

Zur sektoralen Rangordnung des technischen Fortschritts

Eine empirische Untersuchung zur Verträglichkeit der Ergebnisse der Residualmessung des technischen Fortschritts mit den impliziten Annahmen bei der Messung

Von Gunter Lorenzen

In empirischen Untersuchungen zur Erklärung der Wachstumsprozesse in den Industrieländern hat sich gezeigt, daß man das Sozialproduktwachstum nicht erklären kann, wenn man nur die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital berücksichtigt, eine substitutionale Produktionsfunktion unterstellt und von den Axiomen der Grenzproduktivitätstheorie ausgeht. Um die Axiome der Grenzproduktivitätstheorie und eine substitutionale Produktionsfunktion beibehalten zu können, wurde gleichsam als dritter Produktionsfaktor der „technische Fortschritt“ in die Produktionsfunktion eingebaut. Es ist seither immer wieder üblich gewesen, technischen Fortschritt als Residuum zu messen, indem man der Wirkung des technischen Fortschritts zuschreibt, was durch das Zusammenwirken der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital und der Grenzproduktivitätstheorie nicht erklärt werden kann. Das Vorbild dieser Arbeiten ist der Aufsatz von *Solow* (1957). Dieses Verfahren erfreut sich deshalb bleibender Beliebtheit, weil auch die Alternative, technischen Fortschritt ausgehend von substitutionalen Produktionsfunktionen mit Hilfe von Regressionsanalysen zu messen, mit beträchtlichen und keineswegs zur Zufriedenheit gelösten Schwierigkeiten verbunden ist, vgl. z. B. *Walters* (1963), *Frohn* (1970) oder *Beckmann, Sato und Schupack* (1972).

Im Rahmen einer von Mitarbeitern des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) und des Ifo-Instituts verfaßten umfassenden Arbeit „Der technische Fortschritt in der Industrie“ ist diese Residualmessung des technischen Fortschritts für die Industriesektoren der Bundesrepublik vorgenommen worden, vgl. *Frohn* u. a. (1973). Vor kurzem erschien eine sehr umfangreiche kritische Würdigung dieser und anderer Untersuchungen zum technischen Fortschritt: *Bombach, Blattner* u. a. (1976). Es ist das Ziel dieser Arbeit, die Ausführungen von *Bombach, Blattner* u. a. in bezug auf die Messungen von *Frohn* u. a. zu ergänzen, wobei wir uns auf die Probleme der Residualmessung beschränken wollen.

1. Die benutzten Daten

Ein erster Kritikpunkt gegen die DIW-Ifo-Studie ergibt sich aus den benutzten Zeitreihen für Nettoproduktion bzw. Wertschöpfung Y , Kapitalstock K und Arbeitsmenge N . Die Autoren haben völlig zu recht das Problem, entweder nur Kapazitätsdaten oder nur Auslastungsdaten verwenden zu sollen. Für Y und N liegen Auslastungsdaten vor bzw. lassen sich ohne allzu große Schwierigkeiten errechnen. Für den Kapitalstock aber liegen nur Kapazitätsdaten aufgrund von DIW-Berechnungen vor. Um jetzt Zeitreihen für das tatsächlich genutzte Kapital K zu erhalten, wird wie folgt vorgegangen: Es wird angenommen, daß sich der Zusammenhang zwischen dem vorhandenen Kapitalstock K^c und dem Produktionspotential bzw. der potentiellen Wertschöpfung bei Vollauslastung der Kapazität Y^c durch eine limitationale Produktionsfunktion beschreiben läßt. (Das Verfahren zur Bestimmung der Koeffizienten a und b wird beschrieben bei Boness (1969).)

$$(1) \quad Y^c = e^{a+bt} K^c$$

Ferner wird unterstellt, daß zwischen der tatsächlichen Produktion Y und dem ausgelasteten Kapitalstock K einerseits, sowie den Kapazitätsdaten Y^c und K^c andererseits der folgende Zusammenhang besteht

$$\frac{K}{K^c} = \frac{Y}{Y^c} \quad \text{bzw.} \quad \frac{Y}{K} = \frac{Y^c}{K^c}$$

also gilt auch

$$(2) \quad Y = e^{a+bt} K$$

(2) wird nach K aufgelöst und liefert somit Zeitreihen für K . Diese Zeitreihen für K werden benutzt, um in der Cobb-Douglas Funktion

$$(3) \quad Y = A K^\alpha N^\beta$$

die Fortschrittskomponente A (bzw. deren Wachstumsrate) zu bestimmen. Nun kann aber nur (2) oder (3) gelten, wenn $\beta \neq 0$ sein soll. Setzt man $K = Y/e^{a+bt}$ in (3) ein und löst man nach A auf, so erhält man

$$(4) \quad A = Y^{1-\alpha} N^{-\beta} e^{\alpha(a+bt)}$$

In Wachstumsraten geschrieben ergibt sich

$$(5) \quad w_A = \alpha b + (1 - \alpha) w_Y - \beta w_N$$

Intendiert ist aber

$$(6) \quad w_A = w_Y - \alpha w_K - \beta w_N$$

Die durchgeführte Messung entspricht also nicht dem was eigentlich intendiert ist und muß über dies als in sich widersprüchlich bezeichnet werden: Um die durch die Produktionsfaktoren „erklärbare“ Produktion $Y' = K^\alpha N^\beta$ zu messen, muß man die tatsächliche Produktion Y kennen, weil anders keine Zeitreihen für den Kapitalstock zur Verfügung stehen. Da an der tatsächlichen Produktion $Y = AY'$ aber der technische Fortschritt seinen Anteil hat, ist jetzt der technische Fortschritt auch irgendwie an der Produktion Y' beteiligt. Gerechtfertigt wird dieses Vorgehen durch die Beobachtung, daß in Sektoren, wo Vergleichsmöglichkeiten bestehen, etwa aufgrund der Kapazitätsauslastungsdaten des Ifo-Instituts, die gemäß (2) ermittelten Daten für K weitgehend übereinstimmen mit den Vergleichsdaten, d. h. aber, daß dann auch (2) die „richtige“ Produktionsfunktion ist (vgl. auch Frohn (1972) S. 185).

2. Technischer Fortschritt und steigende Skalenerträge

Wohl wichtiger noch, weil grundsätzlicher sind die folgenden Überlegungen: Die Annahme einer substitutionalen Produktionsfunktion und die Axiome der Grenzproduktivitätstheorie sind für die Residualmessung des technischen Fortschritts grundlegend. Außerdem muß eigentlich angenommen werden, daß durch die Entlohnung der Faktoren Arbeit und Kapital das ganze Produkt ausgeschöpft wird, daß also konstante Skalenerträge vorliegen, da es keine Möglichkeit gibt, etwa bei den Profiten zu unterscheiden zwischen Profiten, die als Entlohnung des Faktors Kapital anzusehen sind und eventuellen Extraprofiten aufgrund zunehmender Skalenerträge. Da es Zeitreihen für Extraprofite und Extralöhne nicht gibt, ist es im Rahmen der Residualmessung des technischen Fortschritts auch nicht möglich, zwischen der Wirkung nicht-konstanter Skalenerträge und der Wirkung des technischen Fortschritts zu unterscheiden. Dies hat zur Konsequenz, daß man in aller Regel von konstanten Skalenerträgen ausgeht und das Produktwachstum, das durch konstante Skalenerträge nicht erklärt werden kann, der Wirkung des technischen Fortschritts zurechnet. In der betrachteten DIW-Ifo-Studie wird darüber hinaus die Rate des technischen Fortschritts für Skalenelastizitäten von 1,1 und 1,25 ermittelt¹. Sodann werden die Industrien nach der Höhe der Wachstumsrate des technischen Fortschritts geordnet und es findet sich das erstaunliche Resultat: „... die Annahme steigender Skalenerträge verändert die Rangordnung nur selten tiefgreifend ... Werden die Sektoren zu drei Gruppen zu-

¹ Dies geschieht unter der Annahme gleicher Monopolgrade auf den Faktormärkten. Das den Faktoren nicht unmittelbar zurechenbare Produkt wird proportional aufgeteilt. Frohn u. a. (1973), S. 40 f. Vgl. für die hier besprochene Residualmessung insbesondere die Gleichungen (71) bis (74) auf S. 81.

sammengefaßt (Spitzengruppe, Mittelgruppe, Schlußgruppe des technischen Fortschritts), so wechseln im Fall hoher Skalenerträge nur wenige Sektoren ihre Gruppenzugehörigkeit“ (S. 85). Diese erstaunliche Stabilität der sektoralen Rangordnung des technischen Fortschritts in Abhängigkeit von verschiedenen Skalenelastizitäten verliert den Großteil von Erstaunlichkeit, wenn man sich ansieht, wie die verglichenen Rangfolgen zustande kommen. Bei der einen Rangfolge wird für *alle* Industrien angenommen, daß konstante Skalenerträge vorliegen, bei der anderen Rangfolge wird für *alle* Industriesektoren eine Skalenelastizität von 1,25 angenommen. Damit aber ist das eigentlich interessante Problem zugedeckt: Was passiert mit der Rangordnung des technischen Fortschritts, wenn man für einige Sektoren konstante und für andere Sektoren nicht-konstante Skalenerträge unterstellt. Da sich diese Frage im Rahmen der Residualmessung des technischen Fortschritts nicht beantworten läßt, sollte man sich konsequenterweise auf den Fall nicht-konstanter Skalenerträge im Rahmen der Residualmessung gar nicht erst einlassen, vgl. auch *Bombach, Blattner u. a. (1976)*, S. 215 f.

3. Zur sektoralen Rangordnung des technischen Fortschritts

Hält man die gegen die Messung vorgebrachten Einwände unter Punkt 1 dieser Arbeit für nicht sonderlich schwerwiegend, dann besteht das letztlich zu lösende Problem in der Beantwortung der Frage: „Wodurch kann die sektorale Rangordnung des technischen Fortschritts erklärt werden?“ In der angeführten DIW-Ifo-Studie wird dieser Frage nachgegangen, indem zum einen der Zusammenhang zwischen Rangordnung des technischen Fortschritts und Rangordnung des Produktionswachstums und zum anderen der Zusammenhang zwischen Rangordnung des technischen Fortschritts und Rangordnung der Kapitalintensität überprüft wird. In beiden Fällen wird das Vorliegen eines Zusammenhangs verneint und das entsprechende Kapitel schließt mit der resignierenden Feststellung: „So müssen wir uns damit abfinden, daß es zur Zeit nicht möglich ist, die Rangordnung des technischen Fortschritts zu erklären“ (S. 93)².

Im folgenden soll der Frage nach der sektoralen Rangordnung des technischen Fortschritts erneut nachgegangen werden, allerdings nicht in dem Sinne, daß „plausible“ Hypothesen auf Verträglichkeit mit dem empirischen Material hin überprüft werden. Vielmehr soll theoretisch abgeleitet werden, was unter den Prämissen der Residualmessung die Rangordnung des technischen Fortschritts bestimmt. Wir benötigen dazu einige tautologische Umformungen dessen, was als Rate des techni-

² Siehe dagegen *Bombach, Blattner u. a. (1976)*, S. 217 f.

schen Fortschritts bei der Residualmessung ausgewiesen wird. Üblicherweise ist (6) Ausgangspunkt der Residualmessung des technischen Fortschritts. Nimmt man nun die Annahmen der Grenzproduktivitätstheorie und die Annahme konstanter Skalenerträge hinzu, so folgt

$$(7) \quad w_A = w_Y - (P/Y) w_K - (L/Y) w_N$$

wobei P die Profitsumme und L die Lohnsumme ist. Man kann die gleiche Rate des technischen Fortschritts auch anders messen. Es gilt

$$(8) \quad Y = L + P$$

In Wachstumsraten geschrieben ergibt sich

$$(9) \quad w_Y = (L/Y) w_L + (P/Y) w_P$$

Bezeichnet man mit l den Lohnsatz und mit p den Profitsatz, so folgt

$$(10a) \quad L = l N \quad \text{und} \quad (10b) \quad P = p K$$

und hieraus

$$(11a) \quad w_L = w_l + w_N \quad \text{sowie} \quad (11b) \quad w_P = w_p + w_K$$

Eingesetzt in (9) ergibt sich

$$(12) \quad w_Y = (L/Y) (w_l + w_N) + (P/Y) (w_p + w_K)$$

Hieraus ergibt sich mit Hilfe von (7)

$$(13) \quad w_A = (P/Y) w_p + (L/Y) w_l$$

Aus (13) ergibt sich³: Die Wachstumsraten des technischen Fortschritts können zwischen den Industriesektoren nur dann differieren, wenn

- die Wachstumsraten des Profitsatzes und (oder) die Wachstumsraten des Lohnsatzes unterschiedlich sind
- Lohnquoten und Profitquoten unterschiedlich sind.

Beginnen wir mit Ursache b). Unter den gemachten Prämissen der Grenzproduktivitätstheorie sind unterschiedliche Lohnquoten (L/Y) bzw. unterschiedliche Profitquoten (P/Y) Hinweise auf unterschiedliche Pro-

³ Vgl. zu (13) z. B. D. W. Jorgenson and Z. Griliches (1967), S. 252: „In general, any index of total factor productivity can be computed either from indexes of quantity of total output and total input or from corresponding price indexes.“

duktionselastizitäten der zugrundeliegenden Produktionsfunktionen. Ausgehend von einer Cobb-Douglas Funktion (3) sind unterschiedliche Lohn- und Profitquoten also Hinweis auf unterschiedliche Werte von α und β . Damit haben wir eine erste Erklärungsmöglichkeit für unterschiedliche Raten des technischen Fortschritts zwischen den Industrie-sektoren, eine Erklärungsmöglichkeit allerdings, die wir nur mit gemischten Gefühlen zur Kenntnis nehmen, denn die unterschiedlichen Produktionselastizitäten sollten „eigentlich“ keinen Einfluß auf die Rate des technischen Fortschritts haben⁴. Wie wir gleichen sehen werden ist dies zudem die einzige Erklärungsmöglichkeit, die wir unter den Prämissen der Grenzproduktivitätstheorie akzeptieren können. Denn unter diesen Prämissen darf es Erklärungsmöglichkeit a) gar nicht geben, da die in die Residualmessung des technischen Fortschritts eingehende Annahme, daß die Faktoren entsprechend ihrem Grenzprodukt entlohnt werden, von der Annahme der vollständigen Konkurrenz nicht getrennt werden kann. Erklärungsmöglichkeit a) zuzulassen, heißt also akzeptieren, daß die Faktoren Arbeit und Kapital innerhalb eines Sektors vollständig konkurrieren, zwischen den Sektoren aber nicht⁵. Ob man Erklärungsmöglichkeit a) zulassen will oder nicht, ist sicherlich eine Frage der Länge des Untersuchungszeitraumes. Je länger der Untersuchungszeitraum, um so geringer die Unterschiede in Profitsatz- und Lohnsatzentwicklung — jedenfalls unter den Prämissen der Grenzproduktivitätstheorie. Entweder ist der Untersuchungszeitraum lang genug, um Friktionen in der zeitlichen Anpassung an die Bedingungen Grenzproduktivitätstheorie auszugleichen, dann sind Profitsatzentwicklung und Lohnsatzentwicklung in den Sektoren einheitlich oder der Untersuchungszeitraum ist nicht lang genug, dann darf man technischen Fortschritt auch nicht unter den Bedingungen der Grenzproduktivitätstheorie messen. Wir halten also fest, daß es widersprüchlich ist, den technischen Fortschritt unter den Annahmen der Grenzproduktivitätstheorie zu messen und anschließend die Rangfolge der Meßergebnisse anders erklären zu wollen, als durch unterschiedliche Lohn- und Profitquoten.

Unterschiede in der Rate des technischen Fortschritts, die sich nicht auf unterschiedliche Lohn- und Profitquoten zurückführen lassen, sind Hinweise auf Meßungenauigkeiten bzw. Hinweise auf Nichtgültigkeit der Prämissen der Grenzproduktivitätstheorie. Insbesondere mangelnde Mobilität und fehlende Teilbarkeit der Faktoren, die aus der fehlenden Teilbarkeit folgende nicht-Konstanz der Skalenerträge und Nichtgültig-

⁴ Nicht die unterschiedlichen „Steigungen“ der Produktionsfunktionen wollte man messen, sondern ihre „Verschiebungen in der Zeit“ in Richtung auf den Koordinatensprung.

⁵ Dies ist auch eine Frage des gewählten Aggregationsgrades.

keit der Annahme, daß die Faktoren entsprechend ihrem Grenzprodukt entlohnt werden, können als Begründung für unterschiedliche Entwicklungen bei der Wachstumsrate des Lohnsatzes w_l und des Profitsatzes w_p dienen. Aus (13) ergibt sich somit eine Möglichkeit zu überprüfen, inwieweit die Meßergebnisse mit den Prämissen der Messung konsistent sind, bzw. inwieweit es einzelnen Industriesektoren gelingt, die Verwendung von Produktionsfaktoren zu monopolisieren, so daß es unsinnig wird, von *dem* Lohnsatz und *dem* Profitsatz zu reden. Aus (13) folgt wegen $(P/Y) = 1 - (L/Y)$

$$(14) \quad w_A = w_p + (L/Y) (w_l - w_p)$$

Unter der Voraussetzung, daß die Industriesektoren bei den Produktionsfaktoren „Arbeit“ und „Kapital“ miteinander konkurrieren, müßte die Lohnsatzentwicklung und die Profitsatzentwicklung einheitlich verlaufen. Es müßte also gelten

$$(15) \quad w_A = a + b (L/Y)$$

mit

$$(16a) \quad a = w_p \quad \text{und} \quad (16b) \quad b = w_l - w_p$$

Tabelle 1 enthält für die untersuchten Industriebereiche in Spalte 1 die Rate des technischen Fortschritts⁶ und in Spalte 2 die Lohnquote (L/Y) ⁷. Faßt man (15) als eine Regressionsbeziehung auf, so folgt als Schätzergebnis

$$(17) \quad w_A = 5,47 - 3,37 (L/Y) \Leftrightarrow R^2 = 0,028$$

$$(2,68) \quad (4,03)$$

Bei der Interpretation dieses Ergebnisses müssen die hohen (in Klammern angeführten) geschätzten Standardabweichungen der Schätzwerte und das kleine R^2 beachtet werden. Der Haupteindruck ist, daß hier eine aufgestellte Hypothese nicht akzeptiert werden kann. Das heißt aber, daß sich die Rate des technischen Fortschritts nicht durch die Lohnquotenunterschiede erklären läßt, wie dies unter den Prämissen der Grenzproduktivitätstheorie der Fall sein müßte. Wir schließen also, daß die Ergebnisse der Messung mit den Prämissen der Messung nicht konsistent sind.

⁶ *Frohn* u. a. (1973), Tabellenanhang II, eigene Berechnungen aus den angegebenen Jahreswerten in den mit „Auslastungsdaten“, „1,00“ und „Geo“ überschriebenen Spalten. Die Industrien „Ölmühlen- und Margarineindustrie“ sowie „Brauereien und Mälzereien“ wurden nicht berücksichtigt, da sich hier negative Daten des technischen Fortschritts ergaben.

⁷ *Frohn* u. a. (1973), Tabellenanhang I, Werte aus den mit „AG“ überschriebenen Spalten.

Tabelle 1

Industriesektor	Wachstumsraten des techn. Fortschritts in v. H.	Lohnquoten L/Y
	(1)	
Industrie der Steine und Erden	1,591	0,542
Eisenschaffende Industrie	2,124	0,608
Eisen-, Stahl- und Temperiess. ...	2,475	0,785
Ziehereien und Kaltwalzwerke	4,227	0,600
NE-Metallindustrie	3,084	0,573
Chemische Industrie	6,600	0,513
Mineralölverarbeitung	9,356	0,436
Gummi- und Asbestverarbeitung ..	1,924	0,669
Sägewerke u. holzbearbeitende Ind.	3,913	0,648
Zellstoff- und Papiererzeugung	3,318	0,617
Stahlbau	0,315	0,748
Maschinenbau	1,039	0,730
Fahrzeugbau	0,334	0,538
Schiffbau	3,265	0,784
Elekrotechnische Industrie	3,998	0,721
Feinmechanische u. optische Ind. ...	3,927	0,787
ESBM-Industrie	2,729	0,741
Feinkeramische Industrie	3,699	0,728
Glasindustrie	2,531	0,586
Holzverarbeitende Industrie	4,500	0,740
Papier- u. Pappeverarbeitende Ind.	2,166	0,681
Druckerei- u. Vervielfältig. Ind.	3,175	0,724
Kunststoffverarbeitende Ind.	6,851	0,694
Lederindustrie	3,235	0,771
Textilindustrie	4,513	0,687
Bekleidungsindustrie	2,515	0,670
Zuckerindustrie	0,305	0,471

Quelle: J. Frohn, R. Krenzel, P. Kuhbier, K. H. Oppenländer und L. Uhlmann, Der technische Fortschritt in der Industrie, Berlin 1973.

Es ist nicht ganz uninteressant sich anzusehen, welche Industriesektoren primär für dieses (negative) Ergebnis verantwortlich sind. Wegen (16a) und (16b) folgt aus (17), daß die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des Profitsatzes etwa $5\frac{1}{2}$ vH betrug bei einer durchschnitt-

lichen jährlichen Wachstumsrate des Lohnsatzes von gut 2 vH. Die Schätzung des Koeffizienten a fällt zu hoch aus und die Schätzung des Koeffizienten b fällt zu niedrig aus. Sinnvollerweise wird man bei der Schätzung $b > 0$ fordern müssen, denn die Wachstumsrate des Lohnsatzes ist mit Sicherheit größer gewesen, als die Wachstumsrate des Profitsatzes.

Schaut man sich an, welche Industriesektoren primär dazu beitragen, daß die Kovarianz und somit der Koeffizient b negativ wird, so stößt man vornehmlich auf die Sektoren „Mineralölverarbeitung“ und „Chemische Industrie“. Läßt man diese beiden Industrien außer acht, liefert die Regressionsanalyse

$$(18) \quad w_A = -1,43 + 6,38 (L/Y) \Leftrightarrow R^2 = 0,13$$

(0,69) (3,46)

Ein Vergleich von (17) und (18) zeigt, daß sich die Koeffizienten a und b in die richtige Richtung entwickeln, wenn man die Industrien „Mineralölverarbeitung“ und „Chemische Industrie“ außer acht läßt. Das überrascht nicht, angesichts der vorgetragenen Überlegung, daß ein „schlechtes“ Ergebnis einer auf (15) basierenden Regressionsanalyse als Hinweis aufzufassen ist, daß die Annahmen der Grenzproduktivitätstheorie nicht zutreffen. Es überrascht dann auch nicht, daß für diese beiden Industrien — wie aus Tabelle 1 ersichtlich — vergleichsweise sehr hohe Wachstumsraten des technischen Fortschritts ausgewiesen werden: sei es, daß bei diesen Industrien die Voraussetzungen der Grenzproduktivitätstheorie nicht zutreffen und deswegen die Rate des technischen Fortschritts besonders hoch ausfällt, sei es, daß die Rate des technischen Fortschritts besonders groß ist und es deswegen gelingt, die Verwendung von Produktionsfaktoren zu monopolisieren. Wenn aber die Immobilität der Faktoren so groß ist oder andere Ursachen dahin wirken, daß sich Lohnsatz und Profitsatz nicht in allen Sektoren synchron bewegen, dann ist auch zweifelhaft, ob die Faktoren innerhalb der Sektoren nach dem jeweiligen Grenzprodukt entlohnt werden.

Zusammenfassung

Es wird die Residualmessung des technischen Fortschritts und eine auf dieser Residualmessung basierende Rangordnung der Sektoren der Verarbeitenden Industrie der BRD einer kritischen Würdigung unterzogen. Dabei wird die übliche Art der Residualmessung, die von den Wachstumsraten des mengenmäßigen Outputs und den Wachstumsraten des mengenmäßigen Inputs ausgeht, kontrastiert mit der äquivalenten Messung, die von den Wachstumsraten der Lohn- und Profitsatzentwicklung Gebrauch macht. Diese Gegenüberstellung macht deutlich, daß die Ergebnisse der Messung mit den in die Messung eingehenden Prämissen der Grenzproduktivitätstheorie nicht verträglich sind.

Summary

The well-known fact that any index of total factor productivity can be computed either from indexes of quantity of total output and total input or from corresponding price indexes, is utilized to show that the Solowian index of total factor productivity produces results that are against the implied axioms of marginal productivity theory. This is demonstrated in using data for the manufacturing industry of the Federal Republic of Germany.

Literatur

- Beckmann, M. J., R. Sato and M. Schupack* (1972), Alternative Approaches to the Estimation of Production Functions and of Technical Change, *International Review* 13, S. 33 - 52.
- Bombach, G., N. Blattner u. a.* (1976), *Technischer Fortschritt — Kritische Beurteilung von Mess- und Prognosekonzepten*, Göttingen.
- Boness, A.* (1969), *Vierteljährliche Indexziffern der Kapazitätsauslastung für die Bereiche der Verarbeitenden Industrie in der Bundesrepublik Deutschland*, *Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung*, S. 190 - 206.
- Frohn, J.* (1970), Untersuchungen zur CES-Produktionsfunktion, Würzburg (Berichte aus dem Institut für Statistik und Versicherungsmathematik der Universität Berlin Heft 11).
- (1972), Estimation of CES Production Functions with Neutral Technical Change for Industrial Sectors in the Federal Republic of Germany 1958 - 1968, *The Review of Income and Wealth* 18, S. 185 - 199.
- Frohn, J., R. Krengel, P. Kuhbier, K. H. Oppenländer und L. Uhlmann* (1973), *Der technische Fortschritt in der Industrie*, Berlin.
- Jorgenson, D. W. and Z. Griliches* (1967), The Explanation of Productivity Changes, *The Review of Economic Studies* 34, S. 249 - 283.
- Solow, R. M.* (1957), Technical Change and the Aggregate Production Function, *The Review of Economics and Statistics* 39, S. 312 - 320.
- Walters, A. A.* (1963), Production and Cost Functions: An Econometric Survey, *Econometrica* 31, S. 1 - 66.