

WELTWIRTSCHAFTLICHE STUDIEN 16

Aus dem Institut für Europäische Wirtschaftspolitik der Universität
Hamburg · Herausgegeben von Harald Jürgensen u. Andreas Predöhl

Doris André

Indikatoren des technischen Fortschritts Eine Analyse der Wirtschaftsentwicklung in Deutschland von 1850 bis 1913

SCHRIFTLEITUNG: HEIKO KÖRNER

VANDENHOECK & RUPRECHT IN GÖTTINGEN

Im Rahmen der allgemeinen wachstumstheoretischen Orientierung, die in den letzten Jahrzehnten in den Wirtschaftswissenschaften - in jüngerer Zeit auch in der Wirtschaftspolitik - festzustellen ist, hat auch das Interesse am technischen Fortschritt als einer der wichtigsten Determinanten des wirtschaftlichen Wachstums stark zugenommen. Während sich die theoretische Forschung mit der Abgrenzung des Begriffs, der Erarbeitung geeigneter Indikatoren und der Einordnung in das ökonomische Gesamtsystem beschäftigt, bemüht sich die empirische Forschung um die Entwicklung verbesserter Messungsmethoden und die quantitative Erfassung der Auswirkungen des technischen Fortschritts.

Die vorliegende Arbeit versucht, nach beiden Seiten Beiträge zu liefern. Zunächst wird der Begriff in der Weise kritisch durchleuchtet, daß nach den potentiellen Quellen des technischen Fortschritts gefragt wird. Während in den früheren empirischen Untersuchungen zunächst nur der der Zunahme der Produktionsfaktoren zurechenbare Anteil am Wirtschaftswachstum gemessen und der verbleibende Rest global dem technischen Fortschritt zugeordnet wurde, wird hier untersucht, inwieweit Anteile dieser Restgröße mit weiteren speziellen Wachstumsfaktoren in Zusammenhang gebracht werden können. Dabei wird schon im theoretischen Teil der Umfang der denkbaren Möglichkeiten im Hinblick auf ihre empirisch-statistische Erfäßbarkeit eingegrenzt.

Auf dieser theoretischen Grundlage wird im empirischen Teil der Arbeit der Einfluß des technischen Fortschritts auf das Wachstum der deutschen Volkswirtschaft im Zeitraum von 1850 bis 1913 analysiert. Das mit Hilfe verschiedener Messungsmethoden gewonnene globale Ergebnis geht dahin, daß dem technischen Fortschritt ein Anteil von etwa 40 v.H. der Zunahme des gesamtwirtschaftlichen Realprodukts in diesem Zeitraum zugeschrieben werden kann. Dieses Ergebnis wird in Anlehnung an CLARK und FOURASTIÉ nach den drei großen Sektoren der Volkswirtschaft - Landwirtschaft, Gewerbe und übrige Bereiche - differenziert, wobei der bekannte Sachverhalt einer sehr unterschiedlichen Bedeutung des technischen Fortschritts in diesen drei Bereichen erneut bestätigt und quantifiziert wird.

Von den im theoretischen Teil als weitere mögliche Wachstumsquellen ausgewiesenen Faktoren wird der Beitrag der Strukturkomponente des wirtschaftlichen Wachstums und der verbesserten Ausbildung quantitativ erfaßt. Als Strukturkomponente wird der Anteil des wirtschaftlichen Wachstums betrachtet, der auf die Verlagerung der Produktionsfaktoren aus Sektoren niedriger in Sektoren höherer Produktivität zurückzuführen ist. Der Anteil, der der verbesserten Ausbildung zuzurechnen ist, wird auf Grund eines als realistisch angenommenen Zusammenhangs zwischen ver-



71/2367

D 18

längerter Ausbildungszeit und höherer Produktivität der Beschäftigten gemessen.

Der Untersuchungszeitraum - die Periode von 1850 bis 1913 - liegt zwar relativ weit zurück, für Untersuchungen mit allgemeiner Fragestellung hat dieser Zeitraum jedoch den Vorteil, daß eine ökonomisch recht einheitlich geprägte Phase vorliegt, innerhalb deren die wirtschaftliche Entwicklung von politischen und sonstigen nicht ökonomischen Faktoren relativ wenig beeinflußt wurde. Auf Grund der in der Arbeit angestrebten engen Verbindung von theoretischer und empirischer Fragestellung sind die Ergebnisse keineswegs nur von historischem Interesse, sondern dienen einem besseren Verständnis der Rolle des technischen Fortschritts für das wirtschaftliche Wachstum.

Hamburg, im Oktober 1970

Harald Jürgensen

Gliederung

	Seite
I. Einführung	1
II. Die Fortschrittskomponente des wirtschaftlichen Wachstums	5
1. Die Zerlegung der Wachstumsrate des Realprodukts in zwei Komponenten	5
a. Die Faktormengenkomponeute	5
b. Die Fortschrittskomponente	6
2. Die Eigenschaften der Fortschrittskomponente	7
a. Die Fortschrittskomponente als Resultante verschiedener Wachstumsfaktoren	8
b. Das Problem der Neutralität der Fortschrittskomponente	15
3. Ansatzpunkte zur Erfassung der Fortschrittskomponente in der empirischen Wachstumsanalyse	18
a. Die Bedingungen einer theoretisch umfassenden Analyse der Fortschrittskomponente	18
b. Die Grenzen einer empirischen Analyse der Fortschrittskomponente	19
III. Konzepte zur Messung und Erklärung der Fortschrittskomponente	22
1. Die Analyse partieller Faktorproduktivitäten, insbesondere der Arbeitsproduktivität	23
a. Definition partieller Produktivitäten	23
b. Die Steigerung des Index der Arbeitsproduktivität als Indikator für die Fortschrittskomponente	24
c. Die Berücksichtigung der Strukturkomponente bei der Berechnung der Arbeitsproduktivität	28
ca. Das additive Verfahren	31
cb. Das multiplikative Verfahren	32
2. Die Analyse globaler Faktorproduktivitäten	34
a. Charakterisierung globaler Faktorproduktivitäten	34
b. Die Isolierung der Fortschrittskomponente im Rahmen der globalen Produktivitätsanalyse	38
ba. Die Eigenschaften der zugrundeliegenden Produktionsfunktion	38
bb. Die Trennung der Faktormengenkomponeute von der Fortschrittskomponente	41
bc. Die Bedeutung eines globalen Produktivitätsindex als Maß für die Fortschrittskomponente	46

	Seite
c. Mögliche Ansatzpunkte zur Aufspaltung des Index der globalen Faktorproduktivität mit dem Ziel einer Isolierung weiterer Wachstumsquellen	46
ca. Die Berechnung der Strukturkomponente	47
X cb. Die Berücksichtigung einer verbesserten Qualität der eingesetzten Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital	51
cc. Die Behandlung der Skalenerträge im Rahmen der globalen Produktivitätsanalyse	54
cd. Die Berücksichtigung einer veränderten Kapazitätsauslastung der Produktionsfaktoren	55
3. Die Produktionsfunktion als Ausgangspunkt für Messungen des technischen Fortschritts	58
a. Die Fortschrittskomponente in einer Cobb-Douglas-Funktion	58
b. Die Isolierung der Faktormengenenkomponente von der Fortschrittskomponente	59
ba. Die Eigenschaften der Cobb-Douglas-Funktion	59
bb. Die Frage der Neutralität des technischen Fortschritts in einer Cobb-Douglas-Funktion	62
bc. Verfahren zur Bestimmung der Fortschrittskomponente in empirischen Zeitreihen	64
c. Möglichkeiten zur Berücksichtigung weiterer Wachstumsquellen im Rahmen der Cobb-Douglas-Funktion	66
ca. Die Strukturkomponente des gesamtwirtschaftlichen Wachstums	66
X cb. Die verbesserte Qualität der Inputfaktoren als Quelle des technischen Fortschritts	69
cc. Die Berücksichtigung steigender Skalenerträge	70
cd. Der Einfluß einer veränderten Kapazitätsauslastung der Produktionsfaktoren	72
IV. Die empirische Analyse des Wachstumsprozesses der deutschen Volkswirtschaft von 1850 bis 1913	73
1. Vorbemerkungen zum Untersuchungszeitraum	73
2. Die Entwicklung der Arbeitsproduktivität	81
a. Die Indices der Produktivität pro Beschäftigten und pro Arbeitsstunde	81
b. Die Errechnung der Strukturkomponente der Arbeitsproduktivität	85
3. Die Ergebnisse der globalen Produktivitätsanalyse	88
a. Die Indices der globalen Faktorproduktivität	88

	Seite
b. Die Isolierung einzelner Komponenten der globalen Produktivitätssteigerung	95
ba. Die Strukturkomponente	95
α. Die Strukturkomponente der Kapitalproduktivität	95
β. Die Strukturkomponente der globalen Faktorproduktivität	99
bb. Die Berücksichtigung verbesserter Qualität des Faktors Arbeit	X 101
α. Der Einfluß einer Reduktion der wöchentlichen Arbeitszeit auf die Produktivität	101
β. Der Einfluß verbesserter Ausbildung auf die Qualität des Faktors Arbeit	107
bc. Die veränderte Kapazitätsauslastung des Faktors Kapital	Y 116
4. Die Berechnung der Fortschrittskomponente als Parameter einer Produktionsfunktion	121
a. Die empirischen Ergebnisse für die Fortschrittskomponente einer Cobb-Douglas-Funktion	121
b. Vergleich der nach dem Solow'schen Verfahren ermittelten Fortschrittskomponente mit den globalen Produktivitätsindices	128
c. Die Isolierung einzelner Quellen der Fortschrittskomponente	132
ca. Die Strukturkomponente	132
cb. Die Berücksichtigung verbesserter Qualität der Arbeit	X 133
α. Der Einfluß einer Reduktion der wöchentlichen Arbeitszeit auf die Qualität der Arbeit	133
β. Der Einfluß verbesserter Ausbildung auf die Qualität der Arbeit	136
cc. Die veränderte Kapazitätsauslastung des Faktors Kapital	138
V. Zusammenfassung	141
Verzeichnis der bibliographischen Abkürzungen	147
Literaturverzeichnis	148

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle Nummer		Seite
1	Zeitreihen der Produktion, der Beschäftigten und des Kapitalbestands	78
2	Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der Produktion, der Beschäftigten und des Kapitalbestands	78
3	Die Entwicklung der Kapitalintensität	80
4	Prozentuale Anteile der einzelnen Sektoren an der Produktion, der Zahl der Beschäftigten und dem Kapitalbestand der gesamten Volkswirtschaft	80
5	Die Entwicklung der Arbeitsproduktivität (Produktion je Beschäftigten)	81
6	Die Indices der Arbeitsproduktivität	82
7	Die durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit in Stunden	84
8	Die Indices der Arbeitsproduktivität pro Beschäftigtenstunde	85
9	Sektorale Arbeitsproduktivität und Beschäftigtenanteile der einzelnen Sektoren in v.H. der Zahl der insgesamt Beschäftigten	85
10	Die Aufspaltung des gesamtwirtschaftlichen Index der Arbeitsproduktivität	86
11	Die durchschnittlichen Entlohnungssätze der Faktoren in den einzelnen Sektoren im Jahre 1913	88
12	Die Entwicklung der globalen Faktorproduktivität in der Gesamtwirtschaft	89
13	Die Entwicklung der globalen Faktorproduktivität in den einzelnen Sektoren	90
14	Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der globalen Faktorproduktivität	91
15	Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten im Zeitraum von 1850 bis 1913	91
16	Die Entwicklung der globalen Faktorproduktivität unter Berücksichtigung der veränderten wöchentlichen Arbeitszeit	94
17	Die sektoralen Kapitalproduktivitäten und die Kapitalanteile der einzelnen Sektoren in v.H. des gesamtwirtschaftlichen Kapitalstocks	96

Tabelle Nummer		Seite
18	Die Aufspaltung des gesamtwirtschaftlichen Index der Kapitalproduktivität	97
19	Sektorale Indices der globalen Faktorproduktivität, bezogen auf den gesamtwirtschaftlichen Index	99
20	Der Anteil des Inputs an Arbeit und Kapital der einzelnen Sektoren am Faktorinput der Gesamtwirtschaft	100
21	Die Aufspaltung des gesamtwirtschaftlichen Index der globalen Faktorproduktivität	100
22	Die globale Faktorproduktivität der Gesamtwirtschaft unter Berücksichtigung der veränderten Qualität der Arbeit infolge verringerter Arbeitszeit	105
23	Die globale Faktorproduktivität des gewerblichen Sektors unter Berücksichtigung der veränderten Qualität der Arbeit infolge verringerter Arbeitszeit	105
24	Die Entwicklung der globalen Faktorproduktivität bei alternativer Einbeziehung des Faktors Arbeit	106
25	Öffentliche Aufwendungen je Schüler und Jahr in den öffentlichen Volksschulen	109
26	Die Errechnung eines Qualitätsindex der Arbeit auf Grund verbesserter Ausbildung der Arbeitskräfte	110
27	Einkommensdifferenzen auf Grund verlängerter Ausbildung	112
28	Die Entwicklung der globalen Faktorproduktivität unter Berücksichtigung der Qualitätsverbesserung des Faktors Arbeit infolge verlängerter Ausbildung	115
29	Vergleich der Indices der globalen Faktorproduktivität mit und ohne Berücksichtigung der verbesserten Ausbildung	115
30	Die Berechnung des Auslastungsgrades des Kapitals	118
31	Die Entwicklung der globalen Faktorproduktivität unter Berücksichtigung der veränderten Kapazitätsauslastung des Kapitals	119
32	Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der globalen Faktorproduktivität für einzelne Teilperioden und den Gesamtzeitraum	119
33	Die durchschnittlichen Verteilungsquoten in den einzelnen Sektoren und in der Gesamtwirtschaft	122
34	Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten des technischen Fortschritts und die Entwicklung des Fortschrittsindex	124

35	Die Fortschrittskomponente bei Annahme variabler Verteilungsquoten	125
36	Die Berechnung der Fortschrittskomponente bei Berücksichtigung der geleisteten Arbeitsstunden	127
37	Vergleich der Indices der globalen Faktorproduktivität mit den Fortschrittsindices der Cobb-Douglas-Funktionen	129
38	Die für die Errechnung der Strukturkomponente notwendigen Daten	132
39	Die Fortschrittskomponente im gewerblichen Sektor und in der Gesamtwirtschaft bei Berücksichtigung der Qualitätsverbesserung der Arbeit infolge verkürzter wöchentlicher Arbeitszeit	134
40	Die Fortschrittskomponente bei alternativen Inputmaßen für den Faktor Arbeit	135
41	Die Fortschrittskomponente bei Berücksichtigung der Qualitätsverbesserung der Arbeit infolge verbesserter Ausbildung	137
42	Vergleich der Fortschrittsindices mit und ohne Berücksichtigung der verbesserten Ausbildung	138
43	Die Fortschrittskomponente bei Berücksichtigung einer veränderten Auslastung des Kapitalstocks	139
44	Streuung der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der Fortschrittskomponente einzelner Teilperioden um die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate für den Gesamtzeitraum	140

I. Einführung

Wirtschaftliche Wachstumsprozesse sind im allgemeinen dadurch gekennzeichnet, daß der Zuwachs des Realprodukts nicht allein auf eine Vermehrung der eingesetzten Faktormengen zurückzuführen ist, sondern daß daneben der "technische Fortschritt" einen entscheidenden Einfluß auf die Entwicklung ausübt. Von der Wirtschaftstheorie wurden zahlreiche Wachstumsmodelle entwickelt, in denen neben den Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital der technische Fortschritt als Wachstumskomponente erscheint; gleichzeitig wird in empirischen Analysen historischer Wachstumsprozesse versucht, den Einfluß dieser Fortschrittskomponente auf das Wirtschaftswachstum quantitativ zu bestimmen.

In der vorliegenden Arbeit werden zunächst verschiedene in der Literatur verwendete Messungsmethoden der Fortschrittskomponente analysiert; auf Grund der gewonnenen theoretischen Ergebnisse wird sodann der Einfluß der Fortschrittskomponente auf das wirtschaftliche Wachstum der deutschen Volkswirtschaft im Zeitraum von 1850 bis 1913 ermittelt.

Im Rahmen des theoretischen Konzepts ist zunächst aufzuzeigen, welchen ökonomischen Tatbestand die zu messende Fortschrittskomponente beschreibt. Dabei kann von der einfachsten Definition ausgegangen werden, die unter technischem Fortschritt jenen Teil der Zunahme des Realprodukts versteht, der nicht auf eine Vermehrung der eingesetzten Faktormengen zurückzuführen ist. Die quantitative Isolierung dieser so definierten Fortschrittskomponente erfordert bereits gewisse Annahmen über das Zusammenwirken der Produktionsfaktoren im Produktionsprozeß einer Volkswirtschaft. Auf Grund der den einzelnen Messungsmethoden zugrundeliegenden produktionstheoretischen Annahmen bieten sich zwei Verfahren zur Bestimmung der Fortschrittskomponente an, einmal die Berechnung von Indices der globalen Faktorproduktivität und zum anderen die Ermittlung eines Fortschrittsparameters bei der Berechnung makroökonomischer Produktionsfunktionen.

Die Fortschrittskomponente des Wirtschaftswachstums, die bei beiden Verfahren als Residualgröße ermittelt wird, stellt noch eine sehr heterogene Größe dar, in der sich der Einfluß einer Vielzahl potentieller Wachstumsquellen niederschlägt. Neben der Bestimmung der Höhe der Fortschrittskomponente wird es deshalb als weitergehendes Ziel der Analyse angesehen, die Zusammensetzung dieser Restkomponente zu untersuchen. Ein möglicher Ansatzpunkt für die damit angestrebte Erklärung der Fortschrittskomponente besteht darin, den Einfluß weiterer Wachstumsquellen explizit in die Untersuchung einzubeziehen. Gelingt es, die Wirkung einzelner dieser potentiellen Wachstumsfaktoren von der Fortschrittskomponente zu isolieren, so wird sich die ursprünglich errechnete Restkomponente entsprechend reduzieren und ist - zumindest teilweise - einer detaillierteren ökonomischen Interpretation zugänglich.

Im empirischen Teil der Arbeit wird versucht, die Bedeutung der Fortschrittskomponente für das wirtschaftliche Wachstum der deutschen Volkswirtschaft im Zeitraum von 1850 bis 1913 zu ermitteln. Diese Untersuchung stützt sich auf die statistischen Zeitreihen in dem Sammelwerk von HOFFMANN¹. Das dort vorliegende Material gestattet nicht nur eine empirische Analyse der Fortschrittskomponente für die Gesamtwirtschaft, sondern ermöglicht daneben eine Betrachtung der sektoralen Entwicklung in drei großen Bereichen der Volkswirtschaft (Landwirtschaft, Gewerbe und übrige Bereiche).

Die Fortschrittskomponente wird zunächst für die Gesamtwirtschaft und diese drei Sektoren alternativ mit den im theoretischen Teil dieser Arbeit geschilderten Verfahren - der Produktivitätsanalyse und der Berechnung des Fortschrittsparameters einer Cobb-Douglas-Funktion - ermittelt. Auf Grund dieser Berechnungen kann der Einfluß, den die beiden Hauptkomponenten des Wirtschaftswachstums, nämlich die Faktormengenvermehrung und der technische Fortschritt, auf die Entwicklung des Realprodukts haben, isoliert werden.

Zur Erklärung der berechneten Fortschrittskomponente werden sodann weitere potentielle Wachstumsquellen in die Analyse einbezogen. Die zu Anfang sehr allgemein definierte Fortschrittskomponente läßt sich nach einer Isolierung einzelner Wachstumsquellen, deren Einfluß auf Grund der vorliegenden statistischen Daten quantitativ erfaßbar ist, weiter aufspalten und kann zumindest zu einem Teil ökonomischen Erklärungsfaktoren zugeordnet werden.

Die in der vorliegenden Arbeit zur Ermittlung der Fortschrittskomponente verwendeten Methoden setzen von vornherein gewisse Annahmen über die Art der zugrundegelegten Produktionsfunktion voraus. Dabei unterscheiden sich die einzelnen Methoden insbesondere durch die Höhe der unterstellten Substitutionselastizität. Ein Vergleich der erzielten Ergebnisse kann zeigen, ob diese Unterschiede in den Annahmen einen quantitativ bedeutsamen Einfluß auf die errechnete Höhe der Fortschrittskomponente haben. Die beiden in der vorliegenden Arbeit verwendeten, relativ einfachen Messungsmethoden können hinsichtlich des für langfristige Wachstumsprozesse relevanten Bereichs, in dem die Substitutionselastizität wahrscheinlich liegen wird, als Grenzfälle angesehen werden, so daß bei einer weitgehenden Übereinstimmung der für die Fortschrittskomponente erzielten Ergebnisse von der Schätzung weiterer Produktionsfunktionen, die diese Annahmen nur geringfügig modifizieren können, keine wesentlich abweichenden Ergebnisse für die Fortschrittskomponente zu erwarten sind.

¹ W.G. HOFFMANN (unter Mitarbeit von F. GRUMBACH und H. HESSE): Das Wachstum der deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, Berlin-Heidelberg-New York 1965.

Für den zu untersuchenden Zeitraum kann außerdem zu Vergleichszwecken die Arbeit von GAHLEN¹ herangezogen werden. GAHLEN legt den Schwerpunkt seiner Analyse auf das Testen verschiedener produktions-theoretischer Hypothesen, wobei er insbesondere die Höhe der Substitutionselastizität und die Art des technischen Fortschritts zu bestimmen versucht, indem er für den Zeitraum von 1850 bis 1913 neben Cobb-Douglas- auch CES-Funktionen schätzt. Die Fortschrittskomponente interessiert dabei lediglich als einer der Parameter dieser unterschiedlich definierten Produktionsfunktionen. Die Ergebnisse für die Fortschrittskomponente variieren bei jenen Ansätzen, für die statistisch signifikante Ergebnisse erzielt wurden und die für einen Vergleich mit der vorliegenden Arbeit herangezogen werden können, nur geringfügig. Deshalb kann in dieser Analyse auf die Schätzung der Fortschrittskomponente mit Hilfe komplizierterer Verfahren, die sich von den GAHLEN'schen Berechnungen ohnehin nicht nennenswert unterscheiden würden, verzichtet werden.

Da sich auch die einfachen Verfahren zur Messung der Fortschrittskomponente auf makroökonomische Produktionsfunktionen stützen, kann man der grundsätzlichen Frage, ob es eine Beziehung zwischen dem gesamtwirtschaftlichen Produktionsergebnis und den eingesetzten Faktormengen gibt, die durch eine aggregierte Produktionsfunktion ausgedrückt werden kann, nicht ausweichen. Während man auf Grund der ersten empirischen Berechnungen von Cobb-Douglas-Funktionen zunächst sehr zuversichtlich war, daß eine Analyse und Prognose von Wachstumsprozessen mit Hilfe dieses Instruments, das nur noch verfeinert werden müsse, möglich sei, ist dieser Optimismus inzwischen einer allgemeinen Skepsis gewichen. "The conceptual basis for believing in the existence of a simple and stable relationship between a measure of aggregate inputs and a measure of aggregate output is uncertain at best."²

Die augenblickliche Situation ist durch unterschiedliche Auffassungen von Vertretern einer mathematisch exakten Theorie einerseits, welche die Verwendung dieser Funktionen für unzulässig halten, und der Mehrzahl der empirischen Forscher andererseits, für die makroökonomische Produktionsfunktionen ein unerläßliches Instrument der Analyse sind, gekennzeichnet. In einem Vortrag von F. M. FISHER vor der Econometric Society sind diese unterschiedlichen Auffassungen treffend wiedergegeben: Dem theoretisch geführten Nachweis, daß in allen für die Realität relevanten Fällen keine makroökonomische Produktionsfunktion existiert, die aus den entsprechenden Funktionen des mikroökonomischen Bereichs aggregiert werden könnte, steht nämlich für empirische Analysen die erstaunliche Feststellung entgegen: "But it does move, all the same."³

¹ B. GAHLEN: Die Überprüfung produktionstheoretischer Hypothesen für Deutschland (1850-1913), Tübingen 1968.

² R. R. NELSON: Aggregate Production Functions and Medium-Range Growth Projections, AER, Vol. 54 (1964), S. 575.

³ F. M. FISHER: The Existence of Aggregate Production Functions, Econometrica, Vol. 37 (1969), S. 571.

Wenn in der vorliegenden Arbeit mit Meßkonzepten für die Fortschrittskomponente gearbeitet wird, die aus makroökonomischen Produktionsfunktionen abgeleitet sind, so werden dabei die Probleme, die sich bei der Aggregation aus den entsprechenden mikroökonomischen Funktionen ergeben, nicht in die Betrachtung einbezogen. Die Produktionsfunktionen, die den Messungen der Fortschrittskomponente zugrundeliegen, werden vielmehr als makroökonomisch definierte Relationen angesehen, die dazu dienen sollen, die historische Entwicklung einzelner Zeitreihen approximativ zu beschreiben und ihr Zusammenspiel zu analysieren. "In this kind of use, a production function plays a role not very different from that played by consumption functions and aggregation difficulties ought perhaps not to seem more alarming in the former than in the latter case." ¹

II. Die Fortschrittskomponente des wirtschaftlichen Wachstums

1. DIE ZERLEGUNG DER WACHSTUMSRATE DES REALPRODUKTS IN ZWEI KOMPONENTEN

Zur Analyse historischer Wachstumsprozesse wurden quantitative Methoden entwickelt, die den realen Produktionszuwachs in der Weise aufspalten, daß er entsprechend den von der Wachstumstheorie aufgezeigten Erklärungsfaktoren in einzelne Komponenten zerlegt werden kann. Alle diese Verfahren zielen zunächst darauf ab, den Einfluß zweier Hauptkomponenten des wirtschaftlichen Wachstums, nämlich der Faktormengenkomponeute und der Fortschrittskomponente, zu isolieren.

a. Die Faktormengenkomponeute

Die Erhöhung des Realprodukts kann einmal auf den erhöhten Einsatz von Produktionsfaktoren zurückgeführt werden. Im allgemeinen berücksichtigt man dabei Mengenveränderungen der beiden konventionellen Faktoren Arbeit und Kapital, wobei der Boden als dritter Produktionsfaktor dem Kapital zugerechnet wird.

Eine Isolierung der Faktormengenkomponeute, die jenen Teil des Produktionszuwachses repräsentiert, der allein dem vermehrten Faktoreinsatz zuzurechnen ist, setzt die Annahme gleichbleibender Produktionsbedingungen in Form einer konstanten Produktionstechnik voraus. Außerdem wird in den meisten Analysen von externen Effekten der Produktion, die zu "economies" oder "diseconomies of scale" führen können, abstrahiert, indem man konstante Skalenerträge unterstellt. Der Einfluß einer Faktormengenerhöhung auf die Produktion wird unter diesen Prämissen davon abhängen, ob Arbeit und Kapital mit der gleichen Rate wachsen oder ob im Laufe der wirtschaftlichen Entwicklung das Wachstum eines der beiden Faktoren überwiegt.

aa. Eine Zunahme von Arbeit und Kapital mit der gleichen Rate führt bei unveränderter Produktionstechnik und konstanten Skalenerträgen zu einer Wachstumsrate der Produktion in derselben Höhe. Die Isolierung der Faktormengenkomponeute bereitet demnach in einer Wirtschaft, deren Inputfaktoren relativ gleich schnell zunehmen, keine Schwierigkeiten, wenn die Annahme konstanter Skalenerträge akzeptabel erscheint.

ab. Historische Wachstumsprozesse sind demgegenüber meist dadurch gekennzeichnet, daß das Kapital mit einer höheren Rate wächst als die Arbeit. Dieses ungleichmäßige Wachstum der beiden Produktionsfaktoren hat eine steigende Kapitalintensität des Produktionsprozesses

¹ F. M. FISHER: The Existence of Aggregate Production Functions, a. a. O., S. 574.

zur Folge. Welchen Einfluß eine über die Wachstumsrate der Arbeit hinausgehende Wachstumsrate des Kapitals auf die Höhe der Produktion hat, hängt davon ab, ob im Rahmen eines gegebenen Produktionsprozesses eine Substitution der beiden Faktoren möglich ist. Besteht eine solche Substitutionsmöglichkeit bei konstanter Produktionstechnik, so kann sich der Output auch bei gleichbleibendem Arbeitseinsatz und zunehmender Kapitalintensität des Produktionsprozesses erhöhen. Die zunehmende Substitution wird jedoch im allgemeinen eine sinkende Grenzproduktivität des vermehrt eingesetzten Faktors Kapital zur Folge haben, so daß bei ständig wachsendem Kapitaleinsatz die Produktion nur mit abnehmenden Zuwachsraten steigt.

Die Isolierung der Faktormengenkomponte setzt demnach bei verschiedenen hohen Wachstumsraten der Inputfaktoren bestimmte Annahmen über die Substitutionsmöglichkeiten im Rahmen einer gegebenen Produktionstechnik voraus. Diese Substitutionsmöglichkeiten werden durch die Art der Produktionsfunktion, die den verschiedenen Methoden der Komponentenzerlegung zugrundegelegt wird, determiniert. Je nach den Eigenschaften der Produktionsfunktion, die mit einer speziellen Berechnungsmethode verknüpft ist, kann die Höhe des der Faktormengenvermehrung zurechenbaren Teils der Zuwachsrate des Realprodukts variieren.

b. Die Fortschrittskomponente

Die Fortschrittskomponente wird im allgemeinen zunächst als eine Restgröße errechnet, die allein dadurch charakterisiert ist, daß sie jenen verbleibenden Teil der Zuwachsrate des Realprodukts darstellt, der nicht dem Einfluß einer Faktormengenvermehrung zuzurechnen ist. Ihre ökonomische Bedeutung liegt darin, daß sie zu einer Zunahme des Output bei konstantem mengenmäßigen Einsatz der beiden Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital führt.

Die Fortschrittskomponente, die in neuester Zeit immer mehr in den Mittelpunkt des wachstumstheoretischen Interesses gerückt ist, wurde mit den verschiedensten Bezeichnungen versehen, die im wesentlichen den gleichen Tatbestand meinen. Neben dem am häufigsten gebrauchten Terminus technischer Fortschritt finden sich in der Literatur unter anderem folgende Bezeichnungen: Steigerung der globalen Faktorproduktivität¹, Zunahme der Effizienz des Produktionsprozesses² und Steigerung des Output pro Inputeinheit³.

¹ Vgl. J. W. KENDRICK: Productivity Trends in the United States, Princeton 1961, S. 6 ff.

² Vgl. J. SCHMOOKLER: The Changing Efficiency of the American Economy: 1869-1938, REStat., Vol. 34 (1952), S. 214 ff.

³ Vgl. E. F. DENISON: Why Growth Rates Differ, Postwar Experience in Nine Western Countries, Washington 1967, S. 9.

In den ersten quantitativen Wachstumsanalysen wurde mit Hilfe entsprechender Annahmen über den Produktionsprozeß einer Volkswirtschaft zunächst jener Teil des Outputwachstums, der auf einen erhöhten Inputeinsatz zurückzuführen ist, isoliert. Übereinstimmend ergab sich dabei, daß ein erheblicher Teil der Wachstumsrate des Realprodukts als nicht der Faktormengenkomponte zurechenbare Restgröße verblieb.¹ Bei der Aufspaltung der Wachstumsrate in zwei Hauptkomponenten hat die Fortschrittskomponente demnach eine große Bedeutung für den Wachstumsprozeß in einer Volkswirtschaft. Soll dieses Ergebnis für die ökonomische Theorie und vor allem für Empfehlungen hinsichtlich einer das Wirtschaftswachstum fördernden Wirtschaftspolitik nutzbar gemacht werden, so muß die als Restgröße errechnete Wachstumskomponente weiter analysiert werden. Auch für die Untersuchung eines historischen Wachstumsprozesses bleibt es unbefriedigend, wenn ein großer Teil der Wachstumsrate lediglich als nicht der Faktormengenkomponte zurechenbarer Rest isoliert wird. Man kann sich vielmehr ABRAMOVITZ anschließen, der in der Höhe des Residuums nur einen Hinweis auf die Größe unserer Unwissenheit über den Wachstumsprozeß sieht. "The indicated importance of this element may be taken to be some sort of measure of our ignorance about the causes of economic growth ... and some sort of indication of where we need to concentrate our attention."²

2. DIE EIGENSCHAFTEN DER FORTSCHRITTS-KOMPONENTE

Soll eine empirische Analyse einen Beitrag zur Erklärung des wirtschaftlichen Wachstums einer Volkswirtschaft leisten, so muß sie über die quan-

¹ Vgl. J. SCHMOOKLER, a.a.O., S. 214 ff.; M. ABRAMOVITZ: Resource and Output Trends in the United States Since 1870, AER, Vol. 46 (1956), S. 5 ff.; J. KENDRICK: Productivity Trends: Capital and Labor, REStat., Vol. 38 (1956), S. 248 ff.; R. M. SOLOW: Technical Change and the Aggregate Production Function, REStat., Vol. 39 (1957), S. 312; G. BOMBACH: Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, in: W. G. HOFFMANN (Hrsg.): Finanz- und währungspolitische Bedingungen stetigen Wirtschaftswachstums, SdV, NF Bd. 15, Berlin 1959, S. 190; R. KRENGEL: Wachstumskomponenten der westdeutschen Industrie, in: Konjunkturpolitik, 5. Jg. (1959), S. 8 ff.; O. AUKRUST: Investment and Economic Growth, Productivity Measurement Review, Vol. 16 (1959), S. 35 ff.; C. E. FERGUSON: Substitution, Technical Progress and Returns to Scale, AER, Vol. 55 (1965), S. 302.

² M. ABRAMOVITZ, a.a.O., S. 11. Vgl. auch R. M. SOLOW: Investment and Technical Progress, in: K. J. ARROW et al. (Hrsg.): Mathematical Methods in the Social Sciences, 1959. Proceedings of the First Stanford Symposium, Stanford 1960, S. 90; R. R. NELSON: Aggregate Production Functions and Medium-Range Growth Projections, AER, Vol. 55 (1965), S. 580.

titative Bestimmung einer als bloßes Residuum errechneten Fortschrittskomponente hinausgehen. Entsprechend den aus der Wachstumstheorie gewonnenen Erkenntnissen scheinen vor allem zwei Fragestellungen für die weitere Untersuchung der Fortschrittskomponente relevant:

- a. Kann die Fortschrittskomponente Aufschluß über die neben der Faktormengenvermehrung bedeutsamen Wachstumsquellen geben, und ist es möglich, einzelne dieser das wirtschaftliche Wachstum beeinflussen den Faktoren auch quantitativ zu isolieren?
- b. Hat die Fortschrittskomponente einen Einfluß auf das den optimalen Produktionsprozeß kennzeichnende Einsatzverhältnis von Arbeit und Kapital?

a. Die Fortschrittskomponente als Resultante verschiedener Wachstumsfaktoren

Das wirtschaftliche Wachstum einer Volkswirtschaft hängt nicht nur von einer Vermehrung der Inputfaktoren ab, sondern wird außerdem von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, die zunächst in der als Residuum errechneten Fortschrittskomponente zusammengefaßt sind. Die Restkomponente kann damit als ein Konglomerat verschiedener Quellen des wirtschaftlichen Wachstums angesehen werden, deren Gemeinsamkeit allein darin besteht, daß sie zu einer Erhöhung des Realprodukts bei konstantem mengenmäßigen Einsatz der beiden Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital führen. Die Fortschrittskomponente in ihrer bisherigen Definition umfaßt also die Wirkungen aller bisher nicht explizit in der Berechnung berücksichtigter Wachstumsquellen. Diese können sich sowohl in ihrer Natur als auch in der Art, wie sie sich im Produktionsprozeß auswirken, erheblich unterscheiden. Wenn es gelingt, die Fortschrittskomponente in der Weise aufzuspalten, daß einzelne dieser potentiellen Wachstumsquellen auch quantitativ isoliert werden können, dann muß die Fortschrittskomponente nicht länger als eine "catch all"-Größe angesehen werden, sondern ist einer detaillierteren ökonomischen Interpretation zugänglich.

Die weitgehend übliche Bezeichnung der Residualkomponente als technischer Fortschritt hat dazu geführt, daß alle nicht der Faktormengenkomponente zuzurechnenden Wachstumsfaktoren unter dieser ökonomisch bedeutsamen Definition zusammengefaßt wurden. Mit der Bezeichnung technischer Fortschritt wird jedoch in der Produktions- und Wachstumstheorie ein ökonomischer Tatbestand definiert, der nicht notwendigerweise mit dem Ergebnis einer speziellen Berechnungsmethode der Komponentenzerlegung identisch ist. Viele der Diskussionen um die Ergebnisse der ersten empirischen Wachstumsanalysen wurden durch diese fragwürdige Identifizierung einer errechneten Restkomponente mit dem ökonomischen Phänomen des technischen Fortschritts ausgelöst.

In der ökonomischen Theorie versteht man unter technischem Fortschritt im allgemeinen den Übergang zu neuen Produktionsverfahren, die es gestatten, bei unveränderten physischen Faktoreinsatzmengen einen höheren Output zu erzielen.¹ Der technische Fortschritt wird also erst durch die Anwendung neuer Produktionsverfahren in den Unternehmungen zu einer bestimmenden Größe für den Wachstumsprozeß.² Dadurch unterscheidet er sich vom Fortschritt des technischen Wissens, das durch eine Erweiterung des technischen Horizonts gekennzeichnet ist. Die Zunahme technischen Wissens muß sich einmal nicht notwendigerweise in vollem Umfang auf den Produktionsprozeß auswirken, und zum anderen kann man unterstellen, daß der für die Produktionstechnik relevante Fortschritt des technischen Wissens sich nur mit einer zeitlichen Verzögerung in neue Produktionsverfahren und damit in technischen Fortschritt umsetzt.³

Der technische Fortschritt in dieser ökonomischen Definition beschreibt also alle jene Vorgänge, die den Produktionsprozeß technisch effizienter gestalten. Dazu gehören Verbesserungen der Produktionstechnik im engeren Sinne sowie bestimmte organisatorische Veränderungen, die eine bessere Nutzung der eingesetzten Produktionsfaktoren erlauben.⁴

Die quantitative Isolierung der ökonomischen Fortschrittskomponente ist wegen des bedeutenden Einflusses des technischen Fortschritts auf das wirtschaftliche Wachstum eine hervorragende Aufgabe der empirischen Wachstumsforschung. Allerdings läßt sich diese nicht durch die einfache

¹ Vgl. A.E.OTT: Technischer Fortschritt, in: HdSW, Bd.10, Stuttgart-Tübingen-Göttingen 1959, S.302; M.BROWN: On the Theory and Measurement of Technological Change, Cambridge 1966, S.13; D.W.JORGENSEN, Z.GRILICHES: The Explanation of Productivity Change, REStudies, Vol.34 (1967), S.250. Die SOLOW'sche Definition des technischen Fortschritts als "any kind of shift in the production function" beschreibt den gleichen Tatbestand in der Terminologie der Produktionstheorie. Vgl. R.M.SOLOW: Technical Change and the Aggregate Production Function, a.a.O., S.312. Von manchen Autoren wird auch die Schaffung neuer Produkte in die Definition des technischen Fortschritts einbezogen. Da sich diese Variante des Fortschritts noch einer quantitativen Erfassung entzieht, beschränkt sich die folgende Analyse auf die Anwendung neuer Produktionsverfahren. Vgl. A.E.OTT, a.a.O., S.302; H.HESSE: Die Meßbarkeit des technischen Fortschritts, dargestellt am Beispiel der Textilindustrie, Zeitschrift für allgemeine und textile Marktwirtschaft, Sonderheft 1969, S.9.

² Vgl. H.KRIEGHOFF: Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, Berlin 1958, S.23.

³ Vgl. W.E.G.SALTER: Productivity and Technical Change, 2nd. ed., Cambridge 1966, S.13 ff. - Die Unterscheidung von technischem Wissen (invention) und technischem Fortschritt (innovation) wurde von SCHUMPETER in die ökonomische Theorie eingeführt. Vgl. J.A.SCHUMPETER: Business Cycles, Vol.I, New York 1939, S.86 ff.

⁴ Vgl. H.KRIEGHOFF, a.a.O., S.27 ff.

Identifizierung der Restkomponente mit dem ökonomischen Tatbestand des technischen Fortschritts lösen. Vielmehr erscheint es notwendig, die Residualkomponente zunächst weiter aufzuspalten, indem die neben dem technischen Fortschritt im Sinne technologischer Verbesserungen wirksamen Wachstumsquellen in der Analyse berücksichtigt werden. Nach der quantitativen Isolierung des Einflusses dieser weiteren Wachstumsfaktoren auf die Fortschrittkomponente kann die dann verbleibende Größe eher dem technischen Fortschritt als ökonomischem Tatbestand zugeordnet werden.

Eine vollkommene Isolierung des technologischen Fortschritts wird allerdings in einer empirischen Analyse nicht gelingen, weil nicht alle das Wachstum beeinflussenden Faktoren quantitativ erfassbar sind. Darüber hinaus stützen sich die empirischen Wachstumsanalysen im allgemeinen auf die Erkenntnisse der modernen neoklassischen Wachstumstheorie und konzentrieren sich demgemäß auf die Angebotsseite des Produktionsprozesses, während der Einfluß der Nachfrageseite auf den Wachstumsprozeß vernachlässigt wird.

Im Hinblick auf ihre quantitative Bedeutung und unter Berücksichtigung einer möglichen statistischen Erfassbarkeit sind zumindest vier Wachstumsfaktoren zu nennen, welche die Höhe des Residualfaktors beeinflussen können, ohne daß sie dem technischen Fortschritt im ökonomischen Sinne zuzurechnen sind.

aa. Die Strukturkomponente

In den meisten empirischen Wachstumsanalysen wird die gesamte Volkswirtschaft als einheitliches Aggregat betrachtet. Die Realität ist demgegenüber durch unterschiedliche Produktionsbedingungen in den einzelnen Sektoren, Wirtschaftszweigen und Unternehmungen gekennzeichnet. Wenn die Produktionsprozesse einzelner Bereiche sich dadurch unterscheiden, daß die Grenzproduktivitäten der beiden Faktoren Arbeit und Kapital verschieden hoch sind, so können Strukturveränderungen einen Einfluß auf die Höhe der Wachstumsrate des Realprodukts haben. Bei unveränderter Produktionstechnik in den einzelnen Bereichen und insgesamt konstantem Faktoreinsatz können sich nämlich im Laufe des Wachstumsprozesses Steigerungen des Realprodukts allein dadurch ergeben, daß Produktionsfaktoren aus Bereichen mit relativ niedriger Effizienz abgezogen werden und in solchen Bereichen eingesetzt werden, in denen ihre Grenzproduktivität höher ist.

Eine Betrachtung historischer Wachstumsprozesse zeigt, daß solche Strukturwandlungen nicht lediglich eine Begleiterscheinung wirtschaftlichen Wachstums sind, sondern daß sie bei begrenztem Faktorangebot zu einer entscheidenden Wachstumsquelle werden können. Bei einer empirischen Wachstumsanalyse sollte deshalb eine Disaggregation der gesamtwirt-

schaftlichen Daten zumindest in der Weise angestrebt werden, daß die unterschiedlichen Produktionsbedingungen sowie die Strukturveränderungen hinsichtlich der Produktion und des Faktoreinsatzes in einzelnen Sektoren der Volkswirtschaft berücksichtigt werden können. Durch eine solche Erweiterung der Analyse um die Faktorwanderungen zwischen den Sektoren läßt sich dann von der Residualkomponente jener Teil des Wachstums des Realprodukts isolieren, welcher den Strukturveränderungen in der Volkswirtschaft zuzurechnen ist. Jener Teil der Residualkomponente, der nicht auf die Einführung neuer, effizienterer Produktionsverfahren, sondern allein auf Faktorwanderungen zwischen den einzelnen Sektoren zurückzuführen ist, wird als Strukturkomponente des wirtschaftlichen Wachstums bezeichnet.¹

ab. Qualitätsverbesserungen der eingesetzten Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital

Ein weiterer Teil der Zuwachsrates des Realprodukts kann darauf zurückgeführt werden, daß sich im Laufe des wirtschaftlichen Wachstumsprozesses die Qualität der eingesetzten Produktionsfaktoren erhöht. Eine verbesserte Qualität der Produktionsfaktoren kann auch bei konstanten physischen Faktoreinsatzmengen eine Produktionserhöhung bewirken. Dieser Teil der Produktionssteigerung könnte dem ökonomischen Tatbestand des technischen Fortschritts zugerechnet werden, der allgemein als Erhöhung des Realprodukts bei konstanten physischen Faktoreinsatzmengen definiert ist. Da die Qualitätsverbesserung der Inputfaktoren jedoch als separate Wachstumsquelle anzusehen ist, welche nicht mit einer Verbesserung der technischen Produktionsbedingungen identisch ist, erscheint die Isolierung ihres Einflusses auf die Wachstumsrate des Realprodukts im Hinblick auf die angestrebte Erklärung des Wachstumsprozesses notwendig und sinnvoll.

¹ Die hier verwendete Definition der Strukturkomponente stellt die Veränderungen der Inputstruktur in den Vordergrund. Demgegenüber läßt sich auch eine Strukturkomponente definieren, die den Einfluß von Verlagerungen der Wertschöpfung zwischen den Sektoren (Veränderung der Nachfragestruktur) auf die Entwicklung der Produktivität mißt. - Vgl. Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung: Stabilisierung ohne Stagnation, Jahresgutachten 1965/66, Stuttgart-Mainz 1965, S. 198; G. REUSS: Produktivitätsanalyse, Basel-Tübingen 1960, S. 124. - Da die vorliegende Arbeit den produktionstheoretischen Ansatz und damit die Angebotsseite des wirtschaftlichen Wachstums in den Vordergrund stellt, wird der bezüglich der Faktorwanderungen definierten Strukturkomponente der Vorzug gegeben. - Vgl. G. REUSS, a. a. O., S. 122 ff.; G. BOMBACH: Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, a. a. O., S. 168 ff.; H. RIESE: Strukturprobleme des wirtschaftlichen Wachstums, Diss. Kiel 1959, S. 39 ff.

Wenn bei der Aufspaltung der Wachstumsrate des Realprodukts in Faktormengen- und Fortschrittskomponente die physischen Faktoreinsatzmengen als Inputmaß dienen, wird sich der Einfluß verbesserter Qualität der Produktionsfaktoren in der errechneten Residualkomponente niederschlagen. Der Berechnung einer Fortschrittskomponente, die vom Einfluß verbesserter Inputqualität abstrahiert, müssen demnach andere Inputmaße zugrundegelegt werden. Diese modifizierten Inputmaße stellen fiktive Mengengrößen dar, welche die Qualitätsveränderungen der Produktionsfaktoren im Laufe des wirtschaftlichen Wachstumsprozesses berücksichtigen. Der Faktoreinsatz wird nicht länger in physischen Mengeneinheiten, sondern in Effizienzeinheiten gemessen, die eine gleichbleibende Qualität der Inputfaktoren im Zeitablauf unterstellen. Die Isolierung des durch verbesserte Qualität der Produktionsfaktoren erzielten Produktionszuwachses setzt also die Entwicklung von Qualitäts- oder Effizienzindizes für beide Produktionsfaktoren voraus.

Ein solcher Qualitätsindex des Faktors Arbeit muß zumindest zwei potentiellen Wachstumsfaktoren Rechnung tragen: einmal einer möglichen Steigerung des Leistungsvermögens der Arbeitskräfte infolge verkürzter wöchentlicher Arbeitszeit und zum anderen einer Qualitätssteigerung durch eine verbesserte Ausbildung.¹ Die Qualitätsverbesserungen des Kapitals resultieren aus einer erhöhten Effizienz der im Produktionsprozeß eingesetzten Maschinen. Bei der Berechnung eines Qualitätsindex für das Kapital ist zu beachten, daß nur jener Teil des eingesetzten Kapitalstocks eine Qualitätsverbesserung aufweisen kann, der in Form der Bruttoinvestitionen in einer bestimmten Periode neu in den Produktionsprozeß eingeführt wird. Die Konstruktion eines Qualitätsindex für Kapital setzt demnach eine Kenntnis der Höhe der jährlichen Investitionen voraus.

Der Einfluß verbesserter Qualität der Inputfaktoren auf die Wachstumsrate des Realprodukts ergibt sich schließlich aus der Differenz der beiden alternativ errechneten Fortschrittskomponenten. Die unter Berücksichtigung der Qualitätsveränderungen errechnete Fortschrittskomponente wird um so mehr unter der ursprünglich errechneten Residualkomponente liegen, je höher der Einfluß der Qualitätsverbesserungen der Inputfaktoren auf die Produktion ist.

ac. Zunehmende Skalenerträge

Bei der Trennung der Fortschrittskomponente von der Faktormengenkomponente wurde in der bisherigen Analyse davon ausgegangen, daß eine

¹ Eine Qualitätssteigerung kann sich auch durch eine verbesserte Zusammensetzung des gesamten Arbeitspotentials hinsichtlich Alter und Geschlecht ergeben. Vgl. E.F. DENISON: The Sources of Economic Growth and the Alternatives Before Us, Suppl. Paper, No. 13, Committee for Economic Development 1962, S. 80 ff.; derselbe: Why Growth Rates Differ, a. a. O., S. 70 ff.

relativ gleiche Erhöhung der Inputfaktoren Arbeit und Kapital zu einer prozentual gleichen Steigerung des Realprodukts führt. Im Gegensatz zu dieser Annahme konstanter Skalenerträge haben schon Adam SMITH¹ und einige Autoren der neoklassischen Schule² darauf hingewiesen, daß sich auch bei konstanter Technologie die Produktionsbedingungen auf Grund der mit dem wirtschaftlichen Wachstum verbundenen Produktionsausdehnung in der Weise verbessern können, daß eine proportionale Erhöhung der Inputfaktoren eine überproportionale Outputsteigerung zur Folge hat.

Diese zunehmenden Skalenerträge oder "economies of scale" können nach einer Unterscheidung von MARSHALL in "internal economies" oder "external economies" begründet sein. "Internal economies" bezeichnen die Vorteile der Massenproduktion innerhalb der einzelnen Betriebe. Bei einer Produktionsausdehnung können die Betriebe u. U. ihre Inputfaktoren besser ausnutzen, indem sie beispielsweise eine verstärkte Arbeitsteilung einführen oder auch indem sie vorhandene Anlagen, die bei ihrer Inbetriebnahme in Erwartung steigender Produktion mit einer zunächst zu hohen Kapazität ausgelegt waren, nun entsprechend ihrem tatsächlichen Leistungsvermögen einsetzen.³ "External economies" resultieren dagegen aus der Interdependenz der einzelnen Sektoren einer Volkswirtschaft. Infolge der allgemeinen Wirtschaftsentwicklung können sich für einzelne Betriebe und u. U. auch für die gesamte Volkswirtschaft Senkungen der Stückkosten dadurch ergeben, daß beispielsweise Verbesserungen der Infrastruktur bessere Transport- und Kommunikationsmöglichkeiten zur Folge haben, die für den Produktionsprozeß von Vorteil sind.

Da zunehmende Skalenerträge eine separate Wachstumsquelle darstellen, ist es vom theoretischen Standpunkt aus wünschenswert, ihren Einfluß von der Fortschrittskomponente zu isolieren. Ist eine quantitative Bestimmung möglicherweise auftretender "economies of scale" möglich, so wird sich die Fortschrittskomponente um den Einfluß dieser Wachstumsquelle reduzieren.

¹ Vgl. A. SMITH: Eine Untersuchung über das Wesen und die Ursachen des Reichtums der Nationen, übersetzt von P. THAL, Berlin 1963, S. 9 ff.

² Vgl. A. MARSHALL: Principles of Economics, 8. Aufl., London 1961, S. 261 ff.; A. YOUNG: Increasing Returns and Economic Progress, Economic Journal, Vol. 38 (1928), S. 527 ff.

³ Als Beispiel für diese Art von "increasing returns to scale" wird häufig die im Laufe des wirtschaftlichen Wachstums steigende Produktivität der Eisenbahnen genannt.

Vgl. A. MADDISON: Productivity in an Expanding Economy, Economic Journal, Vol. 62 (1952), S. 591 ff.

ad. Veränderungen der Kapazitätsauslastung der Produktionsfaktoren

Wirtschaftliche Wachstumsprozesse sind im allgemeinen von konjunkturellen Schwankungen begleitet. Da die Auslastung des vorhandenen Faktorpotentials in den einzelnen Konjunkturphasen unterschiedlich hoch sein kann, ist eine Produktionserhöhung denkbar, die bei konstantem Faktorpotential allein aus der besseren Auslastung der vorhandenen Kapazitäten resultiert. Sollen solche Produktionsschwankungen, die sich allein auf Grund der veränderten Auslastung eines gegebenen Faktorpotentials ergeben, keinen Einfluß auf die Fortschrittskomponente haben, so müssen die zu ihrer Berechnung notwendigen Zeitreihen die unterschiedliche Kapazitätsauslastung der Faktoren berücksichtigen.

Einer im Konjunkturverlauf variierenden Auslastung des Faktorpotentials und der sich daraus ergebenden Produktionsschwankungen kann auf zwei verschiedene Arten Rechnung getragen werden:

- 1) Man legt der Berechnung der Fortschrittskomponente nicht die Zeitreihen der tatsächlichen Produktion zugrunde, sondern bestimmt vielmehr den potentiellen Output, der bei vollem Einsatz des vorhandenen Faktorpotentials zu erzielen ist. Dieses Verfahren erfordert neben der Kenntnis der Zeitreihen des Erwerbstätigenpotentials und des Kapitalstocks die Annahme einer bestimmten Produktionsfunktion, damit der potentielle Output ermittelt werden kann.¹
- 2) Bei Verwendung tatsächlicher Produktionsdaten wird der Faktorinput nicht durch die vorhandenen Kapazitäten gemessen, sondern in die Berechnung gehen nur die tatsächlich im Produktionsprozeß eingesetzten Faktormengen ein. Bei diesem Verfahren muß also das Arbeitspotential um die Zahl der Arbeitslosen vermindert werden, und der Kapitalstock ist mit Hilfe geeigneter Methoden so zu korrigieren, daß nur seine effektive Leistung in die Analyse einbezogen wird.²

Die für einen bestimmten Zeitraum errechnete Fortschrittskomponente wird durch die Berücksichtigung veränderter Kapazitätsauslastung vor allem dann eine Änderung erfahren, wenn die gewählten Anfangs- und Endperioden in unterschiedliche Konjunkturphasen fallen.

¹ Vgl. H. HESSE und B. GAHLEN: Das Wachstum des Nettoinlandsprodukts in Deutschland, 1850-1913. Berechnung von makroökonomischen Produktionsfunktionen, ZfdgStW, Bd. 121 (1965), S. 455; A. M. OKUN: Potential GNP: Its Measurement and Significance, Reprinted from the 1962 Proceedings of the Business and Economic Statistics Section of the American Statistical Association, o.O., o.J.

² Vgl. P. SCHÖNFELD: Probleme und Verfahren der Messung der Kapazität und des Auslastungsgrades, ZfdgStW, Bd. 123 (1967), S. 25 ff.

b. Das Problem der Neutralität der Fortschrittskomponente

Nach der Diskussion einer möglichen Isolierung der in der Fortschrittskomponente zusammengefaßten Wachstumsquellen als erstem Ansatzpunkt für eine weitergehende Analyse soll nun geprüft werden, ob die Auswirkungen der Fortschrittskomponente auf das den optimalen Produktionsprozeß kennzeichnende Einsatzverhältnis von Arbeit und Kapital spezifiziert werden können. Das mit dieser Fragestellung angeschnittene Problem der Neutralität der Fortschrittskomponente ist von besonderer Bedeutung für solche empirischen Wachstumsprozesse, in denen die Zuwachsraten der beiden Produktionsfaktoren unterschiedlich sind. Wenn die Fortschrittskomponente zur Entwicklung neuer Produktionsverfahren beiträgt, die ein derart verändertes optimales Einsatzverhältnis der beiden Produktionsfaktoren aufweisen, daß größere Mengen des relativ schneller wachsenden Inputs notwendig sind, so kann das vorhandene Faktoranangebot insgesamt effizienter eingesetzt werden.

Zur Charakterisierung der Fortschrittskomponente eines empirischen Wachstumsprozesses hinsichtlich ihrer neutralen oder spezifisch faktorsparenden Auswirkungen sind einmal die tatsächlichen Veränderungen der Kapitalintensität des Produktionsprozesses zu betrachten, zum anderen ist eine Kenntnis von Höhe und möglicher Variation der Substitutionsmöglichkeiten der beiden Produktionsfaktoren im Rahmen des optimalen Produktionsprozesses erforderlich.¹ Die in der Literatur vorgeschlagenen theoretischen Klassifikationen der Fortschrittskomponente im Hinblick auf ihre Neutralität und die darauf aufbauenden empirischen Analysen zur Bestimmung der Art der Fortschrittskomponente berücksichtigen diese beiden Charakteristika auf unterschiedliche Weise.²

HICKS³ wählt als Klassifikationskriterium für die Arten des technischen Fortschritts die Entwicklung der Grenzproduktivitäten der Faktoren in der Zeit bei konstanten Faktorproportionen. Für die Kennzeichnung der Arten des technischen Fortschritts spielen demnach möglicherweise zu beobachtende Veränderungen der Kapitalintensität im Zeitablauf keine Rolle.

Der technische Fortschritt wird vielmehr bei HICKS als neutral bezeichnet, wenn er bei konstanter Kapitalintensität die Grenzproduktivitäten

¹ Vgl. M. BROWN, a. a. O., S. 20 ff.

² Im folgenden werden nur die beiden gebräuchlichsten Klassifikationsversuche von HICKS und HARROD behandelt. Zu weiteren Ansätzen zur Klassifikation des technischen Fortschritts vgl. A. E. OTT: Technischer Fortschritt, a. a. O., S. 304 ff.; H. WALTER: Der technische Fortschritt in der neueren ökonomischen Theorie. Versuch einer Systematik, Berlin 1969, S. 58 ff.; J. C. H. FEI und G. RANIS: Innovational Intensity and Factor Bias in the Theory of Growth, IER, Vol. 6 (1965), S. 182 ff.

³ Vgl. J. R. HICKS: The Theory of Wages, 2. Aufl., London 1964, S. 121 ff.

beider Produktionsfaktoren in relativ gleichem Ausmaß erhöht, als arbeitssparend (kapitalsparend), wenn die Grenzproduktivität des Kapitals (der Arbeit) relativ stärker steigt als die der Arbeit (des Kapitals).

Während der neutrale technische Fortschritt durch eine proportionale Erhöhung der Grenzproduktivität beider Faktoren zu einer Produktionssteigerung bei konstantem Faktoreinsatz führt, ist die spezifisch faktorsparende Art des technischen Fortschritts bei unterschiedlichen Wachstumsraten der beiden Produktionsfaktoren für die Faktorsubstitution von Bedeutung. Nicht neutraler technischer Fortschritt kann nämlich einen zusätzlichen positiven Einfluß auf die Produktion haben, wenn er die Grenzproduktivität des relativ schneller wachsenden Faktors überproportional erhöht, so daß ein vermehrter Einsatz dieses Faktors zur Verwirklichung eines optimalen Produktionsprozesses lohnend erscheint. Über eine Veränderung des Verhältnisses der Grenzproduktivitäten der Faktoren schafft der nicht neutrale technische Fortschritt bei HICKS neue Substitutionsmöglichkeiten, die zu einer effizienteren Nutzung der mit unterschiedlicher Rate wachsenden Faktoren führen können, beispielsweise wenn arbeitssparender technischer Fortschritt bei überwiegendem Kapitalwachstum auftritt.¹

HARROD² hat ein anderes Klassifikationsschema für die Arten des technischen Fortschritts entwickelt, das für die Wachstumstheorie von besonderem Interesse ist. Im Gegensatz zu HICKS unterstellt HARROD bei seiner Einteilung des technischen Fortschritts in drei verschiedene Arten keine konstanten Faktorproportionen. Vielmehr bezieht er den in der Empirie beobachteten Fall steigender Kapitalintensität und damit das Substitutionsproblem in seine Klassifikation ein. Nach HARROD ist der technische Fortschritt neutral, wenn bei konstantem Zinssatz der Kapitalkoeffizient im Zeitablauf unverändert bleibt. Die Konstanz des Kapitalkoeffizienten und damit das Vorliegen neutralen technischen Fortschritts im wirtschaftlichen Wachstum wird durch die gegenläufige Wirkung von Fortschrittskomponente und Substitutionsprozeß auf die Kapitalproduktivität erklärt. HARROD nimmt an, daß der technische Fortschritt zunächst die Grenzproduktivität des Kapitals erhöht; das vergrößerte Kapitalangebot im Laufe des Wachstumsprozesses und die durch den Einfluß des technischen Fortschritts bewirkte Differenz von Zinssatz und Grenzproduktivität des Kapitals werden Substitutionsvorgänge auslösen, die bei neutralem technischen Fortschritt gerade jenes Ausmaß erreichen, daß nach erfolgter Substitution die Kapitalproduktivität und damit auch ihr reziproker Wert, der Kapitalkoeffizient, den gleichen Wert wie in der Ausgangsperiode haben. Da sich durch den Einfluß des technischen Fortschritts der Output erhöht, muß das Kapital mit der gleichen Rate wachsen wie die Produktion, wenn eine Konstanz des Kapitalkoeffizienten im Zeitablauf resultieren soll.³

¹ Vgl. M. BROWN, a. a. O., S. 22 f.

² Vgl. R. HARROD: Towards a Dynamic Economics, London 1948, S. 24 ff.
Fußn.³ s. n. Seite

Nicht neutraler technischer Fortschritt ist bei HARROD dadurch gekennzeichnet, daß die Wirkungen von technischem Fortschritt und Faktorsubstitution auf den Kapitalkoeffizienten sich nicht gerade kompensieren. Bei konstantem Zinssatz hat dann die die Kapitalproduktivität erhöhende Fortschrittskomponente nicht die gleiche Höhe wie der negative Einfluß der Faktorsubstitution auf die Kapitalproduktivität, so daß eine Veränderung des Kapitalkoeffizienten resultiert. Arbeitssparender (kapitalsparender) technischer Fortschritt liegt demnach vor, wenn bei konstantem Zinssatz der Kapitalkoeffizient steigt (sinkt).

Soll für einen empirischen Wachstumsprozeß die Art des technischen Fortschritts bestimmt werden, so sind sowohl für die Klassifikation nach HICKS wie auch nach HARROD neben dem Einfluß der Fortschrittskomponente auf die Produktivität der Produktionsfaktoren die Substitutionswirkungen zu berücksichtigen. Das Ausmaß der tatsächlichen Faktorsubstitution bei unterschiedlichen Wachstumsraten der Produktionsfaktoren wird in jedem Fall von den durch den optimalen Produktionsprozeß determinierten Substitutionsmöglichkeiten abhängen. Viele der neueren Beiträge der Produktions- und Wachstumstheorie bemühen sich deshalb um eine quantitative Bestimmung der technisch determinierten Substitutionsmöglichkeiten eines Produktionsprozesses, indem sie die Höhe der Substitutionselastizität errechnen.¹

Zur vollständigen Erfassung der Auswirkungen des technischen Fortschritts auf das optimale Einsatzverhältnis von Arbeit und Kapital muß zusätzlich eine mögliche Veränderung der Substitutionselastizität berücksichtigt werden, da erweiterte Substitutionsmöglichkeiten, dargestellt durch einen im Zeitablauf sich vergrößernden Wert der Substitutionselastizität, eine effizientere Nutzung der mit unterschiedlicher Wachstumsrate zunehmenden Produktionsfaktoren gestatten.²

Fußn.³ v. Vorseite

Vgl. E. HELMSTÄDTER: HARROD und die Neoklassische Wachstumstheorie, ZfdgStW, Bd. 121 (1965), S. 441 f.; J. VAAL: Technischer Fortschritt und Faktorsubstitution in der westdeutschen Textilindustrie (1950-1965), Tübingen 1969, S. 41 ff.; W. SALTER, a. a. O., S. 40 f.

¹ Von der umfangreichen Literatur zur CES-Funktion, bei der die Höhe der Substitutionselastizität als ein Parameter geschätzt wird, seien nur die folgenden Arbeiten genannt, die eine Fülle weiterer Literaturhinweise enthalten. K. J. ARROW, H. CHENERY, B. MINHAS und R. SOLOW: Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency, REStat., Vol. 43 (1961), S. 225 ff.; M. BROWN (Hrsg.): The Theory and Empirical Analysis of Production, Studies in Income and Wealth, Vol. 31, New York-London 1967; R. DOBELL et al.: A Symposium on CES Production Functions: Extensions and Comments, REStat., Vol. 50 (1968), S. 443 ff.; P. ZAREMBKA: On the Empirical Relevance of the CES Production Function, REStat., Vol. 52 (1970), S. 47 ff.; B. GAHLEN, a. a. O.; J. VAAL, a. a. O.

Fußn.² s. n. Seite

3. ANSATZPUNKTE ZUR ERFASSUNG DER FORTSCHRITTSKOMPONENTE IN DER EMPIRISCHEN WACHSTUMSANALYSE

a. Die Bedingungen einer theoretisch umfassenden Analyse der Fortschrittskomponente

Die bisherigen Überlegungen sollten aufzeigen, welchen Anforderungen eine theoretisch befriedigende Wachstumsanalyse genügen muß. Ehe die verschiedenen Methoden der quantitativen Wachstumsanalyse, welche die Isolierung und Erklärung der Fortschrittskomponente zum Ziel haben, im einzelnen geschildert und ihre Ergebnisse für einen historischen Wachstumsprozeß ermittelt werden, soll zunächst zusammenfassend dargestellt werden, unter welchen Gesichtspunkten die einzelnen Methoden zu betrachten sind und nach welchen Kriterien sie beurteilt werden können.

Jede den theoretischen Anforderungen genügende empirische Wachstumsanalyse sollte in der Lage sein, die Fortschrittskomponente zunächst eindeutig von der Faktormengenkomponeute zu isolieren. Ob das Problem der Messung der Fortschrittskomponente befriedigend zu lösen ist, hängt von den produktionstheoretischen Annahmen ab, die den einzelnen Methoden zugrundeliegen. Die Art der Produktionsfunktion, insbesondere die implizierten Annahmen über die Substitutionsmöglichkeiten im Rahmen einer gegebenen Produktionstechnik, sind nämlich für die Isolierung der Faktormengenkomponeute bei unterschiedlichem Wachstum der Inputfaktoren von Bedeutung. Ehe man den Residualfaktor nach einer bestimmten Methode der Komponentenzerlegung errechnet, sollte deshalb untersucht werden, mit welchen produktionstheoretischen Annahmen diese spezielle Berechnungsmethode verknüpft ist.

Wird es als weitergehendes Ziel der Analyse angesehen, nicht nur die Fortschrittskomponente als Residualfaktor zu errechnen, sondern ihre Auswirkungen auf den Produktionsprozeß genauer zu analysieren, so können zwei verschiedene Ausgangspunkte für die weitere Untersuchung gewählt werden.

- 1) Die als Residuum errechnete Fortschrittskomponente umfaßt noch den Einfluß einer Vielzahl bisher nicht explizit in der Berechnung berücksichtigter Wachstumsquellen, die mit dem ökonomischen Tatbestand

Fußn.² v. Vorseite

Y. C. LU und L. B. FLETCHER: A Generalization of the CES Production Function, REStat., Vol. 50 (1968), S. 443 ff.; R. SATO und R. F. HOFFMANN: Production Functions with Variable Elasticity of Factor Substitution: Some Analysis and Testing, REStat., Vol. 50 (1968), S. 453 ff.; R. M. SOLOW: Some Recent Developments in the Theory of Production, in: M. BROWN (Hrsg.), The Theory and Empirical Analysis of Production, a. a. O., S. 25 ff.

des technischen Fortschritts nicht unbedingt identisch sind. Daher setzt eine nach den Wachstumsquellen forschende Untersuchung eine möglichst vollständige Isolierung des "reinen" technischen Fortschritts in Form technologischer Verbesserungen des Produktionsprozesses durch die Berücksichtigung weiterer Wachstumsquellen voraus.

- 2) Bei unterschiedlichem Wachstum der beiden Produktionsfaktoren ist außerdem die Frage von Interesse, ob die Fortschrittskomponente zu einer Änderung des optimalen Einsatzverhältnisses von Arbeit und Kapital beigetragen hat. Spezifisch faktorsparende Auswirkungen der Fortschrittskomponente können nämlich einen positiven Einfluß auf die Wachstumsrate des Realprodukts haben, wenn die faktorsparende Wirkung des Fortschritts den Einsatz des relativ schneller wachsenden Produktionsfaktors begünstigt.

Jede dieser beiden Fragestellungen ist für eine Analyse der Fortschrittskomponente von Bedeutung, und eine wirklich umfassende Wachstumsanalyse sollte in der Lage sein, beiden Problemen gleichzeitig Rechnung zu tragen.

b. Die Grenzen einer empirischen Analyse der Fortschrittskomponente

*Die in der Literatur angewendeten Verfahren beschränken sich dagegen immer nur auf die Behandlung einer der beiden genannten Fragestellungen. Wird eine Charakterisierung der Fortschrittskomponente hinsichtlich ihrer neutralen oder spezifisch faktorsparenden Wirkungen angestrebt, so liegt das Augenmerk der entsprechenden Analysen allein auf den sich verändernden Substitutionsmöglichkeiten im Laufe des Wachstumsprozesses, der durch unterschiedliche Zuwachsraten der Faktoren gekennzeichnet sein kann. Die Frage nach den möglichen Quellen der Fortschrittskomponente wird bei diesen Untersuchungen demgegenüber weitgehend vernachlässigt. Allenfalls wird eine Anpassung der Ausgangsdaten an die unterschiedliche Kapazitätsauslastung durch eine modifizierte Berechnung der Kapitalreihe vorgenommen, und in wenigen Untersuchungen wird möglicherweise auftretenden "economies of scale" Rechnung getragen. Da jedoch weder Struktureffekte des Wirtschaftswachstums noch mögliche Qualitätsveränderungen der Produktionsfaktoren in die Analyse eingehen, muß die hinsichtlich ihrer Neutralität zu charakterisierende Fortschrittskomponente noch als ein Konglomerat verschiedener Wachstumsquellen angesehen werden. Selbst das in der amerikanischen Literatur entwickelte "factor augmenting"-Konzept, das bei der Analyse eine arbeitssparende und eine kapitalsparende Komponente unterscheidet, gibt keinen Aufschluß über die eigentlichen Quellen dieses Fortschritts, sondern spaltet vielmehr die gesamte Fortschrittskomponente entsprechend

ihrer spezifisch faktorsparenden Wirkung auf.¹ Dabei muß jedoch z.B. arbeitssparender technischer Fortschritt nicht auf eine Verbesserung der Qualität der eingesetzten Arbeitskräfte zurückzuführen sein, sondern kann auch aus der Ausrüstung der Arbeitsplätze mit besseren Maschinen resultieren.² Mit der Charakterisierung der Fortschrittskomponente hinsichtlich ihrer Neutralität ist also keine Identifizierung einzelner Wachstumsquellen möglich.

Die verschiedenen Verfahren, welche eine Aufspaltung der als Residuum errechneten Fortschrittskomponente mit dem Ziel einer Berücksichtigung weiterer Wachstumsquellen vornehmen, bedienen sich demgegenüber ausnahmslos der Annahme neutralen technischen Fortschritts. Zu Beginn der Analyse wird nämlich unterstellt, daß die Fortschrittskomponente als dritter selbständiger Faktor neben der Vermehrung der beiden Inputs Arbeit und Kapital zu einem Wachstum des Realprodukts beiträgt, ohne daß sie einem oder beiden Faktoren in besonderer Weise zugeordnet ist, wie dies bei nicht neutralem technischen Fortschritt, der die Effizienz der Produktionsfaktoren in unterschiedlicher Weise erhöht, der Fall ist.

Auf Grund der unterschiedlichen Ansatzpunkte dieser beiden Analysen gibt es keine Möglichkeit, die Bestimmung der Art des technischen Fortschritts und die Suche nach den Quellen der Residualkomponente in der Weise zu verknüpfen, daß beiden Gesichtspunkten nacheinander Rechnung getragen wird. Wenn man zunächst den Einfluß einzelner Wachstumsquellen von der Fortschrittskomponente isolieren will, so sind für diese Analyse bereits bestimmte Annahmen über den Zusammenhang von Input und Output notwendig, und zwar sowohl für die Abspaltung der Faktormengenkomponeute als auch für die Bestimmung des quantitativen Einflusses weiterer, neben dem technologischen Fortschritt wirksamer Quellen des wirtschaftlichen Wachstums. Eine sich daran anschließende Untersuchung auf eventuell faktorsparende Auswirkungen des technologischen Fortschritts würde eine Analyse der Substitutionsvorgänge im Laufe des wirtschaftlichen Wachstumsprozesses bedeuten, hinsichtlich derer jedoch bereits bestimmte Annahmen für die Isolierung der einzelnen Wachstumsquellen erforderlich waren. Der umgekehrte Weg einer vorherigen Bestimmung der Art der Fortschrittskomponente und einer nachfolgenden Analyse ihrer Quellen ist ebenfalls nicht gangbar, da bei nicht neutralem technischen Fortschritt die Fortschrittskomponente bereits den Produktionsfaktoren in bestimmter Weise zugeordnet ist, ohne daß damit jedoch eine Aussage über ihre Quellen verbunden ist. Lediglich wenn die Fortschrittskomponente als unabhängige Größe auftritt, kann sie mit den vorhandenen Methoden auf ihre potentiellen Quellen untersucht werden.

¹ Vgl. P.A. DAVID und Th. van de KLUNDERT: Biased Efficiency Growth and Capital-Labor Substitution in the U.S., 1899-1960, AER, Vol. 55 (1965), S. 357 ff.

² Vgl. ebenda, S. 361.

Es ergibt sich also, daß eine sukzessive Behandlung dieser beiden Problemkreise nicht möglich ist. Vielmehr müßten Verfahren entwickelt werden, die beide Fragestellungen simultan einbeziehen. Dafür bietet der bisherige Stand der Wachstumsforschung jedoch noch keinen Weg an. Insbesondere erscheint es ausgeschlossen, diese Frage im Rahmen einer sich nur auf die Produktionssphäre beschränkenden Analyse zu lösen. Vielmehr ist dazu die Entwicklung eines umfassenden Wachstumsmodells erforderlich, das gleichzeitig Strukturveränderungen der Wirtschaft, Qualitätsverbesserungen der Faktoren sowie weitere potentielle Wachstumsquellen berücksichtigt und dabei Änderungen der Produktionstechnik im Hinblick auf das optimale Einsatzverhältnis der Faktoren simultan in die Analyse einbezieht.

Da zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Entwicklung solcher umfassender Wachstumsmodelle nicht nur mit erheblichen theoretischen Schwierigkeiten verbunden ist, sondern für Wachstumsprozesse einer weiter zurückliegenden Zeitperiode auch deren Schätzung an den mangelnden statistischen Daten scheitern würde, muß sich eine quantitativ-empirische Wachstumsanalyse, welche die Fortschrittskomponente weiter untersuchen will, entweder auf die Behandlung der Substitutionswirkungen und damit die Frage der Neutralität des technischen Fortschritts oder auf die potentiellen Wachstumsquellen, die in der als Residuum errechneten Fortschrittskomponente enthalten sind, beschränken.

Für den hier zu untersuchenden historischen Wachstumsprozeß, nämlich das Wachstum der deutschen Volkswirtschaft im Zeitraum von 1850 bis 1913, liegt bereits eine umfangreiche Arbeit vor, die sich mit den Substitutionswirkungen des technischen Fortschritts durch die Errechnung von Substitutionselastizitäten und die Bestimmung der Art der Fortschrittskomponente beschäftigt.¹ In der nachfolgenden Analyse wird dagegen neben einer Erörterung möglicher Messungsmethoden der Fortschrittskomponente die Frage nach den weiteren Quellen des wirtschaftlichen Wachstums, die in der Residualkomponente vereinigt sind, im Mittelpunkt stehen.

Dabei sind die Methoden zweier Forschungsrichtungen zu diskutieren und anzuwenden, welche sich mit dem Problem des technischen Fortschritts auseinandersetzen, einmal die Produktivitätsanalyse und zum anderen die Theorie makroökonomischer Produktionsfunktionen. Die verschiedenen Ansätze werden nicht nur im Hinblick auf eine befriedigende Isolierung der Fortschrittskomponente untersucht, sondern darüber hinaus soll geprüft werden, inwieweit die einzelnen Methoden in der Lage sind,

¹ B. GAHLEN: Die Überprüfung produktionstheoretischer Hypothesen für Deutschland (1850-1913), a.a.O.

den Einfluß weiterer Wachstumsquellen in der Weise einzubeziehen, daß sich der technologische Fortschritt von den anderen Wachstumsfaktoren isolieren läßt. Bei der folgenden Analyse wird fast ausschließlich mit der Annahme neutralen technischen Fortschritts gearbeitet.¹

III. Konzepte zur Messung und Erklärung der Fortschrittskomponente

Die einzelnen Konzepte zur Messung und Erklärung der Fortschrittskomponente lassen sich in zwei Gruppen einordnen, einmal die Analyse von Produktivitätsindices und zum anderen die Ermittlung eines Fortschrittsparameters im Rahmen makroökonomischer Produktionsfunktionen.

Im folgenden werden zunächst die Methoden der Produktivitätsanalyse in zwei Schritten behandelt. Da unter Produktivität heute in der Literatur einheitlich das Verhältnis von Produktionsergebnis zu Faktoreinsatz verstanden wird,² sind auf Grund dieser allgemeinen Definition viele Produktivitätsrelationen denkbar, und zwar theoretisch mindestens so viele, wie es Produktionsfaktoren gibt. Es können einmal Relationen zwischen dem Produktionsergebnis und jedem einzelnen der Produktionsfaktoren hergestellt werden; es ist andererseits auch möglich, den Output zu einer Summe von Inputfaktoren in Beziehung zu setzen. Allen diesen Maßen ist gemeinsam, daß es sich um Konzepte der güterwirtschaftlichen Sphäre handelt, wie es auch der Fragestellung einer sich auf die reale Sphäre des Wirtschaftsprozesses beschränkenden Theorie des wirtschaftlichen Wachstums entspricht. Aus diesem Grunde werden sowohl das Produktionsergebnis als auch die Inputfaktoren entweder in Mengengrößen oder in Wertgrößen zu konstanten Preisen gemessen.

Nach einer anfänglichen Analyse der Arbeitsproduktivität als typischem Beispiel für partielle Produktivitätsindices, die nur einen Inputfaktor berücksichtigen, werden die globalen Produktivitätsindices behandelt, die den Output zu einer Summe von Inputfaktoren in Beziehung setzen. Die im Rahmen der globalen Produktivitätsanalyse abgeleiteten Indices werden sodann den Fortschrittsparametern von Cobb-Douglas-Funktionen gegenübergestellt.

¹ Eine kurze Diskussion über die Einbeziehung nicht neutralen technischen Fortschritts bei der Berechnung von Cobb-Douglas-Funktionen findet sich auf S. 62 f. dieser Arbeit.

² Vgl. G.E. REUSS, a.a.O., S. 5; K. ROSE: Produktivität, Artikel im HdSW, Bd. 8, Stuttgart-Tübingen-Göttingen 1964, S. 613; J.W. KENDRICK, a.a.O., S. 6. - Zu historisch bedeutsamen Definitionen der Produktivität vgl. G.E. REUSS, a.a.O., S. 3 ff.

1. DIE ANALYSE PARTIELLER FAKTORPRODUKTIVITÄTEN, INSBESONDERE DER ARBEITS-PRODUKTIVITÄT

a. Definition partieller Produktivitäten

Partielle Faktorproduktivitäten, auch faktorbezogene Produktivitäten genannt¹, sind dadurch gekennzeichnet, daß das Produktionsergebnis zu einem einzigen Inputfaktor in Beziehung gesetzt wird.² Sieht man Arbeit und Kapital als bedeutsamste Inputfaktoren an, so lassen sich entsprechend Arbeitsproduktivität ($\frac{Q}{A}$) und Kapitalproduktivität ($\frac{Q}{K}$) ableiten, wobei Q für den Output und A bzw. K für die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital stehen.

Bei der Berechnung dieser faktorbezogenen Produktivitäten stellt sich zunächst das Problem einer geeigneten Definition der jeweiligen Zähler- und Nennergröße. Der Output kann entweder als Bruttoproduktionswert oder als Wertschöpfung gemessen werden. Bei einer makroökonomischen Analyse wird im allgemeinen der Wertschöpfung als Indikator für die im Laufe des Produktionsprozesses effektiv erstellte Leistung der Vorzug gegeben, wenn das Zusammenspiel von Arbeit und Kapital analysiert werden soll.³ Der Einsatz des Faktors Arbeit läßt sich durch die Zahl der Beschäftigten oder durch die Zahl der geleisteten Arbeitsstunden wiedergeben. Unterschiedliche Ergebnisse bei der Verwendung dieser beiden Inputmaße treten vor allem dann auf, wenn sich die durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit in dem zu betrachtenden Zeitraum verändert hat. Die Frage nach dem geeigneten Maß für den Arbeitsinput kann nicht generell beantwortet werden, sondern wird von der speziellen Zielsetzung der Analyse abhängen. Während die Zahl der Beschäftigten für Untersuchungen mit dem Ziel eines Realeinkommensvergleichs als ausreichend betrachtet wird, sollten Analysen, welche die produktionstheoretischen Zusammenhänge aufzeigen wollen, um eine Berechnung der Produktivität pro Beschäftigtenstunde erweitert werden.

Bei der Berechnung der Kapitalproduktivität ergeben sich ungleich größere Schwierigkeiten, da der Produktionsfaktor Kapital sowohl aus theoretischen Erwägungen als auch aus Gründen des mangelhaften statistischen Materials nur schwer einer exakten Messung zugänglich ist. Da bei der folgenden Analyse die Arbeitsproduktivität als Indikator einer

¹ Vgl. G. BOMBACH: Probleme der Produktivitätsmessung, Konjunkturpolitik, 5. Jg. (1959), S. 322.

² Vgl. G.E. REUSS, a.a.O., S. 8; G. BOMBACH: Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 322.

³ Vgl. G.E. REUSS, a.a.O., S. 70 f.; G. FÜRST: Die amtliche Statistik im Dienste der Produktivitätsmessung, WiSta, NF 5. Jg. (1953), S. 241 ff.

elastizität auf Grund von Plausibilitätserwägungen a priori vorgibt. Auch wenn man vermuten kann, daß die ständige Ausweitung der Märkte und die sich im Laufe des wirtschaftlichen Wachstumsprozesses ergebenden Vorteile der Massenproduktion zu zunehmenden Skalenerträgen in einzelnen Betrieben und vielleicht auch Branchen geführt haben, erscheint uns die Annahme einer bestimmten Höhe der Skalenelastizität für die Gesamtwirtschaft und einzelne Sektoren als allzu willkürlich, da es keinerlei zusätzliche statistische Informationen gibt, die eine solche Annahme stützen könnten. Aus diesem Grunde muß sich die folgende empirische Wachstumsanalyse mit Hilfe der Cobb-Douglas-Funktion, die - im Gegensatz zu globalen Produktivitätsindices - grundsätzlich eine Berücksichtigung steigender Skalenerträge erlaubt, mit einer Fortschrittskomponente begnügen, die neben dem technischen Fortschritt im engeren Sinne auch den Einfluß evtl. zunehmender Skalenerträge wiedergibt.

cd. Der Einfluß einer veränderten Kapazitätsauslastung der Produktionsfaktoren

Bei der Cobb-Douglas-Funktion gibt es mehrere Möglichkeiten, der veränderten Kapazitätsauslastung der Produktionsfaktoren im Konjunkturverlauf Rechnung zu tragen:

- 1) Es wird eine Cobb-Douglas-Funktion ermittelt, die mit Hilfe der Zeitreihen des vorhandenen Faktorpotentials den potentiellen Output ermittelt.¹ Dieses Verfahren setzt die Schätzung der Funktion mit Hilfe eines multiplen Regressionsansatzes voraus und erfordert außerdem für die Berechnung des potentiellen Output aus den Reihen des Erwerbstätigenpotentials und des vorhandenen Kapitalstocks eine Annahme über die Höhe der Fortschrittskomponente, wenn es für die Analyse längerfristiger Wachstumsprozesse angewandt werden soll.
- 2) Im Rahmen der makroökonomischen Produktionstheorie wurde von SOLOW² eine weitere Methode zur Berücksichtigung der Kapazitätsauslastung beider Produktionsfaktoren vorgeschlagen. Diese sogenannte Regressormethode bezieht den Auslastungsgrad in Form eines Koeffizienten der Beschäftigungsschwankungen explizit als erklärende Variable in die Produktionsfunktion ein. Da für dieses Verfahren genaue Angaben über die Veränderungen der Arbeitslosenquote im Zeitablauf benötigt werden, die für die zu untersuchende Periode nicht vorliegen, und außerdem wiederum ein multipler Regressionsansatz erforderlich

¹ Vgl. H. HESSE und B. GAHLEN: Das Wachstum des Nettoinlandsprodukts in Deutschland, a. a. O., S. 455; A. M. OKUN, a. a. O.

² Vgl. R. M. SOLOW: Technical Change and the Aggregate Production Function, a. a. O., S. 314; derselbe: Technical Progress, Capital Formation, a. a. O., S. 77 ff.; P. SCHONFELD: Probleme und Verfahren der Messung der Kapazität und des Auslastungsgrades, a. a. O., S. 25 ff.

ist, der noch eine zusätzliche Variable enthält, scheidet auch dieses Verfahren für die vorliegende Analyse aus.

- 3) Der Einfluß einer veränderten Auslastung des Faktorpotentials auf die Fortschrittskomponente kann schließlich isoliert werden, indem bei der Cobb-Douglas-Funktion - wie bei den globalen Produktivitätsindices - die Inputreihen entsprechend ihrem Auslastungsgrad so modifiziert werden, daß nur die effektiv eingesetzten Faktormengen in die Berechnung eingehen. Dabei kann der Arbeitsinput wiederum durch die Zahl der Beschäftigten bzw. der geleisteten Arbeitsstunden gemessen werden, während das Kapital mit Hilfe einer der zuvor geschilderten Methoden an seinen Auslastungsgrad angepaßt wird.¹

Diese Methode einer Anpassung der einzelnen Inputreihen an ihre veränderte Kapazitätsauslastung hat den Vorteil, daß sie in das SOLOW'sche Verfahren zur Ermittlung der Fortschrittskomponente in der Weise integriert werden kann, daß nur die durchschnittlichen jährlichen Zuwachsraten der Faktoren - insbesondere des Kapitals - unter Einbeziehung des veränderten Auslastungsgrades neu berechnet werden und aus diesen modifizierten Inputreihen eine Fortschrittskomponente ermittelt wird, welche die Auslastungsschwankungen isoliert.

IV. Die empirische Analyse des Wachstumsprozesses der Deutschen Volkswirtschaft von 1850 bis 1913

1. VORBEMERKUNGEN ZUM UNTERSUCHUNGSZEITRAUM

Mit Hilfe der im vorstehenden theoretischen Teil diskutierten Methoden zur Berechnung und Erklärung der Fortschrittskomponente wird nun das wirtschaftliche Wachstum der deutschen Volkswirtschaft im Zeitraum von 1850 bis 1913 analysiert. Das Ziel ist dabei nicht eine möglichst umfassende Beschreibung dieses historischen Wachstumsprozesses, sondern die Ermittlung der Fortschrittskomponente in dem oben definierten Sinne. Mit den verschiedenen Messungskonzepten wird eine eindeutige Isolierung der Fortschrittskomponente angestrebt und ihr Beitrag zur Entwicklung des Realprodukts in der Gesamtwirtschaft und ihren einzelnen Sektoren aufgezeigt. Da die als Residualgröße errechnete Fortschrittskomponente noch eine sehr heterogene Größe ist, wird weiterhin versucht, einzelne der sie beeinflussenden Wachstumsfaktoren in die Analyse einzubeziehen und damit die zunächst errechnete Fortschrittskomponente weiter aufzuspalten.

¹ Vgl. S. 56 f. dieser Arbeit.

Die nachfolgende Analyse der Fortschrittskomponente des Wirtschaftswachstums im Zeitraum von 1850 bis 1913 stützt sich auf das Zahlenmaterial, das HOFFMANN¹ zusammengestellt hat. Angesichts der auch von HOFFMANN betonten Unzulänglichkeiten der statistischen Unterlagen für eine so weit zurückliegende Periode sind die verwendeten Zeitreihen mit Fehlern von nicht bestimmbarer Höhe behaftet. Darüber hinaus sind manche der für die Erklärung der Fortschrittskomponente notwendigen Daten nicht verfügbar. Da die folgende Analyse - u. a. wegen dieser Unzulänglichkeiten der statistischen Unterlagen - immer wieder mit Annahmen arbeiten muß, deren Beweisgrad lediglich in ihrer Plausibilität liegt, ist es angemessen, nur mit relativ einfachen Messungsmethoden zu arbeiten.

Trotz der sich vom statistischen Material her ergebenden Einschränkungen sprechen gewichtige Gründe für die Wahl der Zeit von 1850 bis 1913 als Untersuchungszeitraum. Diese Periode stellt einen besonders wichtigen Abschnitt in der deutschen Wirtschaftsgeschichte dar, so daß eine Analyse einzelner Wachstumskomponenten gerade für diese Zeit lohnend erscheint.

Als Beginn der Untersuchungsperiode bietet sich zunächst aus rein statistischen Gründen das Jahr 1850 an, da etwa von diesem Zeitpunkt an von den statistischen Ämtern der Staaten des Deutschen Bundes Erhebungen durchgeführt werden, welche das Gebiet des späteren Deutschen Reichs umfassen.² Aber auch aus materiellen Gründen ist es zweckmäßig, mit der Analyse um die Jahrhundertmitte einzusetzen: Der Industrialisierungsprozeß hatte in Deutschland einige Jahrzehnte vorher begonnen, und mit der Gründung des Deutschen Zollvereins im Jahre 1833 war ein einheitliches Wirtschaftsgebiet entstanden. Um 1850 hat sich dann in Deutschland der Wachstumsprozeß, der die Volkswirtschaft innerhalb weniger Jahrzehnte zur "technical maturity" führt, voll entfaltet.³ Das Realprodukt der Volkswirtschaft steigt mit Wachstumsraten, wie sie in Deutschland in dieser Höhe nie zuvor erreicht wurden. Kennzeichnend für diesen Wachstumsprozeß sind Verbesserungen der Transportmöglichkeiten, insbesondere durch den Ausbau des Eisenbahnnetzes, die Erschließung neuer Energie- und Rohstoffquellen, eine Steigerung der Geldversorgung sowie zunehmende unternehmerische Initiative.⁴ Dabei vollzieht sich das wirtschaftliche Wachstum bis zum Beginn des

¹ W.G. HOFFMANN (unter Mitarbeit von F. GRUMBACH und H. HESSE): Das Wachstum der deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, Berlin-Heidelberg-New York 1965.

² Vgl. W.G. HOFFMANN, a. a. O., S. 2.

³ Vgl. D.S. LANDES: Technological Change and Development in Western Europe, 1750-1914, in: H. J. HABAKKUK und M. POSTAN (Hrsg.): The Cambridge Economic History of Europe, Vol. VI, Cambridge 1965, S. 421 ff.

⁴ Vgl. D.S. LANDES, a. a. O., S. 429 ff.

ersten Weltkrieges relativ störungsfrei, verglichen mit der weiteren Entwicklung, die durch die tiefen Einbrüche der Weltwirtschaftskrise und der beiden Weltkriege unterbrochen wird.

Im Vergleich zu jedem anderen Zeitraum von mehr als sechs Jahrzehnten in der deutschen Wirtschaftsgeschichte seit Beginn der Industrialisierung ist die Zeit von 1850 bis 1913 insgesamt am besten für eine Wachstumsanalyse geeignet.

Da der Wachstumsprozeß - gerade auch in den frühen Stadien der Industrialisierung - von Strukturveränderungen begleitet war, ist eine Disaggregation der gesamtwirtschaftlichen Daten - zumindest in einige Sektoren - wünschenswert. Dafür bietet sich zunächst die von Colin CLARK¹ und Jean FOURASTIÉ² vorgeschlagene Einteilung in die Bereiche primärer, sekundärer und tertiärer Sektor an.³ Eine solche disaggregierte Betrachtung würde es erlauben, die Hypothesen dieser Autoren über die sich im Zeitablauf ändernde Bedeutung der drei Sektoren und ihre unterschiedliche Produktivitätsentwicklung auf Grund branchenspezifischer Möglichkeiten zur Einführung technischer Verbesserungen der tatsächlichen Entwicklung der deutschen Volkswirtschaft gegenüberzustellen.⁴ Auf Grund des vorliegenden Datenmaterials ist jedoch nur eine Disaggregation möglich, die nur annähernd der Einteilung, die aus theoretischen Erwägungen anzustreben wäre, entspricht. Mit Hilfe der HOFFMANN'schen Zahlen kann eine Unterscheidung der folgenden drei Sektoren vorgenommen werden:

1) Landwirtschaft

incl. Forstwirtschaft und Fischerei

2) Gewerbe

Dieser Sektor umfaßt Bergbau, Industrie und Handwerk, Handel, Banken, Versicherungen und den Verkehr mit Ausnahme von Eisenbahnen und Post.

¹ Vgl. C. CLARK: The Conditions of Economic Progress, 2. Aufl., London 1951.

² Vgl. J. FOURASTIÉ: Die große Hoffnung des zwanzigsten Jahrhunderts, Köln-Deutz 1954.

³ Der primäre Sektor umfaßt die Bereiche Land- und Forstwirtschaft sowie den Bergbau, der sekundäre Sektor die verarbeitende Industrie und der tertiäre Sektor den Handel, die Banken, die Verwaltung und das Dienstleistungsgewerbe. Dabei ist die Unterscheidung von CLARK und FOURASTIÉ nicht völlig identisch, da FOURASTIÉ die unterschiedliche Produktivitätsentwicklung der Bereiche als Kriterium für die Zugehörigkeit zu den drei Sektoren wählt, während CLARK die Sektoraufteilung a priori vornimmt.

⁴ Vgl. auch S. KUZNETS: Modern Economic Growth, New Haven-London 1966, S. 86 ff.

3) "Übrige Bereiche"

Hierbei handelt es sich um einen recht heterogenen Sektor, der so unterschiedliche Wirtschaftszweige wie nichtlandwirtschaftliche Wohnungen, den öffentlichen Dienst, Eisenbahnen und Post, häusliche Dienste und die Verteidigung umfaßt.

Im Rahmen dieser Unterscheidung werden - im Unterschied zu FOURASTIÉ - größere Bereiche des tertiären Sektors dem Sektor Gewerbe zugerechnet, während der dritte Sektor ("Übrige Bereiche") eine Vielzahl von Wirtschaftszweigen enthält, für die jeweils eigene und völlig unterschiedliche Produktionsbedingungen gelten. Die Analyse der auf diese Weise unterschiedenen drei Sektoren erlaubt es u. a., die erheblichen Faktorwanderungen, die sich aus der Landwirtschaft in das Gewerbe vollzogen haben, zu berücksichtigen und - wenn auch mit Einschränkungen - der unterschiedlichen technischen Entwicklung in diesen Sektoren Rechnung zu tragen.

Es sei im Interesse eines Überblicks über die wichtigsten Daten des Untersuchungszeitraumes eine kurze Interpretation der wichtigsten für die Gesamtwirtschaft wie die genannten drei Bereiche kennzeichnenden Zeitreihen vorangestellt. Dabei werden neben den Werten für die Anfangs- und Endperiode des Zeitraums von 1850 bis 1913 nur die Zahlen für jedes Jahrzehnt ausgewiesen.

Auf eine Anpassung der einzelnen Werte an die unterschiedlichen Konjunkturphasen¹ - etwa mit Hilfe einer Durchschnittsbildung über die mittlere Zykluslänge - wird verzichtet, da diese Art der Konjunkturbereinigung der Zeitreihen bei den mangelhaften statistischen Informationen unzulänglich wäre. Überdies wird sich der Einfluß von Konjunkturschwankungen bei der Errechnung der Wachstumskomponenten für den gesamten Untersuchungszeitraum kaum auswirken, da sowohl das Jahr 1850 als auch das Jahr 1913 in konjunkturellen Aufschwungsphasen liegen.² Da die Zwischenperiodenwerte unterschiedliche konjunkturelle Situationen widerspiegeln, kann die Entwicklung der Zeitreihen in Zehnjahres-Abständen keine verlässliche Auskunft darüber geben, wie der Wachstumsprozeß sich innerhalb des gesamten Zeitraums vollzogen hat.

Um die Frage zu beantworten, ob sich das wirtschaftliche Wachstum im Laufe des Beobachtungszeitraums beschleunigt hat und ob die Fortschrittskomponente einen konstanten oder variierenden Beitrag zu dieser

¹ Vgl. A.SPIETHOFF: Krisen, Artikel in: Handwörterbuch der Staatswissenschaften, 6. Bd., 4. Aufl., Jena 1925, S. 8 ff.

² Dabei liegt allerdings das Jahr 1850 am Beginn einer konjunkturellen Aufschwungsperiode, während das Jahr 1913 schon durch den Kapitalmangel am Ende eines Aufschwungs gekennzeichnet ist. Vgl. A.SPIETHOFF, a.a.O., S. 60.

Entwicklung geleistet hat, ist es zweckmäßig, die gesamte Periode in zwei Teilperioden zu zerlegen. Das Jahrzehnt von 1870 bis 1880 war durch eine Vielzahl exogener Einflüsse - wie die Reichsgründung, den Anschluß Elsaß-Lothringens an das Deutsche Reich, die Reparationszahlungen und andere Kriegsfolgen - sowie durch eine langandauernde und schwere Deflation gekennzeichnet.¹ Dieses Jahrzehnt wird deshalb bei der Bildung von zwei Teilperioden aus der Betrachtung ausgeschlossen. Zu vergleichen ist dann die Entwicklung in den beiden Jahrzehnten von 1850 bis 1870 mit jener der 33 Jahre von 1880 bis zum Beginn des ersten Weltkrieges. Eine konjunkturelle Bereinigung der relevanten Daten ist auch bei der Bildung dieser Teilperioden nicht notwendig, da ihre jeweiligen Anfangs- und Endjahre in etwa gleiche konjunkturelle Phasen, nämlich solche des wirtschaftlichen Aufschwungs fallen.²

Ausgangspunkt der Untersuchung sind die Zeitreihen der Produktion, der Beschäftigten und des Kapitalbestands in der Gesamtwirtschaft und in den einzelnen Sektoren. Tabelle 1 enthält die jeweiligen Indexreihen mit der Basis 1850 = 100, wobei die Produktion und der Kapitalbestand zu konstanten Preisen von 1913 angegeben sind. Daneben werden in Tabelle 2 die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der betreffenden Zeitreihen für den Gesamtzeitraum und einzelne Teilperioden ermittelt.

Diese beiden Tabellen geben ein Bild von der Entwicklung der für das wirtschaftliche Wachstum entscheidenden Variablen, wie es für eine Volkswirtschaft im Zeitalter der Industrialisierung typisch ist. Die gesamtwirtschaftliche Produktion steigt mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 2,6 v. H. von 1850 bis 1913 auf das fünffache ihres Anfangswertes. Eine der wesentlichen Determinanten dieses schnellen Wachstums war offenbar die Vermehrung des Kapitaleinsatzes, die etwa die gleiche Höhe hat wie die der Produktion, während sich die Zahl der Beschäftigten im gesamten Zeitraum lediglich verdoppelt.

In der Entwicklung der einzelnen Sektoren zeigen sich die Unterschiede, die CLARK und FOURASTIÉ für das sektorale Wirtschaftswachstum in diesem Stadium der Wirtschaftsentwicklung als typisch ansehen. An der Spitze aller Bereiche steht der gewerbliche Sektor, der die höchsten Zuwachsraten der Produktion, der Beschäftigten und des Kapitals aufweist. Während das Gewerbe seine Produktion in dem betrachteten Zeitraum verzehnfacht, erreicht die landwirtschaftliche Produktion mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,5 v. H. lediglich eine Indexsteigerung von 100 auf 256. Diese Zunahme der Produktion wird im landwirtschaftlichen Sektor bei nur ganz geringfügiger Steigerung der Zahl der Beschäftigten und einer Verdoppelung des Kapitaleinsatzes erreicht. Für den dritten Sektor, dessen Produktion etwa auf das vierfache steigt, ist kennzeichnend, daß die Wachstumsrate des Kapitaleinsatzes jene der Produktion weit übertrifft.

¹ Vgl. D.S.LANDES, a.a.O., S. 458 ff.

² Vgl. A.SPIETHOFF, a.a.O., S. 60.

Tabelle 3 Die Entwicklung der Kapitalintensität ^a

Jahr	Landwirtschaft	Gewerbe	Übrige Bereiche	Gesamtwirtschaft
1850	2.952	1.614	6.977	3.139
1860	3.337	1.651	8.208	3.512
1870	3.701	1.942	11.078	4.175
1880	3.620	2.206	15.479	4.785
1890	4.008	2.934	17.734	5.484
1900	4.394	4.097	21.074	6.629
1910	4.706	5.096	24.980	7.862
1913	4.972	5.460	25.205	8.265

durchschnittl.
jährl. Wa' rate
im Zeitraum
von

1850-1870	1,1	0,9	2,3	1,4
1880-1913	1,0	2,8	1,7	1,7
1850-1913	0,8	1,9	2,1	1,5

^a Kapitalbestand in Preisen von 1913 bezogen auf die Zahl der Beschäftigten

Quelle: Vgl. Tabelle 1.

Tabelle 4 Prozentuale Anteile der einzelnen Sektoren an der Produktion, der Zahl der Beschäftigten und dem Kapitalbestand der gesamten Volkswirtschaft

Jahr	Produktion			Beschäftigte			Kapital		
	Ldw.	Gew.	Übr.	Ldw.	Gew.	Übr.	Ldw.	Gew.	Übr.
1850	47	28	25	56	30	14	52	15	33
1860	45	31	24	52	33	15	49	16	35
1870	40	36	24	50	35	15	44	16	40
1880	36	41	23	49	37	14	37	17	46
1890	33	46	21	43	43	14	31	23	46
1900	30	50	20	38	48	14	25	30	45
1910	25	54	21	36	49	15	21	32	47
1913	23	56	21	35	50	15	21	33	46

Quelle: Vgl. Tabelle 1.

Anteil an der Produktion und am Kapitalbestand sich auf das Doppelte erhöht, während der Beschäftigtenanteil eine etwas geringere Zunahme aufweist. Der Anteil des dritten Sektors an der gesamtwirtschaftlichen Produktion und Beschäftigung bleibt weitgehend konstant, dagegen steigt auf Grund der zunehmenden Kapitalintensität dieses Sektors der Kapitalanteil stark an.

Um diese sehr grob skizzierten Entwicklungslinien genauer zu analysieren, soll nun versucht werden, die Bedeutung der Fortschrittskomponente und ihrer potentiellen Bestimmungsfaktoren mit Hilfe der zuvor geschilderten Messungsmethoden zu ermitteln.

2. DIE ENTWICKLUNG DER ARBEITSPRODUKTIVITÄT

a. Die Indices der Produktivität pro Beschäftigten und pro Arbeitsstunde

Die Beschreibung der Entwicklung der Arbeitsproduktivität in der Gesamtwirtschaft und in den einzelnen Sektoren soll als Ausgangspunkt der Analyse dienen, zumal sich viele empirische Studien auf die Wiedergabe dieser Maßzahl als Indikator für den technischen Fortschritt beschränken. In der vorliegenden Arbeit können die errechneten Indices der Arbeitsproduktivität außerdem zu einem Vergleich mit den anderen Maßen für die Fortschrittskomponente herangezogen werden. Die geschilderten Unzulänglichkeiten, die mit der Verwendung der Arbeitsproduktivität als Indikator für die Fortschrittskomponente verbunden sind, werden an den empirischen Ergebnissen besonders deutlich.

Tabelle 5 Die Entwicklung der Arbeitsproduktivität (Produktion pro Beschäftigten)

Jahr	Landwirtschaft	Gewerbe	Übr. Bereiche	Gesamtwirtschaft
1850	530	597	1.110	634
1860	635	680	1.166	729
1870	676	851	1.305	831
1880	672	984	1.462	900
1890	808	1.113	1.643	1.054
1900	1.017	1.354	1.865	1.298
1910	1.008	1.582	2.163	1.461
1913	1.053	1.725	2.208	1.565

Das absolute Niveau der Arbeitsproduktivität ist in der Anfangsperiode in der Landwirtschaft und im Gewerbe nicht sehr unterschiedlich, dagegen liegt die Arbeitsproduktivität im dritten Sektor erheblich höher. Diese hohe Arbeitsproduktivität des dritten Sektors kann vorwiegend damit erklärt werden, daß in diesem sehr heterogenen Bereich einzelne Wirtschaftszweige (so z.B. die Eisenbahnen und die nichtlandwirtschaftlichen Wohnungen) außerordentlich kapitalintensiv sind und bei der Berechnung der Arbeitsproduktivität der durch das Zusammenwirken beider Produktionsfaktoren erzielte Output lediglich auf die Zahl der Beschäftigten bezogen wird. Auch in der Endperiode liegt die Arbeitsproduktivität des dritten Sektors noch über jener aller anderen Sektoren.

Für die Ermittlung der Fortschrittskomponente und den angestrebten Vergleich dieser partiellen Produktivitätsanalyse mit den Ergebnissen der Berechnung globaler Faktorproduktivitäten interessiert jedoch nicht so sehr das absolute Niveau, sondern vielmehr die Entwicklung der Arbeitsproduktivität im Zeitablauf.

Tabelle 6 Die Indices der Arbeitsproduktivität
(1850 = 100)

Jahr	Landwirtschaft	Gewerbe	Übr. Bereiche	Gesamtwirtschaft
1850	100	100	100	100
1860	120	114	105	115
1870	127	143	118	131
1880	127	165	132	142
1890	152	187	148	166
1900	192	227	168	205
1910	190	265	195	230
1913	199	289	199	247

durchschn.
jährl. Wa'-
rate
(1850-
1913)

1,09	1,70	1,09	1,44
------	------	------	------

Aus den Indexreihen geht hervor, daß sich die Arbeitsproduktivität aller Sektoren und der Gesamtwirtschaft im betrachteten Zeitraum zumindest verdoppelt hat. Dabei ist das Gewerbe mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate der Produktivität von 1,7 v.H. der führende Sek-

tor. Die hohen Zuwachsraten der Produktion in diesem Sektor sind offenbar nicht nur auf einen erhöhten Faktoreinsatz, sondern zu einem erheblichen Teil auf die steigende Arbeitsproduktivität zurückzuführen. In der Landwirtschaft, die lediglich eine durchschnittliche Wachstumsrate der Beschäftigten von 0,4 v.H. zu verzeichnen hat, war die Zunahme der Arbeitsproduktivität im Zeitablauf von noch größerer Bedeutung; die Erhöhung der Produktion um 1,5 v.H. jährlich kann als vorwiegend durch die Zunahme der Arbeitsproduktivität "bewirkt" interpretiert werden.¹ Im dritten Sektor hat die Arbeitsproduktivität über den gesamten Zeitraum die gleiche Zuwachsrate wie in der Landwirtschaft, wenn auch die Produktivitätssteigerung offenbar zeitlich etwas später einsetzt. Bei gleichen Zuwachsraten der Produktivität dieser beiden Sektoren liegt die Landwirtschaft auch in der Endperiode noch am niedrigsten im Niveau der Arbeitsproduktivität; dabei ist der Vorsprung des dritten Sektors zumindest zu einem Teil in dem hohen Kapitaleinsatz begründet.

Da sich die durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit im betrachteten Zeitraum erheblich verringert hat, liegt es nahe, alternativ zur Arbeitsproduktivität, definiert als Produktion pro Beschäftigten, jene Steigerung der Arbeitsproduktivität zu errechnen, die sich bei Einbeziehung der geleisteten Arbeitsstunden ergibt.

Über die durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit liegen nur unvollkommene Angaben vor. Bei HOFFMANN² findet sich eine Aufstellung der durchschnittlichen jährlichen Arbeitszeit der Gesamtwirtschaft für einzelne Jahre. Aus diesen Angaben wurde mittels Interpolation und Division durch 52³ die durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit für die zur Produktivitätsanalyse ausgewählten Jahre errechnet. Neben Angaben über die Arbeitszeit der Gesamtwirtschaft liegen nur noch Daten für die Industrie im genannten Zeitraum vor.⁴ Wird die Arbeitszeit der

¹ Man kann die Zuwachsrate der Produktion tautologisch aufspalten und sie als Summe der Wachstumsraten der Beschäftigten und der Arbeitsproduktivität interpretieren:

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \frac{\dot{A}}{A} + \frac{\left(\frac{\dot{Q}}{A}\right)}{\frac{Q}{A}}$$

Vgl. W.G.HOFFMANN, a.a.O., S.20.

² Vgl. W.G.HOFFMANN, a.a.O., S.19.

³ Da es in den frühen Jahren der Industrialisierung bis zum Beginn des ersten Weltkrieges noch kaum einen gesetzlichen oder vertraglichen Anspruch auf Urlaub gab, scheint es gerechtfertigt, 52 Arbeitswochen pro Jahr anzunehmen. Vgl. R.MEINERT: Die Entwicklung der Arbeitszeit in der deutschen Industrie 1820-1956, Dissertation Münster 1958, S.48; vgl. auch J.W. KENDRICK, a.a.O., S.86 ff.

⁴ R.MEINERT, a.a.O., S.48 ff.; vgl. auch W.G.HOFFMANN, a.a.O., S.213.

3. DIE ERGEBNISSE DER GLOBALEN PRODUKTIVITÄTSANALYSE

a. Die Indices der globalen Faktorproduktivität

Zur Errechnung von Indices der globalen Faktorproduktivität muß zunächst eine Basisperiode gewählt werden, für welche die Preise des Output und der Inputfaktoren bekannt sind. Für diese Periode muß dann die Gleichung

$Q_t = A_t \cdot w_t + K_t \cdot r_t$, nach der die Wertschöpfung einer Periode t gleich der Summe aus Arbeits- und Kapitalentlohnung ist, für die Gesamtwirtschaft und die einzelnen Sektoren gelten. Da sowohl die Zeitreihen der Wertschöpfung als auch des Kapitalbestands nur in konstanten Preisen von 1913 vorliegen, wird dieses Jahr als Basisperiode gewählt, d.h. daß bei der Berechnung der globalen Produktivitätsindices sowohl die Preise des Output als auch die Entlohnungssätze der Faktoren mit ihren Werten im Jahre 1913 konstant gehalten werden. Um eine Vergleichbarkeit mit den zuvor errechneten Indices der Arbeitsproduktivität herzustellen, werden die Indices der globalen Faktorproduktivität jeweils auf die Basis 1850=100 umgerechnet.

Da die Zeitreihen für die Wertschöpfung zu konstanten Preisen vorliegen, müssen nur noch die mit ihren konstanten Entlohnungssätzen gewichteten Inputmengen bestimmt werden. Die Entlohnungssätze für Arbeit und Kapital wurden ermittelt, indem das Arbeits- bzw. Kapitaleinkommen im Jahre 1913¹ durch die Zahl der Beschäftigten bzw. durch den Kapitalbestand dividiert wurden. Es ergibt sich ein durchschnittliches jährliches Arbeitseinkommen für die Gesamtwirtschaft in Höhe von 1.101,52 Mark und eine Durchschnittsverzinsung des Kapitals von 5,52 v.H. im Jahre 1913.

Bei der Berechnung der Faktorproduktivitäten der einzelnen Sektoren wurden nicht diese gesamtwirtschaftlichen Durchschnittsgrößen zugrundegelegt, sondern die Faktorentlohnungen für jeden Sektor nach dem oben beschriebenen Verfahren ermittelt.

Tabelle 11 Die durchschnittlichen Entlohnungssätze der Faktoren in den einzelnen Sektoren im Jahre 1913

Sektor	durchschnittl. jährl. Arbeitseinkommen	Durchschnittsverzinsung des Kapitals
Landwirtschaft ^a	682,00 Mark	7,46 v.H.
Gewerbe	1.290,56 Mark	7,33 v.H.
Übrige Bereiche	1.431,69 Mark	3,33 v.H.

^a Für den landwirtschaftlichen Sektor ist das durchschnittliche Arbeitseinkommen der unselbständig Beschäftigten angegeben.

¹ Vgl. W.G.HOFFMANN, a.a.O., S.506 ff.

Nach dieser Berechnung liegt das Durchschnittseinkommen in der Landwirtschaft am niedrigsten; die hohen Werte im dritten Sektor ergeben sich vorwiegend durch den hohen Prozentsatz der Beschäftigten im öffentlichen Dienst, die ein Durchschnittseinkommen von 2.830 Mark im Jahre 1913 und damit ein im Vergleich zu den Durchschnittsentlohnungen anderer Bereiche recht hohes Einkommen hatten.¹ Die Durchschnittsverzinsung des Kapitals, die als Quotient von Kapitaleinkommen im Jahre 1913 und vorhandenem Kapitalstock ermittelt wurde, gibt eine Vorstellung von der Rendite des eingesetzten Kapitals in den einzelnen Sektoren. Die niedrige Kapitalentlohnung im dritten Sektor kann durch die Zusammensetzung des Kapitalstocks in diesem Bereich erklärt werden, der u.a. öffentliche Gebäude, Eisenbahnen und nichtlandwirtschaftliche Wohnungen enthält, die nach den Angaben von HOFFMANN² eine niedrigere Rendite erzielten als das in anderen Bereichen eingesetzte Kapital.

Auf Grund der vorliegenden Daten können nun Indices der globalen Faktorproduktivität errechnet werden. Tabelle 12 und 13 zeigen die Entwicklung der globalen Faktorproduktivität in der Gesamtwirtschaft und in den einzelnen Sektoren; in Tabelle 14 werden die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten für einzelne Jahrzehnte sowie für den gesamten Zeitraum und die beiden Teilperioden von 1850 bis 1870 und 1880 bis 1913 wiedergegeben.

Tabelle 12 Die Entwicklung der globalen Faktorproduktivität in der Gesamtwirtschaft

	Arbeitsinput (Mill. Mark)	Kapitalinput (Mill. Mark)	gesamter Faktorinput (Mill. Mark)	Index der globalen Faktorproduktivität (1850=100)
1850	16.413	2.582	18.994	100
1860	17.481	3.076	20.557	113,3
1870	18.776	3.928	22.705	125,6
1880	21.631	5.187	26.818	132,6
1890	24.643	6.772	31.415	151,1
1900	28.141	9.349	37.490	178,1
1910	32.406	12.768	45.174	191,3
1913	34.112	14.124	48.236	202,2

¹ Vgl. W.G.HOFFMANN, a.a.O., S.484 ff.

² Vgl. ebenda, S.500 ff.

Errechnet man die Strukturkomponente der Kapitalproduktivität unter Zugrundelegung der konstanten sektoralen Produktivitäten des Jahres 1850, so ergibt sich ein Indexwert von 115, d.h. daß die Kapitalproduktivität der Gesamtwirtschaft sich bei gleichbleibender Kapitalstruktur des Jahres 1850 von 100 auf 83 verringert hätte, gegenüber einem tatsächlich beobachteten Rückgang auf 95. Der Struktureffekt hat also den Rückgang der gesamtwirtschaftlichen Kapitalproduktivität gemildert. Wählt man dagegen die sektoralen Produktivitäten der Endperiode 1913 als Basis, so errechnet sich eine Strukturkomponente von 99, d.h. daß bei konstanter Produktivitätsstruktur des Jahres 1913 die Kapitalproduktivität nur von 100 auf 96 zurückgegangen wäre (tatsächlicher Indexwert wiederum 95). Bei dieser Berechnungsweise hat der Struktureffekt also die negative Wirkung der Substitution auf die Kapitalproduktivität verstärkt.

Die divergierenden Ergebnisse für die Strukturkomponente bei unterschiedlicher Wahl der Basisperiode werden verständlich, wenn man die Kapitalproduktivität der einzelnen Sektoren in Verbindung mit dem variierenden Kapitalanteil dieser Sektoren betrachtet. So fällt bei der Wahl der Basisperiode 1850 die Strukturkomponente für den gesamten Zeitraum positiv aus, weil die Verlagerungen von der Landwirtschaft zum Gewerbe eine produktivitätserhöhende Wirkung haben, während die Zunahme des Kapitalanteils des dritten Sektors gegenüber der Ausgangsperiode keinen großen Einfluß hat, wenn man die noch relativ hohe Kapitalproduktivität des dritten Sektors in der Ausgangsperiode zugrundelegt. Das Bild verändert sich jedoch bei Berücksichtigung der Produktivitäten der Endperiode, da der höhere Anteil des dritten Sektors nun mit der sehr viel niedrigeren Kapitalproduktivität des Jahres 1913 und der höhere Anteil des Gewerbes mit einer geringeren Produktivität als in der Ausgangsperiode gewichtet wird.

Da die Strukturkomponente der Kapitalproduktivität für den betrachteten Zeitraum in so starkem Maße vom verwendeten Gewichtungsschema der sektoralen Produktivitäten abhängt, sind keine eindeutigen Aussagen über den Einfluß der Strukturveränderungen des Kapitalstocks auf die gesamtwirtschaftliche Kapitalproduktivität möglich. Darüber hinaus sind diese Ergebnisse nicht direkt verwendbar, wenn man die Bedeutung der Strukturveränderungen beider Inputfaktoren für die Entwicklung der globalen Faktorproduktivität ermitteln will. Da sich die bisher errechneten Strukturkomponenten der beiden partiellen Faktorproduktivitäten auf eine jeweils andere Berechnungsbasis (konstante Arbeits- bzw. Kapitalproduktivität der einzelnen Sektoren) beziehen, ist auch keine rechnerische Verknüpfung der Struktureffekte von Arbeits- und Kapitalproduktivität möglich.¹

¹ Vgl. S. 48 f. dieser Arbeit.

β.) Die Strukturkomponente der globalen Faktorproduktivität

Voraussetzung für die Berechnung der Strukturkomponente der globalen Faktorproduktivität ist die Annahme, daß sich die gesamtwirtschaftliche Produktivität als gewogenes arithmetisches Mittel der sektoralen Produktivitäten interpretieren läßt. Zu diesem Zweck müssen die sektoralen Produktivitäten in der Weise ermittelt werden, daß die Inputs mit den durchschnittlichen Entlohnungssätzen der Faktoren für die Gesamtwirtschaft gewichtet werden, damit für jede Periode die Gleichung

$$p_{g_t} = \sum p_{g_t}^k \frac{A_t^k \cdot w + K_t^k \cdot r}{A_t \cdot w + K_t \cdot r}$$

gilt. Im Gegensatz dazu wurden bei der vorherigen Analyse die Durchschnittsentlohnungen der einzelnen Sektoren im Jahre 1913 als Gewichte verwendet.

Tabelle 19 Sektoriale Indices der globalen Faktorproduktivität, bezogen auf den gesamtwirtschaftlichen Index mit Basis 1850=100

(Gewichtung der Faktormengen mit den durchschnittlichen Entlohnungssätzen der Gesamtwirtschaft im Jahre 1913)

Jahr	Landwirtschaft	Gewerbe	Übrige Bereiche	Gesamtwirtschaft
1850	84, 3	100, 8	150, 1	100, 0
1880	103, 8	162, 0	149, 9	132, 6
1913	153, 9	247, 3	178, 3	202, 2
durchschn. jährliche Wa'-Rate (1850-1913)	0, 9	1, 4	0, 4	1, 1

Vergleicht man die Zuwachsraten der sektoralen Produktivitäten nach den beiden Berechnungsmethoden, so ergeben sich divergierende Ergebnisse nur für den dritten Sektor (durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der globalen Faktorproduktivität bei Berücksichtigung der Durchschnittsentlohnungssätze der Gesamtwirtschaft von 0,4 v.H. gegenüber einer Wachstumsrate von 0,6 v.H. bei Gewichtung mit den Entlohnungssätzen für den dritten Sektor). Da die Entlohnungssätze der beiden Faktoren Arbeit und Kapital im dritten Sektor am stärksten von den ermittelten gesamtwirtschaftlichen Durchschnittsentlohnungssätzen abweichen, ist dieses Ergebnis plausibel. Für die Berechnung der Strukturkomponente wird angenommen, daß dieser Differenz keine große Bedeutung zukommt.

Tabelle 20 Der Anteil des Inputs an Arbeit und Kapital der einzelnen Sektoren am Faktorinput der Gesamtwirtschaft

Jahr	Landwirtschaft		Gewerbe		Übrige Bereiche		Gesamtwirtschaft
	Faktorinput Mill. M.	Ant. in v. H.	Faktorinput Mill. M.	Ant. in v. H.	Faktorinput Mill. M.	Ant. in v. H.	gesamter Faktorinput in Mill. Mark
1850	10.490	55,2	5.282	27,8	3.222	17,0	18.994
1880	12.447	46,4	8.899	33,2	5.472	20,4	26.818
1913	14.723	30,5	21.890	45,4	11.623	24,1	48.236

Berücksichtigt man die Strukturveränderung für beide Produktionsfaktoren gemeinsam, so zeigt sich, daß im Laufe der wirtschaftlichen Entwicklung der Anteil der Landwirtschaft an den zur Verfügung stehenden Produktionsfaktoren ständig abgenommen hat, nämlich von mehr als der Hälfte aller vorhandenen Inputfaktoren im Jahre 1850 auf weniger als ein Drittel im Jahre 1913. Dagegen ist der Anteil der beiden Sektoren Gewerbe und "Übrige Bereiche" um 63 bzw. 41 v.H. gegenüber der Ausgangsperiode gestiegen, so daß im Jahre 1913 fast 70 v.H. aller Produktionsfaktoren in diesen Bereichen eingesetzt sind. Da die Landwirtschaft sowohl in der Anfangs- als auch in der Endperiode die niedrigsten Werte der globalen Faktorproduktivität aufweist, muß sich der Struktureffekt der Faktorwanderungen auf jeden Fall positiv auf die Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen Produktivität ausgewirkt haben.

Tabelle 21 Die Aufspaltung des gesamtwirtschaftlichen Index der globalen Faktorproduktivität

Zeitraum	Basis der sektoralen Produktiv.	ges. w. Index ^a der globalen Faktorprod.	Index ^a der Strukturkomponente	Index ^a der sektoreninternen Prod. steigerung
1850-1913	1850	202	108	187
1880-1913	1880	133	107	124
1850-1913	1913	202	110	184

^a Indices in Zeilen 1 und 3 mit Basis 1850=100, Index in Zeile 2 mit Basis 1880=100.

Die Tabelle zeigt, daß sich die Indices der Strukturkomponenten der globalen Faktorproduktivität, errechnet mit unterschiedlicher Basis der sektoralen Produktivitäten, nicht so deutlich unterscheiden, wie dies bei den Strukturkomponenten der partiellen Faktorproduktivitäten der Fall war. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Entwicklung der globalen Produktivitäten der einzelnen Sektoren infolge der Berücksichtigung des Einsatzes der beiden Produktionsfaktoren nicht so sehr divergiert wie die der partiellen Produktivitäten. So schlägt sich insbesondere die Wirkung von Faktorsubstitutionen und die damit verbundene Produktivitätsveränderung in diesem Maß nicht nieder. Für die Strukturanalyse ergibt sich der Vorteil, daß die Aussagen über die Höhe der Strukturkomponente und deren Anteil an der gesamtwirtschaftlichen Produktivität eindeutiger sein können als bei den partiellen Produktivitätsberechnungen, da die Strukturkomponente nicht in so großem Ausmaß von der zugrundegelegten Basisperiode der sektoralen Produktivitäten abhängt.

Während sich der Index der Strukturkomponente für die Periode von 1850 bis 1913 auf einen Wert zwischen 108 (sektorale Produktivitäten von 1850) und 110 (sektorale Produktivitäten von 1913) erhöht hat, errechnen sich für den Index der sektoreninternen Steigerung der globalen Faktorproduktivität Werte zwischen 184 (sektorale Produktivitäten von 1913) und 187 (sektorale Produktivitäten von 1850). Bei gleichbleibender Verteilung der Produktionsfaktoren auf die einzelnen Sektoren hätte die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der globalen Faktorproduktivität lediglich 1,0 v.H. betragen gegenüber einer tatsächlichen Wachstumsrate von 1,1 v.H. bei Berücksichtigung der Faktorwanderungen.

bb. Die Berücksichtigung verbesserter Qualität des Faktors Arbeit

Soll die errechnete Steigerung der globalen Faktorproduktivität möglichst isoliert den Einfluß des technischen Fortschritts im engeren Sinne wiedergeben, so sollte man anstreben, auch jene Effizienzsteigerungen des Produktionsprozesses zu isolieren, die auf eine verbesserte Qualität der Inputfaktoren zurückzuführen sind. Da die für die Berechnung eines entsprechenden Qualitätsindex des Kapitals notwendigen Informationen für den zu untersuchenden Zeitraum nicht vorliegen, konzentriert sich die folgende Darstellung auf den Einfluß der Qualitätsverbesserungen des Faktors Arbeit auf die Entwicklung der globalen Faktorproduktivität.

α. Der Einfluß einer Reduktion der wöchentlichen Arbeitszeit auf die Produktivität

Hinsichtlich der Einbeziehung des Faktors Arbeit in das Maß der globalen Faktorproduktivität wurden bisher zwei Möglichkeiten nebeneinandergestellt: Der Input an Arbeit kann entweder durch die Zahl der Beschäf-

tigten oder durch die Zahl der geleisteten Arbeitsstunden gemessen werden. Die Verwendung dieser beiden Inputmaße führt zu unterschiedlichen Steigerungsraten der Faktorproduktivität, da in dem betrachteten Zeitraum die wöchentliche Arbeitszeit stark reduziert wurde. Berücksichtigt man den Zusammenhang zwischen der Länge der Arbeitszeit und der Produktivität pro Beschäftigtenstunde und interpretiert die höhere Arbeitsleistung infolge verkürzter Arbeitszeit als Qualitätsverbesserung des Faktors Arbeit, so bietet sich die Möglichkeit, ein im Hinblick auf die Isolierung des technischen Fortschritts eindeutigeres Inputmaß für den Faktor Arbeit zu konstruieren.

Der Zusammenhang zwischen der Höhe der wöchentlichen Arbeitszeit und der Produktivität ergibt sich durch die begrenzte physische Leistungsfähigkeit der Arbeitskräfte und die daraus resultierende Abnahme der Arbeitseffizienz im Laufe des Arbeitstages. Bei einer Verkürzung der täglichen Arbeitszeit um einen bestimmten Prozentsatz wird sich die Produktion nicht notwendigerweise in dem gleichen Maße verringern, da die Produktion pro Arbeitsstunde sich infolge der kürzeren Arbeitszeit erhöht. Die Erhöhung des Output pro Beschäftigtenstunde kann mehrere Ursachen haben: Einmal werden auf Grund der sinkenden Grenzproduktivität der Arbeit mit erhöhter Arbeitsdauer durch die Verkürzung der Arbeitszeit die Stunden mit der niedrigsten Grenzproduktivität eliminiert, zum anderen kann das Arbeitstempo bei kürzerer Arbeitszeit erhöht werden, der Gesundheitszustand der Arbeitskräfte kann sich verbessern, und die Zahl von Unfällen und Arbeitsunterbrechungen sowie die Höhe der Ausschussproduktion werden sich verringern.¹ Die Produktion kann sogar trotz einer Verringerung der wöchentlich geleisteten Arbeitsstunden ansteigen, wenn die wöchentliche Arbeitszeit zuvor so hoch war, daß der Ausfall an Arbeitsstunden durch die Produktivitätssteigerung der Arbeit in der verbleibenden kürzeren Zeit überkompensiert wird.²

Man nimmt allgemein den folgenden Verlauf der Arbeitsproduktivität, bezogen auf die Zahl der Beschäftigten, bei einer Arbeitszeitverkürzung an:³ Bei einer sehr hohen wöchentlichen Arbeitszeit von mehr als 70

¹ Vgl. L.G. REYNOLDS: Labor Economics and Labor Relations, 2. Aufl., Englewood Cliffs, o. J., S. 254.

² Dabei kann ein Teil der Produktivitätssteigerung u. U. auch auf eine Reorganisation des Produktionsprozesses zurückzuführen sein, welche mit dem Ziel erfolgt, die mit der Arbeitszeitverkürzung meist verbundene Erhöhung der Stundenlöhne aufzufangen. Es ist jedoch nicht möglich, diese beiden Effekte zu trennen, so daß hier der gesamte Effekt der Arbeitszeitverkürzung einer Verbesserung der Arbeitsqualität zugeschrieben wird.

³ Vgl. P.J. VERDOORN: Arbeidsduur en Welvaartspel, Leiden 1947, S. 160 ff.; F. HARTOG: Wirtschaftliche Probleme der Arbeitszeitverkürzung, ZfdgStW, Bd. 112 (1956), S. 675; L.G. REYNOLDS, a.a.O., S. 252 ff.; E.F. DENISON: The Sources of Economic Growth, a.a.O., S. 40 ff.; Forts. s. n. Seite

Stunden kann sich eine Verkürzung der Arbeitszeit zunächst so positiv auf die Arbeitsproduktivität auswirken, daß die Produktion steigt. Bei sukzessiver Verringerung der Arbeitszeit wird mit abnehmenden Zuwachsraten der Arbeitsproduktivität schließlich ein Punkt erreicht, in dem die Elastizität der Produktion pro Beschäftigtenstunde in bezug auf die Verringerung der Arbeitszeit - 1 beträgt, d.h. daß die Produktion konstant bleibt. Bei weiterer Arbeitszeitverkürzung wird zwar die Produktion je Beschäftigtenstunde noch ansteigen, die Produktion pro Beschäftigten sinkt jedoch, wenn auch zunächst unterproportional zur Arbeitszeitverringerung.¹

Zur quantitativen Bestimmung des Einflusses von Arbeitszeitverkürzungen auf die Produktion in dem hier zu betrachtenden Zeitraum von 1850 bis 1913 sind einmal Informationen über jene Höhe der wöchentlichen Arbeitszeit nötig, bei der die Produktion mit einer gegebenen Anzahl von Arbeitskräften maximal ist. Darüber hinaus muß die Entwicklung der Produktion pro Beschäftigtenstunde für den relevanten Bereich der Zahl wöchentlicher Arbeitsstunden bekannt sein.

Eine umfassende Arbeit, die den Zusammenhang von Produktivitätsentwicklung und Arbeitszeit für jene hohe Anzahl wöchentlicher Arbeitsstunden untersucht, wie sie in dem hier betrachteten Zeitraum vorliegen, stammt von VERDOORN, der sich auf verschiedene weitere empirische Untersuchungen stützt.² VERDOORN geht bei seiner Untersuchung von einer in bezug auf den Output maximalen Arbeitszeit von 60 Stunden aus.³ Eine Erhöhung der Arbeitszeit über diese Zahl hinaus wird nach seiner Meinung die Gesamtproduktion verringern, d.h. für unsere Argumentation, daß sich bei einer Verringerung der Arbeitszeit von den anfänglichen Werten des Jahres 1850 von 84 bzw. 75 Stunden pro Woche eine Erhöhung des Output allein als Folge der verkürzten Arbeitszeit ergeben wird. In den von VERDOORN zitierten empirischen Analysen wurden die Werte der Elastizität des Output pro Beschäftigtenstunde in bezug auf die Höhe der Arbeitszeit im relevanten Bereich zwischen -2,4 und -0,78

Forts. d. Fußn. ³ v. Vorseite

E.F. DENISON: Why Growth Rates Differ, a.a.O., S. 59 ff.; E. MICHANEK und J. OHLSSON: Verkürzung der Arbeitszeit, Schwedische Untersuchungen, Göttingen 1958, S. 119 ff.

¹ Die neueren Untersuchungen über den Einfluß von Arbeitszeitverkürzungen auf die Produktivität beziehen sich fast ausschließlich auf jenen Bereich, in dem die wöchentliche Arbeitszeit bereits so niedrig ist, daß mit einer weiteren Reduktion der Arbeitszeit in jedem Fall eine Verringerung der Produktion verbunden ist. Von aktuellem Interesse ist dann vor allem die Frage, wann mit einer Arbeitszeitverkürzung keine Produktivitätssteigerung mehr erzielt wird. Vgl. die zahlreichen Quellenangaben bei E.F. DENISON: Why Growth Rates Differ, a.a.O., S. 59.

² Vgl. P.J. VERDOORN, a.a.O., S. 160 ff.

³ DENISON und REYNOLDS nehmen dagegen die Höhe der wöchentlichen Arbeitszeit, die zu einem maximalen Output führt, mit 40 bis 50 Stunden an.

errechnet, wobei die Höhe der Elastizität entscheidend von der Art der Arbeit abhängt.¹

Es scheint demnach nicht unrealistisch, im folgenden sowohl für den gewerblichen Sektor als auch für die Gesamtwirtschaft alternativ anzunehmen, daß im Bereich von 84 bis 60 Stunden pro Woche bei einer Verkürzung der Arbeitszeit um 1 v.H. die Produktion pro Arbeitsstunde um 1,2 bzw. 1,5 v.H. steigt. Bei einer Arbeitszeit von 60 Stunden pro Woche soll bei einer Arbeitszeitverkürzung der zu erwartende Produktionsausfall voll durch die Produktivitätssteigerung kompensiert werden, d.h. für den Bereich von 60 Stunden wöchentlicher Arbeitszeit (sowie auch bis zu 56 Stunden) wird eine Elastizität der Produktion pro Beschäftigtenstunde in bezug auf die Arbeitszeit von -1 unterstellt.

Mit Hilfe dieser Annahme über den Zusammenhang zwischen der Höhe der wöchentlichen Arbeitszeit und dem Output pro Beschäftigtenstunde lassen sich nun Maße für den Arbeitsinput konstruieren, welche die erhöhte Arbeitsproduktivität als Folge verkürzter Arbeitszeit berücksichtigen. Wenn man diese Produktivitätssteigerung als Qualitätsverbesserung des Faktors Arbeit interpretiert, so sind die zu errechnenden Inputmaße dadurch gekennzeichnet, daß sie den Faktor Arbeit unter der Annahme konstanter Qualität des Jahres 1850 wiedergeben. Diese Inputmaße unterstellen also, daß eine Einheit Arbeit, wie sie unter Berücksichtigung des Zusammenhangs von Arbeitszeit und Produktivität neu berechnet wird, immer den gleichen Beitrag zur Produktion leistet, unabhängig von der Länge der wöchentlichen Arbeitszeit.² Die Reihe des Arbeitsinputs bei konstanter Qualität des Faktors Arbeit wird durch Multiplikation der tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden mit dem Index der Qualitätsverbesserung der Beschäftigtenstunden errechnet.

Betrachtet man die Veränderung des Output infolge der verkürzten Arbeitszeit als allein abhängig von der damit verbundenen Effizienzsteigerung der Arbeit³, so kann man den Index der globalen Faktorproduktivität neu berechnen, indem man das neue Inputmaß für den Faktor Arbeit mit den vorhandenen Daten über den Kapitaleinsatz kombiniert. Die Ergebnisse dieser Berechnung für die Gesamtwirtschaft und den gewerblichen Sektor finden sich in den Tabellen 22 und 23.

¹ Die Elastizität wird um so höhere absolute Werte erreichen, je mehr physische Anstrengung mit der Tätigkeit verbunden ist und je weniger die menschliche Arbeit mit der Leistung einer Maschine gekoppelt ist. Vgl. P.J. VERDOORN, a.a.O., S.161 ff.

² Vgl. E.F. DENISON: The Sources of Economic Growth, a.a.O., S.35.

³ Vgl. ebenda, S.41.

Tabelle 22 Die globale Faktorproduktivität der Gesamtwirtschaft unter Berücksichtigung der veränderten Qualität der Arbeit infolge verringerter Arbeitszeit

Jahr	durchschn. wöchentl. Arbeitszeit in Std.	Reduktion der Arbeitszeit in v.H. gegenüber der Ausgangs- periode 1850	Qualitätsindex der Arbeit ^a		Arbeitsinput in Mill. Mark		Index der globalen Faktorproduktivität	
			$\eta = -1,2$	$\eta = -1,5$	$\eta = -1,2$	$\eta = -1,5$	$\eta = -1,2$	$\eta = -1,5$
1850	75,4	0	100	100	19.567	19.567	100	100
1860	74,9	0,66	100,8	101,0	20.874	20.915	113,1	113,1
1870	73,6	2,39	102,9	103,7	22.505	22.680	125,5	124,6
1880	71,5	5,17	106,5	108,1	26.064	26.455	132,5	130,9
1890	69,6	7,69	110,0	112,4	29.843	30.494	150,8	148,2
1900	67,0	11,14	115,0	118,7	34.301	35.404	177,8	173,5
1910	64,2	14,85	120,9	126,1	39.778	41.489	191,6	185,5
1913	63,3	16,05	122,9	128,6	41.924	43.868	202,5	195,7

^a Index des Output pro Beschäftigtenstunde infolge verringerter Arbeitszeit

Tabelle 23 Die globale Faktorproduktivität des gewerblichen Sektors unter Berücksichtigung der veränderten Qualität der Arbeit infolge verringerter Arbeitszeit

Jahr	durchschn. wöchentl. Arbeitszeit in Std.	Reduktion der Arbeitszeit in v.H. gegenüber der Ausgangs- periode 1850	Qualitätsindex der Arbeit ^a		Arbeitsinput in Mill. Mark		Index der globalen Faktorproduktivität	
			$\eta = -1,2$	$\eta = -1,5$	$\eta = -1,2$	$\eta = -1,5$	$\eta = -1,2$	$\eta = -1,5$
1850	84	0	100	100	8.539	8.539	100	100
1860	80	4,76	105,9	107,5	10.224	10.379	112,3	109,7
1870	75	10,71	115,1	116,8	11.977	12.154	136,6	134,9
1880	69	17,86	126,1	132,5	14.617	15.359	155,1	148,2
1890	65,2	22,38	134,6	143,2	19.502	20.748	170,5	161,3
1900	61	27,38	145,2	156,5	24.797	26.727	197,9	185,6
1910	58	30,95	153,1	165,3	29.822	32.198	223,9	209,9
1913	56	33,30	158,6	171,2	31.938	34.476	241,7	226,4

^a Index des Output pro Beschäftigtenstunde infolge verringerter Arbeitszeit

Tabelle 24 dient einem Vergleich der nun vorliegenden unterschiedlichen Ergebnisse für die globale Faktorproduktivität.

Tabelle 24 Die Entwicklung der globalen Faktorproduktivität bei alternativer Einbeziehung des Faktors Arbeit (Zeitraum von 1850 bis 1913)

Maß für den Mengeneinsatz des Faktors Arbeit	Gesamtwirtschaft		Gewerbe	
	Produktions- index 1850=100	durchschn. jährliche Wa' -rate	Produktions- index 1850=100	durchschn. jährliche Wa' -rate
Zahl der Be- schäftigten	202, 2	1, 1	241, 1	1, 4
Zahl der ge- leisteten Ar- beitsstunden	235, 4	1, 3	351, 7	2, 0
Zahl der Ar- beitsstunden bei Berück- sichtigung d. Qualitäts- veränderung				
$\eta = -1, 2$	202, 5	1, 1	241, 7	1, 4
$\eta = -1, 5$	195, 7	1, 0	226, 4	1, 3

Die Gegenüberstellung der verschiedenen Indexwerte und Wachstumsraten zeigt, daß der Produktivitätsindex, der die Zahl der Beschäftigtenstunden als Inputmaß verwendet, erheblich reduziert wird, wenn man den Einfluß der Qualitätsverbesserung der Arbeit infolge verkürzter Arbeitszeit berücksichtigt. Die Werte dieses modifizierten Produktivitätsindex liegen nun nahe an jenen Indexwerten, die ursprünglich unter Einbeziehung der Zahl der Beschäftigten ermittelt wurden. Dieses Ergebnis wird plausibel, wenn man die Annahmen aufzeigt, die mit der Verwendung der einzelnen Inputmaße für den Faktor Arbeit verbunden sind.

Mit der Verwendung der Zahl der geleisteten Arbeitsstunden als Inputmaß wird unterstellt, daß die Qualität einer Arbeitsstunde nicht von der Länge der Arbeitszeit pro Woche beeinflusst wird.¹ Jede Qualitätsver-

¹ Vgl. E.F. DENISON: Why Growth Rates Differ, a.a.O., S.60.

besserung, die in der Realität auf Grund der erheblichen Arbeitszeitverkürzung zu beobachten ist, aber bei dieser Art der Berechnung nicht berücksichtigt wird, schlägt sich in einer Steigerung des Index der globalen Faktorproduktivität nieder, dessen Werte folgerichtig über denen der anderen Berechnungsmethoden liegen. Wird der Arbeitsinput dagegen durch die Zahl der Beschäftigten gemessen, so ist damit die Annahme verbunden, daß die Arbeitszeitverkürzung voll durch einen höheren Output pro Stunde kompensiert wird, d.h. für die Elastizität der Produktion pro Beschäftigtenstunde in bezug auf die Länge der wöchentlichen Arbeitszeit wird ein Wert von - 1 unterstellt. Bei dem in der vorliegenden Analyse angenommenen Wert der entsprechenden Elastizität von - 1, 2 weichen die errechneten Indices der globalen Faktorproduktivität nur unwesentlich von jenen ab, die unter Einbeziehung der Zahl der Beschäftigten errechnet wurden. Mit diesem nur geringfügig von - 1 abweichenden Wert der Elastizität wird also praktisch eine Kompensation des durch die Arbeitszeitverkürzung hervorgerufenen Produktionsausfalls durch einen höheren Output pro Beschäftigtenstunde erzielt. Nimmt man dagegen für diese Elastizität einen Wert von - 1, 5 an, so wird der Erhöhung der Arbeitsqualität eine größere Bedeutung beigemessen, so daß der Index der globalen Faktorproduktivität eine etwas geringere Steigerung aufweist. Wenn die Annahme einer Elastizität von - 1, 5 als realistisch angesehen werden kann, so reduziert sich durch die Berücksichtigung verbesserter Arbeitsqualität die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der globalen Faktorproduktivität in beiden Bereichen um 0, 1 v.H. gegenüber der unter Einbeziehung der Zahl der Beschäftigten errechneten Produktivitätszuwachsrate.

Eine Überprüfung der angenommenen Werte der Elastizitäten ist mit dem zur Verfügung stehenden Material zwar nicht möglich, man kann jedoch mit der gebotenen Vorsicht die Aussage wagen, daß für den betrachteten Zeitraum mit der anfänglich hohen Zahl wöchentlicher Arbeitsstunden bei der Berechnung der globalen Faktorproduktivität dem Zusammenhang zwischen der Länge der wöchentlichen Arbeitszeit und der Höhe der Produktion je Arbeitsstunde zumindest in der Weise Rechnung zu tragen ist, daß man eine Kompensation des Produktionsausfalls infolge verkürzter Arbeitszeit durch höhere Arbeitseffizienz in der verbleibenden Zeit annimmt. Als durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der globalen Faktorproduktivität, die von Veränderungen der Arbeitsqualität infolge verkürzter Arbeitszeit abstrahiert, können demnach für die Gesamtwirtschaft ein Wert zwischen 1, 0 und 1, 1 v.H. und für den gewerblichen Sektor 1, 3 bis 1, 4 v.H. angenommen werden.

β. Der Einfluß verbesserter Ausbildung auf die Qualität des Faktors Arbeit

Die in neueren Untersuchungen allgemein angewandte Methode zur Berücksichtigung verbesserter Ausbildung der Arbeitskräfte und der damit

verbundenen Qualitätssteigerung des im Produktionsprozeß eingesetzten Faktors Arbeit beruht auf dem zuvor geschilderten Verfahren, bei dem mit Hilfe von Querschnittsanalysen die Einkommensdifferenzen von Personen mit unterschiedlicher Ausbildung ermittelt und der Berechnung von Qualitätsveränderungen der Arbeit zugrundegelegt werden.¹ Ein solches Verfahren, das sich für die Ermittlung des Einflusses verbesserter Ausbildung auf die Höhe der Fortschrittskomponente eignet, wurde von DENISON entwickelt und für empirische Untersuchungen dieser Wachstumsquelle eingesetzt.² Da für den hier zu untersuchenden Zeitraum weder Querschnittsanalysen über die Einkommensunterschiede bei verschieden langer Ausbildungsdauer der Arbeitskräfte³ noch Angaben über die Zusammensetzung des Arbeitskräftepotentials hinsichtlich der Ausbildung vorliegen, ist das von DENISON vorgeschlagene Verfahren nicht direkt anwendbar. Im folgenden wird dargelegt, wie dieses Verfahren durch einige zusätzliche Annahmen so erweitert werden kann, daß es sich für die Untersuchung des vorhandenen Zahlenmaterials eignet. Die anschließende empirische Analyse hat die Aufgabe, die Bedeutung verbesserter Ausbildung der Arbeitskräfte für das wirtschaftliche Wachstum exemplarisch aufzuzeigen und ihren Einfluß auf die ermittelte Steigerung der globalen Faktorproduktivität annähernd quantitativ zu bestimmen.

Für den Zeitraum von 1865 bis 1913 liegt die Reihe der öffentlichen Ausgaben für Schulen und Hochschulen in laufenden Preisen vor⁴ (vgl. Tabelle 26), die als Ausgangspunkt der Analyse dienen kann. Da sich die Angaben über die Qualitätsverbesserung des Faktors Arbeit in DENISON's Untersuchung auf die Ausbildung der Arbeitskräfte, gemessen durch die Zahl der absolvierten Schuljahre, nicht dagegen auf die Höhe der öffentlichen Bildungsausgaben beziehen, müssen die Bildungsausgaben in Schuljahre umgerechnet werden. Eine solche fiktive Reihe der jährlich absolvierten Schuljahre kann durch Division der öffentlichen Ausgaben für Schulen und Hochschulen durch die öffentlichen Aufwendungen je Schüler und Jahr konstruiert werden.

¹ Vgl. S. 53 f. dieser Arbeit.

² Vgl. E.F. DENISON: The Sources of Economic Growth, a.a.O., S. 67 ff.; derselbe: Why Growth Rates Differ, a.a.O., S. 78 ff.

³ Die erste deutsche Untersuchung dieser Art ist, für die Bundesrepublik mit den Ergebnissen des Mikrozensus vom April 1964 und dessen Auswertung gegeben. - Vgl. H. KULLMER und W. KRUG: Beziehungen zwischen beruflicher Ausbildung und Nettoeinkommen der ausgebildeten Personen, WiSta, 19. Jg. NF (1967), S. 570 ff.

⁴ Vgl. W.G. HOFFMANN, a.a.O., S. 728.

Tabelle 25 Öffentliche Aufwendungen je Schüler und Jahr in den öffentlichen Volksschulen

Jahr	Ausgaben in Mark (lfd. Preise)
1867	12, 48
1871	13, 97
1878	23, 04
1886	23, 58
1891	29, 11
1901	47, 00
1906	54, 00
1911	65, 00

Quellen: Angaben für die Jahre 1867, 1871, 1886 und 1891 in: Statistisches Handbuch für den Preussischen Staat, Bd. II. Berlin 1893, S. 459.

Angaben für die übrigen Jahre in: Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich, 29. Jg. (1908), S. 253 und 34. Jg. (1913), S. 300 ff.

Es liegen nur Angaben über die öffentlichen Aufwendungen für einen Volksschüler in einzelnen Jahren vor, die Ausgaben für Schüler der mittleren und höheren Schulen sowie für Studenten werden wohl wesentlich höher sein.¹ Da das Schwergewicht der Ausbildung in dem betreffenden Zeitraum bei den Volksschulen liegt und Informationen über jährliche Ausgaben für Mittel- und Oberschüler bzw. Studenten nur ganz vereinzelt verfügbar sind, wird die Anzahl der jährlich von der öffentlichen Hand finanzierten Schuljahre mit Hilfe der Aufwendungen je Volksschüler pro Jahr errechnet. Die leichte Überschätzung der Anzahl der Schuljahre, die mit diesem Verfahren verbunden ist, wird vermutlich zumindest zu einem Teil durch die Vernachlässigung der Ausgaben für private Bildungsinstitutionen aufgewogen.²

¹ Vgl. K. BORCHARDT: Zum Problem der Forschungs- und Ausbildungsinvestitionen im 19. Jahrhundert, in: H. AUBIN u.a. (Hrsg.): Beiträge zur Wirtschafts- und Stadtgeschichte, Festschrift für Hektor AMMANN, Wiesbaden 1965, S. 386.

² Es handelt sich dabei im wesentlichen um private Mittelschulen, in denen im betrachteten Zeitraum etwa 30 v.H. der Schüler dieser Bildungsinstitution unterrichtet wurden. Vgl. W. KRUG: Das immaterielle Kapital und seine statistische Erfassung. Diss. Erlangen 1966, S. 146.

diese für alle Bereiche gleiche Differenz der Wachstumsraten der beiden Produktivitätsindizes plausibel. Ob die Annahme, daß die erhöhten Bildungsausgaben die Qualität der Arbeitskräfte in allen Sektoren der Volkswirtschaft in der gleichen Weise erhöhen, realistisch ist, kann allerdings bezweifelt werden. Es sind jedoch keine Angaben über die Struktur der in den einzelnen Bereichen Beschäftigten hinsichtlich ihres Ausbildungsstandes verfügbar. Aus diesem Grunde wird die Annahme der gleichen Verteilung der Arbeitskräfte mit längerer Ausbildung auf die einzelnen Sektoren beibehalten, obgleich wohl insbesondere für den landwirtschaftlichen Sektor keine so starke Qualitätsverbesserung der Arbeitskräfte unterstellt werden kann.

Angesichts des unterschiedlichen Zuwachses der sektoralen Produktivitätsindizes hat die Berücksichtigung der verbesserten Qualität des Faktors Arbeit in den einzelnen Bereichen der Volkswirtschaft nicht die gleiche Bedeutung für die Erklärung der Fortschrittskomponente. In der Gesamtwirtschaft und im gewerblichen Sektor sind 16 v.H. der ursprünglich errechneten Produktivitätssteigerung dem Einfluß verbesserter Ausbildung zuzuschreiben, in der Landwirtschaft und in den "Übrigen Bereichen" liegt dieser Anteil bei 19 bzw. 22 v.H. des gesamten Produktivitätszuwachses im Zeitraum von 1870 bis 1913.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß durch die Einbeziehung der verbesserten Ausbildung der Arbeitskräfte der ursprünglich errechnete Index der globalen Faktorproduktivität als Indikator der Fortschrittskomponente um einen Anteil von 16 bzw. 22 v.H. reduziert und - wenn auch unter Berücksichtigung der verwendeten Prämissen - dem Einfluß der verbesserten Arbeitsqualität zugeordnet werden kann.

bc. Die veränderte Kapazitätsauslastung des Faktors Kapital

Im Rahmen der vorliegenden empirischen Analyse wurden die globalen Faktorproduktivitäten nicht für jedes Jahr, sondern lediglich für einzelne Perioden im Zehnjahres-Abstand errechnet. Da die Konjunkturzyklen, in deren Verlauf sich die Kapazitätsauslastung des Kapitals verändern kann, im Zeitraum von 1850 bis 1913 nach der Untersuchung von SPIETHOFF¹ im allgemeinen eine Länge von weniger als zehn Jahren haben, würde die unterschiedliche Kapazitätsauslastung bei den Berechnungen für die einzelnen Jahrzehnte dann nicht ins Gewicht fallen, wenn angenommen werden könnte, daß es sich bei den ausgewählten Jahren um solche Perioden handelt, welche eine konjunkturrell gleiche Situation widerspiegeln. Eine Betrachtung der Zeitreihen der Produktion und der Kapitalkoeffizienten im Zusammenhang mit den von SPIETHOFF für diesen Zeitraum angegebenen Konjunkturzyklen zeigt jedoch, daß die gewählten Perioden nicht immer in die gleiche Konjunkturphase fallen. Außerdem ver-

¹ Vgl. A. SPIETHOFF, a.a.O., S.60.

läuft die Entwicklung der globalen Faktorproduktivitäten nicht stetig, sondern für die einzelnen Jahrzehnte sind erhebliche Schwankungen der Wachstumsraten zu beobachten.

Daher ist zu untersuchen, ob sich durch eine Korrektur der Kapitaldaten an die unterschiedliche Kapazitätsauslastung eine Veränderung der Indizes der globalen Faktorproduktivität ergibt. Zur Bestimmung des Auslastungsgrades des Kapitalstocks bietet sich auf Grund des vorliegenden Datenmaterials das Verfahren von KRENGEL¹ an, das die Kapazitätsauslastung mit Hilfe der im Konjunkturverlauf variierenden Kapitalkoeffizienten errechnet. Da die Kapitalkoeffizienten der einzelnen Sektoren im betrachteten Zeitraum nicht konstant sind und auch der gesamtwirtschaftliche Kapitalkoeffizient systematische Veränderungen aufweist², muß ein modifiziertes Verfahren verwendet werden, das der Veränderung der Kapitalkoeffizienten im Zeitablauf Rechnung trägt. Der Auslastungsgrad des Kapitalstocks wird dann in der Weise errechnet, daß die Trendwerte der jeweils niedrigsten Kapitalkoeffizienten, die durch lineare Interpolation zwischen den niedrigsten Kapitalkoeffizienten zweier Konjunkturzyklen ermittelt wurden, dem tatsächlich beobachteten Kapitalkoeffizienten für die betreffende Periode gegenübergestellt werden. Der Quotient aus dem niedrigsten Kapitalkoeffizienten, der die Vollausslastung der Kapazitäten anzeigen soll, und dem tatsächlich beobachteten Kapitalkoeffizienten gibt den Auslastungsgrad an (vgl. Tabelle 30).

Da der Kapitalkoeffizient der Anfangs- und Endperiode des betrachteten Zeitraums von 1850 bis 1913 in fast allen Fällen den niedrigsten Wert für die benachbarten Jahre repräsentiert - zumindest soweit die Informationen auf Grund des vorliegenden Zahlenmaterials reichen -, kann für diese beiden Perioden eine Vollausslastung der Kapazitäten angenommen werden. Lediglich für den gewerblichen Sektor wurden auch für die Anfangs- und Endperiode geringfügig von 100 abweichende Auslastungskoeffizienten ermittelt. Dieses Vorgehen hat zur Folge, daß die über den gesamten Beobachtungszeitraum berechnete Produktivitätssteigerung durch die Einbeziehung unterschiedlicher Kapazitätsauslastung keine Veränderung erfährt. Diese kann sich lediglich in der Entwicklung der globalen Faktorproduktivität zwischen den Teilperioden niederschlagen.

In Tabelle 31 sind die globalen Produktivitätsindizes, die unter Berücksichtigung der veränderten Kapazitätsauslastung des Kapitals errechnet wurden, wiedergegeben, und in Tabelle 32 werden die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten dieser Indizes den ursprünglich ermittelten Werten gegenübergestellt. Dabei zeigt sich, daß die Wachstumsraten der beiden Indexreihen sich in einzelnen Teilperioden deutlich unter-

¹ Vgl. S. 56 f. dieser Arbeit.

² Vgl. E. HELMSTÄDTER: Der Kapitalkoeffizient. Eine kapitaltheoretische Untersuchung, Stuttgart 1969, S. 53 ff. und S. 107 ff.

chen jährlichen Wachstumsrate für den Gesamtzeitraum erheblich abweichen, an die allgemeine Entwicklungsrichtung anzugleichen. Errechnet man die Streuung der jährlichen Wachstumsraten in den einzelnen Zehnjahresperioden um die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate für den Gesamtzeitraum, so zeigt sich, daß diese nach Berücksichtigung der unterschiedlichen Kapazitätsauslastung des Kapitals in der Gesamtwirtschaft um 20 v.H. und im landwirtschaftlichen Sektor um 24 v.H. abnimmt. Dagegen ist für das Gewerbe und den dritten Sektor, die sich von vornherein durch eine relativ stetige Entwicklung der Produktivitätsindices auszeichnen, keine Reduktion der Streuung festzustellen.

Durch die Einbeziehung der Schwankungen des Auslastungsgrades in die Produktivitätsanalyse wird bei dem vorliegenden Material und den unvollständigen Informationen - insbesondere was die Anfangs- und Endperiode des betrachteten Zeitraums betrifft - die Wachstumsrate der globalen Faktorproduktivität über die gesamte Beobachtungsperiode nicht modifiziert. Darüber hinaus scheint mit der Auswahl der Zehnjahresperioden bereits ein Teil der sich u. U. jährlich verändernden Kapazitätsauslastung bereits berücksichtigt zu sein. Dies gilt insbesondere für den gewerblichen und den dritten Sektor. Dagegen hat die modifizierte Produktivitätsberechnung zwar für die Landwirtschaft und die Gesamtwirtschaft eine ausgeglichene Entwicklung der Produktivitätsindices im Zeitablauf zur Folge, die Streuung der Wachstumsraten im landwirtschaftlichen Sektor ist jedoch auch nach der Berücksichtigung der unterschiedlichen Kapazitätsauslastung noch erheblich. Diese unetige Entwicklung des Index der globalen Faktorproduktivität kann u. U. darauf zurückzuführen sein, daß in der Landwirtschaft die veränderte Kapazitätsauslastung des Kapitals im Konjunkturverlauf nur eine im Vergleich zu den anderen Sektoren relativ unbedeutende Ursache für die Schwankungen der Produktivitätszuwachsrate ist. Dagegen kommt den unterschiedlichen Erntebedingungen in den einzelnen Jahren gewiß eine größere Bedeutung für die unterschiedlichen jährlichen Wachstumsraten der Produktion und der Produktivität zu. Entsprechend dem unterschiedlichen Ernteaufschlag wird vor allem die Zahl der Beschäftigten durch die Einstellung von Teilzeit- und Saisonarbeitskräften stark variieren. Demgegenüber wird sich in der Nutzung des Kapitalstocks keine so große Veränderung zeigen, da der Kapitalstock, dessen Zahlen HOFFMANN ausweist, neben den landwirtschaftlichen Geräten und Maschinen, dem Viehbestand und den Vorräten auch die Gebäude einschließlich der landwirtschaftlichen Grundstücke enthält, bei denen eine vom Ernteaufschlag unabhängige Nutzung angenommen werden kann. Das vorliegende Zahlenmaterial gestattet jedoch keine weitere Berücksichtigung der auf Grund unterschiedlicher Ernteergebnisse variierenden Nutzung der Produktionsfaktoren.

4. DIE BERECHNUNG DER FORTSCHRITTSKOM- PONENTE ALS PARAMETER EINER PRODUK- TIONSFUNKTION

a. Die empirischen Ergebnisse für die Fortschrittskomponente von Cobb-Douglas-Funktionen

Zum Vergleich mit den im Rahmen der Produktivitätsanalyse ermittelten Ergebnissen für die Fortschrittskomponente werden nun die Parameter des technischen Fortschritts für eine Cobb-Douglas-Funktion ermittelt. Auf Grund der vorangegangenen theoretischen Erörterungen über die Schätzung der Fortschrittskomponente mit Hilfe von Zeitreihen, die einmal eine hohe Interkorrelation aufweisen und zum anderen noch mit erheblichen Meßfehlern behaftet sein können, erscheint das SOLOW'sche Verfahren zur Ermittlung der Fortschrittskomponente für die vorliegende Analyse als angemessen. Dieses Verfahren impliziert die zuvor aufgezeigten Annahmen über die Eigenschaften der Produktionsfunktion und unterstellt vollkommene Konkurrenz auf den Faktormärkten.

Analog zur Errechnung der Indices der globalen Faktorproduktivität werden die Wachstumsraten der Fortschrittskomponente nach dem Verfahren von SOLOW sowohl für den gesamten Zeitraum von 1850 bis 1913 als auch für einzelne Teilperioden, nämlich für die Zeiträume von 1850 bis 1870, von 1880 bis 1913 und für die einzelnen Jahrzehnte des gesamten Zeitraums errechnet.

Für die Berechnung der Fortschrittskomponente nach dem SOLOW'schen Verfahren werden außer den bisher verwendeten Zeitreihen Angaben über die durchschnittlichen Quoten der Einkommensverteilung benötigt. Die durchschnittliche Lohnquote für die gesamte Periode und für die Teilperioden wurde aus den Angaben bei HOFFMANN über die Verteilung des Nettosozialprodukts in laufenden Preisen¹ mit Hilfe der Formel

$$\hat{\alpha} = \prod_{t=1}^n \left(\frac{w_t \cdot L_t}{p_t \cdot Q_t} \right)^{\frac{1}{n}}$$

ermittelt. Dieser Schätzwert für α stellt ein geometrisches Mittel der Lohnquoten der einzelnen Jahre dar und ist, wie DHRYMES und KLEIN nachweisen, asymptotisch effizient.²

¹ Vgl. W.G. HOFFMANN, a. a. O., S. 506 ff.

² Vgl. P. J. DHRYMES: On Devising Unbiased Estimators for the Parameters of the Cobb-Douglas-Fuction, *Econometrica*, Vol. 30 (1962), S. 299; L. R. KLEIN: An Introduction to Econometrics, Englewood Cliffs 1962, S. 109; P. SCHÖNFELD: Zur Ermittlung der Wachstumskomponenten des Produktionsprozesses, *Konjunkturpolitik*, Jg. 11 (1965), S. 317.

Wie aus den Angaben bei HOFFMANN sowie aus Tabelle 33 dieser Arbeit ersichtlich, war die Lohnquote sowohl im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt als auch in den einzelnen Sektoren im betrachteten Zeitraum nicht konstant. Für die gesamte Periode ist generell ein Sinken des Anteils des Arbeitseinkommens am Sozialprodukt festzustellen. Diese Abnahme vollzieht sich jedoch nicht kontinuierlich. Im Gewerbe ist beispielsweise zunächst eine vorübergehende Erhöhung der Lohnquote von 0,788 im Durchschnitt der Jahre 1850 bis 1860 auf 0,838 im Jahrzehnt 1880 bis 1890 zu beobachten; danach fällt die Lohnquote und liegt im Jahre 1913 unter ihrem Anfangswert. Der landwirtschaftliche Sektor weist zu Beginn der Periode die höchste Lohnquote aller Bereiche auf; gegen Ende des betrachteten Zeitraums sinkt dieser Wert jedoch noch unter den des Gewerbes.

Tabelle 33 Die durchschnittlichen Verteilungsquoten in den einzelnen Sektoren und in der Gesamtwirtschaft

Zeitraum	Landwirtschaft		Gewerbe		Übrige Bereiche		Gesamtwirtschaft	
	Lohn- quote	Profit- quote	Lohn- quote	Profit- quote	Lohn- quote	Profit- quote	Lohn- quote	Profit- quote
1850-1860	0,842	0,158	0,788	0,212	0,752	0,248	0,801	0,199
1860-1870	0,722	0,278	0,817	0,183	0,687	0,313	0,752	0,248
1870-1880	0,804	0,196	0,826	0,174	0,670	0,330	0,785	0,215
1880-1890	0,757	0,243	0,838	0,162	0,634	0,366	0,764	0,236
1890-1900	0,688	0,312	0,817	0,183	0,623	0,377	0,736	0,264
1900-1910	0,679	0,321	0,778	0,222	0,614	0,386	0,718	0,282
1910-1913	0,645	0,355	0,772	0,228	0,625	0,375	0,709	0,291
1850-1870	0,780	0,220	0,802	0,198	0,719	0,281	0,776	0,224
1880-1913	0,699	0,301	0,806	0,194	0,624	0,376	0,736	0,264
1850-1913	0,739	0,261	0,808	0,192	0,659	0,341	0,756	0,244

Die vorliegenden Zeitreihen ermöglichen nun eine Schätzung der Wachstumsraten der Fortschrittskomponente sowie die Entwicklung eines Fortschrittsindex aus diesen Wachstumsraten. In Tabelle 34 sind mit den Werten für w_F jeweils die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten des technischen Fortschritts angegeben, welche sich bei Verwendung der durchschnittlichen Verteilungsquoten, die über den gesamten Zeitraum als geometrisches Mittel errechnet wurden, ergeben.¹ Diesen Werten liegt also die Prämisse zugrunde, daß für die Periode von 1850 bis 1913 jeweils eine einheitliche Cobb-Douglas-Funktion mit neutralem technischen Fortschritt für die Gesamtwirtschaft und die einzelnen Sektoren gilt.

Fußn.¹ s. n. Seite

Alternativ werden in Tabelle 35 jene Wachstumsraten der Fortschrittskomponente errechnet, welche bei Annahme unterschiedlicher Cobb-Douglas-Funktionen für die einzelnen Teilperioden resultieren. Dabei unterscheiden sich die Funktionen durch die Höhe ihrer partiellen Produktionselastizitäten entsprechend den im Zeitablauf variierenden Verteilungsquoten.

Ogleich die Verteilungsquoten der Gesamtwirtschaft und der drei Sektoren in den einzelnen Jahrzehnten erhebliche Veränderungen aufweisen, sind die Unterschiede in den alternativ errechneten Wachstumsraten der Fortschrittskomponente für die verschiedenen Teilperioden und in den beiden Fortschrittsindizes äußerst gering. Für die weitere Interpretation und für den Vergleich mit den globalen Produktivitätsindizes werden deshalb jene Werte der Fortschrittskomponente zugrundegelegt, welche unter der Annahme neutralen technischen Fortschritts und damit der Verwendung konstanter Verteilungsquoten ermittelt wurden. Die alleinige Bestimmung des nicht neutralen technischen Fortschritts auf Grund variierender Verteilungsquoten ist aus den angeführten theoretischen Erwägungen ohnehin als unzureichend anzusehen.¹

Fußn.¹ v. Vorseite

Dabei wird die Fortschrittskomponente der einzelnen Sektoren jeweils unter Verwendung der entsprechenden sektoralen Verteilungsquoten errechnet, während der gesamtwirtschaftlichen Fortschrittskomponente die durchschnittlichen Verteilungsquoten der gesamten Volkswirtschaft zugrundegelegt werden. Auf Grund dieser Berechnungsmethode ist es denkbar, daß die gesamtwirtschaftliche Fortschrittskomponente vom Durchschnitt der sektoralen Fortschrittskomponenten abweicht. Eine solche Abweichung zeigt sich in der Teilperiode von 1880 bis 1913 in Tabelle 34, in der die durchschnittliche gesamtwirtschaftliche Wachstumsrate der Fortschrittskomponente über den Werten der sektoralen Wachstumsraten liegt. Im Vergleich zu den anderen Teilperioden fällt auf, daß in diesem Zeitraum die Fortschrittskomponente des Gewerbes unter dem gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt liegt. Dies kann damit erklärt werden, daß die durchschnittliche jährliche Zuwachsrate des Faktors Arbeit im gewerblichen Sektor für die Zeit von 1880 bis 1913 mit 2,3 v.H. weit über der entsprechenden Wachstumsrate für die Gesamtwirtschaft (1,4 v.H.) liegt. Zur Berechnung der Fortschrittskomponente wird diese hohe Wachstumsrate des Arbeitseinsatzes mit der gewerblichen Lohnquote, die gleichfalls höher als die der anderen Bereiche ist, gewichtet. Dadurch errechnet sich für die Fortschrittskomponente des Gewerbes ein relativ niedriger Wert, der unter dem gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt liegt. Da die gesamtwirtschaftliche Fortschrittskomponente unter Verwendung der niedrigeren durchschnittlichen Lohnquote für die gesamte Volkswirtschaft errechnet wird, ist die zunächst im Vergleich zu den sektoralen Ergebnissen als zu hoch erscheinende Fortschrittskomponente der Gesamtwirtschaft durchaus plausibel.

¹ Vgl. S. 63 dieser Arbeit.

Durch die Berücksichtigung der im Zeitablauf stark reduzierten wöchentlichen Arbeitszeit errechnen sich auch hier für die Fortschrittskomponente höhere Werte als bei alleiniger Verwendung der Zahl der Beschäftigten als Inputmaß. Da die Arbeitszeit im Gewerbe eine stärkere Abnahme als im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt aufweist, ist auch die Differenz der alternativ errechneten Wachstumsraten der Fortschrittskomponente für diesen Sektor größer als für die gesamte Volkswirtschaft.

b. Vergleich der nach dem SOLOW'schen Verfahren ermittelten Fortschrittskomponente mit den globalen Produktivitätsindices

In Tabelle 37 werden die Fortschrittsindices, welche nach dem SOLOW'schen Verfahren ermittelt wurden, den globalen Produktivitätsindices gegenübergestellt. Für die Gesamtwirtschaft und die beiden Sektoren Landwirtschaft und Gewerbe lassen sich nur geringfügige Unterschiede in den Ergebnissen der beiden Methoden zur Bestimmung der Fortschrittskomponente feststellen. Lediglich im dritten Sektor weichen die errechneten Werte in den ersten Jahrzehnten des betrachteten Zeitraums voneinander ab, und diese Differenz schlägt sich auch in den für die Gesamtperiode errechneten durchschnittlichen Wachstumsraten der Fortschrittskomponente nieder.

Bevor aus der weitgehenden Übereinstimmung der nach unterschiedlichen Methoden errechneten Werte irgendwelche Schlüsse gezogen werden, ist zu prüfen, ob auf Grund von theoretischen Erwägungen identische Ergebnisse zu erwarten sind oder ob es sich bei dieser Übereinstimmung um ein zufälliges Ergebnis handelt.

Die Aufspaltung der Wachstumsrate des Realprodukts in eine Faktormengenkomponeute und eine als Residuum errechnete Fortschrittskomponente setzt bei unterschiedlichen Wachstumsraten der Produktionsfaktoren Annahmen über die im Rahmen einer bestimmten Produktionstechnik gegebenen Substitutionsmöglichkeiten voraus. Während beim Index der globalen Faktorproduktivität von einer unendlichen Substituierbarkeit der Faktoren ausgegangen wird, die bei kontinuierlichem Mehreinsatz nur eines Faktors das Produkt immer um den gleichen Prozentsatz erhöht, unterstellt die Cobb-Douglas-Funktion abnehmende Grenzproduktivitäten der Faktoren, welche bei fortlaufender Erhöhung des Einsatzes nur eines Produktionsfaktors den Output nur mit abnehmenden Zuwachsraten erhöhen.

Wenn im Laufe des wirtschaftlichen Wachstums Arbeit und Kapital mit unterschiedlichen Raten wachsen und sich dadurch das Faktoreinsatzverhältnis zugunsten eines der beiden Faktoren verschiebt, so müssen sich auf Grund der unterschiedlichen Substitutionsmöglichkeiten, welche die

Tabelle 37 Vergleich der Indices der globalen Faktorproduktivität mit den Fortschrittsindices der Cobb-Douglas-Funktionen

Jahr	Landwirtschaft		Gewerbe		Übrige Bereiche		Gesamtwirtschaft	
	Index d. globalen Faktorprodukt.	Fortschrittsindex	Index d. globalen Faktorprodukt.	Fortschrittsindex	Index d. globalen Faktorprodukt.	Fortschrittsindex	Index d. globalen Faktorprodukt.	Fortschrittsindex
1850	100	100	100	100	100	100	100	100
1860	116, 2	115, 9	113, 9	114, 2	102, 5	99, 4	113, 3	112, 0
1870	120, 1	120, 2	140, 4	138, 9	108, 7	100, 4	125, 6	122, 5
1880	120, 1	120, 2	160, 3	158, 9	112, 6	100, 4	132, 6	129, 5
1890	140, 3	140, 7	174, 7	170, 7	120, 1	106, 3	151, 1	147, 0
1900	171, 5	173, 0	201, 2	194, 8	131, 0	115, 7	178, 1	173, 4
1910	166, 3	168, 3	224, 6	218, 2	143, 2	126, 9	191, 3	187, 4
1913	170, 3	173, 4	241, 1	235, 0	145, 7	129, 2	202, 2	198, 8
durchschnittl. jährl. Wachstumsraten								
1850-1870	0, 92	0, 92	1, 71	1, 64	0, 42	0, 02	1, 13	1, 02
1880-1913	1, 05	1, 12	1, 24	1, 21	0, 78	0, 69	1, 29	1, 30
1850-1913	0, 85	0, 88	1, 40	1, 36	0, 60	0, 40	1, 12	1, 08

beiden Produktionsfunktionen unterstellen, Faktormengenkomponeuten von unterschiedlicher Höhe errechnen.¹ Der Outputzuwachs, der bei konstanter Produktionstechnik dem Mehreinsatz der beiden Produktionsfaktoren zugerechnet wird, muß bei verändertem Faktoreinsatzverhältnis beim Index der globalen Faktorproduktivität höher sein als bei einer Exponentialfunktion, da z.B. für eine steigende Kapazitätsintensität bei einer linearen Produktionsfunktion proportionale, bei der Cobb-Douglas-Funktion dagegen abnehmende Ertragszuwächse unterstellt werden. Die bei beiden Produktionsfunktionen als Residuum errechnete Fortschrittskomponente müßte demnach bei der Cobb-Douglas-Funktion höher als beim globalen Produktivitätsindex sein.

Die Übereinstimmung der nach alternativen Methoden errechneten empirischen Fortschrittskomponenten widerspricht demnach den theoretischen Erwägungen. Nur im landwirtschaftlichen Sektor ist die Wachstumsrate des nach dem SOLOW'schen Verfahren ermittelten technischen Fortschritts geringfügig höher als jene der globalen Faktorproduktivität. Für die Gesamtwirtschaft und die beiden übrigen Sektoren dagegen weist der Produktivitätsindex etwas höhere Werte auf als der Fortschrittsindex der Cobb-Douglas-Funktion.

Diese Abweichung der empirischen Ergebnisse von den theoretisch zu erwartenden könnte darin begründet sein, daß auf Grund der verwendeten

¹ Bei beiden Messungsmethoden wird neutraler technischer Fortschritt unterstellt.

statistischen Daten eine der beiden Fortschrittsreihen über- oder unterschätzt ist. Während für die Ermittlung der Fortschrittskomponente der Cobb-Douglas-Funktion alle zur Berechnung notwendigen Daten vorhanden waren, mußte die Berechnungsformel der globalen Produktivitätsindizes modifiziert werden, um die von KENDRICK vorgeschlagene Methode auf das vorhandene Datenmaterial abzustimmen. Es ist zu prüfen, ob diese leicht veränderte Berechnungsformel zu einer Überschätzung der globalen Produktivitätsindizes geführt hat.

Die von KENDRICK entwickelte Indexformel lautet:

$$p_{g,t,1} = \frac{\frac{Q_t}{Q_1}}{\frac{A_t \cdot w_1 + K_t \cdot r_1}{A_1 \cdot w_1 + K_1 \cdot r_1}} = \frac{\frac{Q_t}{Q_1}}{\frac{A_1 \cdot w_1}{A_1 \cdot w_1 + K_1 \cdot r_1} + \frac{K_1 \cdot r_1}{A_1 \cdot w_1 + K_1 \cdot r_1} \frac{K_t}{K_1}}$$

Da die Preise des Output sowie die Entlohnungssätze der Produktionsfaktoren vergleichbar nur für das Jahr 1913 vorliegen, wurden die Preise für Input- und Outputreihen als konstant mit den Werten des Jahres 1913 angenommen. Die Berechnungsformel erfährt dadurch eine leichte Änderung:

$$p'_{g,t,1} = \frac{\frac{Q_t}{Q_1}}{\frac{A_t \cdot w_t + K_t \cdot r_t}{A_1 \cdot w_t + K_1 \cdot r_t}} = \frac{\frac{Q_t}{Q_1}}{\frac{A_1 \cdot w_t}{A_1 \cdot w_t + K_1 \cdot r_t} + \frac{K_1 \cdot r_t}{A_1 \cdot w_t + K_1 \cdot r_t} \frac{K_t}{K_1}}$$

Würden sich die Entlohnungssätze der beiden Produktionsfaktoren von Periode 1 zu Periode t entweder überhaupt nicht oder in gleichem Maße verändern, so daß das Faktorpreisverhältnis konstant bleibt, so lieferten beide Berechnungsformeln identische Ergebnisse. Wenn sich jedoch im betrachteten Zeitraum das Faktorpreisverhältnis verändert hat, können daraus unterschiedliche Ergebnisse für die beiden Produktivitätsindizes resultieren.

Im Zeitraum von 1850 bis 1913 haben sich die durchschnittlichen jährlichen Arbeitseinkommen stärker erhöht als die Durchschnittsverzinsung des Kapitals.¹ Gleichzeitig ist in allen Bereichen eine Erhöhung der Kapitalintensität zu beobachten. Wird nun ein Inputmaß für beide Faktoren unter Verwendung der Entlohnungssätze der Endperiode konstruiert, so wird der im Vergleich zum Kapital geringer gestiegene Arbeitseinsatz $(\frac{A_t}{A_1})$ mit einer im Vergleich zur Anfangsperiode zu hohen Lohnquote ge-

¹ Vgl. W.G.HOFFMANN, a.a.O., S.91 ff.

wichtet, während die Gewichtung des Kapitalindex, der eine Steigerung auf das fünf- bis zehnfache aufweist, mit einer "zu niedrigen" Profitquote erfolgt. Da die Veränderungen des relativen Faktoreinsatzes in allen Sektoren höher sind als die gegenläufige Veränderung des Faktorpreisverhältnisses, wird sich bei Verwendung der Entlohnungssätze der Endperiode eine Unterschätzung der Inputerhöhung ergeben. Durch diesen im Vergleich zu einer Anfangsperiodengewichtung zu geringen Inputanstieg werden die errechneten Indices der globalen Faktorproduktivität überschätzt sein.

Da in der Landwirtschaft einerseits die Veränderung des Faktorpreisverhältnisses am geringsten ist und andererseits die Kapitalintensität mit der im Vergleich zu den anderen Sektoren geringsten Zuwachsrates gestiegen ist, sind die Ergebnisse der Produktivitätsberechnung für diesen Sektor wohl am wenigsten überschätzt, und sie entsprechen im Vergleich mit den Wachstumsraten der Fortschrittskomponente einer Cobb-Douglas-Funktion auch den theoretischen Erwartungen.

Auf Grund der mangelnden statistischen Informationen kann für den zu untersuchenden Zeitraum nicht ermittelt werden, welchen Einfluß die alternativen Annahmen über die Substitutionsmöglichkeiten, die mit den verschiedenen Produktionsfunktionen verbunden sind, auf die Höhe der Fortschrittskomponente haben. GRILICHES¹ und NELSON² vertreten die Meinung, daß bei den für empirische Wachstumsprozesse vorliegenden Daten die Art der unterstellten Produktionsfunktion im allgemeinen keinen großen Einfluß auf die errechnete Fortschrittskomponente haben wird. Da bei der vorliegenden Analyse die Berechnungsformel für den globalen Produktivitätsindex in der angegebenen Weise modifiziert werden mußte, kann die hier ermittelte weitgehende Übereinstimmung der nach unterschiedlichen Methoden errechneten Fortschrittsindizes allerdings nicht vorbehaltlos als Bestätigung dieser Hypothese angesehen werden.

Sollen die ermittelten Werte der Fortschrittskomponente nicht zu einer Überprüfung produktionstheoretischer Annahmen dienen, sondern lediglich eine Orientierung über die Komponenten eines empirischen Wachstumsprozesses ermöglichen, so können die weitgehend übereinstimmenden Ergebnisse der beiden Berechnungsmethoden als Maßstab für die Fortschrittskomponente angesehen werden. Auch für die Restkomponente einer Cobb-Douglas-Funktion können dann modifizierte Berechnungsmethoden angewendet werden, die einzelne potentielle Wachstumsquellen, welche neben dem technischen Fortschritt im engeren Sinne einen Einfluß auf das Wachstum des Realprodukts haben, explizit in die Analyse einbeziehen.

¹ Vgl. Z. GRILICHES: The Sources of Measured Productivity Growth, a. a. O., S. 334.

² Vgl. R. R. NELSON, a. a. O., S. 577.

c. Die Isolierung einzelner Quellen der Fortschrittskomponente

ca. Die Strukturkomponente

Für die empirische Berechnung der Strukturkomponente der gesamtwirtschaftlichen Cobb-Douglas-Funktion nach der Methode von MASSELL¹ werden für den Zeitraum von 1850 bis 1913 die folgenden Werte zugrundegelegt:

Tabelle 38 Die für die Errechnung der Strukturkomponente erforderlichen Daten

	Landwirtschaft	Gewerbe	Übrige Bereiche
durchschnittl. jährl. Wachstumsrate des techn. Fortschritts	0,89	1,36	0,40
durchschnittliche Lohnquote	0,739	0,808	0,659
Outputanteil des jeweiligen Sektors am Output der gesamten Volkswirtschaft	0,36	0,42	0,22
durchschnittl. jährl. Veränderungsrate des Arb.anteils des jeweiligen Sektors am gesamtwirt. Arbeitsinput	- 0,7	+ 0,8	+ 0,1
durchschnittl. jährl. Veränderungsrate des Kapitalanteils des jeweiligen Sektors am gesamtwirtschaftlichen Kapitaleinsatz	- 1,4	+ 1,3	+ 0,5

Auf Grund dieser Daten kann die gesamtwirtschaftliche Zuwachsrates des technischen Fortschritts von 1,08 v.H. pro Jahr in ihre einzelnen Komponenten zerlegt werden:

¹ Vgl. B.F. MASSELL, a.a.O., S. 547 ff. und S. 67 f. dieser Arbeit.

1) intrasektoraler technischer Fortschritt	0,98 v.H.
2) Outputsteigerung, bewirkt durch intersektorale Wanderungen des Faktors Arbeit	0,09 v.H.
3) Outputsteigerung, bewirkt durch Veränderungen der intersektoralen Kapitalstruktur	0,01 v.H.

gesamtwirtschaftliche Zuwachsrates des technischen Fortschritts pro Jahr	1,08 v.H.
--	-----------

Für die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des intrasektoralen technischen Fortschritts errechnet sich ein Wert von 0,98 v.H., d.h. von der gesamtwirtschaftlichen Zuwachsrates des technischen Fortschritts von 1,08 v.H. jährlich 9,25 v.H. auf den Struktureffekt zurückzuführen sind. Allein die Verlagerung der Produktionsfaktoren zwischen Bereichen unterschiedlicher Effizienz hat also den Output der gesamten Volkswirtschaft um durchschnittlich 0,1 v.H. pro Jahr erhöht. Der überwiegende Teil dieser Strukturkomponente des technischen Fortschritts ist auf Wanderungen des Faktors Arbeit zwischen den Sektoren zurückzuführen, die eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Produktion von 0,09 v.H. bewirken, während auf die intersektoralen Verlagerungen des Kapitaleinsatzes lediglich eine Steigerung von 0,01 v.H. pro Jahr entfällt.

Diese im Rahmen einer Cobb-Douglas-Funktion ermittelte Strukturkomponente stimmt mit dem intersektoralen technischen Fortschritt, wie er auf Grund des Struktureffekts der globalen Faktorproduktivität errechnet wurde, überein. Der Vorteil der nach der MASSELL'schen Methode errechneten Strukturkomponente liegt darin, daß der intersektorale technische Fortschritt noch weiter aufzuspalten ist, so daß der jeweilige Beitrag der Strukturwandlungen von Arbeits- und Kapitaleinsatz zur Outputsteigerung aufgezeigt werden kann.

cb. Die Berücksichtigung verbesserter Qualität der Arbeit

Zur modifizierten Berechnung einer Fortschrittskomponente, welche die Qualitätsveränderung der Arbeitskräfte explizit berücksichtigt, werden die im Rahmen der globalen Produktivitätsanalyse entwickelten Qualitätsindizes verwendet.

α . Der Einfluß einer Reduktion der wöchentlichen Arbeitszeit auf die Qualität der Arbeit

Werden für den Zusammenhang zwischen einer Reduktion der durchschnittlichen wöchentlichen Arbeitszeit und einer dadurch bedingten hö-

Tabelle 39: Die Fortschrittskomponente im gewerblichen Sektor und in der Gesamtwirtschaft bei Berücksichtigung der Qualitätsverbesserung der Arbeit infolge verkürzter wöchentlicher Arbeitszeit

Jahr	Gewerbe				Gesamtwirtschaft								Fortschritts- index
	w ^a _A		w ^a _F		Fortschritts- index	Arb. input in Std. unter Berücksichti- gung d. Quali- tätsveränderung	w ^a _A		w ^a _F				
	-1,2	-1,5	-1,2	-1,5			-1,2	-1,5	-1,2	-1,5			
1850	19.398	19.398			100	100	58.408	58.408			100	100	
1860	23.080	23.428	1,75	1,90	1,27	113,5	112,1	62.308	62.432	0,67	1,13	111,9	111,7
1870	27.037	27.436	1,59	1,59	1,83	136,0	134,4	67.179	67.702	0,75	0,81	121,9	121,2
1880	32.996	34.671	2,01	2,33	1,16	152,6	147,0	77.801	78.970	1,48	1,55	128,2	126,9
1890	44.024	46.836	2,92	3,05	0,66	163,0	155,4	89.085	91.028	1,35	1,43	145,1	142,7
1900	55.977	60.334	2,43	2,56	1,28	185,1	174,6	102.390	105.684	1,40	1,50	170,2	166,2
1910	67.318	72.682	1,86	1,88	1,14	207,3	195,4	118.743	123.850	1,49	1,60	182,9	177,2
1913	72.066	77.792	2,29	2,29	2,51	223,3	210,4	125.217	131.024	1,79	1,90	193,6	187,1
1850 - 1913			2,10	2,23	1,29	1,18			1,22	1,29	1,04	0,99	

^a Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten beziehen sich auf 10 Jahres-Perioden mit dem in der ersten Spalte angegebenen Endjahr.

heren Arbeitsleistung pro Stunde die gleichen Annahmen unterstellt wie in Abschnitt (IV.3.bb.α.) dieser Arbeit, so lassen sich mit Hilfe der in Tabelle 22 und 23 entwickelten Qualitätsindizes neue Inputreihen für die Arbeitsstunden in der Gesamtwirtschaft und im gewerblichen Sektor konstruieren, welche die verbesserte Qualität der Arbeit infolge verkürzter Arbeitszeit berücksichtigen. Die Wachstumsraten dieser modifizierten Inputreihen, die wiederum alternativ für Werte der Elastizität der Outputsteigerung pro Beschäftigtenstunde in bezug auf eine Verringerung der Arbeitszeit von - 1,2 bzw. - 1,5 errechnet wurden, dienen nun als Grundlage für die Neuberechnung der Wachstumsraten der Fortschrittskomponente bzw. eines Fortschrittsindex (Tabelle 39).

Um eine bessere Übersicht zu gewährleisten, werden im folgenden die einzelnen Fortschrittsmaße, die bei alternativen Inputmaßen für den Faktor Arbeit ermittelt wurden, einander gegenübergestellt.

Tabelle 40 Die Fortschrittskomponente bei alternativen Inputmaßen für den Faktor Arbeit (Zeitraum von 1850 bis 1913)

Maß für den Mengenein- satz des Fak- tors Arbeit	Gesamtwirtschaft		Gewerbe	
	w _F	Fortschritts- index (1850=100)	w _F	Fortschritts- index (1850=100)
Zahl der Be- schäftigten	1,08	198,9	1,36	235,0
Zahl der ge- leisteten Ar- beitsstunden	1,30	226,9	1,89	320,9
Zahl der Ar- beitsstunden bei Berücksich- tigung der Quali- tätsveränderung				
η = - 1,2	1,04	193,6	1,29	223,3
η = - 1,5	0,99	187,1	1,18	210,4

Als Ergebnis der nach dem SOLOW'schen Verfahren vorgenommenen alternativen Berechnungen der Fortschrittskomponente kann festgehalten werden, daß sich bei Berücksichtigung der verbesserten Arbeitsqualität eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Fortschrittskomponente von etwa 1 v.H. für die Gesamtwirtschaft und 1,2 bis 1,3 v.H. für den gewerblichen Sektor ergibt. Auf Grund der unterstellten Annahmen

bezüglich des Einflusses einer Verkürzung der wöchentlichen Arbeitszeit auf die Produktion pro Beschäftigtenstunde sind in der Gesamtwirtschaft ein Anteil von 23 v.H., im Gewerbe von 31 bis 37 v.H. der Wachstumsrate des technischen Fortschritts, errechnet unter Berücksichtigung der Zahl der geleisteten Arbeitsstunden, dem Einfluß einer verbesserten Arbeitsqualität zuzurechnen.

Diese Werte der Fortschrittskomponente, welche die Qualitätsveränderung der Arbeit berücksichtigen, liegen jeweils um rund 0,1 v.H. pro Jahr (bis 0,2 v.H. im Gewerbe) unter jenen Wachstumsraten der Fortschrittskomponente, die bei alleiniger Einbeziehung der Beschäftigten als Inputmaß ermittelt wurden. Ein Vergleich mit den bei alternativen Inputmaßen für den Faktor Arbeit errechneten Indices der globalen Faktorproduktivität zeigt, daß der mit den unterschiedlichen Werten der Elastizität angenommene Zusammenhang zwischen Qualitätsverbesserungen der Arbeitsleistung und Arbeitszeitverkürzung sich in den Fortschrittskomponenten der Cobb-Douglas-Funktion stärker niederschlägt. Während bei einer Elastizität von -1,2 die Werte des entsprechenden Produktivitätsindex fast genau mit jenen Indexwerten zusammenfallen, die bei alleiniger Berücksichtigung der Zahl der Beschäftigten ermittelt wurden, liegen die entsprechenden Werte des Fortschrittsindex der Cobb-Douglas-Funktion unter jenen Indexwerten, bei denen die Zahl der Beschäftigten als Inputmaß für die Arbeit in der Produktionsfunktion berücksichtigt wurde. Die Cobb-Douglas-Funktion weist somit für das vorliegende Material genauere Ergebnisse auf, wenn man bedenkt, daß mit den angenommenen Elastizitäten, deren absoluter Wert größer als eins ist, eine Überkompensation der Arbeitszeitverkürzung durch eine erhöhte Produktion pro Beschäftigtenstunde unterstellt wurde. Auf Grund dieser Annahme muß nämlich die Wachstumsrate der Fortschrittskomponente, welche mit Hilfe des qualitätsmodifizierten Inputmaßes errechnet wurde, unter jener liegen, bei der lediglich die Zahl der Beschäftigten berücksichtigt und damit eine Elastizität von -1 unterstellt wird.

β . Der Einfluß verbesserter Ausbildung auf die Qualität der Arbeit

Legt man zur Berücksichtigung des Einflusses einer verbesserten Ausbildung den im Rahmen der Analyse globaler Faktorproduktivitäten entwickelten Qualitätsindex der Arbeit zugrunde, so lassen sich für die Bestimmung der Wachstumsraten der Fortschrittskomponente nach dem SOLOW'schen Verfahren für die Gesamtwirtschaft und die drei Sektoren neue Inputreihen ermitteln, indem man die jeweilige Zahl der Beschäftigten mit den entsprechenden Werten des Qualitätsindex multipliziert.

Wie bei der globalen Produktivitätsanalyse wird in diesem Abschnitt von der Zahl der Beschäftigten als Inputmaß für den Faktor Arbeit ausgegangen. Damit wird zwar die zuvor behandelte Qualitätsverbesserung der

Arbeitsleistung infolge verkürzter Arbeitszeit nur bedingt, nämlich durch die Annahme einer Elastizität der Outputveränderung in bezug auf die Arbeitszeitverkürzung von -1, Rechnung getragen. Da mit Hilfe der bei der Analyse der Arbeitszeitverkürzung unterstellten entsprechenden Elastizitäten von -1,2 bzw. -1,5 jedoch auf Grund des unvollkommenen statistischen Materials nur Ergebnisse für die Gesamtwirtschaft und den gewerblichen Sektor ermittelt werden konnten und der Einfluß verbesserter Ausbildung möglichst für alle Sektoren aufgezeigt werden soll, muß auf die Zahl der Beschäftigten als Inputmaß zurückgegriffen werden.

Die Ergebnisse der Berechnung der Fortschrittskomponente unter Berücksichtigung der Qualitätsveränderungen des Faktors Arbeit infolge verbesserter Ausbildung sind in Tabelle 41 wiedergegeben.

Tabelle 41 Die Fortschrittskomponente bei Berücksichtigung der Qualitätsverbesserung der Arbeit infolge verbesserter Ausbildung

Jahr	Qualitätsindex d. Arbeit	Landwirtschaft				Gewerbe				Übrige Bereiche				Gesamtwirtschaft			
		w_A	a	b	Fort-schritts-index	w_A	a	b	Fort-schritts-index	w_A	a	b	Fort-schritts-index	w_A	a	b	Fort-schritts-index
1870	100				100				100				100				100
1880	101,6	1,36	-0,06	99,4		2,06	1,12	111,8		1,16	-0,11	98,9		1,58	0,44	104,5	
1890	104,6	0,30	1,37	113,9		3,15	0,48	117,3		1,52	0,37	102,6		1,61	1,04	115,9	
1900	107,0	0,43	1,92	137,7		2,56	1,17	131,7		1,66	0,69	109,9		1,57	1,48	134,5	
1910	108,6	0,93	-0,39	132,5		1,99	1,04	146,1		1,84	0,82	119,3		1,58	0,66	143,3	
1913	109,5	0,77	0,79	135,7		2,41	2,41	156,9		3,02	0,42	120,8		2,00	1,77	151,1	
1870-1913		0,75	0,71			2,44	1,05			1,65	0,44			1,61	0,94		

^a w_A bei Berücksichtigung der Qualitätsveränderungen

^b Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten beziehen sich auf 10 Jahres-Perioden mit dem in der ersten Spalte angegebenen Endjahr

Zum Vergleich mit den zuvor errechneten Fortschrittsindices, welche die verbesserte Ausbildung der Arbeitskräfte nicht explizit berücksichtigen, werden die beiden Indices gegenübergestellt, wobei für beide Reihen das Jahr 1870 als Basis gewählt wird. (vgl. Tabelle 42).

Durch die Berücksichtigung der Qualitätsverbesserung der Arbeitskräfte infolge verlängerter Ausbildung reduziert sich die Wachstumsrate der Fortschrittskomponente in der Gesamtwirtschaft sowie in den einzelnen Sektoren um Werte von 0,14 v.H. jährlich (Landwirtschaft) bis 0,19 v.H. (Gesamtwirtschaft). Während der Anteil des Wachstums der Fortschrittskomponente, der auf Grund der gewählten Berechnungsmethode einer verlängerten Ausbildung zugeschrieben wird, in der Gesamtwirtschaft 17 v.H. beträgt und im landwirtschaftlichen und gewerblichen Sektor mit 16 bzw. 15 v.H. etwa die gleiche Größenordnung hat, verringert sich die ohnehin geringe Wachstumsrate der Fortschrittskomponente im dritten Sektor (0,59 v.H. pro Jahr) durch die Berücksichtigung der verbesserten Arbeitsqualität um 25 v.H.

Tabelle 42 Vergleich der Fortschrittsindices mit und ohne Berücksichtigung der verbesserten Ausbildung

Jahr	Landwirtschaft		Gewerbe		Übrige Bereiche		Gesamtwirtschaft	
	ohne Berücksicht. der Ausbild.	mit Berücksicht. der Ausbild.	ohne Berücksicht. der Ausbild.	mit Berücksicht. der Ausbild.	ohne Berücksicht. der Ausbild.	mit Berücksicht. der Ausbild.	ohne Berücksicht. der Ausbild.	mit Berücksicht. der Ausbild.
1870	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1880	100,0	99,4	114,3	111,8	100,0	98,9	105,7	104,5
1890	117,0	113,9	122,9	117,3	105,8	102,6	120,0	115,9
1900	143,9	137,7	140,2	131,7	115,2	109,9	141,5	134,5
1910	140,0	132,5	157,1	146,1	126,3	119,3	152,9	143,3
1913	144,2	135,7	169,2	156,9	128,6	120,8	162,2	151,1
durchschn. jährl. Wa' rate (1870-1913)	0,85	0,71	1,23	1,05	0,59	0,44	1,13	0,94

Diese Ergebnisse sind mit den im Rahmen der globalen Produktivitätsanalyse errechneten vergleichbar. Auch dort wurde für den dritten Sektor der höchste Anteil der einer verbesserten Ausbildung zuzurechnenden Produktivitätssteigerung ermittelt, während für die Gesamtwirtschaft sowie den gewerblichen und den landwirtschaftlichen Sektor keine großen Unterschiede hinsichtlich der Bedeutung einer Qualitätssteigerung der Arbeit für die Wachstumsrate der globalen Faktorproduktivität zu verzeichnen sind.

cc. Die veränderte Kapazitätsauslastung des Faktors Kapital

Es ist noch zu prüfen, ob bei der Cobb-Douglas-Funktion Veränderungen in der Auslastung des Kapitalstocks einen quantitativ bedeutsamen Einfluß auf die errechnete Fortschrittskomponente haben. Für den Auslastungsgrad des Kapitalstocks werden die im Rahmen der globalen Produktivitätsanalyse errechneten Werte übernommen, die in Anlehnung an das von KRENGEL entwickelte Verfahren ermittelt wurden.

Die Wachstumsraten der Fortschrittskomponente für die einzelnen Teilperioden, welche unter Berücksichtigung der veränderten Kapazitätsauslastung des Kapitals ermittelt wurden, und die daraus abgeleiteten Werte der Fortschrittsindices für die Gesamtwirtschaft und die einzelnen Sektoren sind in Tabelle 43 wiedergegeben.

Tabelle 43 Die Fortschrittskomponente bei Berücksichtigung einer veränderten Auslastung des Kapitalstocks

Zeitraum	Landwirtschaft			Gewerbe			Übrige Bereiche			Gesamtwirtschaft		
	w _K	w _F	Fort-schritts-index ^a (1850=100)	w _K	w _F	Fort-schritts-index ^a (1850=100)	w _K	w _F	Fort-schritts-index ^a (1850=100)	w _K	w _F	Fort-schritts-index ^a (1850=100)
1850-1860	0,97	1,55	116,6	1,81	1,34	114,2	2,51	-0,03	99,7	1,68	1,16	112,2
1860-1870	0,59	0,56	123,3	2,28	2,13	141,0	3,62	0,12	100,9	1,74	1,08	125,0
1870-1880	0,97	0,0	123,3	3,79	1,14	158,0	4,58	-0,06	100,3	2,90	0,46	130,8
1880-1890	1,39	1,50	143,1	5,94	0,70	169,4	2,60	0,57	106,2	2,40	1,34	149,4
1890-1900	1,72	1,93	173,3	6,00	1,29	192,5	3,11	0,88	115,9	4,34	1,40	171,6
1900-1910	1,32	-0,24	169,2	3,93	1,18	216,5	3,35	0,95	127,2	2,81	0,87	187,4
1910-1913	2,88	0,86	174,1	5,52	2,35	232,1	3,57	0,42	128,9	4,66	1,66	196,8
1850-1913	0,89			1,34			0,40			1,08		

^a Die Werte des Fortschrittsindex beziehen sich jeweils auf das letzte Jahr des in der ersten Spalte angegebenen Zeitraums.

Durch die Berücksichtigung der Schwankungen des Auslastungsgrades in der Analyse werden die für den gesamten Zeitraum errechneten durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der Fortschrittskomponente nur für den gewerblichen Sektor geringfügig reduziert, während sich für die Gesamtwirtschaft und die beiden übrigen Sektoren keine Unterschiede in den entsprechenden durchschnittlichen Wachstumsraten ergeben.

Gegenüber der globalen Produktivitätsanalyse hat die Einbeziehung der Auslastungsschwankungen in die Errechnung der Fortschrittskomponente von Cobb-Douglas-Funktionen den Vorteil, daß sich Outputsteigerungen, die allein aus einer verbesserten Kapazitätsauslastung resultieren, selbst bei einer Vollausslastung der Kapazitäten in der Anfangs- und Endperiode des betrachteten Zeitraums in der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate für den Gesamtzeitraum niederschlagen können, da sich diese aus den Indexwerten, die unter Berücksichtigung der in Teilperioden unterschiedlichen Auslastung ermittelt wurden, errechnen. Für das vorliegende Material ergibt sich jedoch, daß die Berücksichtigung der Auslastungsveränderungen des Kapitalstocks keinen nennenswerten quantitativen Einfluß auf die errechnete Fortschrittskomponente hat.

Wie bei der globalen Produktivitätsanalyse kann die Einbeziehung der Auslastungsschwankungen dazu beitragen, die Streuung der Wachstumsraten der Fortschrittskomponente in einzelnen Teilperioden um ihren Durchschnittswert zu reduzieren.

Tabelle 44 Streuung der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der Fortschrittskomponente einzelner Teilperioden um die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate für den Gesamtzeitraum

Fortschrittskomponente	Landwirtschaft	Gewerbe	Übrige Bereiche	Gesamtwirtschaft
ohne Berücksichtigung veränderter Kapazitätsauslastung	0,75	0,20	0,16	0,16
mit Berücksichtigung veränderter Kapazitätsauslastung	0,65	0,22	0,16	0,11

Eine Verminderung der Streuung ist wiederum in der Gesamtwirtschaft und im landwirtschaftlichen Sektor zu beobachten, während sich für den dritten Sektor keine Veränderung in der Streuung ergibt. Beim gewerblichen Sektor erhöht sich die Streuung sogar geringfügig. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, daß sich die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Fortschrittskomponente für den gesamten Zeitraum durch die Berücksichtigung der Auslastungsschwankungen verändert hat.

V. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, die in der Literatur verwendeten Methoden zur Messung des technischen Fortschritts zu analysieren und mit Hilfe der gewonnenen Ergebnisse die Höhe der Fortschrittskomponente des wirtschaftlichen Wachstums der deutschen Volkswirtschaft im Zeitraum von 1850 bis 1913 zu berechnen.

Im theoretischen Teil wurden die unterschiedlichen Annahmen aufgezeigt, von denen die hauptsächlich untersuchten Messungsmethoden - die Berechnung von globalen Faktorproduktivitäten und die Ermittlung des Fortschrittsparameters einer Cobb-Douglas-Funktion - ausgehen. Dabei wurde hervorgehoben, daß beide Methoden von der - für die Betrachtung längerfristiger Wachstumsprozesse sicher realistischen - Annahme einer grundsätzlichen Substituierbarkeit der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital ausgehen. Die beiden Methoden unterscheiden sich jedoch hinsichtlich der angenommenen Werte der Substitutionselastizitäten in Höhe von unendlich bei der Bestimmung globaler Faktorproduktivitäten und von 1 bei der Verwendung von Cobb-Douglas-Funktionen. Angesichts dieses gravierenden Unterschieds in den materiellen Voraussetzungen der beiden Methoden ist es überraschend, daß die Analyse des Zahlenmaterials im empirischen Teil zu weitgehend übereinstimmenden Ergebnissen für die Höhe der Fortschrittskomponente bei beiden Methoden führt.

Bevor die Berechnungsergebnisse nochmals abschließend zusammengefaßt werden, sollen daher noch einige Überlegungen über die möglichen Ursachen dieser überraschenden Übereinstimmung angestellt werden. Vom angewandten Verfahren her könnte ein Grund für diese Übereinstimmung darin liegen, daß die Berechnungsformel für die globalen Faktorproduktivitäten durch die Art der Berücksichtigung des Faktorpreisverhältnisses modifiziert wurde und sich dadurch unter Umständen eine Überschätzung der Produktivitätsindizes ergab.¹ Das vorhandene Datenmaterial erlaubt keine zuverlässige Aussage über die mögliche Größenordnung einer solchen Überschätzung. Unterstellt man, daß diese quantitativ nicht sonderlich relevant ist, dann bleibt zu fragen, ob vielleicht in den ökonomischen Sachverhalten Bedingungen angelegt sind, die selbst bei Unterstellung so erheblich divergierender Substitutionselastizitäten zu weitgehend ähnlichen Größenordnungen der Fortschrittskomponente führen müssen. Dies wäre dann der Fall, wenn die Grenzproduktivität des Kapitals im Untersuchungszeitraum trotz fortlaufender Substitutionsprozesse, wie sie sich in der zunehmenden Kapitalintensität niedergeschlagen haben, nicht gesunken wäre. Dafür sprechen in der Tat zwei Argumente: Einmal werden sich die tatsächlichen Substitutionsprozesse bei konstanter Produktionstechnik nur in einem relativ engen Substitutionskorridor

¹ Vgl. S. 128 ff. dieser Arbeit.

der Produktionsfunktion vollziehen, in dem die Abnahme der Grenzproduktivität des relativ stärker eingesetzten Faktors quantitativ vermutlich noch nicht bedeutsam ist. Zum anderen - und dies ist wohl der gewichtigere Gesichtspunkt - kann die Art des technischen Fortschritts während des betrachteten Zeitraums dazu beigetragen haben, daß bei neuen Produktionsprozessen der Einsatz des relativ stärker wachsenden Inputfaktors Kapital begünstigt wurde.¹ Unter dieser Bedingung, d.h. also bei arbeitssparendem technischen Fortschritt im Sinne von HICKS, kann das Sinken der Grenzproduktivität des Kapitals infolge von Substitutionsprozessen durch ihre Zunahme infolge der spezifisch faktorsparenden Wirkung des technischen Fortschritts kompensiert werden.² Berücksichtigt man diese Auswirkungen eines wahrscheinlich arbeitssparenden technischen Fortschritts, die in der vorliegenden Analyse ausgeklammert werden mußten, da die Messungsmethoden neutralen technischen Fortschritt unterstellten, dann kann man die weitgehend übereinstimmenden Ergebnisse für die Fortschrittskomponente wie folgt erklären: Die in der Cobb-Douglas-Funktion unterstellte Abnahme der Grenzproduktivität bei fortschreitender Substitution kam im Untersuchungszeitraum nicht zum Tragen, da die Art des technischen Fortschritts die Produktionsbedingungen laufend so verändert hat, daß Substitutionsprozesse mit negativen Wirkungen auf die Grenzproduktivität des Kapitals tatsächlich nicht in stärkerem Umfange aufgetreten sind.

Die nach beiden Methoden ermittelten, weitgehend übereinstimmenden Ergebnisse über die Entwicklung der Fortschrittskomponente des wirtschaftlichen Wachstums der deutschen Volkswirtschaft im Zeitraum von 1850 bis 1913 sollen nun abschließend nochmals zusammenfassend dargestellt werden.

Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der Produktion wurden zunächst für die Gesamtwirtschaft und die drei unterschiedenen Sektoren in ihre beiden Hauptdeterminanten, eine Faktormengenkomponeute und eine Fortschrittskomponente, zerlegt. Die Produktion wuchs im Zeitraum von 1850 bis 1913 im Durchschnitt jährlich mit folgenden Raten:

Landwirtschaft	1,5 v.H.
Gewerbe	3,7 v.H.
Übrige Bereiche	2,3 v.H.
Gesamtwirtschaft	2,6 v.H.

¹ GAHLEN ermittelt in seiner Arbeit für alle Bereiche arbeitssparenden technischen Fortschritt in dem betrachteten Zeitraum. Vgl. B. GAHLEN, a.a.O., S. 47 und S. 243 ff.

² Aus dieser Gegenläufigkeit der Einflüsse wird häufig die Konstanz des Kapitalkoeffizienten im Zeitablauf erklärt.

Diese Wachstumsraten verteilen sich auf die beiden Wachstumskomponenten wie folgt:

	Faktormengenkomponente	Fortschrittskomponente
Landwirtschaft	0,6 ¹ - 0,7 ²	0,8 ¹ - 0,9 ²
Gewerbe	2,3	1,4
Übrige Bereiche	1,7 ¹ - 1,9 ²	0,4 ¹ - 0,6 ²
Gesamtwirtschaft	1,5	1,1

Der prozentuale Beitrag der Fortschrittskomponente zur Wachstumsrate der Produktion belief sich demnach auf

Landwirtschaft	53 - 60 v.H.
Gewerbe	38 v.H.
Übrige Bereiche	17 - 26 v.H.
Gesamtwirtschaft	42 v.H.

Von dem festgestellten Beitrag des technischen Fortschritts zum Wirtschaftswachstum, auf den sogleich noch näher eingegangen wird, ist das Tempo, mit dem sich der technische Fortschritt vollzieht, zu unterscheiden. Dieses weicht in den einzelnen Sektoren erheblich voneinander ab. Am schnellsten setzen sich technische Neuerungen im gewerblichen Sektor durch, eine Beobachtung, die sich mit den Theorien von CLARK und FOURASTIE über die sektorale Entwicklung im Wirtschaftswachstum deckt. Auch in der Landwirtschaft haben Verbesserungen in der Produktionstechnik die Effizienz der Produktion beachtlich erhöht. Am geringsten ist der technische Fortschritt im dritten Sektor, in dem einzelne Bereiche wie z.B. der Bausektor, der öffentliche Dienst und die häuslichen Dienste keine so ausgeprägten Möglichkeiten zur Einführung technischer Verbesserungen des Produktionsprozesses bieten.

Der Beitrag der Fortschrittskomponente zum Wachstum der gesamtwirtschaftlichen Produktion belief sich auf 42 v.H., d.h. daß in der Zeit von 1850 bis 1913 fast die Hälfte der Outputsteigerung nicht auf eine Faktormengenvermehrung zurückzuführen ist, sondern sich aus einer Verbesserung der Produktionsbedingungen ergibt. In den einzelnen Sektoren variiert der Anteil der Fortschrittskomponente erheblich. Dabei fallen hohe Anteile der Fortschrittskomponente keineswegs mit hohen Fortschrittsgeschwindigkeiten zusammen. Die Auswirkungen der Fortschrittsgeschwindigkeit können vielmehr durch den mehr oder weniger schnell zunehmenden Einsatz von Produktionsfaktoren kompensiert werden. So trägt die Fortschrittskomponente im Gewerbe, obwohl hier das höchste Tempo des technischen Fortschritts festzustellen ist, nur mit 38 v.H. zur Output-

¹ Fortschrittskomponente der Cobb-Douglas-Funktion.

² Ergebnisse der globalen Produktivitätsanalyse.

steigerung bei. Der Grund hierfür liegt darin, daß der gewerbliche Sektor im Untersuchungszeitraum einen immer größeren Anteil der Inputfaktoren an sich gezogen hat und die höchsten Wachstumsraten von Arbeit und Kapital aufweist. Das Tempo des technischen Fortschritts wird damit von der Zunahme des Einsatzes an Produktionsfaktoren übertroffen. Umgekehrt ist die Situation im landwirtschaftlichen Sektor. Der Einsatz zusätzlicher Produktionsfaktoren steigt mit einer weit unter dem gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt liegenden Rate. Obwohl das Tempo des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft erheblich unter dem des Gewerbes liegt, spielt die Durchsetzung technischer Neuerungen eine relativ größere Rolle als der zusätzliche Einsatz von Produktionsfaktoren. Dies führt zu dem überdurchschnittlich hohen Anteil der Fortschrittskomponente von 53 bis 60 v.H. Im dritten Sektor schließlich fällt eine niedrige Wachstumsrate des technischen Fortschritts mit einer starken Zuwachsrate der zusätzlich eingesetzten Faktoren zusammen. Dies bedingt den niedrigen Anteil der Fortschrittskomponente von 1/4 bis 1/5 der Outputsteigerung.

Die genannten Größenordnungen der Fortschrittskomponente für die Gesamtwirtschaft und die unterschiedenen Sektoren wurden als Residualgröße nach Bestimmung des dem zusätzlichen Faktoreinsatz zuzurechnenden Anteils am Wirtschaftswachstum ermittelt. Der als Rest errechnete und damit ökonomisch noch nicht erklärte hohe Beitrag des technischen Fortschritts belief sich für die Gesamtwirtschaft noch auf 42 v.H. Dieser Sachverhalt legte den Versuch einer weiteren Aufspaltung der Fortschrittskomponente nahe.

Auf Grund der für den zu untersuchenden Zeitraum vorhandenen statistischen Unterlagen konnte der Einfluß zweier Wachstumsquellen auf die Fortschrittskomponente isoliert werden, einmal die Strukturkomponente des gesamtwirtschaftlichen Wachstums und zum anderen eine Verbesserung in der Qualität der Arbeitskräfte infolge verlängerter Ausbildung.

Für die Gesamtwirtschaft ergab sich eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Fortschrittskomponente von

1, 1 v.H.

Davon sind zuzurechnen:

der Strukturkomponente des gesamtwirtschaftlichen Wachstums

0, 1 v.H.

der verbesserten Qualität der Arbeitskräfte infolge verlängerter Ausbildung¹

0, 2 v.H.

¹ Hierbei wird angenommen, daß der Einfluß verbesserter Qualität der Arbeitskräfte im gesamten Zeitraum von 1850 bis 1913 die gleiche Höhe hatte
Forts. s. n. Seite

Es verbleibt eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der so modifizierten Fortschrittskomponente von

0, 8 v.H.

Durch die Berücksichtigung dieser beiden Wachstumsquellen ergibt sich für die Gesamtwirtschaft eine Verringerung des Beitrags der ursprünglich errechneten Fortschrittskomponente zum Wachstum der Produktion von 42 v.H. auf 31 v.H.

Durch die Berücksichtigung verbesserter Ausbildung reduziert sich der Beitrag der Fortschrittskomponente zum Wirtschaftswachstum - entsprechend den Unterschieden der ursprünglichen absoluten und relativen Werte - auf folgende Anteile:

Landwirtschaft	40 - 47 v.H.
Gewerbe	32 v.H.
Übrige Bereiche	9 - 17 v.H.

Die damit weiter eingegrenzte Fortschrittskomponente beziffert sich für die Gesamtwirtschaft immer noch auf etwa 30 v.H. des gesamtwirtschaftlichen Wachstums. Die vorliegenden statistischen Daten erlauben keine weitere Aufspaltung. Nach den Ausführungen im theoretischen Teil wäre dieser Anteil des Wirtschaftswachstums vor allem auf die drei Quellen: zunehmende Skalenerträge, verbesserte Qualität des Faktors Kapital sowie technische und organisatorische Verbesserungen des Produktionsprozesses zurückzuführen. Nach den gängigen Definitionen wäre nur die letztere Quelle als technischer Fortschritt im engeren Sinne einzustufen. Die Isolierung der beiden erstgenannten Wachstumsquellen bereitet jedoch schon gedanklich solche Schwierigkeiten, daß man sich die empirische Abgrenzung kaum vorstellen kann. Dies wird deutlich, wenn man sich die Frage nach den verursachenden Faktoren steigender Skalenerträge oder der Verbesserung der Qualität des Kapitals stellt. Mit dem Begriff zunehmender Skalenerträge assoziiert man zunächst zwar einen Zusammenhang zwischen steigender Ausbringung und höherer Produktivität, der nächste gedankliche Schritt führt als Ursache jedoch zu verbesserten technischen und organisatorischen Möglichkeiten im Rahmen eines vergrößerten Produktionsapparates. Noch enger ist dieser Zusammenhang bei einer Verbesserung der Qualität des eingesetzten Kapitals. Diese Verbesserung kann man sich schwerlich anders als in Form technisch höherwertiger Kapitalgüter vorstellen, in denen ein höheres Maß von technischem Fortschritt inkorporiert ist.

Damit wird abschließend noch ein problematischer Aspekt des in dieser Untersuchung angewandten Verfahrens der sukzessiven Berücksichtigung

Forts. d. Fußn. v. Vorseite

wie in der Periode von 1870 bis 1913, für die allein statistische Daten vorlagen.

einzelner Wachstumsquellen deutlich. Bei der Berechnung des Einflusses einzelner Wachstumsquellen auf die zuvor ermittelte Fortschrittskomponente wurde unterstellt, daß diese einzelnen Faktoren unabhängig voneinander zum Anstieg des Realprodukts beitragen. Tatsächlich stehen die einzelnen, das Wachstum beeinflussenden Faktoren in vielfältigen Interdependenzbeziehungen. So wird beispielsweise die Konstruktion neuer, technisch höherwertiger Kapitalgüter und die Entwicklung effizienterer Produktionsverfahren durch Arbeitskräfte vorangetrieben, die einer speziellen Ausbildung bedürfen; ebenso können diese Kapitalgüter, welche die technischen Verbesserungen inkorporieren, in der Regel nur von höher qualifizierten Arbeitskräften bedient werden.

Diese Interdependenz aller Wachstumsfaktoren ist ökonomisch als Komplementarität zu interpretieren; sie hat zur Folge, daß die fortschreitende einseitige Ausschöpfung einzelner Wachstumsquellen u. U. zu abnehmenden Grenzerträgen führt. Aus dieser erwähnten Interdependenz resultiert also letztlich eine begrenzte Substituierbarkeit aller Wachstumsfaktoren. Der Grad der Substituierbarkeit zwischen der Vielzahl von Wachstumsquellen dürfte empirisch - wenn überhaupt - noch sehr viel schwieriger zu bestimmen sein als das Ausmaß der Substitutionsmöglichkeiten zwischen den konventionellen Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital. Theoretisch wären diese Zusammenhänge nicht mehr sukzessiv, sondern simultan im Rahmen eines globalen Wachstumsmodells zu erfassen.

Verzeichnis der bibliographischen Abkürzungen

AER	The American Economic Review
EJ	The Economic Journal
HdSW	Handwörterbuch der Sozialwissenschaften
IER	The International Economic Review
JFE	Journal of Farm Economics
JPE	The Journal of Political Economy
QJE	The Quarterly Journal of Economics
REStat	The Review of Economics and Statistics
REStudies	The Review of Economic Studies
SdV	Schriften des Vereins für Socialpolitik
WA	Weltwirtschaftliches Archiv
WiSta	Wirtschaft und Statistik
ZfdgStW	Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft
ZfNÖ	Zeitschrift für Nationalökonomie

Literaturverzeichnis

- ABRAMOVITZ, M.: Resource and Output Trends in the United States Since 1870, AER, Vol. 46 (1956), Papers and Proceedings, S. 5-23.
- ALLEN, R.G.D.: Mathematik für Volks- und Betriebswirte, 2. Aufl., Berlin 1962.
- ANDERSON, O.: Probleme der statistischen Methodenlehre in den Sozialwissenschaften, 4. Aufl., Würzburg 1962.
- ARROW, K.J., H. CHENERY, B. MINHAS, R. SOLOW: Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency, REStat, Vol. 43 (1961), S. 225-250.
- AUKRUST, O.: Investment and Economic Growth, Productivity Measurement Review, Nr. 16 (1959), S. 35-50.
- BECKMANN, M.J., R. SATO: Aggregate Production Functions and Types of Technical Progress. A Statistical Analysis, AER, Vol. 49 (1969), S. 88-101.
- BOMBACH, G.: Probleme der Produktivitätsmessung, Konjunkturpolitik, Bd. 5 (1959), S. 321-343.
- BOMBACH, G.: Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, in: W.G. HOFFMANN (Hrsg.): Finanz- und währungspolitische Bedingungen stetigen Wirtschaftswachstums, SdV, NF Bd. 15, Berlin 1959.
- BORCHARDT, K.: Zum Problem der Erziehungs- und Ausbildungsinvestitionen im 19. Jahrhundert, in: H. AUBIN u.a. (Hrsg.): Beiträge zur Wirtschafts- und Stadtgeschichte, Festschrift für Hektor Ammann, Wiesbaden 1965.
- BROWN, M.: On the Theory and Measurement of Technological Change, Cambridge 1966.
- BROWN, M. (Hrsg.): The Theory and Empirical Analysis of Production, Studies in Income and Wealth, Vol. 31, New York - London 1967.
- BROWN, M., J.S. de CANI: Technological Changes in the United States, 1950 - 1960, Productivity Measurement Review, No. 29 (1962), S. 26-39.
- BROWN, M. und J. POPKIN: A Measurement of Technological Change and Returns to Scale, REStat, Vol. 44 (1962), S. 402-411.
- CLARK, C.: The Conditions of Economic Progress, 2. Aufl., London 1951.
- COBB, C. und P.H. DOUGLAS: A Theory of Production, AER, Papers and Proceedings, Vol. 18 (1928), S. 139-165.
- DAVID, P.A. und Th. VAN DE KLUNDERT: Biased Efficiency Growth and Capital-Labor Substitution in the U.S., 1899-1960, AER, Vol. 55 (1965), S. 357-394.
- DENISON, E.F.: Measuring the Contribution of Education (and the Residual) to Economic Growth, in: OECD (Hrsg.): The Residual Factor and Economic Growth, Paris 1964.
- DENISON, E.F.: The Sources of Economic Growth and the Alternatives Before Us, Supplementary Paper No. 13, Committee for Economic Development, New York 1962.
- DENISON, E.F.: Why Growth Rates Differ, Postwar Experience in Nine Western Countries, Washington 1967.
- DHRYMES, P.J.: On Devising Unbiased Estimators for the Parameters of the Cobb-Douglas-Production Function, Econometrica, Vol. 30 (1962), S. 297-304.
- DOBELL, R. et al.: A Symposium on CES Production Functions: Extensions and Comments, REStat, Vol. 50 (1968), S. 443-479.
- DOMAR, E.D.: On the Measurement of Technological Change, EJ, Vol. 71 (1961), S. 709-729.
- DOMAR, E.D.: On Total Productivity and All That, JPE, Vol. 70 (1962), S. 597-608.
- DOUGLAS, P.H.: Are There Laws of Production?, AER, Vol. 38 (1948), S. 1-41.
- EDER, R.: Volkswirtschaftliche Theorie des technischen Fortschritts, Berlin 1967.
- EHRLICHER, W.: Probleme langfristiger Strukturwandlungen des Kapitalstocks, in: F. NEUMARK (Hrsg.): Strukturwandlungen einer wachsenden Wirtschaft, SdV, NF Bd. 30/II, Berlin 1964.
- FABRICANT, S.: Basic Facts on Productivity Change, National Bureau of Economic Research, Occasional Paper No. 63, New York 1959.
- FABRICANT, S.: Employment in Manufacturing 1899-1939, New York 1942.
- FEI, J.C.H. und G. RANIS: Innovational Intensity and Factor Bias in the Theory of Growth, IER, Vol. 6 (1965), S. 182-198.
- FELLNER, W.: Measures of Technological Progress in the Light of Recent Growth Theories, AER, Vol. 57 (1967), S. 1073-1098.
- FERGUSON, C.E.: Substitution, Technical Progress, and Returns to Scale, AER, Vol. 55 (1965), S. 296-305.

FERGUSON, C.E.: Time Series Production Functions and Technological Progress in American Manufacturing Industries, JPE, Vol. 73 (1965), S. 135-147.

FISHER, F.M.: The Existence of Aggregate Production Functions, Econometrica, Vol. 37 (1969), S. 553-577.

FLECK, F.H.: Die Messung des technischen Fortschritts im Rahmen des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, Wien - New York 1966.

FLECK, F.H.: Wechselwirkungen zwischen dem technischen Fortschritt und den Skalenerträgen, Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, 105. Jg. (1969), S. 155-163.

FOURASTIÉ, J.: Die große Hoffnung des zwanzigsten Jahrhunderts, Köln-Deutz 1954.

FOURASTIÉ, J.: Productivity, Prices and Wages, Paris 1957.

FUCHS, V.R.: Productivity Trends in the Goods and Service Sectors, 1929-1961, National Bureau of Economic Research, Occasional Paper 89, New York 1964.

FÜRST, G.: Die amtliche Statistik im Dienste der Produktivitätsmessung, WiSta, NF 5. Jg. (1953), S. 239-245.

GAHLEN, B.: Die Überprüfung produktionstheoretischer Hypothesen für Deutschland (1850 - 1913), Tübingen 1968.

GAHLEN, B.: Zur Theorie und Messung des nichtneutralen technischen Fortschritts in CES-Funktionen, ZfdStW, Bd. 123 (1967), S. 450-481.

GEHRIG, G. und K.C. KUHLO: Ökonometrische Analyse des Produktionsprozesses, IFO-Studien, 7. Jg. (1961), S. 175-237.

GRILICHES, Z.: Agricultural Productivity, A Progress Report, Productivity Measurement Review, No. 32 (1963), S. 21-24.

GRILICHES, Z.: The Sources of Measured Productivity Growth: United States Agriculture, 1940-1960, JPE, Vol. 71 (1963), S. 331-346.

HAHN, F.H. und R.C.O. MATTHEWS: The Theory of Economic Growth: A Survey, EJ, Vol. 74 (1964), S. 779-891.

HARROD, R.: Towards a Dynamic Economics, London 1948.

HARTOG, F.: Wirtschaftliche Probleme der Arbeitszeitverkürzung, ZfdgStW, Bd. 112 (1956), S. 671-684.

HELMSTÄDTER, E.: Der Kapitalkoeffizient. Eine kapitaltheoretische Untersuchung, Stuttgart 1969.

HELMSTÄDTER, E.: Harrod und die Neoklassische Wachstumstheorie, ZfdgStW, Bd. 121 (1965), S. 433-451.

HELMSTÄDTER, E.: Produktionsstruktur und Wachstum, Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Bd. 169 (1958), S. 173-209 und S. 427-449.

HESSE, H.: Die Meßbarkeit des technischen Fortschritts, dargestellt am Beispiel der Textilindustrie, Zeitschrift für allgemeine und textile Marktwirtschaft, Sonderheft 1969, S. 7-37.

HESSE, H. und B. GAHLEN: Das Wachstum des Nettoinlandprodukts in Deutschland, 1850 - 1913, Berechnung von makroökonomischen Produktionsfunktionen, ZfdgStW, Bd. 121 (1965), S. 452-497.

HESSE, H. und B. GAHLEN: Die Beziehungen zwischen eigentlicher und historischer Substitutionselastizität bei technischem Fortschritt, WA, Bd. 99 (1967), S. 175-224.

HEUBES, J.: Sektorale Produktionsfunktionen der deutschen Industrie, Dissertation Bonn 1969.

HICKS, J.R.: The Theory of Wages, 2. Aufl., London 1964.

HOFFMANN, W.G. unter Mitarbeit von F. GRUMBACH und H. HESSE: Das Wachstum der deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, Berlin - Heidelberg - New York 1965.

HOFFMANN, W.G.: Die Entwicklung von Kapitalkoeffizient und Lohnquote im wirtschaftlichen Wachstum, Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Bd. 180 (1967), S. 179-210.

HOFFMANN, W.G.: Die Produktivitätsstruktur der Industrie in verschiedenen Entwicklungsstadien, ZfdgStW, Bd. 115 (1959), S. 536-557.

HOFFMANN, W.G.: Expenditure on Education and Research in the Process of Economic Growth, The German Economic Review, Vol. 2 (1964), S. 97-110 und S. 206-215.

HOFFMANN, W.G.: Zur Vorausschätzbarkeit von Produktivitätsänderungen im Wachstumsprozeß, ZfdgStW, Bd. 114 (1958), S. 66-98.

HUPPERT, W.: Volkswirtschaftliche Produktivität, Begriff und Messung, IFO-Studien, 1. Jg. (1955), S. 84-108.

JORGENSEN, D.W. und Z. GRILICHES: The Explanation of Productivity Change, REStudies, Vol. 34 (1967), S. 249-283.

KALDOR, N.: Causes of the Slow Rate of Economic Growth of the United Kingdom, An Inaugural Lecture, Cambridge 1966.

KENDRICK, J.W. und R. SATO: Factor Prices, Productivity, and Economic Growth, AER, Vol. 53 (1963), S. 974-1003.

- KENDRICK, J.W.: Productivity Trends in Agriculture and Industry, JFE, Vol. 40 (1958), S. 1554-1564.
- KENDRICK, J.W.: Productivity Trends: Capital and Labor, REStat, Vol. 38 (1956), S. 248-257.
- KENDRICK, J.W.: Productivity Trends in the United States, Princeton 1961.
- KLEIMAN, E., N.HALEVI und D.LEVHARI: The Relationship between Two Measures of Total Productivity, REStat, Vol. 48 (1966), S. 345-347.
- KLEIN, L.R.: An Introduction to Econometrics, Englewood Cliffs, N.J. 1962.
- KLEIN, L.R. und R.F.KOSEBUD: Some Econometrics of Growth: Great Ratios of Economics, QJE, Vol. 75 (1961), S. 173-198.
- KLEMENT, D.: Strukturwandlungen des Kapitalstocks nach Anlagearten in Deutschland seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, Tübingen 1967.
- KRELLE, W.: Produktionstheorie, Tübingen 1969.
- KRENGEL, R.: Anlage-Investitionen und Anlagevermögen der westdeutschen Industrie 1959 und 1960, Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung, Jg. 1961, S. 49-71.
- KRENGEL, R.: Produktionskapazitäten, Kapitalintensität und Kapazitätsausnutzung der westdeutschen Industrie, Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung, Jg. 1962, S. 45-62.
- KRENGEL, R.: Produktionsvolumen und Produktionsfaktoren der Industrie im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland, Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung, Jg. 1964, S. 360-380.
- KRENGEL, R.: Wachstumskomponenten der westdeutschen Industrie. Ein Quantifizierungsversuch, Konjunkturpolitik, Jg. 5 (1959), S. 8-24.
- KRIEGHOFF, H.: Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, Berlin 1958.
- KRUG, W.: Das immaterielle Kapital und seine statistische Erfassung. Ein Beitrag zur wirtschaftlichen Wachstumsforschung, Dissertation Erlangen 1966.
- KUHLO, K.C.: Zur Wachstumsanalyse der deutschen Wirtschaft, IFO-Studien, 12. Jg. (1966), S. 121-145.
- KULLMER, H. und W.KRUG: Beziehungen zwischen beruflicher Ausbildung und Nettoeinkommen der ausgebildeten Personen, WiSta, NF 19. Jg. (1967), S. 570-576.
- KUZNETS, S.: Modern Economic Growth, New Haven - London 1966.

- LADD, G.W.: Biases in Certain Production Indices, JFE, Vol. 39 (1957), S. 75-85.
- LANDES, D.S.: Technological Change and Development in Western Europe, 1750 - 1914, in: H.J.HABAKKUK und M.POSTAN (Hrsg.): The Cambridge Economic History of Europe, Vol. VI, The Industrial Revolution and After, Cambridge 1965.
- LAVE, L.B.: Empirical Estimates of Technological Change in United States Agriculture, 1850 - 1958, JFE, Vol. 44 (1962), S. 941-952.
- LAVE, L.B.: Technological Change: Its Conception and Measurement, Englewood Cliffs, N.J. 1966.
- LEVINE, H.S.: A Small Problem in the Analysis of Growth, REStat, Vol. 42 (1960), S. 225-228.
- LITHWICK, N.H., G.POST und T.K.RYMES: Postwar Production Relationships in Canada, in: M.BROWN (Hrsg.): The Theory and Empirical Analysis of Production, New York - London 1967.
- LOMAX, K.S.: Growth and Productivity in the United Kingdom, Productivity Measurement Review, Nr. 38 (1964), S. 5-22.
- LU, Y.C. und L.B.FLETCHER: A Generalization of the CES Production Function, REStat, Vol. 50 (1968), S. 449-452.
- MADDISON, A.: Productivity in an Expanding Economy, EJ, Vol. 62 (1952), S. 584-594.
- MARSHALL, A.: Principles of Economics, 8. Aufl., London 1961.
- MASSELL, B.F.: A Dissaggregated View of Technical Change, JPE, Vol. 69 (1961), S. 547-557.
- MCCARTHY, M.D.: Quantity Augmenting Technical Progress and Two Factor Production Functions, The Southern Economic Journal, Vol. 33 (1966/7), S. 71-80.
- MEINERT, R.: Die Entwicklung der Arbeitszeit in der deutschen Industrie 1820 - 1956, Dissertation Münster 1958.
- MENDERSHAUSEN, H.: On the Significance of Professor Douglas' Production Function, Econometrica, Vol. 6 (1938), S. 143-153.
- MESTER, A.F.: Eine Zeitreihe der Ausnutzung des Sachkapitals (1925 bis 1938 und 1950 bis 1957), IFO-Studien, 7. Jg. (1961), S. 61-85.
- MICHANEK, E. und J.OHLSSON: Verkürzung der Arbeitszeit. Schwedische Untersuchungen, Göttingen 1958.
- NELSON, R.R.: Aggregate Production Functions and Medium - Range Growth Projections, AER, Vol. 54 (1964), S. 575-606.
- NERLOVE, M.: Estimation and Identification of Cobb-Douglas Production Functions, Chicago - Amsterdam 1965.

NIITAMO, O.: The Development of Productivity in Finnish Industry 1925 - 1952, Productivity Measurement Review, No. 15 (1958), S. 30-41.

NIKITOPOULOS, P.: Einige Bemerkungen zur "Messung des technischen Fortschritts", ZfNÖ, Bd. 29 (1969), S. 165-168.

OECD (Hrsg.): Productivity Measurement, Vol. I: Concepts, Paris 1955.

OKUN, A.M.: Potential GNP: Its Measurement and Significance, American Statistical Association, Proceedings of the Business and Economic Statistics Section, 1962, S. 98-104.

ØLGAARD, A.: Growth, Productivity, and Relative Prices, Amsterdam 1966.

OPPENLÄNDER, K.: Die moderne Wachstumstheorie, Berlin - München 1963.

OTT, A.E.: Produktionsfunktion, technischer Fortschritt und Wirtschaftswachstum, in: J. NIEHANS u.a. (Hrsg.): Einkommensverteilung und technischer Fortschritt, SdV, NF 17, Berlin 1959.

OTT, A.E.: Technischer Fortschritt, Artikel im HdSW, Bd. 10, Stuttgart - Tübingen - Göttingen 1959.

PAIGE, D. und G. BOMBACH: A Comparison of National Output and Productivity of the United Kingdom and the United States, Paris 1959.

PASINETTI, L.L.: On Concepts and Measures of Changes in Productivity, REStat, Vol. 41 (1959), S. 270-282.

REUSS, G.E.: Produktivitätsanalyse, Basel 1960.

REYNOLDS, L.G.: Labor Economics and Labor Relations, 2. Aufl., Englewood Cliffs, o.J.

RICHTER, M.K.: Invariance Axioms and Economic Indexes, Econometrica, Vol. 34 (1966), S. 739-755.

RIESE, H.: Strukturprobleme des wirtschaftlichen Wachstums, Dissertation Kiel 1959.

ROSE, K.: Produktivität, Artikel im HdSW, Bd. 8, Stuttgart - Tübingen - Göttingen 1964.

RUIST, E.: Productivity, Efficiency and Wages, in: OECD (Hrsg.): Productivity Measurement, Vol. I: Concepts, Paris 1955.

RUSTEMEYER, F.C.: Die Produktivität der Landwirtschaft. Begriff, Messung und Anwendung, Agrarwirtschaft, Sonderheft 16, 1964.

SACHVERSTÄNDIGENRAT ZUR BEGUTACHTUNG DER GESAMTWIRTSCHAFTLICHEN ENTWICKLUNG: Jahresgutachten 1965/66, Stabilisierung ohne Stagnation, Stuttgart - Mainz 1965.

SAHOTA, G.S.: The Sources of Measured Productivity Growth: United States Fertilizer Mineral Industries, 1936 - 1960, REStat., Vol. 48 (1966), S. 193-204.

SALTER, W.E.G.: Productivity and Technical Change, 2. Aufl., Cambridge 1966.

SATO, R. und R.F. HOFFMANN: Production Functions with Variable Elasticity of Factor Substitution: Some Analysis and Testing, REStat, Vol. 50 (1968), S. 453-460.

SCHMID, J.W.: Der technische Fortschritt. Begriff und Grundprobleme seiner Messung in der Nationalökonomie heute, Dissertation München 1967.

SCHMOOKLER, J.: The Changing Efficiency of the American Economy, 1869 - 1938, REStat, Vol. 34 (1952), S. 214-231.

SCHÖNFELD, P.: Probleme und Verfahren der Messung der Kapazität und des Auslastungsgrades, ZfdgStW, Bd. 123 (1967), S. 25-59.

SCHÖNFELD, P.: Zur Ermittlung der Wachstumskomponenten des Produktionsprozesses, Konjunkturpolitik, Jg. 11 (1965), S. 309-336.

SCHUMPETER, J.A.: Business Cycles, Vol. I, New York 1939.

SELOWSKY, M.: On the Measurement of Education's Contribution to Growth, QJE, Vol. 83 (1969), S. 449-463.

SMITH, A.: Eine Untersuchung über das Wesen und die Ursachen des Reichtums der Nationen, deutsche Übersetzung von P. THAL, Berlin 1963.

SOLOW, R.M.: Investment and Economic Growth: Some Comments, Productivity Measurement Review, No. 19 (1959), S. 62-68.

SOLOW, R.M.: Investment and Technical Progress, in: K.J. ARROW et al. (Hrsg.): Mathematical Methods in the Social Sciences, 1959, Proceedings of the First Stanford Symposium, Stanford 1960.

SOLOW, R.M.: Some Recent Developments in the Theory of Production, in: M. BROWN (Hrsg.): The Theory and Empirical Analysis of Production, Studies in Income and Wealth, Vol. 31, New York - London 1967.

SOLOW, R.M.: Technical Change and the Aggregate Production Function, REStat, Vol. 39 (1957), S. 312-320.

SOLOW, R.M.: Technical Progress, Capital Formation, and Economic Growth, AER, Papers and Proceedings, Vol. 52 (1962), S. 76-86.

SPIETHOFF, A.: Krisen, Artikel im Handwörterbuch der Staatswissenschaften, 6. Bd., 4. Aufl., Jena 1925.

- STATISTISCHES HANDBUCH FÜR DEN PREUSSISCHEN STAAT, Bd. II,
Berlin 1893.
- STATISTISCHES JAHRBUCH FÜR DAS DEUTSCHE REICH, 29.Jg. (1908),
und 34.Jg. (1913).
- STIGLER, G.J.: Economic Problems in Measuring Changes in Productivity, in: Studies in Income and Wealth, Vol. 25, Output, Input, and Productivity Measurement, Princeton 1961.
- STUDIES IN INCOME AND WEALTH, Vol. 30: Output, Employment, and Productivity in the United States After 1800, New York - London 1966.
- TERLECKYJ, N.E.: Sources of Productivity Advance. A Pilot Study of Manufacturing Industries, 1899 - 1953. Ph.-D.-Dissertation, Columbia-University 1960.
- TINBERGEN, J.: Zur Theorie der langfristigen Wirtschaftsentwicklung, WA, Bd. 55 (1942), S. 511-549.
- UZAWA, H.: Neutral Inventions and the Stability of Growth Equilibrium, REStudies, Vol. 28 (1960/61), S. 117-124.
- VAAL, J.: Technischer Fortschritt und Faktorsubstitution in der westdeutschen Textilindustrie (1950 - 1965), Tübingen 1969.
- VERDOORN, P.J.: Arbeidsduur en Welvaartsspeil, Leiden 1947.
- WALTER, H.: Der technische Fortschritt in der neueren ökonomischen Theorie. Versuch einer Systematik, Berlin 1969.
- WALTERS, A.A.: Production and Cost Functions: An Econometric Survey, Econometrica, Vol. 31 (1963), S. 1-66.
- WEIZSÄCKER, von C.C.: Zur ökonomischen Theorie des technischen Fortschritts, Göttingen 1966.
- WILKINSON, M.: Factor Supply and the Direction of Technological Change, AER, Vol. 58 (1968), S. 120-128.
- WILLER, H.: Technischer Fortschritt und Landwirtschaft, Hamburg - Berlin 1967.
- YAMANE, T.: Mathematics for Economists, Englewood Cliffs, NJ. 1962.
- YOUNG, A.: Increasing Returns and Economic Progress, EJ, Vol. 38 (1928), S. 527-540.
- ZAREMBKA, P.: On the Empirical Relevance of the CES Production Function, REStat, Vol. 52 (1970), S. 47-53.