

Faktorpreise, Faktorproduktivität und Technologie in der amerikanischen, europäischen und japanischen Landwirtschaft von 1880 bis 1965*

Von Adolf Weber, Kiel

I. Einleitung**

Die Notwendigkeit, mit zunehmender Bevölkerungsdichte die Nahrungsmittelproduktion zu erhöhen, kann für alle Zeitalter als permanent wirkende Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft bezeichnet werden. Für Deutschland und andere europäische Länder ist dieser einfache Mechanismus zwischen Bevölkerungswachstum und Flächenbedarf überzeugend in einer Reihe von Arbeiten durch Abel¹ dargelegt worden. Bei steigender Bevölkerung mußte, solange die landwirtschaftliche Technologie nicht grundlegend verbessert wurde, die von der Landwirtschaft durch Rodung oder Urbarmachung genutzte Fläche ausgedehnt werden.

England² hatte im 17. und 18. Jahrhundert ein höheres Bevölkerungswachstum als Deutschland und Frankreich³. Es wurde deshalb führend bei der Entwicklung neuer landwirtschaftlicher Methoden. Seit der Mitte

* Dieser Beitrag ist Herrn Professor Dr. Dr. h. c. Arthur Hanau, Göttingen, zum 70. Geburtstag gewidmet.

** Die für diese Studie benutzten Quellen und Statistiken sind in einer im Department of Agricultural and Applied Economics, St. Paul, Minnesota 55 101, USA, in englischer Sprache vorliegenden Arbeitsunterlage (40 Zeitreihen für Deutschland) vollständig beschrieben und enthalten. Der statistische Teil sowie der Text der Arbeitsunterlage werden nach Veröffentlichung auf Anforderung (als Staff Paper) zugänglich sein. Die hier benutzten Verweise: Minnesota-Appendix I, II oder III beziehen sich auf die drei Anhänge der dortigen Arbeitsunterlage. — Der Verfasser verdankt viele Anregungen und Hinweise, die bei der Diskussion eines früheren Manuskriptes gemacht wurden, insbesondere den folgenden Persönlichkeiten: Barbara Miller, Willis Peterson, Philip Raup, Vernon Ruttan, Mary Ryan in St. Paul/Minnesota, Arthur Hanau, Theodor Heidhues, Emil Woermann in Göttingen und Rudolf Wolffram in Kiel. Außerdem unterstützten mich bei der Quellenbeschaffung und Rechenarbeiten cand. agr. Andreas Falk, Marquard Gregersen, Kiel sowie Helmut Ulrich, St. Paul. — Quellenangaben für Schaubild 1 bis 3 können vom Verfasser bei Voreinsendung einer Schutzgebühr von DM 2,— (Porto- und Materialkosten) bezo gen werden.

¹ Vgl. Wilhelm Abel: Geschichte der deutschen Landwirtschaft vom frühen Mittelalter bis zum 19. Jahrhundert. Stuttgart 1962.

² Dem allgemeinen Sprachgebrauch folgend bezeichnen wir historisch und geographisch oft ungenau mit England oder englisch das Vereinigte Königreich von Großbritannien und Nordirland (früher ganz Irland), mit amerikanisch

des 17. Jahrhunderts bis 1850 waren die Weizenpreise in England wesentlich höher als in Deutschland, Frankreich und Oberitalien⁴. Jedoch selbst die Erfindung und Einführung des die Flächenerträge und damit die Nahrungsmittelproduktion erhöhenden Norfolker Fruchtfolgesystems konnte mit dem Bevölkerungswachstum nicht Schritt halten. Die Boden- und Nahrungsmittelpreise wuchsen in England schneller als die Löhne⁵.

Es ist deshalb keine Überraschung, daß David Ricardo seine Grundrententheorie in einer ökonomischen Umwelt entwickelte, in der die Bodenpreise für mehr als ein Jahrhundert schneller gestiegen waren als die Löhne. Der in den Schriften von Thomas Robert Malthus zum Ausdruck kommende Glaube, daß die Nahrungsmittelproduktion mit dem Bevölkerungswachstum nicht Schritt halten könne, spiegelte deshalb eine unmittelbar englische Erfahrung. Weder Ricardo noch Malthus konnten die kommende Vermehrung ertragsteigender und damit bodensparender landwirtschaftlicher Technologien voraussehen, die dazu beitragen, die vom unelastischen Bodenangebot ausgeübte Beschränkung bei der Ausdehnung der Nahrungsmittelproduktion zu überwinden. Jedoch die gegenwärtige Diskussion über die Endlichkeit des „Raumschiffes Erde“ erneuert die kybernetische Sicht der klassischen Ökonomen. Negative Rückkopplung oder Regulierung ist überall und solange notwendig, wie Wissenschaft und Technologie die Ertragsbedingungen der Nutzung von Ressourcen nicht geändert haben⁶.

II. Faktorpreise und Faktorproduktivitäten

1. Unterschiedliche Wachstumsraten der Nachfrage nach Nahrungsmitteln in einzelnen Ländern

Eine Vorstellung von der unterschiedlichen Stärke des Wachstums von Einkommen und Nachfrage für die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts bis zum Ersten Weltkrieg gibt für elf Länder Übersicht 1 im Anhang. Da es nach Wissen des Autors keine vergleichbaren Studien über die

das Gebiet der Vereinigten Staaten von Amerika und mit deutsch das Gebiet des Deutschen Bundes, des Deutschen Reiches oder der Bundesrepublik Deutschland. Die durch Gebietsverschiebungen hervorgerufenen Bestandsveränderungen an Flächen, Arbeitskräften usw. entsprechen deshalb den jeweiligen Staatsgrenzen ohne ausdrückliche Erwähnung.

³ Wilhelm Abel: Art. Agrarkonjunktur. In: HdSw. 1. Bd. Stuttgart, Tübingen, Göttingen 1956. S. 51.

⁴ Vgl. Wilhelm Abel: Agrarkrisen und Agrarkonjunkturen. Eine Geschichte der Land- und Ernährungswirtschaft seit dem hohen Mittelalter. 2. Aufl. Hamburg, Berlin 1966. S. 286.

⁵ Ebd., S. 184.

⁶ Vgl. Vernon W. Ruttan: Technology and the Environment. Presidential Adress. Am. J. of Agr. Ec. Vol. 53 (1971), S. 710.

Einkommenselastizität in dieser frühen Periode für die einzelnen Länder gibt, sind die seit den Arbeiten von *Kuznets* und *Zimmerman*⁷ bekannten Einkommensunterschiede zwischen den betrachteten Ländern bei der Annahme bestimmter Einkommenselastizitäten zugrunde gelegt worden. Wir haben in Anlehnung an Expertenurteile die Einkommenselastizität der mengenmäßigen Nachfrage auf der Erzeugerstufe für die beiden nordamerikanischen Länder mit 0,25, für Italien, Irland und Rußland mit 0,5 und für die übrigen europäischen Länder mit 0,4 angenommen.

Für Japan beziffert *Kaneda* die Einkommenselastizität für Nahrungsmittel zwischen 1878 und 1922 auf 0,3 bis 0,4⁸. Gemessen am damals vergleichsweise sehr niedrigen japanischen Einkommen scheinen die Elastizitätskoeffizienten unterschätzt. *Kaneda* erklärt dies jedoch damit, daß in Japan die traditionelle Reis- und Fischkost sich trotz steigender Einkommen während der Industrialisierung nicht änderte. Erst mit dem Beginn der sechziger Jahre dieses Jahrhunderts tritt eine sichtbare Annäherung an das westliche Verbrauchsmuster ein, indem mehr Weizengehirn und tierische Produkte verzehrt werden. Der Verlust an Primärkalorien, der durch die Umwandlung von pflanzlicher Nahrung in tierische Erzeugnisse eintritt, wurde so in Japan lange Zeit hinausgeschoben. Je Einheit Land konnte daher mit dem traditionellen Verbrauchsmuster eine größere Bevölkerungszahl ernährt werden.

Die Genauigkeit der Daten über das nachfragewirksame Wachstum der Bevölkerung und des Einkommens darf nicht überschätzt werden. Der Einbezug des agrarischen Außenhandels würde die nachfragewirksame Wachstumsrate hauptsächlich am Ende der Periode für importierende Länder (England, Deutschland) und exportierende Länder (Dänemark, Rußland, USA, Kanada) sicherlich schwächen oder verstärken. Sieht man von den erwähnten methodischen Unzulänglichkeiten ab, so läßt die nur die inneren Nachfrage nach Nahrungsmitteln repräsentierende Wachstumsrate (vgl. Übersicht 1 im Anhang) jedoch die unterschiedliche Anforderung an die Intensität der Landnutzung in den einzelnen Ländern erkennen. Kanada und die Vereinigten Staaten verzeichneten die höchsten Wachstumsraten. Die Landwirtschaft beider Länder konnte zu Beginn dieser Periode vergleichsweise leicht die bewirtschafteten Flächen erweitern. Die Herausforderung einer höheren Wachstums-

⁷ Vgl. *Simon Kuznets*: Quantitative Aspects of the Economic Growth of Nations. Economic Development and Cultural Change, Vol. V (1956), H. 1. S.1 - 94. — *Louis J. Zimmerman*: Poor Lands, Rich Lands. The Widening Gap. Studies in Economics. New York 1965.

⁸ Vgl. *Hiromitsu Kaneda*: Long-term Changes in Food Consumption Patterns in Japan. In: *Kazushi Okawa, Bruce F. Johnston, Hiromitsu Kaneda* (Hrsg.): Agriculture and Economic Growth: Japan's Experience. Princeton, Tokio 1970. S. 426.

rate der Nachfrage nach Nahrungsmitteln durch neue Technologien begrenzen zu müssen, war deshalb stärker in Japan, Rußland, Deutschland, Schweden und besonders im exportierenden Dänemark. Wesentlich geringere Impulse zur Intensivierung der Landwirtschaft gingen jedoch vom Wachstum der Nachfrage nach Nahrungsmitteln in Frankreich, Italien und Irland aus. Diese Unterschiede müssen sich deshalb auch in unterschiedlichen Faktorpreisen und Faktorproduktivitäten niederschlagen.

2. Entwicklung der Bodenpreise und Landarbeiterlöhne

Nationale Bodenpreisstatistiken gehen teilweise von sehr unterschiedlichen Definitionen und Berechnungsweisen aus. Die veröffentlichten Bodenpreise beruhen bei Anlegung kritischer Maßstäbe auf unzureichenden Grundlagen. Um nur einige wenige Gesichtspunkte anzudeuten: Einige Länder (Japan, USA) legen ausschließlich das produktivere Ackerland der Bodenpreisstatistik zugrunde. Deutschland und Frankreich beziehen das Grünland in die Bodenpreisstatistik ein. Eine weitere Differenzierung tritt ein, wenn, wie in England, der Wert der Gebäude im Bodenpreis enthalten ist. Der Einfluß ist jedoch nicht so groß, da die englischen Bodenpreise für ganze Landgüter gelten, die niedrigere Preise je Flächeneinheit als Einzelgrundstücke haben. Bei sehr abweichender Faktorausstattung mit Boden werden die unterschiedlichen Definitionen und Berechnungsweisen der Bodenpreise zwischen den Ländern zwar nicht aufgehoben, aber die großen Unterschiede treten deutlich hervor. Weitere Probleme des internationalen Vergleichs der Bodenpreise entstehen dadurch, daß festgelegt werden muß, in welchem Bezug oder in welcher Währung die Bodenpreise vergleichbar ausgedrückt werden sollen. Grundsätzlich stehen dazu mehrere Wege offen. Man kann Boden in seiner Kaufkraft gegenüber wichtigen landwirtschaftlichen Produkten (Getreide, Weizen, Reis usw.) messen. Ein Hektar Boden stellt beispielsweise den Gegenwert für eine bestimmte Menge Weizen dar. Diese Methode hat den Vorteil, daß der Vergleich von Ländern mit zeitweise unrealistischen Wechselkursen möglich ist. Der Nachteil besteht darin, daß der Preis einzelner Agrarprodukte bei hohem Agrarschutz, unterschiedlicher Verbrauchsstruktur und beträchtlichen Ertragsunterschieden erheblich vom internationalen Agrarpreisniveau abweichen kann.

Die zweite Methode mißt die Kaufkraft des Bodens am Preis des Faktors Arbeit, gewöhnlich den Landarbeiterlöhnen. Die Landarbeiterlöhne können jedoch gleich den Produktpreisen durch Agrarschutz oder die permanente Zuwanderung billigerer Arbeitskräfte aus wirtschaftlich weniger entwickelten Ländern erheblich vom sonstigen Lohnniveau einer

Volkswirtschaft abweichen. Die dritte Methode eines internationalen Vergleichs der Bodenpreise besteht darin, eine Währung zugrunde zu legen. Damit entstehen bei festen Wechselkursen zwar kurzfristig neue

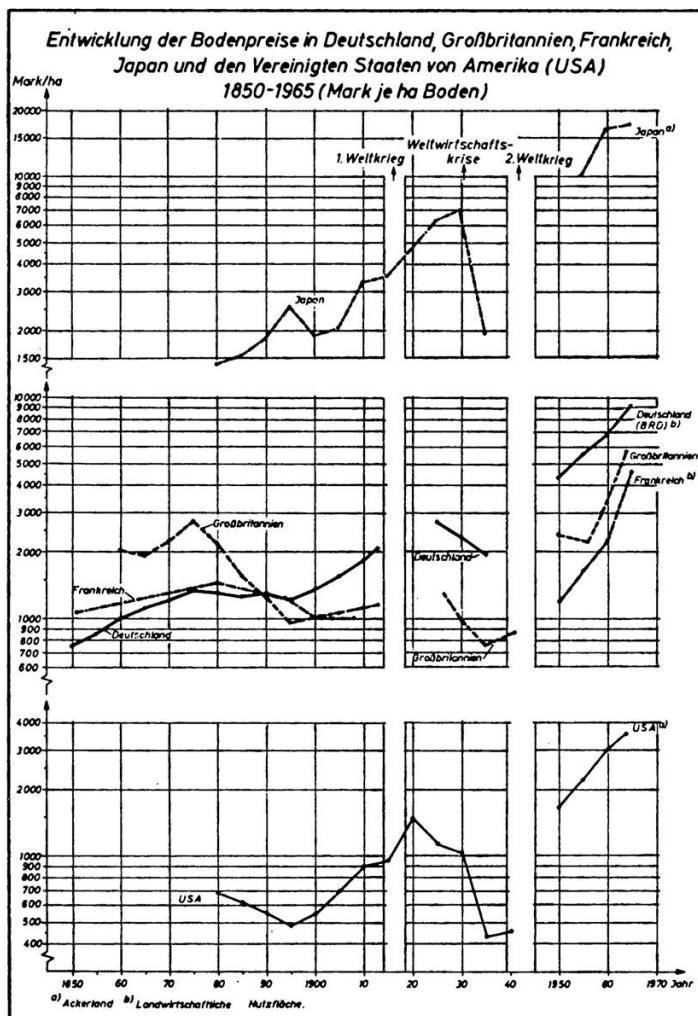


Abb. 1: Entwicklung der Bodenpreise

Probleme, langfristig müssen bei marktwirtschaftlichen Ländern die Wechselkurse aber den Tauschrelationen zu anderen Währungen entsprechen. Die Umrechnung in eine Währung wird dadurch erleichtert, daß die hier untersuchten Länder vor dem Ersten Weltkrieg ihre Währungen an

den Preis des Goldes banden. Für die währungspolitisch unruhigere Zwischenkriegszeit, in der alle Länder sukzessive den Goldstandard aufgaben, wurden die Devisenkurse der Berliner Börse zugrunde gelegt. Für die Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg geschah die Umrechnung auf der Basis der Devisenkurse der Frankfurter Börse. Die erfolgte Umrechnung der nominalen Bodenpreise in Mark (= Mark, Reichsmark bzw. Deutsche Mark) hätte deshalb ebenso in Dollar oder jeder anderen Währung der untersuchten Länder erfolgen können.

Schaubild 1 zeigt deutlich den internationalen Zusammenhang der Bodenpreisentwicklung von 1850 bzw. 1880 bis 1965 für fünf Industrieländer. Selbst bei Abschlägen für die unterschiedlichen Bodenpreisdefinitionen in Japan und den USA läßt sich sagen, daß Japan die höchsten, die USA die niedrigsten und die europäischen Länder Bodenpreise auf einem mittleren Niveau haben. In allen Ländern sind die Bodenpreise langfristig gestiegen. In allen Ländern fielen die Bodenpreise im Zuge der Weltwirtschaftskrise, und sie stiegen überall nach dem Zweiten Weltkrieg. Vor dem Ersten Weltkrieg verlief die Bewegung der Bodenpreise uneinheitlicher. Sie stiegen in Japan von 1880 bis 1910, unterbrochen durch die Folgen der Yen-Abwertung 1897, am stärksten. Auch in den Vereinigten Staaten nahmen nach dem Preisverfall von 1880 bis 1895 die Bodenpreise beträchtlich zu. In Deutschland erhöhten sie sich von 1850 bis 1880, stagnierten bis 1900, um dann erneut zu steigen. Die Bodenpreise stiegen gleichfalls von 1850 bis 1880 in Frankreich, um danach bis zum Ersten Weltkrieg auf den Stand von 1850 zurückzufallen.

England hatte um 1876 doppelt so hohe Bodenpreise wie Deutschland und Frankreich. Unter dem Einfluß steigender Importe, die durch die hohe Kaufkraft der englischen Bevölkerung bei zollfreien Nahrungsmitteleinfuhren ausgelöst wurden, gingen die Bodenpreise beträchtlich zurück. Von 1880 bis 1884 wurden in England pro Hektar *LN*⁹ bereits 362 kg Getreide im jährlichen Durchschnitt importiert¹⁰.

Bis zum Jahr fünf 1905 - 1909 stieg der Import auf 533 kg. Bei einem Weizertrag je ha von etwa 2 000 kg um 1880 und von 2 230 kg im Zeitabschnitt 1904/10 machte das Importgetreide schon etwa 18 % bzw. 25 % des Getreideertrages aus. Der Selbstversorgungsgrad Englands war jedoch vor dem Ersten Weltkrieg noch weit niedriger. Er dürfte bei Hinzurechnung der Importe der übrigen pflanzlichen und tierischen Erzeugnisse schätzungsweise zwischen 50 % und 60 % betragen haben.

Im Deutschen Reich verfünfachte sich zwar im Zeitabschnitt 1880 bis 1910 allein der Nettogetreideimport je ha *LN* von 25 kg auf 135 kg. Eine

⁹ *LN* = Landwirtschaftliche Nutzfläche; ha = Hektar.

¹⁰ Vgl. Michael Tracy: *Agriculture in Western Europe. Crisis and Adoption since 1880*. London 1964. S. 47.

ebenso drastische Senkung der Bodenpreise konnte mit dieser vergleichsweise geringen Einfuhrmenge nicht mehr erreicht werden, obwohl der Selbstversorgungsgrad des Deutschen Reiches in diesem Zeitraum von 95 % auf 80 % sank¹¹. Die deutschen Bodenpreise wichen unter Berücksichtigung von Je-Kopf-Einkommen und Bevölkerungsdichte weniger vom internationalen Bodenpreisniveau ab als die englischen vor und nach Aufhebung der Kornzölle (1846). Der englische Fall war einmalig¹².

Den Zusammenhang zwischen Bevölkerungsdichte und Bodenpreis zeigt Übersicht 2 im Anhang auf. Es wurden zusätzlich Angaben für Belgien und Dänemark aufgenommen. Im Vergleich zu dem schon damals dicht besiedelten Belgien mußte Japan bereits 1880 mehr als zweieinhalb mal soviel Menschen von seiner Nutzfläche ernähren. Zwischen der Bevölkerungsdichte und der Höhe des Bodenpreises besteht für die europäischen Länder eine positive Korrelation. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,79, ohne England erreicht er 0,91.

Auf den Bodenpreis wirken neben der Bevölkerungsdichte noch weitere Faktoren ein. Im internationalen Vergleich wird bei der Annahme positiver Einkommenselastizitäten für tierisches Eiweiß der durchschnittliche Preis landwirtschaftlich genutzten Bodens von folgenden Faktoren wesentlich bestimmt:

- (1) $Bp = f(BVD, VEK, LFP, SVG, FVB, RF);$
- Bp = Bodenpreis
 BVD = Bevölkerungsdichte je Einheit LN als Indikator der Nachfrage nach landwirtschaftlichen und nichtlandwirtschaftlichen Bodenleistungen;
 VEK = Volkseinkommen je Kopf als Indikator der Nachfrage nach landwirtschaftlichen und nichtlandwirtschaftlichen Bodenleistungen;
 LFP = Landwirtschaftliche Flächenproduktivität als Indikator des Flächenbedarfs der Landwirtschaft;
 SVG = Selbstversorgungsgrad eines Landes mit Nahrungsmitteln — sowie land- und forstwirtschaftlichen Rohstoffen — als Indikator der Wirkung des Außenhandels auf den Flächenbedarf;
 FVB = Fischverbrauch. Das mit dem Fischverbrauch zugeführte tierische Eiweiß verringert den landwirtschaftlichen Flächenbedarf (z. B. Japan) erheblich, da der bei der Erzeugung von Fleisch, Milch und Eiern eintretende Verlust an Primärkalorien vermieden wird;

¹¹ Vgl. Hans von der Decken: Entwicklung der Selbstversorgung Deutschlands mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen. Berlin 1938. S. 128.

¹² Die englische Handels- und Agrarpolitik vor dem Ersten Weltkrieg kann hier nicht diskutiert werden. Sie darf nämlich nicht ausschließlich auf die Güterwelt beschränkt werden, denn zwischen 1846/50 bis 1901/10 verließen über zwölf Mio. Personen England, hauptsächlich nach den britischen Überseegebieten. Im gleichen Zeitraum wanderten aus Italien 6,4 Mio und aus Deutschland 4,2 Mio Menschen aus. Vgl. Wladimir S. und Emma S. Woytinsky: World Population and Production; Trends and Outlook. New York 1953. S. 75.

RF = Restfaktoren¹³ (Agrarverfassung, Pachtanteil, Betriebsgröße, Kredit Höhe, Bodensteuern, Erbsitten, Inflation oder Deflation, Sicherheitsdenken, Wunsch nach Bodenbesitz usw.).

Das Modell verdeutlicht die Anforderungen, die ein steigendes Je-Kopf-Einkommen an den Boden zur Erzeugung von Nahrungsmitteln oder als Standort für Siedlungs- und Verkehrszwecke stellt. Neben dem vermehrten Einsatz bodensparender Technologien, der Ausdehnung des Fischfangs kann temporär durch Verringerung des Selbstversorgungs-

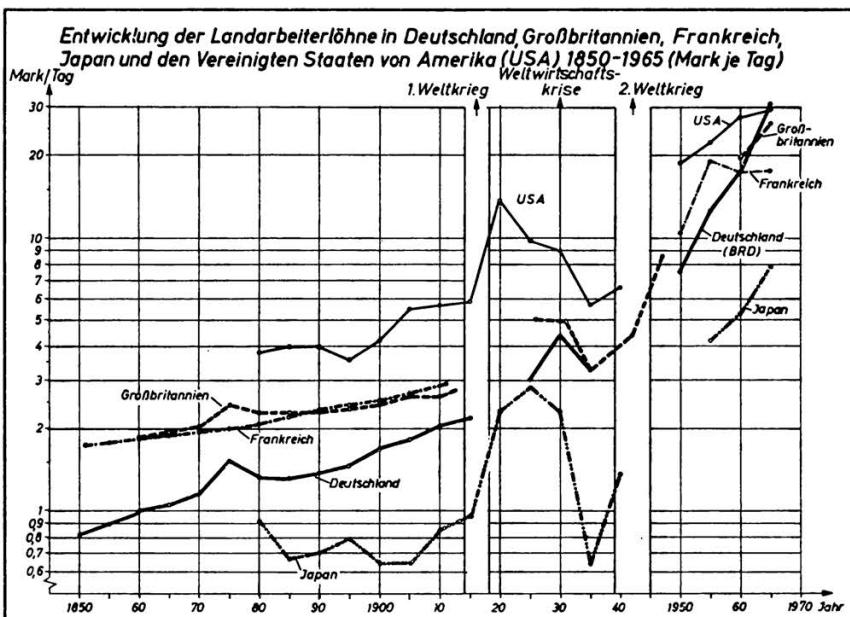


Abb. 2: Entwicklung der Landarbeiterlöhne

¹³ Diese Restfaktoren sind im internationalen Vergleich jedoch durch Erhebung geeigneter Indikatoren sehr schwer beschaffbar. Feuerstein sucht durch Zeitreihen und Querschnittsvergleich den Einfluß von 27 bzw. 22 Faktoren auf den Bodenpreis zu isolieren. Seine Untersuchung beschränkt sich auf Schleswig-Holstein. Sie bezieht den Baulandmarkt mit ein. Die im internationalen Vergleich deutlich hervortretenden Unterschiede im Selbstversorgungsgrad und der Verbrauchsstruktur sind deshalb in ihrem Einfluß auf den Preis landwirtschaftlich genutzten Bodens von uns besonders berücksichtigt worden. Vgl. Horst Feuerstein: Bestimmungsgründe der Preise und des Transfers land- und forstwirtschaftlich genutzten Bodens. Eine ökonometrische Analyse der schleswig-holsteinischen Bodenmarktes von 1954 bis 1968. Kieler agrarw. Diss. 1970. S. 164 - 174.

Der Bodenpreis läßt sich in einem Eingleichungsmodell nicht nur als eine Funktion der Nachfrage nach Bodenleistungen bestimmen. Der Bodenpreis wurde von Colin Clark — in vorindustriellen Gesellschaften — durch Verwendung einer Cobb-Douglas-Funktion als Folge des Arbeitsangebotes pro Fläche

grades ein Druck auf die Bodenpreise ausgeübt werden. Sehr dicht besiedelte Entwicklungsländer mit unzureichendem Einsatz bodensparender Technologien und Devisenmangel für den Import von Nahrungsmitteln haben deshalb nicht nur relativ zum Lohn, sondern international auch absolut hohe Bodenpreise.

Schaubild 2 zeigt die Entwicklung der Landarbeiterlöhne je Arbeitsstag. Die Angaben sind für Japan und die USA unmittelbar der Arbeit von *Hayami* und *Ruttan* entnommen. Die Lohnsätze wurden für Deutschland, England, Frankreich unter Zugrundelegung der täglichen Arbeitszeit nach den Angaben einschlägiger Autoren errechnet.

In allen Ländern ist der nominale Lohn umgerechnet in Mark gestiegen. Bis zum Zweiten Weltkrieg waren die Landarbeiterlöhne in den Vereinigten Staaten fast doppelt so hoch wie in den europäischen Ländern und fast viermal so hoch wie in Japan. Sie stiegen in den Vereinigten Staaten nach dem Zweiten Weltkrieg jedoch weniger schnell. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde der einst bestehende Abstand in den Landarbeiterlöhnen zu Deutschland bis 1965 praktisch aufgehoben und auch zu England, Frankreich und Japan deutlich verringert¹⁴.

Der Boden (Ackerland) in den USA ist gemessen am Tagelohn eines Landarbeiters dennoch auch 1965 wesentlich billiger als in anderen Ländern (vgl. Schaubild 3). Hier stellt der ha Boden den Gegenwert für 120 Landarbeitertagelöhne dar. Die entsprechenden Zahlen lauten für Deutschland 298, für England 217 und für Frankreich 263 Landarbeiterstage. In Japan war 1965 immer noch der Lohn von 2 336 Arbeitstagen bereitzustellen, um einen Hektar Boden zu erwerben.

Vor dem Ersten Weltkrieg unterschied sich die Entwicklung der Bodenpreise und Landarbeiterlöhne in Japan und Deutschland jedoch von der Englands, Frankreichs und Amerikas. In Japan nahmen die Bodenpreise im Vergleich zu den Löhnen stärker zu. In Deutschland zeigte sich eine fast parallele Entwicklung von Bodenpreisen und Landarbeiterlöhnen. Eine Ursache hierfür dürfte die Beschäftigung von nahezu einer halben Million landwirtschaftlicher Wanderarbeiter aus Osteuropa gewesen sein.

geschätzt. Mit zunehmender relativer Knappheit des Bodens steigt der Bodenpreis (Colin Clark: The Value of Agricultural Land. J. of Agr. Ec., Vol. XX [1969], H. 1, S. 1 - 18).

¹⁴ Es gibt mannigfache Gründe für diese Entwicklung. Hierzu zählen in den einzelnen Ländern die unterschiedliche Produktivitäts- und Nachfrageentwicklung, das Ausmaß des Agrarschutzes, der Umfang der Zuwanderung ausländischer Wanderarbeiter, die Länge des Arbeitstages, die Stärke der Gewerkschaften bei Lohnverhandlungen, die Beschäftigung ethnischer Minderheiten als Landarbeiter, der Grad der Qualifikationen usw. Die mannigfachen Gründe des Zurückbleibens der amerikanischen Landarbeiterlöhne können wir hier nicht analysieren. In etwa spiegeln die Löhne in den einzelnen Ländern aber die Arbeitseinkommen der Landwirtschaft.

Seit dem Zweiten Weltkrieg ist das Bild uneinheitlich. Die Landarbeiterlöhne stiegen in der Bundesrepublik Deutschland in bezug auf die Bodenpreise schneller als in anderen Ländern. In Japan dürften seit 1960 unter dem Einfluß zunehmender Nahrungsmittelimporte und zunehmender Arbeitsknappheit gleichfalls relativ zu den Bodenpreisen steigende Landarbeiterlöhne auftreten.

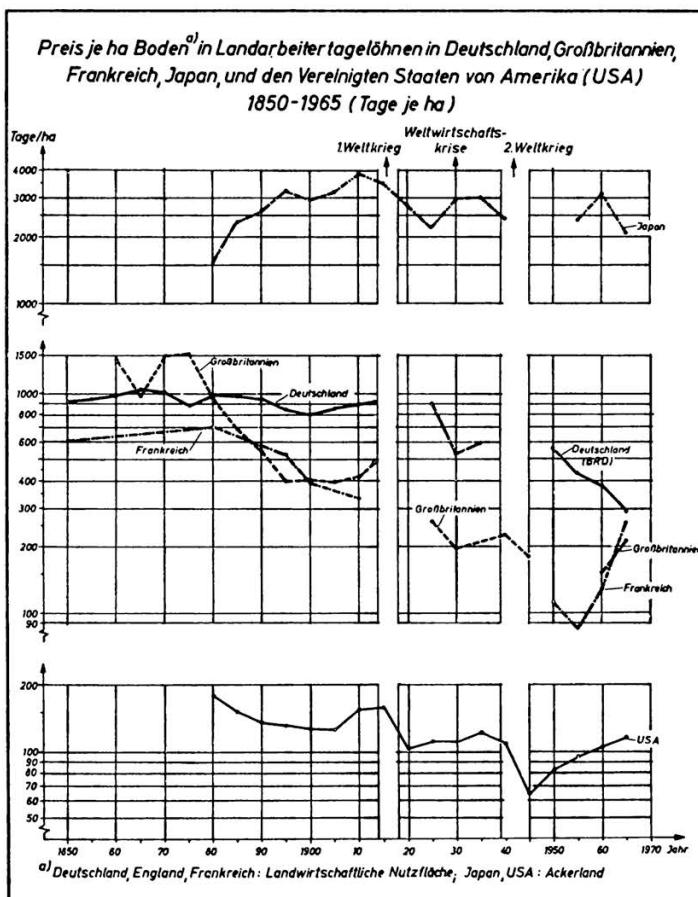


Abb. 3: Preisrelation Boden : Löhne

Die Bestimmungsgründe der Landarbeiterlöhne sind, wie schon ausgeführt, in den einzelnen Ländern von vielen Sonderfaktoren abhängig. Einen zuverlässigeren Maßstab, um die relativen Veränderungen des Wertes landwirtschaftlich genutzten Bodens im internationalen Vergleich zu messen, stellt das Volkseinkommen dar. Außer in Japan ist in Deutsch-

land, England, Frankreich und den USA zwischen 1880 und 1960 das reale Volkseinkommen je Kopf jedoch stärker als die in Mark umgerechneten Bodenpreise gestiegen¹⁵.

Sobald eine Volkswirtschaft, wie in den Entwicklungsländern, nicht über eine ausreichende industrielle Kapazität verfügt, entsprechende Mengen bodensparender Technologien zu produzieren oder die Devisen für den Import bodensparender Technologien oder von Nahrungsmitteln bereitzustellen, muß die bei hohem Einkommens- und Bevölkerungswachstum ausgelöste Nachfrage nach Bodenleistungen den Bodenpreis nicht nur absolut, sondern auch relativ zum Arbeitseinkommen erhöhen. Relativ zur Arbeit steigende Bodenpreise waren deshalb charakteristisch sowohl für das sich sehr früh industrialisierende England als auch für das sich später industrialisierende und im Vergleich zu England viel bodenärmere Japan.

Unsere Aussage gilt nur für den Preis landwirtschaftlich genutzten Bodens. In dicht besiedelten Industrieländern mit sehr hohem Volkseinkommen gibt eine Einkommenselastizität der Nachfrage nach nichtlandwirtschaftlichen Bodenleistungen (für Siedlungs-, Verkehrs-, Erholungszwecke), die größer als eins ist, auch dem Preisanstieg landwirtschaftlich genutzten Bodens neue Impulse. Hiervon ausgelöste steigende Bodenpreise fördern wiederum den Einsatz landwirtschaftlicher Technologien oder, bei freiem Außenhandel, den Import von Nahrungsmitteln.

3. Historischer Vergleich der Flächen- und Arbeitsproduktivitäten

Um die Ursachen der unterschiedlichen Flächen- und Arbeitsproduktivität in der Weltlandwirtschaft nach dem ersten, umfassenden Versuch von Colin Clark zu studieren, sind von *Hayami* und Mitarbeitern Zeitreihen der Landwirtschaft von 1880 bis 1960 für Dänemark, Frankreich, Großbritannien, Japan und den USA gesammelt und analysiert worden¹⁶. Außerdem hat diese Forschergruppe die landwirtschaftliche Produktion (ohne Saatgut, Futter und Nettoeinfuhren) für den Zeitab-

¹⁵ In Deutschland stiegen die Bodenpreise in Preisen von 1913 je ha *LN* von 1402 Mark im Jahre 1880 oder bis auf 2600 Mark im Jahre 1960 oder auf 185 v.H. Das Volkseinkommen — gleichfalls in Preisen von 1913 — stieg im selben Zeitraum je Kopf von 441 Mark auf 1624 Mark oder auf 368 v.H. Für Frankreich, England und die USA stützt sich unser Urteil für die Vergangenheit auf eigene Unterlagen und die aufgeführten Autoren bei Heinz *Griesbach*: Der Einfluß des technischen Fortschritts auf die Preise landwirtschaftlich genutzten Bodens in Industrieländern. Berlin 1966. S. 18 ff., 33, 40.

¹⁶ Yujiro *Hayami* in Verbindung mit Barbara *Miller*, William W. *Wade*, Sachiko *Yamashita*: An International Comparison of Agricultural Production and Productivities. University of Minnesota, Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin 277. St. Paul 1971.

schnitt 1957 - 1962 für 43 Länder, einschließlich der Bundesrepublik Deutschland, nach den Nahrungsmittelbilanzen der FAO einheitlich in Internationale Weizeneinheiten umgerechnet. Die Preisunterschiede wurden damit eliminiert. Das international vergleichbar gemachte Volumen der Agrarproduktion kann damit auf die Produktionsfaktoren Boden und Arbeit bezogen werden, um partielle Bruttonproduktivitäten zu errechnen¹⁷.

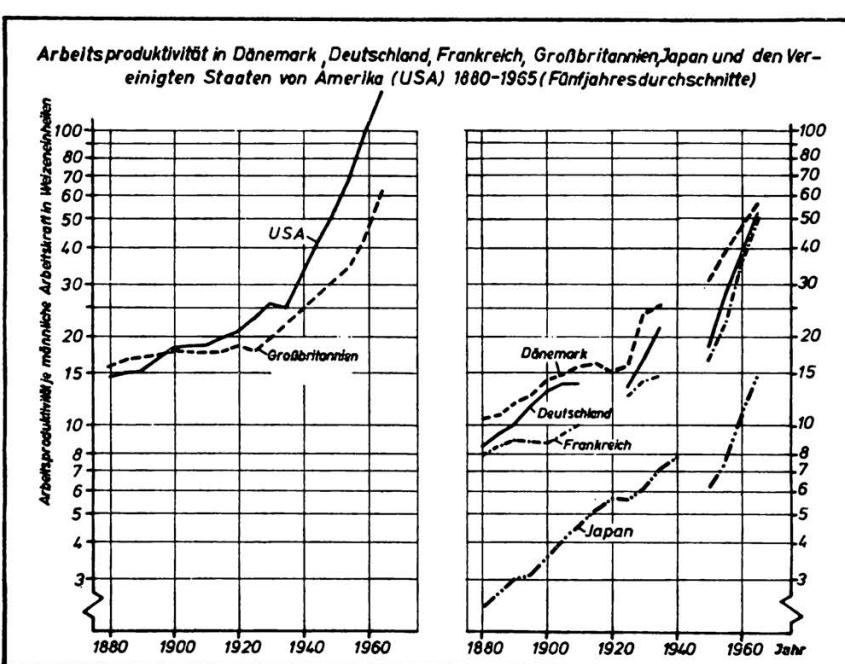
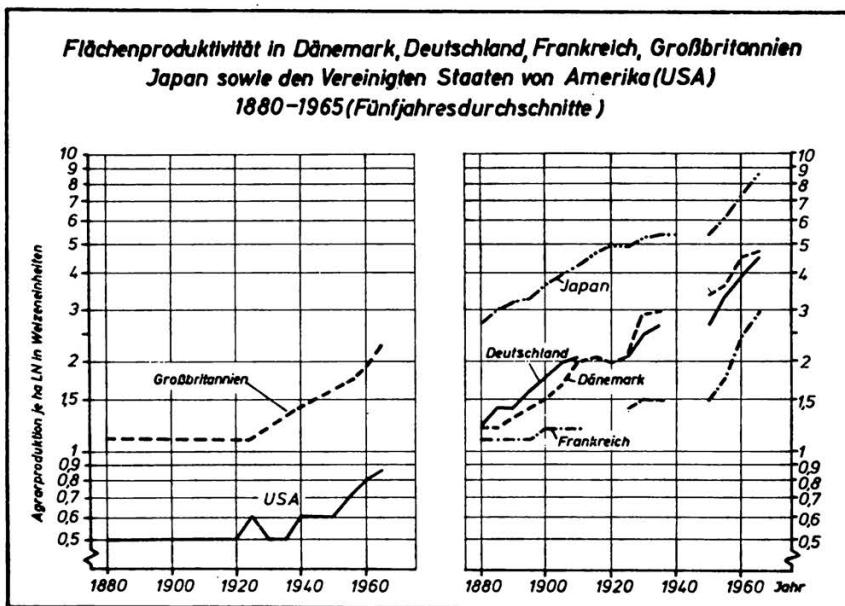
Zeitreihen der landwirtschaftlichen Produktion sind von Hoffmann für Deutschland von 1850 bis 1959 erstellt worden¹⁸. Diese für den langfristigen Produktivitätsvergleich notwendigen Angaben wurden vom Verfasser mit Hilfe der amtlichen Statistik bis 1968 fortgesetzt und entsprechend verkettet. Mannigfache methodische Bedenken können angesichts der fehlenden Identität und der strukturellen Unterschiede zwischen Reichs- und Bundesgebiet gegenüber einem solchen Vorgehen erhoben werden. Die Bedenken wurden, um die deutsche Entwicklung in den internationalen historischen Vergleich einzubeziehen, zurückgestellt. Die Daten der übrigen Länder für 1965 sind der OECD-Statistik entnommen.

Schaubild 4 zeigt die Entwicklung der Flächenproduktivität. In Frankreich versorgte die niedrige Wachstumsrate der Nachfrage nach Nahrungsmitteln die Landwirtschaft nicht mit einem entsprechenden Einkommensstrom. Die Flächenerträge stiegen deshalb vor dem Ersten Weltkrieg vergleichsweise nur mäßig. Seit dem Zweiten Weltkrieg hat Frankreich zu seinen Nachbarländern vergleichbare Wachstumsraten. Damit konnte Frankreich seine ungenutzten Ressourcen mobilisieren. Flächen- und Arbeitsproduktivität wuchsen in gleichem Ausmaß wie in den anderen europäischen Ländern.

Trotz der hohen Wachstumsraten der Nachfrage nach Nahrungsmitteln in den Vereinigten Staaten (vgl. Übersicht 1 im Anhang) stagnierte

¹⁷ Durch Abzug der industriellen Vorleistungen (Düngemittel, Maschinen usw.) von der Bruttoagrarproduktion wurde die Nettoagrarproduktion, die der Wertschätzung des landwirtschaftlichen Sektors entspricht, für 43 Länder durch Indexbildung anteilig eingesetzter Düngemittel und Landmaschinen von Yujiro Hayami und Vernon W. Ruttan für die Periode 1957 - 1962 errechnet. Die Wertschöpfung in der amerikanischen Landwirtschaft betrug nach diesen Berechnungen 56,1 v.H., in der deutschen 59,8 v.H., in der englischen 61,0 v.H., in der französischen 70,1 v.H., der dänischen 71,0 v.H. und in der japanischen Landwirtschaft sogar 80,3 v.H. der Bruttoagrarproduktion. Die prozentual höheren industriellen Vorleistungen in Amerika, Deutschland und England (im Vergleich zur Ländergruppe Japan, Dänemark, Frankreich) würde deshalb entsprechend niedrigere partielle Flächen- und Arbeitsproduktivitäten ergeben. Dies ist bei der Interpretation der Schaubilder 4 bis 6 zu beachten. Vgl. Yujiro Hayami u. Vernon Ruttan: Agricultural Development: An International Perspective. Baltimore 1971. S. 319 - 321.

¹⁸ Walther G. Hoffmann: Das Wachstum der deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts. Unter Mitarbeit von Franz Grumbach u. Helmut Hesse. Berlin, Heidelberg, New York 1965.



die Flächenproduktivität von 1880 bis 1935, weil die bewirtschafteten Flächen ausgedehnt werden konnten. Die Arbeitsproduktivität der amerikanischen Landwirtschaft stieg während der ganzen Periode. Sie beschleunigte sich nach dem Zweiten Weltkrieg. Wir dürfen annehmen, daß die benutzten Daten die tatsächlichen Niveaunterschiede ungefähr widerspiegeln. Zwischen 1880 und dem Zweiten Weltkrieg hatten sich demnach die Unterschiede der Arbeitsproduktivität zwischen der amerikanischen und deutschen Landwirtschaft spürbar verringert. Vor dem Zweiten Weltkrieg war die Arbeitsproduktivität in der amerikanischen Landwirtschaft nur noch um 15 % höher. 1880 waren es noch 72 % gewesen. Der größte Anstieg der amerikanischen Arbeitsproduktivität erfolgte jedoch im und nach dem Zweiten Weltkrieg. 1965 war sie im Vergleich zur deutschen Arbeitsproduktivität um 153 % höher. Die europäischen Länder erreichten infolge der Kriegsereignisse erst im Jahre 1965 den amerikanischen Leistungsstand von 1950.

Eine ähnliche Stagnation der Flächenproduktivität wie in den USA kann bis 1925 in England beobachtet werden. England war eben vor dem Ersten Weltkrieg nicht schlicht England, sondern das Zentrum eines Weltreiches. Billigere Böden konnten an der Peripherie des britischen Weltreiches in Ozeanien, Kanada und Südafrika in Nutzung genommen werden.

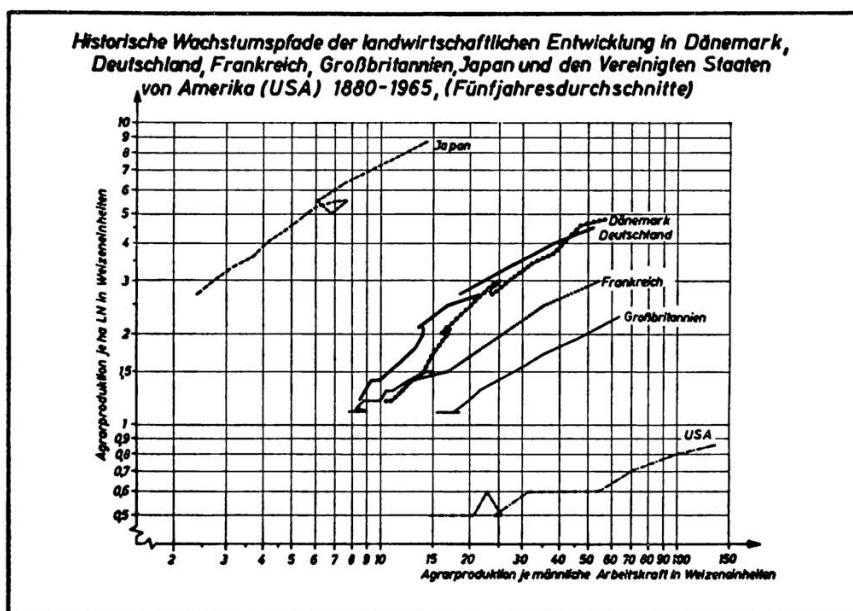


Abb. 6: Historische Wachstumspfade

Eine Sonderstellung nimmt Japan ein. Die hohen Bodenpreise und die niedrigeren Löhne spiegelten sich in einer ungewöhnlich hohen Flächenproduktivität. Sie war bereits 1880 höher als die englische im Jahre 1965 und der meisten kontinentaleuropäischen Länder vor dem Zweiten Weltkrieg.

Im Schaubild 6 sind die Wachstumspfade der partiellen Flächen- und Arbeitsproduktivitäten im logarithmischen Maßstab ausgewiesen. Proportionales Wachstum der Flächen- und Arbeitsproduktivität herrscht beim Winkel von 45°. Dies wurde vor dem Ersten Weltkrieg annäherungsweise für Dänemark, Deutschland und Japan erreicht. Der ehemals bestehende Vorsprung der englischen Arbeitsproduktivität ist gegenüber den übrigen europäischen Ländern geschrumpft. Wachstumsverluste bei der Steigerung der Flächenproduktivität, wie sie für Frankreich, England und die USA am Beginn der Entwicklung typisch waren, lassen sich offenbar weniger schnell aufholen. Entsprechend den Verschiebungen der Faktorpreise und Faktorproportionen nahm in allen Ländern nach dem Zweiten Weltkrieg die Arbeitsproduktivität stärker als die Flächenproduktivität zu.

III. Zur Rolle landwirtschaftlicher Technologien bei der Substitution knapper Produktionsfaktoren in Deutschland, Japan und den USA

1. Höhe und Entwicklung der Je-Kopf-Einkommen

Das Volkseinkommen je Kopf gibt zu einem bestimmten Zeitpunkt eine ungefähre Vorstellung über die vorhandene Menge einer Gesellschaft an erfolgreich einsetzbaren Strategien zur Beherrschung natürlicher und sozialer Prozesse. Selbst in Ländern mit langer statistischer Tradition sind Angaben über die Höhe des Volkseinkommens um so weniger verlässlich, je weiter zurück wir gehen. Eine andere Verzerrung tritt bei langen Reihen dadurch auf, daß vor 100 Jahren einem gleichen Real-einkommen in Quantität und Qualität ein viel beschränkteres Angebot an privaten und öffentlichen Gütern gegenüberstand. Die beobachteten Unterschiede im Volkseinkommen zwischen Deutschland, Japan und den USA sind jedoch erheblich. Selbst Annäherungen an die unbekannte tatsächliche Einkommenshöhe können deshalb zum Verständnis der bestimmenden Faktoren der Produktion und des Einsatzes landwirtschaftlicher Technologien im Zuge der landwirtschaftlichen Entwicklung beitragen. Im Jahre 1880 erreichte das Volkseinkommen¹⁹ je Kopf in Prei-

¹⁹ Bruttosozialprodukt zu Marktpreisen. Genaue Berechnungsangaben im Minnesota-Appendix I, Tabelle 4.

sen von 1968 in Japan erst 60 US-\$. In Deutschland war es von 1820 bis 1880 bereits von 200 auf 430 US-\$ gestiegen. Das Volkseinkommen war also im Jahre 1880 um 370 US-\$ höher als in Japan. Bis 1910 stieg das Volkseinkommen in Japan auf 140 US-\$ je Kopf, das deutsche erreichte zu diesem Zeitpunkt 720 US-\$ je Kopf. Das hohe wirtschaftliche Wachstum in Japan ab 1960 trug dazu bei, daß sich der relative Abstand weiter verringerte. In den Preisen des Jahres 1968 erreichte das Volkseinkommen im selben Jahr in Deutschland 2 030 US-\$ und in Japan 1 250 US-\$ je Kopf.

*Nakamura*²⁰ hat darauf hingewiesen, daß das japanische Volkseinkommen zu Beginn der Industrialisierung unterschätzt wurde. Was auch immer das Ausgangseinkommen war, es besteht wenig Zweifel, daß Japans Industrialisierung unter ungünstigeren Voraussetzungen begann. Die deutsche Entwicklung erfolgte innerhalb des europäischen Kulturkreises in unmittelbarer Nachbarschaft zu anderen, sich industrialisierenden Nationen. Japans relative Isolierung als Mitglied des asiatischen Kulturkreises stellte in der Gemeinschaft der sich industrialisierenden Nationen deshalb eine zusätzliche Belastung dar.

Der amerikanische Vorsprung im Je-Kopf-Einkommen mit 4 300 Dollar im Jahre 1968 gegenüber Deutschland ist jedoch schon mehr als 100 Jahre alt²¹. Das amerikanische Volkseinkommen übertraf bereits 1880 mit 760 Dollar das deutsche des Jahres 1910. Die günstigere Faktorausstattung mit Land und Bodenschätzten zu Beginn der wirtschaftlichen Entwicklung und ein besonderer Pioniergeist haben dazu ebenso beigetragen wie hohe Bildungs- und Forschungsinvestitionen und die zeitweise Befreiung von gewissen „alten“ Lasten europäischer Länder (z. B. Folgen verlustreicher Kriege, Verwaltung knapper Ressourcen, Erhaltung und Ausbau der Kultur, Aufzucht- und Schulkosten der Auswanderer)²².

2. Landwirtschaftliche Entwicklungsmodelle

In den letzten Jahren sind zahlreiche Modelle entworfen worden, um die landwirtschaftliche Entwicklung in den verschiedenen Teilen der Welt bei unterschiedlicher Ausstattung mit Produktionsfaktoren zu er-

²⁰ James I. Nakamura: *Agricultural Production and the Economic Development of Japan 1873 - 1922*. Princeton 1966. S. 219.

²¹ Zimmerman: *Poor Lands*, S. 34.

²² Auch in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg haben sich solche Sprünge im Volkseinkommen je Kopf in Venezuela, Libyen, Kuweit als Folge der Ausbeute reicher Ölquellen ereignet. Da diese Länder die Entwicklung menschlicher Ressourcen besser finanzieren können als ihre Nachbarländer, werden sie sich in zwei bis drei Generationen von diesen im Humankapital, Wirtschaftsgeist usw. deutlich unterscheiden. Eine Isolierung der bestimmenden Faktoren der Einkommensunterschiede kulturell und geographisch benachbarter Länder wird dann genauso schwierig sein wie zwischen Amerika und Europa.

klären. Der Wachstumspfad der landwirtschaftlichen Entwicklung war im neoklassischen Modell von *Herlemann* und *Stamer*²³ durch die Ausgangssituation im Faktorendreieck von Kapital, Boden und Arbeit bestimmt. Die allgemeine wirtschaftliche Entwicklung führt zu bestimmten Entwicklungsstufen der Landwirtschaft, die sich hier vereinfacht als Bevölkerungsverdichtung, Bewirtschaftungsintensität, Betriebsaufstockung und Mechanisierung charakterisieren lassen²⁴. Die notwendigen Technologien werden, um von Punkt zu Punkt im Faktorendreieck zu gelangen, exogen über die Faktorpreisverschiebung der wirtschaftlichen Entwicklung eingeführt und gelten als vorhanden.

Im Modell der induzierten Innovation von *Hayami* und *Ruttan*²⁵ werden neben den originären Produktionsfaktoren Boden und Arbeit als Konsequenz der wissenschaftlichen Aktivität landwirtschaftliche Technologien gesondert behandelt. Landwirtschaftliche Technologien sind für diese Autoren nicht nur ein modernisierter Ausdruck für Kapital, sondern sie sehen die Substitution der teurer werdenden originären Produktionsfaktoren durch die Produktion billiger landwirtschaftlicher Technologien als einen kritischen und zentralen Punkt der landwirtschaftlichen Entwicklung an. Sobald Boden zum relativ knappen Produktionsfaktor wird, überwiegt der Einsatz bodensparender biologischer und chemischer Technologien. Steigt der Preis des Faktors Arbeit jedoch relativ zu dem des Bodens, erlangen arbeitsparende mechanische Technologien größere Bedeutung.

Der Mechanismus zwischen steigenden Faktorpreisen und vermehrtem Einsatz von Technologien arbeitet jedoch nicht automatisch oder störungsfrei. Die berichtete stagnierende Flächenproduktivität in England und den Vereinigten Staaten von Amerika bis 1925 bzw. 1935 oder die jüngste Stagnation in vielen Entwicklungsländern vor der Einführung ertragreicher Getreidesorten sind für *Hayami* und *Ruttan* ein Beispiel für unzureichende öffentliche Investitionen in die Agrarforschung. Investitionen sind vor allem deshalb notwendig, weil der einzelne Landwirt, technisch gesehen, nur dann von einem Punkt zum anderen Punkt der Produktionsfunktion übergehen kann, wenn ihm entsprechende Getreidesorten durch die öffentliche oder private Forschung angeboten werden.

²³ Hans-Heinrich *Herlemann* u. Hans *Stamer*: Produktionsgestaltung und Betriebsgröße in der Landwirtschaft unter dem Einfluß der wirtschaftlich-technischen Entwicklung. Kiel 1958.

²⁴ Das Modell ist außerhalb der deutschsprachigen agrarökonomischen Literatur nicht bekannt geworden. Vgl. hierzu Theodor *Heidhues*: Zur Theorie der landwirtschaftlichen Entwicklung. In: Hans-Günther *Schlotter* (Hrsg.): Die Landwirtschaft in den heutigen Industrieländern (Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 5). München, Basel, Wien 1968. S. 9 - 40.

²⁵ *Hayami* u. *Ruttan*: Agricultural Development, S. 132 - 135.

3. Originäre Faktorausstattungen und erfolgreich induzierte mechanische, chemische und biologische Technologien

In den Vereinigten Staaten trat die Faktorsubstitution in der Landwirtschaft anfänglich vornehmlich als arbeitsparende Technologie auf. Die amerikanische Überlegenheit bei der Entwicklung arbeitsparender Technologien wurde durch nichtlandwirtschaftliche Faktoren begünstigt. Der große Raum hatte sein Gegenstück im zeitverbrauchenden und hohe Kosten verursachenden Transport von Mensch und Gut. Die arbeit- und zeitsparenden Effekte mechanischer Erfindungen beschleunigten angesichts des hohen Einkommens und der hohen Opportunitätskosten der Zeit zusätzlich die Verbreitung und Anwendung mechanischer Technologien²⁶. Obwohl die Automobilindustrie technisch ihren Ausgangspunkt in Europa nahm, entwickelte sie sich schneller in Amerika als in Europa²⁷.

Deutschland und die übrigen europäischen Länder haben während der Industrialisierung niemals die nordamerikanische Knappheit an Arbeitskräften gekannt. Boden war zwar in Deutschland nicht so knapp wie in Japan, die Beschränkung war aber doch so erheblich, daß große Mengen von Rohstoffen importiert werden mußten. Deutschland wurde deshalb zum klassischen Beispiel eines Landes, das mit chemischer Technologie Importsubstitution betrieb. Die auf der Basis der heimischen Kohle synthetisierten chemischen Farbstoffe ersetzten den Import der teuren, pflanzlichen Farbstoffe (Indigo). Von der Produktion synthetischer Farbstoffe gingen positive Wirkungen auf die Entwicklung der Düngerindustrie aus.

Begünstigt und induziert wurde die deutsche Pionierrolle bei der Entwicklung industriell gefertigter Mineraldünger nicht zuletzt durch die Entwicklung der Bodenpreise. In Frankreich und England war die chemische Industrie um die Mitte des vorigen Jahrhunderts sicherlich weiter entwickelt als die deutsche. England hatte unter dem Einfluß steigender Getreideimporte absolut fallende und Frankreich wegen eines

²⁶ Nachdem Deutschland die fortgeschrittenere englische Technologie der Landmaschinenherstellung seit der Londoner Weltausstellung 1851 allmählich übernommen hatte, war die deutsche Handelsbilanz an Landmaschinen bei Ausbruch des Ersten Weltkrieges ausgeglichen. Bei den Erntemaschinen war Deutschland jedoch noch von amerikanischer Technologie abhängig. Vgl. F. Wohltmann: Deutschlands Einfuhr und Bedarf landwirtschaftlicher Stoffe aus dem Auslande. Kühn-Archiv, Bd. VI (1915), S. 239 - 295.

²⁷ Vgl. Hans Wolfram *Graf Finck von Finckenstein*: Die Entwicklung der Landwirtschaft in Preußen und Deutschland 1800 - 1930. Würzburg 1960. S. 287. — Philip Raup: Constraints and Potentials in Agriculture. In: Robert H. Beck, Harold C. Deutsch, Philip M. Raup, Arnold M. Rose, John Turnbull unter Mitarbeit von Jean B. Taber (Hrsg.): The Changing Structure of Europe. Political, Social and Economic Trends. Minnesota 1970. S. 133 ff. — Woytinski u. Woytinski: World Population, S. 1164.

geringeren wirtschaftlichen Wachstums relativ fallende Bodenpreise. Deutschland war jedoch dem Ricardianischen Zeitalter, in dem die Bodenpreise schneller als die Einkommen zunahmen, nicht ganz entwachsen.

Die steigenden Bodenpreise lösten einen intensiven Suchprozeß zur Erhöhung der Ertragsfähigkeit des Bodens nach den Pflanzennährstoffen Kali, Phosphor und Stickstoff aus. Drei Schritte dieses bekannten Prozesses seien kurz erwähnt. Ab 1861 begann der Abbau der Kalisalze in Staßfurt. Die Einführung des Thomasverfahrens (1879) bei der Stahlherstellung ermöglichte die Nutzung der heimischen, phosphathaltigen Eisenerze. Mit dem Nebenprodukt der Stahlherstellung, dem Thomasmehl, erlangte Deutschland sogar eine eigene Phosphatbasis. Das Haber-Bosch-Verfahren (1910) machte Deutschland schließlich im und nach dem Ersten Weltkrieg unabhängig vom Import von Chilesalpeter. Vor dem Ersten Weltkrieg hatte Deutschland deshalb die niedrigsten Mineraldüngerpreise in der Welt²⁸. Es blieb bis zum Zweiten Weltkrieg trotz des bescheidenen Anteils an der Weltackerfläche der größte Verbraucher an Düngemitteln.

Japan hatte, wie schon erwähnt, um 1880 im Vergleich zu Deutschland absolut und, gemessen in Landarbeiterlöhnen, relativ höhere Bodenpreise. Die Forschungskapazität japanischer Universitäten oder privater chemischer Laboratorien reichte damals nicht aus, um eigenständige, industriell gefertigte, chemische Technologien zur Bodensubstitution zu erfinden und zu produzieren. Die hohe Flächenproduktivität um 1880 war das Ergebnis von Bewässerung, arbeitsaufwendiger Anzucht von Reisstecklingen, sorgfältigster Pflege von Boden und Pflanzen sowie umfangreicher organischer Düngung durch Knochenmehle, Fischmehle und Ölsaatenrückstände. Engpässe wären angesichts der hohen Bevölkerungsdichte bei weiterem Wachstum unvermeidlich gewesen, wenn es nicht gelungen wäre, rechtzeitig die Entdeckungen und Forschungsorganisationen der europäischen Agrikulturchemie nach Japan zu übertragen. Das japanische, staatlich organisierte Forschungssystem empfing besondere Impulse von der ersten deutschen, im Jahre 1852 in Leipzig-Möckern gegründeten landwirtschaftlichen Versuchsstation. Die japanischen Versuchsstationen umfaßten bei der Kleinheit der Betriebe — anders als in Deutschland — auch die Pflanzenzucht. Gestützt auf die inkorporierte agrikulturchemische Analyse wurden die Versuchsstationen zu Zentren der Produktion und Verbreitung biologischer Technologien²⁹.

²⁸ Mirko Lamer: The World Fertilizer Economy. Stanford, C. 1957. S. 642.

²⁹ Der hohe Stand der japanischen Pflanzenzucht läßt sich daran ablesen, daß der mexikanische „Wunderweizen“ auf Stämmen des japanischen Zwergweizens Norin No. 1 beruht und die Hybridbiologie seit Beginn der zwanziger Jahre Anwendung fand. Vgl. Albert H. Moseman: Building Agricultural Research Systems in the Developing Nations. New York 1970. S. 49.

Vergleichend läßt sich sagen: Es gab ursprünglich einen japanischen Vorsprung bei der Produktion und Anwendung biologischer Technologien; der deutsche lag bei den chemischen und der amerikanische bei der Anwendung mechanischer Technologien. Eine Substitution knapper werdender Produktionsfaktoren durch entsprechende landwirtschaftliche Technologien gemäß den Faktorpreisverschiebungen kann jedoch nur eintreten, wenn in jedem Land ein Mindestmaß an Forschungskapazität und kreativen Forschern vorhanden ist.

Der Begriff der Forschungskapazität ist sicherlich nicht eindeutig. Für viele Stadien der landwirtschaftlichen Entwicklung können staatliche Versuchsstationen jedoch als ein verlässlicher Indikator der Forschungskapazität eines Landes gelten. In ganz Deutschland setzte nach der Gründung der Versuchsstation in Leipzig-Möckern ein rascher Ausbau ein. 1852 kamen auf eine Versuchsstation noch 35,6 Mio. ha *LN*, 1888 waren es nur noch 0,8 Mio. ha. Bis 1896 verringerte sich die von einer Versuchsstation durchschnittlich zu betreuende Fläche auf 0,7 Mio. ha und bis 1928 auf 360 000 ha³⁰. In Japan verlief die staatlich vorangetriebene Gründungswelle für Versuchsstationen noch stürmischer. 1877 entfielen auf eine Versuchsstation noch 4,7 Mio. ha. Im Jahre 1900 übertraf das Netzwerk japanischer Versuchsstationen das deutsche Vorbild beträchtlich³¹. Auf eine Versuchsstation kamen nur noch 152 000 ha. Auch in Amerika wurde die erste Versuchsstation schon sehr früh im Jahre 1877 gegründet. Der Hatch Act von 1887 verlangte, daß jeder der 48 Bundesstaaten eine landwirtschaftliche Versuchsstation einrichtete. Damit hatte im Durchschnitt jede Versuchsstation doch noch 4,9 Mio. ha zu betreuen. Bis zum Jahre 1962 verringerte sich dieser Anteil auf 897 000 ha³².

4. Düngemittelverbrauch in Abhängigkeit von den Bodenpreisen

Die Substitution des Bodens durch bodensparende Technologien wird in Schaubild 7 durch das Preisverhältnis von Düngemitteln zum Boden und dem Düngemittelverbrauch für Deutschland, Japan und die USA graphisch dargestellt. Bedenkt man die Standort- und Bodenunterschiede sowie den unterschiedlichen Entwicklungsstand der drei Länder, so verlaufen die historischen Substitutionspfade zwischen Boden und Düngemittel-

³⁰ Vgl. Emil Haselhoff: Aus der Entwicklung des Verbandes deutscher landwirtschaftlicher Versuchsstationen. Wiedergegeben aus: Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen. Bd. 117 (1933).

³¹ Vgl. Hayami u. Ruttan: Agricultural Development, S. 143 - 160.

³² Es gibt heute in den Vereinigten Staaten etwa 53 zentrale und 443 ange- schlossene Stationen (vgl. Schaubild in *United States Department of Agriculture* [Hrsg.]: State Agricultural Experiment Stations. History of Research Policy and Procedure. Miscellaneous Publication No. 904. Washington 1962).

mitteln in gleicher Richtung und überraschenderweise in einem relativ engen Bereich. Im Jahre 1880 stellten 1,4 Tonnen Mineraldünger in Deutschland den Gegenwert für einen Hektar Boden dar. Die relative und anfänglich auch absolute Verbilligung des Mineraldüngers durch Massenproduktion und steigende Bodenpreise führten dazu, daß im Jahre 1965 schon 14 Tonnen Mineraldünger einem Hektar Boden in der Substitution als ökonomisch äquivalent gelten konnten. Wie aus Schaubild 7 hervorgeht, war die relative Verbilligung der Düngemittel in Japan noch größer. Nur 0,7 Tonnen Handelsdünger stellten im Jahre 1880 den Gegenwert für einen Hektar Boden dar. Durch Verbilligung der Düngemittel und steigende Bodenpreise waren es 1965 dagegen sogar 25 Tonnen. Im Jahre 1960 entsprach in den Vereinigten Staaten das Preisverhältnis Düngemittel : Boden in etwa dem deutschen von 1910.

Um den graphisch dargestellten Zusammenhang statistisch zu überprüfen, wurden die in Übersicht 3 (vgl. Anhang) ausgewiesenen Regressionsrechnungen durchgeführt. Es wurde ein doppellogarithmischer

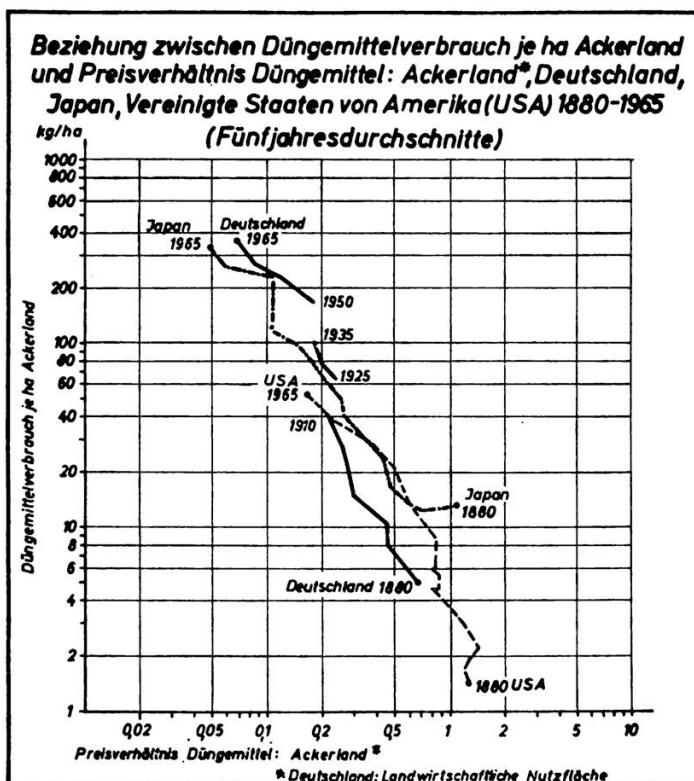


Abb. 7: Preisrelation Düngemittel : Boden (Deutschland, Japan, USA)

Funktionstyp unterstellt. Um den Einfluß des Trend möglichst klein zu halten, wurde die Zeit als eigene Variable eingeführt. Die Vorzeichen entsprechen der Erwartung. Steigt der Bodenpreis relativ zum Düngemittelpreis, nimmt der Düngemittelverbrauch zu.

In allen Ländern können die zeitlich beobachteten Unterschiede im Düngemittelverbrauch durch eine Verschiebung der Preisrelation Düngemittel zu Boden zu 98 % erklärt werden. Eine Erweiterung der Preisrelation Düngemittel zu Boden um 10 % hätte während der gesamten Periode zu einer neunprozentigen Verbrauchszunahme in Deutschland und zu einer achtprozentigen in den USA geführt³³. Gemessen an den üblichen statistischen Prüfgrößen erscheint die Schätzung der Substitutionselastizitäten in Deutschland und den USA im statistischen Sinn zuverlässiger abgesichert zu sein als in Japan.

Die ungleichen Definitionen des Bodens (Ackerland oder *LN*), der Düngemittel (organische, anorganische) und die unzureichende Datenqualität³⁴ am Beginn der Untersuchungsperiode lassen eine intensive Interpretation des Niveaus der geschätzten Regressionskoeffizienten nicht zu. Es kommt hinzu, daß in Deutschland bei der je Flächeneinheit viel dichteren Viehhaltung die Mengen an Phosphorsäure bis 1900 noch zur Hälfte aus dem Stalldünger kamen. Industriell hergestellte Kalimengen überschritten die Kalizufuhr aus dem Stalldung erst in den 30er Jahren³⁵. Selbst beim Stickstoff übertraf erst in den sechziger Jahren der industriell hergestellte Stickstoff denjenigen aus Stalldung. Dennoch scheint es nicht unberechtigt zu folgern, daß das in den drei Ländern graphisch wie statistisch beobachtete Substitutionsverhältnis zwischen Düngemitteln und Bodenpreisen universal für die Weltlandwirtschaft gilt.

Wie an anderer Stelle schon erwähnt, findet Bodensubstitution nicht nur durch die untersuchten chemischen Technologien oder durch biologische Technologien statt. Bodensubstitution findet auch durch die Einfuhr von Nahrungs- und Futtermitteln statt. Das folgende Schaubild 8 stellt für

³³ Eine Einkommenselastizität (landwirtschaftliches Betriebseinkommen als erklärende Variable) für Mineraldünger von etwa 0,9 wurde gleichfalls für die Zeit von 1927 bis 1938 für das Deutsche Reich errechnet. Vgl. Hans-Heinrich Herlemann: Die Einkommenselastizität des Mineraldüngerverbrauchs. Weltw. Arch., Band 62 (1949), S. 259.

³⁴ Für Deutschland wurde ausschließlich die im Mineraldünger enthaltene Summe an reinen Pflanzennährstoffen ($\Sigma N + P_2O_5 + K_2O$) gerechnet. Japan und die USA rechneten am Beginn der Periode auch organische Handelsdünger (Knochen-, Blut-, Fleisch-, Fischmehle, Ölsaatenrückstände) hinzu.

³⁵ Vgl. Eberhard Bittermann: Die landwirtschaftliche Produktion in Deutschland 1800 - 1950. Ein methodischer Beitrag zur Ermittlung der Veränderung des Umfangs der landwirtschaftlichen Produktion und der Ertragssteigerung in den letzten 150 Jahren. Kühn-Archiv, 10, Bd. (1956), S. 112, 115. — Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 1970. S. 61 ff.

Deutschland die langfristige Entwicklung des Preisverhältnisses von Getreide und Ölkuchen zum Boden dar. Bei freiem Außenhandel führt eine Erweiterung dieser Preisrelation dazu, daß die Importe an Ölkuchen und Getreide zunehmen. Es zeigen sich interessanterweise zwischen Getreide- und Ölkuchenimport und Düngemittelverbrauch entsprechend der Verschiebung der Preisrelation parallele Substitutionsverläufe³⁶.

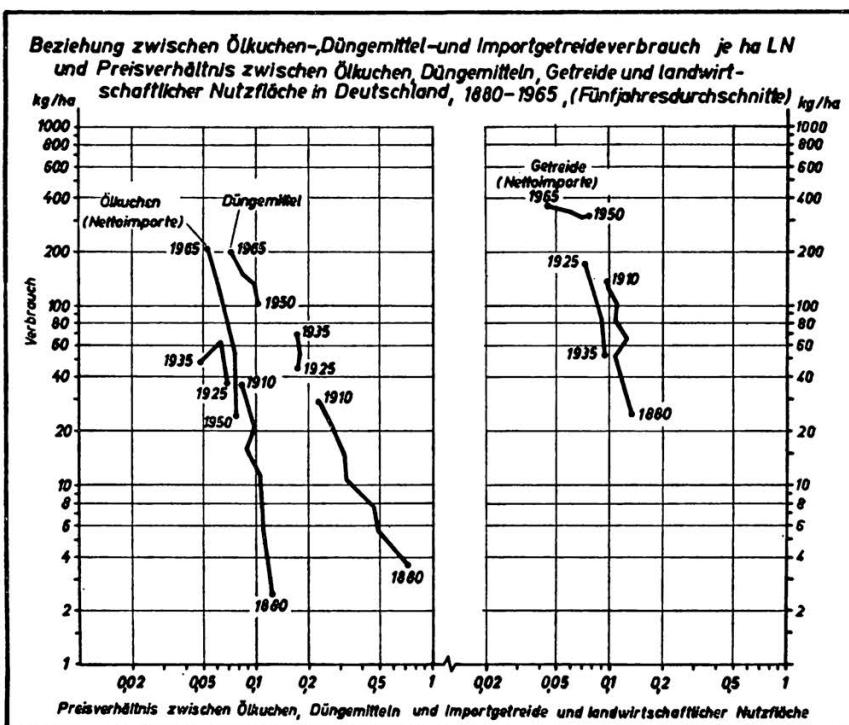


Abb. 8: Preisrelation Ölkuchen, Getreide, Düngemittel : Boden
Deutschland

³⁶ Ölkuchen und Getreide werden hier als Indikatoren für die gesamten Nahrungsmittelleinfuhren aufgefaßt. Die Abhängigkeit der Ölkuchen- und Getreideimporte von den Bodenpreisen wurde aufgrund von Jahresdaten — bei freiem Agraraßenhandel — für die Zeit von 1880 bis 1913 in einer Regressionsrechnung nachgewiesen. Der Nachweis gelang weiter für die Nachkriegszeit von 1950 bis 1968 für Ölkuchen, während die in der Zwischenkriegszeit eingeführten quantitativen Beschränkungen für Ölkuchen und die bis heute bei Getreide beibehaltenen den statistischen Zusammenhang stören (vgl. Schaubild 8 und Tabelle 15 — Minnesota-Arbeitsunterlage).

5. Einfluß und Organisation des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft

Ausmaß des technischen Fortschritts in der deutschen Landwirtschaft: Der Stock des Wissens, den die Natur unentdeckt bereit hält, ist, gemessen an den tatsächlich erfolgten wissenschaftlichen Entdeckungen, unvergleichlich groß. Immer noch sind biologische Prozesse oder Lebensvorgänge nicht reproduzierbar. Man kann deshalb Peterson³⁷ darin zustimmen, wenn er davon ausgeht, daß die beabsichtigte Vergrößerung des Wissensstocks durch Forschung nicht abnehmenden Erträgen unterliegt. Jede fortschreitende Gesellschaft wird deshalb fortfahren, mehr zu investieren, um weitere Geheimnisse der Natur zu entschlüsseln. Das gilt insbesondere auch für die Agrarforschung. Die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität beruht nach der Erschöpfung der Flächenreserven in vielen Ländern nicht mehr auf der Hinzufügung natürlicher Ressourcen, sondern auf der von Forschung und Wissenschaft selbst produzierten oder von Menschen gemachten Ressourcen neuer Technologien.

Die überragende Bedeutung des technischen Fortschritts für das wirtschaftliche Wachstum der Landwirtschaft in sehr frühen Stadien der Entwicklung kann aus der jüngsten Arbeit von Doris André erkannt werden³⁸. Von 1850 bis 1913 betrug die Wachstumsrate der deutschen Volkswirtschaft 2,6 v. H., in der Industrie erreichte sie 3,7 v. H., im tertiären Sektor 2,3 v. H. und in der Landwirtschaft blieb sie sogar bei nur 1,5 v. H. Der Einfluß des technischen Fortschritts auf die jährliche Wachstumsrate war jedoch mit 53 bis 60 v. H. in der Landwirtschaft wesentlich höher als in der Gesamtwirtschaft oder in der Industrie, wo sie nur 42 v. H. respektive 38 v. H. erreichte.

Organisation und Charakter des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft: Den wirtschaftlichen Fortschritt in der Landwirtschaft beschleunigen, neben biologischen, chemischen und mechanischen, insbesondere organisatorische Technologien. Durch geeignete institutionelle Innovationen helfen sie, die für den wirtschaftlichen Fortschritt notwendigen Informationsprozesse zu beschleunigen. Sie wirken damit gleichfalls boden- und arbeitsparend.

Zu den organisatorischen Technologien zählen in der Landwirtschaft ganz besonders die Institutionen der Wissensgewinnung, des Wissentransfers (Beratung) und der Wissensanwendung in den Betrieben.

³⁷ Willis Peterson: *Principles of Economics: Micro*. Homewood, Illinois 1971. S 239.

³⁸ Vgl. Doris André: *Die Indikatoren des technischen Fortschritts. Eine Analyse der Wirtschaftsentwicklung in Deutschland von 1850 bis 1913*. Göttingen 1971. S. 145 ff.

Die von *Hoffmann*³⁹ für die Zeit von 1880 bis 1959 aufbereitete Patentstatistik gibt einige Hinweise über den Charakter der die Landwirtschaft beeinflussenden technischen Fortschritte. Der Anteil der Landwirtschaft am Kapitalbestand der gesamten Volkswirtschaft, an den Investitionen und an den Arbeitskräften ging im erwähnten Zeitraum permanent zurück. Der landwirtschaftliche Patentanteil blieb dagegen mit zwei bis vier Prozent während der gesamten Zeitperiode nahezu konstant. Beim Kaiserlichen Patentamt, beim Reichs- und Bundespatentamt konnten bzw. können aber nur mechanische und chemische Patente für den Einsatz in der Landwirtschaft angemeldet und geschützt werden. Der biologische Fortschritt war und ist nicht patentfähig. Es bedarf deshalb besonderer Institutionen, um einen der gewerblichen Wirtschaft ähnlichen Patentsatz zu schaffen.

In Deutschland wurden die Rechte der Pflanzenzüchter in dem von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft schon 1896 organisierten Sortenschutz, der mit der Leistungskontrolle einen Patentsatz für die Kulturpflanzen darstellt, berücksichtigt⁴⁰. Die von Herdbuchverbänden und Milchkontrollvereinen eingeführten Leistungsnachweise dienten einem gleichen Zweck. Die steigende Nachfrage nach leistungsfähigeren Pflanzen sorten und Tierrassen brachte über den Patentsatz den Züchtern und Mitgliedern solcher Verbände höhere Preise und Gewinne. Diese förderten Investitionen in die züchterische Arbeit und führten zu einem steigenden Angebot an biologischen Technologien. Viele Entwicklungsländer sind gegenwärtig weder finanziell noch personell in der Lage, sehr leistungsfähige Patentsysteme für biologische Technologien privater Züchter einzurichten. Biologische Fortschritte sind deshalb im wesentlichen von staatlichen Investitionen in die Agrarforschung unmittelbar abhängig. Die Bedeutung biologischer Patentsysteme wird daher leicht unterschätzt⁴¹.

Biologische Technologien sind im Unterschied zu mechanischen und chemischen Technologien in ihrer Anwendung außerordentlich stand-

³⁹ Vgl. *Hoffmann*: Das Wachstum, S. 44.

⁴⁰ Heinz *Haushofer*: Die deutsche Landwirtschaft im technischen Zeitalter. Stuttgart 1972. S. 231. — Emil *Woermann*: Die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft im Wandel der Zeit (Archiv der DLG, Bd. 26). Reden und Ansprachen zur 75-Jahrfeier der DLG in der Frankfurter Paulskirche. 10. Dezember 1960. Frankfurt/Main 1961. S. 26 f.

⁴¹ Trotz relativ umfangreicher staatlicher Investitionen in Universitäten und Versuchsstationen zeigt sich selbst in den USA bei der angewandten Hybridbiologie, daß bei fehlendem Sorten- und Patentschutz Engpässe für die kommerzielle Bereitstellung von Inzuchtrüben durch private Firmen aufraten. Patentfreie staatliche Forschung und patentgeschützte Entwicklungsforschung privater Firmen müssen sich deshalb insbesondere bei komplizierten biologischen Technologien ergänzen. Vgl. *Hayami* und *Ruttan*: Agricultural Development, S. 148 und die dort angegebene Literatur.

ortbezogen⁴². Sie können nur nach entsprechender Anpassungsforschung genutzt werden. Hinzu kommt, daß neben der räumlichen Begrenzung neue Getreidesorten eine fast über 15 bis 17 Jahre andauernde Zucht- und Versuchsarbeit voraussetzen⁴³, ehe sie anbausicher und damit patentfähig sind. Biologische Technologien, die sich zwar hoch verzinsen⁴⁴, verlangen hohe Anfangsinvestitionen und haben bis zur kommerziellen Verwertung lange Ausreifungszeiten⁴⁵.

Ohne massive Investitionen in staatlichen Zucht- und Versuchsstationen, wie sie von amerikanischen Stiftungen für die „Grüne Revolution“ in Entwicklungsländern eingeleitet wurden, stellen biologische Technologien eine der größten Restriktionen für die Steigerung der Nahrungsmittelproduktion in den Entwicklungsländern dar. Da die meisten chemischen Technologien standortunabhängig eingesetzt werden können, entfalten sie ihre volle Produktivität nur, wenn komplementäre Investitionen für die standortabhängigen biologischen Technologien erfolgten.

Eine schnellere Bereitstellung biologischer Technologien wird in den Entwicklungsländern durch den hohen Personal- und Zeitaufwand der Agrarforschung außerordentlich erschwert. Es studieren in den Entwicklungsländern immer noch viel zu wenig Personen Agrarwissenschaften und Veterinärmedizin. Die vorhandenen Fakultäten sind mit Laboratorien und Versuchsstationen unzureichend ausgerüstet. Studenten haben wegen fehlender Mittel keine Gelegenheit, angewandte Agrarforschung zu betreiben. Die staatlichen Kosten je Agrarstudenten sind selbst bei mäßiger Ausrüstung unvergleichlich höher als für einen Studenten in den staatswissenschaftlichen und philosophischen Fakultäten. Die Regierungen lassen sich deshalb leicht von steigenden Studentenzahlen gerade in diesen Fakultäten über den Rückstand der Agrarforschung täuschen. Aber nicht nur im eigenen Land, sondern auch im internationalen Vergleich ist die Ausbildung eines Agrarstudenten in den Entwicklungsländern absolut teurer als in den Industrieländern. Das kommt daher, daß

⁴² Hayami und Ruttan: Agricultural Development, S. 41.

⁴³ Ohne Berücksichtigung der Entscheidungsphase vergehen im Bundesgebiet vom Zeitpunkt der Kreuzung einer neuen Getreidesorte bis zur Anmeldung beim Bundessortenamt zehn bis zwölf Jahre. Die anschließende Prüfung bis zur Zulassung beanspruchen in der Regel weitere fünf Jahre. Vgl. Helmut Bunnies: Der Einfluß der Züchtung am Ertragszuwachs von Getreide, ermittelt für die Bundesrepublik Deutschland. Z. f. Acker- und Pflanzenbau, Jg. 134 (1971), S. 223.

⁴⁴ Zvi Griliches: Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. *Econometrica*, Vol. 25 (1957), S. 501 - 522.

⁴⁵ Die theoretischen Grundlagen moderner Hybridbiologie, die den größten Fortschritt in angewandter biologischer Technologie seit der Wiederentdeckung der Mendelschen Gesetze um 1900 darstellt, sind seit dem Zweiten Weltkrieg allen Forschern bekannt. Dennoch beruht selbst in den Industrieländern nur ein kleiner Teil der heute angebauten Kulturpflanzen schon auf angewandter Hybridbiologie.

bis zu 40 % der im Ausland studierenden Agrarstudenten nach dem Examen nicht in ihr Heimatland zurückkehren und die nur vorübergehend tätigen, überdurchschnittlich bezahlten, auswärtigen Lehrpersonen ungewöhnlich hohe Kosten verursachen⁴⁶.

In unserer Analyse haben wir versucht zu zeigen, wie die landwirtschaftliche Entwicklung in heutigen Industrieländern zugleich eine Geschichte der Gewinnung und Bereitstellung erfolgreicher landwirtschaftlicher Technologien war. Der zeitbeanspruchende Charakter und die Komplexität landwirtschaftlicher Technologien muß deshalb in jeder Entwicklungsstrategie ausreichende Berücksichtigung finden.

Zusammenfassung / Summary

Faktorpreise, Faktorproduktivitäten und Technologie in der amerikanischen, europäischen und japanischen Landwirtschaft von 1880 bis 1965

Die amerikanische Führungsrolle bei der Entwicklung arbeitsparender mechanischer Technologien in der Landwirtschaft erklärt sich aus der im Vergleich zum Boden relativen Knappheit an Arbeitskräften. Ähnliches gilt für England.

In Japan stiegen vor dem Ersten Weltkrieg die Bodenpreise stärker als die Löhne. In Deutschland entwickelten sich Bodenpreise und Löhne parallel. Beide Länder wurden deshalb führend bei der Entwicklung bodensparender biologischer und chemischer Technologien. Regressionsanalysen zeigen, daß das Preisverhältnis von Dünger zu Boden die Höhe des Düngemittelverbrauchs von 1880 bis 1965 in Deutschland, Japan und den USA bestimmte.

Factor Prices, Factor Productivities and Technology in American, European and Japanese Agricultures from 1880 to 1965

The relative abundance of land and the scarcity of labor induced American agriculture to become a leader in labor-saving mechanical technologies. Similar developments occurred in England.

Before World War I land prices increased in Japan more rapidly than agricultural wages. In Germany wages paralleled rising land prices. Both countries became pioneers in developing land-saving biological and chemical technologies. Regression analysis shows that changes in the land to fertilizer price ratio explained significantly the level of fertilizer consumption in the US, Germany and Japan.

Germany, and Japan.

⁴⁶ Vgl. FAO (Hrsg.): Provisional World Plan for Agricultural Development. Vol. 2. Rom 1969, Chapter 12. — *The President's Science Advisory Committee* (Hrsg.): The World Food Problem. Vol. II. Washington D. C. 1967. S. 611 ff.

Übersicht 1: Jährliche Zuwachsraten der Bevölkerung, des Je-Kopf-Einkommens und der Nachfrage nach Nahrungsmitteln für 11 Länder von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zum Ersten Weltkrieg

Land	Zeitabschnitt		Wachstumsraten		Einkommenselastizität für Nahrungsmittel-Erzeugerstufe ^{a)} (η)	Nachfragewachstum nach Nahrungsmitteln (D) v. H.
	Beginn	Ende	Bevölkerung (P)	Sozialprodukt je Kopf (NI)		
Canada	1870/79	1905/14	1,78	2,41	0,25	2,38
Dänemark	1870/78	1904/13	1,13	1,93	0,4	1,90
Frankreich	1841/50	1901/10	0,19	1,63	0,4	0,84
Deutschland	1860/69	1905/14	1,15	2,16	0,4	2,01
Italien	1862/68	1904/13	0,70	0,81	0,5	1,11
Irland & Eire	1860/69	1904/13	- 0,54	1,79	0,5	0,36
Japan	1878/87	1903/12	1,16	3,37	0,4 ^{c)}	2,51
Rußland	1870	1913	1,57	1,04	0,5	2,09
Schweden	1861/68	1904/13	0,68	2,62	0,4	1,73
USA	1869/78	1904/13	2,23	2,75	0,25	2,92
UK	1860/69	1905/14	1,11	1,25	0,4	1,61

a) Die Einkommenselastizitäten spiegeln unterschiedliche Höhen des Einkommens in verschiedenen Ländern am Beginn der wirtschaftlichen Entwicklung wider. Die für die Übersicht getroffenen Annahmen stützen sich auf Schätzungen einer Gruppe von Experten, die diese für die OECD anstellen. — Mario Bandini, Arthur Hanau, Simon Kuznets, Assar Lindbeck, Louis Matusis, Brian Reddaway: *Agriculture and Economic Growth. A Report by a Group of Experts*. Paris 1965, S. 56. — b) Gemäß der Nachfragegleichung $D = P + \eta NI$. D ist die Wachstumsrate der Nachfrage nach Nahrungsmitteln, P das Bevölkerungswachstum, η die Einkommenselastizität (mengenmäßig) für Nahrungsmittel und NI das Wachstum des Je-Kopf-Einkommens. — c) Abgeleitet unter der Annahme einer Einkommenselastizität von 0,4 gemäß der Schätzung von Kaneda (Hiromitsu Kaneda: *Long-term Changes in Food Consumption Patterns in Japan*. In: Kazushi Okawa, Bruce F. Johnston, Hiromitsu Kaneda (Hrsg.): *Agriculture and Economic Growth: Japan's Experience*. Princeton, Tokyo 1970, S. 426.

Quelle: Simon Kuznets: Quantitative Aspects of the Economic Growth of Nations. *Economic Development and Cultural Changes*, Vol. V, No. 1, 1956. S. 13.

Übersicht 2: Bevölkerungsdichte und Preise je ha landwirtschaftlich genutzten Bodens (in Mark)
Belgien, Dänemark, Deutschland, England, Frankreich, Japan, USA 1850 - 1910 (Fünfjahresdurchschnitte)

Jahr	Landwirtschaftliche Nutzfläche												Ackerland					
	Belgien			Dänemark			Deutschland			England			Frankreich		Japan		USA	
	Bevölkerung	Bodenpreis	Bevölkerung	Bodenpreis	Bevölkerung	Bodenpreis	Bevölkerung	Bodenpreis	Bevölkerung	Bodenpreis	Bevölkerung	Bodenpreis	Bevölkerung	Bodenpreis	Bevölkerung	Bodenpreis	Bevölkerung	Bodenpreis
100 ha	ha	100 ha	ha	100 ha	ha	100 ha	ha	100 ha	ha	100 ha	ha	100 ha	ha	100 ha	ha	100 ha	ha	
pro																		
1850	239	2 256	58	—	99	753	152	1 992	75	1 076	—	—	—	—	—	—	—	
1880	306	3 445	69	—	125	1 315	194	2 196	75	1 481	779	1 435	25	25	684	684	684	
1900	353	2 424	84	680	161	1 368	231	1 021	78	1 030	898	1 918	24	24	542	542	542	
1910	389	3 129	97	925	186	1 873	250	1 124	79	1 054	889	3 312	28	28	894	894	894	

Bevölkerung = Anzahl Personen.

Die Bodenpreise wurden aus Landeswährung gemäß Goldparität in Mark umgerechnet. — Belgien: 1 bfr = 0,290323 g Feingold; Dänemark: 1 dkr = 0,4032258 g Feingold; Deutschland: 1 M = 0,358423 g Feingold; Frankreich: 1 fr. = 7,322385 g Feingold; Japan: 1 Yen = 1,500 g Feingold; USA: 1 US-\$ = 0,750 g Feingold; (Nach Archiv der Deutschen Bundesbank.)

Quelle: Berechnungsmethoden im Minnesota-Appendix A I.

Übersicht 3: Regressionsanalyse zwischen Düngemittelverbrauch je ha und dem Preisverhältnis von Düngemittel zu Ackerland — Deutschland, Japan, USA, 1880 - 1965 (Fünfjahresdurchschnitte)

Düngemittelverbrauch je ha Ackerland	Periode	Anzahl der Beobachtungen	Preiskoeffizienten Düngemittel: Ackerland ^{a)}	Zeit	R ²	S	von Neumann-Quotient	F
Deutschland	1880—1910;	14	-0,9373** (0,273) 3,43	48,0780** (12,583) 3,82	0,994	0,604	1,841**	933,84**
	1925—1935;							
	1950—1965							
Japan	1880—1940;	16	-0,3537 (0,342) 1,03	57,4647** (22,869) 2,53	0,976	0,496	0,795	266,83**
	1955—1965							
USA	1880—1965	18	-0,8252** (0,122) 6,78	44,6266** (5,136) 8,69	0,985	0,468	0,821	482,11**

a) Deutschland: Preis gilt für LN. — t-Test und F-Test nach Tabellen in: Pothuri Rao und Roger Le Roy Miller: Applied Econometrics, Belmont California 1971, S. 223 - 227. Von Neumann Quotient nach: B. J. Hart: Significance levels for the Ratio of the Mean Square Successive Difference to the Variance, „Annals of Mathematical Statistics“, Jg. 13 (1942), S. 445 - 447. — ** und * = Nullhypothese mit 99 % bzw. 95 % Wahrscheinlichkeit abgelehnt. Die Gleichungen sind logarithmiert. Die Standardabweichungen der geschätzten Koeffizienten stehen in Klammern, die t-Werte darunter.

Quelle: Daten im Minnesota-Appendix II.