

Der technische Fortschritt als Vorziel der Wirtschaftspolitik*

Von Rudolf Eder, Wien

Problemstellung

In der Folge sollen nur einige Ansätze zur Ausgestaltung des technischen Fortschritts zum wirtschaftspolitischen Instrument und damit verbundene Probleme aufgezeigt und kurz behandelt werden. Dies geschieht in zwei Etappen. Zuerst werden der technische Fortschritt, seine Komponenten und deren Wirkungen dargestellt. Anschließend daran wird der technische Fortschritt als Vorziel betrachtet und die Kausalkette aufgestellt, in welcher der technische Fortschritt steht. Dabei werden weder die Ursachen noch die Wirkungen vollzählig und erschöpfend, sondern dem gegebenen Rahmen entsprechend ausschnittsweise und cursorisch behandelt.

I. Die Komponenten des technischen Fortschritts

1. Begriffliches

Bei der Definition des technischen Fortschritts gehe ich von jenen Elementen aus, die das Wesen der Technik im weitesten Sinne bestimmen: den Verfahren¹. Verfahren zeigen, wie man vorgehen muß, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Sie sind der Inbegriff der Technik. Jede zielgerichtete Handlung erfolgt nach einem bestimmten Verfahren. Jede Verwendung von Maschinen, Geräten oder ganz allgemein von Gütern ist an Verfahren gebunden. Bevor eine Maschine gebaut werden kann, muß das Verfahren, nach welchem sie funktionieren soll, in der Vorstellung des Konstrukteurs entstehen. So wird überhaupt eine Sache erst dann zum Gut, wenn die Menschen sich eines Verfahrens zur zielführenden Verwendung bewußt werden, sobald die Eignung

* Der vorliegende Artikel stellt eine abgeänderte und erweiterte Fassung eines Vortrages dar, der im November 1968 vor der juristischen Fakultät der Universität Graz gehalten wurde. Für wertvolle Anregungen und Kritik bin ich Prof. Dr. Alfred Kruse zu Dank verpflichtet, ebenso Univ. Dozent Dr. Alfred Kyrer für kritische Bemerkungen.

¹ Vgl. Rudolf Eder: Volkswirtschaftliche Theorie des technischen Fortschritts. Berlin 1967. S. 20 ff. u. a.

der Sache zur Befriedigung eines Bedürfnisses entdeckt wurde. Es kommen in allen Lebensbereichen Verfahren zur Anwendung, die eben die Technik dieses Bereiches bestimmen. Die technologischen Verfahren bilden nur eine Gruppe, wenn auch vielleicht die am systematischsten durchdachte.

Durch die Verwendung des Begriffes Verfahren können weitere Begriffe wie der Stand der Technik, der Stand des technischen Wissens und die Entwicklung beider klar bestimmt werden. So bildet die Gesamtheit der Verfahren, die zu einem bestimmten Zeitpunkt angewandt werden, den Stand der Technik. Gleichzeitig bildet die Gesamtheit der Verfahren, die zu einem bestimmten Zeitpunkt bekannt sind, das technische Wissen, den Wissensstand. Werden neue Verfahren erfunden, so vermehren sie zuerst das technische Wissen, werden sie angewandt, dann ändern sie den Stand der Technik². In diesem Sinne stellt der potentielle technische Fortschritt eine Vermehrung des technischen Wissens, einen Wissensfortschritt, der realisierte technische Fortschritt dagegen eine Veränderung des Standes der Technik, einen technischen Fortschritt im eigentlichen Sinne dar³.

Damit nun nach ökonomischen Überlegungen neue Verfahren angewendet werden, müssen sie zu einer feststellbaren Steigerung der Bedürfnisbefriedigung geeignet sein. Bedingungen dafür sind: daß

1. ein neues Verfahren geeignet ist, ein Bedürfnis zu befriedigen, welches bisher nicht befriedigt werden konnte, da ein geeignetes Verfahren fehlte⁴.
2. ein neues Verfahren geeignet ist, Bedürfnisse a) besser (qualitativer Aspekt) oder b) weitgehender (quantitativer Aspekt) zu befriedigen⁵.

Der technische Fortschritt ergibt sich somit nur aus der Einführung neuer Verfahren, die den erwähnten Kriterien entsprechen. Jede Einführung eines neuen Verfahrens stellt im obigen Sinne einen Fortschritt dar. Es ist dabei gleichgültig, ob es sich um die Einführung eines absolut oder nur relativ neuen Verfahrens handelt, wobei ein absolut neues Verfahren zur eigentlichen Neuerung (Innovation) und ein relativ neues Verfahren zur Verbreitung (Propagierung) und Erneuerung führt⁶. Die imitierende Anwendung (auf das anwendende Unternehmen bezogen) neuer Verfahren stellt nur einen Teil der Propagierung dar. So wird ein Produktionsverfahren durch den Verkauf beispielsweise einer neuen Maschine zwar propagiert, aber nicht unbedingt nachgeahmt.

² Eder: a.a.O., S. 24 ff.

³ Eder: a.a.O., S. 27.

⁴ Eder: a.a.O., S. 29 f.

⁵ Eder: a.a.O., S. 31 f.

⁶ Eder: a.a.O., S. 27 ff.

Beim technischen Fortschritt als Gesamtphänomen handelt es sich um die Summe aller Einführungen absolut oder relativ neuer Verfahren während eines bestimmten Zeitabschnittes. Es wird natürlich immer vorausgesetzt, daß die oben dargestellten Kriterien bei der Auswahl der Verfahren berücksichtigt werden.

2. Die Komponenten des technischen Fortschritts und ihre Wirkungen

Die einführenden Bemerkungen über das Wesen des technischen Fortschritts haben gezeigt, daß es sich dabei um ein durchaus nicht homogenes Phänomen (hinsichtlich der Wirkungen) handelt. Die einzelnen Teilphänomene haben unterschiedliche Wirkungen und führen damit zu verschiedenen Zielen. Schon daraus ergibt sich die Notwendigkeit, das Gesamtphänomen in seine wichtigsten Komponenten im Hinblick auf diese verschiedenen Wirkungen zu zerlegen.

Der technische Fortschritt besteht aus vier Komponenten⁷:

1. der gütermehrenden Komponente erster Ordnung oder konsumgütermehrenden Komponente,
2. der gütermehrenden Komponente höherer Ordnung oder produktionsgütermehrenden Komponente,
3. der optimierenden Komponente erster Ordnung und
4. der optimierenden Komponente höherer Ordnung oder produktivitätssteigernden Komponente.

Zu 1. Die gütermehrende Komponente erster Ordnung

Diese Komponente liegt vor, wenn neue Verfahren eingeführt werden, die zur direkten Befriedigung von Bedürfnissen dienen, welche bisher nicht befriedigt werden konnten, weil eben die notwendigen Verfahren fehlten oder nicht angewandt wurden.

Oft entstehen Bedürfnisse erst mit der Einführung der zu ihrer Befriedigung dienenden Güter⁸. Es werden neue Bedürfnisse geweckt, wobei die Werbung eine entscheidende Rolle spielt. Oft bestehen die Bedürfnisse bereits als scheinbar unerfüllbare Wünsche, die dann endlich durch die Einführung eines neuen Verfahrens befriedigt werden können. Neue Verfahren der erwähnten Art stellen für sich schon eine Gütermehrung dar. Die meisten Verfahren erfordern zu ihrer Anwendung jedoch auch noch komplementäre Güter, die zusätzlich herge-

⁷ Die einzelnen Komponenten habe ich in meinem bereits zitierten Buch eingehender behandelt.

⁸ Vgl. Gerhard Scherhorn: *Bedürfnis und Bedarf. Socialökonomische Grundbegriffe im Lichte der neueren Anthropologie.* Berlin 1959. S. 31 ff.

stellt werden müssen. So sind für die Anwendung des Verfahrens „Fernsehen“ Fernsehgeräte, Sender, elektrische Energie, Fernsehprogramme u. a. notwendig. Durch die notwendige Herstellung dieser komplementären Güter kommt es ebenfalls zur Gütermehrung. Die beschriebenen Arten der Gütermehrung sind auf die Einführung neuer Verfahren zurückzuführen, werden durch solche bewirkt. Die gütermehrende Wirkung neuer Verfahren bildet die gütermehrende Komponente des technischen Fortschritts. Soweit sich die gütermehrende Wirkung auf den Konsumbereich bezieht, handelt es sich um die gütermehrende Komponente erster Ordnung, die in der Mehrung der Konsumgüterarten besteht.

Nach der Zielsetzung der vorliegenden Untersuchung sollen zwei Wirkungen der gütermehrenden Komponente erster Ordnung besonders hervorgehoben werden: 1. die Wirkung auf Konsum und Sparen und 2. die Wirkung auf die Leistungsbereitschaft der Bezieher von Leistungseinkommen.

Die Wirkung auf Konsum und Sparen: Der konsumgütermehrenden Komponente liegt — wie bereits erwähnt — folgender Sachverhalt zugrunde: Es werden neue Verfahren eingeführt, die zur Befriedigung bisher unbefriedigter Bedürfnisse geeignet sind. Diese Eignung und die Beschaffungsmöglichkeit werden den Bedürfnisträgern durch die Werbung der Erzeuger aufgezeigt. Vielfach entsteht überhaupt erst jetzt das Bedürfnis; es kommt zu einer Änderung der Bedürfnisskala. Wenn der Grenznutzen je Geldeinheit für das neue Gut höher ist als der Grenznutzen je Geldeinheit in bisherigen Verwendungen (einschließlich Sparen), dann kommt es zur Nachfrage nach dem neuen Gut. Die monetäre Nachfrage ($\text{Preis} \times \text{Gütermenge}$) nach dem neuen Gut muß aus den bisherigen Einkommensverwendungen abgezogen werden. Bei gleichbleibendem Einkommen sinkt entweder die monetäre Nachfrage nach den anderen Gütern oder (und) das Sparvolumen. (Die Verwendung von Ersparnissen aus früheren Perioden ist begrenzt.) Bei wachsendem Einkommen und konstanter Konsumquote (C/E) kann die monetäre Nachfrage nach dem neuen Gut gleich, größer oder kleiner als der Einkommenszuwachs sein.

Die gütermehrende Komponente erster Ordnung kann aber auch zur Erhöhung der Konsumquote und damit zur Senkung der Sparquote (S/E) führen, was sich auf die Wachstumsrate negativ auswirkt⁹. Dieser Gedanke soll hier nicht weiter verfolgt werden. Meines Erachtens

⁹ Vgl. Knut Borchardt: Die Veränderlichkeit der Konsumgüterstruktur in der wachsenden Wirtschaft. In: Wilhelm Krelle (Hrsg.): Theorien des einzelwirtschaftlichen und gesamtwirtschaftlichen Wachstums. (Schriften des Vereins für Socialpolitik, Band 34) Berlin 1965. S. 116 f.

ist aus diesem Komplex eine Wirkung besonders herauszuheben: die positive Wirkung auf die Nachfrage, von welcher der Wachstumsprozeß entscheidend abhängt. Dieser Wirkungszusammenhang soll etwas ausführlicher behandelt werden.

Die Erhöhung des Pro-Kopf-Einkommens ($E/B = \text{Volkseinkommen/Bevölkerung}$) ist wohl nur sinnvoll, wenn — zumindest langfristig — die Bedürfnisbefriedigung durch absolute Erhöhung des Realkonsums (C) gesteigert werden kann. Bei konstanter Bevölkerung muß danach C mit E steigen.

Andererseits erfordert das Wirtschaftswachstum auch absolut steigende Investitionen (I), die dem jeweiligen Sparvolumen (S) gleich sind.

Der Sozialproduktzuwachs muß daher auf C und I bzw. S aufgeteilt werden. Es sei angenommen, daß die Aufteilung so erfolgt, daß Konsumquote und Sparquote im Zeitablauf konstant bleiben:

$$C/E = \text{konstant, } S/E = I/E = \text{konstant.}$$

Daraus ergibt sich, daß in der Zeiteinheit der Konsum prozentual den gleichen Zuwachs erfahren muß wie das Realeinkommen:

$$\dot{C}/C = \dot{E}/E.$$

Zwischen Einkommen und Nachfrage besteht ein Zusammenhang, der als Elastizität der Nachfrage in bezug auf das Einkommen bekannt ist:

$$(\dot{X}/X) / (\dot{E}/E)$$

Für die meisten Güter gilt, daß bei fortschreitender Befriedigung eines Bedürfnisses der Grenznutzen sinkt und Sättigung eintritt.

Bei steigendem Einkommen, welches eine immer weitergehende Bedürfnisbefriedigung erlaubt, wird daher ab einer bestimmten Höhe die Elastizität der Nachfrage kleiner als eins. Es wird angenommen, daß diese Entwicklung im Durchschnitt für alle bekannten Güter und Einkommensempfänger eintritt, was keinesfalls besonders wirklichkeitsfremd ist. Das bedeutet, daß die Elastizität der Nachfrage nach den bekannten Gütern in bezug auf das Einkommen insgesamt von einem bestimmten Einkommen an kleiner als eins wird.

Die Zuwachsrate des Konsums bekannter Güter (\dot{X}/X) ist dann kleiner als die Zuwachsrate des Einkommens (\dot{E}/E), und die eingangs aufgestellte Bedingung gleichgewichtigen Wirtschaftswachstums ($C/E = \text{konstant}$) wird nicht erfüllt.

Zur Erfüllung der Bedingung ist die gütermehrende Komponente erster Ordnung notwendig. Die mangelnde Steigerung des Konsums

bekannter Güter (X) muß durch die Steigerung des Konsums neuer Güter (N) ausgeglichen werden¹⁰:

$$\dot{E}/E = \dot{C}/C = \dot{X}/X + \dot{N}/N$$

Wirkung auf die Leistungsbereitschaft der Bezieher von Leistungseinkommen: Die gütermehrende Komponente erster Ordnung führt zur Änderung der Bedürfnisskala und zur Störung des Verbrauchergleichgewichtes. Dieses „Ungleichgewicht“ kann durch eine Reihe von Reaktionen abgebaut werden: durch Nachfrageumschichtung, durch Erhöhung der Konsumquote bei einem gegebenen Einkommen und schließlich durch Erhöhung des Einkommens.

Es ist denkbar, daß ein Konsument auf die Befriedigung der bisher befriedigten Bedürfnisse nicht verzichten will, die Konsumquote nicht erhöhen will oder kann und dennoch auch ein neues Bedürfnis befriedigen möchte, wozu ihm eine Neuerung die Möglichkeit gibt. In diesem Fall bleibt noch das Einkommen als Variable. Durch erhöhten Einsatz von Arbeitskraft kann je nach der Arbeitsmarktsituation ein zusätzliches Einkommen erzielt werden. Für dieses zusätzliche Einkommen muß Freizeit preisgegeben werden. Die gütermehrende Komponente erster Ordnung wirkt somit auch auf das Verhältnis zwischen Arbeitszeit und Freizeit. Der Grenznutzen der Freizeit kann gegenüber dem Grenznutzen anderer Güter relativ sinken.

Diese Zusammenhänge können durch das Konzept eines erweiterten Verbrauchergleichgewichtes dargestellt werden. Dabei verwendet man an Stelle des Einkommens die Einkommenskapazität und berücksichtigt bei den in den Begehrenskreis des Verbrauchers fallenden Gütern auch die Freizeit. Das Verbrauchergleichgewicht lautet dann:

$$GN_1/p_1 = GN_2/p_2 = GN_{\text{Freizeit}}/\text{durch Freizeitgenuß entgangenes Einkommen} = \dots = \Sigma GN/\text{Einkommenskapazität.}$$

Darin bedeutet:

$GN_1, GN_2 \dots$ Grenznutzen der Güter 1, 2, ...

$p_1, p_2 \dots$ Preise dieser Güter.

Aus der Gleichung geht hervor, daß der Grenznutzen der Freizeit je Geldeinheit ebenso groß sein muß wie der der anderen Verwendungen der Einkommenskapazität. Trifft das nicht zu, dann wird die Freizeit so weit verringert, bis dieses Gleichgewicht erreicht ist.

Die erhöhte Leistungsbereitschaft und die daraus folgende Steigerung des Faktoreinsatzes wirken sich auf das Wirtschaftswachstum direkt positiv aus.

¹⁰ Vgl. Eder: a.a.O., S. 45 f. — Bruno Frey: Product and Process Innovations in Economic Growth. Z. f. Nationalök., Band 29 (1969), S. 29—38.

Zu 2. Die gütermehrende Komponente höherer Ordnung

Sie führt zur Mehrung der Produktionsgüter¹¹. Bei dieser Erscheinung hat die naive Kompensationstheorie angesetzt¹². Sie hat aber drei wesentliche Zusammenhänge nicht genügend berücksichtigt:

a) Es kann zu keiner Kompensation zwischen dem Freisetzungseffekt und dem Faktoreinsatzeffekt neuer Produktionsgüter kommen, da die neuen Produktionsgüter zuerst produziert werden müssen (Wirksamkeit des Faktoreinsatzeffektes) und erst dann in der Produktion verwendet werden können, wo es zum Freisetzungseffekt kommt¹³.

b) Es kann zu keiner Kompensation kommen, da die neuen Produktionsgüter nur hergestellt werden, wenn der Umweg über sie zu einer Mehrergiebigkeit¹⁴ führt, wenn also die Produktivität steigt. Da der Kapitaleinsatz durch die Verwendung der neuen Produktionsgüter erhöht wird, muß es sich dabei zwangsläufig um die Steigerung der Arbeitsproduktivität handeln, die bei gleichbleibender mengenmäßiger Nachfrage zur Freisetzung von Arbeitskräften führt. Von einer direkten Kompensation der Freisetzung der Arbeitskräfte kann somit keine Rede sein. Nur unter der Bedingung, daß die Produktivitätssteigerung bei entsprechender Konkurrenz zu einer Preissenkung führt, kann bei einer Preiselastizität der Nachfrage von 1 die Nachfrage in dem Maße steigen, daß keine Arbeitskräfte freigesetzt werden. Hierbei handelt es sich jedoch um eine Kompensation ganz anderer Art.

c) Zu einer echten Kompensation kann es nur mit der gütermehrenden Komponente erster Ordnung allein oder dieser gemeinsam mit der mit ihr verbundenen gütermehrenden Komponente höherer Ordnung kommen. Es ist nämlich innerhalb der gütermehrenden Komponente höherer Ordnung zwischen dem atypischen und dem typischen Produktionsumweg zu unterscheiden. Ein typischer Produktionsumweg liegt vor, wenn Produktionsgüter hergestellt und verwendet werden, um bei der Herstellung von Gütern erster Ordnung (Konsumgütern) oder von anderen Produktionsgütern eine Mehrergiebigkeit zu erreichen. Das Wesen des typischen Produktionsumweges besteht gerade darin, daß eine vollständige und direkte Kompensation ausgeschlossen ist.

Anders verhält es sich mit dem atypischen Produktionsumweg, der eigentlich keinen Umweg, sondern den einzigen Weg zur Herstellung eines neuen Gutes bzw. zur Einführung eines neuen Verfahrens dar-

¹¹ Eder: a.a.O., S. 53.

¹² Siehe Emil Lederer: Technischer Fortschritt und Arbeitslosigkeit. Tübingen 1931.

¹³ Gemeint ist hier die Freisetzung des Faktors Arbeit.

¹⁴ Siehe Eugen von Böhm-Bawerk: Kapital und Kapitalzins. Zweite Abteilung: Positive Theorie des Kapitals. 4. Auflage, Bd. 2. Jena 1921. S. 1—121.

stellt. Die Herstellung von Produktionsgütern, die für den atypischen Produktionsweg notwendig sind, erfordert immer zusätzlichen Faktoreinsatz. Nur dieser Teil der Komponente führt zu zusätzlichem Faktoreinsatz, während der Teil, welcher auf typische Produktionsumwege entfällt, zwar in der Investitionsgüterindustrie einen Faktoreinsatz bedeutet, insgesamt jedoch faktorsparend wirkt, wenn über die Produktivitätssteigerung, Preissenkung und Nachfrageelastizität nicht der Ausstoß der damit erzeugten Güter in gleichem Maße steigt, wie die Produktivität selbst.

Zu 3. Die optimierende Komponente im Konsumbereich erster Ordnung

Neue Verfahren können geeignet sein, eine bessere Befriedigung eines Bedürfnisses zu bewirken, indem sie beispielsweise bei quantitativ gleichem Einsatz (Konsum) höheren Nutzen stiften. Dieser Sachverhalt entspricht der Maxime des Optimums im Konsumbereich, mit geringstem Aufwand den relativ größten Erfolg (Nutzenstiftung) zu erzielen. Da durch die Einführung eines jeden derartigen Verfahrens eine direkte Annäherung an die optimale Bedürfnisbefriedigung erreicht wird, bezeichne ich den auf sie zurückgehenden technischen Fortschritt als die optimierende Komponente im Konsumbereich.

Die Abgrenzung zwischen dieser Komponente und der konsumgütermehrenden Komponente ist problematisch, da in Grenzfällen kaum zwischen absolut neuen Verfahren und verbesserten Verfahren unterschieden werden kann. Handelt es sich beispielsweise beim Verfahren zur Beleuchtung mit einer Metallfadenlampe um ein neues Verfahren oder nur um eine Verbesserung der Kohlenfadenlampe?

Dieses Problem soll hier nicht weiter behandelt werden. Für die Unterscheidung ist wesentlich, ob von der Einführung eines neuen Verfahrens eine gütermehrende oder optimierende Wirkung ausgeht, ob das Gütervolumen erhöht wird — zu den Gütern 1, 2, 3, ... n kommt das Gut $n + 1$ hinzu — oder nur eine qualitative Änderung erfährt. Zudem ist es durchaus möglich, daß von der Einführung eines neuen Verfahrens Wirkungen ausgehen, die gleichzeitig verschiedenen Komponenten zuzurechnen sind.

Die Wirkungen der optimierenden Komponente erster Ordnung können jenen der gütermehrenden Komponente erster Ordnung sehr ähnlich sein. Zuerst handelt es sich darum, daß durch das verbesserte Gut eine bessere Befriedigung eines auch bisher befriedigten Bedürfnisses erreicht wird. Daraus wird eine zumindest teilweise Substitution der bisher verwendeten Güter folgen¹⁵. Mit der Substitution ist eine

¹⁵ Vgl. Joseph J. Spengler: Product-Adding Versus Product-Replacing Innovations. *Kyklos*, Bd. 10 (1957), S. 260.

Erhöhung der Ophelimität und Änderung der Verbrauchsstruktur verbunden.

Das Gütervolumen wird nicht beeinflusst. Die in der Produktion der verbesserten Güter eingesetzten Produktionsfaktoren werden bei der Produktion der substituierten Güter entsprechend der Verringerung des Ausstoßes freigesetzt.

Durch die Einführung verbesserter Güter kann jedoch wegen der erhöhten Bedürfnisintensität die monetäre Gesamtnachfrage nach dem verbesserten Gut stärker steigen, als die monetäre Nachfrage nach dem ersetzten Gut abnimmt. Es kommt sodann zu den gleichen Wirkungen wie bei der gütermehrenden Komponente erster Ordnung.

Zu 4. Die produktivitätssteigernde Komponente

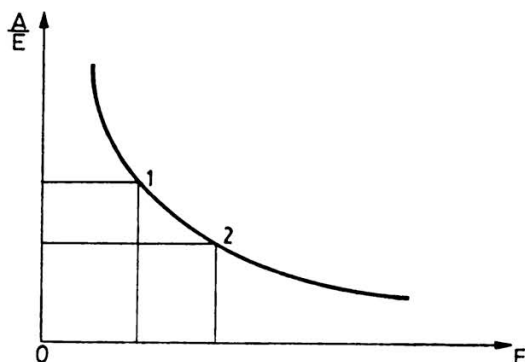
Durch neue Verfahren kann aber auch eine Optimierung im Produktionsbereich bewirkt werden. Dies trifft zu, wenn durch die Verwendung eines solchen Verfahrens bei mengenmäßig gleichem Einsatz an Produktionsfaktoren ein größerer Ausstoß oder der gleiche Ausstoß bei geringerem Einsatz an Produktionsfaktoren erzielt wird. Ich nenne diesen Teil des technischen Fortschritts optimierende Komponente höherer Ordnung (im Produktionsbereich) oder produktivitätssteigernde Komponente. Sie wird in der Literatur vorwiegend behandelt.

Von den vielen mittelbaren und unmittelbaren Wirkungen dieser Komponente interessiert uns hier in erster Linie die Wirkung auf das Wirtschaftswachstum. Sie soll mit Hilfe der Elastizität der Nachfrage nach Einkommen in bezug auf die Arbeitsanstrengung dargestellt werden¹⁶. Der Elastizität der Nachfrage nach Einkommen in bezug auf die Arbeitsanstrengung liegt folgender Gedanke zugrunde: Das durch Arbeit erzielte Realeinkommen hängt direkt von der notwendigen Anstrengung ab. Im Normalfall wird das Realeinkommen mit sinkender Arbeitsanstrengung steigen. Der Zusammenhang ist jenem zwischen Preis und Nachfrage ganz ähnlich. Die graphische Darstellung ist analog. Die je Einkommenseinheit notwendige Arbeitsanstrengung A/E ¹⁷ wird auf der Ordinate, das Realeinkommen (E) auf der Abszisse aufgetragen.

Die Kurve zeigt die Nachfragebedingungen. Das Produkt aus Arbeitsanstrengung je Einkommenseinheit und (Real)-Einkommen ergibt die für ein bestimmtes Realeinkommen notwendige Arbeit: $(A/E) \times E = A$. Das entspricht der Fläche des Rechteckes, welches durch die jeweiligen Koordinatenwerte bestimmt wird.

¹⁶ Lionel Robbins: On the Elasticity of Demand for Income in Terms of Effort. *Economica*, X (1930), S. 123—129.

¹⁷ Diese Bezeichnung wurde von Borchardt entlehnt. Vgl. Borchardt: a.a.O., S. 118 ff.



Die optimierende Komponente höherer Ordnung bewirkt ex definitione eine Herabsetzung der Arbeitsanstrengung je Ausstoß (= Realeinkommens)-einheit und damit eine Senkung von A/E . Diese Veränderung führt im Schaubild zu einer Verlagerung des Gleichgewichtspunktes von 1 nach 2 und damit bei dem angenommenen Zusammenhang zu einer Erhöhung von E , zum Wirtschaftswachstum.

Der bisher dargestellte Zusammenhang ist rein formaler Natur. Er wird aber wirtschaftspolitisch höchst interessant, wenn für die Elastizität ein empirischer Wert angegeben werden kann. Das trifft vorläufig noch nicht zu.

Sehr einleuchtend ist die Erklärung der Elastizität nach dem Gesetz vom abnehmenden Grenznutzen, wonach sie kleiner als eins wäre. Die Kritik *Robbins'* zeigt: „The attempt to narrow the limit of possible elasticities by a priori reasoning must be held to have broken down“¹⁸. Es darf aber sicher angenommen werden, daß die Elastizität der Nachfrage nach Einkommen in bezug auf die Arbeitsanstrengung weder unendlich noch null ist. Das bedeutet, daß bei sinkender Arbeitsanstrengung auf Grund der optimierenden Komponente höherer Ordnung das Realeinkommen und damit der Ausstoß erhöht wird.

II. Der technische Fortschritt in der Kausalkette

1. Allgemeines

Wenn wir den technischen Fortschritt als Vorziel bezeichnen, so gehen wir von der Annahme aus, daß er einerseits das Ziel eines auf

¹⁸ *Robbins*: a.a.O., S. 244 ff.

seine Verwirklichung gerichteten Mitteleinsatzes darstellt und andererseits selbst Mittel zur Erreichung anderer Ziele ist oder sein kann. „Mit der Vorstellung, daß ein Ziel als Mittel oder als Vorziel für ein anderes Ziel dienen kann, ist notwendigerweise die andere verbunden, daß ein Wirkungszusammenhang zwischen den beiden Zielen derart gegeben ist, daß durch die Realisierung des Vorzieles Effekte ursächlich ausgelöst werden, die vorausschaubar bzw. vielleicht sogar vorausberechenbar sind und zur Realisierung oder Teilrealisierung des Nachzieles führen¹⁹.“

Eine möglichst genaue Kenntnis dieses Wirkungszusammenhanges ist für die Wirtschaftspolitik von größter Wichtigkeit. Es handelt sich in den meisten Fällen jedoch nicht um Wirkungszusammenhänge, die auf ein Vorziel (eine Ursache) und ein Nachziel (eine Wirkung) beschränkt sind, sondern um sehr komplexe Zusammenhänge. Obgleich man vielfach vom technischen Fortschritt schlechthin spricht, muß betont werden, daß es sich um ein sehr heterogenes Phänomen handelt. Seine einzelnen Komponenten, in die wir ihn zerlegt haben, zeigen sehr unterschiedliche Wirkungen. Es ist daher meines Erachtens unbedingt angezeigt, nicht einfach „den technischen Fortschritt“ als Globalerscheinung, sondern differenziert zu behandeln. Da die einzelnen Komponenten räumlich und zeitlich verschieden große Anteile am Gesamtphänomen haben können, wäre es wichtig, ihn den Anteilen entsprechend qualifizieren zu können. Dabei stoßen wir wieder auf das Problem der Messung, welches wohl auch den Optimisten noch sehr un bequem sein dürfte.

Die einzelnen Komponenten sind mehrwertige Variable. Darunter soll verstanden werden, daß sie nicht ein Ziel, sondern mehrere Ziele gleichzeitig beeinflussen. So beeinflußt beispielsweise die gütermehrende Komponente erster Ordnung das Wirtschaftswachstum, die Beschäftigung, die Zahlungsbilanz usw. Dabei kann zwischen Haupt- und Nebenwirkungen unterschieden werden. Das Kriterium für die Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenwirkungen wird von den Zielen und wohl auch ihrer Rangordnung geliefert. Als Hauptwirkung könnte man jene bezeichnen, die zur Erreichung eines bestimmten Zieles wesentlich ist, als Nebenwirkung dagegen jene, die weniger wesentlich ist. Die Bedeutung der einzelnen Wirkungen wird aber auch von der jeweiligen Situation abhängen. So wird man im Falle einer besonders hoch empfundenen Arbeitslosigkeit der Wirkung der produktivitätssteigernden Komponente auf die Arbeitslosigkeit größere Bedeutung beimessen als ihrer Wirkung auf das Wirtschaftswachstum oder das Preisniveau.

¹⁹ Hans *Ohm*: Allgemeine Wirtschaftspolitik. Systematisch-Theoretische Grundlage. Bd. I. Berlin 1965. S. 59.

Will man den technischen Fortschritt zum Instrument der Wirtschaftspolitik ausgestalten, so ist es daher notwendig, allen Zusammenhängen nachzugehen, ihre Bedeutung (auf einzelne Ziele bezogen) zu gewichten und soweit wie möglich zu quantifizieren. Dazu sind noch sehr umfangreiche theoretische und empirische Untersuchungen notwendig. Im Hinblick auf einige Ziele der Wirtschaftspolitik gibt es schon wertvolle Ansätze. Das moderne und hoffentlich aktuell bleibende Ziel „Wirtschaftswachstum“ nimmt bei den meisten Autoren eine besonders favorisierte Stellung ein. An ihm sollen auch in der Folge einige Probleme behandelt werden. Wir beschränken die Ausführungen auf die Behandlung des technischen Fortschritts als Vorziel für das Nachziel Wirtschaftswachstum.

2. Die komplementären Wirkungen der einzelnen Komponenten auf das Wirtschaftswachstum

Unter den vielen Faktoren, die das Wachstum des realen Pro-Kopf-Einkommens beeinflussen können, befinden sich auch die einzelnen Komponenten des technischen Fortschritts. Die Wirkungen der einzelnen Komponenten sind verschieden. Man kann sie im Hinblick auf das Wirtschaftswachstum geradezu als komplementär bezeichnen: Die gütermehrende Komponente erster Ordnung löst — wie oben gezeigt wurde — den Wunsch nach erhöhtem Konsum aus, gleichzeitig bewirkt sie eine Steigerung der Leistungsbereitschaft, indem sie zusätzliche Bedürfnisse schafft, die nur durch erhöhtes Realeinkommen befriedigt werden können. Die Steigerung des Realeinkommens wird jedoch *ceteris paribus* (ohne Produktivitätssteigerung) durch die maximal mögliche Arbeitszeit begrenzt. Das maximale Realeinkommen in einer Periode ergibt sich eben als Produkt aus Leistung je Arbeitsstunde und maximal möglicher Arbeitszeit der betrachteten Periode. Wenn die maximale Arbeitszeit erreicht wird, können die neuen Bedürfnisse, die sich aus der gütermehrenden Komponente ergeben, nur mehr auf Kosten bisher befriedigter Bedürfnisse befriedigt werden. Wenn die gesamte Arbeitskapazität einer Familie zur Nahrungssuche eingesetzt werden muß, damit das lebenswichtige Bedürfnis Hunger gestillt werden kann, dann ist es ihr nicht möglich, gleichzeitig Güter zur Befriedigung anderer Bedürfnisse zu erzeugen, auch wenn diese Bedürfnisse sehr groß wären.

Die gütermehrende Komponente höherer Ordnung hängt, wie wir gezeigt haben, mit der gütermehrenden Komponente erster Ordnung eng zusammen und braucht mit dem Wirtschaftswachstum in keinen getrennten Wirkungszusammenhang gebracht werden.

Die optimierende Komponente erster Ordnung kann neben der für das Wirtschaftswachstum unwirksamen Substitution zu einer Steigerung der Nachfrage und ebenso zu einer Erhöhung der Leistungsbereitschaft analog zur gütermehrenden Komponente erster Ordnung führen.

Die optimierende Komponente höherer Ordnung führt, solange eine entsprechende Nachfrage vorhanden ist, zur Steigerung des Produktionsausstoßes und damit des Angebotes. Fehlt eine entsprechende Nachfrage, dann kann durch die optimierende Komponente höherer Ordnung kein Wirtschaftswachstum erzielt werden, da der Faktoreinsatz entsprechend eingeschränkt wird. Die positiven Wirkungen der gütermehrenden Komponente erster und höherer Ordnung sowie der optimierenden Komponente erster Ordnung einerseits und der optimierenden Komponente höherer Ordnung andererseits bedingen sich gegenseitig. Weder die eine Gruppe noch die andere Gruppe kann über eine gewisse Grenze hinaus ein weiteres Wirtschaftswachstum bewirken. Es ist einfach undenkbar, daß die verschiedenen hochentwickelten Volkswirtschaften der Welt ihr heutiges Nationalprodukt erreicht hätten, wenn nur die Güterqualitäten beispielsweise des 18. Jahrhunderts bekannt wären und erzeugt würden, auch dann nicht, wenn die Arbeitsproduktivität so hoch wäre, wie sie heute ist. Umgekehrt könnten wir das Nationalprodukt auch dann nicht erreichen, wenn die heute bekannten Güterqualitäten mit einer Arbeitsproduktivität des 18. Jahrhunderts erzeugt würden.

Die wachstumsfördernde Wirkung des technischen Fortschritts wird langfristig durch jene Komponente bestimmt, welche das geringere Ausmaß erreicht.

Diesen Zusammenhang hat Josef *Spengler* in einem Aufsatz „Product Adding Versus Product Replacing Innovations“ im Jahre 1957 in ähnlicher Weise dargestellt²⁰. Er ging dabei von drei Komponenten des technischen Fortschritts aus, die er in zwei Gruppen zusammenfaßte. Unter der ersten Komponente versteht *Spengler* die Verbilligung bestehender Güter durch die Herabsetzung des Faktoreinsatzes. Die zweite Komponente besteht für ihn in der Hervorbringung von Substitutionsgütern, die zur Befriedigung von Bedürfnissen geeignet sind, die bisher durch ähnliche Güter befriedigt wurden. Die beiden Komponenten faßt er zusammen in die Kategorie der „product replacing innovations“. Dieser Kategorie stellt er die Neuerungen, welche zu im wesentlichen neuen Gütern führen, gegenüber. Er nennt sie „product adding innovations“.

²⁰ *Spengler*: a.a.O., S. 260.

Spengler bringt sodann ein sehr anschauliches Beispiel und verwendet dabei die Elastizität der Nachfrage nach Einkommen in bezug auf Arbeitsanstrengung. Er nimmt eine Volkswirtschaft an, in welcher nur ein Gut hergestellt wird, welcher 150 000 Mann-Stunden zur Verfügung stehen, wovon 30 000 auf Freizeit und 120 000 für die Produktion von 120 000 Einheiten des Gutes *W* verwendet werden. Durch technischen Fortschritt wird der Ausstoß pro Arbeitsstunde verdoppelt. In der Folge würde der Konsum an Gut *W* auf 150 000 steigen, und die Freizeit würde auf 75 000 Mann-Stunden erhöht.

Bringt der technische Fortschritt mit sich, daß ein besseres Substitutionsgut in der gleichen Zeit hergestellt werden kann, so wird der Konsum über 150 000 steigen, z. B. auf 200 000, und nur 20 000 Mann-Stunden würden zur Verlängerung der Freizeit verwendet werden.

Kommt es schließlich zusätzlich zur Einführung eines neuen zweiten Gutes, so kann erwartet werden, daß ein beträchtlicher Teil der Arbeitsstunden, die durch die Produktivitätssteigerung frei und nicht durch die Verbesserung des ersten Gutes absorbiert wurden, nun zur Erzeugung des neuen Gutes verwendet werden und nicht der Freizeit zukommen²¹.

Neuerdings hat Bruno *Frey* versucht, die Zusammenhänge mathematisch zu formulieren. Er kommt zu dem Ergebnis, „that the growth process depends on an interaction of the speed of technical progress in products and in processes. If technical change on the process side is given then equilibrium growth is only possible if technical change on the product side happens at a completely determined rate²²“.

Diese Kausalzusammenhänge sind durchaus plausibel. Für die Wirtschaftspolitik wäre es wesentlich, sie quantifizieren zu können. Davon sind wir jedoch noch weit entfernt. Vorläufig kann nur festgestellt werden, daß die Wirtschaftspolitik sich nicht auf den technischen Fortschritt global richten soll, sondern vielmehr differenzieren muß, um einen optimalen Einsatz der Ressourcen zu erreichen. Damit kommen wir jedoch schon zu jenen Zusammenhängen, die zwischen den Ursachen des technischen Fortschritts und ihm selbst bestehen.

3. Die Steuerbarkeit und Steuerung des technischen Fortschritts

Die Bedeutung des technischen Fortschritts für die Wirtschaftspolitik wurde durch die Behandlung der Kausalzusammenhänge zwischen ihm und einem wichtigen Ziel der Wirtschaftspolitik, dem Wirtschafts-

²¹ *Spengler*: a.a.O., S. 263 f.

²² *Frey*: a.a.O., S. 32.

wachstum, aufgezeigt. Er stellt aber kein direkt einsetzbares Instrument dar. Als Vorziel muß er erst durch den Einsatz anderer direkt einsetzbarer Mittel hervorgebracht werden. Für die Wirtschaftspolitik ist es daher wichtig, die Kausalkette bis auf diese Mittel zurückzuvolverfolgen. Mit diesen Wirkungszusammenhängen wollen wir uns in der Folge beschäftigen. Dabei geht es uns keinesfalls um eine erschöpfende Behandlung der Ursachen, sondern lediglich um die Darstellung einiger Ansätze.

Ausgangspunkt für die Behandlung dieses Fragenkomplexes ist die im ersten Abschnitt gebrachte Definition. Der technische Fortschritt resultiert danach aus der Einführung absolut oder relativ neuer Verfahren. Das bedeutet: 1. Es müssen in jedem Falle die absolut oder relativ neuen Verfahren verfügbar sein. 2. Es müssen die Bedingungen geschaffen werden, die die Anwendung der neuen Verfahren ermöglichen. Diesen Bedingungen wollen wir etwas weiter nachgehen.

Absolut neue Verfahren werden erfunden oder entwickelt. Sie sind das Ergebnis schöpferischer Tätigkeit. Bis 1900 überwogen die Erfindungen von Einzelpersonen, seither hat sich ein Wandel vollzogen. Wurden um 1900 noch ca. 80 % aller Patente an Einzelpersonen verliehen, so waren es 1957 nur noch ca. 40 %²³. Die vom Staat und größeren Unternehmen organisierte Erfindertätigkeit gewinnt immer größere Bedeutung.

Die Gründe für diese Entwicklung sind vermutlich:

1. ein rasches Ansteigen der Kosten für die Ausstattung der Erfinder,
2. die Notwendigkeit der Gruppenarbeit und Spezialisierung der Erfinder, da die Verfahren immer komplexer werden, und
3. die Tatsache, daß sich auch immer mehr Talente aus ärmeren Bevölkerungsschichten als Erfinder betätigen, die jedoch zur Sicherung ihrer Existenz auf ein regelmäßiges Einkommen angewiesen sind und daher ihre Erfindertätigkeit im Angestelltenverhältnis ausüben müssen.

Für förderungspolitische Überlegungen sind auch die charakteristischen Merkmale der Erfinder interessant. Erhebungen *Schmollers* haben zu folgenden Ergebnissen geführt: Von 100 Patentinhabern waren im Jahre 1953 in den Vereinigten Staaten über 60 % Ingenieure, Chemiker, Metallurgen u. ä. Der Rest war nicht direkt mit Forschung und Entwicklung beschäftigt. Nur ca. 40 % der Patentinhaber entfallen auf berufsmäßige Erfinder; weitere 20—25 % werden gelegentlich für Ent-

²³ J. Jewkes, D. Sawers, R. Stillerman: *The Sources of Invention*. New York 1958.

wicklungsarbeiten herangezogen; ca. 30 % entfallen auf völlig unabhängige Erfinder²⁴.

Besonders erwähnenswert sind die Feststellungen *Lehmans*, der das durchschnittliche Alter von Erfindern im Zeitpunkt sehr bedeutender Erfindungen ermittelt hat. Nach seinen Feststellungen liegt dieses Alter zwischen 30 und 37 Jahren²⁵.

Was die schulische Vorbildung der Erfinder anbelangt, kommt *Schmookler* zu folgender Verteilung: 16 % der Patentinhaber hatten keine vollständige Mittelschulbildung; 24 % hatten Mittelschulbildung, aber keinen Hochschulabschluß; der Rest von 60 % entfiel auf Hochschulabsolventen²⁶.

Solche Ergebnisse empirischer Untersuchungen, von denen leider noch viel zu wenig vorliegen, stellen wertvolle Informationen für den Wirtschaftspolitiker dar. Wenn sich die zu treffenden Maßnahmen daraus auch nicht direkt ableiten lassen, können solche Informationen doch eine wichtige Entscheidungsgrundlage bilden.

Die wirtschaftspolitischen Maßnahmen zur Förderung der schöpferischen Tätigkeit und zur Steigerung ihrer Ergiebigkeit können in drei Gruppen zusammengefaßt werden:

- a) Maßnahmen zur Heranbildung einer ausreichenden Zahl (quantitatives Kriterium) von fähigen (qualitatives Kriterium) Forschern und Erfindern.
- b) Entsprechende Ausstattung der Forscher und Erfinder mit notwendigen Hilfsmitteln.
- c) Anreize zur schöpferischen Tätigkeit.
- d) Staatliche Forschungsprojekte, insbesondere militärische Forschung.

Es kann wohl kein Zweifel bestehen, daß auch in einem liberalen System Maßnahmen zur Heranbildung von Forschern und Erfindern in erster Linie in den Kompetenzbereich des Staates fallen.

Die Aufgabe der Ausstattung der Forscher und Erfinder mit notwendigen Hilfsmitteln teilt sich der Staat mit der Privatwirtschaft. „Dabei darf nicht aus den Augen gelassen werden, daß das Schwergewicht in der Neuzeit sich mehr und mehr auf die organisierte Forschung verlagert und daß sich eine weitgehende Arbeitsteilung zwischen öffentlicher Hand und Privatwirtschaft in dem Sinne ergeben hat, daß die Grundlagenforschung im wesentlichen von der öffent-

²⁴ Jakob *Schmookler*: *Inventors, Past and Present. Review of Economics and Statistics*, 1957, S. 333.

²⁵ H. *Lehman*: *Age and Achievement*. Princeton 1953.

²⁶ *Schmookler*: a.a.O.

lichen Hand betrieben wird (Hochschulen und sonstige staatliche Forschungsinstitute), während die angewandte Forschung ganz überwiegend privatwirtschaftlich durchgeführt wird²⁷.“ Wenn die angewandte Forschung von der Privatwirtschaft nicht in genügendem Maße gepflegt wird, kann auch hier der Staat sich einschalten. Das ist besonders wünschenswert in der Landwirtschaft und überall dort, wo die Unternehmensgröße keine entsprechende Forschungsabteilung und Forschungsarbeit zuläßt. Die Ergebnisse der staatlichen Forschung können Interessenten unentgeltlich oder gegen eine angemessene Gebühr zur Verfügung gestellt werden. Dadurch kann auch eine raschere Propagierung des technischen Fortschritts als bei Erfindungen Privater erreicht werden, wo durch Geheimhaltung, Patente und hohe Lizenzgebühren die Propagierung verhindert oder stark verzögert und erschwert werden kann.

Wenn man auch bei den Erfindern einen gewissen Erfindertrieb als Motor ihrer schöpferischen Tätigkeit annehmen kann, ist doch besonders in der heutigen Zeit ein gewisser materieller Anreiz zur schöpferischen Tätigkeit ebenfalls notwendig²⁸. Die internationale Konkurrenz der Interessenten an neuen Erfindungen spielt hier eine regulierende Rolle. In den meisten Fällen zeigt sich, daß es günstiger ist, einen Erfinder gut zu entlohnen, als später höhere Lizenzgebühren zu zahlen. Durch den Patentschutz wird die Erfindertätigkeit ebenfalls angeregt. Gleichzeitig aber wird die Geschwindigkeit der Propagierung des technischen Fortschritts herabgesetzt.

Die große und noch ständig zunehmende Bedeutung staatlicher Forschungsprojekte zur Förderung der schöpferischen Tätigkeit kann wohl am besten am Beispiel jenes Landes dargestellt werden, welches sowohl in technischer wie wirtschaftlicher Hinsicht an der Spitze der Industriestaaten steht, der USA.

Aus der Tabelle 1 (S. 36) geht hervor, daß sich von 1953/54 bis 1961/62 die Ausgaben für Forschung und Entwicklung (kurz F- und E-Ausgaben genannt) fast verdreifacht haben. Der Anteil des Staates an den Gesamtausgaben stieg in der gleichen Zeit von ca. 53 % auf 65 %, der der Industrie ging von 43 % auf 32 % zurück.

Von den staatlichen F- und E-Ausgaben der USA entfällt der weitest- größte Teil der Ausgaben auf militärische Zwecke. Der Anteil dieser Ausgaben hat sich seit 1940 ständig vergrößert, wie aus Tabelle 2 (S. 36) ersichtlich ist.

²⁷ Hans Ohm: Allgemeine Volkswirtschaftspolitik. Der volkswirtschaftliche Gesamtorganismus als Objekt der Wirtschaftspolitik. Bd. 2. Berlin 1967. S. 70.

²⁸ Durch solche braucht „das Reich des Geistes“ aber keinesfalls „mit demoralisierendem Kommerzialisierung infiziert werden“, wie Joan Robinson befürchtet. Siehe Joan Robinson: Die fatale politische Ökonomie. Frankfurt und Wien 1968.

Tabelle 1

Verteilung der F- und E-Ausgaben in den USA

	in Mill. \$		in %	
	53/54	61/62	53/54	61/62
Bundesregierung	2 740	9 650	53,2	65,4
Industrie	2 240	4 705	43,5	32,0
Universitäten u. ä.	130	230	2,5	1,6
Sonstige	40	155	0,8	1,0
Summe	5 150	14 740	100,0	100,0

Quelle: National Science Foundation Reviews of Data on Research and Development, Nr. 41, September 1963.

Tabelle 2

Verteilung der staatlichen F- und E-Ausgaben in den USA
(in Mill. \$)

Department of agency	1940	1964
Agriculture	29,1	188,3
Commerce	3,3	114,9
Defense	26,4	7 671,7
Health, Education, and Welfare	2,8	811,2
Atomic Energy Commission .....	.	1 498,9
Federal Aviation Agency .....	.	92,9
National Aeronautics and Space Administration	2,2	4 186,3
National Science Foundation .....	.	193,0
Office of Scientific Research and Development .....	.	.
Veterans Administration .....	.	40,1
All other agencies	2,4	58,2

Quelle: National Science Foundation: Federal Funds for Science XII, Washington 1964.

Diese Maßnahmen zur Förderung der schöpferischen Tätigkeit erfordern Investitionen, die entweder vom Staate oder der Privatwirtschaft bzw. den einzelnen Privatpersonen aufgebracht werden müssen. Zwischen dem technischen Fortschritt und diesen Investitionen besonderer Art besteht ein Kausalzusammenhang.

*Terleckyj*²⁹ und *Mansfield*³⁰ versuchten neben einer Reihe anderer Autoren, diesen Zusammenhang zu quantifizieren. Dabei beschränkten sie sich auf die Untersuchung jener Investitionen, die aus Ausgaben

²⁹ N. *Terleckyj*: Sources of Productivity Advance. Columbia 1960.

³⁰ Edwin *Mansfield*: Rates of Return from Industrial Research and Development. Am. Ec. Rev. 1965.

für Forschung und Entwicklung bestehen. Ihre Untersuchungen erfassen nicht den gesamten Bereich der Wirtschaft, sondern nur einige Industriezweige und davon wiederum nur eine begrenzte Zahl von Unternehmen. Die Aussagefähigkeit der Ergebnisse ist daher entsprechend begrenzt. Es handelt sich gewissermaßen um zwei Pionieruntersuchungen, die wertvolle Ansätze für unbedingt notwendige weitere Untersuchungen liefern.

*Mansfield*³¹ geht von stark vereinfachenden Annahmen aus: Er nimmt neutralen, kostensenkenden technischen Fortschritt an und verwendet eine erweiterte Cobb-Douglas-Funktion. Dabei führt er seine Untersuchung in zwei Versionen durch: Die erste Version folgt der Annahme, daß der ganze technische Fortschritt nur auf dem Gebiete der Organisation liege, die zweite Version folgt der Annahme, daß der ganze technische Fortschritt kapitalgebunden sei. Wir wollen hier nur auf einige Ansätze, die für beide Versionen analog sind, kurz eingehen. *Mansfield* bringt die Cobb-Douglas-Funktion in folgende Form:

$$Q_t = A \cdot e^{a_1(t)} \left(\int_{-\infty}^t \frac{R(g) dg}{e^{\lambda \cdot (t-g)}} \right)^{a_2} L_t^\alpha \cdot K_t^{1-\alpha}$$

Darin bedeutet:

Q_t	= Ausstoß in der Zeit t
A	= Parameter
a_1	= Rate des technischen Fortschritts, der auch eintreten würde, wenn die Ausgaben für Forschung und Entwicklung des betreffenden Unternehmens auf 0 sanken.
t, g	= Zeiträume
λ	= Rate der jährlichen Abwertung einer Forschungs- und Entwicklungsinvestition
g	= von t verschiedene Zeit
R_g	= Ausgabenrate für Forschung und Entwicklung in der Zeit g
a_2	= Elastizität des Ausstoßes bezogen auf die kumulierten Nettoausgaben der Vergangenheit für Forschung und Entwicklung
L_t	= Arbeitseinsatz in der Zeit t
K_t	= in der Zeit t eingesetzter Kapitalstock
α	= Produktionselastizität
e	= Basis des nat. log.

Nach dieser Gleichung hängt der Ausstoß einer Wirtschaftseinheit vom Einsatz an Kapital, Arbeit, eigenen vorausgegangenen Ausgaben für Forschung und Entwicklung und den Ausgaben anderer Wirtschaftseinheiten für den gleichen Zweck ab. Die Wirkung der F- und E-Ausgaben anderer Wirtschaftseinheiten auf die eigene Produktion wird durch a_1 berücksichtigt. Mit λ berücksichtigt *Mansfield* den Gedanken, daß For-

³¹ *Mansfield*: a.a.O., S. 310 ff.

schungs- und Entwicklungsinvestitionen durch Veralterung der Forschungsergebnisse im Zeitablauf abgewertet werden. Dieser Gedankengang besagt, daß eine Wirtschaftseinheit bereits F und E betreiben müsse, um nur das schon erreichte Effizienzniveau zu halten. F und E ist danach auch notwendig, um sich bei Faktorpreisänderungen entlang einer gegebenen Produktionsfunktion zu bewegen. Meines Erachtens ist die Einführung einer derartigen „Abschreibung“ nicht angebracht. Eine Abnützung von Verfahren (Forschungs- und Entwicklungsergebnissen) ähnlich wie bei Maschinen gibt es nicht; es kann sich daher nur um eine relative Abwertung in dem Sinn handeln, daß von anderen Unternehmen bessere Verfahren erfunden, entwickelt oder (und) eingeführt werden. Diese relative Abwertung wird aber berücksichtigt, indem man den Fortschritt, auf welchen man sich bezieht, veranschlagt. In diesem Sinne wäre anzunehmen, daß $\lambda = 0$, wodurch die Gleichung vereinfacht wird. Die Funktion folgt der üblichen Annahme, daß die Skalenerträge von Arbeit und Kapital konstant sind. A und α können von Unternehmen zu Unternehmen, a_1 und a_2 von Industriezweig zu Industriezweig variieren.

Mansfield trifft eine weitere Annahme über $R_{(g)}$. Danach ist:

$$R_{(g)}^* = R_{(g)} \cdot e^{(g-\sigma)g}$$

- R_0 = sind F- und E-Ausgaben im Basisjahr
 g = Zuwachsrate der F- und E-Ausgaben in laufender Währung
 σ = Rate der Preiserhöhung für F und E

Mansfield setzt diese Gleichung in die obige Produktionsfunktion ein und leitet sodann daraus den Grenzertrag der Forschungs- und Entwicklungsausgaben ab.

Natürlich sind die Ergebnisse *Manfields* mit Vorsicht zu gebrauchen. Sie bieten aber doch gewisse Ansätze für Aussagen über:

1. den Grenzertrag von Forschungs- und Entwicklungsausgaben, von welchen darauf geschlossen werden kann, ob, verglichen mit Kapital- oder Arbeitseinsatz, zu viel oder zu wenig für Forschung und Entwicklung ausgegeben wird;
2. eine positive Korrelation zwischen technischem Fortschritt und den Forschungs- und Entwicklungsausgaben;
3. die Rate des technischen Fortschritts in verschiedenen Wirtschaftszweigen.

Griliches hat die F- und E-Ausgaben für Hybridmais und ihre „social returns“ untersucht³². Er kam zu dem Ergebnis, daß jeder Dollar,

³² Zvi Griliches: Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations. *Journal of Pol. Ec.*, Bd. 66 (1958), S. 419—431.

der in die Hybridmais-Forschung investiert wurde, der Gesellschaft jährlich einen Ertrag von 7 Dollar auf Ewigkeit einbringt. Dabei wurden die Investitionen sehr hoch und die Erträge sehr niedrig eingeschätzt, so daß das tatsächliche Ergebnis noch günstiger sein dürfte. Die von *Griliches* erfaßten Ausgaben beziehen sich fast ausschließlich auf die angewandte Forschung und Entwicklung. Die vorausgegangene Grundlagenforschung würde eine noch wesentlich höhere Ertragsrate aufweisen, da die Ausgaben für sie sehr niedrig waren.

Zum Vergleich mit diesem Beispiel besonders erfolgreicher Forschung seien noch die Ergebnisse von *Schultz*³³ für die gesamte USA-Landwirtschaft und *Ewells*³⁴ für die gesamte USA-Wirtschaft angeführt. Die Untersuchung von *Schultz* ergibt eine jährliche Ertragsrate von 35 bis 171 % für jeden Dollar, der für landwirtschaftliche Forschung ausgegeben wurde. *Ewell* kommt für die gesamte Wirtschaft auf eine jährliche Ertragsrate für Forschungs- und Entwicklungsausgaben von 100—200 %. Die Ergebnisse der drei angeführten Untersuchungen stimmen durchaus überein. Auch das Ergebnis der Untersuchung von Hybridmais liegt im Rahmen, wenn man berücksichtigt, daß derartige Erfolge nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 5—10 % erreicht werden können.

Aus den Untersuchungen geht eindeutig hervor, daß die Ausgaben für Forschung und Entwicklung einen sehr hohen gesellschaftlichen Nutzen stiften. Es darf wohl als sehr wichtige Aufgabe der empirischen Wirtschaftsforschung angesehen werden, Material darüber zu liefern, ob und um wieviel die Ausgaben für Forschung und Entwicklung — oder überhaupt zur Förderung der schöpferischen Tätigkeit — erhöht werden sollten, damit der Volkswirtschaft immer die notwendigen neuen Verfahren zugeführt werden können.

Der technische Fortschritt ist aber nur dann möglich, wenn die Bedingungen geschaffen werden, die die Anwendung der neuen Verfahren ermöglichen. So sind im Produktionsbereich 1. Arbeitskräfte entsprechender Qualität und Quantität oder 2. Kapital entsprechender Qualität und Quantität oder 3. beide notwendig.

Diese Bedingungen können durch Maßnahmen erstens zur Erhöhung oder Anpassung der Qualität des Faktors Arbeit und zweitens zur Förderung entsprechender Kapitalbildung erreicht werden.

Aber auch im Konsumbereich müssen gewisse Bedingungen für den Fortschritt geschaffen werden: Durch sachliche Information über reali-

³³ T. W. *Schultz*: *The Economic Organization of Agriculture*. New York 1953. S. 114—122.

³⁴ Raymond H. *Ewell*: *Role of Research in Economic Growth*. *Chemical and Engineering News*, Bd. 33, (1955), S. 2980—2985.

sierte Verbesserungen (rational feststellbar), neue Güter und ihren Gebrauch (Verfahren) und Preissenkungen bei sonst gleichen Bedingungen kann der Weg für den Fortschritt bereitet werden. Diese Aufgabe übernimmt in erster Linie der Unternehmer, der durch Werbung seine Marktposition zu verbessern trachtet. Da wegen der vielen irrationalen Elemente der Werbung eine vollkommene Markttransparenz kaum zustande kommt, wäre nach einer zusätzlichen Möglichkeit zu suchen, den Konsumenten mit Informationen auf rein rationaler Grundlage zu versorgen. In verschiedenen Konsumentenberatungsstellen bestehen hierzu bereits gewisse Ansätze.

III. Einige Schlußfolgerungen

Die bisherigen Ausführungen erlauben uns, einige Schlußfolgerungen für die Wirtschaftspolitik zu ziehen:

1. Vom technischen Fortschritt geht eine Vielzahl von Wirkungen auf Ziele der Wirtschaftspolitik aus. Diese Zusammenhänge können transparent gemacht werden, wenn man den technischen Fortschritt in seine Komponenten auflöst.

2. Betrachtet man die Wirkungen der einzelnen Komponenten isoliert, so zeigt sich im Hinblick auf bestimmte Ziele, daß die Komponenten a) in gewissem Maße komplementär sein und b) ihre Wirkungen sich kompensieren können.

3. Nur die Komplementarität der Komponenten ermöglicht ein das Bevölkerungswachstum übersteigendes Wirtschaftswachstum a) durch Produktivitätssteigerung, wenn bei einer gegebenen Produktivität die Kapazität voll ausgelastet wird und noch keine Sättigung in der Güterversorgung erreicht wurde, b) durch Nachfragesteigerung (Schaffung neuer oder besserer Güter), wenn wegen mangelnder Nachfrage (Sättigung) die Produktionskapazität nicht ausgelastet werden kann und Produktionsfaktoren freigesetzt werden³⁵.

4. Für die kompensierenden Wirkungen des technischen Fortschritts sei nur beispielhaft erwähnt: Die produktivitätssteigernde Komponente wirkt grundsätzlich faktorsparend und damit negativ auf das Ziel der Vollbeschäftigung; die gütermehrenden Komponenten sind immer mit zusätzlichem Faktoreinsatz verbunden und wirken daher positiv auf die Beschäftigung.

5. Der technische Fortschritt kann durch gezielten Einsatz von Mitteln zumindest beschränkt gesteuert werden. Die einzelnen Komponenten können gewissermaßen „dosierte“ werden.

³⁵ Eder: a.a.O., S. 111 ff.

6. Ein großes Problem besteht dabei im besonders langen time-lag zwischen dem Einsatz der Mittel und dem Eintritt der Effekte.

7. Der technische Fortschritt kann daher nur Gegenstand mittel- und langfristiger Wirtschaftspolitik sein.

8. Je nach Zielsetzung und Situation wird die optimale Kombination der einzelnen Komponenten verschieden sein müssen.

9. Wenn die einzelnen Komponenten nicht entsprechend aufeinander abgestimmt sind, dann werden Ressourcen vergeudet, da es zu Engpässen kommt. In einem solchen Falle kann der technische Fortschritt aber auch Ursache für Krisen (z. B. Arbeitslosigkeit) sein.

Summary

Technical Progress as an Instrument of Economic Policy

Technical progress, in the author's comprehensive view, consists in the adoption or propagation of (1) new ways of satisfying consumer wants, adding to the existing range of consumer's goods, (2) new production processes, adding to the existing range of capital goods, (3) new ways of satisfying consumer wants, optimizing existing ways, and (4) new production processes, optimizing existing ones.

With regard to objectives of economic policy, the author deals with complementary and (or) compensatory effects of the elements of technical progress. The complementary effect allows economic growth per capital a) in the case of full employment, by productivity increasing new production processes and b) in the case of underemployment, by product adding (demand increasing) new ways of satisfying consumer wants, by new production processes, adding to the existing range of capital goods and by new ways of satisfying consumer wants, optimizing existing ways.

He finds that compensation may be established between (4), which is always factor-saving and (1) and (2), which are always factor-employing. The author discusses the problem, whether or not technical progress in general and its elements can be deliberately influenced at least within certain limits.

The combination of the four elements of technical progress depends on the aims of economic policy and the economic situation. If the effects of the four elements of technical progress do not correspond, resources are wasted.