

iamo

Leibniz-Institut für Agrarentwicklung
in Transformationsökonomien



DISCUSSION
PAPER
2019

#191

Technischer Fortschritt in der Landwirtschaft und Agrarpreise

Ulrich Koester und Stephan von Cramon-Taubadel

AUTOREN

Ulrich Koester is Professor of Agricultural Economics in the Department for Agricultural Economics at the Christian-Albrechts-Universität zu Kiel since 1978. From 1972 to 1978, he served as Professor in the Institut für Agrarökonomie of the University of Göttingen.

E-Mail: ukoester@ae.uni-kiel.de

Stephan von Cramon-Taubadel is Professor for Agricultural Policy in the Department of Agricultural Economics and Rural Development at the University of Göttingen.

E-Mail: scramon@gwdg.de

The series of Discussion Papers of a forthcoming book on 'Agrarpreisbildung' will be edited by Ulrich Koester and Stephan von Cramon-Taubadel.

This Discussion Paper № 191 is the sixth chapter of the forthcoming book.

Titelbild Collage IAMO, Foto © Agrarunternehmen Barnstädt

Layout und Satz des Textteils erfolgte in Verantwortlichkeit der Autoren.

Die IAMO **Discussion Papers** sind vorläufige, intern begutachtete Berichte, die über aktuelle Forschungsergebnisse informieren. Die in dieser Publikationsreihe geäußerten Meinungen spiegeln nicht notwendigerweise die des IAMO wider. Kommentare sind erwünscht. Bitte richten Sie diese direkt an die Autoren.

Die Serie Discussion Papers wird begutachtet von:

Dr. Linde Götz (IAMO)

Dr. Ivan Đurić (IAMO)

Prof. Dr. Thomas Herzfeld (IAMO)

Dr. Judith Möllers (IAMO)

Dr. Daniel Müller (IAMO)

ISSN 1438-2172

INHALTSVERZEICHNIS

6.1	Einleitung und Lernziele	1
6.2	Zum Begriff „technischer Fortschritt“	1
6.3	Ausgewählte Klassifikationen technischer Fortschritte	3
6.3.1	Klassifikation technischer Fortschritte nach Brinkmann	3
6.3.2	Produktionssteigernde versus kostenverringendernde technische Fortschritte	5
6.3.3	Neutrale und nicht-neutrale technische Fortschritte	7
6.3.4	Induzierter und autonomer technischer Fortschritt	9
6.3.5	Technische Fortschritte durch die Aufnahme neuer Produkte in den landwirtschaftlichen Produktionsprozess	11
6.4	Die Wirkungen technischer Fortschritte auf das sektorale Preisniveau	12
6.4.1	Wirkung sektoraler technischer Fortschritte in einer offenen Volkswirtschaft mit relativ kleinem Agrarsektor	12
6.4.2	Wirkung sektoraler technischer Fortschritte in einer geschlossenen Volkswirtschaft mit relativ kleinem Agrarsektor	14
6.5	Technischer Fortschritt und Preisänderungen für landwirtschaftliche Produkte	16
6.6	Die Messung des technischen Fortschritts in der Agrarproduktion: Methoden und ausgewählte Ergebnisse	22
6.6.1	Die Quantifizierung des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft: Methoden und Herausforderungen	23
6.6.2	Ausgewählte empirische Ergebnisse	29
	Schlagwörter und Begriffe	32
	Weiterführende Literatur	33
	Übungsaufgaben zu Kapitel 6	35

6.1 Einleitung und Lernziele

Die meisten Agrarerzeugnisse – ob Rindfleisch, Weizen, Eier oder Äpfel – haben sich im Laufe der neueren Geschichte grundsätzlich physisch wenig geändert. Wie diese Erzeugnisse erstellt werden, d.h. mit welchen Methoden und mit welchen Produktionsfaktoren, hat sich dagegen mitunter extrem verwandelt. Die Produktionsfunktion, die Grundlage vieler Überlegungen und Ableitungen in den vorherigen Kapiteln war, ist demnach ständigen Verschiebungen und Veränderungen unterworfen. Diese durch technischen Fortschritt verursachten Verschiebungen und Veränderungen sind nach wie vor eine treibende Kraft der sektoralen Austauschverhältnisse und damit auch des landwirtschaftlichen Strukturwandels.

In diesem Kapitel soll gezeigt werden:

- *die Definition von technischem Fortschritt,*
- *ausgewählte Klassifikationen des technischen Fortschritts,*
- *die sektorale und gesamtwirtschaftliche Bedeutung des technischen Fortschritts in einer geschlossenen und in einer offenen Volkswirtschaft,*
- *die Bedeutung sektoraler Fortschrittsraten für die Änderung der Agrarpreise,*
- *Möglichkeiten und Grenzen der Quantifizierung des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft.*

6.2 Zum Begriff „technischer Fortschritt“

Unter **technischem Fortschritt** versteht man die Einführung neuer Produktionsverfahren, die es ermöglichen:

- a) mit gegebenem Faktoreinsatz eine größere Produktionsmenge zu erstellen bzw. eine gegebene Produktionsmenge mit geringerem Faktoreinsatz zu erzeugen,
- b) mit gegebenem Faktoreinsatz gleiche Mengen von Produkten einer höheren Qualität zu erzeugen,
- c) durch qualitativ verbesserten Faktoreinsatz die Produktionsmenge zu erhöhen,
- d) bislang unbekannte Produkte zu schaffen oder aus anderen Regionen in den Produktionsprozess aufzunehmen.

Technischer Fortschritt a) führt bei bisher bekannten Produkten zu einer Verlagerung der Produktionsfunktion nach oben (von f_0 auf f_1 in Schaubild 6.1 links) bzw. zu einer Verschiebung der Isoquanten gegen den Ursprung (von I_0 auf I_1 in Schaubild 6.1 rechts). Technischer Fortschritt nach c) führt zur Entstehung einer völlig neuen Produktionsfunktion mit dazugehörigen *Isoquanten*. Die Fälle b) und c) lassen sich zwar gedanklich voneinander trennen, sind aber oft schwer zu unterscheiden. Eine neue Weizensorte mit erhöhtem Proteingehalt kann als Qualitätsverbesserung (b), aber auch als völlig neues Produkt (c) gesehen werden. Wenn die Sorte z.B. in der Mühlenwirtschaft eine größere Menge herkömmlichen Weizens ersetzen kann, kann sie auch als Produktionssteigerung bei gegebenem Faktoreinsatz (a) interpretiert werden. Technische Fortschritte in der Landwirtschaft können auch zu einer verbesserten Kenntnis über die Produkt-Faktorbeziehungen und zu neuen oder qualitativ verbesserten Faktoreinsatzmengen führen.

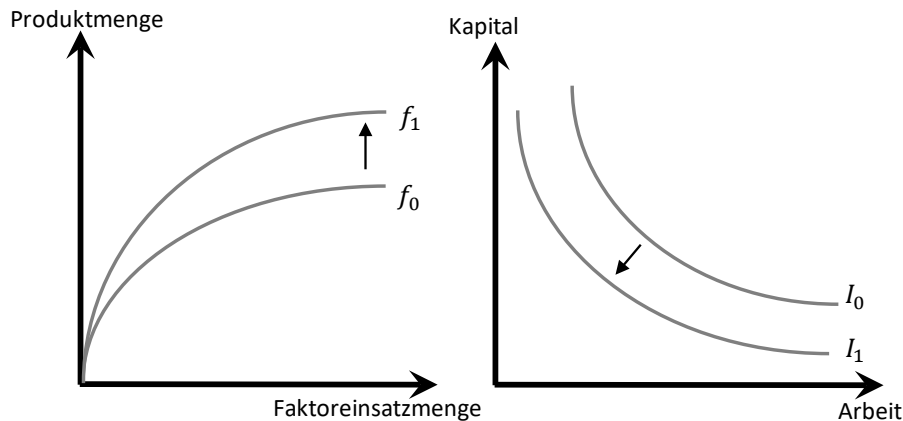
Technische Fortschritte liegen auch vor, wenn landwirtschaftliche Betriebe zwar nicht die Produktionsmenge und die betrieblichen Produktionskosten einzelner Agrarprodukte verändern, aber z.B. durch Kooperation mit anderen Betrieben Kapazitäten des Betriebsleiters freisetzen oder durch die Nutzung von neuen Informationstechnologien innerbetriebliche und außerbetriebliche Transaktionskosten verringern; beides bedeutet eine Reduzierung des Faktoreinsatzes. Beispielsweise können so die Transaktionskosten, die bei der Vermarktung von Agrarprodukten oder beim Einkauf von Vorleistungen entstehen, durch neue Informationstechnologien oder auch die Nutzung von Organisationen wie z.B. Warenterminmärkte gesenkt werden.

Schließlich liegen technische Fortschritte auch vor, wenn neue Verfahren dazu führen, dass die Produktion umweltfreundlicher und weniger gesundheitsschädlich für die beteiligten Arbeitskräfte wird oder wenn Nutztiere artgerechter gehalten werden. Diese letzten Beispiele machen deutlich, dass technischer Fortschritt aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht unbedingt zu einer höheren gesamtwirtschaftlichen Produktivität führen muss. Ein neues Verfahren, das betriebliche Produktionskosten reduziert, aber gleichzeitig zusätzliche negative Externalitäten z.B. in Form von Umweltschäden erzeugt, kann bei umfassender Bewertung aller Kosten und Nutzen aus gesamtwirtschaftlicher Sicht einen technischen Rückschritt darstellen. Ein solcher Fall kann z.B. vorliegen, wenn die zu zahlenden Faktorpreise nicht den gesamtwirtschaftlichen Schattenpreisen entsprechen.

In Schaubild 6.1 wurde implizit unterstellt, dass der technische Fortschritt unabhängig von der Faktorkombination wirkt und daher die neue Isoquante f_1 im Schaubild 6.1 bei jeder Faktorkombination mit gleichem absoluten Abstand unterhalb der Situation ohne technische

Fortschritte liegt. Diese Änderung wird aber in der Realität meistens nicht vorliegen. Die im Folgenden diskutierten Klassifikationen setzen an der Wirkung des technischen Fortschritts auf den Verlauf der neuen Isoquante ohne Anpassungsreaktion an.

Schaubild 6.1 Wirkung technischer Fortschritte auf die Produktionsfunktion und die Isoquanten



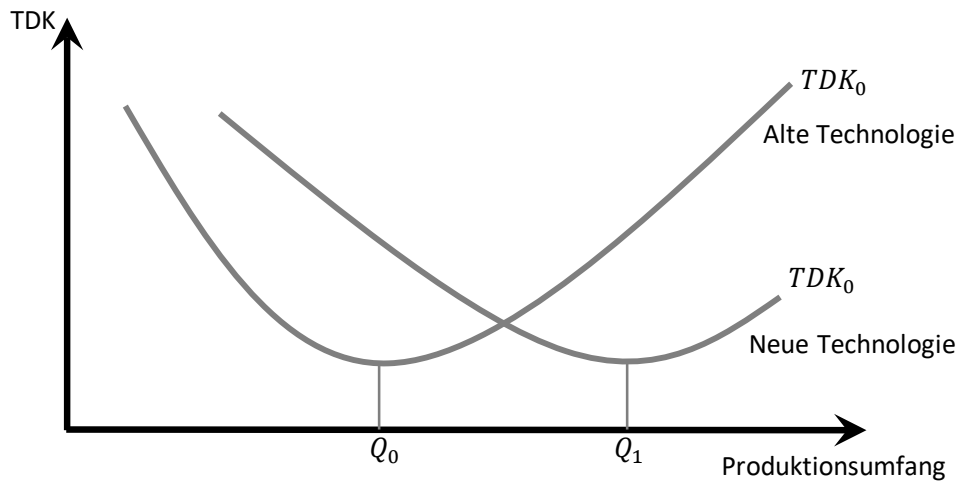
6.3 Ausgewählte Klassifikationen technischer Fortschritte

Es gibt eine Vielzahl von möglichen Klassifikationen technischer Fortschritte. Im Folgenden werden einige ausgewählte Klassifikationen dargestellt und erläutert.

6.3.1 Klassifikation technischer Fortschritte nach Brinkmann

Mechanisch-technischer Fortschritt bewirkt meist eine Substitution von menschlicher Arbeit durch Kapital. Die ersten Fortschritte dieser Art (z.B. Pflüge) haben die Fläche, die ein einzelner Landwirt bearbeiten konnte, ausgedehnt; spätere Fortschritte (z.B. Erntemaschinen) haben auch die Menge an harter physischer Arbeit, die Landwirte leisten müssen, reduziert. In der Landwirtschaft der heutigen Industrieländer kommen diese Fortschritte insbesondere solchen Betrieben zugute, die entweder Arbeitskräfte entlassen können oder in denen der Betriebsleiter aufgrund der durch die Mechanisierung erzielten Zeitersparnis im Betrieb eine nebenberufliche Erwerbstätigkeit aufnehmen kann. Im Allgemeinen sind es jedoch die großen Betriebe, die von mechanisch-technischen Fortschritten am stärksten profitieren, da das Minimum der totalen Durchschnittskosten vieler neuer Produktionsverfahren (z.B. Flüssigfütterung in der Schweinemast, Laufstall in der Milchviehhaltung und Melkroboter, 6-Reiher-Zuckerrübensvollernter) erst bei größeren Produktionsmengen erreicht wird (siehe Schaubild 6.2).

Schaubild 6.2 Totale Durchschnittskosten (TDK) bei unterschiedlichen Produktionsverfahren



Biologisch-technische Fortschritte sind in erster Linie züchterische Fortschritte, wie z.B. Erhöhung der Milchleistung pro Kuh, Steigerung der Flächenerträge im Ackerbau oder qualitative Verbesserung von Produkten. Oftmals bewirken sie eine Erhöhung der Faktorproduktivität und führen damit zur Anhebung der optimalen speziellen Intensität aller eingesetzten Faktoren. Einige biologisch-technische Fortschritte zielen dagegen auf eine Verminderung des Faktoreinsatzes ab; die Züchtung z.B. von Zuckerrüben, die durch Monogermesaat angebaut werden können, hat den Arbeitsaufwand verringert. Zuckerrübenanbau war bis in die 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts eine arbeitsintensive Aktivität und daher auch für kleinere landwirtschaftliche Betriebe geeignet. Inzwischen ist der Zuckerrübenanbau kapitalintensiv und die Produktion ist daher auf Großbetriebe konzentriert.

Organisatorisch-technische Fortschritte beinhalten z.B. die Aufnahme neuer Bewirtschaftungssysteme, wie z.B. Personengesellschaften oder auch Kapitalgesellschaften. Sie beruhen im Wesentlichen auf einer verbesserten Ausnutzung der vorhandenen Produktionskapazitäten (vor allem der Maschinen und der Familienarbeitskräfte). Ein Beispiel für organisatorisch-technische Fortschritte ist die Einführung der EDV in der Betriebsleitung, mit der sowohl Steuerung und Überwachung von Produktionsabläufen als auch Managementaufgaben vorgenommen werden können. Andere Beispiele für organisatorische technische Fortschritte sind die verstärkte Beanspruchung von Lohnunternehmern, die Bildung von Maschinenringen und die Zusammenarbeit mit landwirtschaftlichen Beratern. Von besonderer Bedeutung sind die Wirkungen eines verbesserten Managements landwirtschaftlicher Betriebe. Die Auswertung von Wirtschaftszahlen landwirtschaftlicher Betriebe zeigt, dass es in Industrieländern selbst

bei hoch qualifizierten Betriebsleitern erhebliche Unterschiede in den realisierten Produkt-Faktormengenrelationen gibt. Generell ist aber zu beobachten, dass Betriebsleiter mit einer überdurchschnittlichen Ausbildung zu einer verbesserten Effizienz des Faktoreinsatzes beitragen und eine höhere Wirtschaftlichkeit erzielen als Betriebsleiter mit weniger Ausbildung.

Für viele ökonomische Betrachtungen ist die oben skizzierte Klassifikation technischer Fortschritte nach Brinkmann zu unscharf. Zum einen lassen sich einige Neuerungen nicht eindeutig in das Schema von Brinkmann einordnen: die als „Precision Agriculture“ bekannte EDV-gesteuerte Verknüpfung von Aussaat, Düngung und Ernte z.B. verbindet Elemente des mechanisch-technischen und des organisatorisch-technischen Fortschritts. Zum anderen behandelt die Klassifikation technischer Fortschritt nach Brinkmann nur die Ansatzpunkte des Fortschrittes und nicht seine ökonomischen Wirkungen auf Faktoreinsatz und Produktionsmengen. Daher sollen im Folgenden einige alternative Klassifikationen dargestellt werden.

6.3.2 Produktionssteigernde versus kostenverringende technische Fortschritte

Laut Definition können technische Fortschritte sowohl zur Erhöhung der Produktionsmenge bei gegebenem Faktoreinsatz als auch zu einer Verringerung des Faktoreinsatzes bei konstanter Produktionsmenge führen. Technische Fortschritte führen damit *ceteris paribus* stets zu einer Reduzierung der Stückkosten und damit auch langfristig bei gegebenen Faktor- und Produktpreisen zu einer Ausdehnung der Produktionsmenge. Dabei ist es hinsichtlich der mittel- und langfristigen Wirkungen unerheblich, ob der Fortschritt zunächst zu einer Reduzierung der Faktoreinsatzmenge bei gegebener Produktionsmenge oder sofort zu einer Produktionssteigerung führt.

Aus betrieblicher Sicht ist aber von Bedeutung, welche betrieblichen Anpassungen mit der Einführung der technischen Fortschritte notwendig sind; nicht alle Betriebe haben die gleichen Anpassungsfähigkeiten und -Möglichkeiten. Für den einzelnen Betrieb wird je nach betrieblicher Anpassungsfähigkeit entweder die Übernahme **kostensenkender technischer Fortschritte** oder die Übernahme **produktionssteigernder technischer Fortschritte** vorteilhafter sein. Für die Übernahme neuer Technologien ist die betriebliche Arbeitsverfassung von Bedeutung. Bäuerliche Familienbetriebe, die z.B. den betrieblichen Arbeitseinsatz kurzfristig nicht reduzieren können, werden an **arbeitssparenden technischen Fortschritten** weniger interessiert sein als Lohnarbeitsbetriebe, die den betrieblichen Faktoreinsatz leichter variieren können. Erstere werden daher technische Fortschritte vorziehen, die zu einer Produktionssteigerung, ohne Reduzierung des Faktoreinsatzes, führen.

Änderungen der sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen, wie z.B. die Einführung von Produktionsquoten oder Flächenstilllegungen, werden auch zu einer geänderten Bewertung der relativen Vorzüglichkeit technischer Fortschritte aus betrieblicher Sicht beitragen. Wird die Produktionsmenge z.B. durch Quoten eingeschränkt, sinkt die Attraktivität produktionssteigernder technischer Fortschritte aus betrieblicher Sicht. So hätte z.B. die Einführung des Hormons BST in der Milchproduktion aufgrund des begrenzenden Faktors Milchquote in der EU¹ letztlich einen Abbau der Zahl der Milchkühe zur Folge gehabt. Eine reduzierte Auslastung der gegebenen und anderweitig nur begrenzt nutzbaren Stallkapazitäten im Milchsektor wären die Folge gewesen. Die Kosteneinsparung wäre also geringer ausgefallen als ohne Quotierung der Milchproduktion. Diese Folgen haben wahrscheinlich dazu beigetragen, dass BST in der EU nicht zugelassen wurde (wobei andere Argumente bei dieser Entscheidung auch eine Rolle gespielt haben). Eine Quotierung führt allerdings nicht dazu, dass jeder technische Fortschritt an Attraktivität verliert. Moderne Fütterungssysteme können Kosten sparen bei unveränderter Produktionsmenge z.B. an Fleisch oder Milch. Ferner kann eine Quote die Stabilität und die Höhe der betrieblichen Gewinne erhöhen und damit auch die Investitionsfähigkeit der Betriebe stärken. Als Folge konnten Investitionen in kosten-senkenden technischen Fortschritt steigen.

Produktionsquoten für Milch und Zucker wurden in der EU und anderswo eingeführt mit dem Ziel, das Angebot künstlich zu begrenzen und somit die am Markt erzielten Preise zu erhöhen. Monopolisten schränken auch das Angebot ein, um höhere Preise zu erzielen, und auch sie werden daher zunächst faktorsparende technische Fortschritte bevorzugen, da produktionssteigernde technische Fortschritte zu sinkenden Produktpreisen führen und somit die positiven Wirkungen des technischen Fortschritts aus betrieblicher Sicht schmälern oder, in Abhängigkeit von der Preiselastizität der Nachfrage, gar zunichtemachen können.

Diese Beispiele zeigen: Je nach Rahmenbedingungen können kostensparende bzw. produktionssteigernde technische Fortschritte unterschiedlich vorzüglich erscheinen. Die Nachfrage nach einzelnen Arten der technischen Fortschritte kann daher betrieblich, regional und national unterschiedlich sein. Die Stärke der Nachfrage nach kostensparenden bzw. produktionssteigernden Innovationen wird wiederum die Schwerpunkte der Produktentwicklung und angewandten Forschung, vielleicht sogar die Grundlagenforschung, beeinflussen. Ökonomen sprechen in diesem Zusammenhang vom induzierten technischen Fortschritt, der unten in Abschnitt 6.3.4 wieder aufgegriffen wird.

¹ Das Milchquotensystem der EU wurde 1984 eingeführt und 2013 wieder abgeschafft.

6.3.3 Neutrale und nicht-neutrale technische Fortschritte

Die gebräuchlichste Klassifikation in neutrale und nicht-neutrale technische Fortschritte geht auf Hicks (1932) zurück. Weitere Klassifikationen in neutrale und nicht-neutrale Fortschritte stammen von Harrod sowie von Solow; diese werden im Folgenden jedoch nicht behandelt.

Für die Klassifizierung technischer Fortschritte nach Hicks ist entscheidend, wie sich das Verhältnis der Grenzproduktivitäten der Faktoren Arbeit und Kapital durch die Innovation bei unveränderten Faktorpreisen verändert. Werden beide Grenzprodukte proportional erhöht, liegt Hicks-neutraler technischer Fortschritt vor.

Anders verhält es sich, wenn die Grenzproduktivität des einen Faktors durch technischen Fortschritt relativ stärker steigt als die des anderen. Hicks spricht dann von nicht-neutralem Fortschritt. Wird z.B. die Grenzproduktivität der Arbeit relativ stärker gesteigert als die des Kapitals, wird bei unveränderten Faktorpreisen der Einsatz von Arbeit im Produktionsprozess im Vergleich zum Kapital vorzüglicher. Sofern beide Faktoren gegeneinander substituierbar sind, werden die Produzenten mehr Arbeit in Relation zum Kapital einsetzen, so dass sich die Faktorintensität verändert. In diesem Fall liegt der Definition nach Hicks zufolge kapitalsparender (bzw. arbeitsvermehrender) Fortschritt vor. Im umgekehrten Fall, wenn die Grenzproduktivität des Kapitals relativ stärker steigt als die der Arbeit, wirkt der technische Fortschritt arbeitssparend bzw. kapitalvermehrend.

Schaubild 6.3 zeigt die Wirkung von Hicks-neutralen technischen Fortschritten für den Fall, dass es nur zwei Produktionsfaktoren gibt. In der Ausgangssituation wird mit der Faktoreinsatzkombination (K_0, A_0) der Produktionspunkt S_0 auf der Isoquanten I_0 realisiert. Die Arbeitsintensität (k = Verhältnis zwischen Arbeits- und Kapitalmenge) ergibt sich aus der Steigung des Fahrstrahls vom Ursprung zu S_0 , d.h. $k = \tan(\beta) = \frac{A_0}{K_0}$. Die Faktorpreisrelation lässt sich aus der Definition der Isokostenlinie (C_0) ableiten:

$$C = KP_K + AP_A \quad (6.1)$$

mit:

C = Kosten,

K = Kapital

A = Arbeit

P_K = Preis für den Kapitaleinsatz,

P_A = Preis für Arbeitseinsatz.

Wird kein Kapital eingesetzt ($K = 0$) berechnet sich die eingesetzte Arbeitszeit A wie folgt:

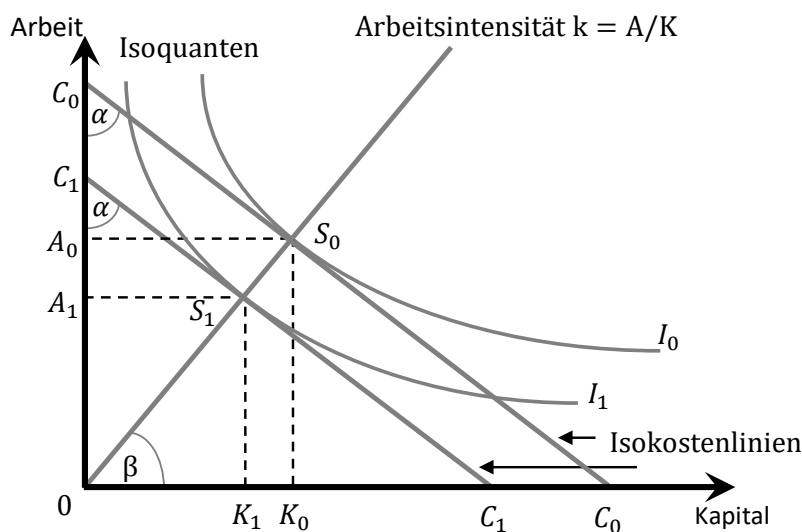
$$A = \frac{C}{P_A} \text{ (Gleichung 6.1 mit } K = 0 \text{)}.$$

Analog gilt bei $A = 0$, dass $K = \frac{C}{P_K}$. Hieraus ergibt sich:

$$\tan(\alpha) = \frac{\frac{C}{P_A}}{\frac{C}{P_K}} = \frac{P_K}{P_A} \quad (6.2)$$

Durch technischen Fortschritt verschiebt sich die Isoquante I_0 gegen den Ursprung, d.h., mit geringerem Faktoreinsatz kann die gleiche Outputmenge erstellt werden. An dem Berührungspunkt der neuen Isoquanten I_1 mit der Isokostenlinie (C_1) ergibt sich der Optimalpunkt S_1 . Da sich die Arbeitsintensität bei unveränderter Faktorpreisrelation nicht geändert hat ($\tan(\beta) = \frac{A_1}{K_1} = \frac{A_0}{K_0}$), handelt es sich im Schaubild 6.3 um Hicks-neutralen technischen Fortschritt.

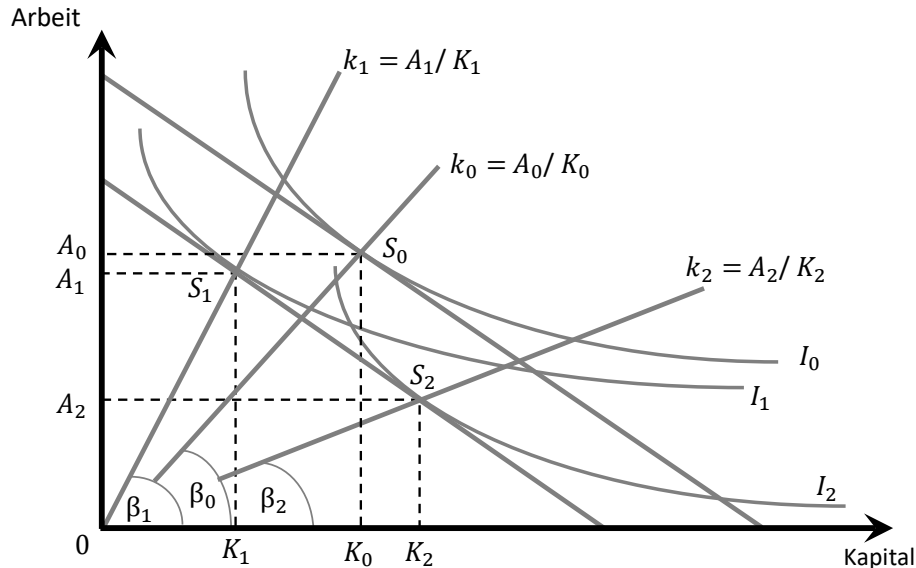
Schaubild 6.3 Hicks-neutraler technischer Fortschritt



Im Schaubild 6.4 sind die nicht-neutralen technischen Fortschritte nach Hicks grafisch dargestellt. Die Ausgangslage ist gekennzeichnet, wie in Schaubild 6.3, durch die Faktoreinsatzkombination (K_0, A_0) mit dem Produktionspunkt S_0 auf der Isoquanten I_0 . Der Übergang zur Isoquanten I_1 stellt bei einer unveränderten Faktorpreisrelation einen kapitalsparenden technischen Fortschritt dar. Im neuen Optimalpunkt S_1 entspricht die Faktorintensität $\tan(\beta_1)$. Im Vergleich zur Ausgangssituation wird bei unveränderter Faktorpreisrelation relativ mehr Arbeit und relativ weniger Kapital in der Produktion eingesetzt. Dagegen beinhaltet der Sprung von S_0 zu S_2 einen arbeitssparenden technischen Fortschritt; hier wird entsprechend $\tan(\beta_2)$

eine kapitalintensivere Faktorkombination gewählt und nicht nur relativ sondern sogar absolut mehr Kapital eingesetzt als in der Ausgangssituation.

Schaubild 6. 4 Nicht-neutrale Fortschritte nach Hicks



6.3.4 Induzierter und autonomer technischer Fortschritt

Die Unterscheidung in autonome und induzierte technische Fortschritte geht ebenfalls auf Hicks zurück und ist eng verknüpft mit der Klassifikation in neutrale und nicht-neutrale Fortschritte. Technischer Fortschritt wird als **autonom** bezeichnet, wenn er nicht aus ökonomischen Druck- und Anreizmechanismen resultiert, sondern quasi wie „Manna vom Himmel fällt“. Ein solcher Fall könnte z.B. vorliegen, wenn durch Öffnung der Grenzen im Inland bisher nicht zur Verfügung stehende Technologien aus dem Ausland eingeführt werden. Die Entdeckung der sog. Gen-Schere CRISPR-Cas9, von der weitreichende Folgen für die landwirtschaftliche Züchtungsforschung erwartet werden, geht auf Grundlagenforschung an Bakterien in den 1980er Jahren zurück und kann daher auch als autonomer technischer Fortschritt betrachtet werden.²

Induzierter Fortschritt ist dagegen die Folge bestimmter Knappheitsrelationen. Durch gezielte Forschung und/oder Produktentwicklung (s. Schaubild 6.2) wird z.B. versucht, die Kosten der Produktion zu verringern, indem vor allem der Einsatz relativ knapper Produktionsfaktoren effizienter gestaltet wird.

Anreize für die Entwicklung und Einführung technischer Fortschritte erfolgen nicht nur über

² Siehe hierzu Jakobs, A. (2016): Die vergessenen Pioniere. Neue Zürcher Zeitung, 23. Oktober 2016.

relative Knappheiten auf den Faktormärkten, sondern auch, wie oben für den Fall einer Produktionsquote erläutert, durch Gegebenheiten auf den Produktmärkten. Z.B. können Forschungsaktivitäten durch staatliche Preisstützung für bestimmte Agrarprodukte in diesen Bereichen gegenüber weniger oder nicht gestützten Produkten gelenkt werden. Ob aber dieser Effekt eintritt, hängt auch von der Wirkung der Preisstützung auf den Strukturwandel ab. Höhere Preise ermöglichen es einigen Betrieben, die bei gegebenen Preisen Grenzanbieter sind, in der Produktion zu verbleiben. Das Wandern der Fläche zum effizienteren Bewirtschafter wird daher gehemmt. Die Wirkung auf das Angebot und Nachfrage von technischen Fortschritten ist daher nicht eindeutig. Es kann angenommen werden, dass die effizienteren Betriebe auch bei erschwerem Zugang zu Flächenerweiterung expandieren wollen. Sie werden bei begrenzter Möglichkeit der Flächenerweiterung verstärkt auf die Einführung bodensparender technischer Fortschritte angewiesen sein. Die erhöhte Nachfrage nach diesen Fortschritten wird zu einer stärkeren Ausschöpfung des vorhandenen Potentials dieser Fortschritte beitragen.

De Janvry und Dethier (1985) differenzieren induzierte technische Fortschritte weiter in rein preisinduzierte Innovationen und solche, die aufgrund von institutionellen Gegebenheiten entstehen. Dabei ist zu beachten, dass die Preisrelationen infolge der institutionellen Rahmenbedingungen gegenüber echten Marktpreisrelationen verzerrt sein können. In Entwicklungsländern wird z.B. Exportprodukten, mit denen Devisen erwirtschaftet werden können, oft mehr Forschungsaktivität gewidmet als Produkten für den heimischen Markt. Agrarprodukte, die vornehmlich von Kleinerzeugern für die Subsistenz erstellt werden, sog. „orphan crops“ wie beispielsweise Hirse, Maniok und Süßkartoffel, werden in der privaten Forschung häufig vernachlässigt, weil sie nur geringe Gewinne für kommerzielle Züchter und Anbieter von Saatgut und andere Vorleistungsgüter versprechen. In diesem Zusammenhang kommt der nationalen und internationalen öffentlichen Agrarforschung eine besonders große Bedeutung zu.

Die Art des technischen Fortschritts hat zudem Auswirkungen auf die Rentabilität des Technologietransfers. Eine bestimmte Technologie kann in einem Land gewinnbringend sein, aber nicht auch in anderen Ländern. Durch die Forschung wird versucht, die Produktionskosten bei gegebenem Faktoreinsatzverhältnis, z.B. gekennzeichnet durch den Fahrstrahl k_2 im Schaubild 6.4., zu verringern. Induzierte Fortschritte werden die Isoquanten daher vorwiegend in der Nähe der gegebenen Faktorintensität gegen den Ursprung verschieben. Volkswirtschaften, die mit einer anderen Faktorintensität produzieren, z.B. entsprechend dem Fahrstrahl

k_1 , werden demnach von den im Bereich um den Fahrstrahl k_2 wirksamen Fortschritten weniger profitieren. So werden technische Fortschritte z.B. im Bereich des sogenannten Precision Farming in Ländern, wo Getreide noch auf kleinen Flächen und sehr arbeitsintensiv angebaut wird, kaum rentabel sein.

6.3.5 Technische Fortschritte durch die Aufnahme neuer Produkte in den landwirtschaftlichen Produktionsprozess

Die landwirtschaftliche Produktionszusammensetzung hat sich in einzelnen Ländern der Welt erheblich durch die Aufnahme neuer Produkte erweitert. Die neuen Produkte wurden zum Teil aus anderen Regionen eingeführt – wie z.B. die Übernahme der Kartoffel-, Mais- und Sonnenblumenproduktion in Europa. Neue Produkte entstehen auch durch genetische Veränderungen zuvor bekannter Produkte. Die Agrarforschung hat zu erheblicher Steigerung der Getreideerträge und der Erträge anderer Produkte sowie tierischer Leistungen beigetragen und die sog. „grüne Revolution“ entfacht. Die genetische Veränderung einzelner landwirtschaftlicher Nutzpflanzen hat zu einer Ausweitung der regional produzierten Agrarprodukte geführt. So ist es inzwischen selbst in der Mongolei möglich, bei relativ kurzer Vegetationsperiode von nur drei Monaten, Kartoffeln und einige Gemüsearten anzubauen; die Konsumstruktur im Land hat sich bereits nach wenigen Jahren von vornehmlich tierischen zu mehr pflanzlicher Produkten geändert.

Technische Fortschritte haben nicht nur gezielte direkte Effekte auf die landwirtschaftliche Produktion; sie ergeben sich auch als indirekte Wirkung von Fortschritten im vor- und nachgelagerten Bereich sowie von sektorübergreifenden Fortschritten. Beispiele für Fortschritte in nachgelagerten Sektoren sind die Ausweitung des „weißen Sortiments“ auf dem Milchmarkt und der Vielzahl von verarbeiteten Kartoffelprodukten, sowie Innovationen in der Lagerung und Logistik von Agrarerzeugnissen und Lebensmitteln. Im der Landwirtschaft vorgelegerten Bereich haben neue Produkte im Angebot von Futtermitteln, Pflanzenschutzmitteln und Saatgut zu einer Änderung der landwirtschaftlichen Produktion beigetragen. Beispiele für die Bedeutung Sektor übergreifender technischer Fortschritte reichen von Neuerungen in Kommunikationssystemen mit der Folge sinkender Transaktionskosten bis zu Robotik, Navigation (GPS) und künstlicher Intelligenz.

6.4 Die Wirkungen technischer Fortschritte auf das sektorale Preisniveau

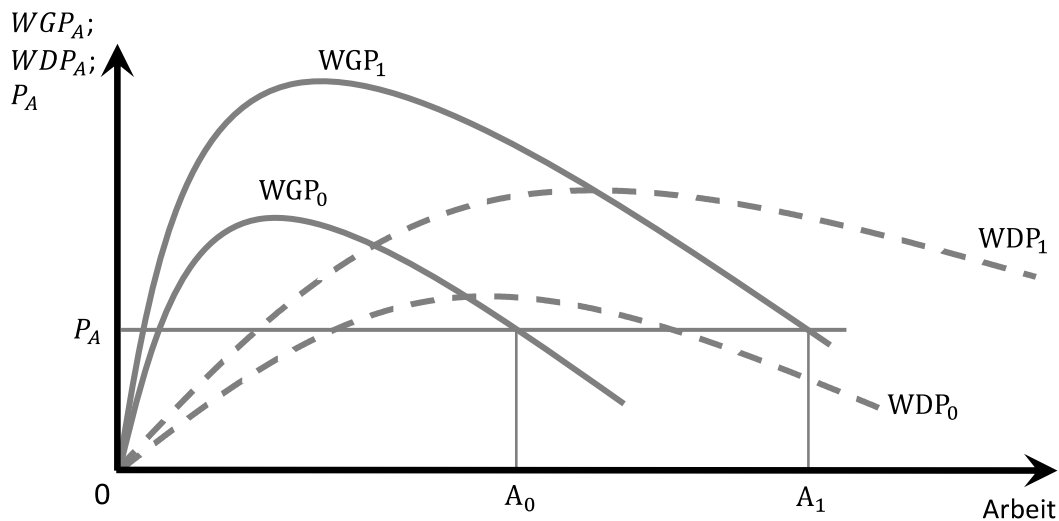
Die Auswirkungen technischer Fortschritte in einem Sektor hängen u.a. von der relativen Bedeutung des Sektors in der Volkswirtschaft ab. Dies gilt einerseits wegen der Rückwirkung einer veränderten landwirtschaftlichen Nachfrage nach Produktionsfaktoren auf die Faktorpreise innerhalb der Gesamtwirtschaft, andererseits wegen der Wirkungen von Angebotsausweitungen auf die Produktpreise. Im Folgenden werden anhand von zwei Beispielen die sektoralen Wirkungen technischer Fortschritte dargestellt. Dabei wird zunächst eine offene und dann eine geschlossene Volkswirtschaft betrachtet. In beiden Fällen wird von einem relativ kleinen Agrarsektor ausgegangen, d.h. vom Agrarsektor sollen keine Rückwirkungen auf die Preise für Arbeit und Kapital oder den Wechselkurs ausgehen.

6.4.1 Wirkung sektoraler technischer Fortschritte in einer offenen Volkswirtschaft mit relativ kleinem Agrarsektor

Es wird ein relativ kleines Land im Sinne der Außenhandelstheorie angenommen. Der betrachtete Sektor übt keinen Einfluss auf das Niveau der internationalen Preise aus. Für die inländischen Erzeuger sind die Preise des unterstellten Freihandels gegeben. Bei gegebenen Preisen reagieren aus Sicht des Inlandes sowohl die internationale Importnachfrage als auch das ausländische Exportangebot völlig elastisch. Inländische Produktionssteigerungen führen somit nicht zu Preissenkungen.

Wie aus der Grenzproduktivitätstheorie bekannt, ist der fallende Abschnitt der Wertgrenzproduktivitätskurve (WGP) ab dem Schnittpunkt mit der Wertdurchschnittsproduktivitätskurve (WDP) bei vollständiger Konkurrenz auf Produkt- und Faktormärkten identisch mit der Faktornachfragekurve (siehe Kapitel 2). In Schaubild 6.5 werden die Auswirkungen des technischen Fortschritts auf den landwirtschaftlichen Arbeitseinsatz veranschaulicht. Verschiebt sich durch technischen Fortschritt die Wertgrenzproduktivitätskurve nach außen (von WGP_0 zu WGP_1), werden mehr Faktoren nachgefragt, und zwar so lange, bis die WGP der Arbeit wieder dem Faktorpreis P_A entspricht. Da die Landwirtschaft – laut Annahme – nur eine kleine Rolle in der Volkswirtschaft spielt, gehen von ihr keine Effekte auf P_A (das gesamtwirtschaftliche Lohnniveau) aus. Der Arbeitseinsatz steigt daher von A_0 auf A_1 an. Entsprechendes gilt für den Kapitalmarkt; hier gehen ebenfalls von Änderungen der landwirtschaftlichen WGP des Kapitals keine spürbaren Effekte auf das gesamtwirtschaftliche Zinsniveau aus.

Schaubild 6.5 Auswirkungen technischer Fortschritte im Agrarsektor in einer offenen Volkswirtschaft auf den landwirtschaftlichen Arbeitseinsatz eines kleinen Landes



$$WGP = \text{Wertgrenzproduktivität der Arbeit} = \frac{\delta Q}{\delta A} * P_Q$$

$$WDP = \text{Wertdurchschnittsprodukt der Arbeit} = \left(\frac{Q}{A}\right) * P_Q$$

P_A =Faktorpreis für Arbeit (Lohnansatz)

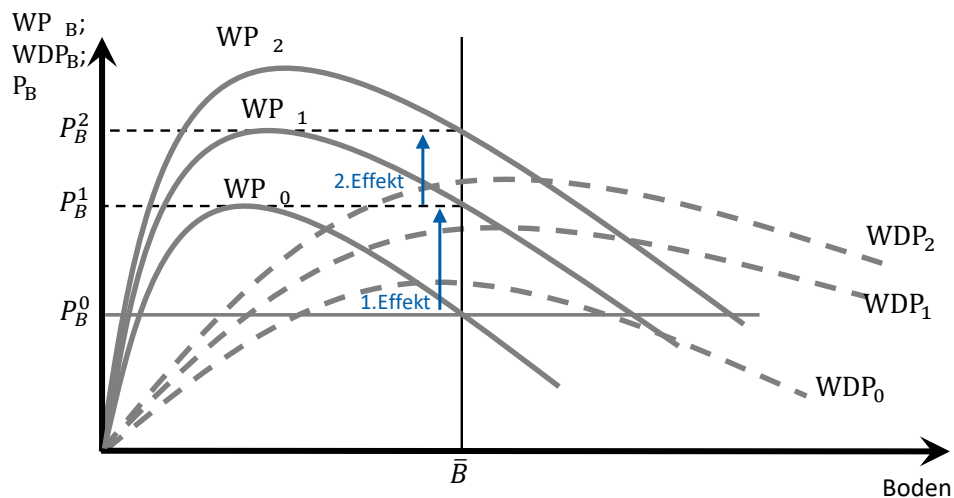
Q =Produktionsmenge

P_Q =Produktpreis

Auf dem Bodenmarkt ist die Wirkung des technischen Fortschritts aber anders. Da Boden ein sektorspezifischer und im Angebot begrenzter Produktionsfaktor ist, führen Änderungen der WGP und damit der Faktornachfrage zu Preissteigerungen für Boden. Bei völlig unelastischem Bodenangebot $\bar{B}$, wie im Schaubild 6.6 dargestellt, erfolgt die Anpassungsreaktion nur über den Bodennutzungspreis P_B . Dabei muss zwischen zwei in Schaubild 6.6 skizzierten Effekten unterschieden werden:

- **1. Effekt:** Die Grenzproduktivität des Bodens steigt als direkte Wirkung des technischen Fortschritts. Als Folge steigt die Wertgrenzproduktivität des Bodens von WGP_0 auf WGP_1 , und der Bodenpreis steigt von P_B^0 auf P_B^1 .
- **2. Effekt:** Die Grenzproduktivität des Bodens steigt weiter als Folge erhöhter Faktoringintensität, da pro Bodeneinheit mehr Kapital, Arbeit und Vorleistungsgüter eingesetzt werden (aufgrund der in Schaubild 6.5 dargestellten Anpassungen). Die Wertgrenzproduktivität und der Preis des Bodens steigen weiter auf WGP_2 bzw. P_B^2 .

Schaubild 6.6 Auswirkungen technischer Fortschritte im Agrarsektor in einer offenen Volkswirtschaft auf den landwirtschaftlichen Bodeneinsatz eines kleinen Landes



Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in einer offenen Volkswirtschaft mit relativ kleinem Agrarsektor technische Fortschritte in der Landwirtschaft bei variablen Produktionsfaktoren zu höherer Faktornachfrage und bei sektoral-fixen Produktionsfaktoren zu höheren Faktorpreisen führen. Technische Fortschritte führen unter diesen Bedingungen zu einer steigenden Zahl von landwirtschaftlich Erwerbstätigen sowie einem erhöhten Einsatz von anderen Produktionsfaktoren und zu steigenden Bodennutzungspreisen.

6.4.2 Wirkung sektoraler technischer Fortschritte in einer geschlossenen Volkswirtschaft mit relativ kleinem Agrarsektor

In diesem Fall ist der Preis des Agrarprodukts nicht vom Weltmarkt gegeben, sondern bildet sich als Ergebnis des Zusammenspiels von Angebot und Nachfrage im Inland. Bei einem Produktionsanstieg infolge technischer Fortschritte verschiebt sich die Angebotskurve nach rechts und der Preis des Agrarprodukts sinkt in Abhängigkeit von der Preiselastizität der Nachfrage. Da auf den Märkten für landwirtschaftliche Erzeugnisse im Allgemeinen niedrige Preiselastizitäten der Nachfrage vorliegen, führt eine 1-%ige Produktionsausweitung zu einem mehr als 1-%igen Sinken der Preise (Kingsche Regel). Die kurzfristig positive Wirkung der technischen Fortschritte für innovative Betriebe wird daher mittel- und langfristig als Folge sinkender Preise vermindert. Bezüglich der Faktornachfrage treten drei Effekte auf:

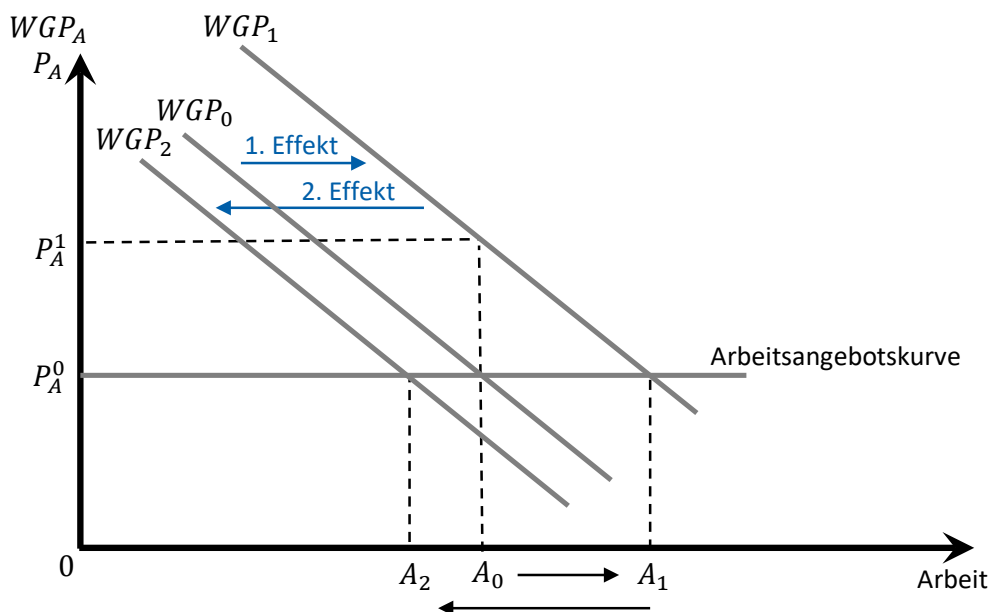
- **1. Effekt:** Technischer Fortschritt führt zu einer Erhöhung der Wertgrenzproduktivität und damit höherer Faktornachfrage.
- **2. Effekt:** Die Ausweitung der Produktionsmengen führt zu Produktpreissenkungen;

dadurch sinkt die Wertgrenzproduktivität aller Faktoren.

- **3. Effekt:** Infolge der Änderung der Grenzproduktivität unterschiedlicher Faktoren können sich die Faktorintensitäten ändern.

Die ersten beiden Effekte sind im Schaubild 6.7 für den Faktor Arbeit dargestellt. Zunächst wird durch technischen Fortschritt die Grenzproduktivität der Arbeit erhöht und somit die Faktornachfragekurve (Wertgrenzproduktivitätskurve) nach rechts verschoben (von WGP_0 auf WGP_1). Bei kurzfristig konstantem Arbeitseinsatz würde zunächst das Lohnniveau von P_A^0 auf P_A^1 steigen. Da aber das Arbeitsangebot zumindest langfristig vollkommen elastisch ist, kommt es aufgrund der gestiegenen Nachfrage nach Arbeit (nach einer Anpassungsphase) zu einem neuen Gleichgewicht mit gestiegenem Arbeitseinsatz A_1 und Lohnniveau P_A^0 . Durch die Erhöhung der Produktionsmenge und damit fallendem Produktpreis sinkt jedoch die Wertgrenzproduktivität wieder; wenn die Produktpreise prozentual stärker sinken als die Grenzproduktivität prozentual gestiegen ist, so wird die Wertgrenzproduktivitätskurve nach Berücksichtigung beider Effekte links von WGP_0 liegen (WGP_2 in Schaubild 6.7). Nach allen Anpassungen liegt der Arbeitseinsatz demnach bei A_2 . Dabei wird das Steigen der Grenzproduktivität, das zum 1. Effekt in Schaubild 6.7 führt, als direkte Auswirkung des technischen Fortschritts bezeichnet, und die Preissenkung, die zum 2. Effekt führt, als indirekte Wirkung.

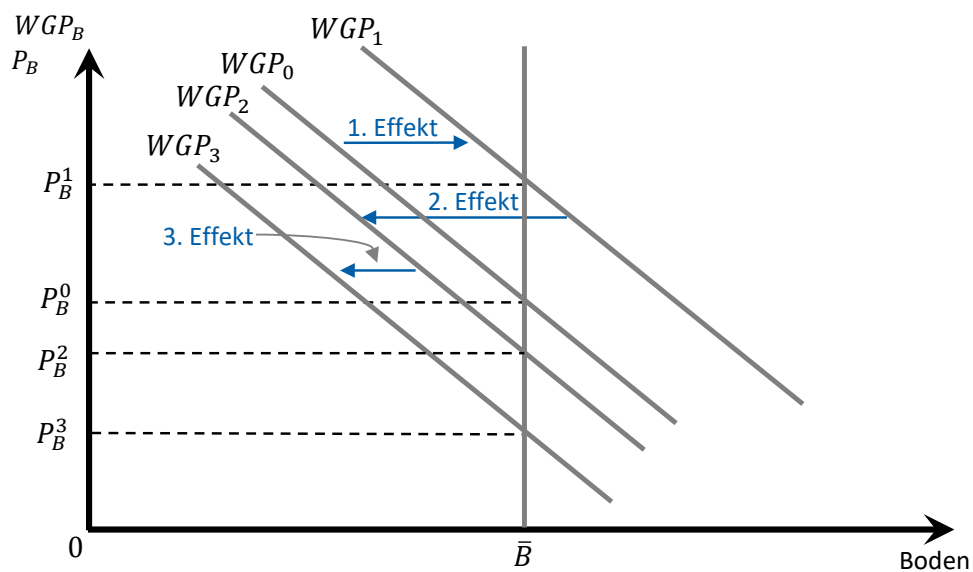
Schaubild 6.7 Effekte des technischen Fortschritts auf den Arbeitsmarkt in einer geschlossenen Volkswirtschaft bei preisunelastischer Nachfrage



Technische Fortschritte werden sich in einer geschlossenen Volkswirtschaft insbesondere in fallenden Preisen für die fixen Faktoren niederschlagen. Im Schaubild 6.8 ist die Wirkung auf

den Bodennutzungspreis dargestellt. Neben den soeben für den Faktor Arbeit dargestellten Effekten tritt hier der oben genannte dritte Effekt durch die Änderung der Faktorintensität auf. Der verringerte Einsatz anderer variablen Faktoren wie Arbeit führt zu einem zusätzlichen Sinken der Wertgrenzproduktivität des Bodens (von WGP_2 auf WGP_3). Bei vollkommen unelastischem Bodenangebot werden sich daher technische Fortschritte in einer geschlossenen Volkswirtschaft in fallenden Bodennutzungspreisen niederschlagen.

Schaubild 6.8 Effekte des technischen Fortschritts auf den Arbeitsmarkt in einer geschlossenen Volkswirtschaft bei preisunelastischer Nachfrage



6.5 Technischer Fortschritt und Preisänderungen für landwirtschaftliche Produkte

Im vorherigen Abschnitt wurde darauf hingewiesen, dass in einer geschlossenen Volkswirtschaft der durch den technischen Fortschritt verursachten Produktionsanstieg zu Preissenkungen für Agrarerzeugnisse führt. Im Folgenden werden dieser Effekt und seine Folgen genauer erläutert. Anhand eines einfachen Marktmodells wird dargestellt, wie sich neutraler technischer Fortschritt auf die sektoralen Produktpreise in einer geschlossenen Volkswirtschaft auswirkt. Grundelemente des Modells sind eine Angebotsfunktion, eine Nachfragefunktion und die Marktgleichgewichtsbedingung:

$$Q^A = F * Q^A(P) \text{ (Angebotsfunktion)} \quad (6.3)$$

$$Q^N = Q^N(P) \text{ (Nachfragefunktion)} \quad (6.4)$$

$$Q^N = Q^A \text{ (Gleichgewichtsbedingung)} \quad (6.5)$$

mit:

Q^N = die nachgefragte Menge,

Q^A = die angebotene Menge

P = der Produktpreis und

F = das Niveau der angewandten Technik.

Für die Änderungsraten ergeben sich:

$$\frac{dQ^A}{Q^A} = \frac{dF}{F} + \varepsilon^A \frac{dP}{P} \quad (6.6)$$

$$\frac{dQ^N}{Q^N} = \varepsilon^N \frac{dP}{P} \quad (6.7)$$

$$\frac{dQ^A}{Q^A} = \frac{dQ^N}{Q^N} \quad (6.8)$$

mit:

dF/F = die Rate des technischen Fortschritts,

ε^A = Preiselastizität des Angebots und

ε^N = Preiselastizität der Nachfrage.

Setzt man 6.6 und 6.7 in 6.8 ein, ergibt sich:

$$\varepsilon^N \frac{dP}{P} = \frac{dF}{F} + \varepsilon^A \frac{dP}{P} \quad (6.9)$$

und durch Umformung erhält man:

$$\frac{dP}{P} = \frac{-1}{\varepsilon^A - \varepsilon^N} * \frac{dF}{F}. \quad (6.10)$$

Die Änderung des Preisniveaus der Agrarprodukte insgesamt sowie die Änderung der einzelnen Preise als Folge einer gegebenen Rate des technischen Fortschritts hängen somit von den Preiselastizitäten des Angebots und der Nachfrage ab.

Cochrane (1958) hat die grundlegenden Zusammenhänge zwischen technischen Fortschritten und der Agrarpreisentwicklung in der sogenannten **Tretmühlentheorie** beschrieben: Technische Fortschritte führen zu einer Senkung der Produktionskosten und damit zu höheren Gewinnchancen. Aufgrund der unterschiedlichen Betriebsleiterfähigkeiten und unterschiedlichen Risikobereitschaft werden jedoch einige Unternehmer neue Produktionsverfahren frü-

her einsetzen als andere. Diese frühen Innovatoren profitieren am meisten von der Übernahme technischer Fortschritte, da die Steigerung der sektoralen Produktionsmenge nur gering ist und somit noch keine spürbaren Rückwirkungen auf das Preisniveau auftreten. Daher realisieren die frühen Innovatoren sogenannte **Pioniergewinne**. Je weiter sich jedoch die Innovation verbreitet, desto mehr steigt die sektorale Produktion und desto eher werden technische Fortschritte zu Produktpreissenkungen führen. Dadurch werden Grenzproduzenten, deren Durchschnittskosten bei den gesunkenen Preisen nicht mehr gedeckt sind, gezwungen, ihre Produktion zu senken oder aus der Produktion ganz auszusteigen. Die Tretmühle dreht sich immer weiter, da die Produktpreissenkungen den Druck erhöhen, nach weiteren Innovationen zu suchen und diese einzuführen. Was für den einzelnen Unternehmer rational ist, führt auf sektoraler Ebene zu Anpassungsdruck und Strukturwandel.

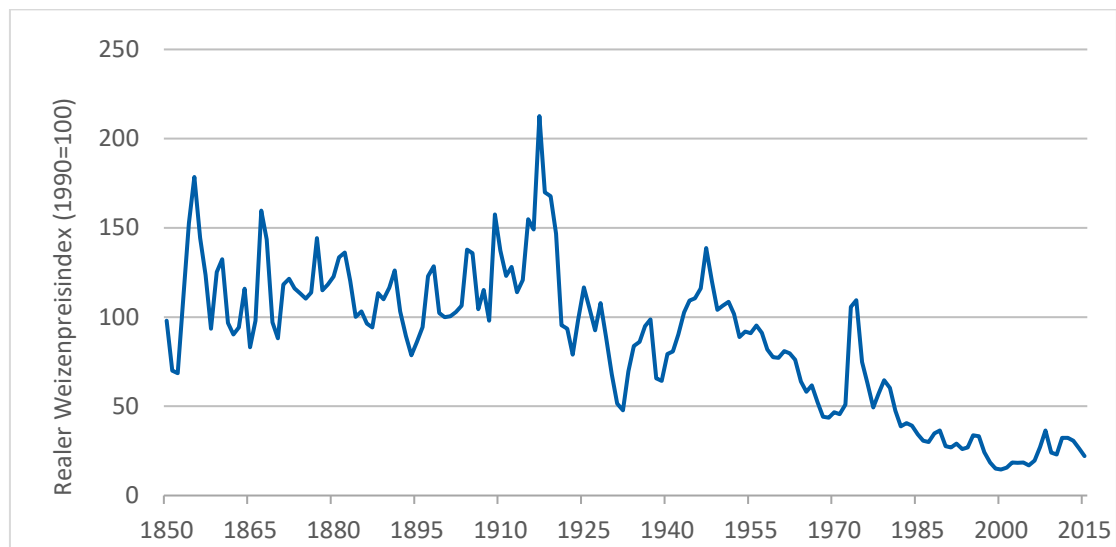
Die Tretmühlentheorie von Cochrane kann den durch technische Fortschritte entstehenden Abwanderungsdruck aber nur für den Fall einer geschlossenen Volkswirtschaft oder eines großen Landes erklären. Im Fall einer kleinen, offenen Volkswirtschaft ist die Wirkung des technischen Fortschritts auf das Angebot oder die Nachfrage auf dem Weltmarkt vernachlässigbar. Aus Sicht eines solchen Landes sind sowohl ε^A als auch ε^N in Gleichung 6.8 unendlich und die Änderung des Preisniveaus demnach gleich Null. Sektorale Fortschritte eines kleinen Landes werden daher zu keinen Preisänderungen und keinen Tretmühleneffekten bei international handelbaren Gütern führen.

In dem von Cochrane skizzierten Fall einer geschlossenen Volkswirtschaft ließe sich argumentieren, dass die Übernahme von Fortschritten aus gesamtwirtschaftlicher Sicht positiv zu beurteilen ist; es werden insgesamt weniger Ressourcen für die Erstellung von Agrargütern benötigt. Allerdings können soziale Härten in der Form von sinkenden Einkommen zum einen bei den Landwirten eintreten, welche die technischen Fortschritte nicht einführen, und zum anderen selbst bei den Landwirten, die durch Einführung technischer Fortschritte zu einer Erhöhung der gesellschaftlichen Wohlfahrt beitragen. Ob solche Härten eintreten, hängt insbesondere von der Mobilität des Faktors Arbeit ab, d.h. mit welcher Geschwindigkeit Arbeitskräfte aus der Landwirtschaft in anderen Sektoren abwandern, damit die in der Landwirtschaft erwirtschafteten Einkommen sich auf weniger verbleibende Arbeitskräften verteilen. Ist die Mobilität des Faktors Arbeit nicht ausreichend, kann aus Gründen der Fairness und im Einklang mit den Prinzipien der sozialen Marktwirtschaft versucht werden, mit Mitteln der Agrarpolitik soziale Härten zu mindern.

In einer kleinen offenen Volkswirtschaft entsteht aber – wie oben gezeigt wurde – durch tech-

nische Fortschritte kein zusätzlicher Abwanderungsdruck wie in einer geschlossenen Volkswirtschaft, da Produktpreise nicht sinken und Faktoreinsatzmengen entweder steigen (variable Faktoren) oder zumindest konstant bleiben (Boden). Natürlich muss die Welt insgesamt als „geschlossene“ Volkswirtschaft betrachtet werden. Auf globalem Niveau bietet daher die Tretmühlentheorie von Cochrane eine (Teil-)Erklärung für das beobachtete langfristige Sinken der realen Weltmarktpreise für Agrargüter sowie für den Abwanderungsdruck und Strukturwandel in der Landwirtschaft aller Länder weltweit. Schaubild 6.9 zeigt am Beispiel von Weizen, dass die Weltmarktpreise für Agrarprodukte seit ca. 100 Jahren einen fallenden Trend folgen.

Schaubild 6.9 Index der langfristigen Entwicklung der realen Weizenpreise (1850-2018)

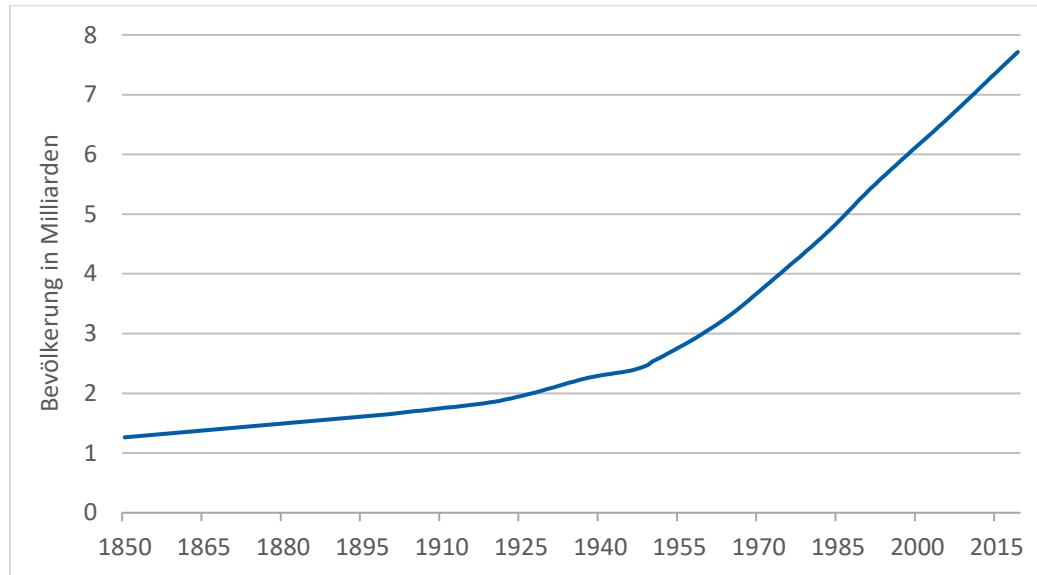


Quelle: <http://www.sfu.ca/~djacks/data/boombust/index.html>. Weitere Informationen und Zeitreihen verfügbar unter: Jacks, D.S. (2019). *From Boom to Bust: A Typology of Real Commodity Prices in the Long Run*. *Cliometrica* 13(2), 202-220.

Dieser Trend ist umso bemerkenswerter, wenn bedacht wird, dass die Weltbevölkerung im gleichen Zeitraum sich mehr als vervierfacht hat (s. Schaubild 6.10). Fallende Preise trotz steigender Weltbevölkerung waren nur möglich, weil es im gleichen Zeitraum einen anhaltend starken technischen Fortschritt in der Landwirtschaft gegeben hat. Dieser technische Fortschritt hat Produktionssteigerungen ermöglicht, die noch stärker verliefen als das Bevölkerungswachstum. Dadurch hat der technische Fortschritt in der Landwirtschaft auch zur Bekämpfung (aber leider nicht zur kompletten Beseitigung) des Hungers in der Welt beigetragen. Zwischen 1999/2001 und 2016/2018 ist die Zahl der Unterernährten von 916,3 Millionen

Menschen (14,9% der Weltbevölkerung) auf 809,9 Millionen Menschen (10,7% der Weltbevölkerung) gefallen.³

Schaubild 6.10 Die Entwicklung der Weltbevölkerung seit 1850



Quelle: <https://ourworldindata.org/grapher/world-population-1750-2015-2100>.

Allerdings zeigt die Vergangenheit, dass die Weltmarktpreise im Zeitablauf nicht kontinuierlich gefallen sind, wie in Schaubild 6.9 zu erkennen ist. In Perioden stark gestiegener Preise, wie beispielsweise Anfang der 70er Jahre, wurde immer wieder von einigen Wissenschaftlern prognostiziert, dass die Zeiten fallender Weltmarktpreise für Agrarprodukte vorbei seien. Solche Prognosen werden häufig als „neo-Malthusianisch“ bezeichnet, nach Thomas R. Malthus, der Ende des 18. Jahrhunderts langfristig steigende Agrarpreise und infolge dessen Hungersnöte und Kriege vorhersagte.⁴ Malthus hat den technischen Fortschritt im Zuge der industriellen Revolution nicht vorhersehen können, der zu einer erheblichen Ausdehnung der globalen Agrarerzeugung führte und eine Ära von langfristig fallenden Agrarpreisen einläutete. Wie Fuglie et al. (2012, S. 1) schreiben: „*Improving agricultural productivity has been the world's primary defence against a Malthusian crisis*“.⁵ Es gab zwar immer wieder Preisanstiege in Abweichung von diesem langfristigen Trend, aber diese waren stets von relativ kurzer Dauer; weiterhin kann überzeugend gezeigt werden, dass diese Trendabweichungen häufig durch politische Maßnahmen verursacht bzw. verstärkt wurden. So wurde der Agrarpreisanstieg

³ Siehe FAO Suite of Food Security Indicators, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FS>.

⁴ Malthus, T.R. (1798): An Essay on the Principle of Population, as it Affects the Future Improvement of Society. London, Johnson.

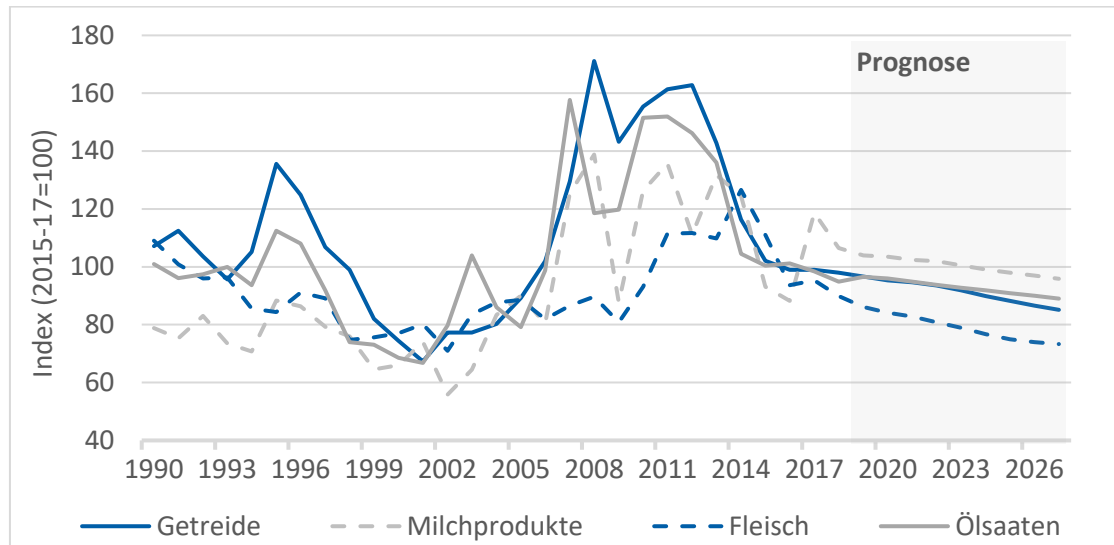
⁵ Fuglie, K.O., Wang, S.L. und Ball, V.E. (Hrsg.) (2012). *Productivity Growth in Agriculture: An International Perspective*. CAB International, Wallingford, UK.

Anfang der 1970er Jahre durch die rapide Erhöhung der Preise für Erdöl nach der Gründung des Exportkartells OPEC der ölproduzierenden Länder verstärkt oder gar ausgelöst. Eine verstärkende Wirkung hatte beispielsweise auch das 1970 eingeführte sogenannte L.I.F.T. (Lower Inventories For Tomorrow) Programm der kanadischen Regierung, welche die Inlandsproduktion von Getreide drosselte.

Die letzte Hochpreisphase für Agrarprodukte 2007/08 wurde wiederum durch die von zahlreichen Ländern geförderte Produktion von Bioenergie angeheizt (Stichwort „Teller-Tank-Konflikt“). Auch diese Hochpreisphase wurde von einigen Beobachtern als Trendwende und Beginn einer neuen Ära langfristig steigender Agrarpreise gedeutet.⁶ Aber inzwischen deutet vieles darauf hin, dass es sich um eine weitere vorübergehende Episode handelte. Schaubild 6.11 zeigt die Entwicklung der Weltmarktpreise für verschiedene Agrarprodukten seit 1990 sowie die entsprechenden Prognosen der OECD und FAO bis 2027. Das Schaubild zeigt zum einen, dass die Hochpreisphase, die 2007/08 begann, bis 2015 größtenteils abgeklungen war, und zum andern, dass die OECD und FAO für die nahe Zukunft relativ konstante oder leicht fallende Preise für die wichtigsten Agrarprodukte prognostizieren. Allerdings kann man aus der Vergangenheit eine Trendwende hin zu anhaltend steigenden Agrarpreisen nicht für immer ausschließen. Der Klimawandel aber auch eine Verlangsamung der Rate des technischen Fortschritts bei weiterhin steigender Weltbevölkerung sind Faktoren, die einen anhaltend positiven Agrarpreistrend auslösen und tragen könnten.

⁶ Siehe z.B. von Witzke, H. (2008): Teure Lebensmittel: Strohfeuer oder neuer Megatrend auf den Weltagrarmärkten? Zukünftige Entwicklung von Nachfrage und Produktion. Humboldt-Universität zu Berlin. https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/dao/ihe/Veroeff/IndV_Agrar_lang.pdf

Schaubild 6.11 Tatsächliche und prognostizierte Realpreisentwicklung von ausgewählten Agrarprodukten



Quelle: OECD/FAO (2018), „OECD-FAO Agricultural Outlook“, OECD Agriculture statistics (database), <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>.

6.6 Die Messung des technischen Fortschritts in der Agrarproduktion: Methoden und ausgewählte Ergebnisse

Die Ausführungen im vorherigen Abschnitt haben die Bedeutung der Rate des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft für die Entwicklung des Agrarpreisniveaus und damit sowohl für den Strukturwandel in der Landwirtschaft als auch für die Bekämpfung des Hungers weltweit verdeutlicht. Erkenntnisse über die Rate des technischen Fortschritts in der Vergangenheit sowie über die Bestimmungsfaktoren, die diese Rate beeinflussen, könnten daher eine Grundlage für Prognosen über weitreichende zukünftige Entwicklungen liefern. Wenn z.B. die Aussage stimmt, dass die Rate des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft abnimmt (s. Abschnitt 6.6.2 unten), dann steht die Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung in den kommenden Jahrzehnten vor noch größeren Herausforderungen als in der Vergangenheit. Vor diesem Hintergrund ist es wenig überraschend, dass die Quantifizierung und Erklärung des technischen Fortschritts seit vielen Jahrzehnten einen hohen Stellenwert in der agrarökonomischen Forschung haben.

Im Folgenden wird zunächst ein kurzer Überblick über die Methoden gegeben, die zur Messung des technischen Fortschritts entwickelt wurden. Dabei werden einige methodische Herausforderungen beschrieben, die eine belastbare Messung des technischen Fortschritts erschweren. Anschließend werden die Ergebnisse ausgewählter empirischer Studien über die

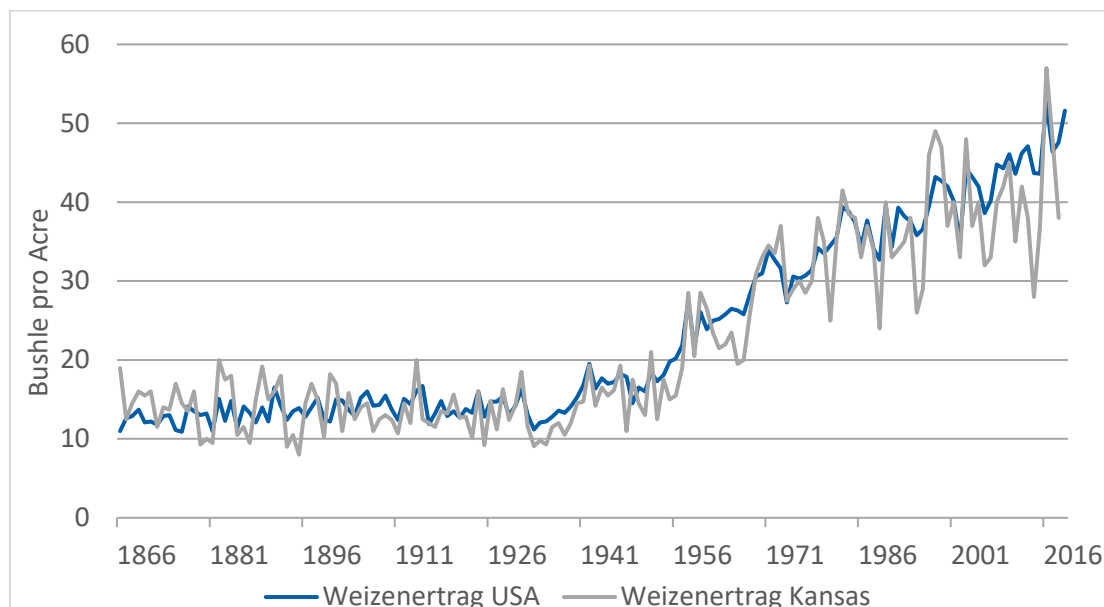
Rate des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft präsentiert.

6.6.1 Die Quantifizierung des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft:

Methoden und Herausforderungen

In vielen praktischen Diskussionen werden die Entwicklungen von Hektarerträgen, Milchleistungen und ähnliche Kennzahlen als Indiz für den technischen Fortschritt in der Landwirtschaft herangezogen. Schaubild 6.12 zeigt z.B. die Entwicklung der Weizenerträge (in Bushel pro Acre) in den USA insgesamt und in dem US-Bundesstaat Kansas seit 1866.

Schaubild 6.12 Die Entwicklung der Weizenerträge in den USA und im US-Bundesstaat Kansas von 1866 bis heute (Bushel/Acre)



Quelle: USDA (2019), National Agricultural Statistics Service (NASS), Quick Stats: <https://quickstats.nass.usda.gov/>.

In Schaubild 6.12 wird deutlich, dass die Weizenerträge von 1866 bis etwa 1950 annähernd konstant waren und außerdem eine hohe Instabilität aufwiesen. Die regionale Instabilität (dargestellt am Beispiel von Kansas) war höher als die nationale; in einem großen Flächenstaat wie den USA gleichen sich regionale Ertragsschwankungen tendenziell aus, was zur Stabilisierung des durchschnittlichen Ertragsniveaus führt. In den 1950er Jahren setzte dann in den USA wie in sehr vielen Regionen der Welt ein Strukturbruch in der Entwicklung der Erträge ein. Die Weizenerträge stiegen kontinuierlich von Jahr zu Jahr und die Instabilität der

Produktion war geringer als vor 1950.⁷ Der technische Fortschritt hat also nicht nur zu Ertragssteigerungen geführt, sondern auch zu einem geringeren Produktionsrisiko.

Erträge pro Flächeneinheit, Milchleistungen pro Kuh und Gewichtszunahmen pro Einheit Futter in der Mast stellen sogenannte **partielle Faktorproduktivitäten** dar. Partielle Faktorproduktivitäten geben die Relation zwischen der Produktionsmenge eines bestimmten Produktes und der Einsatzmenge eines bestimmten Faktors an. Partielle Faktorproduktivitäten werden vom technischen Fortschritt beeinflusst, aber nicht ausschließlich. Erhöhte Weizenerträge können das Ergebnis von Züchtungsfortschritten sein, aber auch von einem erhöhten Einsatz von Dünger oder einer schlagkräftigeren Landtechnik. Häufig wirkt ein verbessertes Saatgut nur dann, wenn gleichzeitig die Einsatzmengen anderer Faktoren, z.B. Düngung und Bewässerung, angehoben werden. Weizenerträge können auch steigen, weil Landwirte knappe Produktionsfaktoren (z.B. besonders fruchtbare Flächen) zugunsten des Weizenanbaus umwidmen, mit der Folge stagnierender oder gar fallender Erträge bei anderen Ackerfrüchten. Da nicht jede Steigerung einer partiellen Faktorproduktivität auf technischen Fortschritt zurückzuführen ist, kann die Rate des technischen Fortschritts anhand von partiellen Faktorproduktivitäten nicht adäquat gemessen werden.

Stattdessen versuchen Forscher, die Rate des technischen Fortschritts anhand der sog. **totalen Faktorproduktivität** (*TFP*) zu messen. Die *TFP* in Periode *t* wird definiert als das Verhältnis eines Index für die gesamte Produktion in Periode *t* zu einem Index sämtlicher in *t* eingesetzten Faktoren:

$$TFP_t = \frac{f(Y_{1t}, Y_{2t}, \dots, Y_{mt})}{g(X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{nt})}. \quad (6.11)$$

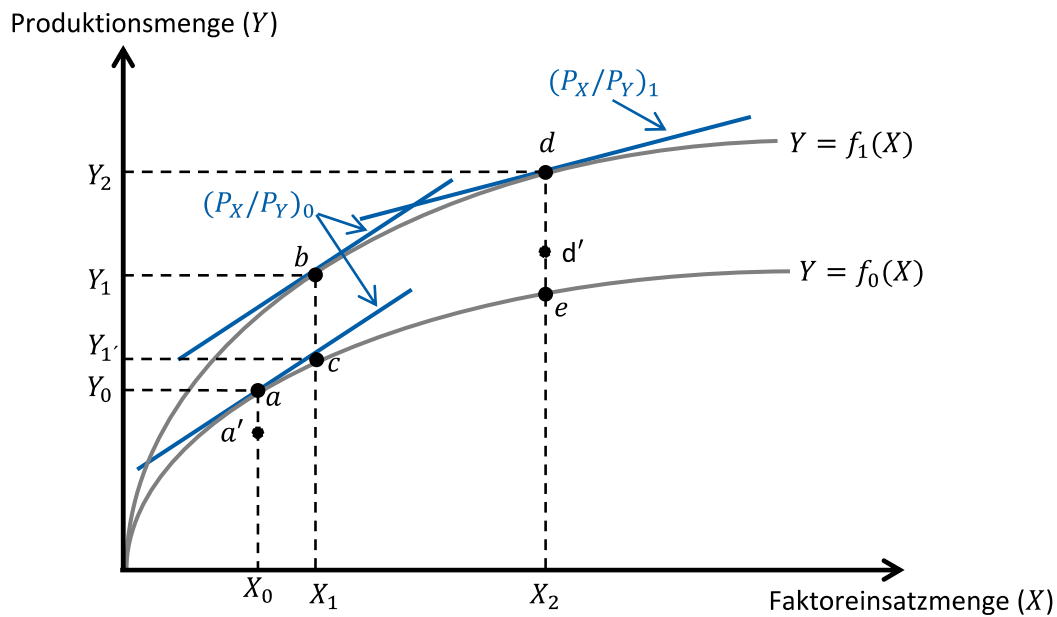
In Gleichung (6.11) stellt $f(\cdot)$ eine Funktion dar, welche die *m* Erzeugnisse des Produktionsprozesses zu einem Index für die gesamte Produktion aggregiert; analog dazu stellt $g(\cdot)$ eine Aggregationsfunktion für die *n* eingesetzten Produktionsfaktoren dar. Die Veränderung der *TFP* über einen bestimmten Zeitraum ist daher ein Maßstab für diejenigen Veränderungen der gesamten Produktion, die nicht auf Veränderungen des Faktoreinsatzes zurückgeführt werden können. Durch die Berücksichtigung sämtlicher Produktionsfaktoren und sämtlicher Erzeugnisse werden Fehlinterpretationen, die bei der Verwendung partieller Produktivitätsmaße entstehen können, vermieden.

⁷ Die absoluten jährlichen Ertragsschwankungen in Schaubild 6.12 sind nach 1950 gestiegen, aber die relativen Ertragsschwankungen haben abgenommen, da das Ertragsniveau insgesamt deutlich gestiegen ist. Vor 1950 betrug die durchschnittliche absolute prozentuale Ertragsänderung gegenüber dem Vorjahr in den USA (in Kansas) 7,2% (15,5%). Nach 1950 betrug sie nur noch 4,7% (12,8%).

So einleuchtend das Konzept der *TFP* ist, so schwierig ist die Umsetzung des Konzepts in empirischen Analysen.⁸ Zunächst müssen geeignete Funktionen $f(\cdot)$ und $g(\cdot)$ für die Aggregation der Erzeugnisse bzw. Produktionsfaktoren definiert werden. Häufig werden Preise als Gewichte bei der Aggregation verwendet. Die aggregierte Faktoreinsatzmenge beispielsweise ist demnach der Faktorpreis multipliziert mit der Faktoreinsatzmenge summiert über alle n eingesetzten Produktionsfaktoren, mit anderen Worten der monetäre Wert des gesamten Faktoreinsatzes. Es stellt sich allerdings die Frage, von welchem Jahr oder welcher Periode die verwendeten Preise/Gewichte stammen sollen; Preise verändern sich im Zeitablauf, aber die Indizes $f(\cdot)$ und $g(\cdot)$ sollen lediglich Änderungen der mengenmäßigen Erzeugung bzw. des Faktoreinsatzes erfassen. Verschiedene Verfahren der Indexbildung stehen zur Verfügung, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Die Verfahren, die aus theoretischen Gründen vorzuziehen sind (z.B. die Bildung von Indexzahlen nach Fisher- oder Tornqvist), stellen aber vergleichsweise hohe Ansprüche an Datenverfügbarkeit und Datenqualität.

Selbst wenn es gelingt, das Problem der Aggregation adäquat zu lösen, bleiben weitere Herausforderungen, die eine Quantifizierung der Rate des technischen Fortschritts erschweren. Einige dieser Herausforderungen werden im Folgenden anhand des Schaubilds 6.13 erläutert.

⁸ Die Literatur zum Thema Produktivitätsentwicklungen in der Landwirtschaft ist sehr umfangreich. Einen Überblick bieten Fuglie et al. (2012), insbesondere Kapitel 4 von Zhao, S., Sheng, Y. und Gray, E.M. „*Measuring Productivity of the Australian Broadacre and Dairy Industries: Concepts, Methods and Data*“, sowie Kapitel 16 von Fuglie, K.O., „*Productivity Growth and Technology Capital in the Global Agricultural Economy*“. Ein weiteres anschauliches Beispiel ist Ghosh, S.R. und Kraay, A. (2000). *Measuring growth in total factor productivity. PREM Notes; no. 42. Economic Policy*. Washington, D.C.: World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/418451468336625510/Measuring-growth-in-total-factor-productivity>.

Schaubild 6.13 Herausforderungen bei der Messung des technischen Fortschritts

In Schaubild 6.13. wird von einer adäquaten Aggregation ausgegangen. X stellt demnach einen Index für die gesamte Faktoreinsatzmenge und Y ein Index für die gesamte Produktionsmenge dar. In der Ausgangssituation wird Produktionsmenge Y_0 mit Faktoreinsatz X_0 produziert, wir beobachten daher Punkt a auf der Produktionsfunktion $Y = f_0(X)$. Das Verhältnis Faktorpreis zu Produktpreis $\left(\frac{P_X}{P_Y}\right)_0$ tangiert die Produktionsfunktion in Punkt a ; die Bedingung für ein Gewinnmaximum ist demnach erfüllt.⁹

Führt der technische Fortschritt zu einer Verlagerung der Produktionsfunktion von $Y = f_0(X)$ auf $Y = f_1(X)$, ergibt sich ein neues Gewinnmaximum, das durch Punkt b gekennzeichnet ist. Die Produktionsmenge steigt von Y_0 auf Y_1 . Einen Teil dieser Steigerung (von Y_0 auf $Y_{1'}$) ist allerdings Folge der Erhöhung des Faktoreinsatzes (von X_0 auf X_1) und nicht des technischen Fortschritts; lediglich die Erhöhung von $Y_{1'}$ auf Y_1 ist auf eine Erhöhung der *TFP* zurückzuführen.

Die korrekte Zerlegung dieser Effekte wird komplizierter, wenn sich das Verhältnis Faktorpreis zu Produktpreis in dem gleichen Zeitraum verändert, in dem der technische Fortschritt stattfindet. Fällt dieses Verhältnis beispielsweise auf $\left(\frac{P_X}{P_Y}\right)_1$ (d.h. die Produktion wird insgesamt rentabler, da der Faktorpreis im Verhältnis zum Produktpreis sinkt), so ergibt sich ein neues

⁹ Zur Erinnerung: Der Gewinn $\pi = P_Y * Y - P_X * X$. Die Bedingung erster Ordnung für einen gewinnmaximierenden Faktoreinsatz ist $\frac{\partial \pi}{\partial X} = P_Y * \frac{\partial Y}{\partial X} - P_X = 0$. Daraus folgt $\frac{\partial Y}{\partial X} = \frac{P_X}{P_Y}$ bzw. Grenzproduktivität (die Steigung der Produktionsfunktion) gleich Verhältnis Faktor zu Produktpreis.

Gewinnmaximum in Punkt d mit Faktoreinsatz X_2 und Produktionsmenge Y_2 . Einen Teil der gesamten Produktionssteigerung von Y_0 auf Y_2 geht auf die Erhöhung des Faktoreinsatzes von X_0 auf X_2 zurück, und nur die Mehrproduktion zwischen den Punkten e und d ist eine Folge des technischen Fortschritts. Der Punkt e wird allerdings nie beobachtet, sondern muss geschätzt werden (wie hoch wäre die Produktion, wenn wir mit der Technologie von damals und dem Faktoreinsatz von heute produzieren würden). Hierzu müssen Annahmen z.B. über die mathematische Form und Eigenschaften der Produktionsfunktion getroffen werden.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass in den Aufführungen bisher von Ineffizienzen und der Heterogenität der Produzenten abgesehen wurde. In der Realität schaffen es Betriebe selten (nie?) genau auf der Produktionsfunktion zu wirtschaften, z.B. weil sie mit unterschiedlichen Managementfähigkeiten ausgestattet sind, weil Preise und Erwartungen sich auch innerhalb einer Produktionsperiode verändern können, und weil unerwartete Schocks (z.B. Witterung) eintreten können, um nur einige Einflussfaktoren zu nennen. Angenommen wir beobachten in der Ausgangssituation den Punkt a' , der unterhalb der Produktionsfunktion $Y = f_0(X)$ liegt. Der Abstand zwischen a und a' stellt Ineffizienz dar, eine zusätzliche Produktionsmenge, die bei korrekter Umsetzung der gegebenen Technologie erzeugt werden könnte, aber aus oben genannten Gründen nicht erzeugt wird. Nach Einführung des technischen Fortschritts beobachten wir z.B. den Punkt d' , der unterhalb der Produktionsfunktion $Y = f_1(X)$ liegt. Der relative Abstand zwischen d und d' (die Ineffizienz nach Einführung der neuen Technologie) ist möglicherweise größer als der relative Abstand zwischen a und a' , da die Produzenten zunächst den Umgang mit der neuen Technologie erlernen und diese an ihre speziellen Bedingungen anpassen müssen. Um die Veränderung der *TFP* korrekt zu ermitteln, muss von Beobachtungen wie a' und d' auf die Lage der Produktionsfunktion vor bzw. nach Einführung des technischen Fortschritts geschlossen werden; dies erfordert weitere Annahmen (z.B. über die Heterogenität der Produzenten und die Verteilung und Ursachen der Ineffizienz).

Schließlich sollen vier weitere Herausforderungen im Zusammenhang mit der Quantifizierung des technischen Fortschritts genannt werden, die nach wie vor Gegenstand von Forschungsbemühungen sind.

1. Die Quantifizierung des Kapitaleinsatzes und des Arbeitseinsatzes stellen besondere Herausforderungen dar. Die Menge und der Preis eines eingesetzten Düngemittels z.B. können relativ einfach ermittelt werden, aber der Preis einer Traktorstunde oder eines Stallgebäudes hängt von Annahmen über den Wert des Traktors bzw. des Stalls sowie die Abschreibungsrate ab. Beim Faktor Arbeit muss

die Qualifikation der eingesetzten Arbeitskräfte berücksichtigt werden, da unterschiedliche Arbeitskräfte mit unterschiedlichen Kenntnissen und Fähigkeiten ausgestattet sind.

2. Wenn man das Ausmaß des technischen Fortschritts im Zeitablauf quantifizieren möchte, müssen auch Qualitätsänderungen bei den eingesetzten Faktoren und den produzierten Erzeugnissen berücksichtigt werden. So hat sich die Qualität des Faktors Arbeit im Zeitablauf durch die Ausbildung besser qualifizierter Arbeitskräfte erhöht. Die Qualität des Kapitaleinsatzes ändert sich auch im Zeitablauf, z.B. durch höhere Leistungsfähigkeit der Maschinen. Auch bei Agrarerzeugnissen finden Qualitätsänderungen statt; im Zeitablauf haben sich unter anderem die Lagerfähigkeit, die Homogenität und die Sicherheit vieler Agrarprodukte verändert. Im Zeitablauf kann es sogar zum Einsatz bzw. zur Produktion von bisher unbekannten Produktionsfaktoren (z.B. Melkroboter) und Erzeugnissen (z.B. Biogas) kommen. Qualitätsverbesserungen und neue Produktionsfaktoren bzw. Erzeugnisse sind häufig das Ergebnis des technischen Fortschritts; werden diese Verbesserungen nicht adäquat berücksichtigt, kommt es zu Verzerrungen bei der Messung der *TFP*.
3. Manche Produktionsprozesse dauern länger als ein Jahr. Eine neu angelegte Obstplantage beispielsweise muss eventuell einige Jahre anwachsen, bevor sie marktfähige Outputs erzeugt. Die Produktivität einer solchen Kultur kann bei der üblichen jährlichen Betrachtung in frühen Jahren sehr niedrig erscheinen, in späteren entsprechend sehr hoch.
4. Um die Wirkung des technischen Fortschritts umfassend zu quantifizieren, müssen sämtliche Erzeugnisse eines Produktionsprozesses berücksichtigt werden, auch solche, die schwer zu messen und bewerten sind. Hierzu gehören z.B. die Umwelteffekte eines Produktionsprozesses, darunter sowohl die positiven (wie z.B. der Erhalt einer offenen Kulturlandschaft durch Milchviehhaltung in Bergregionen), als auch die negativen (z.B. die Nitratbelastung des Grundwassers oder der Rückgang der Artenvielfalt in intensiven Ackerbauregionen). Ohne belastbare Angaben über das Ausmaß dieser Umwelteffekte und ihre Kosten im Zeitablauf werden die Produktivität einer Technologie und die Rate des technischen Fortschritts unter- bzw. überschätzt. In diesem Zusammenhang verwenden viele Forscher statt *TFP* lieber den Begriff „**multifactor productivity**“ (*MFP*), um zu verdeutlichen, dass ihre Berechnungen zwar viele Produktionsfaktoren und Erzeugnisse eines Produktionsprozesses berücksichtigen, aber nicht alle.

6.6.2 Ausgewählte empirische Ergebnisse

Angesichts der vielen zum Teil grundlegenden Herausforderungen, die im vorherigen Abschnitt geschildert wurden, müssen die Ergebnisse quantitativer Studien über die Rate des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft mit Vorsicht interpretiert werden. Alston et al. (2010, S. 479-480) fassen die Lage wie folgt zusammen:

„Agricultural productivity is interesting and important but surprisingly difficult to measure meaningfully and discuss in simple and definitive terms. [...] The implications of a change in TFP can depend on the source of the change. In addition, measurement issues have implications for the interpretation of the measures. At best we can measure MFP indexes that may be only rough approximations in some cases for the TFP concepts that we have in mind. In practice, even the simplest productivity measures can be fraught with difficulty of measurement and interpretation once we allow for the complexities of heterogeneous inputs and outputs and multiyear production processes.“¹⁰

Trotz dieser Mahnungen, die Forschung zum Thema *TFP*-Messung macht Fortschritte, und der Vergleich verschiedener Ergebnisse kann Hinweise auf die Bestimmungsgründe der Unterschiede zwischen Ländern und Entwicklungen im Zeitablauf geben. Eine der wichtigsten Fragen, die sich angesichts der globalen Bedeutung der Rate des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft stellt, ist die, ob sie zu- oder abnimmt. Alston et al. (2010, S. 481) kommen beispielsweise zu dem Schluss, dass *„we cannot escape the conclusion that agricultural productivity growth has slowed, especially in the world’s richest countries“*. Andere Autoren, kommen allerdings zu weniger pessimistischen Ergebnissen. Tabelle 6.1 fasst einige Ergebnisse aus neueren Analysen dieser Autoren zusammen.

¹⁰ Alston, J., Babcock, B. und Pardey, P. (Hrsg.) (2010). *The Shifting Patterns of Agricultural Production and Productivity Worldwide*. Midwest Agribusiness Trade and Research Information Center, Iowa State University, Ames.

Tabelle 6.1: Das jährliche Wachstum der landwirtschaftlichen TFP in der Welt, den USA und Deutschland (in %)

Zeitraum	Welt (USDA)	USA (USDA)	USA (Alston et al.)	Deutschland (USDA)
1941-1950			1,58	
1951-1960			2,26	
1961-1970	0,12	0,33	1,66	2,09
1971-1980	0,34	0,81	2,32	0,85
1981-1990	0,76	0,67	1,66	3,30
1991-2000	1,61	2,38	1,26	1,97
2001-2007	1,78	2,10	0,83*	1,10
2001-2010	1,72	2,10		1,64
2011-2015	1,15	1,81		1,43

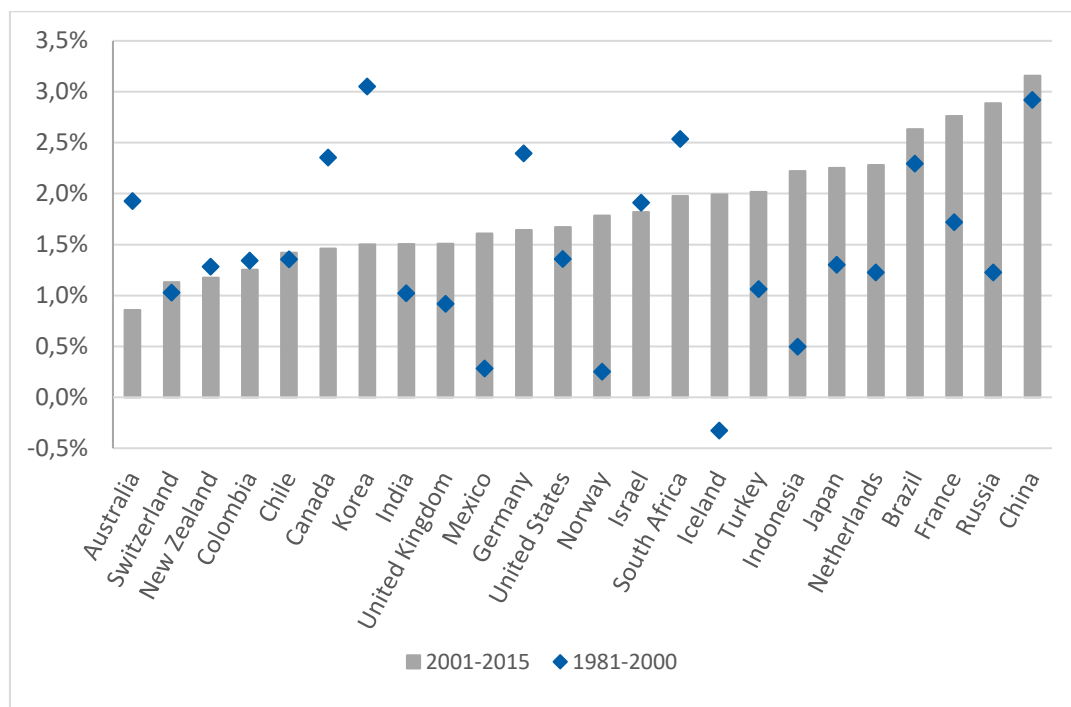
*Quelle: Eigene Berechnungen mit USDA Economic Research Service: International Agricultural Productivity Database, Agricultural total factor productivity growth indices for individual countries, 1961-2015 (<https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/>); Alston, J., Andersen M.A. und Pardey, P. (2015), *The Rise and Fall of U.S. Farm Productivity Growth, 1910–2007*. University of Minnesota Staff Paper.*

Die Schätzungen des USDA in Tabelle 6.1 basieren auf einer Analyse mit vergleichsweise aggregierten Daten der FAO über Faktoreinsatz und Produktion in der Landwirtschaft. Dieser Ansatz hat den Vorteil, dass es einen Vergleich zwischen Ländern auf Basis einheitlicher Daten und Methodologie ermöglicht. Die Schätzungen von Alston und Koautoren sind indes das Ergebnis einer detaillierten Studie mit disaggregierten Daten für die USA (74 verschiedene Agrarerzeugnisse und 58 Produktionsfaktoren in 48 US-Bundesstaaten).

Zunächst fallen die deutlichen Unterschiede zwischen den Schätzungen für die USA auf. Die von Alston et al. geschätzten TFP-Wachstumsraten sind am höchsten in den Jahrzehnten vor der Jahrhundertwende; bei den Schätzungen des USDA ist es umgekehrt. Diese Unterschiede unterstreichen die Tatsache, dass die Ergebnisse von TFP-Schätzungen sehr abhängig von den verwendeten Methoden und Datengrundlagen sind. Auffallend ist auch, dass unabhängig von Methode und Datengrundlagen die TFP sich im Zeitablauf nicht stetig entwickelt. Die besonders sprunghaften Schätzungen für Deutschland in Tabelle 6.1 sind möglicherweise auf die Wiedervereinigung zurückzuführen, die zu einem ausgeprägten (und statistisch schwer zu erfassenden) Strukturbruch in der Faktorausstattung und der Produktion der deutschen Landwirtschaft geführt hat.

Der internationale Vergleich in Schaubild 6.14 zeigt, dass es zwischen den aufgeführten 24 Ländern erhebliche Unterschiede in den Wachstumsraten der TFP gibt. Besonders auffallend sind die anhaltend hohen Wachstumsraten in China, die von der Wirkung der Ende der 1970er Jahre eingeführten radikalen Wirtschaftsreformen in diesem Land zeugen. Auch in Brasilien wächst seit mehreren Jahrzehnten die Produktivität der Landwirtschaft beständig. Die Ergebnisse für Russland bis Mitte-Ende der 1990er Jahre sind mit besonderer Vorsicht zu genießen, da die Auflösung der Sowjetunion und die Transformation von der Planwirtschaft zu einem starken Strukturbruch auch in der Qualität der offiziellen Statistik geführt haben. Seit der Jahrhundertwende verzeichnet die Produktivität auch der russischen Landwirtschaft starke Wachstumsraten. Schaubild 6.14 zeigt auch, dass die Streuung der Wachstumsraten nach 2000 geringer ist als zuvor. Diese Entwicklung deutet an, dass die zunehmende Globalisierung zu einer stärkeren Verbreitung und Nutzung technischer Fortschritte in der Landwirtschaft beiträgt.

Schaubild 6.14 Internationaler Vergleich der Entwicklung der totalen Faktorproduktivität



Quelle: Eigene Berechnungen mit USDA Economic Research Service: International Agricultural Productivity Database (s. Tabelle 6.1).

Schlagwörter und Begriffe

- Agrarprotektion und technischer Fortschritt
- Anreiz- und Druckmechanismen
- arbeitssparende und kapitalsparende technische Fortschritte
- autonome und induzierte technische Fortschritte
- biologisch-technische, mechanisch-technische und organisatorisch-technische Fortschritte
- Faktorintensität
- internationale Wettbewerbsfähigkeit
- Klassifikationen nach Brinkmann und Hicks
- kostensenkende und produktionssteigernde technische Fortschritte
- Multifactor productivity
- neutrale und nicht-neutrale technische Fortschritte
- partielle Faktorproduktivität
- Pioniergewinne
- sektorale Wirkung technischer Fortschritte
- Technologietransfer
- totale Faktorproduktivität
- Tretmühlentheorie

Weiterführende Literatur

- Acemoglu, D. (2002): Directed Technical Change. In: *Review of Economic Studies* 69 pp.781-809.
- Alston, J., Babcock, B. and P.G. Pardey (Hrsg.) (2010). The Shifting Patterns of Agricultural Production and Productivity Worldwide. Midwest Agribusiness Trade and Research Information Center, Iowa State University, Ames.
- Alston, J.M., Norton, G.W. and P.G. Pardey (1998): Science under Scarcity – Principles and Practice for Agricultural Research Evaluation and Priority Setting. Oxon and New York: CAB International 1998. Insbesondere: Part II, Kapitel 3: Econometric Measurement of the Effects of Research.)
- Ball, V. E., Bureau, J.-C., Nehring, R. and A. Somwaru (1998): Agricultural Productivity Revisited. In: *American Journal of Agricultural Economics*, 79, pp.1045-1063.
- Bojanic, A. (2017): The rapid agricultural development of Brazil in the last 20 years. *Euro-Choices*, 17, No. 1.
- Cochrane, W.W. (1958): Farm prices - myth and reality. Minneapolis.
- Clark, G. (1989): Productivity Growth Without Technical Change in European Agriculture: Reply to Komlos. In: *The Journal of Economic History*, 49, No. 4. pp. 979-991.
- De Janvry, A. and J.-J. Dethier (1985): Technological innovation in agriculture: The political economy of its rate and bias. The World Bank. Consultative Group on International Agricultural Research, Study Paper No.1. Washington, D.C.
- Domar, E.D. (1961): On the Measurement of Technical Progress. *The Economic Journal*, 71, No. 284, pp. 709-729.
- Evenson, R. E. and T. Swanson (2003) Technological Change and Technological Diffusion in Agricultural Development: How have Proprietary Rights Contributed? In: Fagerberg, J., Mowery D. C., and R. R. Nelson (Hrs.): Handbook on Innovation, Oxford University Press, Oxford.
- Fuglie, K. O., Wang, S. L. and V.E. Ball (2012): Productivity Growth in Agriculture: An International Perspective, England, UK: CAB International.
- Foster, A.D. and M. Rosenstein (1995): Learning by Doing and Learning from Others: Human Capital and Technical Change in Agriculture. In *Journal of Political Economy*, 103, No. 6 pp. 1176-1209.
- Ghosh, S.R. und Kraay, A. (2000). Measuring growth in total factor productivity. *PREM Notes*, no. 42. Economic Policy. Washington, D.C.: World Bank Group.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/418451468336625510/Measuring-growth-in-total-factor-productivity>.
- Hayami, Y. and V.W. Ruttan (1985): Agricultural development: An international perspective. Revised and expanded edition. Baltimore und London. Hicks, J.R. (1932): The theory of wages. 1st. Ed., London, Hamburg und Frankfurt.
- Kawagoe, T., Otsuka, K., and Y. Hayami (1986): Induced Bias of Technical Change in Agriculture: The United States and Japan, 1880–1980. In: *Journal of Political Economy*, 94, No. 3, Part 1, pp. 523-544.

Koester, U. (1982): Landwirtschaft und Volkswirtschaft. – Einige ergänzende Anmerkungen. In: Buchholz, H.E., G. Schmitt und E. Wöhlken (Hrsg.): Landwirtschaft und Markt. Arthur Hanau zum 80. Geburtstag. Alfred Strothe Verlag Hannover.

Malthus, T.R. (1798): An Essay on the Principle of Population, as it Affects the Future Improvement of Society. London.

Kalaitzandonakes, N., E. G. Carayannis, E. Grigoroudis, S. Roakis (Eds) (2018): From AgriScience to Agribusiness. Theories, Policies and Practices in Technology Transfer and Commercialization. Springer International Publishing AG. Cham, Switzerland.

Mundlak, Y. (2001): Production and supply. In: Gardner, B.L. und G.C. Rausser, (Hrsg.) Handbook of Agricultural Economics. Volume 1A Agricultural Production. S. 3-85.

Olmstead, A. and P. Rhode (1993): Induced innovation in American agriculture: A reconsideration. *Journal of Political Economy* 101(1), pp. 100–118.

Oskam, A. and S. Stefanou (1997): The CAP and Technological Change. In: Ritson, C. and D.R. Harvey (Hrsg.): The Common Agricultural Policy, CAB International, Wallingford.

Persson, K.G. (2010): An Economic History of Europe. Knowledge, Institutions and Growth, 600 to the Present. Cambridge University Press. Cambridge, UK.

Ruttan, V.W. (2002) Productivity Growth in World Agriculture: Sources and Constraints. *The Journal of Economic Perspectives*, 16, No. 4. pp. 161-184.

Schultz, T. W. (1964): Transforming Traditional Agriculture. Yale University Press, New Haven, CT.

Witzke, von, H. (2008): Teure Lebensmittel: Strohfeuer oder neuer Megatrend auf den Weltagrarmärkten? Zukünftige Entwicklung von Nachfrage und Produktion. Humboldt-Universität zu Berlin. https://www.agrar.huberlin.de/de/institut/departments/daoe/ihe/Veroeff/IndV_Agrar_lang.pdf

World Bank (2015): World Development Report 2015. Mind, Society, and Behavior. Washington, DC.

Zilberman, D., Sunding, D. and M. Khanna (1997): The changing nature of agricultural markets: Implications for privatization of technology, information transfer, and the role of land-grant research and extension. In: Steven Wolf (ed.) Privatization of Information and Agricultural Industrialization (CRC Press, Boca Raton, FL).

Übungsaufgaben zu Kapitel 6

1. In einer geschlossenen Volkswirtschaft mit zwei Sektoren werden zwei Güter produziert, eines mit den Produktionsfaktoren Boden, Arbeit und Kapital, das andere mit den Faktoren Arbeit und Kapital. Wie wirkt sich neutraler technischer Fortschritt in dem ersten Sektor auf Faktoreinsatzmengen und Preise in den beiden Sektoren aus?
2. Erklären Sie, ob ein Land, das internationalen Handel betreibt, auch ohne technische Fortschritte den Wohlstand im Zeitablauf aufrechterhalten kann, wenn andere Länder technische Fortschritte einführen.
3. Die Entwicklung der Faktorintensitäten in der Landwirtschaft zeigt, dass im Zeitablauf permanent mehr Kapital und weniger Arbeit im Produktionsprozess eingesetzt worden sind. Kann man aus dieser Tatsache bereits schließen, dass die technischen Fortschritte im Agrarbereich arbeitssparend waren?
4. Wie wirkte sich die Einführung der Milchkontingentierung auf die Richtung des technischen Fortschritts in der Milchproduktion aus, bei
 - a. Begrenzung der Produktionsmenge von Milch?
 - b. Begrenzung der abzuliefernden Fettmenge?
5. Eine empirische Untersuchung hat ergeben, dass deutsche Unternehmen, die sehr innovativ sind, ihre Beschäftigung nicht verringert, sondern erhöht haben. Wie können Sie den Sachverhalt erklären? (Hinweis: Denken Sie an die Preiswirkungen der technischen Fortschritte!)
6. Erklären Sie, warum technische Fortschritte die relativen Vorteile von bäuerlichen Familienbetrieben verringern oder gar umkehren.
7. Erklären Sie, warum – trotz hoher Ausgaben für die Forschung – die technische Fortschrittsrate in der Agrarproduktion der planwirtschaftlichen Länder geringer war als diejenige in den marktwirtschaftlich ausgerichteten Ländern.

- № 190** УМАРОВ, Х. (2019):
Сектор животноводства в Таджикистане: Проблемы устойчивого и сбалансированного развития (Livestock sector in Tajikistan: Problems of sustainable and balanced development)
- № 189** АГАНОВ, С., КЕПБАНОВ, Е., ОВЕЗМУРАДОВ, Г. (2019):
Реструктуризация сектора животноводства в Туркменистане (Restructuring of livestock sector in Turkmenistan)
- № 188** НАУМОВ, Ю., ПУГАЧ, И. (2019):
Проблемы и перспективы развития животноводства в Узбекистане (Problems and prospects for livestock development in Uzbekistan)
- № 187** SVANIDZE, M., GÖTZ, L. (2019):
Spatial market efficiency of grain markets in Russia and global food security: A comparison with the USA
- № 186** KVARTIUK, V., HERZFELD, T. (2019):
Welfare effects of land market liberalization scenarios in Ukraine: Evidence-based economic perspective
- № 185** KOESTER, U., VON CRAMON-TAUBADEL, S. (2019):
Besonderheiten der landwirtschaftlichen Kreditmärkte
- № 184** KOESTER, U., VON CRAMON-TAUBADEL, S. (2019):
Besonderheiten der landwirtschaftlichen Arbeitsmärkte
- № 183** SVANIDZE, M., GÖTZ, L., ĐURIĆ, I., GLAUBEN, T. (2019):
Food security and the functioning of wheat markets in Eurasia: A comparative price transmission analysis for the countries of Central Asia and the South Caucasus
- № 182** KRIVONOS, E., KUHN, L. (2019):
Trade and dietary diversity in Eastern Europe and Central Asia
- № 181** KOESTER, U., VON CRAMON-TAUBADEL, S. (2019):
Preisbildung auf dem Bodenmarkt

Die **Discussion Papers** können auf der Website des Leibniz-Instituts für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO) herunter geladen werden. <http://www.iamo.de>

The **Discussion Papers** can be downloaded free from the website of the Leibniz Institute of Agricultural Development in Transition Economies (IAMO). <http://www.iamo.de/en>

Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO)
Theodor-Lieser-Straße 2 | 06120 Halle (Saale) | Deutschland | ☎ +49 345 2928-0
iamo@iamo.de | www.iamo.de |  iamoLeibniz |  @iamoLeibniz

iamo

DISCUSSION PAPER