

Frankfurter Wirtschafts-
und Sozialwissenschaftliche Studien

Band 4

Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung

Von

Hans Krieghoff



Duncker & Humblot · Berlin

**FRANKFURTER WIRTSCHAFTS-
UND SOZIALWISSENSCHAFTLICHE STUDIEN**

Heft 4

**Herausgegeben von der
Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main**

Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung

Zum Begriff des technischen Fortschritts
in der theoretischen und empirischen Analyse

Von

Dr. Hans Krieghoff



DUNCKER & HUMBLOT / BERLIN

Alle Rechte vorbehalten

© 1958 Duncker & Humblot, Berlin

Gedruckt 1958 bei Berliner Buchdruckerei Union GmbH., Berlin SW 61

Printed in Germany

Vorwort

Das große Interesse, das den Problemen des wirtschaftlichen Wachstums in den letzten Jahren entgegengebracht worden ist, hat auch den technischen Fortschritt zu einem zentralen Gegenstand der wirtschaftstheoretischen Diskussion werden lassen. Dabei hat sich jedoch gezeigt, daß die Unbestimmtheit dieses Begriffes sowie seine vielfältigen und über die Grenzen der ökonomischen Fragestellungen hinausreichenden Aspekte der theoretischen und besonders der statistischen Analyse beträchtliche Schwierigkeiten bereiten. In der hier veröffentlichten Schrift, die der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt a. M., im Sommer 1957 als Dissertation vorgelegen hat, ist deshalb versucht worden, durch eine Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Anstieg der statistischen Produktivitätsziffern und dem technischen Fortschritt zu einer eindeutigeren Konzeption dieses Begriffes zu gelangen. Inzwischen sind zu den behandelten Fragen weitere Beiträge erschienen, die hier nicht mehr berücksichtigt werden konnten. Besonders sei auf die zusammenfassende Darstellung von A. Ott (Technischer Fortschritt, Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, 19. Lieferung, 1958) sowie auf den Beitrag von R. M. Solow (Technical Change and the Aggregate Production Function, The Review of Economics and Statistics, vol. 39, 1957) verwiesen.

Zu der vorliegenden Untersuchung bin ich von Herrn Prof. Dr. Heinz Sauermann angeregt worden, dem ich für vieles zu danken habe. Ebenfalls danke ich Herrn Prof. Dr. Hans Möller für seine kritischen Hinweise und sein Interesse an der Arbeit. Mit Dank sei auch die Förderung erwähnt, die ich von der Stipendienstiftung der hessischen Industrie- und Handelskammern erfahren habe.

Hans Krieghoff

Inhalt

Einleitung	Seite 9
------------------	------------

I. Teil

Der technische Fortschritt als ökonomischer Tatbestand

<i>Erstes Kapitel: Die Fortschritte des technischen Wissens</i>	15
§ 1. Die zeitlichen Phasen der technischen Entwicklung	15
§ 2. Die Fortschritte der Grundlagenforschung	17
§ 3. Die Veränderungen der Bedarfsstruktur	18
§ 4. Die Erweiterung des technischen Horizonts der Unternehmungen	20
§ 5. Die Meßbarkeit der Fortschritte des technischen Wissens	23
<i>Zweites Kapitel: Die Verbesserungen der Produktionstechnik in den Unternehmungen</i>	27
§ 1. Die Formen der technischen Verbesserungen	27
§ 2. Die Darstellung des technischen Fortschritts in der Marginalanalyse des Unternehmungsgleichgewichts	30
a) Der Fall einer einperiodigen Produktionsplanung	31
b) Der Fall einer mehrperiodigen Produktionsplanung	34
c) Die Begrenztheit der marginalanalytischen Konzeption	36
§ 3. Die Definition des technischen Fortschritts unter den Annahmen der Prozeßanalyse	37
a) Die Annahmen über die technischen Bedingungen der Produktion	37
b) Die technische Überlegenheit eines Prozesses	40
c) Der Unterschied zur marginalanalytischen Darstellung	46
d) Der Fall einer Prozeßkombination	48
§ 4. Technischer Fortschritt und Kapitalintensität	54
<i>Drittes Kapitel: Der technische Fortschritt bei gesamtwirtschaftlicher Betrachtung</i>	58
§ 1. Potentieller und realisierter technischer Fortschritt	58
§ 2. „Innovations“ und ihre Verbreitung	63
§ 3. „Autonome“ und „induzierte“ technische Verbesserungen	66
§ 4. Die Messung des realisierten Fortschritts	71

II. Teil

Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung

	Seite
<i>Viertes Kapitel: Die makroökonomischen Produktivitätsrelationen als Kriterien für den technischen Fortschritt</i>	75
§ 1. Höherer Ertrag bei gegebenem Bestand an Produktionsfaktoren (Totalproduktivität)	75
§ 2. Produktivitätssteigerung ohne zusätzlichen Kapitaleaufwand	79
§ 3. Höherer Ertrag bei gegebenem Bestand an Arbeitskräften (Arbeitsproduktivität)	82
§ 4. Höherer Ertrag bei gegebenem Bestand an sachlichen Produktionsmitteln (Sachproduktivität)	87
§ 5. Der Kapitalkoeffizient (Kapitalproduktivität)	89
<i>Fünftes Kapitel: Der Einfluß des technischen Fortschritts auf das Verhältnis von Produktionsertrag und Arbeitsaufwand</i>	95
§ 1. „Arbeitsproduktivität“ und „Totalproduktivität“	95
§ 2. Der Einfluß der Kapitalintensität auf die Arbeitsproduktivität ...	102
§ 3. Der Einfluß des technischen Fortschritts auf die Kapitalintensität	106
§ 4. Arbeitsproduktivität und strukturelle Veränderungen	113
<i>Sechstes Kapitel: Statistische Maßzahlen für die Fortschrittsrate der Produktionstechnik</i>	120
§ 1. Indexzahlen des Produktionsergebnisses je Einheit des Arbeitsaufwandes und ihre durchschnittlichen Steigerungskoeffizienten	120
a) Statistische Erhebungsprobleme	121
b) Die Elimination des Einflusses der strukturellen Veränderungen	124
c) Die Steigerungskoeffizienten des Produktionsergebnisses je Einheit des Arbeitsaufwandes	128
§ 2. Zur Produktivitätsentwicklung in der deutschen Industrie	130
§ 3. Der Produktivitätszuwachs und die Produktivitätsquote des Produktionsertrages	135
§ 4. Zur Interpretation der Maßzahlen	139
Literaturverzeichnis	141

Einleitung

Eines der wichtigsten Ergebnisse der neueren wachstumstheoretischen Diskussion ist die Erkenntnis, daß das wirtschaftliche Wachstum aufs engste mit dem technischen Fortschritt verknüpft ist¹. Zwar ist der Zusammenhang zwischen den Fortschritten der Technik und der wirtschaftlichen Entwicklung auch schon früher beschrieben worden — das klassische Beispiel dafür sind Adam *Smiths* Darlegungen über die Wirkungen der Arbeitsteilung² —, aber als bestimmende Größen für den Wachstumsverlauf sind in den älteren Darstellungen immer nur die Bevölkerungsentwicklung und die Höhe der Sparquote berücksichtigt worden; erst in den neueren Untersuchungen wird auch der technische Fortschritt als selbständiger Bestimmungsgrund des wirtschaftlichen Wachstums behandelt und sein Einfluß auf den Verlauf des Wachstumsprozesses analysiert³. Der entscheidende Anstoß für die stärkere Beachtung des technischen Fortschritts in der Analyse des ökonomischen Wachstumsprozesses ist offenbar von *Schumpeters* Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung ausgegangen, in der Schumpeter erstmals betont hat, daß der Wachstumsprozeß auch bei gegebener Sparquote nicht automatisch abläuft, sondern daß er in den Investitionsausgaben der „Unternehmer“ zur „Durchsetzung neuer Kombinationen“ seine mit unterschiedlicher Stärke wirkende Antriebskraft hat⁴. Ebenso wie in *Schumpeters* Theorie nimmt der Zusammenhang zwischen dem technischen Fortschritt und den Investitionsausgaben auch in denjenigen

¹ „Was immer für die Vergangenheit wahr sein mag, jetzt sind es die technischen Neuerungen und die Einführung neuer und billigerer Methoden, die den wirtschaftlichen Fortschritt beherrschen.“ A. K. *Cairncross*, Der Platz des Kapitals im wirtschaftlichen Fortschritt, Zeitschrift f. Nationalökonomie, Bd. 15 (1955), S. 109.

² Zur Behandlung des technischen Fortschritts in den Entwicklungstheorien der Klassiker vgl. B. S. *Keirstead*, The Theory of Economic Change, Toronto 1948, S. 68 ff.

³ Vgl. z. B. C. *Clark*, The Conditions of Economic Progress, 3. Aufl., London 1957; B. S. *Keirstead*, The Theory of Economic Change, a. a. O.; W. W. *Rostow*, The Process of Economic Growth, New York 1952; J. *Fourastié*, Die große Hoffnung des Zwanzigsten Jahrhunderts (Le Grand Espoir du XX^e Siècle), übersetzt von B. Lutz, Köln 1954; W. A. *Lewis*, Die Theorie des wirtschaftlichen Wachstums (The Theory of Economic Growth), übersetzt von H. v. Beckerath, Tübingen 1956; J. *Robinson*, The Accumulation of Capital, London 1956; N. *Kaldor*, A Model of Economic Growth, The Economic Journal, vol. 67 (1957).

⁴ Vgl. J. *Schumpeter*, Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, 5. Aufl. Berlin 1952; *derselbe*, Business Cycles, A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process, vol. I, New York 1939.

wachstumstheoretischen Erörterungen eine zentrale Stelle ein, die auf dem Boden der „New Economics“ geführt werden; die von R. F. Harrod und E. D. Domar entwickelten Modelle eines störungsfreien Wachstumsverlaufs bilden hierin zwar eine Ausnahme, aber in der Diskussion um die Weiterentwicklung dieses Ansatzes ist immer wieder betont worden, daß dazu der technische Fortschritt explizit in die Theorie einbezogen werden müsse⁵. Vor allem ist hier jedoch die auf Hansen zurückgehende These von der säkularen Stagnation entwickelter Volkswirtschaften zu erwähnen, für die der Einfluß des technischen Fortschritts auf die Investitionsausgaben das letztlich entscheidende Kriterium bildet⁶.

Diese Entwicklung der neueren wachstumstheoretischen Diskussion erfordert, daß der technische Fortschritt auch in den empirischen Analysen der Wachstumsvorgänge entsprechend berücksichtigt wird⁷. Damit ergibt sich für die empirische Forschung die Frage, in welcher Weise der technische Fortschritt während einer Periode gemessen und sein Einfluß auf die Wachstumsraten der ökonomischen Größen numerisch bestimmt werden kann, eine Frage, die in empirischen Untersuchungen schon vor Jahren damit beantwortet worden ist, daß die Steigerungsraten der Arbeitsproduktivität, wie sie durch die Indices des Produktionsergebnisses je Einheit des Arbeitsaufwandes gemessen werden, als Maßzahlen für den technischen Fortschritt bezeichnet wurden⁸. Diese Interpretation der Indexzahlen für die Arbeitsproduktivität ist allgemein akzeptiert worden, ohne daß die Übereinstimmung von Maßzahl und zu messendem Tatbestand ernstlich bezweifelt worden wäre; erst in neueren Veröffentlichungen ist dies vereinzelt geschehen und dabei auf die Frage nach der Kongruenz zwischen Tatbestand und Maßzahl eine übereinstimmend negative Antwort gegeben worden. Die kritischen Einwendungen gelten — faßt man sie zusammen — vor allem der Ein-

⁵ Domar selbst hat diese Forderung an verschiedenen Stellen formuliert, vgl. z. B. E. D. Domar, *Economic Growth: An Econometric Approach*, *The American Economic Review*, vol. 42 (1952), S. 484. — Die wichtigsten Arbeiten von Harrod und Domar sind im 4. Kap. § 5, Fußnote 33, zitiert.

⁶ Vgl. A. H. Hansen, *Fiscal Policy and Business Cycles*, New York 1941, S. 341 ff. — Zusammenfassende Darstellungen der Diskussion bei B. Higgins, *Concepts and Criteria of Secular Stagnation*, in: *Income, Employment and Public Policy, Essays in Honor of Alvin H. Hansen*, New York 1948, und W. Joelson, *Die Theorie der säkularen Stagnation, Eine Darstellung und kritische Würdigung*, Wien 1952.

⁷ "Equally is it clear that economic theory cannot usefully be left at the theoretical stage but requires to be tested and given quantitative expression by being brought into relation with observations." R. Stone, *The Role of Measurement in Economics*, Cambridge 1951, S. 3.

⁸ Vgl. z. B. St. Varga, *Über die Messung der Erfolge des technischen Fortschritts und der Rationalisierung in der Industrie*, in: *Beiträge zur Konjunkturlehre, Festschrift zum zehnjährigen Bestehen des Instituts für Konjunkturforschung*, Hamburg 1936; sowie W. Bauer, *Technischer Fortschritt und Produktivität*, Vierteljahreshefte zur Konjunkturforschung, Teil A, N. F. 11. Jg. (1936/37).

seitigkeit des Verfahrens⁹ sowie dem Umstand, daß mit Produktivitätsindices nur Veränderungen im Stand der durchschnittlich angewandten Produktionstechnik, nicht aber die Fortschritte des „technischen Wissens“ erfaßt werden können¹⁰. Ein dritter wesentlicher Einwand resultiert aus der Gegenüberstellung von technischem Fortschritt einerseits und zunehmender Kapitalintensität (im Sinne der Verwendung von mehr Kapital pro Beschäftigten) andererseits, ein Gegensatz, der weniger exakt auch mit der Unterscheidung zwischen „Rationalisierung“ und „Mechanisierung“ ausgedrückt wird. Da das Produktionsergebnis je Einheit des Arbeitsaufwandes nicht nur infolge von Rationalisierungsmaßnahmen bei gegebener Kapitalintensität sondern auch infolge einer Erhöhung der Kapitalintensität zunimmt, kann — nach dieser Argumentation — die Steigerung der Arbeitsproduktivität keine Maßzahl für den technischen Fortschritt sein¹¹. Diese Kritik, die bei allen Unterschieden in den Begründungen auf eine Ablehnung der Indexzahlen der Arbeitsproduktivität als Maßzahlen für den technischen Fortschritt hinausläuft¹², macht es notwendig, den Zusammenhang zwischen technischem Fortschritt und Produktivitätssteigerung zu überprüfen und insbesondere zu untersuchen, inwieweit die Indexzahlen für die Steigerung der Arbeitsproduktivität als Maßzahlen für den technischen Fortschritt interpretiert werden können. In der vorliegenden Arbeit wird deshalb versucht, die aufgeworfenen Fragen durch einen Vergleich der verschiedenen statistischen Produktivitätsrelationen und ihrer jeweiligen Abhängigkeit von dem für das ökonomische Wachstum bedeutsamen Tatbestand der technischen Entwicklung zu beantworten.

Mit dieser Problemstellung ist zugleich die Frage nach der für eine ökonomische Analyse zweckmäßigen Definition des technischen Fortschritts aufgeworfen, denn die Kontroverse um die statistische Messung des technischen Fortschritts ist nur die Folge davon, daß der Tatbestand selbst nicht eindeutig definiert ist. Mit dem Terminus „Technischer Fortschritt“, wie er in der wachstumstheoretischen Diskussion gebraucht wird, können vielmehr sehr unterschiedliche Vorgänge gemeint sein, was immer deutlich wird, wenn, wie bei der Frage der statistischen

⁹ Vgl. z. B. F. *Below*, Zur statistischen Messung des technischen Fortschritts in der industriellen Produktion, Schmollers Jahrbuch, 70. Jg. (1950 I).

¹⁰ Vgl. J. *Niehans*, Das ökonomische Problem des technischen Fortschritts, Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, 90. Jg. (1954).

¹¹ Vgl. bes. V. W. *Ruttan*, Technological Progress in the Meat Packing Industry, 1919—1947, U. S. Department of Agriculture, Marketing Research Report No. 59, Januar 1954.

¹² So schreibt z. B. *Ruttan*: „It seems rather unlikely that many economists actually view change in labor productivity as an adequate indicator of technological change.“ V. W. *Ruttan*, The Contribution of Technological Progress to Farm Output: 1950—1975, The Review of Economics and Statistics, vol. 38 (1956), S. 62; vgl. auch J. W. *Kendrick*, Productivity Trends: Capital and Labor, The Review of Economics and Statistics, vol. 38 (1956), S. 248.