
Diffusion programmgesteuerter Arbeitsmittel und Beschäftigung:

**Eine dynamische Input-Output-Studie für die
Bundesrepublik Deutschland***

**Peter Kalmbach
Heinz D. Kurz**

I. Zum Problem

Seit dem Beginn systematischer ökonomischer Analyse wird auch die Frage nach den Beschäftigungswirkungen des technologischen (und organisatorischen) Wandels diskutiert. Während Einigkeit darüber besteht, daß technologischer Wandel im allgemeinen mit der Vernichtung von Arbeitsplätzen und „Freisetzung“ von Arbeitskräften verbunden ist, herrscht seit alters her Uneinigkeit darüber, in welchem Umfang infolge des technologischen Wandels neue Arbeitsplätze geschaffen werden und es daher zur „Kompensation“ des Freisetzungseffektes kommt. Uneinigkeit herrscht des weiteren darüber, ob mit dem technologischen Wandel die Qualifikationsanforderungen an die Arbeitskräfte eher steigen oder sinken.

So war beispielsweise Adam Smith bezüglich der von ihm untersuchten Form des technologischen Wandels, der zunehmenden Arbeitsteilung, optimistisch hinsichtlich der Beschäftigungs-, aber pessimistisch hinsichtlich der Qualifikationsfrage. Ricardo hingegen, der sich im wesentlichen nur mit ersterer befaßte, kam schließlich zum Ergebnis, daß die Ersetzung menschlicher Arbeitskraft durch Maschinenkraft für die Interessen der Klasse der Arbeiter oftmals sehr schädlich sei. Marx vertrat die Auffassung, daß die unter kapitalistischen Bedingungen dominante Form des technologischen Wandels sich zugleich in einer permanenten, dem Volumen nach zyklisch schwankenden industriellen Reservearmee sowie in dequalifizierenden Tendenzen ausdrücke. Ein insgesamt eher optimistisches Bild der Dinge zeichnet die neoklassische Theorie. So sah Wicksell in der Hauptsache nur einen Hinderungs-

grund für eine ansonsten relativ reibungslos erfolgende Kompensation und die Tendenz des Systems zu einem Zustand der Vollbeschäftigung: mangelhaft flexible „Faktorpreise“, insbesondere Lohnsätze¹.

Die vorliegende Arbeit gibt einen zusammenfassenden Überblick über den theoretischen Ansatz, die empirische Grundlage und einige der erzielten Ergebnisse eines an der Universität Bremen durchgeführten Forschungsprojekts zum Thema „Mikroelektronik und Beschäftigung – Eine Untersuchung der Auswirkungen des Einsatzes programmgesteuerter Arbeitsmittel unter Verwendung eines dynamischen Input-Output-Modells“². Die Arbeit ist wie folgt gegliedert: Teil II führt in die Thematik ein und skizziert den Rahmen der hier vorgestellten Untersuchung. Teil III befaßt sich mit der Untersuchungsmethode. Teil IV beschreibt das verwendete dynamische Input-Output-Modell in seinen Grundzügen; im Zentrum des Interesses steht die Formulierung der privaten Investitionsnachfrage, die wesentlich das dynamische Verhalten des Modells bestimmt. Teil V enthält die Zusammenfassung einiger Resultate der durchgeführten Simulationsrechnungen. Teil VI enthält einige abschließende Bemerkungen.

II. Ausgangspunkt und Rahmen der Untersuchung

1. Beschäftigungseffekte als empirisch zu untersuchendes Phänomen

Überblickt man die reichhaltige Literatur, in der die Beschäftigungsfolgen des technologischen Wandels thematisiert werden, stellt man fest, daß die Notwendigkeit einer empirischen Überprüfung dieser Frage keinesfalls von allen Autoren anerkannt wird. Manche geben sogar zu erkennen, daß sie bereits die Frage selbst für eine falsch gestellte halten. Dieser Position zufolge kann es keine speziellen Beschäftigungsfolgen des technischen Wandels geben; letzterer stelle vielmehr eine der zahlreichen Datenänderungen dar, auf die das ökonomische System zu reagieren habe. Zur Debatte stehe damit hier wie in anderen Fällen von Datenänderung (z. B. bezüglich der Präferenzen der Wirtschaftssubjekte) die Anpassungsfähigkeit der Ökonomie: Ist diese unzureichend, so könne es zu vorübergehenden oder auch länger anhaltenden Beschäftigungsproblemen kommen, ohne daß deshalb jedoch von den Beschäftigungsfolgen des technologischen Wandels gesprochen werden könne.

Aber auch diejenigen, die nicht bereits die Fragestellung ablehnen, sind sich keineswegs darin einig, daß es sich dabei um ein empirisch zu überprüfendes Problem handelt. Sowohl unter denen, die von einer vollständigen und quasi automatisch wirksam werdenden Kompensation ausgehen, wie unter ihren theoretischen Gegenspielern, die eine Dominanz des Freisetzungseffekts vermuten, findet man Beispiele dafür, daß die jeweilige Sichtweise allein durch theoretische Deduktion zu begründen versucht wird.

Die Existenz der gerade referierten Positionen macht es erforderlich, eine empirische Untersuchung des Problems zu legitimieren. Gegen die erstgenannte Position, die die Fragestellung als solche ablehnt, ist zunächst zu sagen, daß es durchaus fragwürdig ist, den technologischen Wandel bzw. den Einsatz neuer Technologien als eine der ökonomischen Analyse nicht zugängliche Datenänderung zu behandeln. Wenn auch bislang über die Determinanten des technischen Wandels keine ausreichenden Erkenntnisse vorliegen, gibt es doch genügend Hinweise darauf, daß es sich dabei nicht um exogene und der Analyse unzugängliche Vorgänge handelt. Wichtiger in unserem Zusammenhang ist jedoch, daß selbst dann, wenn die sich vollziehenden technischen Änderungen wie eine Datenänderung behandelt werden, ein wesentlicher Unterschied gegenüber anderen Änderungen vorliegt. Er besteht darin, daß die zu studierenden Beschäftigungseffekte sich aus der *Diffusion neuer Technologien* ergeben und nicht aus deren potentieller Verfügbarkeit. Erst mit der Diffusion einer neuen Technologie verändern sich die Bedingungen der Produktion und erst durch die Diffusion kommt es zu Freisetzungs- und Kompensationseffekten. Selbst wenn man den Diffusionsprozeß als durch eine exogene Datenänderung ausgelöst konzipiert, ändert das nichts daran, daß wir es mit einem besonderen und nicht mit dem allgemeinen Problem einer Datenänderung zu tun haben. Abzulehnen ist daher die Vorstellung, daß sich die besondere Analyse der Auswirkungen technischer Veränderungen erübrigt.

Auch gegenüber der Auffassung derjenigen, die die Fragestellung zwar akzeptieren, jedoch der Auffassung sind, daß sie ausschließlich durch theoretische Deduktion einer Entscheidung zugeführt werden könne, müssen wir entschiedene Vorbehalte anmelden. Es wäre höchst verwunderlich, wenn trotz all der offenkundigen Unterschiede, die zwischen den jeweils dominanten technischen Veränderungen in verschiedenen Phasen der ökonomischen Entwicklung bestehen, das sich einstellende Ergebnis allemal das gleiche wäre. Wesentlich plausibler scheint es uns, von der Vermutung auszugehen, daß von der Einführung verschiedener Technologien durchaus unterschiedliche – positive und negative – Beschäftigungseffekte ausgelöst werden und daß sich diese Auswirkungen auch zeitlich höchst unterschiedlich verteilen können. Die aus dieser Ausgangsvermutung zu ziehende Konsequenz muß es dann aber sein, eine Antwort unter Einschluß theoretischer und empirischer Untersuchungen zu finden und sich dabei bewußt zu sein, daß die Antwort nur für die einbezogenen Technologien und die jeweils besonderen Bedingungen der zugrundeliegenden Ökonomie gilt und keine generalisierbare Aussage über die Beschäftigungseffekte des technologischen Wandels zuläßt.

2. Untersuchungsrahmen

Akzeptiert man den zuletzt formulierten Ausgangspunkt, so stellt sich die Frage nach einem geeigneten Untersuchungsrahmen. Aus dem

gerade Gesagten ergibt sich zunächst ganz allgemein, daß es sich dabei um einen Ansatz handeln muß, der nicht von Prämissen ausgeht bzw. Untersuchungsmethoden anwendet, mit denen bereits eine Vorentscheidung über das Ergebnis getroffen wird. Konkreter gefaßt heißt das: Der Ansatz sollte die verschiedenen, vom Einsatz neuer Technologien ausgelösten Effekte in Rechnung stellen, jedoch offen darin sein, welche quantitative Bedeutung ihnen zukommt – dies zu ermitteln, muß der empirischen Analyse überlassen werden.

In Rechnung zu stellen gälte es insbesondere die verschiedenen *Kompensationseffekte*, die in der Literatur diskutiert worden sind³. Deren Vernachlässigung in Fallstudien ist ein methodenbedingtes Defizit, das Fallstudien zwar keineswegs überflüssig macht, aber doch darauf verweist, daß verallgemeinerungsfähige Aussagen über die Beschäftigungseffekte damit nicht zu erzielen sind. Ohne die Möglichkeit, kompensierende Effekte mit zu erfassen, bleibt die Analyse notwendigerweise unvollständig – über den Nettobeschäftigungseffekt können keine Aussagen gemacht werden.

Die Kompensationseffekte verweisen bereits darauf, daß mit dem Einsatz neuer Technologien in bestimmten Bereichen der Ökonomie Auswirkungen verbunden sein können (und in aller Regel auch verbunden sind), die an anderer Stelle auftreten als im Einsatzbereich selbst. Solche indirekten Effekte können sich grundsätzlich beschäftigungssteigernd oder -senkend auswirken. So wird z. B. mit dem verstärkten Einsatz von Textverarbeitungsautomaten eine erhöhte Nachfrage nach diesen selbst und nach Software verbunden sein, jedoch z. B. eine verminderte Nachfrage nach konventionellen Schreibmaschinen. Um solche indirekten Effekte mit zu erfassen, erscheint es wünschenswert, von einem *multisektoralen* Ansatz auszugehen. Erfasst werden können damit insbesondere auch jene Effekte, die in Bereichen der Ökonomie auftreten, in denen selbst eventuell keine relevanten technischen Veränderungen stattfinden, deren Beschäftigung jedoch gleichwohl von den sich vollziehenden Veränderungen in anderen Bereichen der Ökonomie affiziert wird.

Wünschenswert wäre es schließlich, daß der zugrundeliegende Ansatz es erlaubt, der Tatsache Rechnung zu tragen, daß positive und negative Beschäftigungsfolgen zeitlich unterschiedlich verteilt sein können. Der komparativ-statische Vergleich zwischen beliebig gewählten Zeitperioden erlaubt das nicht, erforderlich erscheint eine *dynamische Analyse*⁴.

Die als wünschenswert bezeichneten Eigenschaften scheint uns am ehesten ein dynamischer Input-Output-Ansatz mit möglichst weitgehender Endogenisierung der Endnachfrage aufzuweisen. Die Input-Output-Analyse erlaubt es bekanntlich, die Auswirkungen zu studieren, die sich aus bestimmten Veränderungen bei einzelnen Sektoren auch für die übrigen ergeben, indem die intersektorale Verflechtung berücksichtigt wird. Ein dynamischer Input-Output-Ansatz bietet darüber hinaus die Möglichkeit, Entwicklungspfade zu studieren und zu vergleichen; indem die Dynamik in allen bisher bekannten Ansätzen dieser Art

im wesentlichen durch eine vom Akzeleratorprinzip Gebrauch machende Investitionsfunktion erzeugt wird, ergibt sich die Möglichkeit, nicht nur die über die Vorleistungsverflechtungen stattfindenden indirekten Output- und Beschäftigungseffekte zu erfassen, sondern darüber hinaus diejenigen, die sich daraus ergeben, daß mit dem Einsatz neuer Technologien eine anders strukturierte Nachfrage nach Fixkapitalgütern einhergeht. Mit der Verwendung eines dynamischen Input-Output-Ansatzes scheint es demnach insbesondere möglich, einem häufig genannten Kompensationsargument Rechnung zu tragen, dem sogenannten *Maschinenherstellungsargument*. Es beruht auf der Überlegung, daß die die neuen Technologien repräsentierenden neuen Produktionsmittel ihrerseits erzeugt werden müssen und dadurch zusätzliche Beschäftigung ermöglichen. Da aber gleichzeitig damit bisher verwendete Produktionsmittel möglicherweise nur noch in reduziertem Umfang nachgefragt werden, ist die Bedeutung, die diesem Sachverhalt zukommt, zunächst offen. Die Abschätzung des Nettoeffekts gehört zu den Aufgaben, die von der Untersuchung zu leisten sind, und das dynamische Input-Output-Modell mit endogenisierter Endnachfrage liefert dafür einen geeigneten Rahmen.

Da fast alle für die Kompensation vorgebrachten Argumente letztlich auf die nachfrageerweiternden und damit beschäftigungsgenerierenden Effekte abstellen, die den freisetzenden Auswirkungen neuer Technologien gegenüberstehen, erscheint der gewählte Untersuchungsrahmen damit als problemadäquat. Allerdings ist bezüglich des im folgenden behandelten Ansatzes einschränkend festzustellen, daß die Endogenisierung der verschiedenen Endnachfragekomponenten nur ansatzweise geleistet ist. So ist die Endogenisierung der Konsum- und der Staatnachfrage überaus simpel, während die Auswirkungen des Einsatzes neuer Technologien auf Exporte und Importe – für eine so stark vom Außenhandel abhängige Ökonomie wie die der Bundesrepublik Deutschland gewiß kein irrelevantes Thema – gar nicht erfaßt werden. Mögliche Kompensationseffekte, die sich über Veränderungen der relativen Preise und der Einkommensverteilung Geltung verschaffen, werden nicht überprüft, da wir der Analyse im wesentlichen ein reines Mengensystem zugrunde legen.

Die mit der im folgenden vorgestellten Untersuchung erzielten Ergebnisse können damit nur als vorläufig angesehen werden, die durch weitergehende Analysen zu überprüfen sind. Die Absicht der Untersuchung war es aber auch nicht, eine definitive Aussage über die Beschäftigungswirkungen der untersuchten Technologien, nämlich der programmgesteuerten Arbeitsmittel, abzugeben⁵. Im Vordergrund stand die Absicht, einen analytischen Rahmen zu entwickeln, der bei weiteren theoretischen und empirischen Anstrengungen geeignet erscheint, den „Bazar der Meinungen“⁶ bezüglich der Beschäftigungswirkungen des technischen Wandels zu einem Fachhandel umzugestalten, in dem gewisse Standards eingehalten werden müssen.

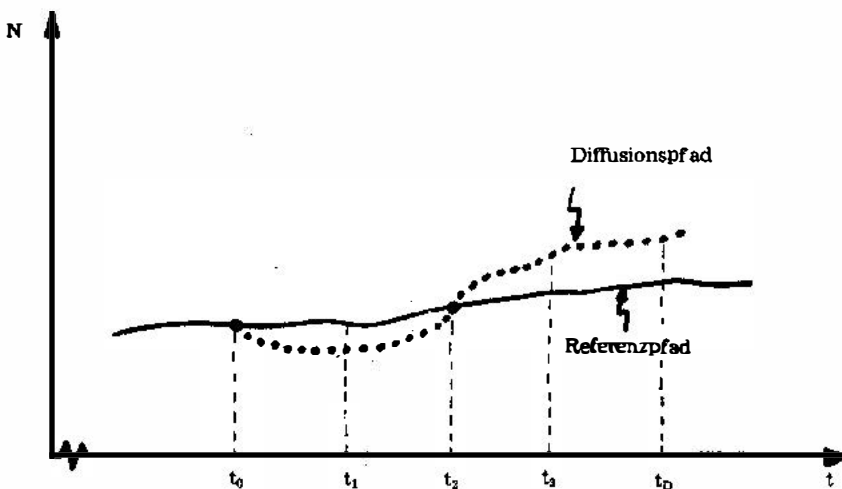
III. Zur Untersuchungsmethode

Die im vorliegenden Ansatz angewandte Untersuchungsmethode läßt sich am besten mittels des folgenden Zitats von J. R. Hicks beschreiben:

"We compare two alternative paths that extend into the future. Along one of those paths some new 'cause' is not operating; along the other it is. The difference between the paths is the effect of that cause. The difference itself extends over time, so that there are 'short-run' and 'long-run' effects. But merely to distinguish between short-run and long-run is not sufficient; it is the *whole* of the difference between the paths which is the effect of the cause" (Hicks, 1983, S. 109; Hervorhebung von Hicks).

Die hier beschriebene *Kausalanalyse* läßt sich am Beispiel der Beschäftigungsfolgen der Diffusion programmgesteuerter Arbeitsmittel illustrieren. Abbildung 1 enthält zwei Zeitpfade für die Zustandsvariable N , die Gesamtbeschäftigung. Bis zum Zeitpunkt t_0 stimmen beide Pfade überein und sind gleich dem tatsächlichen Beschäftigungspfad der betrachteten Ökonomie. Ab t_0 kommt es zur Einführung und allmählichen Verbreitung einer Familie neuer Technologien. Die punktierte Linie beschreibt die rein hypothetische Entwicklung unter den Annahmen, daß es neben der betrachteten technologischen zu keiner weiteren Änderung im Datenkranz des Systems kommt und daß das sektorale Diffusionsmuster der neuen Technologien gegeben ist. Im Zeitpunkt t_D sei der Diffusionsprozeß abgeschlossen, d. h. die neuen Produktionsverfahren vollständig an die Stelle der alten getreten. Wir nennen den betreffenden Pfad *Diffusionspfad*. (Ein anderes Diffusionsmuster würde einen anderen Pfad erzeugen, und der Diffusionsprozeß käme zu einem anderen Zeitpunkt zum Abschluß.) Im Unterschied hierzu beschreibt die durchgezogene Linie die gleichfalls hypothetische

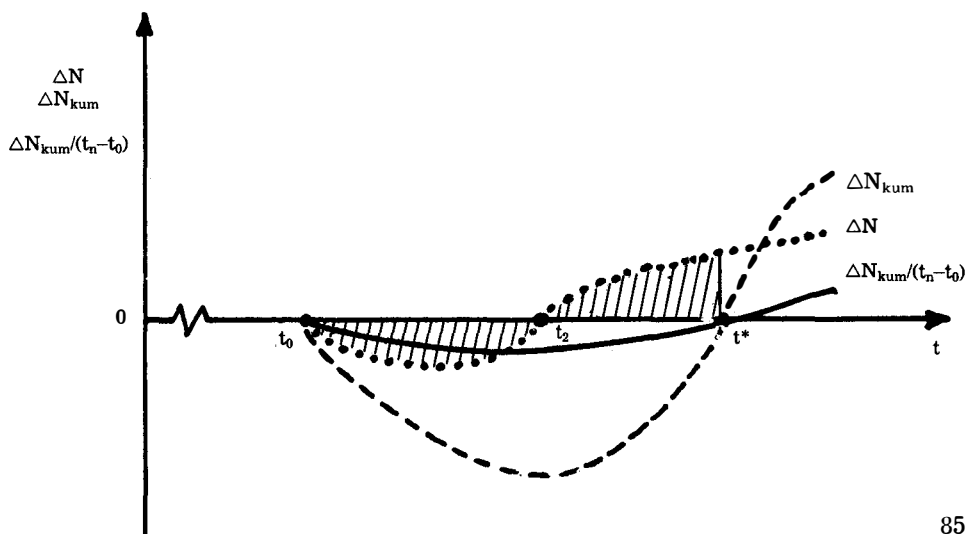
Abbildung 1



Entwicklung unter der Annahme, daß die betrachtete technologische Änderung unterbleibt, d. h. nur jene Ursachen weiterhin wirksam sind, die bereits vor t_0 am Werk waren. Wir nennen diesen Pfad *Referenzpfad*. Die Differenz zwischen Diffusions- und Referenzpfad ist dann im Sinne von Hicks der Effekt der Diffusion.

Vielfach finden sich in der Literatur zeitpunkt- bzw. -periodenbezogene Vergleiche. Gegen diese ist grundsätzlich nichts einzuwenden, vorausgesetzt, der jeweilige Fund wird nicht unzulässigerweise verallgemeinert. Die Problematik derartiger Verallgemeinerungen, wie sie häufig anzutreffen sind, läßt sich am vorliegenden Beispiel verdeutlichen. Vergleicht man z. B. die Beschäftigungsmengen auf dem Diffusions- und Referenzpfad zum Zeitpunkt t_1 , so zeigt sich, daß der technologische Wandel mit einer Nettofreisetzung von Arbeitskräften verbunden ist. Vergleicht man indes die Beschäftigungsmengen zu den Zeitpunkten t_2 oder t_3 , so ergibt sich folgendes Bild: Im ersten Fall würde man, dem herkömmlichen Sprachgebrauch zufolge, von einer „vollständigen Kompensation“, im zweiten sogar von einer „Überkompensation“ sprechen. Diese Diktion ist nicht unproblematisch, wie die folgende Betrachtung zeigt. Abbildung 2 veranschaulicht den komparativen Gesamtverlauf, und zwar zum einen an Hand der Entwicklung der sich ergebenden Beschäftigungsdifferenz zwischen beiden Pfaden, ΔN , zum zweiten an Hand der sich ergebenden kumulierten Beschäftigungsdifferenz, ΔN_{kum} , und schließlich unter Verwendung der Kurve $\Delta N_{\text{kum}}/(t_n - t_0)$, die die durchschnittliche Beschäftigungsdifferenz ausweist, die bis zum Zeitpunkt t_n eingetreten ist. Wir sehen, daß im vorliegenden Fall erst zum Zeitpunkt t^* von einer vollständigen Kompensation früherer Beschäftigungsverluste die Rede sein kann; bis dorthin weisen die Kurven der kumulierten und der durchschnittlichen Beschäftigungsdifferenzen negative Werte auf, danach positive.

Abbildung 2



IV. Das dynamische Input-Output-Modell

Das verwendete dynamische Input-Output-Modell unterscheidet sich von anderen Modellen ähnlichen Typs⁷ vor allem in der zugrundeliegenden Formulierung der privaten Investitionsnachfrage. Sie ist im wesentlichen verantwortlich für das Modellverhalten und verdient es daher, näher betrachtet zu werden. Dies geschieht in Abschnitt 1 dieses Teils; wir werden uns auf eine überwiegend verbale Darstellung der Investitionsfunktion beschränken und verweisen den interessierten Leser auf die ausführliche Diskussion in Kalmbach und Kurz (1989)⁸. Abschnitt 2 gibt einen knappen Überblick über die restlichen Teile des Modells. Abschnitt 3 faßt die hervorstechenden Eigenschaften des Modellverhaltens zusammen.

1. Die private Investitionsnachfrage

Bei der verwendeten Investitionsfunktion handelt es sich um einen verfeinerten nichtlinearen Akzeleratormechanismus. Danach sind die Investitionen eines jeden Sektors eine Funktion der sektoralen Outputs mehrerer zurückliegender Perioden. Der Kern der Formulierung betrifft jedoch nicht unmittelbar die Investitionsnachfrage selbst, sondern die Planung des sektoralen Ausbaus (oder Abbaus) der Produktionskapazität. Ausgehend von der gewünschten zukünftigen Kapazität lassen sich die erforderlichen Kapitalgüter ermitteln, die diese Kapazität bereitstellen, und damit die güterspezifische Investitionsnachfrage.

Im einzelnen wird unterstellt, daß jeder Sektor (bzw. die darin agierenden Unternehmungen) ein *zweistufiges* Entscheidungsverfahren anwendet. In einem *ersten* Schritt bestimmt er die in einer zukünftigen Periode gewünschte Kapazität, um die von ihm erwartete Nachfrage zu bedienen; bei einem angenommenen uniformen Implementierungslag der Investitionen von zwei Perioden wird zu Beginn der Periode t über die gewünschte Kapazität in Periode $t + 2$ entschieden. In einem *zweiten* Schritt legt er fest, welchen Anteil dieser Kapazität er mit der „alten“ und welchen er mit der „neuen“ Technik bestreiten will, entscheidet also über den Modernisierungsgrad des sektoralen Kapitalstocks. Ein Vergleich des gewünschten Kapitalstocks mit dem aktuell verfügbaren ergibt unter Berücksichtigung des im Zeitraum von t bis $t + 2$ erfolgenden Kapitalverschleißes die sektorale Investitionsgüternachfrage.

Jeder Sektor j der Wirtschaft ($j = 1, 2, \dots, n$) hat annahmegemäß zwei durch fixe Produktionskoeffizienten charakterisierte Produktionsverfahren zur Auswahl. Die Koeffizienten der „alten“ und „neuen“ Technik werden durch Superskripte *I* und *II* gekennzeichnet. In einer ansonsten gängigen Notation bezeichnen a_{ij}^m und l_{kj}^m ($i, j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, s; m = I, II$) die erforderliche Menge an zirkulierendem Produktionsmittel i bzw. an direkter Arbeit der Art k zur Erzeugung einer Einheit des von Sektor j mittels Technik m hergestellten Produkts. Entsprechend

bezeichnet b_{ij}^m den korrespondierenden Bestand des dauerhaften Kapitalguts i , der bei normaler Nutzung gerade eine Kapazitätseinheit in Sektor j bei Anwendung von Technik m erlaubt.

Im Zuge des Diffusionsprozesses wird Technik I allmählich von Technik II verdrängt. Der Stand der im Sektor j bis zur Periode t erfolgten Diffusion der neuen Technik wird durch den Diffusionsparameter $\alpha_j(t)$, $0 \leq \alpha_j(t) \leq 1$, angegeben. $\alpha_j(t)$ ist ein Maß für das Gewicht der neuen Technik bezüglich der sektoralen Gesamtkapazität. Der „durchschnittliche“ sektorale Koeffizient $a_{ij}(t)$ ist daher wie folgt bestimmt:

$$a_{ij}(t) = [1 - \alpha_j(t)]a_{ij}^I + \alpha_j(t)a_{ij}^{II}.$$

Analoges gilt für die durchschnittlichen Arbeits- und Fixkapitalkoeffizienten.

Bei den Gewichten $\alpha_j(t)$ handelt es sich um Szenario-Parameter, die wir von außen vorgeben. Der Diffusionsprozeß der neuen Technologie wird durch die Zeitpfade der $\alpha_j(t)$ charakterisiert. Sehr verschiedenartige Diffusionsverläufe sind denkbar, insbesondere auch solche mit logistischem Zeitprofil, wie es von der empirischen Diffusionsforschung in zahlreichen Fällen nachgewiesen worden ist. Wir haben uns der Einfachheit halber auf lineare Zeitkurven beschränkt, die in kruder Weise den logistischen Verlauf approximieren. Beginnend mit $\alpha_j(0) = (0)$ sind die Zeitpfade hinreichend beschrieben durch die Zeitspanne T_j , die für eine vollständige Diffusion erforderlich ist. Für gegebene sektorale Diffusionszeit ergibt sich

$$\alpha_j(t) = \min \{1, t/T_j\}.$$

Für das von uns so genannte *Standarddiffusionsszenario S1* unterstellen wir eine intersektoral uniforme Diffusionszeit von $T = 20$ Perioden. Das Szenario *S2* behandelt den Fall einer schnelleren ($T = 15$), das Szenario *S3* denjenigen einer langsameren ($T = 30$) allgemeinen Diffusion. Daneben haben wir Simulationen unter der Prämisse sektoral unterschiedlicher Diffusionsgeschwindigkeiten durchgeführt.

Betrachten wir nun etwas näher die Formulierung der privaten Investitionsnachfrage. Wie bereits gesagt, wird zu Beginn von Periode t entschieden, welche Produktionskapazität für Periode $t + 2$ bereitzustellen ist. Diese Entscheidung, so die Annahme, basiert auf einem Planungsansatz, der langfristige Überlegungen mit kurzfristigen verbindet.

Dem *langfristigen* Teilansatz zufolge ist geplant, den Kapazitätsausbau eines Sektors am Trendwachstum des sektoralen Outputs auszurichten. Allerdings ist die sektorale Trendwachstumsrate keine absolut fixe Größe, sondern wird mittels eines Error-Adjustment-Prozesses bestimmt. Danach ist die Trendwachstumsrate einer Periode gleich dem gewogenen arithmetischen Mittel der Trendwachstumsrate der Vorperiode sowie der in der Vorperiode tatsächlich erfahrenen Wachstumsrate des sektoralen Outputs.

Dem *kurzfristigen* Teilansatz zufolge orientiert sich ein Sektor hin-

sichtlich seiner Kapazitätsplanung am erwarteten Absatz und versucht Abweichungen des tatsächlichen Auslastungsgrades der sektoralen Kapazität vom Normalauslastungsgrad zu korrigieren. Die vom Sektor „erwartete“ Wachstumsrate seines Absatzes ist dabei annahmegemäß gleich dem gewogenen Mittel der beiden zuletzt beobachteten Outputwachstumsraten. Für einen gegebenen Normalauslastungsgrad der Kapazität erhält man die Größe der gewünschten Kapazität. (Es erschien uns als sinnvoll, eine maximale sektorale Wachstumsrate zu unterstellen, die bei diesem Ansatz zur Kapazitätsanpassung nicht überschritten werden kann.)

Die beiden Teilansätze werden schließlich kombiniert. Die vom Sektor j in Periode t für Periode $t + 2$ geplante Kapazität $K_j^*(t + 2)$ ist gleich dem gewogenen Mittel aus den sich bei den beiden Teilansätzen ergebenden Kapazitätsplangrößen,

$$K_j^1(t + 2) \text{ und } K_j^2(t + 2), \\ K_j^*(t + 2) = [1 - \beta(t)] K_j^1(t + 2) + \beta(t) K_j^2(t + 2).$$

Die Gewichte sind dabei nicht starr, sondern hängen zum einen von der „Dispersion“ der beiden zuletzt beobachteten sektoralen Outputwachstumsraten ab, d. h. dem Absolutbetrag der Differenz zwischen letzter und vorletzter Rate, zum anderen von einem sogenannten „Risiko-Aversions-Parameter“. Je größer die Dispersion für gegebenen (positiven) Risiko-Aversions-Parameter, desto größer das Gewicht des langfristigen Planungsansatzes, d. h. desto kleiner $\beta(t)$. Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, daß Investoren ihre Kapazitätsausbauplanung umso stärker auf langfristige Überlegungen stützen, je weniger einheitlich sich die Lage in der jüngeren Vergangenheit darstellt.

Ist die gewünschte Kapazität $K_j^*(t + 2)$ ermittelt und darüber hinaus entschieden, in welchem Verhältnis alte und neue Technik zur Anwendung kommen sollen, so lassen sich die erforderlichen Bestände der verschiedenen dauerhaften Kapitalgüter bestimmen und damit auch die güterspezifische Investitionsnachfrage des Sektors j . An dieser Stelle sind einige vereinfachende Annahmen zu nennen, die unserer Studie zugrunde liegen. Zum einen wird unterstellt, daß die Installation der gewünschten Kapazitäten immer möglich ist. Dies bedeutet jedoch nicht notwendigerweise, daß die betreffenden Kapitalgüter immer in den richtigen Proportionen verfügbar sind. Es ist insbesondere möglich, daß einige Kapitalgüter im Überschuß vorhanden sind. Dies ist dann der Fall, wenn der gewünschte Abbau der Kapazität eines Sektors schneller erfolgt als der Verschleiß einiger seiner Kapitalgüter. Zum anderen nehmen wir an, daß innerhalb eines Sektors teilweise verschlissene Kapitalgüter kostenlos zwischen alten und neuen Produktionsverfahren transferiert werden können, während sowohl ein intersektoraler wie ein grenzüberschreitender Handel in gebrauchten Kapitalgütern ausgeschlossen werden. Auf diese Weise können einige der zuvor erwähnten potentiell überschüssigen Kapitalgüter weiterverwendet werden, vorausgesetzt, sie werden auch von der neuen Produktions-

methode genutzt (z. B. Gebäude und allgemeine Ausrüstungsgüter). Schließlich werden die verschiedenen Kapitalgüter in mehrere Klassen eingeteilt und für jede Klasse eine Verschleißrate vorgegeben. Der Einfachheit halber wird unterstellt, daß die Verschleißraten weder vom Anwendungssektor der Kapitalgüter noch vom aktuellen Nutzungsgrad der Kapazitäten abhängen.

Für die Bestimmung der inländischen Produktion und Beschäftigung ist offenbar nur die Nachfrage nach im Inland erzeugten Investitionsgütern von Bedeutung. Mangels einer besseren Hypothese wurde hinsichtlich des importierten Anteils an den Investitionen der Einfachheit halber angenommen, daß die aus Zeitreihen über die Importentwicklung in den Jahren 1970 bis 1983 ermittelten durchschnittlichen Anteile der Importe an den Investitionen unverändert bleiben.

2. Andere Komponenten der Endnachfrage

Hinsichtlich der Behandlung der privaten Konsumnachfrage, der Staatsnachfrage sowie der Exportnachfrage müssen einige wenige Bemerkungen genügen.

Unserer Formulierung der Nachfrage nach Konsumgütern durch die privaten Haushalte liegt ein simples ökonometrisches Modell zugrunde. Der Vektor der Konsumgüternachfrage einer Periode ist danach eine affine Funktion der aggregierten Wertschöpfung der Vorperiode. Im Grunde handelt es sich um eine einfache disaggregierte Keynesianische Konsumfunktion mit güterspezifisch unterschiedlichen Grenzneigungen zum Konsum und unterschiedlichen Werten für den autonomen Konsum.

Die gesamten Staatsausgaben werden in unserem Modell als in fixer Proportion zum Bruttoinlandsprodukt der jeweiligen Vorperiode stehend angenommen, und zwar sowohl auf dem Referenz- wie auf den verschiedenen Diffusionspfaden. Der zugrundegelegte Staatsanteil ist dabei gleich einem Mittelwert der Jahre 1973 bis 1986. Die Struktur der Staatsausgaben bleibt annahmegemäß jedoch nur auf dem Referenzpfad gleich, während sie sich auf den Diffusionspfaden zugunsten der Investitionsausgaben und unter diesen zugunsten bestimmter Ausrüstungsinvestitionen (Büromaschinen, elektronische Erzeugnisse) verändert. Wir nehmen an, daß diese Verschiebung umso größer ist, je kürzer die Gesamtzeit ist, die im staatlichen Bereich zur Umstellung auf die neuen Technologien benötigt wird.

Bei der Exportnachfrage handelt es sich um die einzige rein autonome Nachfragekomponente des Modells. Ihre Entwicklung bestimmt daher auf die Dauer und im Durchschnitt das Wachstumstempo der Gesamtwirtschaft. Wir gehen von empirischen Werten für die Exporte und deren Wachstumsraten aus. Wir unterstellen dann, daß sich letztere auf dem Referenzpfad während der ersten zehn Perioden stetig bis zur Hälfte ihrer vorherigen Höhe verringern und anschließend auf dem niedrigeren Niveau verharren. Damit soll zumindest ansatzweise zum

Ausdruck gebracht werden, daß es ohne weiteren technologischen Wandel im Inland zu einer Verschlechterung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit und einem Verlust an Weltmarktanteilen kommen wird. Tatsächlich wird das skizzierte Muster des Rückgangs des Exportwachstums jedoch auch den meisten von uns betrachteten Diffusions-szenarien zugrundegelegt. Dies bedeutet nicht, daß wir – in direktem Widerspruch zum gerade Gesagten – davon ausgehen, daß die Diffusion programmgesteuerter Arbeitsmittel keinen Einfluß auf die Exporttätigkeit ausübt, sondern nur, daß es uns an halbwegs gesicherten Hypothesen über diesen Einfluß mangelt. Folglich kann auch nicht die Bedeutung eines in der Diskussion über die Beschäftigungseffekte des technologischen Wandels häufig genannten Kompensationsarguments überprüft werden. Es ist allerdings möglich, sich im Rahmen des vorgestellten Ansatzes dem Problem von anderer Seite zu nähern: Mit dem Modell können die Auswirkungen exogener Variationen der Exportnachfrage studiert werden. Insbesondere ist es in der Lage, die Frage zu beantworten, welche Exportstimulierung die Diffusion auslösen müßte, um die durch andere Faktoren eventuell nicht geleistete vollständige Kompensation zu bewerkstelligen⁹.

3. Zum dynamischen Verhalten des Modells

Dynamische Input-Output-Modelle sind „tückisch“. Offenbar macht es nur dann Sinn, mit ihnen zu arbeiten, wenn ihr Verhalten nicht allzu stark vom stilisierten Verhalten realer Ökonomien abweicht. Das Verhalten des von uns gewählten Modells läßt sich auf verschiedenerelei Weise beeinflussen. Einen Ansatz hierfür bietet insbesondere die Formulierung der privaten Investitionsnachfrage. Die numerischen Werte der in sie eingehenden Verhaltensparameter waren von uns selbst vorzugeben und wurden von uns so gewählt, daß sich ein möglichst „realitätsähnliches“ Systemverhalten ergab. Hierbei zeigte es sich, daß vor allem der Festlegung der „Risiko-Aversions-Parameter“ eine bedeutende Rolle zufiel. Nach umfänglichen Versuchen mit unterschiedlichen Sätzen von Parameterwerten haben wir uns schließlich für eine Konstellation entschieden, die folgende dynamische Grundtendenzen der simulierten Ökonomie erzeugt: Die Ökonomie ist „lebensfähig“, d. h. sie bricht nicht zusammen und weist auch keinerlei explosive Tendenzen auf. Die Entwicklung erfolgt zyklisch, wobei die Zyklen unregelmäßiger Natur sind. Die Fluktuationen halten sich in Grenzen; die Schwankungen der Auslastungsgrade der Kapazitäten bewegen sich in „realistischen“ Bereichen. Die Dauer der Wachstumszyklen ist nicht merklich verschieden von den empirisch beobachteten Werten.

V. Ergebnisse

1. Vorbemerkung

Es ist in den bisherigen Ausführungen bereits darauf hingewiesen worden, daß unsere Untersuchung Wünsche bezüglich der Erfassung und Überprüfung bestimmter Kompensationseffekte offenläßt. Dies gilt besonders für die durch die Einführung programmgesteuerter Arbeitsmittel ausgelösten Export- und Importeffekte. Aber auch die Auswirkungen auf den Konsum bedürften einer genaueren Analyse. Zu untersuchen wären im einzelnen die Auswirkungen von „Produktinnovationen“ – ein nicht ganz unproblematischer und für eine Ökonomie, in der „Warenproduktion mittels Waren“ (Sraffa) erfolgt, klärungsbedürftiger Begriff – und die Auswirkungen von Änderungen in der Einkommensverteilung.

Auch die Freisetzungseffekte konnten nicht in voll befriedigender Weise erfaßt werden. Die Defizite, die hier bestehen, sind vor allem darauf zurückzuführen, daß bezüglich der erforderlichen empirischen Erhebungen bislang nur ein Teilprogramm realisiert werden konnte.

Wie geschildert, besteht das angewandte Verfahren im Vergleich eines Referenzszenarios mit diversen Diffusionsszenarien. Letztere unterstellen, daß sich eine durch die Verwendung programmgesteuerter Arbeitsmittel gekennzeichnete neue Technik mit einer bestimmten Geschwindigkeit durchsetzt. Das Verfahren ist mithin daran geknüpft, daß die neuen, als *best practice technique* (*bpt*) verstandenen Produktionsverfahren durch die sie charakterisierenden Koeffizienten beschrieben werden können (siehe dazu IV. 1). Obwohl diesbezüglich umfangreiche Recherchen angestellt wurden, war es nicht möglich, für alle Produktionsbereiche ein klares und einigermaßen verlässliches Bild von den Koeffizienten der *bpt* zu gewinnen. Das ausgewertete Material (Branchenanalysen, Fallstudien, Erhebungen von Verbänden, Strukturberichterstattung u. a.) ließ oft die beabsichtigte quantitative Beschreibung der *bpt* nicht zu, weil die Aussagen entweder nur auf gewisse qualitative Unterschiede aufmerksam machen, die gegenüber der existierenden Technik vorliegen, weil selbst diese qualitativen Aussagen mitunter widersprüchlich waren und weil erst recht über die für uns letztlich maßgeblichen quantitativen Differenzen zwischen den Koeffizienten, die die „alte“ und die „neue Technik“ charakterisieren, kein eindeutiges Bild zu gewinnen war.

In all diesen Fällen unklarer Verhältnisse sind wir einfach davon ausgegangen, daß die die „alte Technik“ charakterisierenden Koeffizienten weiterhin gelten. Dieses Verfahren hat nicht nur den Nachteil, daß die Abweichung der *bpt* von der im Ausgangspunkt existierenden vermutlich erheblich unterschätzt wird. Es verzerrt unsere Ergebnisse auch in einer offenkundigen Weise: In denjenigen Produktionsbereichen, in denen es uns nicht gelang, größere Abweichungen zwischen *bpt* und existierender Technik festzustellen, kommt es nur zu einer

geringen technisch bedingten Freisetzung. Sind diese Bereiche in besonderer Weise Nutznießer der stattfindenden Kompensationsvorgänge, wird deren beschäftigungsgenerierende Fähigkeit überschätzt. Das Umgekehrte gilt für die Bereiche, für die erhebliche Abweichungen zwischen der existierenden und der *bpt* festgestellt werden konnten. Da bei allen Möglichkeiten der Koeffizientenabweichungen im einzelnen doch davon auszugehen ist, daß die *bpt* insgesamt einen geringeren Arbeitsbedarf gegenüber der existierenden Technik aufweist, wird für diese Bereiche eine hohe Freisetzung ermittelt werden, die nur dann nicht eine Beschäftigungsreduktion zur Folge hätte, wenn es sich dabei gleichzeitig um Bereiche handelte, die durch die auftretenden Kompensationseffekte in besonderer Weise begünstigt werden. Da der (beschäftigungsreduzierende) Freisetzungseffekt hier – im Gegensatz zur erstgenannten Gruppe – voll erfaßt wird, ist es unvermeidlich, daß ein strukturell verzerrtes Bild entsteht. Die Bereiche, für die nur wenige Informationen bezüglich der *bpt* erhoben werden konnten, weisen im Vergleich zu denjenigen, für die wir vertrauenswürdigeren Aussagen gewinnen konnten, bezüglich ihrer Beschäftigungsentwicklung insgesamt ein relativ zu günstiges Bild auf: Wie den anderen Bereichen werden ihnen die auf sie entfallenden Kompensationseffekte angerechnet; die Freisetzungseffekte, die vermutlich auch dort stattfinden, werden infolge der existierenden Informationsmängel jedoch nicht oder jedenfalls nicht vollständig erfaßt.

2. Einige Resultate

Wenden wir uns jetzt den im Rahmen des skizzierten Ansatzes erzielten Resultaten zu. Wir betrachten dabei vorrangig die durchschnittlichen kumulierten Output- und Beschäftigungsabweichungen zwischen dem Referenz- und dem jeweiligen Diffusionspfad nach einer gewissen Zahl von Perioden; in Abbildung 2 ist das bezüglich der Beschäftigungsabweichung die Kurve $\Delta N_{\text{kum}}/(t_n - t_0)$. Ausgewiesen werden im folgenden jedoch die relativen, nicht die absoluten Abweichungen.

In Tabelle 1 werden zunächst die gesamtwirtschaftlichen Output- und Beschäftigungsdifferenzen am Ende des zwanzig Jahre umfassenden Untersuchungszeitraums für drei Diffusionsszenarien dargestellt. Allen dreien liegen lineare Zeitkurven der Diffusion und die Annahme einer für alle Sektoren identischen Diffusionsgeschwindigkeit zugrunde. Die Unterschiede der drei Szenarien bestehen in dem Zeitraum, der für eine vollständige Diffusion angenommen wird: Im Standarddiffusionsszenario *S1* fällt der Abschluß des Diffusionsprozesses mit dem Ende des Untersuchungszeitraums zusammen, bei *S2* erfolgt der Abschluß früher, bei *S3* später.

Wie die Tabelle zeigt, ergibt sich am Ende des Untersuchungszeitraumes bei den beiden ersten Szenarien eine positive Abweichung im durchschnittlichen jährlichen Output gegenüber dem Referenzpfad, im

Tabelle 1**Prozentuale Output- und Beschäftigungsdifferenzen zwischen drei Diffusionspfaden und dem Referenzpfad über den gesamten Untersuchungszeitraum**

	S1 (Diffusionszeit 20 Jahre)	S2 (Diffusionszeit 15 Jahre)	S3 (Diffusionszeit 30 Jahre)
Outputdifferenz	2,91	6,49	- 2,21
Beschäftigungs- differenz	- 3,01	- 0,98	- 5,92

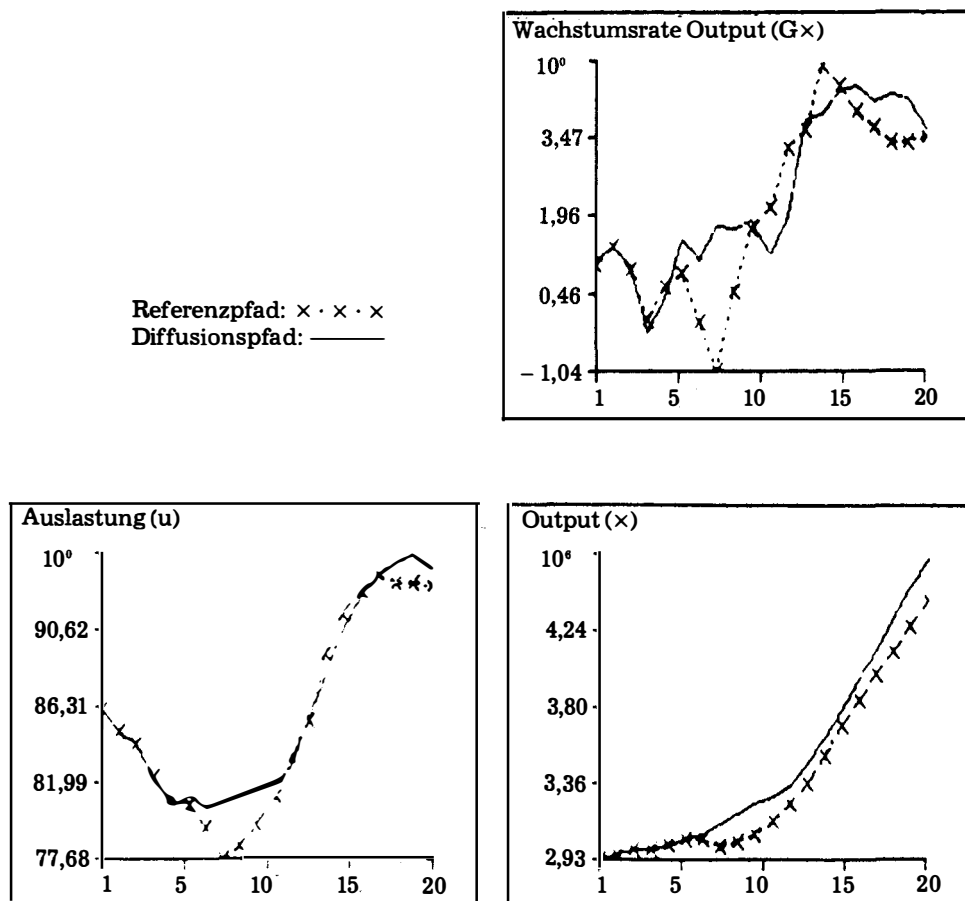
dritten jedoch eine negative. Aber auch bei den Szenarien mit einer positiven Outputdifferenz reicht diese nicht aus, um eine negative Beschäftigungsdifferenz zu verhindern. Allerdings zeigt sich, daß das Szenario mit der größten Diffusionsgeschwindigkeit (S2) am Ende der Untersuchungsperiode die geringste negative Beschäftigungsdifferenz aufweist. Dieses Ergebnis bestätigt einerseits häufig geäußerte Befürchtungen, widerspricht ihnen aber auch andererseits. Bestätigt wird die Vermutung, daß die – in einer positiven Outputdifferenz zum Ausdruck kommenden – Kompensationseffekte sich als zu schwach erweisen, um die Freisetzungseffekte vollständig zu neutralisieren. Nicht bestätigt wird jedoch die gängige Vorstellung, daß eine beschleunigte Diffusion die Beschäftigungsproblematik verschärft. Die sich aus unserer Untersuchung ergebende Folgerung ist vielmehr, daß infolge einer mit einer rascheren Diffusion verknüpften stärkeren Expansion des Outputs das Problem eher entschärft wird.

Ein informativeres Bild als es Tabelle 1 vermitteln kann erhält man, wenn man nicht nur die durchschnittlichen Abweichungen am Ende der Untersuchungsperiode erfaßt, sondern für die gesamte Untersuchungsperiode die Entwicklung des Outputs auf dem Referenz- und dem jeweiligen Diffusionspfad einander gegenüberstellt. In Abbildung 3 geschieht das für S1.

Man sieht, daß der (gekreuzt gekennzeichnete) Referenzpfad und der Diffusionspfad sich in den ersten sechs Perioden in der Höhe und Wachstumsrate des Outputs sowie bezüglich der Kapazitätsauslastung wenig unterscheiden. Die positive Outputdifferenz ergibt sich vor allem aus den deutlich niedrigeren Wachstumsraten auf dem Referenzpfad in den Perioden 7–9. Dieser Verlauf widerspricht dem, was das Maschinenherstellungsargument vermuten läßt, nämlich daß die Einschleusung der neuen Technologien zunächst einen relativen Beschäftigungsgewinn bringt, dem erst in einer späteren Phase des Diffusionsprozesses die durch Produktivitätssteigerungen ausgelösten Freisetzungseffekte folgen. Es verhält sich eher umgekehrt, und zwar auch bei S2 und S3: Im ersten Fünfjahreszeitraum ergeben sich leicht negative Output- und schon von daher negative Beschäftigungsdifferenzen, welche zumindest in den Szenarien S1 und S2 durch positive Outputdifferenzen und eine teilweise Kompensation der Freisetzungseffekte abgelöst

Abbildung 3

Modellergebnisse für die Gesamtwirtschaft (Referenzpfad und Standarddiffusionsszenario)



werden. Das Maschinenherstellungsargument wird insofern durch unsere Untersuchung in Frage gestellt.

In Tabelle 2 werden die durchschnittlichen relativen Output- und Beschäftigungsdifferenzen nach 5, 10, 15 und 20 Jahren ausgewiesen. Um einen Eindruck von den sektoralen Unterschieden zu geben, sind die 51 Sektoren, die dem verwendeten Input-Output-Ansatz zugrunde liegen, zu sechs Sektoren aggregiert worden. Wir stellen wiederum die Ergebnisse dar, die sich beim Vergleich von S1 mit dem Referenzszenario ergaben.

Tabelle 2

**Abweichungen zwischen S1 und dem Referenzpfad auf dem
6-Sektoren-Aggregationsniveau**

	Abweichungen im jährli- chen Durchschnittsoutput bis Periode t				Abweichungen in der jährli- chen Durchschnittsbeschäf- tigung bis Periode t			
	t = 5 Diff. in %	t = 10 Diff. in %	t = 15 Diff. in %	t = 20 Diff. in %	t = 5 Diff. in %	t = 10 Diff. in %	t = 15 Diff. in %	t = 20 Diff. in %
Land- u.- Forstwirt- schaft	-0,19	0,41	0,67	0,85	-0,21	0,38	0,62	0,79
Energie/Wasserg./ Bergbau	-0,32	0,89	1,41	1,75	-0,72	-0,08	-0,16	-0,38
Verarbeitendes Gewerbe	0,29	1,96	2,19	2,67	-1,03	-0,54	-1,74	-2,80
Baugewerbe	-0,18	9,16	11,17	12,28	-0,26	9,01	10,94	11,96
Dienstleistungen	-0,05	1,71	2,77	3,68	-2,06	-2,19	-3,13	-4,55
Staat	-2,22	-2,80	-2,37	-1,61	-3,82	-5,72	-6,74	-7,65
Wirtschaft gesamt	-0,18	1,62	2,24	2,91	-1,72	-1,26	-2,04	-3,01

Die Tabelle bestätigt zunächst das zuvor schon Gesagte: Die kumulierten durchschnittlichen Outputdifferenzen sind nach fünf Perioden noch negativ, für die längeren Zeiträume dann jedoch positiv. Bei den zusammengefaßten Bereichen fallen die hohen Output- und Beschäftigungsdifferenzen des Produktionsbereichs Baugewerbe auf. Sie erweisen sich auch dann als außergewöhnlich hoch, wenn man sie mit den Differenzen vergleicht, die sich bei den 50 anderen Produktionsbereichen des zugrundeliegenden Modells ergeben: Bezüglich der prozentualen Outputdifferenz liegt, wenn man den gesamten Untersuchungszeitraum ($t = 20$) zugrunde legt, nur noch die Bundespost vor dem Baugewerbe, bezüglich der Beschäftigungsdifferenz ist das Baugewerbe der Spitzenreiter, gefolgt von der Bundespost. Das verweist zum einen auf hohe Kompensationsgewinne des Baugewerbes, gleichzeitig jedoch auf die bereits erwähnten Verzerrungen, denen unsere Ergebnisse unterliegen: Da das Baugewerbe zu denjenigen Bereichen gehört, für die wir nur die Auswirkungen der Büroautomation – und auch diese nur sehr grob – abzuschätzen in der Lage waren, werden die Freisetzungseffekte dort vermutlich unterschätzt, so daß die Beschäftigungsdifferenz nahe bei der Outputdifferenz liegt.

Es ist bemerkenswert, daß man ein ganz anderes Ergebnis erhält, wenn man eine andere Diffusionsgeschwindigkeit unterstellt. Vergleicht man die Output- und Beschäftigungsdifferenzen zwischen Referenzpfad und S3 ($T = 30$), so ergeben sich die in Tabelle 3 dargestellten Ergebnisse.

Tabelle 3

**Abweichungen zwischen S3 und dem Referenzpfad auf dem
6-Sektoren-Aggregationsniveau**

	Abweichungen im jährlichen Durchschnittsoutput bis Periode t				Abweichungen in der jährlichen Durchschnittsbeschäftigung bis Periode t			
	t = 5 Diff. in %	t = 10 Diff. in %	t = 15 Diff. in %	t = 20 Diff. in %	t = 5 Diff. in %	t = 10 Diff. in %	t = 15 Diff. in %	t = 20 Diff. in %
Land- u.- Forstwirtschaft	-0,18	0,15	-0,56	-1,30	-0,19	0,13	-0,59	-1,34
Energie/Wasserg./Bergbau	-0,30	0,35	-1,03	-2,42	-0,57	-0,28	-1,77	-3,22
Verarbeitendes Gewerbe	-0,11	0,60	-0,81	-1,57	-1,02	-1,10	-3,40	-5,04
Baugewerbe	-2,23	1,13	-6,83	-9,42	-2,27	1,04	-6,95	-9,58
Dienstleistungen	-0,10	0,91	-0,52	-2,05	-1,41	-1,58	-4,09	-6,89
Staat	-0,13	0,61	-0,39	-1,99	-1,22	-1,43	-3,34	-5,93
Wirtschaft gesamt	-0,25	0,71	-0,99	-2,21	-1,23	-1,11	-3,68	-5,92

Wie man sieht, weist das Baugewerbe hier in $t = 20$ nicht nur negative Output- und Beschäftigungsdifferenzen auf, es handelt sich vielmehr sogar um die stärksten Negativabweichungen aller sechs Bereiche. Ob ein Bereich relativer Beschäftigungsgewinner oder -verlierer der sich vollziehenden Freisetzungs- und Kompensationsvorgänge ist, scheint demnach sehr stark von der Diffusionsgeschwindigkeit abzuhängen.

Wir verzichten auf die Darstellung und Kommentierung der Ergebnisse weiterer Diffusionsszenarien (z. B. mit sektoral unterschiedlichen Diffusionsgeschwindigkeiten) und wenden uns statt dessen einer weniger hoch aggregierten Erfassung der Beschäftigungsdifferenzen zu. Das von uns angewandte Prinzip der Disaggregation bestand darin, nach *Tätigkeitsmerkmalen* zu unterscheiden. Bewußt wurde dabei darauf verzichtet, eine so starke Disaggregation vorzunehmen, wie sie in vergleichbaren Untersuchungen vorgenommen wird¹⁰. Die Beschränkung auf recht große Kategorien, die lediglich für EDV-bezogene Tätigkeiten etwas genauer unterschieden wurden, ergab sich im wesentlichen aus der Überlegung, daß die Input-Output-Analyse mit ihren fixen Koeffizienten eine Starrheit der Einsatzproportionen der einzelnen Tätigkeiten voraussetzt, die realiter nicht gegeben ist. Eine nicht sehr weit getriebene Unterscheidung zwischen verschiedenen Tätigkeiten scheint uns insofern den tatsächlich gegebenen Flexibilitätsspielräumen eher Rechnung zu tragen als eine tiefer disaggregierte Erfassung verschiedener Tätigkeitsmerkmale.

Tabelle 4**Komponentenzerlegung der tätigkeitsbezogenen Beschäftigungseffekte, Vergleich von S1 und dem Referenzpfad in Periode $t = 20$**

Zerlegung der Beschäftigungseffekte des dynamischen Modells
(prozentuale Größen)

Tätigkeit	Einzeleffekte			Gesamteffekte
	Nachfrage	A-Matrix	Arb.-Koeff.	
1 Produktionstätigkeiten	5,81	0,20	- 6,56	- 0,92
2 Lager, Transport, Vertrieb	6,33	0,79	-21,29	-15,65
3 Traditionelle Bürotätigkeiten	5,67	0,25	-23,90	-19,38
4 EDV-Anwendung	6,17	0,78	31,30	40,48
5 EDV-gest. Planen				
+ Konstruieren	6,74	1,63	123,81	142,78
6 EDV-gestützte OL und OR	5,99	0,96	56,56	67,52
7 Disposition, FuE	5,87	0,53	-2,22	4,06
8 Sonst. Dienstleistungstätigk.	3,67	-0,13	-7,80	-4,55
Gesamterwerbstätige	5,47	0,30	-10,51	-5,34

Bezug: Diffusionspfad vs. Referenzpfad, Beschäftigung in Periode 20
(Diffusionszeit $T = 20$, uniformes Alpha).

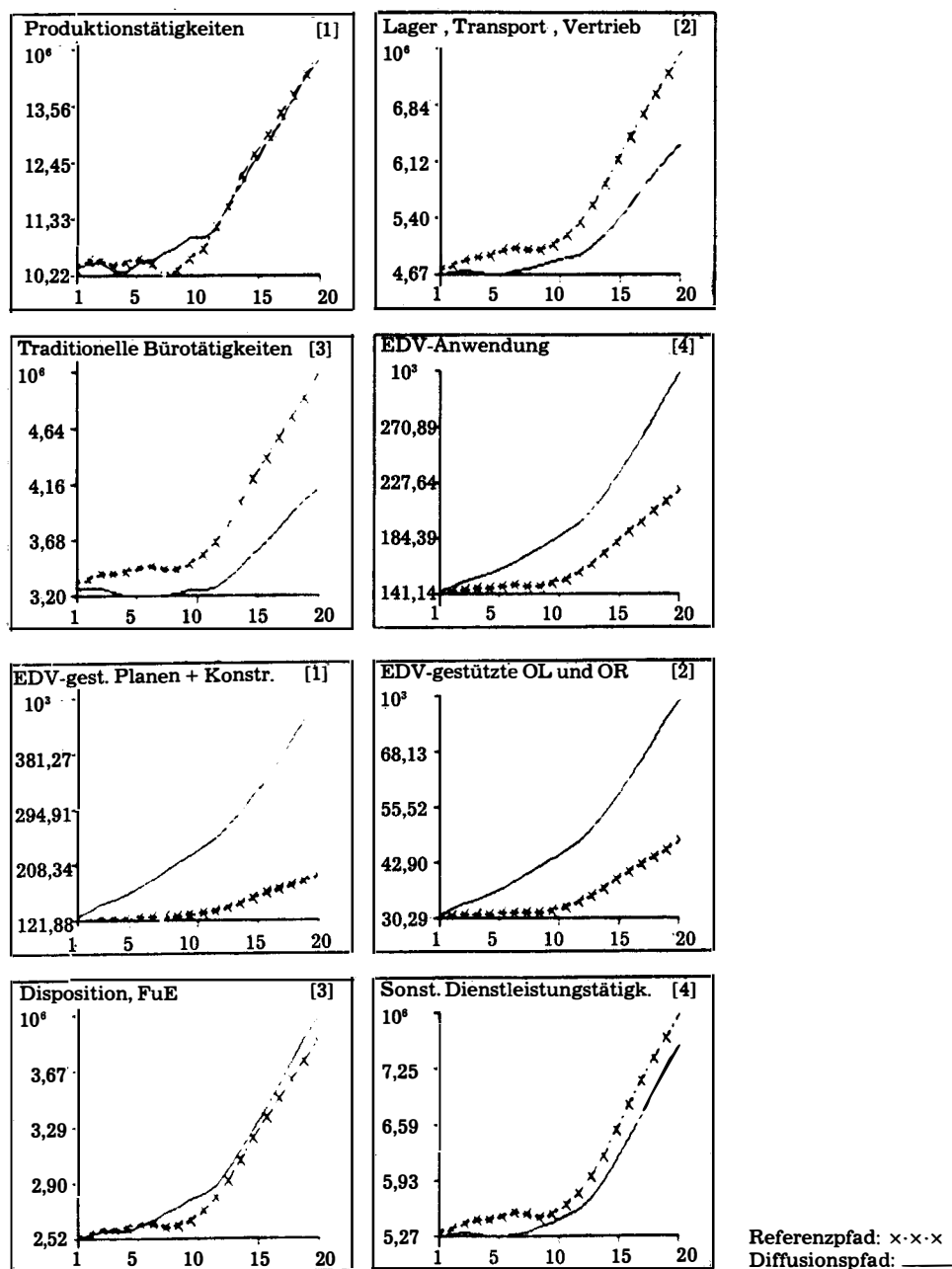
In Abbildung 4 werden – wiederum für den Referenzpfad und für S1 – die Entwicklungen verschiedener Tätigkeitskategorien einander gegenübergestellt. Der Verlauf der jeweiligen Pfade für sich genommen ist dabei uninteressant – der im allgemeinen ansteigende Verlauf zeigt nur, daß wir für Referenz- und Diffusionsszenario darauf verzichtet haben, einen (für beide identischen) autonomen Produktivitätsfortschritt in Rechnung zu stellen. Was einzig und allein interessiert, sind die Differenzen. Sie entsprechen weitgehend den gängigen Meinungen: Traditionelle Tätigkeiten verlieren, EDV-bezogene Tätigkeiten gewinnen an Bedeutung. Überraschend ist lediglich, daß die Entwicklung der Produktionstätigkeiten, sieht man von den Perioden 6–10 einmal ab, sich auf beiden Pfaden recht einheitlich darstellt.

Alle bisher gemachten Aussagen bezogen sich auf die durchschnittlichen kumulierten Differenzen. Für die letzte in die Betrachtung einbezogene Periode ($t = 20$) bietet sich zusätzlich eine Überlegung an, wie sie im Rahmen statischer Input-Output-Modelle häufig praktiziert wurde. Wir fragen, wie und in welchem Umfang die bei den verschiedenen Tätigkeiten in $t = 20$ existierenden Beschäftigungsdifferenzen¹¹ sich auf Unterschiede in der Nachfrage, der A- und der L-Koeffizienten zurückführen lassen. Da für S1 in $t = 20$ die *best practice technique* sich durchgesetzt hat, können wir in gängiger Notation schreiben

$$\begin{aligned}
 L^{\text{II}}x^{\text{II}} - L^{\text{I}}x^{\text{I}} &= L^{\text{II}}(I-A^{\text{II}})^{-1}[y^{\text{II}} - y^{\text{I}}] \\
 &\quad + L^{\text{II}}[(I-A^{\text{II}})^{-1} - (I-A^{\text{I}})^{-1}]y^{\text{I}} \\
 &\quad + [L^{\text{II}} - L^{\text{I}}](I-A^{\text{I}})^{-1}y^{\text{I}}
 \end{aligned}$$

Die mit dieser Aufspaltung erzielten Ergebnisse sind, in Prozenten ausgedrückt, in Tabelle 4 zusammengefaßt.

Abbildung 4
Gesamtwirtschaftliche Modellergebnisse für die tätigkeitsbezogene Beschäftigtenentwicklung
 (Referenzpfad und Standarddiffusionsszenario)



Die Tabelle zeigt, daß in $t = 20$ alle Tätigkeiten von einer positiven Nachfragedifferenz zwischen $S1$ und dem Referenzpfad profitieren, wenngleich der (prozentuale) positive Nachfrageeffekt unterschiedlich hoch ausfällt. Der Veränderung der Vorleistungskoeffizienten kommt im allgemeinen keine große Bedeutung zu, von den Arbeitskoeffizienten gehen positive und negative Effekte aus. Was die Gesamtbeschäftigung anbelangt, so bewirken die niedrigeren Arbeitskoeffizienten auf dem Referenzpfad in $t = 20$ eine um 10,5 Prozent niedrigere Beschäftigung, die jedoch durch die höhere Nachfrage und durch einen geringen positiven Beschäftigungsbeitrag der gegenüber dem Referenzpfad anderen Koeffizienten der A -Matrix auf etwa die Hälfte reduziert wird.

VI. Abschließende Bemerkungen

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß mit der vorgestellten Untersuchung nicht der Anspruch erhoben wird, die schwierige Frage nach den Beschäftigungseffekten der Diffusion programmgesteuerter Arbeitsmittel erschöpfend beantwortet zu haben. Allzu offensichtlich sind die theoretischen und materialbedingten Beschränkungen, denen die Studie unterliegt. Die Endogenisierung der Endnachfrage müßte weiter getrieben werden, der Einfluß der Diffusion neuer Technologien auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit einer Ökonomie müßte Berücksichtigung finden, der Zusammenhang zwischen Einkommensverteilung, relativen Preisen, Struktur der Endnachfrage und Akkumulationsdynamik müßte thematisiert werden, monetäre Faktoren müßten in die Analyse miteinbezogen werden. Die Ermittlung der *best practice technique* müßte für alle Sektoren vorgenommen werden und einige Sektoren (insbesondere jene, in denen programmgesteuerte Arbeitsmittel hergestellt werden) wären zu disaggregieren. Tatsächlich erweist sich in einer Welt rapiden technologischen und strukturellen Wandels, dessen Haupttriebkraft in Produktinnovationen, und zwar sowohl Konsumtions- als auch Produktionsmittel betreffend, zu sehen ist, die Annahme eines gegebenen und unveränderlichen sektoralen Rahmens als höchst problematisch. Gleichwohl sind wir der Auffassung, daß der gewählte multisektorale dynamische Ansatz grundsätzlich in jene Richtung weist, in der eine bessere Antwort auf die alte und bislang immer noch kontrovers beurteilte Frage nach den Freisetzungs- und Kompensationseffekten neuer Technologien zu suchen ist.

Anmerkungen

- * Wir danken Christian Gehrke für nützliche Anmerkungen.
- 1 Zur Theoriegeschichte des Themas vgl. Lowe (1955) sowie Kalmbach und Kurz (1986; 1989, Abschnitt 1.2).
- 2 Eine ausführliche Darstellung findet sich im Abschlußbericht des Projekts; vgl. Kalmbach et al. (1989) sowie Kalmbach und Kurz (1990).
- 3 Vgl. dazu z. B. Kalmbach et al. (1989).

- 4 Näheres dazu wird in Teil III ausgeführt.
- 5 Zur genaueren Beschreibung der unter dem Begriff der „programmgesteuerten Arbeitsmittel“ erfaßten Technologien vgl. Kalmbach et al. (1989).
- 6 Dazu Blattner (1986).
- 7 Vgl. insbesondere Meyer und Schumann (1978), Meyer (1980), Duchin und Szyld (1985), Leontief und Duchin (1986) sowie DIW (1988).
- 8 Es ist an dieser Stelle anzumerken, daß die Entwicklung der verwendeten Investitionsfunktion im wesentlichen das Verdienst von Dr. Reiner Franke ist. Zur Erprobung der Funktion im einsektoralen Rahmen vgl. Franke und Weghorst (1988).
- 9 In einem zweiten Schritt der Analyse müßte dann untersucht werden, ob die erforderliche Exportausweitung angesichts der sich in den Hauptkonkurrenzländern vollziehenden Diffusion der betrachteten Technologien als realistisch einzuschätzen ist. Dies verweist auf die an sich selbstverständliche Tatsache, daß die Untersuchung der Beschäftigungswirkungen des technologischen Wandels in offenen Volkswirtschaften mit einer rein länderbezogenen Betrachtung nicht zu leisten ist. Vielmehr wäre im Grunde die Entwicklung eines Modells von miteinander über Außenwirtschaftsbeziehungen verschränkten Ökonomien unter besonderer Berücksichtigung differentieller Diffusionsgeschwindigkeiten neuer Technologien erforderlich.
- 10 So wird z. B. in der von Leontief und Duchin (1986) durchgeführten Untersuchung zwischen 53 „occupations“ unterschieden.
- 11 Die in $t = 20$ existierenden Beschäftigungsdifferenzen sind im allgemeinen verschieden von den bisher betrachteten durchschnittlichen Beschäftigungsdifferenzen bis $t = 20$. Vergleiche dazu den Verlauf der Kurven ΔN und $\Delta N_{\text{kum}}/(t_n - t_o)$ in Abbildung 2.

Literatur

- Blattner, N (1986), „Technischer Wandel und Beschäftigung: Zum Stand der Diskussion“, in: G. Bombach, B. Gahlen, A. E. Ott (Hrsg.): Technologischer Wandel – Analyse und Fakten, Tübingen
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) (1988), Sektorale und gesamtwirtschaftliche Beschäftigungswirkungen moderner Technologien, Bd. 1 und Bd. 2, Berlin
- Duchin, F. und Szyld, D. (1985), „A Dynamic Input-Output Model with Assured Positive Outputs“, *Metroeconomica*, Vol. 37
- Franke, R. und Weghorst, W. (1988), „Complex Dynamics in a Simple Input-Output Model without the Full Capacity Utilization Hypothesis“, *Metroeconomica*, Vol. 40
- Hicks, J. R. (1983), *Classics and Moderns. Collected Essays on Economic Theory*, Vol. III, Oxford
- Kalmbach, P. et al. (1989), *Mikroelektronik und Beschäftigung. Eine Untersuchung der Auswirkungen des Einsatzes programmgesteuerter Arbeitsmittel unter Verwendung eines dynamischen Input-Output-Modells*, Abschlußbericht der Forschungsgruppe „Technologischer Wandel und Beschäftigung“, Bremen
- Kalmbach, P. und Kurz, H. D. (1986), „Economic Dynamics and Innovation: Ricardo, Marx and Schumpeter on Technological Change and Unemployment“, in: H.-J. Wagerer und J. W. Drukker (Hrsg.), *The Economic Law of Motion of Modern Society. A Marx-Keynes-Schumpeter Centennial*, Cambridge
- Kalmbach, P. und Kurz, H. D. (1989), *Chips und Jobs. Zu den Beschäftigungswirkungen des Einsatzes der Mikroelektronik in der Bundesrepublik Deutschland*, im Erscheinen
- Kalmbach, P. und Kurz, H. D. (1990), „Microelectronics and Employment. A Dynamic Input-Output Study of the West-German Economy“, erscheint in *Structural Change and Economic Dynamics*, Bd. 1
- Leontief, W. und Duchin, F. (1986), *The Future Impact of Automation on Workers*, New York: Oxford University Press
- Lowe, A. (1955), „Technological Unemployment Reexamined“, in: G. Eisermann (Hrsg.), *Wirtschaft und Kultursystem*, Stuttgart und Zürich
- Meyer, U. (1980), *Dynamische Input-Output-Modelle*, Königstein: Athenäum
- Meyer, U. und Schumann, J. (1978), „Ansätze zur Weiterentwicklung des dynamischen Input-Output-Modells“, in: E. Helmstädter (Hrsg.), *Neuere Entwicklungen in den Wirtschaftswissenschaften*, Berlin: Duncker & Humblot