenauer Stiftung (Hrsg.): Abendröte der Erwerbsgesellschaft - Chance für Frauen? Sankt Augustin, S. 125-139.
- Bargel, T.; Ramm, M. 1998: Ingenieurstudium und Berufsperspektiven. Sichtweisen, Reaktionen und Wünsche der Studierenden. Herausgegeben vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie. Bonn.
- Bergmann, J. 1986: Technik und Arbeit. In: Lutz, B. (Hrsg.): Technik und sozialer Wandel. Verhandlungen des 23. Deutschen Soziologentages in Hamburg 1986. Frankfurt a.M./New York: Campus Verlag, S. 114-134.
- Büchtemann, Chr. F.; Grote, K. H. 1999: Kernergebnisse der Transatlantischen Konferenz „Engineers in the Global Economy“ (Santa Barbara, California, 19.- 21. October 1998). In: Bundesministerium für Bildung und Forschung 1999 (Hrsg.): Neue Ansätze für Ausbildung und Qualifikation von Ingenieuren. Herausforderungen und Lösungen aus transatlantischer Perspektive. Bonn, S. 14-48.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung 1999 (Hrsg.): Neue Ansätze für Ausbildung und Qualifikation von Ingenieuren. Herausforderungen und Lösungen aus transatlantischer Perspektive. Bonn.
- Buss, K.-P.; Wittke, V. 2000: Mikro-Chips für Massenmärkte - Innovationsstrategien der europäischen und amerikanischen Halbleiterhersteller in den 90er Jahren. In: SOFI-Mitteilungen, Nr. 28, Göttingen.
- Buss, K.-P.; Wittke, V. 1999: Neue Innovationsmodelle in der europäischen und US-amerikanischen Mikroelektronik. Eine international vergleichende Untersuchung über Veränderungen von Geschäftsmodellen, Entwicklungs- und Fertigungsorganisation und Qualifikationsversorgung in den 80er und 90er Jahren. Abschlußbericht. Göttingen.
- D'Alessio, N.; Gerst, D.; Oberbeck, H.; Seitz, D. 1999: Den Restrukturierungspfaden eines international agierenden Großkonzerns auf der Spur: Ansatzpunkte für den Bruch mit der tayloristisch-bürokratischen Organisationsstruktur in der Volkswagen AG. Abschlußbericht. Göttingen.
- D'Alessio, N.; Oberbeck, H. 2000: Kontrollierte Ungenauigkeit: Konturen der neuen Unternehmung am Beispiel des Dezentalisierungsprozesses bei Volkswagen. Unveröffentlichtes Manuskript. Göttingen.
- Drexel, I. 1993: Das Ende des Facharbeiteraufstiegs? - Neue mittlere Bildungs- und Karrierewege in Deutschland und Frankreich - ein Vergleich. Frankfurt a.M./New York: Campus Verlag.
- Duddeck, H.; Mittelstraß, J. (Hrsg.) 1999: Die Sprachlosigkeit der Ingenieure. Ladenburger Diskurs. Opladen: Leske + Budrich.
- Faust, M.; Jauch, P.; Brünnecke, K.; Deutschmann, Chr. 1995, 2. Auflage: Dezentralisierung von Unternehmen. Bürokratie- und Hierarchieabbau und die Rolle betrieblicher Arbeitspolitik. München/Mering: Rainer Hampp Verlag.
- HIS, Hochschul-Informationen-System 1998: Ingenieurstudium. Daten, Fakten, Meinungen. Hannover.
- IW, Institut der deutschen Wirtschaft 1998: Quantitativer und qualitativer Ingenieurbedarf - Eine Betriebsumfrage im Auftrag des VDMA. Projektbericht. Köln.
- Jaudas, J. 2000 im Erscheinen: Neue Ausbildungsgänge im Spannungsfeld zwischen Fachhochschule und traditioneller Ausbildung. In: Lutz, B.; Meil, P.; Wiener, B. (Hrsg.): Industrielle Fachkräfte für das 21. Jahrhundert. Aufgaben und Perspektiven für die Produktion von morgen. Frankfurt a.M./New York: Campus Verlag.
- Jürgens, U.; Lippert, I. 1997: Schnittstellen des deutschen Produktionsregimes. Innovationshemmnisse im Produktentstehungsprozess. In: Naschold, F.; Soskice, D.; Hancke, B.; Jürgens, U. (Hrsg.): Ökonomische Leistungsfähigkeit und institutionelle Innovation. Das deutsche Produktions- und Politikregime im globalen Wettbewerb. Berlin: Edition Sigma, S. 65-94.
- Kadritzke, U. 1999: Professionelle Mittelklassen und die Angst vor dem Absturz. Der schwierige Umgang der Gewerkschaften mit neuen Interessenlagen. In: Herkommer, Sebastian (Hrsg.): Soziale Ausgrenzungen. Gesichter des neuen Kapitalismus. Hamburg: VSA Verlag, S. 130-149.
- Kalkowski, P. 1996: Arbeit im Betrieb besser organisieren. In: Technische Rundschau, Nr. 50, S. 32-36.
- Kalkowski, P.; Mickler, O.; Manske, F. 1995: Technologiestandort Deutschland. Produktinnovation im Maschinenbau: traditionelle Stärken - neue Herausforderungen. Berlin: Edition Sigma.
- Kern, H.; Schumann, M. 1984: Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion. München: Beck-Verlag.
- Kotthoff, H. 1997: Führungskräfte im Wandel der Firmenkultur. Quasi-Unternehmer oder Arbeitnehmer? Berlin: Edition Sigma.
- Kurz, C.; Mickler, O. 2000 im Erscheinen: Neue Anforderungsprofile und Perspektiven der Kompetenzentwicklung für Ingenieure. In: Lutz, B.; Meil, P.; Wiener, B.: Industrielle Fachkräfte für das 21. Jahrhundert. Aufgaben und Perspektiven für die Produktion von morgen. Frankfurt a.M./New York: Campus Verlag.



- Kurz, C. 1999: Repetitivarbeit - unbewältigt. Betriebliche und gesellschaftliche Entwicklungsperspektiven eines beharrlichen Arbeitstyps. Berlin: Edition Sigma.
- Kurz, C.; Wittke, V. 1998: Die Nutzung industrieller Kapazitäten in Mittelosteuropa durch westliche Unternehmen - Entwicklungspfade einer neuen industriellen Arbeitsteilung. In: SOFI-Mitteilungen, Nr. 26, Göttingen, S. 45-68.
- Laatz, W. 1979: Ingenieure in der Bundesrepublik Deutschland. Gesellschaftliche Lage und politisches Bewusstsein. Frankfurt a.M./New York: Campus Verlag.
- Lutz, B.; Kammerer G. 1975: Das Ende des graduierten Ingenieurs? Eine empirische Analyse unerwarteter Nebenfolgen der Bildungsexpansion. Frankfurt a.M./Köln: Europäische Verlagsanstalt.
- MatAB, Materialien aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 1.1/1998: Ingenieurwissenschaften. Sonderserie „Akademiker/innen - Studium und Arbeitsmarkt. H. 1.
- Mickler, O. 1996: Zwei Ingenieurkulturen im Konflikt: Mechaniker und Elektroniker im Innovationsprozess des Maschinenbaus. In: Laske, G. (Hrsg.): Lernen und Innovation in Industriekulturen. Institut Technik und Bildung. Universität Bremen, S. 109-118.
- Minks, K.-H. 1996: Absolventenreport Ingenieure. Ergebnisse einer Untersuchung zum Berufsübergang von Absolventen ingenieurwissenschaftlicher Diplom-Studiengänge. Herausgegeben vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Technologie und Forschung. Bonn.
- Neef, W. 1999: Ausblick: Innovative Ingenieurausbildung - die Mühen der Ebene. In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): Neue Ansätze für Ausbildung und Qualifikation von Ingenieuren. Herausforderungen und Lösungen aus transatlantischer Perspektive. Bonn, S. 94-99.
- Neef, W. 1998: Paradigmenwechsel in Beruf und Ausbildung von Ingenieuren. In: Fricke, Werner (Hrsg.): Innovationen in Technik, Wissenschaft und Gesellschaft. Forum Humane Technikgestaltung, Band 19. Beiträge zum Fünften Internationalen Ingenieurkongress der Friedrich-Ebert-Stiftung am 26. und 27. Mai in Köln. Bonn, S. 325-344.
- Paul, G. 1989: Die Bedeutung von Arbeit und Beruf für Ingenieure. Eine empirische Untersuchung. Frankfurt a.M./New York: Campus Verlag.
- Rall, K. 1999: Schwerpunkt: Organisation der Studiengänge. Konzept der TU Hamburg-Harburg zur Organisation ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge. In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): Neue Ansätze für Ausbildung und Qualifikation von Ingenieuren. Herausforderungen und Lösungen aus transatlantischer Perspektive. Bonn, S. 208-216.
- Ropohl, G. 1999: Der Paradigmenwechsel in den Technikwissenschaften. In: Duddeck, H.; Mittelstraß, J. (Hrsg.): Die Sprachlosigkeit der Ingenieure. Ladener Diskurs. Opladen: Leske + Budrich, S. 19-32.
- Sauer, D.; Döhl, V. 1997: Die Auflösung des Unternehmens? - Entwicklungstendenzen der Unternehmensreorganisation in den 90er Jahren. In: IFS-Frankfurt, INIFES Stadtbergen, ISF-München, SOFI-Göttingen (Hrsg.): Jahrbuch Sozialwissenschaftliche Technikberichterstattung. Schwerpunkt: Reorganisation. Berlin: Edition Sigma, S. 19-76.
- Schumann, M.; Baethge-Kinsky, V.; Kuhlmann, M.; Kurz, C.; Neumann, U. 1994: Trendreport Rationalisierung. Automobilindustrie, Werkzeugmaschinenbau, Chemische Industrie. Berlin: Edition Sigma.
- Siemens AG (Hrsg.) 1998: Zukunft durch Ausbildung. Siemens prägt seinen Nachwuchs im Geschäft. H. 2.
- Staudt, E. (Hrsg.) 1998: Strukturwandel und Karriereplanung. Herausforderungen für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Berlin, Heidelberg, New York u.a.: Springer Verlag.
- Tullius, K. 1999: Dezentralisierung, Vermarktlichung und diskursive Koordinierung: Neue Rationalisierungsstrategien und deren Auswirkungen auf die unteren Produktionsvorgesetzten. Eine Fallstudie aus der Automobilindustrie. In: SOFI-Mitteilungen, Nr. 27, Göttingen, S. 65-82.
- VDI, Verein deutscher Ingenieure 1999a: Ingenieurbedarf 2000. Eine Studie der Hauptgruppe des VDI Verein Deutscher Ingenieure. <http://www.vdi.de>.
- VDI, Verein deutscher Ingenieure 1999b: VDI-Analyse 1999, VDI Report 27. Düsseldorf.
- VDI Verein deutscher Ingenieure 1997: Ingenieurbedarf. Eine Studie der Hauptgruppe des VDI Verein Deutscher Ingenieure. <http://www.vdi.de>.
- VDMA, Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. 1998: Ingenieure und Facharbeiter. Maschinenbau Nachrichten, H. 11.
- Voß, G.; Pongratz, H. J. 1998: Der Arbeitskraftunternehmer. Eine neue Grundform der Ware Arbeitskraft. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Jg. 50, H. 1, S. 131-158.
- Wittke, V. 1995a: Wandel des deutschen Produktionsmodells: Beschleunigen oder Umsteuern? In: SOFI, Soziologisches Forschungsinstitut (Hrsg.): Im Zeichen des Umbruchs. Beiträge zu einer anderen Standortdebatte. Opladen: Leske + Budrich, S. 109-124.
- Wittke, V. 1995b: Vertikale versus horizontale Desintegration - Zu unterschiedlichen Erosionsdynamiken des Großunternehmens im Prozess industrieller Restrukturierung. In: SOFI-Mitteilungen, Nr. 22, Göttingen, S. 7-15.
- Wolf, H. 1997: Das dezentrale Unternehmen als imaginäre Institution. In: Soziale Welt, H. 2, S. 207-224.

- Wolf, H.; Mickler, O.; Manske, F. 1992: Eingriffe in Kopfarbeit. Die Computerisierung technischer Büros im Maschinenbau. Berlin: Edition Sigma.
- ZEW, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH 1998: Ingenieure und Facharbeiter im Maschinen- und Anlagenbau und sonstigen Branchen. Analyse der soziodemographischen Struktur und der Tätigkeitsfelder. Endbericht. Mannheim.
- ZVEI, Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. 1998: Ingenieur-Umfrage des ZVEI. In: ZVEI-Mitteilungen, H. 20, S. 4-6.
- ZVEI/VDMA 1997, Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V./Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.: Internationalisierung der Ingenieurausbildung - Die neue Herausforderung für Hochschulen in Deutschland. Empfehlungen von VDMA und ZVEI. Frankfurt a.M.