AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.

Hockmann, H.: Ansätze zur Quantifizierung technischer Fortschritte in der Landwirtschaft – eine Darstellung verschiedener auf primalen Vorgehen basierender Verfahren. In: Buchholz, H.E., Neander, E., Schrader, H.: Technischer Fortschritt in der Landwirtschaft – Tendenzen, Auswirkungen, Beeinflussung. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 26, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (1990), S. 111-117.

ANSÄTZE ZUR QUANTIFIZIERUNG TECHNISCHER FORTSCHRITTE IN DER LANDWIRTSCHAFT - EINE DARSTELLUNG VERSCHIEDENER AUF PRIMALEN VORGEHEN BASIERENDER VERFAHREN -

von

H. HOCKMANN, Göttingen

1 Einleitung

Technische Fortschritte treten in einer Volkswirtschaft "durch die Anwendung neuer Produktionsverfahren", "die Schaffung neuer und qualitativer verbesserter Güter" und "die Entwicklung und Nutzbarmachung neuer Mittel und Wege zur besseren Befriedigung menschlicher Bedürfnisse" in Erscheinung (WALTER, 1977, S. 569).

Bedenkt man die Vielzahl von Veränderungen, die auf einzelwirtschaftlicher Ebene stattfinden, wird deutlich, daß die oben ausgeführte Unterteilung nach qualitativen Kriterien für eine quantitative Untersuchung auf aggregierter Ebene (sektoraler und volkswirtschaftlicher) wenig geeignet ist. Empirische Untersuchungen auf Basis einer Datengrundlage auf hohem Aggregationsniveau zur quantitativen Erfassung technischer Fortschritte sind daher nicht an den Formen, sondern an den Auswirkungen technischer Fortschritte ausgerichtet. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, daß technische Fortschritte die Qualität der eingesetzten Produktionsfaktoren verbessern, so daß mit dem bestehenden Faktorbestand eine höhere Produktionsmenge erzeugt werden kann. Die Wirkung technischer Fortschritte zeigt sich somit in einer Erhöhung der totalen Faktorproduktivität und damit in einer Erhöhung der sektoralen Produktionsmöglichkeiten (WALTER, 1977, S. 569).

Im folgenden werden drei Vorgehensweisen zur Bestimmung des Produktivitätswachstums näher erläutert[1)].

2 Produktivitätswachstum und Indextheorie

Im folgenden, wird ausgehend von einer allgemeinen Definition einer Produktionsfunktion

(2.1) $y^t = f(x^t, t)$ $\qquad$ y = Output
x = Inputvektor $x = (x_1 \dots x_I)$

der stetige Divisia-Index zur Messung der totalen Faktorproduktivität vorgestellt. Unter den Annahmen der linearen Homogenität der Produktionsfunktion und der Hicks-Neu-

1) Umfassende Überblicke über die verschiedenen Ansätze zur Analyse der Produktionsprozesse geben DIEWERT (1981) und FORSUND et al. (1980). Die Ausführungen in diesem Referat bleiben auf die Bestimmung des autonomen, nicht faktorgebundenen technischen Fortschritts beschränkt. Erläuterungen zum autonomen, faktorgebundenen und zum induzierten technischen Fortschritt finden sich in HESSE und LINDE (1976, S. 210 ff.).

tralität der technischen Fortschritte (SOLOW, 1957), ist das Produktivitätswachstum zwischen zwei Zeitpunkten durch folgenden Zusammenhang gegeben:

$$(2.2) \qquad \frac{f(t^2)}{f(t^1)} = \frac{y(t^2)}{y(t^1)} \Big/ \exp \int_{t_1}^{t_2} \sum_{i=1}^{I} e_i(t)\, \dot{x}_i \, dt$$

e_i = Produktionselastizität des i-ten Faktors

$\dot{x}_i$ = relative Veränderung des Faktoreinsatzes.

Anwendungen dieses Indexes sind möglich, wenn er durch diskrete Approximation transformiert wird.

Unterstellt man eine linear-homogene Produktionsfunktion und verständige Konkurrenz so gilt, daß die Produktionselastizitäten gleich dem Wertanteilen der Produktionsfaktoren sind. Variieren die Wertanteile im Zeitablauf, lassen sich repräsentative Wertanteile aus dem arithmetischen Mittel der Wertanteile der betrachteten Zeitpunkte ermitteln[2]. Dadurch erhält man für den 2. Term auf der rechten Seite von Gleichung (2.2) den Törnquist-Theil-Index des Faktoreinsatzes.

$$\ln Q_0 \,(p^1, p^2, x^1, x^2) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{I} (S_i^1 + S_i^2) \ln \frac{x_i^2}{x_i^1}$$

S_i = Wertanteil des i-ten Faktors.

DIEWERT (1976, S. 117 ff.) hat gezeigt, daß der Törnquist-Theil-Index die Veränderungen einer translog-Produktionsfunktion abbildet. Diese Funktion gehört zur Gruppe der flexiblen Produktionsfunktionen. Diese sind in der Lage, variable Substitutionsmöglichkeiten wiederzugeben.

Im Gegensatz zum üblichen Vorgehen, die jährlichen Veränderungen auf ein Basisjahr zu beziehen, wurde durch die Verwendung der Wertanteile benachbarter Jahre ein sogenannter 'Chain-Index'[3] gebildet. Durch diese Berücksichtigung der jährlichen Strukturverschiebungen wird zusätzlich eine größere Realitätsnähe angestrebt.

3 Berechnung des Produktivitätswachstum anhand einer translog 'production frontier'

Die Berechnung der Produktivitätsentwicklung anhand einer parametrisch spezifizierten 'production frontier' wird anhand einer translog 'production frontier' erläutert.

$$(3.1) \qquad \ln y^t \leq \beta^*_0 + \sum_{i=1}^{I} \beta^*_i \ln x_i^t + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{I} \beta^*_{ij} \ln x_i^t \ln x_j^t = f^t(x^t)$$

2) Vgl. STAR und HALL, 1976. Sie unterstellten dabei, daß sich die Veränderungen der Wertanteile im Zeitablauf durch eine lineare Beziehung beschreiben lassen.
3) Zur Darstellung des 'Chaining' siehe ALLEN (1975, S. 174 ff.).

Die jährliche Produktivitätsveränderung wurde durch folgende Variation der Funktionsparameter berücksichtigt.

$$\beta^*_0 = \beta_0 + \beta_0' \cdot t + \frac{1}{2} \beta_0'' \cdot t^2$$

$$\beta^*_i = \beta_i + \beta_i' \cdot t$$

Zusätzlich wurde lineare Homogenität der Produktionsstrukturen unterstellt. Hieraus ergeben sich folgende Restriktionen:

$$\sum_{i=1}^{I} \beta_i = 1 \qquad \sum_{i=1}^{I} \beta_i' = 0 \qquad \sum_{i=1}^{I} \beta^*_{ij} = 0 \qquad \sum_{j=1}^{I} \beta^*_{ij} = 0$$

Unterstellt man, daß die Produzenten versuchen, zu jedem Zeitpunkt das Maximum der Produktionsmöglichkeiten mit dem eingesetzten Faktoreinsatz zu erreichen, so erhält man als Optimierungsvorschrift, daß die Summe der Abweichungen vom potentiellen Output für den gesamten Zeitraum zu minimieren ist[4].

$$\sum_{t=1}^{T} (\ln f^t (x^t) - \ln y^t) \rightarrow \min$$

Da der Störterm nur positive Werte annehmen kann, lauten die ersten Nebenbedingungen:

$$\ln f^t (x^t) - \ln y^t \geq 0 \qquad t = 1, \ldots, T$$

Beachtet man weiterhin, daß die Grenzproduktivitäten positiv sein müssen, so erhält man als weitere Restriktionen:

$$\frac{\partial \ln f^t (x^t)}{\partial \ln x_i^t} = S_i \geq 0 \qquad t = 1, \ldots, T; \qquad i = 1, \ldots, I$$

Falls technische Rückschritte im Zeitablauf ausgeschlossen werden, ergeben sich folgende Restriktionen:

$$\frac{\partial \ln f^t (x^t)}{\partial t} \geq 0$$

Eine wohldefinierte Produktionsfunktion ist gegeben, wenn die Matrix der zweiten Ableitungen der Produktionsfunktion nach ihren Argumenten (Hessesche Matrix) negativ semidefinit[5] ist. Dieser Forderung wurde durch eine Cholesky-Zerlegung der Hesseschen-Matrix mit entsprechenden Parameterrestriktionen Rechnung getragen[6].

4) Vgl. hierzu auch die in NISHIMIZU und PAGE (1982) vorgetragenen Überlegungen.
5) Eine umfassende Darstellung zu den Krümmungseigenschaften bestimmter Funktionstypen findet sich in MONEY (1980).
6) LAU (1978, S. 420 ff.). Durch die Cholesky Zerlegung wird die Matrix der zweiten Ableitung durch eine Diagonal- und eine Triangularmatrix abgebildet. Die notwendige und hinreichende Bedingung für die Konkavität ist,

Die Produktivitätsentwicklung wurde aus der berechneten Funktion ermittelt, indem der Törnquist-Theil-Index mit Hilfe der in der Optimierung berechneten Wertanteile gebildet wurde.

4 Die Berechnung des Produktivitätswachstum anhand einer nichtparametrischen 'production frontier'[7)]

Als letzte Methode wird eine Vorgehensweise vorgestellt, die es erlaubt, die Effekte, die sich aus der Unterstellung bestimmter Produktionsstrukturen ergeben, zu eliminieren. Bezüglich des funktionalen Zusammenhangs zwischen Produktion und Faktoreinsatz wird lediglich unterstellt, daß der durch eine konkave und monoton steigende Input-Output-Beziehung beschrieben werden kann. Dabei wird angenommen, daß der funktionale Zusammenhang den maximal möglichen Output bei gegebenem Faktoreinsatz wiedergibt[8)].

$$y^t \leq f^t(x^t)$$

Die periodenspezifische Produktionsfunktion läßt sich dann mit Hilfe der linearen Programmierung bestimmen:

(4.1)
$$f^t(x) = \max_{\beta_i \geq 0} \left\{ \sum_{i=1}^{t} y^i \beta_i \; : \; \sum_{i=1}^{t} \beta_i x^i \leq x, \; \sum_{i=1}^{t} \beta_i = 1 \right\}$$

Durch die Linearkombination der Faktoreinsätze wird eine Inputmöglichkeitenmenge bestimmt. Über diese Menge wird, unter der Annahme, daß die Produktionsverfahren x^t linear-homogen für alle $\beta_i \leq 1$ sind, anhand der in Gleichung (4.1) gegebenen Optimierungsvorschrift die maximale Produktionsmenge berechnet. Die sich hieraus ergebende Produktionsfunktion läßt sich somit als eine Linearkombination der realisierten Produktionsprozesse interpretieren.

Das Produktivitätswachstum zwischen zwei Perioden ist dann gegeben durch:

$$\frac{f^t \quad (x^{t-1})}{f^{t-1}(x^{t-1})} = f^*$$

Da auch bei dieser Methode die implizierte Annahme enthalten ist, daß kein technischer Rückschritt möglich ist, gilt daß $f^* \geq 1$ ist (DIEWERT, 1981, S. 40).

---

daß die Elemente der Diagonalmatrix nicht negativ sind. Aufgrund der sich hieraus ergebenden Nichtlinearitäten in den Parametern ist die Berechnung der translog 'production frontier' nur unter Verwendung einer Optimierungsvorschrift möglich, die eine nichtlineare Zielfunktion unter linearen und nichtlinearen Restriktionen minimiert.

7) Erste Arbeiten auf diesem Gebiet gehen auf FARRELL (1957) zurück. Fortgeführt wurden seine Arbeiten von AFRIAT (1972), DIEWERT und PARKAN (1983) und VARIAN (1984). Empirische Anwendung finden sich bei CHAVAS und COX (1988), FAWSON und SHUMAY (1988) und GRABOWSKY et al. (1988).

8) Die vorgestellte Darstellung des Konzepts geht auf DIEWERT und PARKAN (1983) zurück.

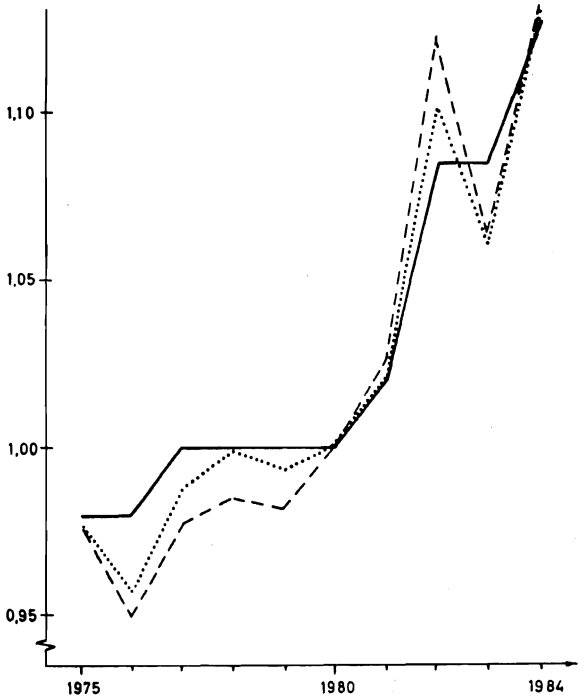
Für die Darstellung der totalen Faktorproduktivität wurden die Wachstumsraten für jeweils zwei benachbarte Zeitpunkte berechnet. Hieraus wurde durch suksessive Multiplikation der Änderungsraten eine Indexreihe erstellt, die auf das Jahr 1980 umbasiert wurde. Dieser Index wird im empirischen Teil der Arbeit als nichtparametrische Index bezeichnet.

5 Darstellung der Ergebnisse

Aus technischen Gründen wird auf eine nähere Beschreibung des verwendeten Datensatzes verzichtet. Eine ausführliche Darstellung des Datensatzes findet sich bei HOCKMANN (1988).

Das Schaubild gibt die Produktivitätsentwicklungen, wie sie mit den im theoretischen Teil vorgestellten Methoden berechnet wurden, für die Bundesrepublik wieder.

Schaubild: Die Entwicklung der totalen Faktorproduktivität für den landwirtschaftlichen Sektor in der Bundesrepublik Deutschland, berechnet mit Hilfe eines 'traditionell konstruierten' Törnquist-Theil-Indexes, einer translog 'production frontier' und einem nichtparametrischen Index im Zeitraum 1975-1984 (Basis 1980 = 1.00)



___ nichtparametrischer Index

- - - Törnquist-Theil-Index, traditionelle Berechnung mit Hilfe konstruierter Wertanteile

..... Törnquist-Theil-Index, Berechnung der Wertanteile mit Hilfe einer translog 'production frontier'

Als erstes bleibt festzuhalten, daß sämtliche Methoden zu ungefähr gleichen Ergebnissen führen. Das durchschnittliche Produktivitätswachstum ist bei allen angewendeten Methoden in etwa gleich. Auch wird bei allen Methoden bis zum Jahre 1980 im Vergleich zum folgenden Zeitraum eine geringere Produktivitätsentwicklung ausgewiesen. Es wird deutlich, daß für die Berechnung der Produktivitätsentwicklung der Bundesrepublik von keiner Methode nicht annehmbare Restriktionen unterstellt werden, und sie für den hier betrachteten Untersuchungszeitraum als gleichberechtigt anzusehen sind.

6 Zusammenfassung

In diesem Aufsatz werden verschiedene Möglichkeiten zur Berechnung der Veränderung der totalen Faktorproduktivität diskutiert.

Unterstellt man linearen Homogenität der Produktionsfunktion, Hicks-Neutralität der technischen Fortschritte und vollständige Konkurrenz, so lassen sich die Verschiebungen parametrisch spezifizierter Produktionsfunktionen mit Hilfe von bekannten Indexziffern berechnen, von denen hier der Törnquist-Theil-Index verwendet wurde.

Mit Hilfe einer translog-Funktion, die den Eigenschaften der Monotonie, der Konkavität und der linearen Homogenität genügt, wurde eine 'production frontier' mit Hilfe einer nichtlinearen Optimierungsroutine berechnet. Die hiermit ermittelten Wertanteile wurden verwendet, um einen Törnquist-Theil-Index zu bilden. Der empirische Vergleich zeigt, daß das traditionelle Vorgehen und der Weg über die 'production frontier' zu ähnlichen Ergebnissen führen.

Als weitere Methode ist die Produktivitätsanalyse anhand einer parametrisch nicht spezifizierten monoton steigenden und konkaven 'production frontier' vorgestellt worden. Zusätzlich muß die Annahme, daß alle Produktionspunkte auf der 'frontier' liegen, eingeführt werden.

Wegen der Unterstellung vollkommen flexibler Produktionsstrukturen wird bei Anwendung dieser Methode eine untere Schranke des Produktivitätswachstums ermittelt. Betrachtet man die Verzerrungen, die sich bei den parametrischen Vorgehensweisen aus der Verwendung von nicht realitätsnahen Faktorpreisen bzw. nicht adäquaten Produktionsstrukturen ergeben, so kann der nichtparametrische Ansatz für die Ermittlung des Produktivitätswachstum als gleichberechtigt neben den parametrischen Vorgehensweisen angesehen werden.

Literaturverzeichnis

AFRIAT, S.N.: Efficiency Estimation on Production Functions. - International Economic Review 13 (1972), S. 568-598.

ALLEN, R.G.D.: Index numbers in Theory and Practice. - London 1975.

CAVES, D.W., CHRISTENSEN, L.R. und DIEWERT, E.W.: Multilateral Comparisons of Output, Input and Productivity using Superlative Index Numbers. - Economic Journal 92, S. 73-86.

CHAMBERS, R.G.: Applied Production Analyses. - Cambridge u.a. 1988.

CHAVAS, J.-P. und COX, Th.L.: A Nonparametric Analysis of Agricultural Technology. - American Journal of Agricultural Economics 70 (1988), S. 303-310.

DIEWERT, E.W.: Exact and Superlative Index Numbers. - Journal of Econometrics 4 (1976), S. 115-145.

DIEWERT, E.W.: The Theory of Total Factor Productivity Measurement in Regulated Industries. - In: Cowing, Th.G. und Stevenson, R.E. (Hrsg.): Productivity Measurement in Regulated Industries. New York 1981, S. 17-44.

DIEWERT, E.W. und PARKAN, C.: Linear Programming Tests of Regularity Conditions for Production Functions. - In: Eichhorn, W. et al. (Hrsg.): Quantitativ Studies on Production and Prices. Würzburg und Wien 1983, S. 131-158.

FARRELL, M.J.: The Measurement of Productiv Efficiency. - Journal of the Royal Statistical Society 120, Series A, Part III. (1957), S. 253-279.

FAWSON, Ch. und SHUMWAY, C.R.: A Nonparametric Investigation of Agricultural Production Behavour for U.S. Subregions. - American Journal of Agricultural Economics 70 (1988), S. 311-317.

FORSUND, F.R., LOVELL, C.A.K. und SCHMIDT, P.: A Survey of Frontier Production Functions and their Relationsship to Efficiency Measurement. - Journal of Econometrics 13 (1980), S. 5-25.

GRABOWSKI, R., KRAFT, S., MEHDIAN, S. und PASURKA, C.: Technological Change in Illinois Agriculture. - Agricultural Economics 2 (1988), S. 303-318.

HESSE, H. und LINDE, R.: Gesamtwirtschaftliche Produktionstheorie Teil II. - Würzburg u.a. 1976.

HOCKMANN, H.: Niveau und Entwicklung der Produktivität in der Landwirtschaft der Mitgliedsländer der EG und der Vereinigten Staaten von 1975-1984. - Berichte über Landwirtschaft 66 (1988), S. 393-415.

LAU, L.J.: Testing and Imposing Monotonicity, Convexity and Quasiconcavity Constraints. - In: Fuss, M. und Mcfadden, D. (Hrsg.): Production Economics: An Dual Approach to Theory and Application, Vol. 1. Amsterdam 1978, S. 409-453.

MOREY, E.R.: An Introduction to Checking, Testing and Imposing Curvature Properties: The True Function and the Estimated Function. - Canadian Journal of Economics 19 (1980), S. 205-235.

NISHIMIZU, M. und PAGE, J.M.: Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yougoslavia 1965-1978. - Economic Journal 92 (1982), S. 920-936.

SOLOW, R.M.: Technical Change and the Aggregat Production Function. - Review of Economics and Statistics 39 (1957), S. 312-320.

STAR, S. und HALL, R.E.: An Approximate Divisia Index of Total Factor Productivity. - Econometrica 44 (1976), S. 257-263.

VARIAN, H.P.: The Nonparametric Approach to Production Analysis. - Econometrica 52 (1984), S. 579-597.

WALTER, H.: Technischer Fortschritt I: In der Volkswirtschaft. - HdWW (1977), S. 569-583.