

Zur Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität in den Wirtschaftszweigen der Bundesrepublik Deutschland	83
Einsatz von CNC-Werkzeugmaschinen und Indu- strierobotern: Beschäftigungssparende Effekte überwiegen	89

DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

WOCHENBERICHT 8/89

Berlin

23. Februar 1989

56. Jahrgang

Zur Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität in den Wirtschaftszweigen der Bundesrepublik Deutschland

Die Effizienz eines Wirtschaftsbereichs kann unterschiedlich gemessen werden. Die Totale Faktorproduktivität (TFP) ist bei sektoraler Betrachtung ein besseres Maß als die Arbeitsproduktivität¹. Ein Vergleich der Entwicklung der TFP nach Wirtschaftsbereichen deutet daraufhin, daß es kein einheitliches Erklärungsmuster gibt. Immerhin zeigt sich, daß Effizienzsteigerungen häufiger in expandierenden als in schrumpfenden Wirtschaftsbereichen auftreten. Investitionssteigerungen können zur Vergrößerung der Effizienz beitragen; allerdings ist es auch bei einem Rückgang der Investitionen möglich, durch Unternehmenszusammenschlüsse und eine damit einhergehende bessere Auslastung der verbleibenden Kapazitäten Produktivitätssteigerungen zu erzielen. In der Bundesrepublik Deutschland scheint sich der langfristige Trend zur Verlangsamung des Produktivitätsanstiegs in den 80er Jahren fortgesetzt zu haben. Allerdings ist die Entwicklung von 1980 bis 1984 — aktuellere Daten sind für diese Berechnungen bisher nicht verfügbar — noch sehr stark durch die zweite Ölpreiskrise und die Rezession geprägt; die für diese Periode gemessenen sehr niedrigen Produktivitätssteigerungen können deshalb nicht als repräsentativ für die 80er Jahre angesehen werden.

Die Totale Faktorproduktivität als Indikator der wirtschaftlichen Effizienz

Während unter dem Zuwachs der Arbeitsproduktivität allein die Zunahme der Produktion in Relation zum Arbeitsvolumen zu verstehen ist, wird der Zuwachs der Totalen Faktorproduktivität als jener Produktionsanstieg definiert, der nicht auf Änderungen der Faktormengen zurückgeführt werden kann. In Betracht kommen dabei solche Vorgänge wie eine Vergrößerung der Kapazitätsauslastung, eine Verbesserung der Organisation im Betrieb und, vor allem, der technische Fortschritt.

Arbeitsproduktivität und TFP entwickeln sich fast immer unterschiedlich. Ein Anstieg der Arbeitsproduktivität kann — wenn in erheblichem Umfang zusätzliches Kapital in Form von Bauten und Ausrüstungen eingesetzt wird — mit einem Sinken der TFP verbunden sein. Ein Anstieg der Arbeitsproduktivität signalisiert deshalb nicht notwen-

digerweise einen wirtschaftlichen Effizienzgewinn des jeweiligen Wirtschaftssektors. Denn in der TFP wird auch der durch Substitution von Arbeit durch Kapital entstandene Effizienzverlust berücksichtigt und nur der verbleibende Effizienzgewinn ausgewiesen. Durch die Entwicklung der TFP wird deshalb die Gesamtentwicklung der Effizienz eines Sektors angemessener beschrieben als durch die Entwicklung der Arbeitsproduktivität.

¹ Vgl. Deutsche Bundesbank: Der Produktivitätsfortschritt in der Bundesrepublik und seine Bestimmungsfaktoren, Monatsberichte der Deutschen Bundesbank, 32. Jahrgang, Nr. 1, Januar, 1980, S. 11–17. Klodt, H.: Produktivitätsschwäche in der deutschen Wirtschaft, Tübingen, 1984. Investitionen, Beschäftigung und Produktivität, Zu den Arbeitsplatzeffekten einer verstärkten Investitionstätigkeit vor dem Hintergrund sektoraler Entwicklungen, Gutachten im Auftrage des Bundesministers für Wirtschaft, DIW, 1987. Unger, R.: Messung und Analyse der Totalen Faktorproduktivität für 28 Sektoren der Bundesrepublik Deutschland, 1960 bis 1981, Europäische Hochschulschriften, Bd. 762, Frankfurt am Main, 1986.

Beim Vergleich eines inländischen Sektors mit dem gleichen Sektor in anderen Ländern gibt die Entwicklung der Arbeitsproduktivität ein unzutreffendes Bild von der Wettbewerbsfähigkeit dieses Sektors. Während Japan gegenüber der Bundesrepublik Deutschland in den meisten Bereichen einen höheren Anstieg der Arbeitsproduktivität ausweist, zeigt ein Vergleich auf Basis von TFP-Werten ein relativ ausgeglichenes Bild².

Verwendete Berechnungsmethode für die TFP

Die TFP kann, wie auch die Arbeitsproduktivität, verschieden ermittelt werden³. Hier wird die Produktivität nach der Bruttomethode auf der Basis der Bruttoproduktionswerte berechnet. Die OECD hingegen verwendet die Bruttowertschöpfung als Maß für die Produktionssteigerung (Nettomethode)⁴. Der Vorteil der Brutto- gegenüber der Nettomethode besteht in der Berücksichtigung der Vorleistungen, die ebenso wie die Faktoren Arbeit und Kapital effizient oder ineffizient genutzt werden können.

Die TFP ist als Quotient aus einem Produktionsindex und einem Faktormengenindex definiert. Der Produktionsindex ergibt sich durch Division der Bruttoproduktion des jeweiligen Berichtsjahres durch den Wert des Anfangsjahres. Zur Bestimmung des Faktormengenindex wird der Törnqvist-Index verwendet⁵. Dieses Verfahren ist das derzeit am häufigsten angewendete Konzept zur TFP-Messung.

Bei der Berechnung der TFP wurden vier Faktoren voneinander unterschieden: Arbeitsvolumen (effektive Erwerbstätigenstunden)⁶, Vorleistungen⁷, Anlagevermögen an Ausrüstungen und an Bauten⁸.

Es ist bekannt, daß aufgrund von konjunkturellen Schwankungen der Kapazitätsauslastung die so berechnete TFP zyklisch schwankt. Zu einer Analyse der langfristigen Entwicklung sollte deshalb die TFP um die Schwankungen der Kapazitätsauslastungen bereinigt werden. Eine einfache — in diesem Beitrag verwendete — Lösung des Problems liegt in der Berechnung von mehrjährigen Durchschnitten der TFP-Änderungen.

Die TFP und die Arbeitsproduktivität für die Gesamtwirtschaft entwickelten sich in der Periode 1961 bis 1984 wie folgt (vgl. Tabelle 1):

- Die Arbeitsproduktivität je Erwerbstätigenstunde verdreifachte sich nahezu. Dieses Ergebnis ist weitgehend unabhängig davon, ob der Indexstand Bruttoproduktion (274) oder der der Wertschöpfung (263) als Bezugsgröße dient.
- Wird die TFP nach der Nettomethode (Arbeit und Kapital) berechnet, so ergibt sich für diesen Zeitraum eine Verdopplung der Produktivität (205).
- Die TFP nach der Bruttomethode (Arbeit, Kapital, Vorleistungen) weist statt dessen für die zweieinhalb Dekaden einen Anstieg von 30 Indexpunkten auf.

Tabelle 1

Indizes der Produktivität in der Gesamtwirtschaft¹⁾ 1961 bis 1984 1961 = 100

	TFP		Brutto- produktion	Bruttowert- schöpfung
	netto	brutto	je Erwerbstätigen- stunde	
1961	100	100	100	100
1965	117	106	127	123
1970	145	115	170	162
1975	176	122	211	202
1980	204	129	252	240
1981	207	128	253	243
1982	206	127	257	249
1983	203	129	263	255
1984	205	130	274	263

¹⁾ zu Preisen von 1980
Quelle: Berechnungen des DIW.

² Nakamura, S.: Produktivitätsentwicklung und Forschung und Entwicklung in der deutschen und japanischen Industrie, in: Sektorale und gesamtwirtschaftliche Beschäftigungswirkungen moderner Technologien, Gutachten im Auftrage des Bundesministers für Forschung und Technologie, DIW, 1988, Bd. 2, S. 168–198.

³ Diewert, W.E.: The Theory of Total Factor Productivity Measurement in Regulated Industries. in: Productivity Measurement in Regulated Industries, Hrsg. von Cowing, Stevenson, Academic Press, New York, 1981, S. 17–44.

⁴ OECD: Structural Adjustment and Economic Performance, Paris, 1987.; A.S. Englaender und A. Mittelstädt: Total Factor Productivity: Macroeconomic and Structural Aspects of the Slow Down, in: OECD Economic Studies, No. 10/ Spring 1988.

⁵ Törnqvist, L.: The Bank of Finland's consumption price index, Bank of Finland Monthly Bulletin, Vol. 10, 1936, S. 1–8. Der Törnqvist-Faktormengenindex ist ein gewichtetes Mittel von Mengenindizes der einzelnen Faktoren. So wird die Zahl der Erwerbstätigenstunden eines Jahres durch die Zahl für das Anfangsjahr dividiert, das gleiche gilt bei den anderen Faktoren Vorleistungen und Anlagevermögen. Als Gewichte für die einzelnen Indizes der Faktormengen werden die Anteile an den Gesamtkosten berechnet. Für die Erwerbstätigenstunden sind dies die gesamten Lohnkosten, für das Anlagevermögen die Kapitalnutzungskosten. Da die Kostenanteile im allgemeinen von Jahr zu Jahr schwanken, wird das arithmetische Mittel für den Anteil des jeweiligen Jahres und des Vorjahres als Gewichtungsfaktor verwendet. Der Törnqvist-Index ist daher ein Index mit über die Zeit wechselnden Gewichten. Die einzelnen Mengenindizes werden mit den Kostenanteilen als Exponenten multiplikativ zum Faktormengenindex verknüpft.

⁶ Kohler, Reyher, L.: Arbeitszeit und Arbeitsvolumen in der Bundesrepublik Deutschland 1960–1986, Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, BeitrAB 123, 1988, S. 397–402.

⁷ Statistisches Bundesamt: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Fachserie 18, Reihe 1.3, Konten und Standardtabellen, Wiesbaden, 1988.

⁸ Görzig, B.: Das Sachvermögen in den Wirtschaftsbereichen der Bundesrepublik Deutschland, DIW-Beiträge zur Strukturfor- schung, Heft 71, Berlin 1982.

Tabelle 2

Indizes der Produktion und der Faktormengenentwicklung¹ 1961-1984 in der Gesamtwirtschaft
1961 = 100

	Brutto- produktion	Vorlei- stungen	Bruttowert- schöpfung	Bruttoaus- rüstungs- vermögen	Bruttobau- vermögen	Brutto- anlage- vermögen	Erwerbstäti- genstunden
1961	100	100	100	100	100	100	100
1965	124	126	121	135	126	128	98
1970	156	162	149	179	163	166	92
1975	173	180	166	234	206	211	82
1980	207	217	197	277	246	252	82
1981	205	213	197	287	255	261	81
1982	203	209	197	296	263	269	79
1983	205	210	199	302	271	277	78
1984	214	222	205	308	280	285	78

Quelle: Berechnungen des DIW.

Es zeigt sich, daß bei Einbeziehung mehrerer oder aller Faktoren der gemessene Produktivitätsfortschritt niedriger ist. Dies liegt einmal am Rückgang der Erwerbstätigenstunden um rund ein Viertel (78) und zum anderen am Anstieg des Anlagevermögensbestandes, wobei das Ausrüstungsvermögen (308) schneller als das Bauvermögen (280) zunahm. Der Anstieg der Kapitalintensität erhöhte die Arbeitsproduktivität stärker als die TFP. Zudem wuchsen die Vorleistungen rascher (222) als die Bruttoproduktion (214), so daß auch die Vorleistungsintensität stieg. Daraus ergibt sich, daß die TFP nach der Bruttomethode langsamer als die TFP nach der Nettomethode zugenommen hat. Dagegen haben sich die Kostenanteile der Faktoren nicht wesentlich verändert.

Zur Entwicklung der TFP nach Wirtschaftsbereichen

In Tabelle 3 und 4 sind für die Analyse der TFP-Entwicklung in 39 Wirtschaftsbereichen die durchschnittlichen Änderungsraten in vH für die Zeit vor der ersten Ölpreiskrise (1962 bis 1973), der Periode zwischen den beiden Ölpreiskrisen (1974 bis 1979) und für die erste Hälfte der 80er Jahre (1980 bis 1984) zusammengestellt. Die Änderungsraten der TFP werden zusammen mit denen der Arbeitsproduktivität, der Zahl der Erwerbstätigen sowie der Bruttoproduktion und der Bruttoanlageinvestitionen zu Preisen von 1980 dargestellt.

Für rund die Hälfte der Wirtschaftsbereiche ist von Periode zu Periode ein Rückgang der durchschnittlichen TFP-Wachstumsraten zu verzeichnen. Dies deckt sich mit dem in den OECD-Ländern beobachteten Trend zu einer Verlangsamung des Produktivitätsfortschritts. Dabei nimmt die Bundesrepublik Deutschland eher eine mittlere Position zwischen Japan und den USA ein (vgl. OECD)⁹.

Bei sieben Wirtschaftsbereichen geht die TFP in den 80er Jahren bis 1984 sogar zurück. Zum Teil kann dies mit

einem langfristigen Rückgang der Kapazitätsauslastung in diesen Wirtschaftsbereichen zusammenhängen. Dies dürfte im Bereich Seeschifffahrt der Fall sein, wo staatlicher Schutz vor der harten internationalen Konkurrenz den Abbau von Überkapazitäten gehemmt hat. Eine Neuberechnung unter Einbeziehung der Kapazitätsauslastung könnte hier mehr Aufschluß bringen.

Spitzenreiter beim Zuwachs der TFP sind in der ersten Hälfte der 80er Jahre die Bereiche Büromaschinen, ADV, Tabakverarbeitung, Luft- und Raumfahrzeugbau sowie Nachrichtenübermittlung. In der Tabakverarbeitung kann dieser Trend einmal auf Skaleneffekte als Folge der Konzentration der Produktionsstätten aufgrund der Berlin-Präferenzen zurückgeführt werden, zum anderen können die Erhöhungen der Tabaksteuer zu Ungenauigkeiten bei der Berechnung der Bruttoproduktionswerte zu Preisen von 1980 geführt haben. In den beiden Bereichen Büromaschinen, ADV und Nachrichtenübermittlung hat sich besonders die Revolution in der Mikroelektronik ausgewirkt. Diese neuen Technologien führen bei steigender Nachfrage zu erheblichen Einsparungen beim Faktoreinsatz: Chips statt Röhren und Transistoren, elektronische Wählsysteme statt mechanischer Relais. Im Luft- und Raumfahrzeugbau treten Skaleneffekte auf, da gemeinsame europäische Produktionsprogramme größere Serien im zivilen und militärischen Bereich erlauben. Die kräftig gestiegene Nachfrage nach Airbussen zu Beginn der 80er Jahre zeigt hier ihre Wirkung.

Die langjährige Verlangsamung des TFP-Fortschritts hängt u.a. mit der Entwicklung der Nachfrage, der Anlageinvestitionen und der Zahl der Erwerbstätigen zusammen. Als „typisch“ gilt, daß eine Zunahme der Nachfrage, eine Zunahme der Investitionen und eine — auch dadurch bedingte — „Freisetzung“ von Arbeitskräften die

⁹ OECD: Structural Adjustment and Economic Performance, Paris, 1987, S. 26–29.

Tabelle 3

Produktivitätsentwicklung 1962 bis 1984

Wirtschaftsbereiche	durchschnittliche jährliche Veränderungsrate in vH						
	TFP			Arbeitsproduktivität ¹⁾			
	62-73	74-79	80-84	62-73	74-79	80-84	
Verarbeitendes Gewerbe							
Grundstoff- und Produktionsgüter							
1	Chemische Industrie	2,3	1,4	0,3	9,0	5,8	1,5
2	Mineralölverarbeitung	0,5	0,0	0,3	8,1	7,7	-1,3
3	Kunststoffwaren	2,5	1,0	0,8	8,8	4,2	2,9
4	Gummiverarbeitung	1,8	0,9	0,8	6,2	2,8	1,9
5	Steine und Erden	1,8	1,3	0,2	7,2	4,1	1,4
6	Feinkeramik	2,3	1,0	1,2	5,3	2,5	2,2
7	Glas	1,8	1,4	1,0	6,3	5,0	3,5
8	Eisenschaffende Industrie	1,4	1,3	0,3	6,8	5,3	2,8
9	NE-Metallerzeugung	0,8	1,2	1,1	6,2	7,3	4,4
10	Gießereien	1,5	1,2	0,6	4,7	2,8	1,9
11	Ziehereien, Kaltwalzwerke	1,3	0,5	-0,1	5,1	2,2	0,7
Investitionsgüter							
12	Stahlbau	2,0	1,4	-0,1	6,8	4,3	-0,2
13	Maschinenbau	1,2	1,0	0,3	4,4	3,4	1,5
14	Büromaschinen, ADV	4,0	4,6	3,9	11,3	13,0	12,0
15	Straßenfahrzeugbau	1,2	1,5	0,0	5,0	5,2	1,2
16	Schiffbau	1,9	-0,6	2,3	7,7	-0,6	4,7
17	Luft- und Raumfahrzeuge	2,4	-1,4	3,4	8,7	0,4	3,4
18	Elektrotechnik	2,3	1,8	1,6	7,3	5,3	4,5
19	Feinmechanik, Optik	2,3	1,2	0,5	6,3	3,1	2,5
20	EBM-Waren	1,6	0,9	0,3	5,7	2,8	2,1
Verbrauchsgüter							
21	Musikinstrumente, Spielwaren	1,2	0,5	-0,8	4,4	2,0	-1,2
22	Holzbearbeitung	1,7	0,2	1,1	8,4	2,5	2,0
23	Holzverarbeitung	2,8	0,5	-0,6	9,0	2,2	-0,5
24	Zellstoff- und Papier	1,5	1,3	1,8	7,7	5,5	4,7
25	Papier- und Pappe	1,0	0,6	1,5	5,5	2,8	3,9
26	Druckerei, Vervielfältigung	2,3	1,8	1,0	5,6	4,9	2,6
27	Textilgewerbe	1,6	1,7	1,0	6,4	6,3	3,3
28	Ledergewerbe	0,9	1,0	-0,0	3,1	3,4	2,3
29	Bekleidungsgewerbe	1,3	1,3	0,6	5,4	4,6	2,1
Nahrungs- und Genussmittelgewerbe							
30	Ernährung und Getränke	0,3	0,7	0,4	4,9	3,3	2,5
31	Tabakverarbeitung	2,1	2,8	3,7	10,3	5,4	2,2
Baugewerbe							
32	Bauhauptgewerbe	1,4	1,9	0,2	4,1	4,4	0,5
33	Ausbaugewerbe	1,2	-0,0	-0,6	2,8	-0,0	-0,1
Handel							
34	Großhandel, Handelsverm.	2,1	1,3	0,6	5,4	3,3	1,7
35	Einzelhandel	2,2	1,7	0,7	5,4	4,0	1,6
Verkehr							
36	Eisenbahnen	0,9	0,8	0,2	3,1	4,7	1,8
37	Schifffahrt, Häfen	-0,4	1,1	-1,4	1,3	5,5	2,3
38	Straßenverkehr, übr.Verkehr	1,9	1,4	0,5	8,7	4,1	3,5
39	Nachrichtenübermittlung	1,8	4,2	2,9	6,8	6,9	2,8

¹⁾ Die Arbeitsproduktivität wird berechnet als Bruttoproduktion je Erwerbstätigenstunde.

Quellen: Statistisches Bundesamt, IAB, Berechnungen des DIW.

TFP vergrößern. Allerdings läßt sich dieses „Erklärungsmuster“ keineswegs auf alle Bereiche anwenden: Ein Rückgang der Nachfrage, der ein Sinken der Produktion

nach sich zieht, führt nicht notwendigerweise zu einer Verminderung der TFP. Ein Anstieg der Bruttoanlageinvestitionen muß nicht einen Anstieg der TFP zur Folge

Tabelle 4

Bruttoproduktion, Bruttoanlageinvestitionen und Erwerbstätige 1962 bis 1984

Wirtschaftsbereiche	durchschnittliche jährliche Veränderungsraten in vH								
	Bruttoproduktion zu Preisen von 1980			Bruttoanlageinvestitionen zu Preisen von 1980			Erwerbstätige		
	62-73	74-79	80-84	62-73	74-79	80-84	62-73	74-79	80-84
1-31 Verarbeitendes Gewerbe									
1-11 Grundstoff- und Produktionsgüter									
1 Chemische Industrie	9,0	4,7	0,2	0,6	0,7	-2,6	1,1	-0,2	-1,1
2 Mineralölverarbeitung	8,6	-0,7	0,9	6,2	-12,0	1,8	1,6	-7,6	1,2
3 Kunststoffwaren	13,5	3,8	3,9	8,6	3,3	0,4	5,4	0,5	1,4
4 Gummiverarbeitung	6,4	-0,3	-0,2	2,4	-2,1	-0,7	1,2	-2,6	-1,9
5 Steine und Erden	5,5	-0,2	-2,7	2,9	-5,0	-6,3	-0,9	-3,3	-2,9
6 Feinkeramik	2,3	-0,5	-0,8	2,9	-5,9	2,0	-1,9	-2,4	-2,5
7 Glas	5,4	1,6	-0,3	3,1	-2,5	3,3	0,3	-2,5	-3,6
8 Eisenschaffende Industrie	3,1	1,6	-2,6	-1,4	-6,2	-2,9	-2,8	-2,0	-5,0
9 NE-Metallerzeugung	5,2	3,6	1,7	4,6	-5,4	-2,7	-0,1	-3,0	-1,9
10 Gießereien	1,5	-0,4	-2,5	1,1	-3,7	-3,0	-2,1	-2,2	-3,7
11 Ziehereien, Kaltwalzwerke	4,1	0,1	-1,6	-1,0	-1,3	-3,4	-0,6	-1,0	-1,9
12-20 Investitionsgüter									
12 Stahlbau	4,2	0,9	-3,5	4,1	-1,3	-8,4	-1,5	-1,9	-2,7
13 Maschinenbau	4,1	1,0	-1,2	1,5	1,7	-1,7	0,7	-1,5	-1,9
14 Büromaschinen, ADV	14,1	7,3	13,5	9,7	8,1	0,5	4,1	-5,3	1,7
15 Straßenfahrzeugbau	7,2	4,8	0,1	1,3	9,0	-1,1	3,4	1,1	-0,5
16 Schiffbau	4,7	-4,7	0,9	2,7	1,3	-14,6	-2,2	-3,4	-4,2
17 Luft- und Raumfahrzeuge	11,8	3,8	4,3	1,4	15,0	1,2	4,3	3,7	2,3
18 Elektrotechnik	7,7	3,0	2,5	4,6	1,7	3,0	1,6	-1,6	-1,8
19 Feinmechanik, Optik	6,4	3,3	-0,7	3,5	5,0	0,8	1,0	0,8	-2,9
20 EBM-Waren	4,6	-0,4	-0,5	4,1	-1,0	1,2	-0,3	-2,1	-2,1
21-29 Verbrauchsgüter									
21 Musikinstrumente, Spielwaren	2,5	1,5	-4,8	4,9	4,8	-6,5	-0,7	0,2	-3,3
22 Holzbearbeitung	5,3	-2,1	-1,1	2,9	-3,9	-5,6	-2,3	-3,4	-2,8
23 Holzverarbeitung	6,4	-0,0	-4,3	5,0	-3,8	-8,3	-1,9	-1,1	-3,4
24 Zellstoff- und Papier	4,3	1,3	3,3	-1,5	6,2	-7,8	-2,3	-3,3	-1,1
25 Papier- und Pappe	5,3	-1,1	1,2	4,5	1,6	-3,0	0,8	-3,4	-2,3
26 Druckerei, Vervielfältigung	4,9	0,9	-0,0	4,7	2,2	-1,7	0,5	-3,3	-2,0
27 Textilgewerbe	2,3	0,1	-2,1	-2,0	-3,7	3,7	-3,2	-5,6	-5,2
28 Ledergewerbe	-2,0	-1,4	-2,9	-5,6	2,0	-6,3	-4,1	-4,6	-5,1
29 Bekleidungsgewerbe	2,1	-0,4	-3,1	-1,1	-1,4	-3,2	-2,1	-4,7	-5,2
30-31 Nahrungs- und Genußmittelgewerbe									
30 Ernährung und Getränke	4,2	1,9	0,2	2,2	-2,1	-1,7	-0,0	-0,6	-2,0
31 Tabakverarbeitung	2,7	0,5	-0,9	3,2	9,2	-1,9	-6,4	-4,5	-3,3
32-33 Baugewerbe									
32 Bauhauptgewerbe	3,2	-0,6	-1,4	1,8	-0,8	-13,0	0,3	-3,9	-2,3
33 Ausbaugewerbe	3,5	0,0	-0,9	3,6	2,7	-3,3	1,5	1,0	-0,8
34-35 Handel									
34 Großhandel, Handelsverm.	4,4	1,7	1,0	2,1	0,2	-2,4	0,3	-1,0	-0,2
35 Einzelhandel	4,5	3,5	0,1	4,9	-2,0	-2,9	0,4	0,4	-1,0
36-39 Verkehr									
36 Eisenbahnen	1,4	0,4	-1,2	-0,1	-2,6	-1,4	-1,3	-3,3	-2,3
37 Schifffahrt, Häfen	-0,8	1,0	-1,9	7,3	-7,8	4,3	-2,0	-3,0	-3,2
38 Straßenverkehr, übr. Verkehr	6,9	4,0	2,8	8,6	3,6	-4,9	1,2	1,0	0,2
39 Nachrichtenübermittlung	7,7	5,7	3,2	12,5	-3,3	8,1	1,6	-0,2	0,8

Quellen: Statistisches Bundesamt, IAB, Berechnungen des DIW.

haben. Die Freisetzung von Arbeitskräften, die insbesondere im verarbeitenden Gewerbe nach der ersten Ölpreiskrise zu beobachten war, führt nicht immer zu einer Be-

schleunigung des Produktivitätsfortschritts. Bei der Analyse der TFP-Entwicklung müssen deshalb weitere für den einzelnen Wirtschaftsbereich spezifische Faktoren

beachtet werden. Beispielsweise können Unternehmenskonzentrationen bei sinkenden Investitionen eine Beschleunigung des TFP-Fortschritts herbeiführen.

Der „typische“ Zusammenhang zwischen TFP, Produktion und Investition findet sich bei der chemischen Industrie. Die durchschnittlichen Wachstumsraten des Bruttoproduktionswertes zu Preisen von 1980 fielen von rund 9 vH in der Periode 1962–73, auf 4 vH in der Periode 1974–79 und auf 0,15 vH in der ersten Hälfte der 80er Jahre. Die durchschnittlichen Wachstumsraten der Bruttoanlageinvestitionen sanken gleichfalls; während der Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Periode minimal ist, sanken die Bruttoanlageinvestitionen in der Periode 1980 bis 1984 um durchschnittlich 2,5 vH. Von 1973 an nahm auch die Zahl der Erwerbstätigen allmählich ab. Die TFP-Wachstumsrate ging gleichfalls zurück.

Beim Maschinenbau war der Verlauf ähnlich wie bei der chemischen Industrie. Hier sank die TFP-Wachstumsrate auf ein Sechstel des für die Periode 1962–1973 berechneten Wertes. Die weltweite Abschwächung der Investitionsgüternachfrage nach der zweiten Ölpreiskrise findet hier in einem Rückgang der Bruttoproduktion um durchschnittlich 1,2 vH ihren Ausdruck. Das Investitionsniveau bei den Anlagen war gleichfalls rückläufig. Die Zahl der Erwerbstätigen sank hier rascher als in der chemischen Industrie.

Anders als bei der Chemie und dem Maschinenbau stieg beim Straßenfahrzeugbau die TFP-Wachstumsrate nach dem ersten Ölpreisschock um 1,5 vH, begleitet von einem Schub bei den Anlageinvestitionen und einer steigenden Zahl von Erwerbstätigen. Die starke Nachfrage nach kraftstoffsparenden Fahrzeugen hatte eine raschere Umstellung der Produktion zur Folge. Dabei wurden neue Fertigungstechniken und Verfahren schneller als ursprünglich geplant eingeführt. Die Verminderung des TFP- und Investitionswachstums zu Beginn der 80er Jahre signalisiert, daß diese Umstellungen damals weit-

gehend abgeschlossen waren. Von da an wurde auch die Beschäftigung in diesem Bereich reduziert. Da die Nachfrage keine kräftigere Expansion erlaubte, sanken die durchschnittlichen Wachstumsraten der Bruttoproduktion und tendierten auf Null.

Wie bei der Chemie und beim Maschinenbau, wenn auch weniger ausgeprägt, hat sich in der Elektrotechnik das TFP-Wachstum von Periode zu Periode abgeschwächt. Der Zuwachs nach der ersten Ölpreiskrise war vergleichsweise groß. Dabei fällt auf, daß die Verdopplung der Wachstumsrate der Anlageinvestitionen (von 1,7 auf gut 3,0 vH) keinen signifikanten Effekt auf die TFP-Entwicklung hatte. Hier dürften verkürzte Produktlebenszyklen infolge einer rascheren Verbreitung neuer Basistechnologien eine Rolle gespielt haben.

Der Schiffbau ist ein Bereich, der trotz ungünstiger Nachfrageentwicklung und einer drastischen Investitionseinschränkung (1980–1984 jahresdurchschnittlich: 14,5 vH) seine TFP-Wachstumsrate ungewöhnlich stark beschleunigt hat. Durch Abbau von Überkapazitäten, die offensichtlich nach der ersten Ölpreiskrise noch aufrechterhalten wurden, wurde ein Produktivitätsschub bewirkt. Die Wachstumsrate war von 1980 bis 1984 sogar höher als vor der Ölpreiskrise.

Bei der Bewertung der Ergebnisse für die Dienstleistungsbereiche sollte beachtet werden, daß die Ermittlung von Produktionswerten und Kapitalbeständen mit größeren Ungenauigkeiten behaftet ist. Die Ergebnisse der TFP-Berechnung können deshalb nicht so gut sein wie die für das warenproduzierende Gewerbe.

In den vorliegenden Berechnungen ist der Konjunkturaufschwung in den Jahren nach 1984 unberücksichtigt geblieben. Es ist zu erwarten, daß die TFP-Wachstumsraten aufgrund des Produktionswachstums, der gestiegenen Kapazitätsauslastung und der verstärkten Investitionstätigkeit im gesamten Zeitraum der achtziger Jahre höher sein werden als in der Periode 1980–1984.

Einsatz von CNC-Werkzeugmaschinen und Industrierobotern: Beschäftigungssparende Effekte überwiegen

Neue Techniken haben arbeitssparende und arbeitsschaffende Wirkungen. Das DIW hat im Rahmen eines Gutachtens¹ am Beispiel von CNC-Dreh- und Fräsmaschinen² sowie von Schweiß- und Montagerobotern³ untersucht, wie die Beschäftigungseffekte dieser Techniken per Saldo einzuschätzen sind. Während 1980 die Auswirkungen beim Einsatz von Schweiß- und Montagerobotern anstelle konventioneller Techniken wegen der geringen Verbreitung dieser neuen Techniken nicht nennenswert waren, ergaben sich durch die Anwendung von CNC-Drehmaschinen und -Fräsmaschinen anstelle herkömmlicher Werkzeugmaschinen schon beträchtliche Beschäftigungseinsparungen. Bei einer vollständigen Verbreitung dieser Techniken (Sättigungsgrenze) wären in der Bundesrepublik Deutschland beim Einsatz von Montage- und Schweißrobotern rechnerisch knapp 50 000 und beim Einsatz von CNC-Drehmaschinen und -Fräsmaschinen etwa 150 000 Beschäftigte weniger erforderlich. Diese modellmäßig berechneten Effekte ergeben sich beim Vergleich des Einsatzes und der Produktion neuer und konventioneller Techniken. Da sich die Wettbewerbssituation der Produzenten und der Anwender dieser Techniken und damit die Nachfrage nach deren Erzeugnissen ändert, sind aber Kompensationseffekte zu berücksichtigen. Doch dürften nur unter sehr günstigen Bedingungen die arbeitssparenden Effekte durch erhöhte Nachfrage vollständig ausgeglichen werden.

Fragestellung und Untersuchungsmethode

Ob der Einsatz von neuen Maschinen und Geräten gesamtwirtschaftlich zu positiven oder negativen (Netto-)Beschäftigungseffekten führt, läßt sich vorab nicht sagen, da sowohl die Effekte auf der Nachfrage- und der Angebotsseite als auch die Wirkungen bei den indirekt betroffenen Sektoren berücksichtigt werden müssen. Der Einsatz neuer Techniken wird die Kostenseite fast immer tangieren. Dabei können Personalkosten, Vorleistungskosten und/oder Abschreibungen betroffen sein. Die Herstellung computergestützter Anlagen kann im Verhältnis zur Produktion herkömmlicher Maschinen und Geräte ebenfalls zu einer Veränderung der Kostenstruktur führen. Änderungen der Vorleistungen können jeweils in den vorgelagerten Bereichen Beschäftigungseffekte auslösen. Neben diesen vom Anwender und Hersteller ausgehenden Effekten auf der Mikroebene können sich weitere Wirkungen — auf der Makroebene — ergeben, sie werden hier indes nicht untersucht. Die gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse wurden an anderer Stelle veröffentlicht⁴. Die hier vorgetragenen Ergebnisse beziehen sich primär auf die Mikroebene.

Die durch den Einsatz der CNC-Werkzeugmaschinen und Industrieroboter verminderten Kosten können in den Preisen der damit erstellten Produkte weitergegeben werden, so daß es zu Nachfragessteigerungen kommen kann. Um das Ausmaß der Effekte bei unterschiedlichem Diffusionsstand verfolgen zu können und um die technikbedingten Wirkungen von anderen Einflüssen zu isolieren, wurde als Ausgang die wirtschaftliche Struktur von 1980 gewählt, wie sie in der Input-Output-Verflechtung zum Ausdruck kommt. Die Berechnungen wurden auf der Basis der Input-Output-Tabelle des DIW für 1980 durchgeführt⁵.

Für die vorliegende, empirisch gestützte Modellrechnung müssen außerdem eine Reihe von Festlegungen getroffen werden⁶. Bei den Schweißrobotern wird in der Rechnung zwischen Punkt- und Bahnschweißrobotern

¹ Vgl. ausführliche Darstellung in H. Wessels: Auswirkungen des Einsatzes von Industrierobotern und CNC-Werkzeugmaschinen. In: F. Meyer-Krahmer (Hrsg.), Sektorale und gesamtwirtschaftliche Beschäftigungswirkungen moderner Technologien. Gutachten des DIW im Rahmen der META-Studie II: Arbeitsmarktwirkungen moderner Technologien, Berlin 1989 (im Druck).

² CNC (Computer Numeric Controlled)-Maschinen werden jeweils durch eigene Mikroprozessoren gesteuert. Im Gegensatz dazu sind die DNC (Direct Numeric Controlled)-Maschinen direkt an einen zentralen Rechner angeschlossen, der eine oder mehrere Maschinen steuert. Diese NC (numerisch gesteuerten)-Werkzeugmaschinen sind durch Änderung des steuernden Programms sehr flexibel im Einsatz.

³ Industrieroboter sind nach der VDI-Richtlinie 2860 universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge, -wegen bzw. -winkel frei programmierbar und ggf. sensorgeführt sind. Sie sind mit Greifern, Werkzeugen oder anderen Fertigungsmitteln ausrüstbar und können Handhabungs- und/oder Fertigungsaufgaben ausführen.

⁴ Vgl. Beschäftigungspolitik durch verstärkte Innovationsanstrengungen? Bearb.: J. Blazejczak. In: Wochenbericht des DIW, Nr. 4/89, S. 46 ff.

⁵ Vgl. Spektrum der Wissenschaft in Zusammenarbeit mit dem DIW: Input-Output-Struktur für die Bundesrepublik Deutschland, Input-Output-Wandtafel, Heidelberg und Berlin, 1985. Die Berechnungen wurden auf der Basis des statistischen Input-Output-Modells durchgeführt.

⁶ Die Informationen wurden in einer Befragung bei Anwendern computergestützter Techniken vom Institut für Stadtforschung und Strukturpolitik GmbH (IfS) in Berlin und zusätzlich vom DIW bei Anwendern im Straßenfahrzeugbau gewonnen. Das DIW hat außerdem mit Unterstützung des IfS Hersteller befragt. Darüber hinaus wurden Experten in Instituten interviewt. Zur Ergänzung wurden Ergebnisse aus vorliegenden Studien herangezogen.

Tabelle 1

**Beschäftigtereinsparungen durch den Einsatz von Industrierobotern und CNC-Werkzeugmaschinen bei Anwendern
bezogen auf eine computergestützte Maschine**

Eingesetzte computergestützte Technik	Substituierte Technik	Beschäftigten- einsparungen in Personen ¹⁾
Punktschweißroboter	Handschiweißen	3
Punktschweißroboter	Vielpunktschweißen	0
Bahnschweißroboter	Handschiweißen	3,5
Montageroboter für Kleinteilfertigung	Konventionelle Montagetechnik	1,5
Montageroboter für Großteilfertigung	Konventionelle Montagetechnik	3
CNC-Drehmaschinen und -automaten	Konventionelle Drehmaschinen	2
CNC-Fräsmaschinen	Konventionelle Fräsmaschinen	1,5

¹⁾ Im Vergleich zur konventionellen Technik im Zwei-Schicht-Betrieb.
Quellen: Befragungen des DIW; Literaturauswertungen; eigene Schätzungen.

unterschieden, da sie verschiedene Anwendungsgebiete haben und dadurch unterschiedlich in den Produktionssektoren eingesetzt werden. Außerdem wird bei den Punktschweißrobotern berücksichtigt, ob sie Handschweiß- oder Vielpunktschweißgeräte ersetzen. Bei der Substitution von Vielpunktschweißgeräten treten beim Anwender nämlich fast keine Beschäftigungseffekte auf. Bei den Montagerobotern wird zwischen dem Einsatz für Kleinteile- und Großteilfertigung unterschieden, da die Beschäftigungswirkungen voneinander abweichen.

Empirisch gestützte Vorgaben waren zu erarbeiten bei CNC-Drehmaschinen und -Fräsmaschinen sowie bei Schweiß- und Montagerobotern u.a. getrennt für⁷

- den Einsatz der Geräte und die erforderlichen Investitionen,
- die Investitionen in herkömmliche Techniken,
- die direkten Beschäftigungseffekte und die Vorleistungseffekte beim Anwender,
- die Veränderung der Produktion der Investitionsgüter,
- die direkten Beschäftigungseffekte beim Hersteller,
- die Kostenstrukturen für die Herstellung der computergestützten Techniken
- und die Kostenstrukturen für die Herstellung der substituierten Techniken.

Berechnet werden die Beschäftigungseffekte, die durch den Einsatz der computergestützten Techniken in den Wirtschaftsbereichen Maschinenbau, Straßenfahrzeugbau, Elektrotechnik und sonstigen Branchen des verarbeitenden Gewerbes entstehen. Die beim Anwender auftretenden unmittelbaren Beschäftigungswirkungen sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Die vier ausgewählten computergestützten Techniken hatten 1980 einen sehr unterschiedlichen Diffusionsstand erreicht. Die beiden Industrierobotertypen waren zu dieser Zeit kaum verbreitet — Ende 1979 waren in der

Bundesrepublik nur sechs Montageroboter eingesetzt —, während die CNC-Werkzeugmaschinen schon eine recht große Verbreitung hatten. Die Beschäftigungseffekte werden jeweils gegenüber herkömmlichen Techniken gemessen; das sind in diesen Fällen das Handschweißen bzw. das Vielpunktschweißen, die herkömmliche Montagetechnik bzw. der Einsatz nicht computergestützter Werkzeugmaschinen.

Industrierobotereinsatz mit erheblichen Zuwachsraten

Die Einsatzgebiete der Industrieroboter lassen sich nach Werkzeughandhabung und Werkstückhandhabung unterscheiden. Bei der Werkzeughandhabung muß der Industrieroboter Werkzeuge (z.B. Punktschweißzange, Fräser), die an ihm angeflanscht bzw. eingespannt sind, in die Position bringen, in der eine Bearbeitung (Punktschweißen, Fräsen) durchgeführt werden soll. Bei der Werkstückhandhabung muß der Industrieroboter mit Hilfe eines Greifers Werkstücke, die an einer bestimmten Position bereitgestellt werden, aufnehmen und an einem anderen Ort ablegen.

Ende 1986 waren in der Bundesrepublik Deutschland 12 400 — zehnmal soviel wie 1980 — und ein Jahr später bereits 14 900 Industrieroboter installiert⁸. Als heute absehbare maximale Verbreitung, die aber erst weit nach

⁷ Vgl. die detailliert angegebenen Vorgaben bei H. Wessels: Auswirkungen des Einsatzes..., a.a.O.

⁸ Vgl. Fraunhofer-Institute IFF und IPA. Die Fachgemeinschaft Montage-Handhabung-Industrieroboter (MHI) im VDMA (Das Portrait der Branche Montage, Handhabung, März 1988) weist für 1986 11 500 und für 1987 13 600 Industrieroboter aus und liegt damit in beiden Jahren um 7 bzw. 9 vH unter dem Bestand von IFF-IPA. Die Fachgemeinschaft MHI macht aber keine Unterteilung der Industrieroboter; daher stützt sich die folgende Untersuchung weitgehend auf die Angaben der Fraunhofer-Institute.

Tabelle 2

Installierte Industrieroboter in der Bundesrepublik Deutschland¹⁾
in Stück

Anwendungsgebiete	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	bei Sättigung
Werkzeughandhabung									
Beschichten	155	231	397	586	727	775	1 082	1 186	1 835
Punktschweißen	339	771	1 331	1560	1 894	2 548	3 152	3 413	5 500
Bahnschweißen	138	227	585	856	1 334	1 781	2 322	2 710	4 400
Entgraten	5	10	20	22	22	25	52	69	635
Montage	52	101	122	248	452	753	1 658	2 341	20 200
Sonstige	34	59	84	100	271	293	360	461	
Insgesamt	723	1 399	2 539	3 372	4 700	6 175	8 626	10 180	
Werkstückhandhabung									
Pressen	28	25	70	121	135	173	193	222	} 23 750
Schmieden	34	29	52	73	75	84	113	147	
Druck-/Spritzguß	56	113	120	132	147	174	194	218	
Werkzeugmaschinen			193	320	466	805	1 156	1 427	
Sonst.									
Werkstückhandhabung	392	713	468	702	920	1 179	1 781	2 301	2 810 ²⁾
Insgesamt	510	880	903	1 348	1 743	2 415	3 437	4 315	
Forschung, Test und Schulung	17	22	58	80	157	210	337	405	
Industrieroboter insgesamt	1 250	2 301	3 500	4 800	6 600	8 800	12 400	14 900	59 130

¹⁾ Jeweils zum Ende des Jahres. — ²⁾ Einschließlich sonstige Werkzeughandhabung sowie Forschung, Test und Schulung.
Quellen: IFF-IPA.-T.M. Schönemann und T. Bruns: Modellierung und Prognose der Diffusion von Industrierobotern in der Bundesrepublik Deutschland. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Heft 10/1986.

dem Jahr 2 000 erreicht werden dürfte, werden in der Literatur knapp 60 000 Geräte angenommen⁹.

Der Einsatz von Werkzeughandhabungsgeräten steht dabei im Vordergrund. Die meisten Industrieroboter werden zum Punktschweißen (1987: 3 413 Stück) und zum Bahnschweißen (1987: 2 710 Stück) eingesetzt. Die Zahl der Montageroboter hat sich von 1985 bis 1987 mehr als verdreifacht; sie belief sich 1987 allerdings erst auf 2 341.

Die Produktion von Industrierobotern in der Bundesrepublik Deutschland ist von 1980 bis 1987 von 800 auf 2 670 Stück im Wert von 125 Mill. DM bzw. 595 Mill. DM gestiegen. Im Jahre 1987 wurden 1 190 Maschinen exportiert; importiert wurden 620¹⁰.

**Steigender Anteil
der CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen**

In der Bundesrepublik dürften 1980 jeweils etwa 12 000 CNC-Werkzeugmaschinen aus inländischer und ausländischer Produktion installiert gewesen sein¹¹. Etwa die Hälfte kann man den Drehmaschinen und ein Viertel den Fräsmaschinen zurechnen. Von den im Inland hergestellten und dort verbleibenden computergestützten Werkzeugmaschinen wurden von 1982 bis 1986 39 vH im

⁹ T.M. Schönemann und T. Bruns: Modellierung und Prognose der Diffusion von Industrierobotern in der Bundesrepublik Deutschland. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Heft 10/1986, S. 953-988. Das Bundesministerium für Forschung und Technologie (vgl. Bundesministerium für Forschung und Technologie-Pressereferat: Mikroelektronik und Arbeitsplätze, Nr. 29/86, S. 26) geht von 61 000 Industrierobotern aus. Schönemann und Bruns bestimmen den Diffusionsprozeß von Industrierobotern mit Hilfe eines allgemeinen Diffusionsmodells, um technische Innovation abzubilden und zu prognostizieren. Die Sättigungsmengen wurden auf der Basis von Einsatzpotentialen von Industrierobotern geschätzt. Dabei wurde je Einsatzbereich das theoretische Maximalpotential ermittelt. Die theoretischen Maximalpotentiale wurden dann im allgemeinen unter Einbeziehung des vorherrschenden Fertigungssystems des jeweiligen Industriezweigs sowie durch Annahmen über die künftige Entwicklung und die technischen Eigenschaften des Anlagebestandes auf „realistische“ Einsatzpotentiale reduziert. In die folgenden Betrachtungen gehen nur die bei Schönemann und Bruns ausgewiesenen Basiswerte für die Sättigungstendenzen ein.

¹⁰ Fachgemeinschaft Montage-Handhabung-Industrieroboter (MHI): Das Portrait ..., a.a.O. Aus den Angaben über Produktion, Ausfuhr und Einfuhr ergibt sich für 1987 eine inländische Verfügbarkeit von 2 100 Industrierobotern in der Bundesrepublik Deutschland, während IFF-IPA von einem Zuwachs von 2 500 Stück ausgehen (vgl. auch Fußnote 7).

¹¹ Vgl. H. Rempp und G. Lay: Herstellung und Anwendung von CNC-Werkzeugmaschinen in der Bundesrepublik Deutschland. In: RKW-Handbuch Mikroelektronik, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1983.

Tabelle 3

Produktion der gesamten und numerisch gesteuerten Drehmaschinen und -automaten sowie Fräsmaschinen in der Bundesrepublik Deutschland

Maschinenart	Produktion insgesamt				dar. NC-Werkzeugmaschinen	
	Menge in Stück		Wert in Mill. DM		Menge in Stück	Wert in Mill. DM
	1980	1986	1980	1986	1986	1986
Dreh-, Außengewindeschneid- und Abstechmaschinen	10 320	6 868	763,5	817,0	1 205	560,2
Revolverdrehmaschinen und Drehautomaten	4 562	2 944	845,7	1 014,3	2 015	739,8
Drehmaschinen und -automaten insgesamt	14 882	9 812	1 609,2	1 831,3	3 220	1 300,0
Fräsmaschinen, Waagrecht-, Bohr- und -Fräsmaschinen	9 102	8 914	1 003,8	1 424,1	5 415	1 205,9

Quellen: Statistisches Bundesamt: Fachserie 4, Reihe 3.1 und Sonderaufbereitung für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen; VDMA — Fachgemeinschaft Werkzeugmaschinen und Fertigungssysteme; Sonderumfrage — Statistik über numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen 1986.

Maschinenbau, 14 vH im Straßenfahrzeugbau und 8 vH in der Elektrotechnik eingesetzt¹².

Von der Produktion der Drehmaschinen und -automaten im Wert von 1,8 Mrd. DM waren 1986 1,3 Mrd. DM (71 vH) NC-Werkzeugmaschinen, während der Anteil 1980 bei 50 vH lag. Bei der Ausfuhr von Drehmaschinen und -automaten — sie betrug 1987 insgesamt eine Mrd. DM — ist der Anteil der NC-Werkzeugmaschinen ähnlich hoch wie bei der Produktion. Geringer ist die Quote der konventionellen Drehmaschinen und -automaten bei der Einfuhr; sie betrug 1987 insgesamt gut 0,4 Mrd. DM. Nach Angaben des Instituts für Stadtforschung und Strukturpolitik GmbH (IfS) über die Verbreitung von CNC-Werkzeugmaschinen in verschiedenen Branchen im Jahr 1986 und die Adaptionsraten ist in Zukunft in der Bundesrepublik mit dem Einsatz von etwa 44 000 CNC-Drehmaschinen und -automaten aus inländischer und ausländischer Produktion zu rechnen.

Der Anteil der numerisch gesteuerten Fräsmaschinen betrug 1986 bei einer Produktion von Fräsmaschinen im Wert von 1,4 Mrd. DM bereits 85 vH. Der Exportanteil lag 1987 bei allen Fräsmaschinen bei zwei Dritteln und war damit höher als bei den Drehmaschinen und -automaten. Bei den NC-Fräsmaschinen liegt die Exportquote geringfügig unter der aller Fräsmaschinen. Wie bei den Drehmaschinen und -automaten ist der Anteil der NC-Fräsmaschinen bei den Einfuhren niedriger als bei Produktion und Ausfuhr. Bei heute absehbarer Verbreitung ist in der Zukunft mit etwa 45 000 in der Bundesrepublik installierten CNC-Fräsmaschinen aus inländischer und ausländischer Produktion zu rechnen.

Beschäftigungssparende Effekte überwiegen

Sowohl bei den hier behandelten CNC-Werkzeugmaschinen als auch bei den Industrierobotern dominieren

die Beschäftigungseinsparungen beim Anwender. Bei den Vorlieferanten ergeben sich kaum Auswirkungen; bei der Anwendung der CNC-Werkzeugmaschinen sind sie wegen des geringeren Verbrauchs von Vorleistungen leicht negativ. Die Herstellung führt dagegen unmittelbar und vorleistungsbedingt zu positiven Beschäftigungseffekten; diese werden fast ausschließlich durch die Nachfrage ausgelöst, da die Investitionen in CNC-Werkzeugmaschinen und Industrieroboter höher sind als für die verdrängten konventionellen Techniken.

Werden die negativen und positiven Beschäftigungseffekte saldiert, so führte der Einsatz von CNC-Dreh- und -Fräsmaschinen bereits 1980 rechnerisch zu 30 000 weniger Beschäftigten als der Einsatz konventioneller Maschinen. Bei einer vollständigen, heute absehbaren Verbreitung ergeben sich rechnerisch Beschäftigungseinsparungen von etwa 150 000 Personen. Die rechnerischen Beschäftigungseinsparungen von Schweißrobotern sind im Verhältnis zu ihrem Einsatzvolumen nicht allzu hoch, da Punktschweißroboter — insbesondere im Straßenfahrzeugbau — weitgehend Vielpunktschweißgeräte ersetzen. In diesem Fall entstehen beim Anwender kaum Beschäftigungswirkungen. Einsparungen werden hauptsächlich bei der Einführung von Vielpunktschweißgeräten anstelle von Handschweißgeräten ermöglicht.

Nach Produktionssektoren konzentrieren sich die Beschäftigungseffekte bei Schweißrobotern auf den Straßenfahrzeugbau und bei den Montagerobotern auf die Elektrotechnik. Die durch den Einsatz der CNC-Werkzeugmaschinen bedingten Beschäftigungseffekte entfallen auf den Maschinenbau (Tabelle 4).

¹² VDMA — Fachgemeinschaft Werkzeugmaschinen und Fertigungssysteme: Sonderumfrage — Statistik über numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen 1986, Juli 1987.

Tabelle 4

Beschäftigungseffekte in Personen bedingt durch Anwendung und Herstellung von Industrierobotern und CNC-Werkzeugmaschinen anstelle konventioneller Techniken.
Ergebnisse einer empirisch gestützten Modellrechnung

Merkmal	Hervorgerufen durch Einsatz in				Insgesamt
	Maschinenbau	Straßenfahrzeugbau	Elektotechnik	Sonstige Branchen	
1980					
Schweißroboter	0	+ 234	0	- 1	+ 233
Montageroboter	0	+ 5	+ 3	0	+ 8
CNC-Drehmaschinen und -automaten	- 7 386	- 5 308	- 1 704	- 8 393	- 22 791
CNC-Fräsmaschinen	- 3 731	- 776	- 1 032	- 2 165	- 7 704
1986 ¹⁾					
Schweißroboter	- 749	- 4 498	- 308	- 596	- 6 151
Montageroboter	- 40	- 169	- 505	- 174	- 888
CNC-Drehmaschinen und -automaten	- 12 132	- 6 157	- 2 699	- 11 442	- 32 430
CNC-Fräsmaschinen	- 11 978	- 2 048	- 2 897	- 14 158	- 31 081
Nach Erreichen der Sättigungsgrenze ¹⁾					
Schweißroboter	- 2 279	- 11 145	- 1 142	- 2 041	- 16 607
Montageroboter	- 2 979	- 5 743	- 14 975	- 8 502	- 32 199
CNC-Drehmaschinen und -automaten	- 27 149	- 15 128	- 8 641	- 35 565	- 86 483
CNC-Fräsmaschinen	- 22 513	- 4 264	- 8 240	- 31 193	- 66 210

¹⁾ Berechnet auf der Grundlage der Wirtschaftsstruktur von 1980.
Quellen: Befragungen des DIW; Literaturauswertung; Input-Output-Rechnung des DIW.

Neben den quantitativen sind auch qualitative Effekte zu erwarten¹³. Veränderungen der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten in den Wirtschaftszweigen lassen sich aus einem Vergleich der Berufe-Wirtschaftszweig-Matrizen¹⁴ von 1976 und 1984 entnehmen. Im Straßenfahrzeugbau ist z. B. eine produktivitäts- und strukturbedingte Verminderung des Einsatzes von Schweißern, Löttern und Nietern, die auf den Einsatz von Schweißrobotern und in früheren Jahren die beschäftigungseinsparenden Effekte auch von Vielpunktschweißgeräten zurückgeführt werden kann, festzustellen. Auch die Zahl der Schlosser hat sich verringert, was zumindest teilweise mit dem Einsatz von Montagerobotern in Zusammenhang gebracht werden kann. Der Rückgang der spanenden Metallverfahren im Straßenfahrzeugbau läßt sich mit dem Einsatz von CNC-Werkzeugmaschinen erklären.

Resümee

Der Einfluß der untersuchten Techniken auf die Nachfrage nach den Produkten bei Anwendern konnte nicht durch Betriebsbefragungen ermittelt werden. Es wurde deshalb errechnet, wie stark die Produktion steigen müßte, um die Beschäftigungseinsparungen auszugleichen. Wie realistisch solche Rechnungen sind, zeigen die Elastizitäten der Nachfrage in bezug auf die Absatzpreise, wenn unterstellt wird, daß die Kostensenkungen, die durch den Einsatz der untersuchten Techniken bewirkt

werden, vollständig in den Preisen weitergegeben werden.

Zieht man erste Ergebnisse des disaggregierten ökonomischen Modells (FIND) des DIW¹⁵ heran, ergibt sich, daß die nachfragebedingten Kompensationseffekte nicht ausreichen. Nur wenn neben der Prozeßinnovation auch die Produktinnovation, die sich in Form erhöhter Produktqualität, vermehrter Diversifikation des Produktprogramms usw. äußert, einen starken Einfluß hat, ist zu erwarten, daß die negativen Beschäftigungseffekte durch eine entsprechende Mehrnachfrage ausgeglichen werden. Dies ist nur der Fall, wenn sich die internationale Wettbewerbsfähigkeit wesentlich verbessert. In anderen Ländern werden aber ebenfalls CNC-Werkzeugmaschinen und Industrieroboter eingesetzt, so daß eine grundsätzliche Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit nicht zu erwarten ist. Würden in der Bundesrepublik dagegen

¹³ D. Edler: Beschäftigungswirkungen des Einsatzes von Industrierobotern bis zum Jahre 1995. In: F. Meyer-Krahmer (Hrsg.): Sektorale und gesamtwirtschaftliche Beschäftigungswirkungen..., a.a.O.

¹⁴ Die Berufe-Wirtschaftszweig-Matrizen wurden vom VDI/VDE-IT (J. Seetzen) in Zusammenarbeit mit dem DIW erstellt und sind nach 122 Berufen und 54 Wirtschaftszweigen für die Jahre 1976 bis 1984 disaggregiert.

¹⁵ Vgl. G.A. Horn: Faktornachfragewirkungen von Forschung und Entwicklung. In: F. Meyer-Krahmer (Hrsg.): Sektorale und gesamtwirtschaftliche Beschäftigungswirkungen ..., a.a.O.

keine CNC-Werkzeugmaschinen und Industrieroboter eingesetzt werden, wären zwar keine technisch bedingten negativen Beschäftigungseffekte zu erwarten, doch wäre damit zu rechnen, daß sich die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie verschlechtert. Die dadurch bedingte Verminderung der Nachfrage würde dann zu erheblich

größeren negativen Beschäftigungseffekten führen, als sie beim Einsatz der computergestützten Techniken anstelle konventioneller Techniken zu erwarten sind¹⁶.

¹⁶ Vgl. Beschäftigungspolitik durch verstärkte Innovationsanstrengungen? . . . a.a.O.

— Der nächste Wochenbericht erscheint am 9. März 1989. —

Herausgeber: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Königin-Luise-Str. 5, D-1000 Berlin 33
Telefon (0 30) 82 99 10 — Telefax (0 30) 82 99 12 00
BTX-Systemnummer * 2 99 11 #

Präsident: Prof. Dr. Hans-Jürgen Krupp (beurlaubt)

Abteilungsleiterkollegium: Dr. Oskar de la Chevallerie, Dr. Doris Cornelsen, Dr. Fritz Franzmeyer, Prof. Dr. Wolfgang Kirner, Dr. Frieder Meyer-Krahmer, Dr. Reinhard Pohl, Prof. Dr. Werner Rothengatter, Dr. Horst Seidler, Dr. Hans-Joachim Ziesing.

Präsident und Abteilungsleiter sind gemeinsam für die wissenschaftliche Leitung verantwortlich.

Schriftleitung: Dr. Klaus Henkner.

Zur Entwicklung der Totalen Faktorproduktivität in den Wirtschaftszweigen der Bundesrepublik Deutschland. Bearbeitet von Georg Erber. — *Einsatz von CNC-Werkzeugmaschinen und Industrierobotern: Beschäftigungssparende Effekte überwiegen.* Bearbeitet von Hans Wessels.

Verlag Duncker & Humblot GmbH, Dietrich-Schäfer-Weg 9, D-1000 Berlin 41.

Nachdruck und sonstige Verbreitung — auch auszugsweise — nur mit Quellenangabe zulässig.

Druck: ZIPPEL-Druck, Oranienburger Str. 170, D-1000 Berlin 26.

Bezugspreis für den Jahrgang DM 125,—, vierteljährlich DM 35,—, Einzelnummer DM 4,—.

Zuzüglich Versandkosten

— Hierzu ein Prospekt des Verlages Duncker & Humblot —