Fraunhofer Institut
Systemtechnik und
Innovationsforschung

Strukturwandel in der Beschäftigung durch Wissenschaft, Technik und Innovation

Dr. Hariolf Grupp

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik
und Innovationsforschung (FhG-ISI)
Breslauer Str. 48
76139 Karlsruhe

Beitrag zum Workshop der Bundesanstalt für Arbeit
"Die Zukunft der Akademikerbeschäftigung",
Nürnberg, März 1996

Vorgesehen zur Publikation in den
"Beiträgen zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung"

1 Wissenschaftlich-technischer Wandel und Beschäftigung

Die Diskussion über wissenschaftlich-technischen Wandel und Beschäftigung hat in der Ökonomie zwar eine lange Tradition, doch sind die theoretischen Modellvorstellungen vergleichsweise arm geblieben, vor allem aus empirischer Sicht.[1] Im Zentrum der bisherigen wirtschaftstheoretischen Debatte über den Zusammenhang von Fortschritt und Beschäftigung stehen Freisetzungs- und Kompensationsprozesse, wobei zwischen kurz- und langfristigen Wirkungen und zwischen den Substitutions-, Innovations- und den Rationalisierungseffekten unterschieden werden muß. Unter Berücksichtigung des internationalen Warenhandels ist bei der Entwicklung neuer Produkte immer auch die Möglichkeit von Standortverlagerungen einzubeziehen. Es wäre ein Trugschluß, anzunehmen, daß eine technologische Spitzenposition stets positive Beschäftigungseffekte in einer bestimmten Gesamtwirtschaft haben wird. Wie die Beschäftigungseffekte aus technischem Fortschritt nach Betrag und Vorzeichen aussehen, ist in der Literatur weitgehend offen.

Über den Nettoeffekt des wissenschaftlich-technischen Fortschritts auf die Beschäftigung entscheidet das Zusammenwirken von nachfrage- und angebotsorientierten Faktoren. Je nach Art des Fortschritts wird ihnen unterschiedliche Bedeutung zugemessen. So kommt Katsoulacos im Rahmen allgemeiner und partieller Gleichgewichtsmodelle zu dem Schluß, daß Produkt- wie Prozeßinnovationen langfristig positive Beschäftigungseffekte aufweisen können, daß jedoch nur bei den ersteren mit größerer Wahrscheinlichkeit auch kurzfristig eine positive Wirkung nachzuweisen sei.[2] Die neue Wachstumstheorie kann in dieser Ratlosigkeit auch keine Abhilfe schaffen, auch dann nicht, wenn sie die Gesamtwirtschaft mit zwei Sektoren modelliert. Die Annahme zweier Arbeitsmärkte für die Produktion und für Forschung und Entwicklung (FuE), so hilfreich eine solche Unterscheidung zur Bestimmung der Akademikerbeschäftigung sein könnte, ist ein hochgradig theoretisches Konstrukt. Entsprechendes gilt für die Varianten der neuen Wachstumstheorie, die anstelle eines FuE-Sektors einen gesonderten Humankapitalsektor modellieren.

Auf empirischer Seite zeigt König aufgrund einer ökonometrischen Analyse von Umfragedaten aus Unternehmen, daß mit Fortschrittsprozessen sowohl eine Zunahme wie auch eine

---

1 Siehe z. B. Nettelsiefen (1981) oder Schips und Kaplaneck (1987). Eine Übersicht über das angelsächsische Schrifttum geben Pianta et al. (1995).

2 Katsoulacos (1986). Oppenländer (1991, S. 13) bemerkt, daß zur Zeit das Aufzeigen der Mikro-Fundierung einer entsprechenden Makrotheorie, die sogenannte Mikro-Makro-Brücke, wohl nicht gelingt. Kromphardt und Teubener (1986, S. 244) weisen zu dieser Thematik darauf hin, daß der gesamtwirtschaftliche Beschäftigungseffekt mittel- und langfristig nur dann positiv ist, wenn der Wachstumsspielraum, den die Produktivitätsfortschritte bei der Prozeßinnovation schaffen, auch genutzt würde, was von der Entwicklung von Angebot und Nachfrage in *allen* Bereichen der Volkswirtschaft abhinge.

Abnahme der Beschäftigung belegt werden kann.[3] Meyer-Krahmer stellt nach Durchsicht der Literatur zu den Effekten neuer Technologie auf die Beschäftigung inklusive einer umfangreichen empirischen Untersuchung in Deutschland fest, daß viele Faktoren zusammenwirken, und nicht nur der technische Fortschritt allein betrachtet werden könne.[4] Im empirischen Teil kommt Meyer-Krahmer zu dem Ergebnis, daß die mit Hilfe der Input-Output-Tabelle berechneten FuE-Kapitalstöcke eine wichtige Rolle bei der Erklärung des Arbeitsmarktes spielen. Jedoch variiert dieser Effekt im Verlauf der Zeit und von Sektor zu Sektor sehr stark. Erst in den 80er Jahren, d. h. bei mäßigem Wachstum des Lohnniveaus im Zusammenhang mit einer geringen Nachfragesteigerung, sei der Einfluß der Variablen für den FuE-Kapitalstock auf die Beschäftigung überhaupt wahrnehmbar.[5]

Da theoretisch kein bewährter Zusammenhang zwischen dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt und der Beschäftigung, und schon gar nicht der Akademikerbeschäftigung, abgeleitet werden kann, kommt man nicht umhin, zwar theoretisch inspirierte, aber nicht aus der Theorie abgeleitete Zusammenhänge rein empirisch-deskriptiv zu untersuchen. Will man darüber hinaus Mutmaßungen über die zukünftige Entwicklung anstellen, begibt man sich auf noch dünneres Eis. Schon der Begriff Innovation bzw. technischer Fortschritt läßt sich meßtechnisch nur schwer operationalisieren, während ein Begriff wie "zukünftige Technik" in den Wirtschaftswissenschaften nicht geläufig ist. Analysen zu Folgen der Zukunftstechnik für den Arbeitsmarkt betreffen bis zum heutigen Zeitpunkt unbekannte Produkte, also die *Antizipation* von zukünftigem Fortschritt. Daraus ergibt sich bereits, daß im Unterschied zu üblichen Analysen des technischen Fortschritts und der Beschäftigung die *Bestimmung des Innovationszeitpunkts* eine wichtige Größe wird. Während die Wachstums- und Fortschrittsliteratur das Ausmaß und ggfs. die Richtung des technischen Fortschritts zu einem gegebenen Zeitpunkt oder für eine (historische) Zeitreihe empirisch bestimmt, wird für die Vorausschau der (zukünftige) Innovationszeitpunkt zusammen mit dem zukünftigen Ausmaß und der Richtung des Fortschritts zu einer Schätzgröße und kann nicht mehr als empirisch bestimmbare, unabhängige Variable angesehen werden. Von ersten solchen empirischen Versuchen handelt dieser Beitrag.

---

3 König (1987) und weitere dort gegebenen Quellen. Für die angelsächsische Literatur ist - mit gleichem Ergebnis - Freeman, Clark und Soete (1982) einschlägig.

4 Meyer-Krahmer (1992). Diese Ergebnisse sind als Teil der sogenannten META-Studie zu den Beschäftigungsfolgen neuer Technologie entstanden. Matzner (1991, S. 33) faßt alle empirischen Resultate der META-Studie so zusammen, daß "Innovation durch Stärkung der Konkurrenzfähigkeit ein Anwachsen der Arbeitslosigkeit, das bei geringerem Innovationsniveau unvermeidbar wäre, bremst."

5 Meyer-Krahmer, a.a.O., S. 146.

2 Konturen des Zusammenhangs zwischen Technologie, Beschäftigung und Einkommensverteilung

Seit etwa einem Jahrzehnt wird im Auftrag des heutigen Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) in Ergänzung zur Strukturberichterstattung des Bundesministeriums für Wirtschaft eine Berichterstattung zur technologischen Wettbewerbsposition, die neuerdings technologische Leistungsfähigkeit genannt wird, erarbeitet. Darin werden die Industriezweige im Hinblick auf die Entwicklung der Beschäftigung dreigeteilt analysiert: bezüglich ihrer FuE-Intensität unterdurchschnittliche Industriezweige (nicht FuE-intensiv), überdurchschnittliche Industriezweige (höherwertige Technik) und sehr stark überdurchschnittliche Industriezweige (Spitzentechnik).[6] Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Beschäftigung in diesen Kategorien für das frühere Bundesgebiet nach fachlichen Betriebsteilen.

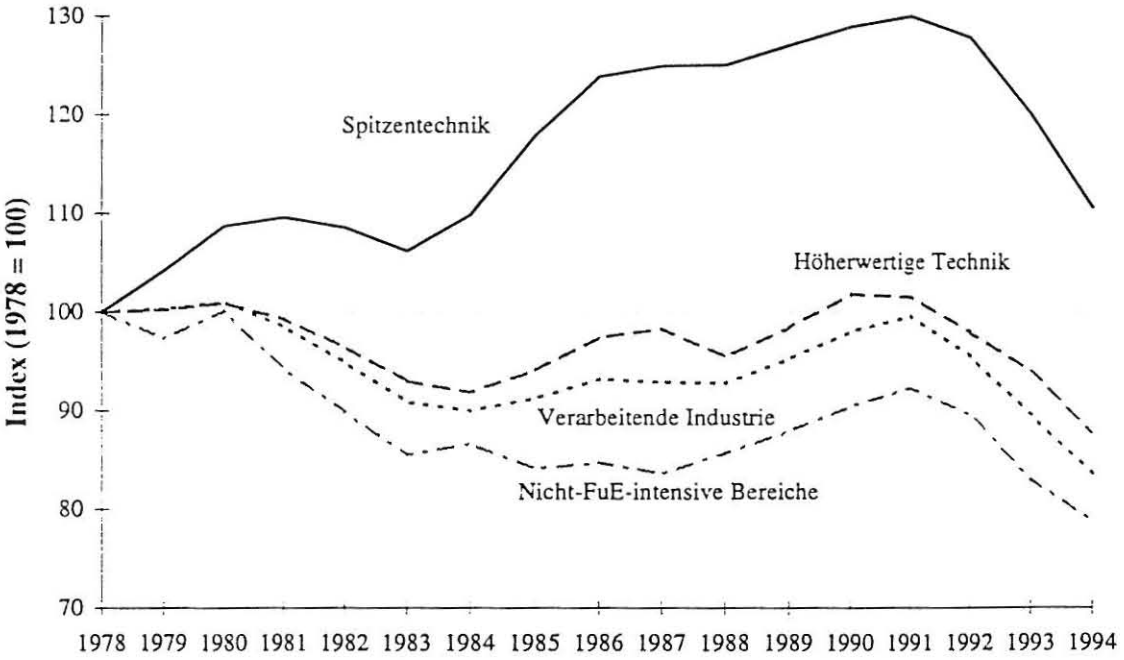

Abbildung 1: Entwicklung der Beschäftigung im früheren Bundesgebiet nach FuE-Intensität 1978 bis 1994 (1978 = 100; fachliche Betriebsteile).[7]

Demnach konnten die Industriezweige, die Spitzentechnik und höherwertige Technik hervorbringen, die Beschäftigung in den achtziger Jahren um mehr als 300.000 Personen er-

6 Zur Abgrenzung und ihrer Problematisierung siehe Gehrke et al. (1994).

7 Gehrke et al. (1995, S. 90).

höhen; die per saldo zusätzlich in der Industrie geschaffenen Arbeitsplätze waren in diesem Zeitraum vollständig diesen Sektoren zuzuschreiben. So gesehen fungierte die Spitzen- und höherwertige Technik in den 80er Jahren als Wachstumsmotto und Zugpferd der deutschen Industrie. Die Beschäftigungsentwicklung 1990 und 1991 war von binnenwirtschaftlichen Sonderfaktoren geprägt, welche die Effekte der weltwirtschaftlichen Rezession insgesamt überlagerten. Mit dem Auslaufen dieser Vereinigungskonjunktur im Verlauf des Jahres 1992 schlug die Rezession voll auf Westdeutschland durch; Beschäftigungseinschränkungen auch bei Spitzen- und höherwertiger Technik waren die Folge. In dieser rezessiven Situation zeigten sich die Sektoren der Spitzen- und höherwertigen Technik im Gegensatz zu früheren Perioden sogar überdurchschnittlich betroffen. Allerdings bleiben die gewohnten Rangplätze im Beschäftigungsindex erhalten. Die Beschäftigungsbilanzen der Industriezweige aus dem Bereich höherwertiger Technik fallen dabei meist etwas niedriger aus als im Spitzentechniksektor: Der internationale Kostenwettbewerb nimmt mit abnehmender Innovationsintensität zu, der Produktivitätsdruck wird schärfer. Dies drückt tendenziell auf das Beschäftigungsniveau in der höherwertigen Technologie, insbesondere in Zeiten ungünstigerer Mengenkonjunktur.[8]

Unschwer ist aus dieser deskriptiven Analyse zu erkennen, daß die unterschiedliche "Technologiehaltigkeit" der Produktion unterschiedliche Beschäftigungseffekte auslöst, die je nach der Dynamik der allgemeinen Wirtschaftsentwicklung zu unterschiedlichen Veränderungsraten und Vorzeichen führt. Ein maßgeblicher Einfluß des technischen Fortschritts auf die Beschäftigung kann aber wohl nicht geleugnet werden, wenngleich er - wie schon in Abschnitt 1 dargelegt - in kurzfristiger Hinsicht nicht immer positiv ausfällt.

Einen anderen empirischen Zugang anhand von zeitgenössischen Daten stellt die Analyse des Einflusses technologischer Innovationsaktivitäten auf die *Einkommensverteilung* dar. Die Frage, wem die Produktion der neuen Güter einer Volkswirtschaft zugute kommt, gehört zu den Grundproblemen, die in jeder Wirtschaftsordnung gelöst werden müssen. Weil die Preistheorie der Haushalte für die meisten wirtschaftspolitischen Probleme zu kompliziert ist, stellt ersatzweise die Verteilungstheorie die Frage nach der Verteilung des Einkommens. Um auch die neuen Länder in die Betrachtung einbeziehen zu können, wird der Zeitraum 1991 bis 1993 gewählt. Als Hilfsindikator für technischen Fortschritt wird die Patentstatistik genommen.[9] Da die funktionelle Einkommensverteilung nach der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung für die neuen Länder nicht bekannt ist, werden die Angaben

---

8 A.a.O., S. 92.

9 Inlandsanmeldungen am Deutschen Patentamt nach regionaler Herkunft; Deutsches Patentamt (1995, S. 95). Zum angemessenen Gebrauch der Patentstatistik siehe etwa Schmoch et al. (1988).

des Statistischen Bundesamtes zur Lohn- und Gehaltsstruktur herangezogen. Der Verteilungseffekt aus technischem Fortschritt wird also nach dem Verdienstkonzept personenbezogen untersucht. Die entsprechende Verteilungsstatistik ist auf Einkommensbezieher abgestellt und kann die Einkommensverteilung der Haushalte nicht aufklären.

Rechnet man Regressionen für den Einfluß des bundeslandspezifischen Patentaufkommens aus den Jahren 1991 bis 1993 als einem Maß für das Engagement im technischen Fortschritt auf die Einkommensverteilung, so ergeben sich folgende Zusammenhänge: Die Bruttowochenverdienste in der Industrie und die Bruttomonatsverdienste in Industrie und Handel (1993) hängen hochsignifikant von der Patentproduktivität, d. h. der Patentaktivität pro Erwerbstätigem, ab.[10] Wie Abbildung 2 zeigt, stellt sich der Zusammenhang allerdings als nichtlinear, nämlich einfachlogarithmisch heraus.[11]

In Abbildung 2 erscheint das Verdienstniveau in Ostdeutschland in seiner geringen Höhe aufgrund der Vereinigungseffekte (noch) überzeichnet zu sein; der erwähnte Zusammenhang ist jedoch auch für Westdeutschland allein nachweisbar, wenn auch schwächer ausgeprägt. Wird unterstellt, daß der Zusammenhang nicht nur für den momentanen Zeitpunkt, sondern auch für die Zukunft gilt, ergibt sich eine deutliche soziale Komponente der Innovation. Auf den Zusammenhang von Technologie und Einkommensverteilung wird allerdings in der Literatur selten verwiesen; meist bleibt die Betrachtung auf das Marktwachstum begrenzt. In der Regel werden Einkommensunterschiede aus anderen, nicht technologischen Faktoren erklärt und ein möglicher Einfluß aus technischem Fortschritt gar nicht in Betracht gezogen. Hier scheint sich ein großes Forschungsgebiet aufzutun, das für die Wirtschafts- und Sozialpolitik von größter Bedeutung ist. Allerdings können die Einkommensunterschiede nicht allein dem Anteil an Höherqualifizierten zugeschrieben werden; insofern wären vergleichbare Analysen in bezug auf die anteilige Akademikerbeschäftigung dringend geboten. Desweiteren sollten hier nicht interessierende Einflüsse aus den Agglomerationen (Stadtstaaten) beseitigt werden.

---

10 Wobei im Falle des Bruttowochenverdienstes in der Industrie das 1 % Signifikanzniveau, im Falle des Bruttomonatsverdienstes in Industrie und Handel das 0,1 % Signifikanzniveau unterschritten wird; auch das Einkommensniveau im Handel ist somit vom technischen Fortschritt beeinflußt. Da DW = 2,11 bzw. 2,02, kann eine Autokorrelation ausgeschlossen werden.

11 Dies ist das Ergebnis des konsekutiven Tests einer linearen, einfachlogarithmischen, Potenz-, S-Kurven-, Wachstums- und logistischen Funktion. Die zweitbeste Schätzung neben der einfachlogarithmitischen Funktion stellt die Potenzfunktion zur vierten Wurzel dar.

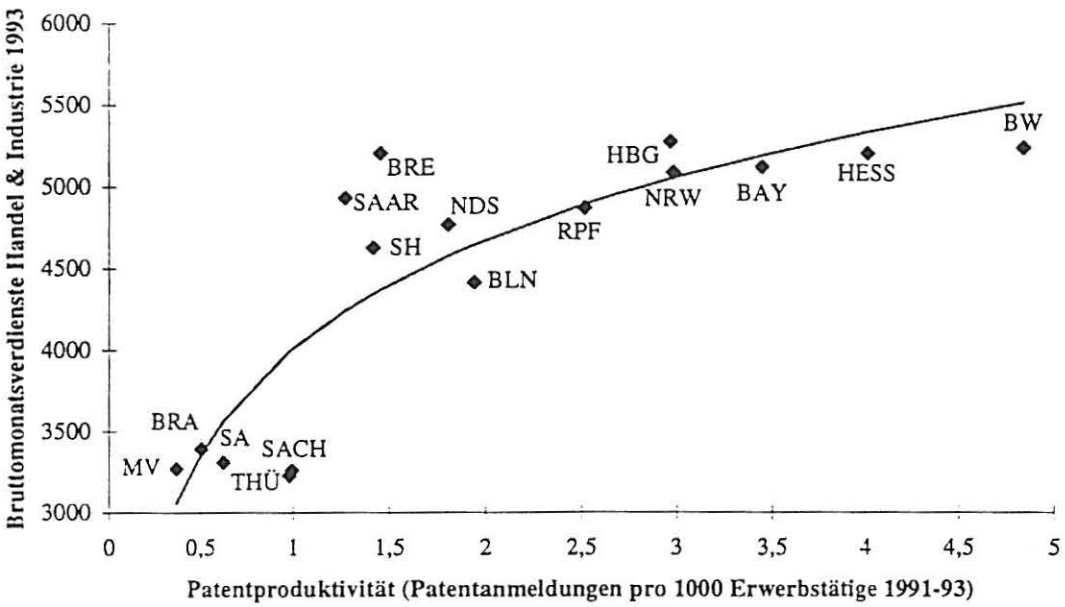

Abbildung 2: Technischer Fortschritt und Einkommensverteilung am Beispiel der Patentproduktivität und des Bruttomonatsverdiensts 1993 nach Bundesländern.[12]

Insgesamt kann trotz der spärlichen Zahl an Untersuchungen ein Zusammenhang zwischen Fortschritt und Beschäftigungsmenge sowie -qualität nicht in Abrede gestellt werden. Man hat jedoch den Eindruck, daß der größte Teil der analytischen Arbeit aufgrund der neuerlich verfügbaren Daten erst noch zu leisten ist.

3 Wissensintensität in der kommenden Dienstleistungsgesellschaft

Bisher ist die Retrospektive bzw. zeitgenössische Analyse des technischen Fortschritts überwiegend auf das verarbeitende Gewerbe begrenzt. Dieses wird nach landläufiger Ansicht an Bedeutung in der Gesamtwirtschaft abnehmen und durch den Dienstleistungssektor teilweise verdrängt werden. Unabhängig davon, wie sicher diese Prognose ist und wie schnell der Strukturwandel eintritt, stellt sich die Frage, ob hieraus Effekte für die Wissensintensität der Volkswirtschaft und damit der Nachfrage nach Akademikerbeschäfti-

12 BW = Baden-Württemberg, BAY = Bayern, BLN = Berlin, BRA = Brandenburg, BRE = Bremen, HBG = Hamburg, HESS = Hessen, MV = Mecklenburg-Vorpommern, NDS = Niedersachsen, NRW = Nordrhein-Westfalen, RPF = Rheinland-Pfalz, SAAR = Saarland, SACH = Sachsen, SA = Sachsen-Anhalt, SH = Schleswig-Holstein, THÜ = Thüringen.

gung folgt. Auch hierzu liegen erste Untersuchungen vor, die explorativen Charakter haben und mindestens ebenso viele Fragen aufwerfen, wie sie beantworten. Als Eckwert kann man davon ausgehen, daß fast alle Dienstleister Geräte und Maschinen einsetzen (z. B. Kreditkartenleser, Münzwechsler, Cafeteria-Bedarf, Reinigungsmaschinen etc.)[13], so daß mit dem Strukturwandel hin zu mehr Dienstleistungen immer auch eine Nachfrage nach Investitionsgütern des verarbeitenden Gewerbes verbunden sein wird. Die Frage für das verarbeitende Gewerbe ist dann, ob es auch für die zukünftige Dienstleistungsgesellschaft die "richtigen" Maschinen herstellt und anbietet.

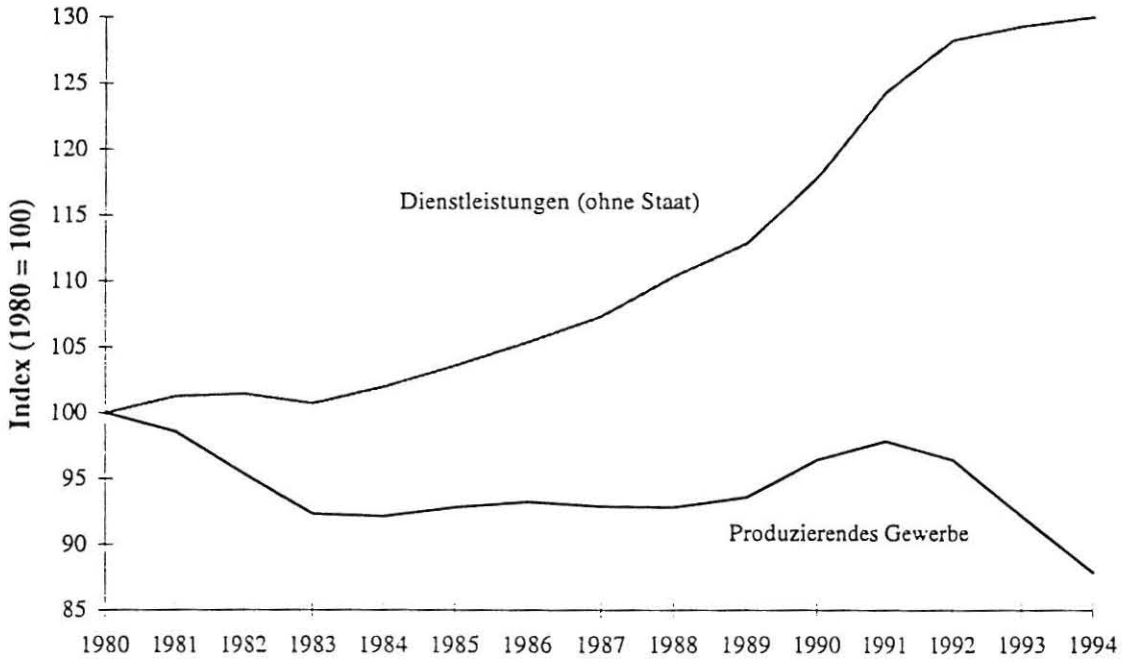

Abbildung 3: Erwerbstätige im Unternehmenssektor (ohne Staat) 1980 bis 1994 (1980 = 100, früheres Bundesgebiet).[14]

Die Annahme eines Strukturwandels zur Dienstleistungsgesellschaft stellt letztlich eine Trendfortsetzung dar, wenn man Abbildung 3 betrachtet. In der Industrie gingen fast alle Arbeitsplätze verloren, die in den Wachstumsphasen seit 1984 geschaffen worden sind. Der Dienstleistungssektor wächst hingegen weiter an, auch wenn sich seit 1991, spätestens seit 1992, das Wachstum verlangsamt. Untersucht man den Wandel der Tätigkeitsinhalte,

---

13 In Gehrke et al. (1994, S. 129ff.) werden Innovationsaktivitäten auf dem speziellen Markt für "Dienstleistungsmaschinen" betrachtet.

14 Legler (1995, S. 9); die Analyse stützt sich auf die VGR der Länder und eigene Berechnungen des NIW. Die Angaben für 1994 sind mit Hilfe der Veränderung der Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten geschätzt.

dann zeigt sich, daß noch 1985 mehr als 37 % der Beschäftigten mit dem Herstellen, Warten oder Reparieren von Maschinen betraut waren, während sich dieser Anteil 1993 nur noch auf 32 % beläuft. Die Tätigkeitsmerkmale Büroarbeit, Planen, Forschen, Leiten, Ausbilden und Informieren sind hingegen im gleichen Zeitraum bezogen auf alle Wirtschaftsbereiche von 37,2 % auf 42,4 % angestiegen.[15] Freilich kann man auch aus der funktionalen Tätigkeitsanalyse nicht direkt auf Akademikerbeschäftigung schließen.

Was kann man hieraus über die mutmaßliche Entwicklung der Akademikerbeschäftigung ableiten? Ein umfangreiches Gemeinschaftsgutachten[16] hat das verarbeitende Gewerbe und die übrige Wirtschaft unter dem Aspekt der Wissensintensivierung sehr detailliert analysiert. Unter anderem wurde dabei der Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten mit Fachhochschul- oder Universitätsabschluß ("Hochqualifizierte") und alternativ nur mit Wissenschaftlern (Universitätsabgängern) ermittelt, allerdings für das frühere Bundesgebiet und nur für den Zeitraum 1990 bis 1993. Im Ergebnis zeigt sich, daß die Hochqualifiziertenquote bei Dienstleistern und in der Industrie selbst in diesem kurzen Zeitraum angestiegen ist. Dies zeigt einen Trend zur Verstärkung der Beschäftigung von Hochschulabgängern im Verleich zum Arbeitsmarkt für andere Ausbildungsebenen. Bereits heute liegt die Beschäftigung Hochqualifizierter im Dienstleistungssektor (ohne Staat) höher als in der Industrie. Die Wissenschaftlerquote aus Universitätsabsolventen kann nur für die Industrie (in diesem Falle ohne den Bergbau) bestimmt werden, steigt ebenfalls an und verweist darauf, daß 2/3 der Akademiker Universitätsabschluß haben. Würde man im Dienstleistungsbereich allerdings die Gebietskörperschaften einbeziehen, ergäben sich andere Relationen.[17]

Der überwiegende Teil der Akademiker ist im jeweils wissensintensiven Sektor innerhalb der Industrie und innerhalb der Dienstleister anzusiedeln. Auch die Abgrenzung eines jeweils *wissensintensiven Sektors* ist nicht ohne Mühe und zweifelsfrei zu erreichen. Die umfangreichen Listen sind in der gegebenen Quelle nachzulesen. Innerhalb der verarbeitenden Industrie ist etwa der Luft- und Raumfahrzeugbau, die Herstellung von Zählern, Fernmeldegeräten, optischen Geräten, pharmazeutischen Erzeugnissen usw. wissensintensiv, während im Dienstleistungsbereich die wissenschaftlichen Bibliotheken und Hoch-

---

15 Hummel et al. (1995, S. 62); die Analyse beruht auf Daten des Statistischen Bundesamtes und des Mikrozensus.

16 Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (NIW) und Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI); siehe Gehrke et al. (1995a).

17 Vgl. Weißhuhn et al. (1994).

schulen, Verlage, Kliniken, Nachrichtenbüros, Architektenbüros etc. zum wissensintensiven Bereich gehören.

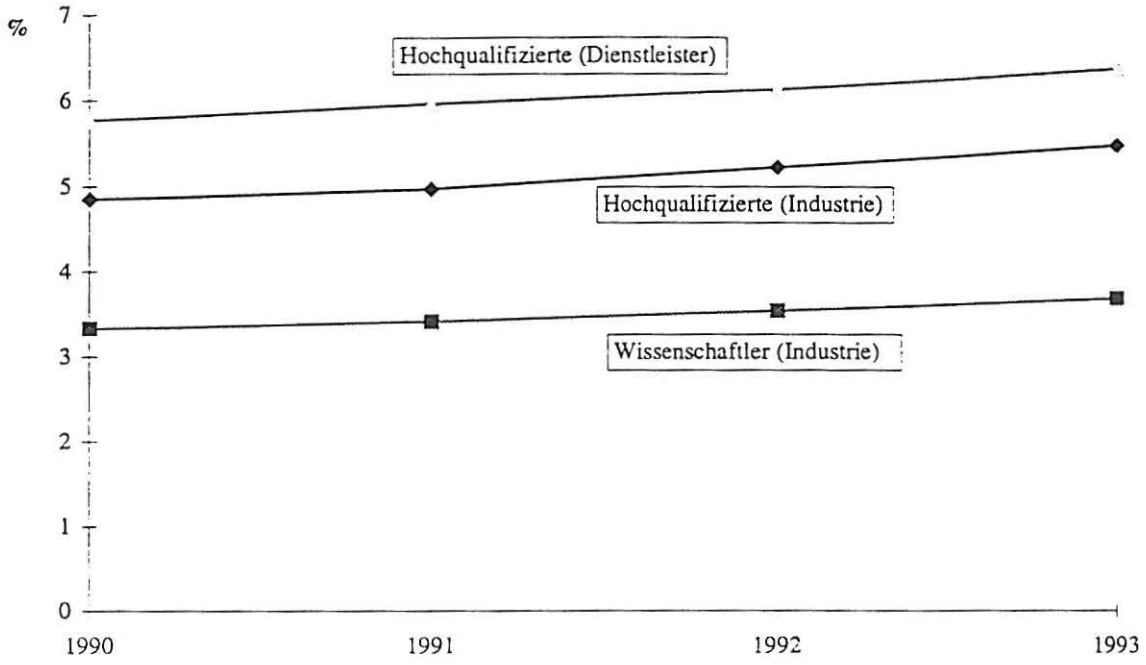

Abbildung 4: Sozialversicherungspflichtig beschäftigte Hochqualifizierte bzw. Universitätsabsolventen in der Industrie bzw. in der sonstigen Wirtschaft (Dienstleistungsbereich ohne Staat) im früheren Bundesgebiet 1990 bis 1993.[18]

In Verbindung mit der erwarteten, fortgeschriebenen Strukturentwicklung hin zu einer Dienstleistungsgesellschaft bedeutet dies, daß im Hinblick auf die Arbeitsnachfrage für Akademiker mit zwei Effekten zu rechnen ist. Einerseits intensiviert sich jeder Sektor vermutlich weiterhin in Richtung auf Hochqualifizierte, zusätzlich wird durch das langsamere Wachstum - oder den Rückgang - im verarbeitenden Gewerbe zugunsten der Dienstleistungen ein Niveaueffekt zugunsten Hochqualifizierter im Bereich eines Prozentpunkts zu erwarten sein. Für die relative Arbeitsnachfrage im Bereich der Hochqualifizierten haben beide Effekte ein positives Vorzeichen, so daß die qualitative Aussage, daß sich innerhalb der Gesamtbeschäftigung der Anteil der Akademikerbeschäftigung verstärken wird, auf der sicheren Seite ist. Letztlich bleiben für ein Prognosemodell, das hier nicht eingesetzt wird, "nur" Komposition und relative Menge der beiden Effekte offen.

---

18 Eigene Berechnungen aus Gehrke et al. (1995a, Teil C, S. 89ff).

4 Mutmaßungen über die langfristige Entwicklung von Wissenschaft und Technik

Ein Teil des für Wirtschaftswachstum und damit Beschäftigung wichtigen *Wissens* läuft über den Dienstleistungs- oder Arbeitsmarkt (Patente und Lizenzen, Datenbanken, Informationsrecherchen, externe Vertragsforschung, Humankapital für FuE etc.), während ein anderer Teil im Rahmen sogenannter "Communities" ausgetauscht wird, also in informellen Kreisen von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Geschäftsleuten, in denen der Informationsfluß meist unentgeltlich gehandelt wird. Es treten folglich positive externe Effekte innerhalb des Innovationssystems auf, die eine Volkswirtschaft gezielt nutzen kann. Die gezielte Förderung des Transfers von Wissenselementen über zukünftige Produktionsmöglichkeiten innerhalb dieser informellen Kreise kann somit als ein wichtiger Input in das Innovationsgeschehen aufgefaßt werden.[19] Unterschiede zwischen nationalen Volkswirtschaften treten insofern auf, als die entsprechenden informellen Kreise meist noch national organisiert sind, und die einzelnen Staaten ihrer Aufgabe in unterschiedlichem Umfang nachkommen, die darin besteht, die wachstumsträchtigen Technologiebereiche der Zukunft zu identifizieren und im Rahmen von strategischen Dialogen die entsprechenden informellen Kreise zu einem Austausch zu bewegen.[20]

Ein ernstes Problem betrifft den Erkenntnisgewinn aus der Aktivität des Staates im Bereich der *Vorausschau*. Er beruht meist auf Umfragen und damit subjektiven Meinungen, auch dann, wenn die befragten Personen wissenschaftlich geschulte Fachleute sind. Auch das beste Verfahren führt letztlich nicht zu sicheren Aussagen über die Zukunft, die eine Volkswirtschaft ohnehin nicht gewinnen kann, da die Zukunft selbst ein Objekt der Gestaltung durch Innovationsprozesse ist (Bewertung unter Unsicherheit). Aus solchen Untersuchungen über die mutmaßliche Entwicklung von Wissenschaft und Technik lassen sich aber strukturelle Informationen über die Richtung des technischen und ggfs. des wissenschaftlichen Fortschritts gewinnen, die wiederum im Sinne von Portfolio-Analysen mit dem gegenwärtigen Aktivitätsprofil einer Volkswirtschaft verglichen werden können.

Das klassische Repertoir[21] kann nach *qualitativen* und *quantitativen* Methoden unterschieden werden, auch wenn häufig ein Methodenmix vorliegt. Vor einem falschen Gebrauch allein quantitativer Methoden sollte deutlich gewarnt werden; gerade bei der Beschreibung des naturwissenschaftlich-technischen Hintergrunds der Zukunftstechnologie werden häu-

---

19 Zur Bedeutung dieser Effekte für das Innovationsmanagement siehe Grupp (1996).

20 So bei Münt (1996).

21 Zu den Methoden der Technikbewertung siehe VDI (1991).

fig regelhafte und gesetzesartige Zusammenhänge unterstellt, die zwar eine gewisse Plausibilität aufweisen, aber sich noch nicht mit erfahrungswissenschaftlicher Stringenz bewährt haben. Die Modellbildung im Bereich der Innovationsökonomik und der Technikgenese ist noch so unsicher, daß schon von daher Zweifel an manchen aus den Naturwissenschaften übernommenen quantitativen Methoden angebracht sind. Das Zustandebringen von Innovationen unter wirtschaftlichen Bedingungen ist ein *sozialer Prozeß*, keine technische Zwangsläufigkeit. Die systematische Methodenlehre und eine kritische Methodendiskussion sind in der Technikvorausschau wenig entwickelt; sie verdienen dabei aber höchste Priorität.[22]

In jüngster Zeit haben Anwendungen der Delphi-Methodik in Deutschland vermehrt Aufmerksamkeit gefunden. Die *Delphi-Experten-Umfrage* ist eine bestimmte Ideenfindungs- und Vorausschaumethode, welche die Zukunftseinschätzungen ausgewählter Fachleute systematisch erhebt und ausmittelt. Dabei werden die Umfrageergebnisse den beteiligten Experten einmal oder mehrmals zur erneuten Urteilsbildung vorgelegt, damit sie ihre Auffassung im Lichte der anderen Expertenmeinungen überprüfen und (stark) abweichende Positionen ggfs. korrigieren können.

Der Erfolg der Delphi-Methode hängt entscheidend von der Auswahl der befragten Fachleute ab.[23] Dabei neigen Fachleute, die an einer bestimmten technischen Entwicklung beteiligt sind, häufig zu besonders optimistischen Einschätzungen. Da die Methode konvergenzbildend ist, favorisiert sie Mehrheitsmeinungen und bewegt abweichende Auffassungen zur Anpassung. Sie dient mithin nicht dem Zweck, Wahrscheinlichkeitsaussagen über den Wahrheitsgehalt zukünftiger Ereignisse in Wissenschaft und Technik zu treffen, was ja im Rahmen des sozialen Gestaltungsprozesses noch keine feste Größe sein kann. Vielmehr geht es darum, festzustellen, inwieweit die heutigen wissenschaftlich-technischen Eliten bereits konsensuale Auffassungen über die mutmaßliche Entwicklungsrichtung und das vermutete Entwicklungstempo gebildet haben oder nicht. Ergebnisse einer Delphi-Untersuchung stellen keine Prognosen dar, sondern antizipieren alternative Entwicklungspfade, um die *heutigen* Entscheidungsträger in Wirtschaft, Wissenschaft und Politik in einen Selbstreflexionsprozeß über die langfristige Entwicklung zu verwickeln, und zwar sektorübergreifend.

Die deutsche Delphi-Untersuchung aus dem Jahr 1993 ist in einem Doppel-Blindversuch als vergleichende Untersuchung zwischen Japan und Deutschland angelegt und faßt den

---

22 So auch Jochem (1988).

23 BMFT (1993), Cuhls und Kuwahara (1994) und dort gegebene Quellen.

Zeitraum bis zum Jahr 2020 ins Auge. Sie bemüht sich um eine Bestimmung der *zeitlichen Bandbreite*, in der wichtige Entdeckungen gemacht oder im Grundsatz bekannte technologische Innovationen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten eingeführt bzw. breit verwendet werden könnten. Es wird nicht nur nach den wissenschaftlichen und technischen Möglichkeiten auf der Angebotsseite gefragt, sondern auch nach den wichtigsten Hemmnissen, die ihrer wirtschaftlichen Nutzung entgegenstehen (technischer Art, Gesetze, Regeln und Vorschriften, wirtschaftlicher Art, Situation beim FuE-Personal, kulturelle und ethische Faktoren u. dgl.). Die Gegenstände der Umfrage sind nicht in Frageform formuliert, sondern als *Falschaussage*. Es wird eine Produkt-, Prozeß- oder Dienstleistungsvision behauptet, die es heute in dieser Qualität oder Leistungsausprägung nicht gibt.[24] Die Fachleute sollen zu diesen falschen Tatsachenbehauptungen Bandbreiten angeben, in denen diese in zeitlicher und sonstiger Hinsicht (Hemmniskategorie) wahr werden könnten, und bei dieser Gedankenübung die unterstellte wissenschaftlich-technische Entwicklung implizit einbeziehen. Der genaue Lösungsweg dahin wird dabei - schon aus Vertraulichkeitsschutzgründen - nicht expliziert.

Die Delphi-Methode ist besonders nützlich, um Expertenschätzungen über die mittel- bzw. langfristige Zukunftsperspektive einzuholen, denn für kürzere Zeithorizonte sind alternative Methoden etabliert (z. B. die Patentstatistik); in längerfristigem Zusammenhang stellen Experteneinschätzungen die einzige Informationsquelle dar. Die sehr verbreitete Szenarienmethode kommt für eine umfassende Vorausschau von Wissenschaft und Technik ebenfalls nicht in Frage, weil sie sich jeweils auf ein bestimmtes Szenario beziehen muß (Energiebedarfsprognosen, Prognosen zum Kohlendioxidgehalt etc.).

Um einen gedrängten Eindruck von den Ergebnissen der japanisch-deutschen Delphi-Untersuchung zu geben, sind Aggregationen erforderlich. Die einzelnen Produktvisionen lassen sich Zukunftsmärkten zuordnen; eine Zuordnung nach (produktionsverwandten) Industriezweigen erscheint unmöglich zu sein, weil die Umfrage keinerlei Hinweise darauf gibt, wie die Unternehmen zu diversifizieren beabsichtigen oder ob sie im Substitutionsfall eher ihre angestammten Märkte verteidigen (mit neuer Technologie) oder ihre technologischen Kernkompetenzen beibehalten und sich hiermit neue Märkte erschließen.

Die *zukünftigen Marktpotentiale* gemäß dieser Delphi-Untersuchung ergeben sich aus der Untersuchung nicht unmittelbar. Harte Fakten und gesicherte Angaben über zukünftige Marktgrößen liegen nicht vor und sind auch nur schwer zu bekommen. So schwanken bei-

---

[24] Z. B.: Dünnschichtsolarzellen auf Dächern von Privathäusern mit einem Wirkungsgrad von 20 % sind weit verbreitet.

spielsweise die Schätzungen des Potentials der Biotechnologie im Jahr 2000 in der veröffentlichten Literatur zwischen 28 und 100 Mrd. US $. Generell ergibt sich das Marktvolumen aus dem Produkt der abgesetzten Menge und dem erzielten Preis. Die Delphi-Studie macht jedoch weder quantitative Aussagen zur Menge noch zum Preis. Daher wird im folgenden eine Bewertung anhand eines sogenannten *synthetischen Marktpotentials (SMP)* vorgenommen, das sich wie folgt berechnet:

$$SMP = V \cdot \sum (W \cdot [1-K/100])$$

Dabei steht W für den Wichtigskeitsindex aus der Umfrage, K für das Ausmaß an absehbaren Kostenhemmnissen gemäß Umfrage, V für den Verbreitungsgrad (wissenschaftliche Klärung = 0, technische Entwicklung = 1, erste wirtschaftliche Anwendung = 2, große wirtschaftliche Verbreitung = 3), während die Summe die Schätzung in Japan mit der in Deutschland verbindet.

Die geschätzte Wichtigkeit kann als Indikator für die mögliche Nachfrage bzw. die Dringlichkeit der Anwendung aufgrund gesellschaftlicher oder sozio-ökonomischer Engpässe betrachtet werden. Es wird dabei angenommen, daß das potentielle Marktvolumen einer Innovation bei zunehmender Wichtigkeit steigt. Die Kostenhemmnisse geben einen Hinweis auf die Preisgestaltung der zukünftigen Produkte. Werden bei der Einführung einer Innovation aus heutiger Sicht hohe Kostenhemmnisse gesehen, so schmälert dies die Marktgängigkeit einer Innovation, da die Herstellungskosten sich letztendlich im Marktpreis wiederspiegeln werden und die Substitution mit herkömmlichen Produkten - falls eine solche vorliegt - verzögert oder eingeschränkt wird. Diese Herangehensweise hat offensichtliche Schwächen und strebt nicht an, nominelle oder reale Marktpotentiale abzuschätzen, sondern die strukturellen Entwicklungen zu erkennen. In Abbildung 5 sind die synthetischen Marktpotentiale für etwa das Jahr 2005 zu bedürfnisorientiert verstandenen größeren Anwendungsbereichen oder auch gesellschaftlichen Engpaßbereichen zusammengefaßt. Unter dem Anwendungsbereich "Gesundheit" verbergen sich dabei, um ein Beispiel zu geben, acht näher bestimmbare Zukunftsmärkte mit insgesamt 74 repräsentativ verstandenen Produktvisionen.[25]

---

[25] Um in diesem Beispiel die acht Märkte zu nennen: neue Therapien, künstliche Organe, Dienstleistungen in der Medizin, Medikamente und pharmazeutische Produkte, diagnostische Instrumente, Geräte und Verfahren, chirurgische Instrumente, Geräte und Verfahren, Produkte für die Gerontologie und Rehabilitationsmedizin, biomedizinische Wirkungsanalysen und Entstehungsursachen.

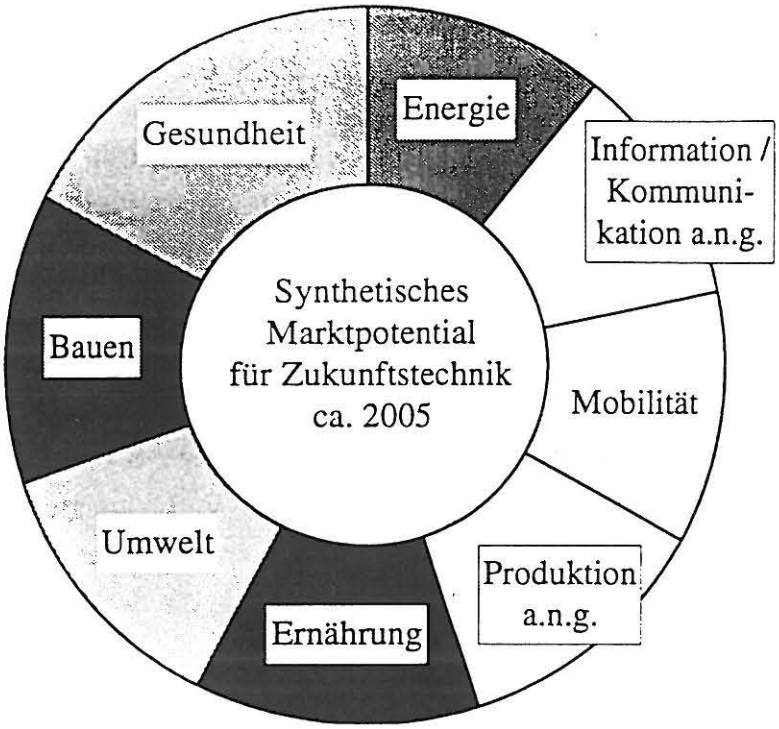

Abbildung 5: Vergleich der mutmaßlichen Marktpotentiale etwa im Jahr 2005 gegliedert nach größeren Anwendungsbereichen.

Zu beachten ist, daß die obige Darstellung nicht nach Konsum- und Investitionsgütern und nicht nach verarbeitenden Waren und Dienstleistungen unterscheidet. Das Gliederungsmerkmal orientiert sich vielmehr an menschlichen Bedürfnissen, dringenden gesellschaftlichen Problemen und allgemein absehbaren Engpässen. Zwei der genannten größeren Anwendungsgebiete haben Querschnittscharakter insofern, als sie nur diejenigen Teilmärkte und Produktvisionen enthalten, die den anderen Gebieten nicht zugeordnet werden können. Diese eher anwendungsunabhängigen Bereiche sind unter den Stichworten "Information und Kommunikation a.n.g." und "Produktion a.n.g." zusammengefaßt. Die einzelnen Anwendungen der Information-, Produktions- und Kommunikationstechnik sind, nota bene, auf Produktebene viel zahlreicher, als in Abbildung 5 zu erkennen. Man muß sie sich als integrale Bestandteile von Systemlösungen in den anderen Anwendungsgebieten vorstellen.

Die obige gedrängte Darstellung der insgesamt fast 1.200 Produktvisionen, welche die Delphi-Untersuchung darstellt, ist hier im wesentlichen exemplarisch gemeint, weil daraus Probeschätzungen für den technologisch bestimmten Einfluß auf die Beschäftigungsentwicklung abgeleitet werden können. Dieser Aufgabe widmet sich der nächste Abschnitt in quantitativer Hinsicht und der übernächste Abschnitt in disziplinärer bzw. qualitativer Hinsicht.

5 Zukünftiger Umfang der Arbeitsnachfrage

Aufbauend auf den qualitativen Aussagen der Delphi-Untersuchung zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik[26] liegt inzwischen eine Langfristprognose für Gesamtdeutschland vor, die auf dem völlig überarbeiteten WEFA-Weltmodell beruht.[27] Es baut auf teilautonomen Prognosen für 22 OECD-Staaten und 11 Regionen auf und besteht aus ca. 200 Identitäts- und Verhaltensgleichungen. Es werden dabei zwei technikzentrierte Szenarien durchgerechnet, wobei das optimistische Szenario nicht auf einer explizit modellierten Technologiepolitik, sondern auf einer vergrößerten Fähigkeit der Wirtschaft beruht, neue Technikentwicklungen *im Inland* praktisch nutzbar zu machen. Die Finanzpolitik ist auf Konsolidierung gerichtet. Die internationalen Rahmenbedingungen, insbesondere die Wechselkurse, sind für beide Szenarien identisch; die Währungsunion beginnt für einen engeren Kreis der Europäischen Union 1999. Die effektiven Löhne entwickeln sich in beiden Szenarien zunächst mit gleicher und zum Ende des Prognosehorizonts mit nur leicht divergierender Rate. Für den Außenhandel wird unterstellt, daß Gütergruppen, deren Absatzwachstum das durchschnittliche Wachstum aller Exporte deutlich und dauerhaft übertrifft, als technologieintensiv anzusehen sind,[28] wobei die Diffusionsverläufe neuer Technik an die Ergebnisse der Delphi-Studie angelehnt sind, also den mutmaßlichen Innovationsraten im Zeitraum bis 2015 folgen.[29]

Abbildung 6 läßt deutlich werden, daß die deutlichsten Beschäftigungsgewinne in der Phase 2010 bis 2015 eintreten, weil gemäß der unterstellten mutmaßlichen Innovationsrate nach der japanisch-deutschen Delphi-Untersuchung eine breite Diffusion neuer Technik gehäuft im Zeitraum 2005 bis 2010 erfolgt. Dieses Ergebnis korreliert mit der Auffassung, daß bei technologisch erfolgreicherer Entwicklung ein größerer Anteil von Anwenderarbeitsplätzen im Inland gehalten werden kann. Die günstige Beschäftigungsentwicklung im optimistischen Szenario in diesem Zeitraum wird auch durch eine spürbare Zunahme der Anzahl der Selbständigen (incl. Familienangehörige) unterstützt. Selbst unter diesen günstigen Rahmenbedingungen wird die Sockelarbeitslosigkeit nur langsam abgebaut und könnte zwischen 2005 und 2015 im optimistischen Fall von 9 % auf 8 % aller abhängig Beschäftigten sinken, während im pessimistischen Szenario der Anteil im gleichen Zeit-

---

26 BMFT (1993).

27 WEFA bezeichnet das Modell der Wharton Econometric Forecasting Associates, das aus den Arbeiten Kleins an der Pennsylvania University in Philadelphia hervorgegangen ist.

28 Dies ist im Einklang mit den in Abschnitt 2 dargelegten Analysen zur FuE-Intensität; siehe bei Gehrke et al. (1994).

29 Carstensen (1995).

raum von 10 auf über 11 % steigen dürfte. Dabei ist ein Bevölkerungswachstum von 0,2 % jährlich nach dem Jahr 2000 unterstellt.

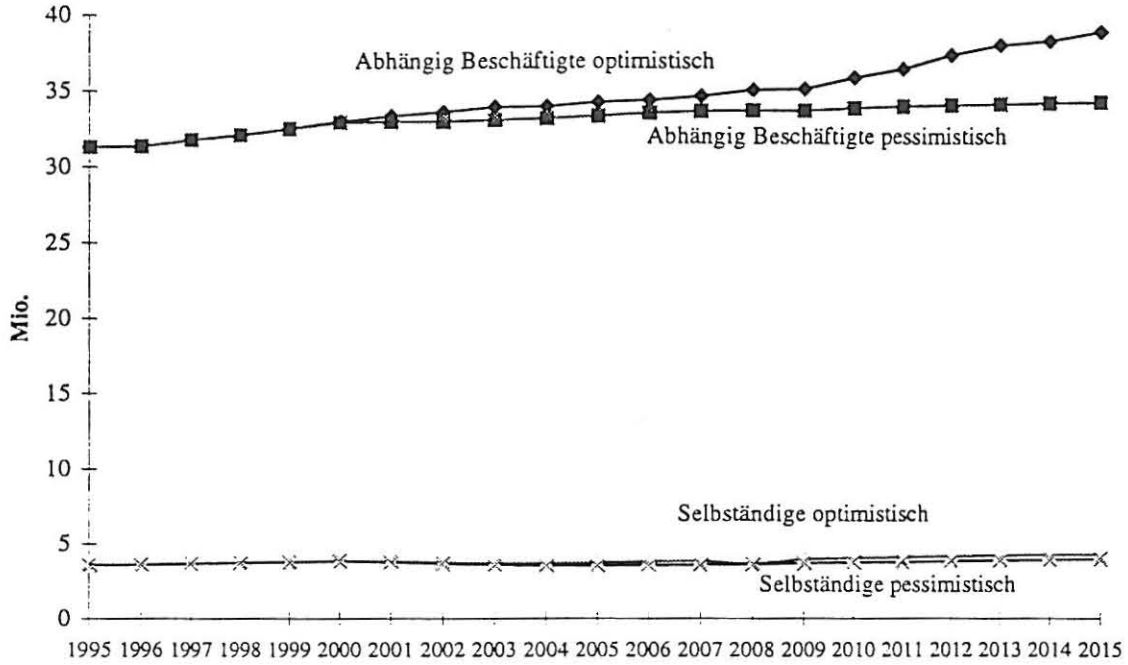

Abbildung 6: Abhängige Beschäftigung und selbständig Beschäftigte in Gesamtdeutschland nach optimistischem und pessimistischem Szenario auf der Basis des WEFA-Modells.[30]

Leider gibt das WEFA-Modell keinen Hinweis zur Akademikerbeschäftigung; da der Schub in der Arbeitsnachfrage allerdings unmittelbar aus dem technischen Fortschritt abgeleitet wird, kann unterstellt werden, daß hochqualifizierte Arbeit verstärkt nachgefragt werden wird. Diese Interpretation wird auch dadurch gestützt, daß eine andere Untersuchung zu quantitativ ähnlichen Ergebnissen gelangt.[31] Ohne auf die Details einzugehen wird dort mit einem Szenarienmodell, beruhend auf der Erwerbspotentialrechnung des IAB, ein Integrations- und ein Restriktionsszenario entworfen, wobei in bezug auf die Technologie im Integrationsszenario eine Verbesserung der gesellschaftlichen und politischen Bedingungen für die Umsetzung technologischer Innovationen angenommen wird, wobei zentrales Technikfeld die Mikroelektronik bleibt. Starke Bedeutungsgewinne der Bio- und Gentechnik sowie neuer Werkstoffe und alternativer Energieträger werden unter-

30 Zahlen a.a.O.

31 Gornik (1995).

stellt. Im Restriktionsszenario erfolgt annahmegemäß eine zögerliche Umsetzung der neuen Technologie bei gesellschaftlichen Akzeptanzproblemen. Diese Annahmen sind qualitativ mit den detaillierteren Schätzungen aus dem zitierten Delphi-Bericht gut verträglich.[32]

Im Ergebnis errechnet Gornik für das Jahr 2010 fast 38 Mio. Erwerbstätige im Inland, im Restriktionsszenario 36 Mio. Im Vergleich dazu kommt nach dem WEFA-Modell für dasselbe Jahr im optimistischen (pessimistischen) Fall ein niedrigeres Ergebnis heraus, der Abstand zwischen den beiden Varianten - und das interessiert hier im Zusammenhang mit dem Innovationsthema - wird allerdings beidemal gleich geschätzt. Allerdings ergibt auch die Analyse von Gornik keinen quantitativen Hinweis auf die Akademikerbeschäftigung, sondern verweist bei der Erklärung des Unterschieds zwischen den Szenarien erneut auf die unterschiedlichen Annahmen bezüglich des technischen Fortschritts.

Zur Bestimmung der Größe der Arbeitsnachfrage für Akademiker können daher momentan Strukturuntersuchungen zur mutmaßlichen Entwicklung von Wissenschaft und Technik nichts *Quantitatives* beitragen. Dies liegt daran, daß sie letztlich vergleichend angelegt sind. Deshalb liegt das Schwergewicht der Analyse auf strukturellen Angaben im Hinblick auf technische Disziplinen und damit neue *Qualifikationsanforderungen* auf dem Akademikerarbeitsmarkt. Dies ist Gegenstand des folgenden Abschnitts.

6 Zukünftige disziplinäre Anforderungen an höherqualifizierte Erwerbspersonen

Es liegt in der Natur der Untersuchungen zur mittel- und langfristigen Strukturveränderung im Bereich von Wissenschaft, Technik und Innovation, daß vergleichende Analysen besser gelingen als quantitativ abschätzende. Da die Vorausschätzungen durch die Fachleute unter Unsicherheit über die tatsächliche Entwicklung stattfinden, sind viele Vorbehalte angebracht. Ein Teil der Fehlerquellen hat aber die Eigenschaft einer geringeren Bedeutung im Quervergleich der Entwicklungslinien zueinander. Wie also wird sich - ausgehend von den vorliegenden Zukunftsstudien - absehbar das Arbeitsangebot aufgrund des innovativen Geschehens im Hinblick auf *naturwissenschaftlich-technische Disziplinen* für höherqualifizierte Beschäftigte verändern? Leider ist die Einschränkung auf das verarbeitende Gewerbe erforderlich, da viel zu wenig einschlägige Untersuchungen zum Dienstleistungsbe-

---

32 Die Ergebnisse sind auch mit anderen Projektionen verträglich, die kein ausdrückliches Technikszenario modellieren, aber dafür die Akademikernachfrage schätzen; siehe z. B. Weißhuhn et al. (1994).

reich vorliegen und somit insbesondere die Entwicklung der *sozialen Berufe* momentan kaum diskutierbar erscheint.

Die industrieökonomische Literatur hat sich in den letzten Jahren verstärkt der Frage zugewendet, wie eindeutig sich naturwissenschaftlich-technische Gebiete trennen lassen. Denn das entsprechende Wissen ähnelt in vielfacher Weise einem öffentlichen Gut: Wettbewerber eines Innovators können kostenlos imitieren und neues Wissen von anderen für sich in Anspruch nehmen. Um die Produktion neuen Wissens nicht völlig kostenlos zu machen und es damit zum Versiegen zu bringen, müssen die Innovatoren z. B. die durch Patentschutz ermöglichten zeitweiligen Monopolrechte in Anspruch nehmen. Trotz der Möglichkeit des Patentschutzes und anderer Schutzrechte, die zeitlich und sachlich begrenzt sind, lassen sich aber "Mitnahmeeffekte" beobachten, das bedeutet positiv ausgedrückt, daß das auf der Industrieebene entstehende technische Wissen sogenannte *Spillovers* hervorbringt.[33] Sie werden hauptsächlich aus zwei Quellen gespeist: Die eine Quelle sind technologische Ähnlichkeiten, also technikimmanente Faktoren, nach denen jede Innovation grundlegende Prinzipien und Methoden beinhaltet, die weit verbreitet und relativ leicht übertragbar sind. Die andere Quelle ergibt sich aus der Tatsache, daß auch unternehmensspezifisches technologisches Wissen nicht gänzlich in einem einzigen Unternehmen verbleibt. Vielmehr wird es zu einem gewissen Grade in andere Unternehmen diffundieren, z. T. unbeabsichtigt, zu einem sicherlich größeren Teil aber als geplanter, organisierter und sogar von einzelnen Unternehmen forcierter Effekt (etwa über Wechselpersonal, durch Firmenzusammenschlüsse, Firmenübernahmen, strategische Allianzen, etc.).

Im Sinne dieser Definition verursacht auch der Wissenstransfer von Universitäten und staatlich geförderten Forschungseinrichtungen zu privatwirtschaftlichen Unternehmen einen Spillover-Effekt, der meist ganz in der Absicht der staatlichen Förderung von FuE liegt. In der neuen Wachstumstheorie sind Informations-Spillovers eine der am häufigsten diskutierten Quellen eines systemimmanent generierten Wachstums.[34] Die zuletzt genannte Art der externen Effekte wird in der Literatur allerdings häufiger mit "Wissenschaftsbindung der Technik" umschrieben, so auch in diesem Beitrag. Dabei wird der Blick von der Technik auf die unterstützenden Faktoren aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften gerichtet, nicht von diesen auf Spillover-Effekte in Richtung Technik.

---

[33] Siehe z. B. bei Grupp (1994 und 1996a).

[34] Harhoff und König (1993).

Es gibt quantitative Verfahren, das Ausmaß der technologischen Spillovers sowie der Wissenschaftsbindung zu erfassen, auf die hier nicht eingegangen werden kann.[35] Mit Hilfe solcher Verfahren läßt sich das Ausmaß der momentanen Verflechtung zwischen technischen Gebieten im Sinne von Indexwerten angeben. Will man die Mutmaßungen über die langfristige Entwicklung der Marktpotentiale solchen Indexwerten gegenüberstellen, dann müssen zunächst die mutmaßlichen Marktpotentiale[36] wissenschaftlich-technischen Sachgebieten zugeordnet werden. Hierbei sind anders als für die Marktabschätzung Bezugsgrößen erforderlich, welche das Ausmaß heutiger technologischer Tätigkeit charakterisieren. Im vorliegenden Fall bietet sich die Patentstatistik an, die - bei allen kritischen Einwänden, die berechtigt sind - jedenfalls einen Hinweis darauf gibt, wo zur Zeit viele und wo weniger Inventionen entstehen. Würde sich in einem heutigen Gebiet geringer Aktivität und in einem heutigen Gebiet großer Aktivität eine zahlenmäßig gleiche Häufigkeit von mittelfristigen Innovationsprojekten einstellen, so wäre die mutmaßliche Innovationsrate in ersterem Fall viel höher als in letzterem zu bewerten. Geht man so vor, wie beschrieben, dann erhält man in Abbildung 7 den Zusammenhang zwischen mutmaßlicher Rate der Produktinnovationen und dem Ausmaß ihrer heutigen Verflechtung.[37]

Man erkennt in Abbildung 7 vier Quadranten, die jeweils an den Mittelwerten abgegrenzt sind. Im Bereich der Biotechnologie und der Werkstoffe, sowie der Halbleiter- und der Umwelttechnik werden besonders viele Produktinnovationen erwartet, die in disziplinärer Hinsicht in hohem Maße verflochten sind und damit Spillover-Effekten unterliegen. Um sie zustande zu bringen, wird ein Humankapital erforderlich sein, das zumindest multidisziplinäre, wenn nicht interdisziplinäre Kenntnisse hat. Überdurchschnittlich groß ist die Innovationsrate auch im Bereich der Datenverarbeitung, der Oberflächen, der Optik, des Transports, der audio-visuellen Technik (Unterhaltungselektronik), der Telekommunikation, der elektrischen Energie und im Bereich Messen und Regeln. Diese Gebiete sind zwar auch in einem gewissen Umfang verflochten, jedoch dürften sich hier die disziplinären Anforderungen etwas überschaubarer darstellen. Die anderen Gebiete mit zu erwartenden Produktinnovationen sind teilweise ebenfalls hochgradig verflochten.

---

35 Siehe z. B. bei Grupp und Schmoch (1992), Grupp (1994 und 1996a).

36 Siehe etwa Abbildung 5.

37 Die Gebietsklassifikation ist aus Grupp und Schmoch (1992) entnommen und für den vorliegenden Anwendungszweck modifiziert worden, um übersichtlich zu sein. In Wirklichkeit ist sie noch feiner untergliedert.

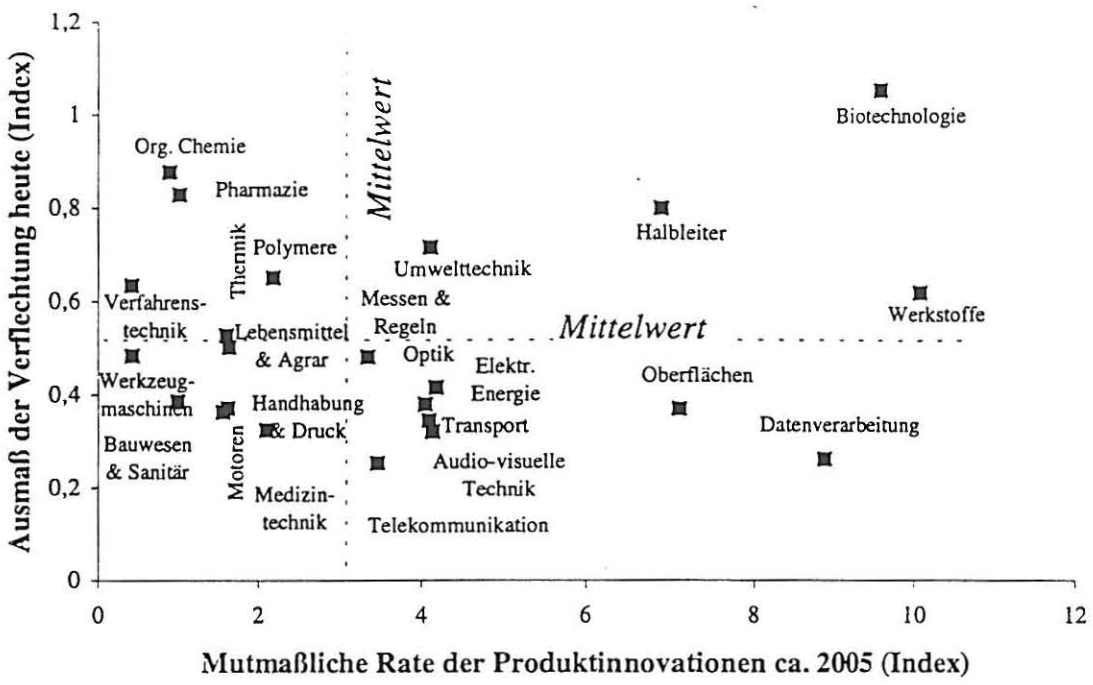

Abbildung 7: Zu erwartende technologische Verflechtung im Hinblick auf neue Qualifikationsanforderungen im Arbeitsangebot für Hochqualifizierte.

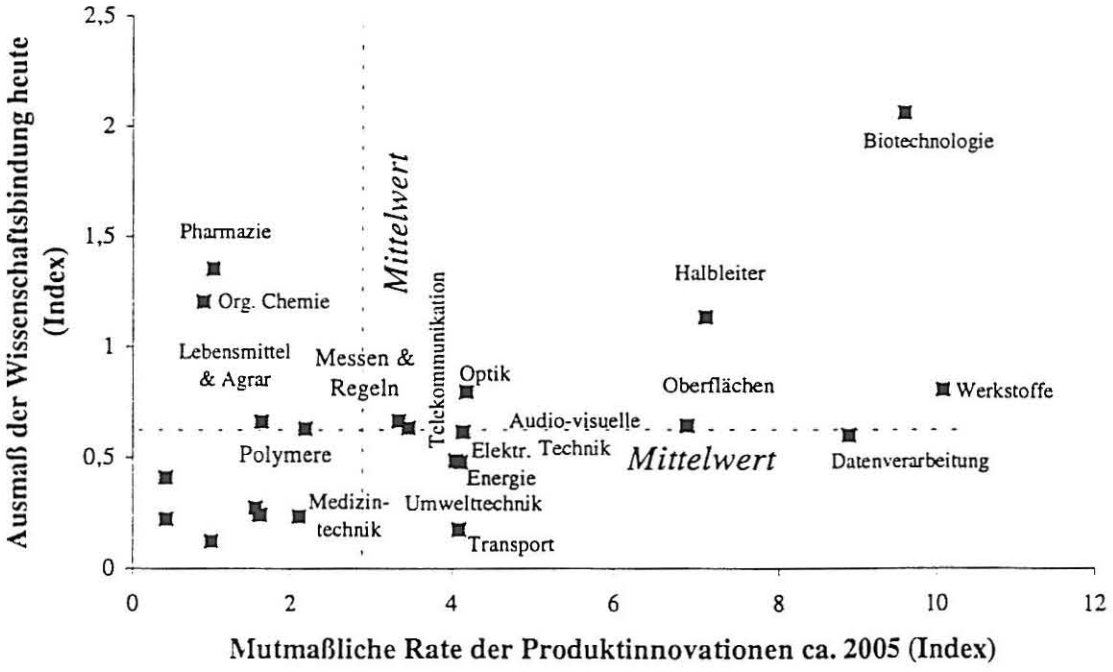

Abbildung 8: Zu erwartende Wissenschaftsbindung im Hinblick auf neue Qualifikationsanforderungen im Arbeitsangebot für Hochqualifizierte.

Abbildung 8 zeigt für dieselben wissenschaftlich-technischen Gebiete das Ausmaß ihrer Abhängigkeit von neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen an. Wiederum erkennt man die Biotechnologie und die Werkstoffe sowie die Halbleiter als in jeder Hinsicht herausfordernd, sowohl im Hinblick auf die besonders hohe zu erwartende Innovationsrate wie auch im Hinblick auf ihre besondere Abhängigkeit von der Wissenschaft. Das Transferproblem stellt sich für diese Gebiete und für die anderen im Quadranten rechts oben genannten Gebiete mit besonderer Dringlichkeit. Fragen des Technologietransfers in beiden Richtungen werden zu lösen sein, nämlich eine intensive Kommunikation in der Wissenschaft im Hinblick auf technologische und wirtschaftliche Anwendungen (dies entspricht dem traditionellen Verständnis von Technologietransfer) wie auch das umgekehrte, nämlich ein Wissenstransfer aus den Unternehmen in den Bereich der (öffentlichen) Wissenschaft hinein, welche Innovationsprojekte überhaupt betrieben werden und welche Lösungen von der Wissenschaft erwartet werden.

Es ist nicht Aufgabe dieses Beitrags, die Frage zu prüfen, ob der *Technologietransfer* auch unter der neuen interdisziplinären Anforderung in Deutschland genügend entwickelt ist und wie er ggfs. verbessert werden kann. Es sollte lediglich dargelegt werden, daß bereits quantitative Untersuchungen dazu vorliegen, welcher Art die Herausforderungen an das Aus- und Weiterbildungssystem im Bereich der Hochqualifikation sein dürften und in wie erheblichem Umfang die tradierten disziplinären Strukturen hierbei außer Kraft gesetzt werden.[38] Die generelle Aussage kann durch Beispiele unterlegt werden, die in der neueren Literatur zu finden sind. Dabei wird nicht verkannt, daß qualifiziertes und motiviertes Personal gerade im Bereich von FuE im Vereinten Deutschland jetzt und in absehbarer Zukunft reichlich vorhanden ist. Das Bildungssystem hat auf allen Ausbildungsstufen besondere Stärken. Qualifiziertes Personal ist und war eine der Trumpfkarten, die Deutschland in den internationalen Technologiewettlauf einbringen kann und ist in einem rohstoffarmen Land wie dem unseren ein wesentlicher Produktionsfaktor.[39] Die Herausforderung durch die Technologie der Zukunft besteht darin, die berufliche Qualifikation der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Industrie sowie der wirtschaftsnahen Forschung von schmalbandiger Spezialisierung auf lösungsorientierte, fachübergreifende Kompetenz umzupolen und Flexibilität und die Fähigkeit zur Zusammenarbeit zu stärken.[40]

---

38 Zu diesem Thema siehe auch Gibbons et al. (1994).

39 Gehrke et al. (1994).

40 So Grupp (1995, S. 166). Als eines unter mehreren Beispielen zur Untermauerung dieser Forderung wird dort die Personalsituation in der Biomedizin in Deutschland angesprochen. Die zitierte Studie hat ergeben, daß diese Situation ungünstig einzustufen ist. Es gäbe Biologen mit medizinischem und Mediziner mit biologischem Interesse. Den Biomediziner gäbe es nicht, Ansätze seien nur in vereinzelten klinischen

Die Analyse der neuen Anforderung an die Qualifikation von Akademikern und vergleichbaren Berufsgruppen ist bislang nach technischen Sachgebieten erfolgt. Eine wichtige Fragestellung ist es darüber hinaus, was dies für die einzelnen *Wirtschaftszweige* bedeutet. Seit kurzem liegen Umfragedaten vor, welche Technikbereiche für die Innovationsaktivitäten der Unternehmen zur Zeit von Bedeutung sind. Dabei zeigt sich, daß sich die einzelnen Branchen im Hinblick auf die mittlere Zahl der Technikgebiete mit Bedeutung für die Branche und ihrer Heterogenität erheblich unterscheiden. Auch die Wirtschaftsunternehmen werden im Bereich des hochqualifizierten Humankapitals nicht alle gleichermaßen von den neuen Herausforderungen betroffen sein.

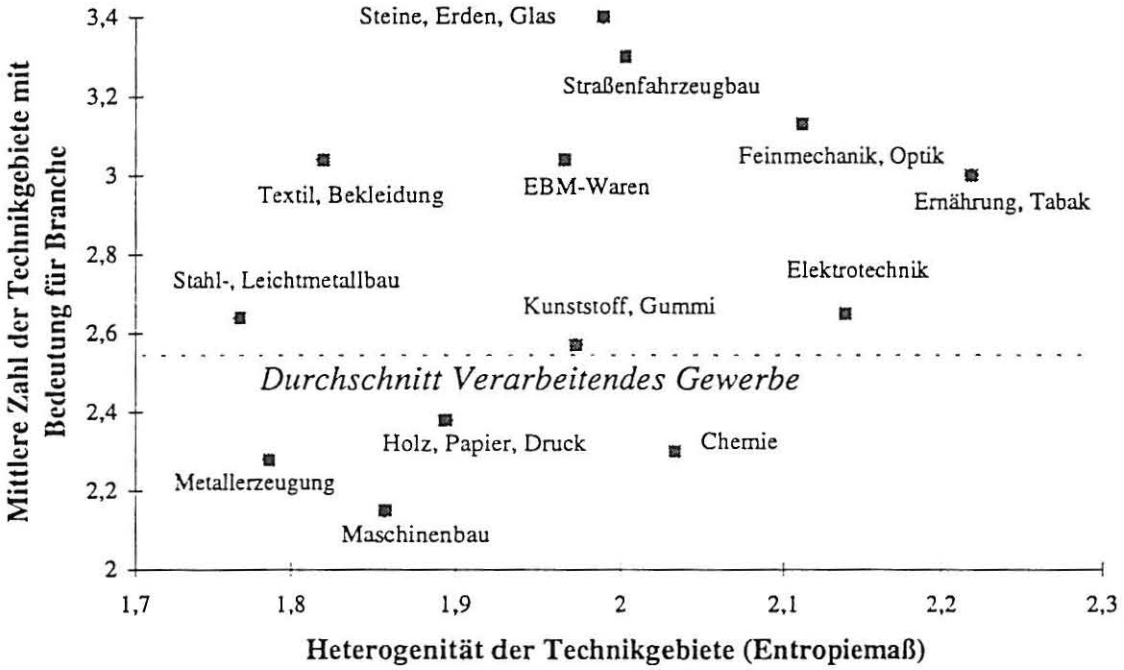

Abbildung 9: Zahl der Technikgebiete mit Bedeutung für einzelne Wirtschaftszweige und ihre technologische Heterogenität.[41]

Forschungsgruppen vorhanden. Qualifiziertes Personal müsse also speziell ausgebildet und gefördert werden, denn sonst würden weiterhin Biomediziner in Deutschland nicht existent sein.

41 Die Angaben sind der Innovationserhebung des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) und von Infas entnommen. Siehe bei Beise und Licht (1996, S. 13). Die Daten beruhen auf einer Umfrage im Vereinten Deutschland und beziehen sich auf die Jahre 1991 bis 1993. Abbildung 9 stellt auf dieser Datengrundlage eigene Berechnungen dar. In der zitierten Umfrage wurde die disziplinäre Strukturierung der Technikgebiete im Vergleich zur obigen Abhandlung vergröbert, um noch handhabbar zu sein. So werden durch Zusammenfassung 11 statt der oben verwendeten 23 Disziplinen gebildet, die sich aber zuordnen lassen.

Die für Deutschland wichtigen Branchen des Straßenfahrzeugbaus und der Elektrotechnik sowie die Feinmechanik und die Ernährung sind alle dadurch gekennzeichnet, daß das Innovationsgeschehen in diesen Branchen von einer überdurchschnittlich hohen Zahl von Technikgebieten abhängt. Diese Gebiete sind außerdem noch heterogen, d. h. sehr weit gestreut und für die jeweilige Branche nicht etwa so homogen, daß für die Arbeitsmarktpolitik ein Standardmuster der Unternehmen erkennbar wäre. Gerade die mometan beschäftigungsstarken Branchen liegen also unter einem erheblichen Anpassungsdruck durch neue Technik; die Anforderungen an interdisziplinäres Wissen betreffen nicht nur benachbarte Gebiete, sondern aufgrund der großen Heterogenität viele Gebiete der Technik, die nicht unbedingt verwandt sein müssen.[42]

Die Analyse gemäß Abbildung 9 unterstreicht, daß die zunehmende Anforderung nach Interdisziplinarität nicht etwa dadurch gelöst werden kann, daß homogen gedachte Branchen sich branchenverbindliche Aus- und Weiterbildungsprogramme zulegen. Vielmehr sind die herkömmlichen Wirtschaftszweige eher einem Verfallsprozeß ausgesetzt, was ihre Produktionsverwandtschaft und damit die Ähnlichkeit ihres Humankapitals nach wissenschaftlich-technischen Disziplinen angeht. Vor diesem Hintergrund sind also nicht nur neue Anforderungen an das Aus- und Weiterbildungssystem zu erwarten, sondern auch neue Fragen an die Organisation der Wirtschaft, ihre korporatistischen Möglichkeiten und ihre herkömmlichen Strukturen zu stellen. Es wird sicherlich kein günstiger Weg sein, den absehbaren Herausforderungen dadurch zu begegnen, daß jedes Unternehmen, vor allem ein mittleres oder kleines, sich selbst überlassen bleibt, denn es kann als "quantité négligeable" seine Anforderungen an den Arbeitsmarkt und das Ausbildungssystem gar nicht artikulieren. Ein *strategischer Dialog* zwischen Politik, Wissenschaft, dem Bildungssystem und den Unternehmen zum Thema "hochqualifizierte Arbeit" scheint unausweichlich zu sein. Bedauerlicherweise sind aufgrund der unbefriedigenden Situation bei Untersuchungen zu den Sozialberufen, den Ausbildungsberufen und allgemein den Dienstleistungsberufen keine weitergehenden Aussagen aus Sicht des zu erwartenden Strukturwandels in Wissenschaft, Technik und Innovation möglich.

7 Zusammenfassende Betrachtung und Empfehlungen

Die vorliegende Untersuchung hat viele Frage nur anreißen können und muß im wesentlichen zu der Feststellung kommen, daß die Datensituation im Hinblick auf die mutmaßliche

---

42 Das in Abbildung 9 verwendete Heterogenitätsmaß ist das Entropiemaß; methodisch siehe hierzu bei Grupp (1990). Es kann hier nicht im einzelnen erörtert werden.

Entwicklung von Wissenschaft und Technik sich in den letzten Jahren auch in Deutschland verbessert hat, daß aber eine Übertragbarkeit dieser Analysen auf die Frage des Arbeitsangebots, seiner Qualifizierung und insbesondere der Akademikerbeschäftigung noch nicht möglich erscheint. Alle in diesem Beitrag dargestellten Überlegungen haben vorläufigen und selektiven Charakter; ferner sind sie im Hinblick auf die Klassifizierung recht unterschiedlich und kaum vergleichbar.

Bei aller Zurückhaltung bezüglich der Datensituation scheinen sich folgende *Trendlinien* herauszuschälen. Die Aus- und Weiterbildung im Bereich von Wissenschaft und Technik steht vor neuen Anforderungen im Hinblick auf Infrastruktur und das Lehrpersonal. An Hochschulen und anderen Ausbildungsstätten werden sich die Strukturen verändern müssen; das Ausbildungspersonal selbst muß seine Fähigkeiten überprüfen, den neuen Anforderungen gerecht zu werden.

An alle höherqualifizierten Personen werden neue Anforderungen im Hinblick auf die Fähigkeit zur Kommunikation gestellt werden. Insbesondere wird das Personal in Forschung und Entwicklung im Bereich der Wirtschaftsunternehmen in häufigeren Kontakt mit Wissenschaftlern und Ingenieuren im öffentlichen Bereich kommen, um den Technologie- bzw. den Wissenstransfer in beiden Richtungen zu verbessern. Dem Unternehmenspersonal fällt dabei die Aufgabe zu, herauszufinden, welche wissenschaftliche Unterstützung für die momentanen Innovationsvorhaben erforderlich und vorhanden ist und wie man sie finden und erschließen kann. Das hochqualifizierte Personal im öffentlichen Bereich wird lernen müssen, unternehmerische Anwendungen aller Art (auch im Dienstleistungsbereich und insbesondere im sozialen Bereich) frühzeitig zu erkennen und entsprechend Interessierte einzubinden.

Die Fähigkeit zu interdisziplinärem Lernen wird stärker in den Vordergrund treten. Soweit die herkömmlichen Strukturen entsprechende, ggfs. auch wiederholte Lernvorgänge nicht erleichtern, wird es notwendig werden, das Anreiz- und ggfs. auch das Entlohnungssystem so umzuorganisieren, daß das Beherrschen interdisziplinärer Fähigkeiten attraktiver wird. Das entsprechende Lernen wird nicht in einer Frühphase der Ausbildung zu Ende sein, sondern während der beruflichen Laufzeit anhalten müssen. In die interdisziplinäre Beherrschung soll ausdrücklich der Bereich der Sozialwissenschaften eingeschlossen werden, obwohl gerade in dieser Hinsicht besonders wenige Erkenntnisse vorliegen. Dabei ist nicht nur an Managementfähigkeiten gedacht, sondern auch insbesondere an die Fähigkeiten zum Umgang mit jeweils anders sozialisierten Naturwissenschaftlern und Technikern, ggfs. auch im Ausland.

Es wäre zu hoffen, daß die Größe der Herausforderung für ein humankapitalstarkes Land wie Deutschland erkannt wird, das im internationalen Ringen um Einkommen und Beschäftigung eine Reihe von traditionellen Produktionsfaktoren im Wettbewerb der Standorte nicht gewinnbringend einsetzen kann (z. B. Rohstoffe, billige Produktionsflächen, belastbare Umwelt, niedrige Löhne etc.). Eine der wesentlichen Stärken Deutschlands im internationalen Wettbewerb ist sein Humankapital in der Breite und in der Spitze. Mit einer Modernisierung dieses Faktors steht und fällt das zukünftige Erwirtschaften von Wohlstand. Es wäre zu wünschen, daß eine bessere Durchdringung der Zusammenhänge ermöglicht wird.

Quellenverzeichnis

Beise, M. und G. Licht, Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft. Gemeinschaftsgutachten zur "erweiterten Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands" im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), Mannheim, 1995.

Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) (Hrsg.), Deutscher Delphi-Bericht zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik, Selbstverlag, Bonn 1993.

Carstensen, K., WEFA-Studie-Szenario Hochtechnologie, Frankfurt a.M., 1995.

Cuhls, K. und T. Kuwahara, Outlook for Japanese and German Future Technology, Heidelberg, Physica-Verlag, 1994.

Deutsches Patentamt, Blatt für Patent-, Muster- und Zeichenwesen, Statistiken, 97 (3), S. 82-115, 1995.

Freeman, C., J. Clark und L. Soete, Unemployment and Technical Innovation, London, Francis Pinter, 1982.

Gehrke, B., H. Grupp, H. Legler, G. Münt, U. Schasse und U. Schmoch, Innovationspotential und Hochtechnologie, Heidelberg, Physica-Verlag, zweite, wesentlich erweiterte und aktualisierte Auflage, 1994.

Gehrke, B., H. Legler, U. Schasse, F. Wagner, H. Grupp, G. Münt und U. Schmoch, Wissensintensive Wirtschaft und ressourcenschonende Technik, Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), Teile A bis E, Hannover und Karlsruhe, 1995a.

Gehrke, B., H. Legler, V. Machate-Weiß, U. Schasse und F. Wagner. Industrieforschung sowie internationaler Handel, Produktion, Beschäftigung und Investitionen im forschungsintensiven Sektor der deutschen Industrie, Gemeinschaftsgutachten zur "erweiterten Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands" im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), Hannover, 1995.

Gibbons, M., C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott und M. Trow, The new production of knowledge, London, Sage Publications, 1994.

Gornik, M., Gesamtwirtschaftliche Projektionen und Möglichkeiten einer Regionalisierung, in NIW (1995), S. 41-56.

Grenzmann, Ch. und M. Müller (Hrsg.), Wissenschafts- und Technologieindikatoren, Technologische Innovationen, SV-Gemeinnützige Gesellschaft für Wissenschaftsstatistik, Materialien zur Wissenschaftsstatistik, Heft 8, Essen, 1994.

Grupp, H., The Concept of Entropy in Scientometrics and Innovation Research, Scientometrics 18, S. 219 - 239, 1990.

Grupp, H., Innovationsaktivitäten in strategischen Sektoren: Meßmethoden und empirische Befunde für ausgewählte Technologiegebiete, in Grenzmann, Müller (1994), S. 71 - 96.

Grupp, H. (Hrsg.), Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts, Heidelberg, Physica-Verlag, zweite unveränderte Auflage 1995.

Grupp, H., Vorausschau und Bewertung der technischen Entwicklung, in Pleschak, Sabisch (1996), S. 132-146.

Grupp, H., Spillover Effects and the Science Base of Innovation Reconsidered: An Empirical Macro-Economic Approach, Journal of Evolutionary Economics, im Druck, 1996a.

Grupp, H. und U. Schmoch, Wissenschaftsbindung der Technik, Heidelberg, Physica-Verlag, 1992.

Harhoff, D. und H. König, Neuere Ansätze der Industrieökonomik - Konsequenzen für eine Industrie- und Technologiepolitik, in Meyer-Krahmer (1993), S. 47 - 67.

Henn, R. (Hrsg.), Technologie, Wachstum und Beschäftigung, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 1987.

Hummel, M., K. Faust, R. Köddermann, K. Vogler-Ludwig, C. Saul, H. Schedl, C. Waldkircher-Heyne und M. Wilhelm, Strukturbericht 1995, Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft, München, 1995.

Jochem, E., Technikfolgenabschätzung am Beispiel der Solarenergienutzung, Frankfurt, Peter Lang, 1988.

Katsoulacos, The Employment Effect of Technical Change, Honiton, 1986.

König, H., Innovationsaktivität und Beschäftigung: Einige empirische Ergebnisse, in Henn (1987), S. 1008 - 1017.

Kromphardt, J. und M. Teschner, Neuere Entwicklung der Innovationstheorie, Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung, ohne Bandnr., S. 235 - 248, 1986.

Legler, H., Endspurt zum Jahre 2000 - Niedersachsens Position im Wettbewerb, in NIW (1995), S. 1-40.

Matzner, E., Forschungsplanung, Methoden und Ergebnisse der META-II-Studie aus der Sicht des Koordinators, in Oppenländer (1991), S. 19 - 39.

Meyer-Krahmer, F., The Effects of New Technologies on Employment, Econ. Innov. New Techn. 2, S. 131 - 149, 1992.

Meyer-Krahmer, F. (Hrsg.), Innovationsökonomie und Technologiepolitik, Heidelberg, Physica-Verlag, 1993.

Münt, G., Dynamik von Innovation und Außenhandel, Entwicklung technischer und wirtschaftlicher Spezialisierungsmuster, Heidelberg, Physica-Verlag, 1996.

Nettelsiefen, B., Technischer Wandel und Beschäftigung; Rekonstruktion der Freisetzungs- und Beschäftigungsdebatten, Frankfurt, Campus, 1981.

NIW (Hrsg.), NIW-Workshop 1994/95, Hannover, 1995.

Oppenländer, K. H. (Hrsg.), Beschäftigungsfolgen moderner Technologien, Berlin, New York, de Gruyter, 1991.

Oppenländer, K. H., Planung und Durchführung der META-II-Studie aus der Sicht des wissenschaftlichen Begleitausschusses, in derselbe (1991), S. 8 - 15.

Pianta, M., R. Evangelista und G. Perani, The Dynamics of Innovation and Employment: An International Comparison, Seminaire d'experts sur la technologie, la productivité et l'emploi: Analyses macro-economiques et sectorielles, Paris, OECD, 1995.

Pleschak, F. und H. Sabisch (Hrsg.), Innovationsmanagement, Stuttgart, Schäffer-Poeschel Verlag, 1996.

Schips, B. und H. Kaplanek, Lohnniveau, Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung: Einige ökonomische Überlegungen zur wirtschaftspolitischen Argumentation mit den Kosten des Faktors Arbeit, in Henn (1987), S. 1018 - 1040.

Schmoch, U., H. Grupp, W. Mannsbart und B. Schwitalla, Technikprognosen mit Patentindikatoren, Köln, Verlag TÜV Rheinland, 1988.

Verein Deutscher Ingenieur, Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen, Erläuterungen und Hinweise zur VDI-Richtlinie 3780, VDI-Report 15, Düsseldorf, 1991.

Weißhuhn, G., J. Wahse und A. König, Arbeitskräftebedarf in Deutschland bis 2010, Schriftenreihe Studien zu Bildung und Wissenschaft 116, 1994.