

Birgit Kirschbaum

Endogenes Wachstum und Internationaler Handel

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
eines *Doktor rerum politicarum*

Birgit Kirschbaum

Endogenes Wachstum und Internationaler Handel

Die Wirkung von Außenhandelseffekten auf den
technischen Fortschritt

Metropolis-Verlag
Marburg 2016

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Metropolis-Verlag für Ökonomie, Gesellschaft und Politik GmbH

Bahnhofstr. 16a, D-35037 Marburg

<http://www.metropolis-verlag.de>

Copyright: Metropolis-Verlag, Marburg 2016

Alle Rechte vorbehalten

Druck: Metropolis, Marburg

ISBN 1-11111-111-1

Inhalt

| | |
|--|----|
| Abbildungsverzeichnis | 3 |
| Tabellenverzeichnis | 5 |
| Abkürzungsverzeichnis | 7 |
| Kapitel 1 | |
| Einleitung | 9 |
| Kapitel 2 | |
| Wachstum durch technischen Fortschritt | 15 |
| 2.1 Prämissen des technischen Fortschritts: | |
| technisches Wissen und Humankapital | 18 |
| 2.1.1 Technisches Wissen | 19 |
| 2.1.2 Humankapital | 21 |
| 2.1.2.1 Humankapitalakkumulation | 22 |
| 2.1.2.2 Messung von Humankapital | 24 |
| 2.2 Technologieentwicklung durch Innovation | 25 |
| 2.3 Technologiediffusion durch Imitation | 31 |
| 2.4 Wachstumstheorien beruhend auf technischem Fortschritt | 37 |
| 2.4.1 Exogene Wachstumsmodelle | 45 |
| 2.4.2 Endogene Wachstumsmodelle | 48 |
| 2.4.2.1 Endogene Wachstumsmodelle mit konstantem Technologieparameter | 49 |
| 2.4.2.2 Endogene Wachstumsmodelle mit variablem Technologieparameter | 51 |
| 2.4.2.3 Humankapitaltheorien | 56 |
| Literatur | 63 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Pro-Kopf-Einkommen der Welt im Jahre 2010 | 37 |
| 2.2 | Pro-Kopf-Einkommen von 1820-2010 - zu den Western Offshoots zählen Australien, Kanada, Neuseeland und USA - | 38 |
| 2.3 | Pro-Kopf-Einkommen von 1-2010 | 38 |
| 2.4 | Entwicklungsphasen des Wachstums (der „unified growth theory“) | 40 |

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------------|---|
| BIP | Bruttoinlandsprodukt |
| bzw. | beziehungsweise |
| FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| GG | Gleichgewicht |
| GM | General Motors Company |
| IWF | Internationaler Währungsfonds |
| LTG | lokale Technologiegrenze |
| UNO | United Nations Organization |
| USA | Vereinigte Staaten von Amerika |
| VW | Volkswirtschaft |
| WTG | Welttechnologiegrenze |
| WTO | World Trade Organization |
| z.B. | zum Beispiel |

Kapitel 1

Einleitung

Blickt man auf das vergangene Jahrtausend zurück, so haben nach (Maddison 2001) drei einschneidende interaktive Ereignisse den Entwicklungsprozess der Welt bestimmt:¹

- Umsiedlung und Landerschließung
- Handel
- technischer Fortschritt

Das Augenmerk dieser Arbeit liegt vor allem auf den beiden zuletzt genannten Punkten: Handel und technischer Fortschritt. Beide Ereignisse dienen hier als Grundlage theoretischer Modellanalysen, bei denen zwei Wachstumsmodelle, basierend auf technischem Fortschritt, um den Aspekt des Außenhandels erweitert werden. Dabei wird zunächst die Humankapitalakkumulation und die damit einhergehende Erhöhung des Bildungsniveaus analysiert, bevor im Anschluss die Veränderung der Innovations- und Imitationstätigkeit von Volkswirtschaften durch die strategischen Entscheidungen von Unternehmen betrachtet wird. In diesem Zusammenhang wird die Wirkung außenwirtschaftlicher Effekte auf den technischen Fortschritt hervorgehoben. Es wird gezeigt, dass die Offenheit und somit der Außenhandel die technologische Entwicklung eines Landes fördert, was langfristig zu einem anhaltenden Wirtschaftswachstum führt.

Die Folgen und Konsequenzen der von (Maddison 2001) genannten Ereignisse werden im Folgenden kurz beispielhaft erläutert, um die Notwendigkeit dieser wissenschaftlichen Arbeit zu unterstreichen.

¹ Dabei sind hier vor allem Ereignisse mit ökonomischer Wirkung von Bedeutung. Somit werden politische Begebenheiten und die damit zusammenhängenden wirtschaftlichen Konsequenzen vernachlässigt.

(Maddison 2001, S. 17) schildert, dass die Besiedelung und Bewirtschaftung unerschlossener Regionen zu einer Erweiterung des Faktors Boden führte. Als kurze Beispiele dienen China und die Erschließung des amerikanischen Kontinents. In China ermöglichten neue Verfahren im Reisanbau eine Anpassung an die geologischen Rahmenbedingungen und eröffneten neue geographische Anbaumöglichkeiten. Nun konnte auch die Region südlich des Flusses Yangtse bewirtschaftet werden. Daraus folgte, dass sich vom achten bis zum dreizehnten Jahrhundert Chinas Bevölkerung maßgeblich umsiedelte und sich damit an die neuen Bedingungen anpasste. Der prozentuale Bevölkerungsanteil hat sich südlich des Yangtse mehr als verdoppelt. Ähnlich verhielt es sich mit der Erschließung Amerikas durch die europäische Bevölkerung. Unbekanntes, fruchtbares Land sowie neue Ressourcen wurden entdeckt und eingesetzt, so dass die Produktivität anstieg und letztlich ein Einkommenszuwachs verursacht wurde (Maddison 2001, S. 17-18). Das zweite einschlägige Ereignis des letzten Jahrtausends war die Aufnahme von Handel zu anderen Staaten. Dies hat nach (Maddison 2001) vor allem die europäischen Länder und weniger die afrikanischen und asiatischen Länder in ihrer Entwicklung beeinflusst. Vom Jahr 1000 bis 1500 war bezüglich des internationalen, maritimen Handels Venedig von großer Bedeutung, nicht zuletzt aufgrund des Wissens um den Schiffbau und der strategische Lage. Es wurden überwiegend Seide und Gewürze mit fernöstlichen Ländern wie China und Syrien gehandelt. Schon damals bedingte die Offenheit eines Landes nicht nur die Einfuhr unbekannter Güter, sondern auch den Transfer von Produktionstechnologien und Wissen. Das westliche europäische Handelszentrum war Portugal. Ein weiterer Mitstreiter auf dem Gewürzhandelsmarkt waren die Niederlande, die jedoch erst ab 1500, eine ähnliche Flotte einsetzten. In den Niederlanden waren um 1700 nur 40% der Erwerbsbevölkerung im landwirtschaftlichen Sektor beschäftigt. Der größte Teil des Volkseinkommens wurde durch die Seefahrt und den Dienstleistungssektor erwirtschaftet. Ähnlich verhielt es sich in Spanien, einer weiteren wichtigen maritimen Handelsmacht. Diese Zeit wurde geprägt durch starkes Konkurrenzdenken zu Lasten der Mitstreiter, denn Kooperationen wurden größtenteils vernachlässigt. Ebenfalls der Schifffahrt schlossen sich im 18. Jahrhundert Frankreich und England an. Englands Vorteil gegenüber seinen Mitstreitern lag in einem ausgebauten Netz an Institutionen im Banken- und Finanzsektor so-

wie staatlichen Einrichtungen. Das Wachstum Großbritanniens war zu dieser Zeit höher, als das aller anderen europäischen Länder. Unterstützend für die weltweiten Handelsrouten waren die Kolonien, die die Erschließung von Ressourcen und Rohstoffen erlaubten und Grund für die Überwindung bisher ferner Distanzen lieferten (Maddison 2001, S. 20). Mit der Industrialisierung begann hinsichtlich des Wirtschaftswachstums ein neues Zeitalter. Bedingt durch den technischen Fortschritt wuchs das Pro-Kopf-Einkommen Großbritanniens schneller als jemals zuvor. Es gelang den Engländern ihren physischen Kapitalstock erheblich aufzubauen sowie die steigende Nachfrage nach qualifizierten Arbeitskräften durch den Ausbau des Bildungssystems zu befriedigen. Außerdem begann das britische Empire Handelsbeschränkungen zu reduzieren, was einen positiven Effekt auf die übrige Welt hatte, da dies auch den Diffusionsprozess von technischem Wissen begünstigte und somit die Industrialisierung in andere Länder trug. Auch die Einführung eines Eigentumsrechte-Systems des Staates steigerte die Attraktivität für Investoren.² England war ein wohlhabender Staat, der mit jeder Entwicklung die Welttechnologiegrenze ausweitete.

Die beiden Weltkriege zerstörten die Ordnung des freien Handels und das weltweite Wirtschaftswachstum war bis 1950 mehrheitlich deutlich geringer als bis zum Beginn des ersten Weltkrieges 1913. Die Nachkriegszeit nach dem zweiten Weltkrieg brachte vor allem in den europäischen Ländern eine Zeit des Aufschwungs mit sich. Das weltweite BIP stieg jährlich um etwa 5% an, der weltweite Handel wuchs um 8% und das Pro-Kopf-Einkommen um 3% jährlich.³ Die beiden Weltkriege brachten zudem eine neue politische Ordnung hervor. Der Kalte Krieg brach die Verbindung zwischen der westlichen Welt mit dem russisch wohl gesonnenen Osten ab. Internationaler Handel war trotz ausgebauter Transportmöglichkeiten eingeschränkter als Anfang des 20. Jahrhunderts (Maddison 2001, S. 20-24).

Als dritten interaktiven Prozess nach (Maddison 2001) wird erneut auf das letzte Jahrtausend zurückgeblickt, jedoch diesmal unter dem Aspekt der technologischen Entwicklung und der Einbettung von Institutionen.

² Dieses Eigentumsrechte-System ist mit dem heutigen Patentrecht zu vergleichen.

³ Diese Informationen basieren auf den Daten der OECD laut (Maddison 2001).

Der technische Fortschritt war zwar von 1000-1820 verglichen mit heutigen Verhältnissen relativ gering, er war aber schon damals ein entscheidender Faktor für das Wirtschaftswachstum. Nur durch technische Errungenschaften der Seefahrt, wie beispielsweise dem Kompass, der Sanduhr und weiterer Entwicklungen der Schifffahrt, gelang es, den Handel mit deutlich weiter entfernten Ländern aufzunehmen. Außerdem konnten Neuerungen im landwirtschaftlichen Sektor das immer weiter ansteigende Bevölkerungswachstum kompensieren und ernsthafte Hungersnöte verhindern. Bis zum 15. Jahrhundert wurden viele technologische Neuerungen aus dem asiatischen und arabischen Raum nach Europa transferiert. Trotzdem profitierten letztendlich die europäischen Länder stärker als die Herkunftsländer selbst. Als einen der entscheidenden Unterschiede sieht (Maddison 2001) die angesprochenen Institutionen wie das intakte Finanz-, Versicherungs- und Bankensystem, deren Vorreiter England war. Auch der Devisenmarkt erleichterte den Händlern der damaligen Zeit ihre Arbeit und minderte ihre Transaktionskosten erheblich.

Der Transfer dieses Systems oder neuer Technologien von Europa aus in die übrige Welt war jedoch relativ gering. Ein funktionierender Wirkungskanal des 18. Jahrhunderts waren die Kolonien Großbritanniens in Nordamerika (Maddison 2001, S. 27).

Die Argumentation Maddisons verdeutlicht mögliche Einflussfaktoren auf den Entwicklungsprozess. (Gandolfo 1998) führt ähnliche Gründe für Wachstum an, vernachlässigt jedoch den Einfluss des Handels. Sein Fokus liegt zunächst auf der Faktorakkumulation, (Maddison 2001) zeigt dies am Beispiel des Produktionsfaktors Boden, aber auch Migration und somit der Produktionsfaktor Arbeit wäre möglich. Nachdem die Faktorakkumulation lange als Ursprung ökonomischen Wachstums angesehen wurde, hat sich die Wissenschaft einer neuen Richtung gewidmet, die den technologischen Wandel als Kern des Wachstums ansieht. Der Motor des Wachstums der „Neuen Wachstumsökonomie“ oder auch „Endogenen Wachstumsökonomie“ wird im technischen Fortschritt gesehen (Gandolfo 1998, Maddison 2001, S. 27).

Diese Arbeit wird sich vornehmlich mit den zwei Strömungen dieser Richtung beschäftigen und jeweils eine Modellvariation einer offenen Volkswirtschaft vorstellen.

Bei dem ersten Modell, das in Kapitel ?? folgt, stehen Wissensexternalitäten bei der Humankapitalakkumulation im Vordergrund, die den

technischen Fortschritt begründen. Das Modell basiert auf dem Ansatz von (Lucas 1988), der neben (Romer 1990) einer der Hauptvertreter dieser Ausrichtung ist.

Das zweite Modell in Kapitel ?? fokussiert private Investitionen im Forschungs- und Entwicklungssektor als Ursache für ökonomisches Wachstum. Angehörige dieser Forschungsrichtung sind beispielsweise (Romer 1990, Grossman und Helpman 1991c) sowie (Aghion und Howitt 1992). Dabei führen Investitionen der Unternehmen zu Innovationen⁴, die letztlich den technischen Fortschritt bilden. Die hier vorgestellte Modellvariation basiert auf dem Papier von (Acemoglu, Aghion, und Zilibotti 2006), die den Grundgedanken der zuvor genannten Abhandlungen aufgreift und Aussagen über makroökonomische strategische Entscheidungen zulässt.

Der Schwerpunkt beider Modellvariationen liegt in der Einbettung von internationalem Handel in diese Wachstumsmodelle. Außenhandel verbindet Länder und führt deren Reaktionen und Situationen auf dem Weltmarkt zusammen. Diese wechselseitigen Beziehungen gehen mit Wissensdiffusion sowie anderweitigen Interaktionen einher. Der Kern dieser Arbeit ist die Überprüfung der folgenden These: Handel führt zu einer Entwicklungsstrategie, die eine innovative bzw. imitative Ausrichtung der Unternehmen anstrebt und ein anhaltendes positives Wachstum bedingt. Dabei spielen neben politischen Entscheidungen in der Handels- und Bildungspolitik auch durch Handel bedingte Spillover-Effekte beim Wissenstransfer eine Rolle.

Werden die Modellvariationen aus Kapitel ?? und ?? getrennt voneinander betrachtet, dann führt Handel zum einen zu einem besseren Bildungssystem, zum anderen zu einem höheren technischen Entwicklungsstand durch politische Maßnahmen. Kombiniert man beide Modelle (siehe Kapitel ?? und ??) miteinander, dann resultiert zunächst ein besseres Bildungssystem, dass dann wiederum die technologische Entwicklung eines Landes begünstigt.

Um die Hauptthese zu untersuchen, ist die Aufstellung folgender Nebenthese notwendig: Ein relativ weniger weit entwickeltes Land folgt der Imitationsstrategie, wohingegen ein weiter entwickeltes Land die

⁴ Dies ist unabhängig davon, ob die Anzahl der verfügbaren Güter gleich bleibt (Aghion und Howitt 1992) oder ansteigt (Romer 1990).

Innovationsstrategie präferiert. Neben der Tatsache, dass Humankapitalakkumulation zu einem höheren Entwicklungsstand führt, kommt außerdem der Zusammensetzung des Humankapitals eine besondere Bedeutung zu.

Der Einfluss des Handels soll hier unterstrichen werden und zeigen, dass unabhängig von der konkreten Modellvariation ein besseres Bildungssystem resultiert und der Außenhandel die technologische Entwicklung eines Landes begünstigt. Denn die Erweiterung eines endogenen Wachstumsmodells um Handel zeigt, dass nicht nur der Güterhandel die Entwicklung eines Landes beeinflusst, sondern dass es auch zu Wissensströmen kommt, die die Wohlfahrt eines Landes erhöhen. Die Entwicklungspolitik orientiert sich weg von physischen Investitionsprojekten und hin zur Förderung von Bildung. Auch hier wird dieser Ansatz aufgegriffen, indem Außenhandel ein höheres Angebot an Humankapital bedingt, welches anschließend durch exportfördernde Investitionen gezielt eingesetzt wird.

Die vorliegende Arbeit prüft vornehmlich in Kapitel ??, ?? und ?? die aufgestellten Thesen, indem in endogene Wachstumsmodelle Handel integriert wird. Kapitel ?? und ?? behandeln die beiden Modellvariationen endogener Wachstumsmodelle, deren Ergebnisse anschließend in Kapitel ?? kombiniert werden. Dafür werden in Kapitel 2 und ?? die theoretischen Grundlagen dargelegt. Die in Kapitel ?? vorgestellten Handelseffekte werden in den weiterführenden Kapiteln besonders berücksichtigt. Kapitel ?? wertet die Ergebnisse aus und widmet sich der Belegung bzw. Widerlegung der hier aufgestellten Thesen.

Kapitel 2

Wachstum durch technischen Fortschritt

Zunächst werden terminologische und theoretische Grundlagen zum Wachstum durch technischen Fortschritt vorgestellt, die dem besseren Verständnis der folgenden Untersuchungen dienen sollen. Wirtschaftliches Wachstum kann sehr allgemein definiert werden, als Anstieg der gegenwärtigen Gütermenge einer Volkswirtschaft oder nach (Frenkel und Hemmer 1999, S.1) als die quantitative Zunahme eines volkswirtschaftlich erwirtschafteten „Güterbergs“. Mit der Zunahme des Güterbergs einer Volkswirtschaft steigt das Volkseinkommen an. Etwas präziser und empirisch zweckdienlicher formuliert (Bofinger 2015, Kapitel 16, S.273) Wachstum als intertemporale Entwicklung des realen Bruttoinlandsprodukts pro Kopf. Dabei beschreibt das Bruttoinlandsprodukt (BIP) die Wirtschaftsleistung bestehend aus dem Gesamtwert der Waren und Dienstleistungen, die innerhalb eines Jahres von einer Volkswirtschaft erbracht werden. Gemessen wird die Rate des Wirtschaftswachstums durch den jährlichen Anstieg des realen Pro-Kopf-Einkommens eines Landes (Bofinger 2015, Kapitel 16, S.273). Die Hauptursachen des Wirtschaftswachstums sieht (Gandolfo 1998, S.269) im Anstieg der Faktorausstattung und dem technischen Fortschritt, wodurch jedoch die Welt des ökonomischen Wachstums sehr stark reduziert wird.¹ Bei der Faktormehrung resultiert Wachstum durch den zusätzlichen Einsatz von Produktionsfaktoren, wodurch insgesamt mehr produziert werden kann und der von (Frenkel und

¹ Je nach Auffassung würden dann bestimmte Einflussfaktoren auf das Wirtschaftswachstum nicht impliziert werden. Weitere mögliche Gründe für Wirtschaftswachstum ist der in Kapitel ?? noch folgende Außenhandel sowie Institutionen oder auch externe Effekte.

Hemmer 1999, S.1) genannte Güterberg ansteigt. Technischer Fortschritt kann zu vollkommen neuen Technologien führen oder aber auch zu zusätzlichen Gütervariationen, die neue Märkte schaffen.

Eine eindeutige Definition des *technischen Fortschritts* ist gemeinhin nicht zu finden und hängt von der Modellvariation ab. So kann als technischer Fortschritt die Folge vieler Innovationen verstanden werden, wobei auch je nach Entwicklungsstand eines Landes Imitationen zum lokalen technischen Fortschritt beitragen und als technischer Fortschritt aufgefasst werden können. Beides jedoch impliziert eine Weiterentwicklung und Ausweitung des Wissensstands. Der technische Fortschritt erhöht die *totale Faktorproduktivität* und wirkt somit wie eine Faktorvermehrung. Die totale Faktorproduktivität beschreibt die Erhöhung der Produktivität, die nicht durch eine Erhöhung der Produktionsfaktoren Kapital und Arbeit erklärt werden kann. Empirisch belegt wurde die Totale Faktorproduktivität durch das sogenannte Solow-Residuum und ist durch den technischen Fortschritt zu erklären (Solow 1957). Das Solow-Residuum beschreibt demnach das Wachstum der Produktivität, welches nicht aus dem Wachstum des Faktoreinsatzes resultiert.

Das Ziel des technischen Fortschritts ist es, die Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens und letztendlich auch einer Volkswirtschaft zu verbessern. Dabei wirkt sich der technische Fortschritt auf die Technologie aus, die direkten Einfluss auf die Produktivität eines Unternehmens hat. Dies ist unabhängig davon, ob sich der Fortschritt im Produktionsprozess oder in Form einer Produktneuentwicklung äußert.

Nach (Barro und Sala-i Martin 2004, Kapitel 1) bestimmt sich eine *Technologie* durch das Verfahren, bei dem Produktionsfaktoren im Herstellungsprozess zu Gütern umgewandelt werden. (Krugman, Obstfeld, und Melitz 2015, Kapitel 5, S.139) verstehen unter einer Technologie eine Art systematische Methodik. Dabei bedienen sich immer dann zwei Unternehmen oder Volkswirtschaften derselben Technologie, wenn sie mit der gleichen Menge an Einsatzfaktoren den gleichen Output generieren können. Das Grenzprodukt beider Länder ist gleich groß, eine Einheit Kapital oder Arbeit führt dann in beiden Ländern zu dem gleichen anteiligen Endprodukt.

In der theoretischen Modellwelt wird eine Technologie beschrieben durch die Produktionsfunktion, in der die Einsatzverhältnisse der Produktionsfaktoren fest vorgegeben sind. Bestandteil der Produktions-

funktion ist ein Technologieparameter, meist abgekürzt mit A . Dieser Parameter beschreibt das technische Wissen, das im Produktionsprozess eingesetzt wird. Geht das Modell von konstanten Skalenerträgen aus, dann ist dieser Parameter konstant und über die Zeit unveränderlich. Werden jedoch steigende Skalenerträge angenommen, dann kann es zu einer Weiterentwicklung des technischen Wissens kommen, zu technischem Fortschritt, der dadurch in der Technologie abgebildet wird. Die beiden notwendigen Voraussetzungen für den technischen Fortschritt, das technische Wissen und Humankapital werden in Abschnitt 2.1 genauer erläutert.

(Gandolfo 1998)s ((1998)) Ursachen für Wachstum, Faktorakkumulation und technischer Fortschritt, hängen jedoch sehr eng miteinander zusammen, weil beispielsweise eine technische Neuerung den Faktoreinsatz mindern kann und somit dann insgesamt mehr produziert werden würde.² Trennt man jedoch beide Argumente strikt voneinander, dann lässt dies eine Untergliederung der Wachstumsmodelle in exogene und endogene Modelle zu. Es handelt sich um exogene Wachstumsmodelle, wenn es zu einer Ausweitung der Produktionsfaktoren kommt, bei denen der technische Fortschritt als von außen gegeben betrachtet wird und der Grund für sein Dasein ungewiss ist.

Endogen ist ein Wachstumsmodell, wenn der technische Fortschritt direkt hervorgerufen wird, indem gezielt Forschung und Entwicklung betrieben wird (Gandolfo 1998, S.269).

Als Beispiel dient das AK-Modell nach (Rebelo 1991). Hier ist technischer Fortschritt, Wissen, das als ein Nebenprodukt der Kapitalakkumulation hervorgeht. Abweichend von anderen endogenen Wachstumsmodellen wird Wachstum hier nicht durch innovative Tätigkeiten angeregt, sondern ist ein Ergebnis von Sparentscheidung und Kapitalakkumulation. Dagegen beschreibt (Arrow 1969) technischen Fortschritt als den Prozess der Reduktion der Unwissenheit. Wieder anders

² Dies gilt immer dann, wenn beispielsweise Wirtschaftswachstum als unbeabsichtigtes Nebenprodukt steigender Skalenerträge bei der Kapitalakkumulation resultiert. Als ein Beispiel für diesen Effekt gilt learning-by-doing, das sich vor allem bei Größeneffekten durch die Produktion großer Mengen auswirkt. Denn mit der Produktionsmenge steigen die Lerneffekte der Beschäftigten. Das durch die zunehmende Erfahrung hinzugewonnene Wissen verbessert die Abläufe der Produktionsstruktur. Der Produktionsfaktor Arbeit wird produktiver und die Effizienz der Arbeit verbessert sich (Acemoglu 2009, Kapitel 12, S.413).

verhält es sich im Romer-Modell, siehe dazu (Romer 1990), in dem das technologische Wachstum durch die Zunahme von Produktvarianten beschrieben wird.³

Unabhängig von der Interpretation des technischen Fortschritts führt dieser zu einer Ausweitung der Welttechnologiegrenze (WTG). Bei der Welttechnologiegrenze \bar{A}_t handelt es sich um den maximal erzielbaren Wissensstand, der zu einem Zeitpunkt t erreicht werden kann. Vergleicht man die WTG mit dem Wissensstand einer Volkswirtschaft, erlaubt dies Aussagen über die relative Lage des Landes zur WTG. So ergibt sich der Abstand zur WTG a_t aus der Relation der lokalen Technologiegrenze (LTG) oder auch der Produktivität eines Landes A_t zu der WTG, somit gilt $a_t = A_t/\bar{A}_t$ (Aghion und Howitt 1992, Aghion und Howitt 1998).

In dieser Arbeit wird unter technischem Fortschritt ein Ausbau des technischen Wissensstandes gesehen und impliziert dabei sowohl Innovationen als auch Imitationen, die in der Volkswirtschaft zu einem Erkenntnisgewinn beitragen.

Demzufolge werden hier beide Gründe für Wachstum nach Gandolfo ausführlich behandelt. So geht das Wachstum des Humankapitalmodells in Kapitel ?? auf die Faktorakkumulation zurück, die dann den im zweiten Modell, Kapitel ??, angeführten Grund für Wachstum, den technischen Fortschritt, begünstigt. Verstärkt wird der technische Fortschritt wesentlich durch die Offenheit der Volkswirtschaften und die sich daraus ergebenden Handelsmöglichkeiten.

2.1 Prämissen des technischen Fortschritts: technisches Wissen und Humankapital

Für technischen Fortschritt sind sowohl technisches Wissen als auch Humankapital notwendig. Wird technischer Fortschritt als eine Aneinanderreihung von Innovationen verstanden, bedarf die Durchführung

³ Nachdem hier zunächst Begrifflichkeiten und Grundlagen erörtert werden, werden in Kapitel 2.4 die genannten Modelle genauer erläutert.

innovierender Tätigkeiten die beiden Komponenten technisches Wissen und Humankapital (Howitt und Mayer-Foulkes 2005). Als technisches Wissen gelten Ideen und Informationen, welche nur in Verbindung mit Kapital verwendet werden können. Dafür ist es zunächst unerheblich, an welche Kapitalart technisches Wissen gebunden ist. In Kombination mit physischem Kapital tritt technisches Wissen, beispielsweise in Form von Blaupausen, Maschinen oder Gütern auf. Ist Wissen an den Menschen, also hier den Produktionsfaktor Arbeit, gebunden, dann handelt es sich um Humankapital.

2.1.1 Technisches Wissen

Zunächst wird die Komponente technisches Wissen erläutert, bevor anschließend Humankapital genauer analysiert wird, um die Entstehung des technischen Fortschritts zu verdeutlichen.

Für die Entwicklung einer Innovation ist technisches Wissen zwingend notwendig und wird hervorgerufen durch eine Idee. Die Gestaltung und Ansatzpunkte attraktiver Ideen können sehr verschieden sein. Dazu zählen vor allem die Kostenreduktion durch die Effizienzsteigerung in der Produktion oder aber die Entwicklung vollkommen neuer Güter. Das technische Wissen an sich und auch die Idee ist ungebunden und somit ein öffentliches Gut bzw. hat dessen Eigenschaften (Arrow 1962b, Nelson 1959). Öffentliche Güter sind durch die beiden Eigenschaften der Nicht-Rivalität und der Nicht-Ausschließbarkeit im Konsum charakterisiert.

Sofern die Möglichkeit besteht, dass der Konsum von den Anbietern verhindert werden kann, lassen sich die Erträge dem jeweiligen Produzenten eindeutig zuordnen und es gilt die Ausschließbarkeit. Ist diese Eigenschaft nicht vorhanden, sind positive Externalitäten die Folge. Im Fall der Ideen und des technischen Wissens können diese von mehreren Unternehmen gleichzeitig umgesetzt werden, ohne dass es von konkurrierenden Unternehmen verhindert wird. Der Anreiz zur Ideengenerierung für das einzelne Wirtschaftssubjekt ist dadurch relativ gering. Verstärkt wird dieser Zusammenhang durch die Nicht-Rivalität im Konsum des technischen Wissens. Denn es kann ein und dieselbe Anleitung von einem weiteren Unternehmen verwendet werden, wodurch die Produktion ansteigt, ohne dass erneute Kosten für techno-

logisches Wissen entstehen (Hardin 1968, Ostrom 1990, S.60).

Die Entwicklung einer Idee kann kostspielig sein und der kostenfreie Zugriff einer möglicherweise gewinnbringenden Idee das Interesse vieler wecken. Dabei handelt es sich beispielsweise um eine Neuerung im Produktionsprozess, die zur Beseitigung von Ineffizienzen führt. Eine Idee kann von mehreren Wirtschaftssubjekten zur gleichen Zeit realisiert werden, wohingegen sich die Faktoren Arbeit und Kapital nur einmal an einem Ort einsetzen lassen. Demzufolge ist auch ein Anstieg der Produktivität durch eine Idee in mehreren Unternehmen gleichzeitig denkbar (Romer 1986, S.1020).

Endogenisiert man das technologische Wissen, dann steigen die Skalenerträge der Produktion an. Eine Verdopplung aller rivalisierender bzw. konkurrierender Inputfaktoren führt zu einer mehr als doppelt so großen Produktionsmenge. Dies liegt daran, dass nicht nur das technische Wissen nicht konkurrierend ist, sondern dadurch auch die Technologie des Produktionsprozesses. Sie kann von mehreren Unternehmen gleichzeitig genutzt werden, ohne den Nutzen eines Wirtschaftssubjekts einzuschränken, wodurch eine erhöhte Produktionsmenge resultiert.

Dieser Zusammenhang zeigt, wie einflussreich die Nichtrivalität auf das ökonomische Wachstum ist, da dies steigende Skalenerträge bedingt. Die steigenden Skalenerträge liefern einen Anreiz Monopolmacht zu erlangen, was wiederum die Motivation darstellt, Innovationen zu entwickeln (Jones 2005, Romer 1993, S.556).⁴

Technisches Wissen birgt zwei Folgen: Einerseits die Motivation Innovationen zu entwickeln um Monopolmacht zu erlangen, andererseits die Gefahr der schnellen und kostenfreien Nachahmung der Konkurrenten. Gelöst werden kann dieses Problem durch Patente, die die kommerzielle Nutzung von Ideen durch Dritte verhindern. Dabei wird das innovierende Unternehmen geschützt und der Erhalt der geistigen Eigentumsrechte über einen bestimmten Zeitraum ermöglicht, somit mittelfristig auch die Gewinne. Jedoch können Patente nicht die Weiterverbreitung der Idee an sich verhindern.

Neben Patenten kann die Generierung von technischem Wissen auch durch die staatliche Förderung gewährleistet werden. Grundlagenforschung wird deswegen meist von öffentlichen Einrichtungen betrieben.

⁴ Eine Ausführliche Erläuterung folgt in Kapitel 2.2

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt jedoch auf der angewandten Forschung, die von privat finanzierten Unternehmen forciert wird.

2.1.2 Humankapital

Humankapital ist (personen-)gebundenes Wissen wie die Fähigkeiten und Fertigkeiten eines Menschen. (Acemoglu 2009, Kapitel 7, S.259) präzisiert diese Definition und beschreibt Humankapital als jegliche Eigenschaften von Arbeitern, die die potentielle Produktivität aller oder einiger produktiver Aufgaben steigert. Wohingegen (Lucas 1988)⁵ weniger zwischen einzelnen Fähigkeiten und Aufgaben differenziert, sondern Humankapital eher als ein „skill-level“ definiert, also ein Niveau erreichter Fähigkeiten.⁶

Bei dem technischen Wissen handelt es sich formal, wie in Abschnitt 2.1.1 bereits erörtert wurde, um ungebundene theoretische Kenntnisse, die auch den nachfolgenden Generationen zur Verfügung stehen (Frenkel und Hemmer 1999, Kapitel 10). Dieser wesentliche Punkt unterscheidet das technische Wissen von Humankapital. Denn die an den Menschen gebundenen Kenntnisse und Fertigkeiten gehen mit dem Tod des Menschen verloren und stehen der Welt nicht weiter zur Verfügung. Mit diesem Argument stellt (Ha 2002) zur Diskussion, dass Humankapitalakkumulation nicht dauerhaft zum Wachstum beiträgt, da Bildung und Fähigkeiten an den Menschen gebunden sind und somit von der begrenzten Lebensdauer des Menschen abhängig sind.⁷

⁵ Obwohl das Papier von (Lucas 1988) mehrere Modelle vorstellt, wird gemeinhin und auch in dieser Arbeit von dem Humankapitalmodell des Kapitels 4 ausgegangen.

⁶ In dieser Form wird Humankapital in Kapitel ?? abgebildet. In dem Modell steht die Humankapitalakkumulation nicht im Vordergrund. Bildung ist indirekter Bestandteil der Produktivität einer Volkswirtschaft. Demnach werden keine einzelnen Aufgaben und Tätigkeiten spezifiziert, sondern verschiedene Tätigkeitsfelder bzw. Bildungsniveaus miteinander verglichen.

⁷ Dabei wurde der Gedanke vernachlässigt, dass das Grenzprodukt des Wissens steigen könnte und dadurch steigende Wachstumsraten resultieren würden. Dieser Sonderfall steigender Grenzerträge des Humankapitals geht auf (Romer 1986) zurück.

Dem soll hier nicht direkt widersprochen werden, jedoch ist zu berücksichtigen, dass die Entwicklung von Innovationen humankapitalintensiv ist und diese wiederum langlebig sind und somit trotzdem zu dauerhaftem technologischem Wachstum führen.

Ein anderer wichtiger Unterschied des Humankapitals zum technischen Wissen liegt in der Eigenschaft der Nicht-Rivalität, denn Humankapital ist rivalisierend. Ein Wissenschaftler oder qualifizierter Arbeiter kann nur an einem Projekt gleichzeitig arbeiten und ihm steht seine Zeit nicht mehrfach zur Verfügung (Romer 1993). Somit ist wie beim Produktionsfaktor Arbeit eine eindeutige monetäre Vergütung möglich, der Lohn.

In vielen Modellen, wie beispielsweise dem AK-Modell, wird Humankapital und physisches Kapital unter dem Oberbegriff Kapital zusammengefasst. Hier wird jedoch explizit zwischen beiden Kapitalarten unterschieden, da diese verschiedene Eigenschaften aufweisen und dadurch dauerhaftes Wachstum möglich ist. Der Kapitalbegriff könnte sogar noch weiter differenziert werden, indem intellektuelles Kapital noch einmal von Humankapital abgegrenzt wird. Der Wert des produktiven Wissens, das durch Forschung und Entwicklung gewonnen wurde, ist das intellektuelle Kapital (Dosi, Pavitt, und Soete 1993, S. 81).

2.1.2.1 Humankapitalakkumulation

Bei dem Faktor Arbeit handelt es sich nicht um einen homogenen Produktionsfaktor. Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnisse können durch die Akkumulation von Humankapital erhöht werden (Aghion, Howitt, und Seiter 2015, S.205). Bildung steigert das Humankapital eines einzelnen Individuums und kann somit als Entstehungsprozess des Humankapitals, als Humankapitalakkumulation, gesehen werden. Es können zwei Arten der Humankapitalakkumulation unterschieden werden, das formelle und das informelle Lernen. Mit dem formellen Lernen der Bildung gehen Kosten einher, die berücksichtigt werden müssen. Dabei handelt es sich um direkte Ausbildungskosten oder Opportunitätskosten durch entgangenen Lohn. Wohingegen das informelle Lernen, das learning-by-doing nach (Arrow 1969), kostenlos ist.

Informelles Lernen - learning-by-doing

Im Jahr 1936 veröffentlichte (Wright 1936) seine Beobachtungen zum Flugzeugbau. Dabei war besonders auffällig, dass die Arbeitsstunden für die Produktion eines Flugwerks mit zunehmender Produktionszahl sinken.

Dies motivierte (Arrow 1962b) zu seinem Modell über das learning-by-doing. Es beschreibt den Zusammenhang zwischen der Produktivität eines Arbeiters und seiner dadurch zunehmenden Erfahrung. Dieser Produktivitätsgewinn wird als Lernen bezeichnet. Dabei geht es um die wiederkehrende und aktive Lösung von Problemen, die durch die ständige Wiederholung zu sinkenden Grenzkosten führt (Sheshinski 1967, Arrow 1962b, S.155). Denn je länger ein Gut hergestellt wird, desto kostengünstiger kann es produziert werden, bedingt unter anderem durch die Lernkurve des Herstellungsprozesses. Durch die Feststellung von Ineffizienzen, die Umstrukturierung von Organisationsformen und auch durch die zunehmende Erfahrung der Mitarbeiter steigt mittelfristig die Sicherheit im Umgang mit Techniken, Verfahren und Produkten. Sind die Lernmöglichkeiten erschöpft, dann führt erst die Entwicklung neuer Produkte und Prozesse zu neuen Lerneffekten. Andauernde Effekte des learning-by-doings sind demzufolge nach (Arrow 1962b) zwingend an die Innovationstätigkeit der Unternehmen geknüpft.⁸

Formelles Lernen - Uzawa-Lucas-Modell

Bei dem formellen Lernen werden die Produktionsfaktoren direkt für Bildung investiert. Am Beispiel des Uzawa-Lucas-Modells bedeutet dies, dass die Wirtschaftssubjekte sich zwischen der entlohten Konsumgüterproduktion oder der eigenen Ausbildung entscheiden müssen. Der Produktionsfaktor Humankapital wird zwischen den Sektoren aufgeteilt und geht nur anteilig in den Lernprozess ein.⁹

⁸ (Sheshinski 1967) untersuchte als einer der Ersten empirisch die These Arrows, die den Produktivitätszuwachs durch zunehmende Erfahrung beschreibt. Er belegt den Ansatz und zeigt, dass effizientes Wachstum und das Investitionslevel positiv korrelieren. Dabei misst er die Erfahrung als kumulierte Bruttoinvestitionen. Demzufolge steigt mit zunehmender Erfahrung das Wirtschaftswachstum eines Landes.

⁹ Eine ausführliche Darstellung des Modells folgt in Kapitel ??.

2.1.2.2 Messung von Humankapital

Bei der Messung von Humankapital sind einige Hindernisse zu überwinden. Zum einen führt die Unstimmigkeit bezüglich einer eindeutigen Definition zu dem Problem einer geeigneten Bezugsgröße. Wurde diese gefunden, dann ist immer noch fraglich, ob eine Vergleichbarkeit möglich ist und dadurch konkrete Aussagen getroffen werden können. Die Methoden, mit denen Humankapital geschätzt wird, sind sehr verschieden. Als Bezugsgrößen bediente (Romer 1989) sich beispielsweise der Anzahl an Bildungsjahren oder vergleicht Bildungsniveaus miteinander. So können die Grundkenntnisse der Bevölkerung einer Volkswirtschaft über die Alphabetisierungsrate aller erfasst werden, die das 15. Lebensjahr überschritten haben. An der Einschreiberate oder der Messung von Absolventen einer weiterführenden Schule orientierten sich (Levine und Renelt 1992) sowie (Barro und Lee 2001). (Mankiw, Romer, und Weil 1992) verwendeten eine Länderquerschnittanalyse, dabei wurde die Zahl der Jugendlichen zwischen 12 und 17, die eine Schule besuchen, mit dem Anteil der arbeitsfähigen Bevölkerung zwischen 15 und 19 multipliziert. Kritisch ist bei dieser Methode jedoch, dass das Humankapital in Industrieländern tendenziell überschätzt und in Entwicklungsländern unterschätzt wurde.

(Barro und Lee 2001) haben in ihrer Arbeit einen Datensatz aufbereitet, der Humankapital quantifiziert, indem die Bevölkerung mehrerer Länder von 1960 bis 2000 nach sieben verschiedenen Bildungsstufen kategorisiert wird.

Problematisch bei allen genannten Methoden ist, dass keine Aussage über die Qualität der Bildung möglich ist und keine eindeutige Aussage über eine mögliche Qualifizierung zugelassen wird. Internationale Leistungstests wie die PISA-Studien oder mögliche Sammelindikatoren, die die länderspezifischen Systeme in einen einheitlichen Rahmen einordnen, können diesbezüglich Abhilfe schaffen. So wird mit Hilfe der Daten aus dem UNESCO Institute for Statistics anhand der Anzahl der Lehrkräfte oder auch über die Anzahl der Schüler pro Klasse versucht, eine internationale Vergleichbarkeit bezüglich eines Jahres Bildung herzustellen.

*2.2 Entstehung des technischen Fortschritts:
Technologieentwicklung durch Innovation*

Die für den technischen Fortschritt notwendigen Bestandteile wurden im vorangegangenen Kapitel ausführlich erläutert. Im folgenden Kapitel wird gezeigt, dass die Intelligenz, Kompetenz sowie die Ausbildung eines Individuums für die Entwicklung und den Erfolg von Innovationen und Imitationen bedeutsam sind, was bereits von (Hassler und Rodriguez, Mora, Jose V. 2000) diskutiert wurde.

In der Regel handelt es sich bei Innovationen um neue Technologien. Die beiden Bestandteile einer Innovation sind eine Idee und eine Investition. Die Idee ist dabei zunächst der Engpass, den es zu überwinden gilt und ohne die eine Neuentwicklung nicht möglich ist. Die Investition ist notwendig, um die Idee umzusetzen, zu entwickeln und in den Markt einzuführen.¹⁰

Für die Entwicklung einer Idee kann technisches Wissen notwendig sein, das an Humankapital gebunden ist, bei der Investition ist das technische Wissen hingegen erforderlich, da für die Entwicklung einer Idee in der Regel bereits bekannte Technologien verwendet werden. Dabei ist einerseits technisches Wissen, das an physisches Kapital gebunden ist, notwendig und andererseits ausgebildete Arbeitskräfte, an die Humankapital gebunden ist (Scotchmer 2004, S.39).¹¹

Der Innovationsprozess kann nach (Jones 2005) auch anders untergliedert werden, in die Abschnitte: Invention, Innovation und die folgende Diffusion. Vergleicht man dies mit der erst genannten Aufteilung, dann würde die Idee der Invention, also der Erfindung entsprechen und die Investition gliedert sich auf in die Innovation an sich, also die physische Umsetzung der Idee, und der Diffusion, der Markteinführung und dem damit verbundenen Wissenstransfer für die Allgemeinheit.

¹⁰ Als wesentliche Voraussetzung gilt dabei, dass eine Neuerung vom Markt erfolgreich angenommen wird und es somit bereits einen Bedarf gibt oder dieser noch geschaffen werden kann. Außerdem müssen die notwendigen Rahmenbedingungen für die Markteinführung vorhanden sein. Bei einer medizinischen Innovation beispielsweise sollten den Ärzten Fortbildungen angeboten werden, um die Neuerungen in den Berufsalltag einzubinden und auch anwenden zu können.

¹¹ So zählen zu den Investitionen neben monetärer Größen auch die Produktionsfaktoren (Maschinen, Arbeit, Zwischengüter, Humankapital, Zeit) sowie spezifisch gebundene Investitionen in Forschungseinrichtungen.

Als wesentliche Bestandteile einer Innovation lassen sich Technologie und Humankapital zusammenfassen. Mit genau diesen beiden Schwerpunkten befasst sich auch der Hauptteil dieser Arbeit. Zunächst wird die Entstehung des Humankapitals in Kapitel ?? untersucht und anschließend wird in Kapitel ?? analysiert, wie durch dieses mit dem notwendigen technischen Wissen Innovationen entstehen können, die zusätzlich den Entwicklungsprozess eines Landes beschleunigen.

Jedoch ist der Begriff „Innovation“ stark vom theoretischen Zusammenhang abhängig und in der Literatur gibt es eine Vielzahl von Differenzierungsmöglichkeiten verschiedener Innovationsformen. Eine Möglichkeit der Abgrenzung von (Schebesch 1992) bezieht sich auf das Ausmaß der Innovation. Bei der graduellen Innovation werden bestehende Produkte bzw. Prozesse weiter entwickelt und verbessert. Wohingegen bei der Basisinnovation ein komplett neues Produkt entsteht.¹²

Modelle, die den technischen Fortschritt beschreiben, differenzieren häufig zwischen der Produktinnovation und der Prozessinnovation. Es handelt sich um eine Produktinnovation, wenn ein neues Gut entwickelt und auf dem Markt eingeführt wird. Die neuen Güter erweitern die Konsummöglichkeiten der Haushalte (Grossman und Helpman 1991a, Grossman und Helpman 1990b). Daraus resultiert laut (Krugman 1979) ein höherer Nutzen bei den Konsumenten, wenn davon ausgegangen wird, dass es eine Vorliebe für die Auswahl möglichst vieler Güter gibt. Auch denkbar ist die Erhöhung der Qualität der Güter. In diesem Fall ersetzen die neuen Produktvarianten die früheren und es kommt nicht zu einem Anstieg der Anzahl der Produktvarianten (Acemoglu 2009, Kapitel 12, S. 411).

Endogene Wachstumsmodelle, in denen die Vielfalt an Inputfaktoren durch den technischen Fortschritt zunimmt, beschreiben Prozessinnovationen. Durch die Erhöhung der Verschiedenartigkeit der Einsatzfaktoren kommt es zu einer Produktivitätssteigerung. Bei einer Prozessinnovation liegt der Schwerpunkt auf Neuerungen im Herstellungsverfahren bereits existierender Güter. Ziel der Prozessoptimierung ist eine Kostenreduktion und eine effizientere Produktion. Der Erfolg einer Prozessinnovation lässt sich intuitiv durch das Wirtschaftlichkeitsprinzip erläutern: Kann mit der gleichen Menge an Einsatz-

¹² Des weiteren wird zwischen einer drastischen und einer nicht-drastischen Innovation unterschieden, beide Fälle werden in Kapitel ?? diskutiert.

faktoren eine höhere Produktionsmenge erzeugt werden, dann hat sich die Produktivität des Prozesses erhöht. Dem Minimumprinzip folgend, kann dann mit einem geringeren Faktoreinsatz die gleiche Gütermenge hergestellt werden. Aus makroökonomischer Perspektive würde in einem Modell mit den Einsatzfaktoren Arbeit, Kapital und Technologie ein höheres Sozialprodukt bei konstanten Faktoreinsätzen folgen (Frenkel und Hemmer 1999, Kapitel 10). Handelt es sich bei einem Inputfaktor um Zwischengüter, dann werden bei Prozessinnovationen vom Zwischengut immer neue Varianten entwickelt, die direkt wieder in den Produktionsprozess eingesetzt werden. Denn es gilt wie (Romer 1987, Romer 1990) zeigt, je mehr Varianten den Produktionsprozess mitbestimmen, desto stärker ist die Arbeitsteilung und desto höher dadurch letztlich die Produktivität eines Unternehmens.

Innovationen nach (Hicks 1932) führen zu Ersparnissen des Faktors Arbeit, da dieser nun effizienter eingesetzt werden kann. Dieser Effekt entsteht auch durch die Akkumulation von Humankapital, das den einzelnen Arbeiter dazu befähigt, effizienter zu arbeiten (Arrow 1969, S.29).

Die Unterscheidung zwischen Produkt- und Prozessinnovation wird in dieser Arbeit jedoch nicht vorgenommen, sondern beide Arten unter dem Oberbegriff „Innovation“ subsumiert. In der Literatur ist diese Unterscheidung gerade dann sinnvoll, wenn im Anschluss die Forschungsergebnisse empirisch überprüft werden. Da dies hier nicht der Fall ist, wird von einer Unterscheidung abgesehen (Acemoglu 2009, Kapitel 12, S.411).

Außerdem kann zwischen der vertikalen und horizontalen Innovation differenziert werden (Grossman und Helpman 1989a, van Long und Wong 1997, S.20). Dabei handelt es sich bei horizontalen Innovationen um zusätzlichen Variantenreichtum, wodurch die Vielfalt an möglichen Gütern und Prozessen zunimmt, wie es im Modell von (Romer 1990) der Fall ist. Bei vertikalen Innovationen hingegen werden Güter und Prozesse weiterentwickelt (van Long und Wong 1997, S.20). Ein nun hochwertigeres Gut bzw. verbesserter Prozess ersetzt den vorherigen. Bleibt die Summe der Güter unverändert, dann handelt es sich um den Prozess der schöpferischen Zerstörung nach (Schumpeter 1934). Schumpeter prägt den Begriff der schöpferischen Zerstörung, der den

strukturellen Wandel durch immer neue Erfindungen beschreibt.¹³ Er erkannte das Wechselspiel von Innovation und Imitation als Triebkraft des Wettbewerbs.

Einer anderen Auffassung bezüglich der Innovationsarten ist (Mokyr 1990) und berücksichtigt die Reichweite einer Innovation. Dabei unterscheidet er in seiner Arbeit zwischen Makro- und Mikroinnovationen. Eine Makroinnovation ist ein technologischer Fortschritt, der zu weitreichenden strukturellen Veränderungen führen kann. Beispiele hierfür sind die Erfindung der Elektrizität oder das Internet. Die Folgen solcher Innovationen sind enorm und wirken sich meist auf die Mehrheit von Herstellungsprozessen aus, sie werden jedoch in der Forschung bislang weitestgehend noch nicht berücksichtigt.

Die meisten Modelle analysieren hingegen Mikroinnovationen, die das Wirtschaftswachstum stärker fördern als Makroinnovationen. Dies scheint zunächst etwas überraschend, wurde aber von (Abernathy 1978) und (Freeman 1982) empirisch bestätigt. Unter Mikroinnovationen versteht man sowohl Produkt- als auch Prozessinnovationen, deren Wirkung auf das technologische Umfeld von geringerer Bedeutung ist, dem einzelnen Wirtschaftssubjekt jedoch Nutzen stiftet. Es kann sich dabei nach (Mokyr 1990) um eine Kostenreduktion im Produktionsprozess, eine qualitativ hochwertigere Variante eines bereits bekannten Gutes oder auch ein neues vorher unbekanntes Produkt handeln. Diese Terminologie wird auch in Kapitel ?? aufgegriffen und beschreibt den Einfluss beider Innovationsmöglichkeiten auf die Ausweitung der Welttechnologiegrenze. Je nachdem ob es sich um eine Makro- oder eine Mikroinnovation handelt beeinflusst dies den relativen technologischen Entwicklungsstand eines Landes unterschiedlich.

Anreize zur Innovationsentwicklung

In dem folgenden Abschnitt soll erörtert werden worin die Motivation besteht Technologien zu entwickeln oder zu verbessern. Dabei lassen sich zwei Meinungsbilder unterscheiden. Nach (Ceruzzi 2003) beispielsweise besteht der Anreiz zu innovieren vor allem in der Wissbegierde

¹³ Genauere Erläuterung des Prozesses folgen in Kapitel 2.4.

der Forscher. Er beschreibt in seinem Werk „History of Modern Computing“, dass es keinen Bedarf nach Computern für den persönlichen Gebrauch gab und es deshalb auch nicht die Nachfrage in dem tatsächlich resultierten Umfang erwartet wurde. Die Vielzahl unerklärter Phänomene und Fragen veranlassen Wissenschaftler deren Ursprung und Erklärung zu ergründen, ohne dabei mögliche Absatzmöglichkeiten und ökonomische Argumente einfließen zu lassen. Der gleichen Meinung ist (Arrow 1969, S.30), denn Wissen entsteht durch die Suche nach Lösungsansätzen und durch Beobachtungen realer Vorgänge und Ereignisse. So können ähnliche Gegebenheiten dabei helfen Erklärungsansätze zu finden und Erkenntnisse zu gewinnen. Der Mensch ist nur durch Neugier getrieben und versucht die Welt in der er lebt zu verstehen, dabei sind Innovationen Instrumente für Problemlösungsansätze.

Nach herrschender Meinung liegt die Motivation jedoch eher in Gewinnerzielungsabsichten (Romer 1993, Grossman und Helpman 1989b). So auch bei der Entwicklung des iPads, dem ersten Tablet-PC. Der Markt und das damit einhergehende Bedürfnis nach diesem Gut wurde von dem Hersteller Apple herbeigeführt. Jedoch ist fraglich, ob tatsächlich der Forschungsdrang nach einer Problemlösung die Erfindung motiviert hat oder eher wirtschaftliche Aspekte. Durch eine Innovation wird der Anbieter zunächst zum Monopolisten und die damit einhergehende anfängliche Monopolmacht zeigt sich in Preissetzungsspielräumen, wodurch Gewinne abgeschöpft werden können. Langfristig werden konkurrierende Anbieter sich ebenfalls der Innovation bedienen, was durch die Nicht-Rivalität und die Nicht-Ausschließbarkeit des technischen Wissens möglich ist (Romer 1993). Darin besteht auch das eigentliche Problem der Innovationsentwicklung. Zwar suggerieren Innovationen kurzfristige Gewinne, die Entwicklung ist jedoch aufwendig und teuer. Die Investitionen können ohne den Schutz der Eigentumsrechte nicht ausgeglichen werden, wodurch sich der Anreiz zur Innovationsentwicklung stark mindert. Grundsätzlich spornt die wirtschaftliche Bereicherung als Konsequenz erfolgreich integrierter Innovationen die Menschheit seit Jahrhunderten dazu an, den technischen Fortschritt voran zu treiben. Daraus begründet sich die notwendige Einführung von Patenten, die das technische Wissen schützen und Alleinstellungsmerkmale schaffen. Die geschaffene Ausschließbarkeit im Konsum führt zu einer monetären Bemessung und Zuordnung

(Acemoglu 2009, Kapitel 12, S. 414). Am Beispiel der Innovationstätigkeiten des Hufeisensektors erläutert (Schmookler 1966) die wirtschaftliche Abhängigkeit von Innovationen. Die Innovationsrate stieg Ende des 19. Jahrhunderts bis ins 20. Jahrhundert solange stark an, bis zu dem Zeitpunkt, ab dem sich das Automobil immer weiter in der Gesellschaft durchsetzte und dadurch die Fortbewegung mit dem Pferd als unnötig erachtet wurde. Somit liegt letztendlich der Anreiz in Forschung zu investieren in der Entwicklung von Innovationen, um als Vorreiter eines Marktes Monopolgewinne abschöpfen zu können.¹⁴

Die industrieökonomische Literatur befasst sich mit der Rivalität der Unternehmen, um die technologische Führerschaft und den damit einhergehenden Einfluss auf den Entwicklungsprozess zu erklären. Da viele Unternehmen nach erfolgreichen Innovationen streben, also nach Innovationen, aufgrund derer Patente angemeldet werden können um Monopolgewinne abzuschöpfen, birgt dies zugleich eine Unsicherheit des Erfolgs. Demzufolge besteht auch ein Risiko den Wettstreit um die führende Position zu verlieren und vom technologischen Fortschritt nicht profitieren zu können. Die Unsicherheit, die mit dem technologischen Fortschritt einhergeht, beeinträchtigt den technologischen Erfolg und den damit einhergehenden Entwicklungsprozess eines Landes (Reinganum 1981, S. 22).

Ein weiterer Punkt der nur kurz angeschnitten werden soll, ist der wirtschaftliche Trade-off zwischen der Entwicklung von Produktinnovationen und Prozessinnovationen. Die Verbesserung der Effizienz von Produktionsprozessen ist nur dann sinnvoll, wenn das Gut eine gewisse Beständigkeit auf dem Markt hat und nicht zeitnah durch ein neues ersetzt wird. Denn der Produktionsprozess kann nicht optimiert werden, solange es immer wieder neue Varianten und Güter gibt, die ein anderes Herstellungsverfahren haben. Diesen Zusammenhang beschreibt (Abernathy 1978) in der Automobilindustrie am Beispiel Ford.

Die Monopolmacht wird in Kapitel ?? aufgegriffen und der damit einhergehende Anreiz Innovationen zu entwickeln.

¹⁴ Zudem entsteht indirekt ein Wissenszuwachs für die gesamte Branche, von dem alle Marktteilnehmer gleichermaßen gegenseitig profitieren können (Cohen und Levinthal 1989).

*2.3 Ausdehnung des technischen Fortschritts:
Technologiediffusion durch Imitation*

Nachdem eingehend die Entstehung und Entwicklung des technischen Fortschritts betrachtet wurde, die Innovation, wird im folgenden Kapitel die Ausdehnung des technischen Fortschritts genauer betrachtet, die Imitation. Mit der Adaption von Gütern und Prozessen gilt der Diffusionsprozess als beendet und Wissen wurde erfolgreich transferiert.

Für die Adaption von Gütern und Prozessen bedarf es nach (Cohen und Levinthal 1989) sowie (Griffith, Redding, und van Reenen 2004) der gleichen Faktoren wie für Innovationen und zwar technisches Wissen, Sachkapital und Humankapital. Eine Imitation ist eine „alte“ Innovation, die durch benannte Investitionen nachgeahmt werden kann. Demnach handelt es sich gemäß (Schmookler 1966) bei Imitation um die gleiche technologische Neuerung, mit dem gleichen Erkenntnisgewinn wie bei der Innovation, jedoch zu einem späteren Zeitpunkt. Für eine Imitation ist Humankapital ebenso notwendig wie für eine Innovation, jedoch unterscheiden sich beide durch die eingesetzten Humankapitalniveaus. Grundsätzlich ist für eine Innovation mehr Humankapital notwendig, da neben den Investitionen auch die Idee durch den Einsatz von Humankapital entsteht. Jedoch gibt das Niveau des Humankapitals Aufschluss über die Absorptionsfähigkeit eines Unternehmens oder einer Volkswirtschaft. Denn (Nelson und Phelps 1966) zeigen, dass je mehr Humankapital für die Nachahmung notwendig ist, desto besser und genauer kann adaptiert werden. Das Humankapital eines Landes kann demnach für innovierende und imitierende Prozesse gleichermaßen eingesetzt werden.

Von der Gesamtheit der globalen Volkswirtschaften ausgehend ist tatsächlich nur ein sehr geringer Anteil innovierend tätig. Die meisten Länder importieren Technologien und ahmen diese nach statt selbst zu innovieren. In weniger weit entwickelten Ländern beläuft sich die Wachstumsrate durch die Adaption ausländischer Technologien auf ca. 65%. In weiter entwickelten Ländern wird der Großteil (ca. 75%) hingegen durch innovierende Tätigkeiten der heimischen Unternehmen hervorgerufen (Santacreu 2015). Dies zeigt, wie wichtig der Prozess der Imitation für die Ökonomie ist, da ein beträchtlicher Anteil davon profitiert. Wohingegen die Bedeutung der Innovationsentwick-

lung von Ländern wie Deutschland, USA oder Japan für das globale Wirtschaftswachstum mindestens ebenso wichtig ist wie die Imitation, da nur hierdurch dauerhaftes Wachstum gewährleistet wird und es somit immer neue Innovationen gibt, die imitiert werden können (Acemoglu 2009, Kapitel 18, S. 642).

Sowohl (Arrow 1969) als auch (Evenson und Westphal 1995) definieren den Innovationsbegriff etwas weiter. Ihrer Ansicht nach beinhalten Innovationen auch nachahmende Prozesse unter Verwendung bereits bestehender Technologien. Es handelt sich dabei nicht um eine kostenlose Kopie von Gütern oder Prozessen, sondern um eine anpassende Übertragung dieser an lokale Gegebenheiten, für die ebenso Investitionen benötigt werden. Demzufolge handelt es sich bei diesem weiter gefassten Verständnis um eine Innovation, jedoch mit imitierenden Elementen.

Es muss für beide Tätigkeitsfelder, Innovation und Imitation, ein ähnlicher Aufwand im Sinne von Zeit und Produktionsfaktoren aufgebracht werden (Cohen und Levinthal 1989, Griffith et al. 2004, Segerstrom 1991, S. 826). Außerdem ist der Erfolg beider von Unsicherheit geprägt. Dies ist der Neuheit des Produktionsprozesses geschuldet, unabhängig davon, ob es sich um die Entwicklung eines vollkommen neuen Gutes bzw. Prozesses handelt, oder ob ein für das Unternehmen neues Gut oder Prozess nachgeahmt wird (Segerstrom 1991, S. 826).

Die Imitation als technischer Fortschritt kann auch als Technologieübertragung gesehen werden (Cohen und Levinthal 1989, Griffith et al. 2004, Nelson und Phelps 1966, S. 70). Die Technologiediffusion beschränkt sich dabei nicht notwendigerweise auf die Verbreitung innerhalb einer Volkswirtschaft, sondern der Kerngedanke kann auch länderübergreifend übernommen werden. Dann wird wie bei (Nelson und Phelps 1966) Wissen durch Imitation in ein anderes Land übertragen.

Wissen nimmt auf zwei Arten zu: Zum einen durch die Verbreitung bereits bekannter Güter und Verfahren, zum anderen durch die Entwicklung neuer Güter und Verfahren. Im ersten Fall handelt es sich um Wissensdiffusion, die durch Imitationen umgesetzt wird. Bei dem zweiten Fall steigt der Wissensstock durch innovierende Tätigkeiten an (Schmookler 1966). Als Technologiediffusion oder auch Technologietransfer wird die Verbreitung von technischem Wissen bzw. Technologien bezeichnet. Dies kann durch verschiedene Kanäle geschehen,

wie beispielsweise durch Fachzeitschriften, ausländische Direktinvestitionen oder aber auch durch die Migration qualifizierter Arbeitskräfte. In dieser Arbeit liegt der Schwerpunkt auf dem internationalen Handel als Diffusionskanal von technischem Wissen und berücksichtigt die verschiedenen Absichten, Technologiediffusion gezielt hervorzurufen. Eine Technologie ist erst dann diffundiert, wenn sie adaptiert wurde. Dabei kann es sich sowohl um die Diffusion von Wissen innerhalb eines Landes zwischen Unternehmen als auch um die grenzüberschreitende Diffusion zwischen Ländern handeln (Acemoglu 2009, Kapitel 18, S. 611).

Aus welchem Grund Technologiediffusion letztendlich beabsichtigt wird, hängt im Wesentlichen von der Perspektive ab. (Arrow 1969) sieht die Motivation für die Übertragung von technischem Wissen in dem Anreiz der Gewinnerzielungsabsichten und beschreibt dabei eher die mikroökonomische Perspektive. Makroökonomisch liegt der Grund des Technologietransfers vielmehr in einem möglichen Entwicklungspotential, das daraus resultieren kann.

Die Bedeutung des Technologietransfers für den Entwicklungsprozess eines Landes wird erstmals von (Gerschenkron 1952) beschrieben. Dabei unterscheidet er zwischen horizontalem und vertikalem Technologietransfer. Bei der Übertragung und Implementierung technischer Neuerungen vom Forschungs- und Entwicklungsbereich in den Bereich praktischer Anwendung handelt es sich um den vertikalen Technologietransfer. Verlässt man die mikroökonomische Perspektive, dann ist der horizontale Technologietransfer auf der makroökonomischen Ebene zu finden. Dieser wiederum beschreibt die Übertragung von technischem Wissen und Produktionsfertigkeiten über Ländergrenzen hinweg.

In dieser Arbeit liegt der Fokus auf dem horizontalen Transfer und steht in einem engen Zusammenhang mit dem catching-up Effekt, dem Aufholprozess einer Volkswirtschaft. Zahlreiche Beispiele zu Zeiten der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert untermauern den von (Gerschenkron 1952) und (Veblen 1915) beschriebenen Aufholprozess. So gelang es Deutschland durch Technologietransfer, an das Pionier-Land Großbritannien aufzuschließen. Der Technologie- und Wissenstransfer im 19. Jahrhundert erfolgte durch Kundschafterreisen von Unternehmern und Ingenieuren nach Großbritannien, dem Anwerben britischer Fachkräfte in das eigene Land sowie durch Akademien, wissenschaftliche Gesellschaften und Fachzeitschriften. Die technische

Lücke konnte geschlossen werden und liefert Anhaltspunkte, dass dieser sogenannte Velben-Gerschenkron-Effekt auch auf die heutige Zeit und die Problematik der Entwicklungspolitik übertragen werden kann. Dieser Effekt beschreibt den Aufholprozess Deutschlands und Österreichs während der Industrialisierung und hebt dabei unter anderem Bildung, Staatseingriffe und Technologietransfer als wichtige Wachstumsfaktoren hervor (Peri und Urban 2004, S. 18-19).

Ein Merkmal von Entwicklungsländern ist der große Abstand zur Welttechnologiegrenze und der damit einhergehende eingeschränkte Zugang zu sowie die Verfügbarkeit von technischem Wissen. Kann das bereits vorhandene Wissen genutzt werden und zusätzlich neues Wissen angeeignet werden, führt dies zum catching-up Prozess. Neben dem Beispiel Deutschlands während der Industrialisierung dienen für die neuere Zeit Japan und die „Tigerstaaten“ als Musterbeispiele, die heute zu den führenden Industrienationen zählen. Die Ursache für diese Aufholprozesse sieht Gerschenkron in der anfänglichen Rückständigkeit eines Landes. Je rückständiger ein Land entwickelte ist, desto höher ist sein Entwicklungspotenzial. (Nelson und Phelps 1966) schränken die These Gerschenkrons ein und halten die Fähigkeiten der Arbeiter im Land für einen weiteren bedeutenden Faktor. Die Rückständigkeit allein helfe einem Land ohne Humankapital nicht die Lücke zum technologisch führenden Land zu schließen. Für (Nelson und Phelps 1966) gilt, dass je besser ein Land mit adaptiven Fähigkeiten in der Bevölkerung ausgestattet ist, desto schneller findet der Entwicklungsprozess statt. Der Technologietransfer und die imitativen Fähigkeiten im Land können gemäß (Abramovitz 1986) auch als Absorptionsfähigkeit bezeichnet werden, dessen Güte durch die strukturellen Voraussetzungen im Land bedingt wird. Ähneln sich die Strukturen der beiden interagierenden Länder des Technologietransfers, dann unterstützt dies den catching-up Prozess. Jedoch ist zu erwähnen, dass Gerschenkron selbst die Quantifizierung der strukturellen Konstellationen und der Absorptionsfähigkeit als kritisch bewertet.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass jede Innovation einen Wissens- und Technologietransfer mit sich bringt, da ein uneingeschränkter Zugang zu Wissen und Ideen besteht und somit jegliche Ideen der Welt mit in den Entstehungsprozess einfließen (Gerschenkron 1952).

Diffusion durch Handel Die Wirkung und Intensität des Technologietransfers kann von außen durch die politische Förderung des Bildungssektor, des Forschungssektors oder auch durch den Außenhandel beeinflusst werden.

Die Bedeutung des Forschungssektors betonen (Griffith et al. 2004) in ihrer empirischen Arbeit über den Einfluss von Forschung und Entwicklung auf das Wachstum eines Landes. Dabei verdeutlichen sie gleichzeitig den Einfluss der Offenheit eines Landes durch die damit verbundene Technologiediffusion auf das Wirtschaftswachstum. Denn die Forschung wirkt nur dann über beide Kanäle, wenn das tangierte Land bereits Außenhandel aufgenommen hat. Zum einen steigt direkt die Innovationsrate und langfristig mit ihr auch die Wachstumsrate. Zum anderen kommt es zu einem indirekten Effekt auf die Wachstumsrate anderer Länder durch den nun möglichen Technologietransfer, jedoch nur in offenen Volkswirtschaften. Ihre Untersuchung bezieht sich auf die Erhöhung der Intensität des Technologietransfers, wenn Länder ihren Forschungssektor fördern. Demzufolge ist es unabhängig vom technologischen Entwicklungsstand immer angebracht, Investitionen in Forschung und Entwicklung zu tätigen. Dieser Einfluss verstärkt sich erneut durch die Offenheit eines Landes. Laut (Griffith et al. 2004) fördert der Ausbau des Forschungssektors sowohl den Aufholprozess durch imitative Aktivitäten, als auch den Entwicklungsprozess von Innovationen.

Hier soll gezeigt werden, welchen Einfluss der Bildungssektor auf die Technologiediffusion hat und inwieweit der Handel diese anregt. Das weite Feld des „Brain Drains“, die Abwanderung hochqualifizierter Arbeitskräfte und Wissenschaftler, wird vernachlässigt, da in der folgenden Analyse von Migration abgesehen wird, da diese keinen Schwerpunkt dieser Arbeit darstellt. Demzufolge findet ein Wissenstransfer nicht durch die Übertragung in Form von Zu- oder Abwanderung statt. Diesem Teilbereich der Wachstumstheorie widmen sich Wissenschaftler wie (Agrawal, Kapur, McHale, und Oettl 2011, Docquier und Rapoport 2012) und (O’Neil 2003) mit dem Ergebnis, dass eine Abwanderung sehr gut ausgebildeter Arbeiter nicht den Wissensbestand einer Volkswirtschaft mindert oder sogar erschöpft. (Docquier und Rapoport 2012) belegen in ihrer Untersuchung positive Einflussfaktoren bedingt durch den „Brain Drain“, da beispielsweise neue Kontakte entstehen und ein Netzwerk aufgebaut werden kann. Ein opti-

males Einwanderungslevel qualifizierter Arbeiter und Wissenschaftler berechnen (Docquier und Rapoport 2012) für weniger weit entwickelte Länder.

Das Modell von (Grossman und Helpman 1990c) geht von einem aktiven Informationsfluss zwischen Volkswirtschaften aus. Die Mehrheit der Handelsmodelle setzt gemeinhin voraus, dass mit der Öffnung eines Landes allen Wirtschaftsteilnehmern das gesamte Wissen des Weltmarktes zu Verfügung steht, ohne dies zwingend zu fokussieren. (Grossman und Helpman 1990c) formulieren den Wissenstransfer als bewussten Prozess, der durch das Zusammentreffen von beispielsweise Wissenschaftlern oder Handelsvertretern, die als Bindeglied zwischen den Märkten fungieren, zu Stande kommt.

Findet Handel statt und werden Technologien oder humankapitalreichere Güter in das Land importiert, dann führt dies nicht zwingend zu einem technischen Fortschritt. Es ist durchaus denkbar, dass der Import zu diesem Land nicht „passt“ und demzufolge keine Produktivitätssteigerung hervorruft. So verhelfen neue Verfahrenstechniken der Pharmaindustrie einem Land ohne Pharmawesen nicht weiter, der Import ist demzufolge nicht zweckmäßig. Denn ob eine Imitation erfolgreich ist, hängt im Wesentlichen davon ab, ob ausreichend und vor allem angemessen qualifizierte Arbeitskräfte vorhanden sind, die den Nachahmungsprozess durchführen. Auch das kann dazu führen, dass bestimmte Güter oder Prozesse für eine Volkswirtschaft „noch“ nicht geeignet sind, jedoch in einem späteren Entwicklungsstadium mit einem reformierten und angepassten Bildungssystem die Importe der selben Innovation die Produktivität steigern. In dieser Arbeit wird klar zwischen Innovation und Imitation unterschieden. Als Imitationen werden implementierte ausländische Technologien verstanden. Es wird hier nicht nur graduell zwischen beidem unterschieden, sondern klar differenziert anhand des eingesetzten Humankapitals (Cohen und Levinthal 1989, Griffith et al. 2004, S.883).

2.4 Wachstumstheorien beruhend auf technischem Fortschritt

Das folgende Unterkapitel befasst sich mit der Entwicklung der Wachstumstheorien, die sich vornehmlich mit den Ursachen des Wirtschaftswachstums beschäftigen. Beginnend mit der relativ jungen Wirtschaftstheorie der „unified growth theory“, zu deutsch die Theorie des einheitlichen Wachstums, wird anschließend wieder die Struktur (Gandolfo 1998)s aufgegriffen, die die Wirtschaftstheorien gemäß ihrer Gründe für Wachstum untergliedert. Gandolfo sah als direkte Ursachen von Wachstum zum einen die Akkumulation von Produktionsfaktoren und zum anderen den technischen Fortschritt. Die Akkumulation von physischem Kapital wird unter anderem im neoklassischen Solow-Modell thematisiert. Darauf folgt die Abgrenzung zu den endogenen Wachstumstheorien, wie beispielsweise dem Romer-Modell. Anschließend wird der technische Fortschritt in schumpeterianischen Modellen genauer analysiert, bevor abschließend anhand des Uzawa-Lucas-Modells die Akkumulation von Humankapital als Voraussetzung für den technischen Fortschritt behandelt wird.

In diesem Rahmen werden die verschiedenen Ansätze und Modelle kurz vorgestellt, um die im Hauptteil folgenden Modellvariationen darin einordnen zu können.

unified growth theory

Die „unified growth theory“ wurde von Oded Galor begründet und versucht einen zeitlich allumfassenden Erklärungsansatz für das Wirtschaftswachstum zu finden. Dabei wird das langfristige Wachstum vor der Zeit der Industrialisierung mit einbezogen, wodurch eine stärkere Bedeutung des demographischen Wandels bedingt wird (Galor 2011). Abbildung 2.1 zeigt das Pro-Kopf-Einkommen der Weltbevölkerung

Quelle: Galor (2011)

Abbildung 2.1: Pro-Kopf-Einkommen der Welt im Jahre 2010

aus dem Jahr 2010. Das BIP ist das Maß für das wirtschaftliche

Wachstum, wobei eine Pro-Kopf-Betrachtung eine internationale Vergleichbarkeit ermöglicht. Dabei wird ersichtlich, dass auf der Nordhalbkugel und in den Pazifikstaaten Australien und Neuseeland das durchschnittliche Einkommen pro Kopf bei mindestens 15.000 US-Dollar pro Jahr liegt. Führend sind Nordamerika, Europa, sowie Australien und Neuseeland. Das durchschnittliche Einkommen dieser Länder ist größer als 30.000 US-Dollar. Mit weniger als 3.000 US-Dollar im Jahr müssen die Einwohner im Norden Sub-Sahara-Afrikas auskommen (Galor 2014, Kapitel 1).

Abbildung 2.2 zeigt das BIP pro Kopf im Zeitverlauf der letzten

Quelle: Galor (2011)

Abbildung 2.2: Pro-Kopf-Einkommen von 1820-2010 - zu den Western Offshoots zählen Australien, Kanada, Neuseeland und USA -

200 Jahre. Es sind immer noch deutliche regionale Unterschiede zu verzeichnen, doch viel auffälliger ist, dass gegen Ende des 19. Jahrhunderts, in den heute relativ weit entwickelten Ländern, eine Phase der Stagnation endete. Außerdem gab es weltweit nach dem zweiten Weltkrieg einen erneuten Wachstumsschub. Ein erweiterter Blick auf

Quelle: Galor (2011)

Abbildung 2.3: Pro-Kopf-Einkommen von 1-2010

Schätzungen¹⁵ der letzten 2000 Jahre in Abbildung 2.3 zeigt, dass die Phase der Stagnation seit Beginn unserer Zeitrechnung andauert. Der erste Wachstumsschub gegen Ende des 19. Jahrhunderts gründet auf der Erfindung der Dampfmaschine und der damit einhergehenden industriellen Revolution. Zunächst in England, dann in ganz Westeuropa, Japan und in den USA kam es zu dem Übergang von der

¹⁵ Diese wurden von (Galor 2011) vorgenommen und gehen zurück auf die Daten von (Maddison 2001).

Agrar- zur Industriegesellschaft. Die Industrialisierung bedingte eine stark beschleunigte Entwicklung von Technologie, Produktivität und Wissenschaft.

In der vorliegenden Arbeit soll aufgezeigt werden, dass es sich hierbei um wesentliche Einflussfaktoren wirtschaftlichen Wachstums handelt. Jedoch ist der Grenzertrag dieser Neuerungen abnehmend und somit für die Industrieländer von geringerer Bedeutung. Auf das wirtschaftliche Wachstum noch relativ wenig entwickelter Länder üben diese Faktoren heute aber einen deutlichen Einfluss aus. Die regionale Ausbreitung der industriellen Entwicklung, der Technologietransfer, erfolgt entweder durch Migration oder durch den Güterhandel, dem zweiten Schwerpunkt dieser Arbeit.

In dem Bereich der „unified growth theory“ beschäftigt sich Oded Galor vornehmlich mit Forschungsfragen über den Ursprung der sozialen Ungleichheit zwischen den Ländern:¹⁶ Welche Faktoren hemmten die Konvergenz armer Länder an reichere in den letzten Jahrzehnten? Welche Rolle spielen die originären Faktoren, wie kulturelle, geologische und geographische Eigenschaften eines Landes bei der Erklärung der beobachteten komparativen Vorteile?

Die Bevölkerungsfalle oder auch Malthusianische Katastrophe genannt, bildet die Grundlage der einheitlichen Wachstumstheorie und stellt ein Hemmnis für Entwicklung und Wachstum dar. Der Grundgedanke geht auf Thomas Malthus (1798) zurück. Er behauptete, dass langfristiges Wachstum des Lebensstandards nicht möglich sei. (Galor 2011) greift seine Theorie auf und unterteilt dabei die letzten 2000 Jahre in drei verschiedene Epochen. Die Malthusianische Epoche, die Post-Malthusianische Epoche und die Zeit des Modernen Wachstums.¹⁷

¹⁶ Die soziale Ungleichheit hat sich in den vergangenen 2000 Jahren enorm verändert. Wird nur Westeuropa betrachtet, so ist der Faktor 40 Mal so groß, als zu Beginn unserer Zeitrechnung. In Ländern Afrikas, hat sich die Ungleichheit hingegen „nur“ vervierfacht. Die Folge des hohen Wirtschaftswachstums ist eine größere Kluft zwischen den armen und reichen Bevölkerungsschichten (Galor 2011).

¹⁷ Neben (Galor und Mountford 2006) befassen sich ebenso die Aufsätze von (Hansen und Prescott 2002), sowie (Ashraf und Galor 2008) mit dieser zeitlich allumfassenden Wachstumstheorie.

Quelle: Galor (2011)

Abbildung 2.4: Entwicklungsphasen des Wachstums (der „unified growth theory“)

Die Malthusianische Epoche nimmt 99,8% der letzten 2000 Jahre ein und endet in den 50er Jahren des 18. Jahrhunderts. Die verbleibenden 0,2% bilden die Post-Malthusianische Epoche, welche ca. 120 Jahre andauerte und durch die Industrielle Revolution eingeleitet wurde, sowie die anschließende Zeit des Modernen Wachstums. Diese begann in den 1870ern und dauert bis heute an (Galor 2014).

Malthusianische Epoche

(Ashraf und Galor 2011) charakterisieren die Malthusianische Epoche vor allem durch den sehr langsamen Prozess des technischen Fortschritts. Dieser war nicht das Ergebnis organisierter Wissensakkumulation, wie es seit der Industrialisierung und in den Industrieländern üblich war, sondern basierte auf Erkenntnissen, Erfahrungen und Experimenten des Alltags sowie der Notwendigkeit Probleme zu lösen, um das Überleben zu sichern. Jedoch wurde in Anbetracht des sehr langen Zeitraums von knapp 2000 Jahren relativ wenig Neuerungen eingeführt und es resultierte laut der Schätzungen von (Maddison 2001) nur eine jährliche Wachstumsrate von $\frac{1}{19}\%$ des Pro-Kopf-Einkommens. In diesem Zeitabschnitt entspricht das Pro-Kopf-Einkommen ungefähr dem Existenzminimum. Der geografisch begrenzte Produktionsfaktor Land stellt die Haupteinnahmequelle der Bevölkerung dar. Der fruchtbare Boden konnte nur bedingt bewirtschaftet werden und führte langfristig zu abnehmenden Grenzerträgen des Bodens und der Arbeit. Geht man von einem Land aus, das nur landwirtschaftliche Güter herstellt, dann benötigt die Volkswirtschaft fruchtbares Land X , Arbeit L und den Produktivitätsparameter A um das Gut Y herzustellen.

$$Y = AX^\beta L^{1-\beta}, \quad \text{mit } 0 < \beta < 1 \quad (2.1)$$

Wenn davon ausgegangen wird, dass jedes Mitglied der Bevölkerung arbeitet und das fruchtbare Land auf $X = 1$ normiert wird, dann ergibt sich für das Pro-Kopf-Einkommen y folgende Gleichung.

$$y = \frac{Y}{L} = AL^{-\beta} \quad (2.2)$$

Hier lässt sich formal darstellen, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Produktivität A und dem Pro-Kopf-Einkommen y besteht und ein negativer mit der Bevölkerungsgröße L . Damals wie heute bestimmt das Einkommen die Familienplanung. Ein hohes Pro-Kopf-Einkommen geht mit einem hohen Lebensstandard einher. Je stärker das Pro-Kopf-Einkommen wächst, desto schneller wächst die Bevölkerung.

Drei externe Effekte beeinflussen in diesem Zeitabschnitt das Pro-Kopf-Einkommen positiv: der technologische Fortschritt, die Ausweitung des bestellbaren Bodenbestands und ein Rückgang der Bevölkerung durch exogene Schocks, wie Krankheiten oder Hungersnöte. Diese führen kurzfristig zu einem positiven Pro-Kopf-Einkommenseffekt. Der Wohlstandsanstieg der Bevölkerung bedingt dann wiederum ein höheres Bevölkerungswachstum. Langfristig bedeutet das jedoch, dass das Niveau des Pro-Kopf Einkommens wieder sinkt. Beispielhaft für das Verhalten des Einkommens auf einen exogenen Schock ist die Pest, die in England von 1250 bis 1270 wütete. Die Bevölkerungszahl sank sehr stark, wodurch der Produktionsfaktor Arbeit knapper und dadurch teurer wurde. Ein stark ansteigendes reales Lohnniveau war die Folge. Erst mit dem Anstieg der Bevölkerung sank auch das Lohnniveau wieder.

Ein weiterer Zusammenhang besteht zwischen der Bodenproduktivität und der Bevölkerungsdichte. Je produktiver das Land ist und je mehr Lebensmittel angebaut und geerntet werden können, desto stärker wächst die Bevölkerung. In diesem Fall vornehmlich in Volkswirtschaften, denen relativ viel bestellbares Land zur Verfügung steht. Jedoch hat die Zunahme der Produktivität des Bodens keinen direkten Einfluss auf das Pro-Kopf-Einkommen, weil der anfängliche Einkommenszuwachs durch den Produktivitätsgewinn, durch die Bevölkerungszunahme ausgeglichen wird.

Bei dem dritten positiven Effekt dieser Zeit, dem Technologischen Fortschritt verhält es sich ähnlich. Anfänglich steigert dieser die Pro-

duktivität und somit das Einkommen, aber ein höheres Einkommen führt zu einer höheren Geburtenrate und gleicht somit den kurzfristigen Effekt wieder aus. Ansonsten lässt sich zwischen technologischem Fortschritt und Pro-Kopf-Einkommen nur ein geringer positiver Zusammenhang feststellen (Galor 2014).

Post-Malthusische Epoche

Der Übergang der Malthusischen zu der Post-Malthusischen Epoche ist durch den Startpunkt, den „take-off-point“, des wirtschaftlichen Wachstums charakterisiert. Dabei wird die Phase der Stagnation durch Wachstum abgelöst. Laut der Theorie nach (Hansen und Prescott 2002) sowie (Ashraf und Galor 2008)¹⁸ wurde der technische Fortschritt durch die Industrielle Revolution im 18. Jahrhundert stark beschleunigt.¹⁹ Dadurch kam es zu einem sehr starken Anstieg des totalen Outputs und auch des Pro-Kopf-Einkommens. Das Pro-Kopf-Einkommen hatte noch immer einen positiven Effekt auf das Bevölkerungswachstum, jedoch ist dieser nun im Vergleich zur Malthusischen Epoche abnehmend. Es herrschte also ein vergleichsweise schnelles Wachstum des Pro-Kopf-Einkommens und der Bevölkerung. Dieser Wachstumsstartpunkt ist jedoch regional verschieden, vor allem, weil es schon regionale Entwicklungsunterschiede gab. So vor allem in technologisch weiter entwickelten Volkswirtschaften und auch in Ländern, die sehr reichlich mit dem Faktor Boden ausgestattet waren. Hier gab es grundsätzlich eine höhere Bevölkerungsdichte und größtenteils ähnliche Einkommenslevel in den Bevölkerungsschichten. Somit waren diese schon in der Malthusianischen Epoche relativ

¹⁸ Das Papier von (Ashraf und Galor 2008) bestätigt den Wandel des Bevölkerungswachstums in der malthusischen Epoche empirisch.

¹⁹ Eine andere Theorie besagt, dass die Humankapitalakkumulation im Vordergrund steht und letztlich zur Industrialisierung, dem Übergang von der Stagnation zum Wachstum, geführt hat (Galor und Weil 2000). Die Ansammlung von Humankapital führt zu technischem Fortschritt, der somit durch einen Skaleneffekt der Bevölkerungsgröße entsteht. Andererseits führt erst der Produktivitätsfortschritt zu einer Nachfrage nach Humankapital und es kommt zu ständigen positiven Wechselwirkungen zwischen der Humankapitalakkumulation und dem technischen Fortschritt.

weiter entwickelt, was wiederum einen früheren „take-off point“ mit einem relativ stärker andauernden Wachstum bedingte.

Werden die Regionen anhand der Industrialisierung pro Kopf ²⁰ miteinander verglichen, verdeutlicht dies, dass die Industrialisierung in Großbritannien ihren Ursprung hat (Galor 2014).

Durch Migration und Handel bedingt, kam es erst über 50 Jahre später in den übrigen europäischen Ländern, wie Frankreich und Deutschland, sowie Nordamerika zu einem Anstieg der Pro-Kopf-Industrialisierung. In den heutigen Entwicklungsländern sank sogar in der Zeit der Malthusischen Epoche die Industrialisierung pro Kopf aufgrund des starken Bevölkerungswachstums. Erst in der Zeit des modernen Wachstums, ab dem Jahre 1920, gelangte ein Wachstumsimpuls in die Länder der dritten Welt. Ein deutlich stärkerer Wachstumsimpuls auf deren Industrialisierung folgte mit etwas zeitlicher Verzögerung nach dem zweiten Weltkrieg im Jahre 1960. Jedoch handelt es sich hierbei um einen deutlich geringeren Wachstumsschub, als er durch die Industrialisierung in den heutigen Industrieländern hervorgerufen wurde (Galor 2014).

Epoche des modernen Wachstums

Die Epoche des modernen Wachstums beschreibt den Zeitabschnitt in dem das anhaltende ökonomische Wachstum beginnt. Der technische Fortschritt war in dieser Zeit so intensiv, dass es eine starke Nachfrage nach Humankapital gab. Die Bevölkerung begann daher in ihre Ausbildung zu investieren und baute Humankapital auf. Die Menschen mussten aber Prioritäten setzen und ihre Zeit zwischen Erwerbstätigkeit, Kindererziehung und ihrer eigenen Weiterbildung aufteilen. Dies geschah zu Lasten der Geburtenrate, welche mit steigenden Humankapital schließlich sank. Qualifizierte Mitarbeiter förderten von nun an den andauernden Industrialisierungsprozess und der technische Fortschritt nahm weiterhin zu. Die gesunkene Geburtenrate führte letztlich

²⁰ Dies kann als die Arbeitsleistung pro Kopf gesehen werden, die durch den Einsatz fortschrittlicherer Verfahren ansteigt und wird gemessen an der industriellen Produktion pro Kopf.

zu einem geringeren Bevölkerungswachstum. Von diesem Zeitpunkt an war das ökonomische Wachstum unabhängig von den Bevölkerungsbebewegungen und es kam zu keiner Kompensation positiver wachstumsfördernder Effekte durch Bevölkerungszunahme. Die drei angeführten Punkte, technologischer Fortschritt, gemindert es Bevölkerungswachstum und Humankapitalakkumulation generierten von da an langfristiges gleichmäßiges ökonomisches Wachstum.

Werden die Wachstumsraten der verschiedenen Volkswirtschaften betrachtet, so handelt es sich seit 1950 bis zum heutigen Zeitpunkt um größtenteils gleichmäßiges positives Wachstum. Die unterschiedlichen Entwicklungsstände werden durch die verschiedenen Niveaus des BIPs pro Kopf deutlich. Diese resultieren aus den unterschiedlichen Startsituationen in der Malthusianischen Epoche und den daraus folgenden „take off points“ induziert durch die Industrialisierung (Galor 2014). Die Entwicklung der Geburtenrate greift (Galor 2014) erneut auf und analysiert in seiner Wachstumstheorie deren Rückgang. Die Daten zeigen, dass nicht nur die Entwicklung der Länder zeitlich versetzt ist, sondern auch die Geburtenraten ähnlich reagieren. Länder mit relativ schlechteren Anfangsbedingungen und somit einem späteren „take off“ verzeichnen auch einen verzögerten Anstieg und späterem Absinken der Geburtenrate. Die Geburtenrate wächst zunächst durch das zusätzliche Einkommen aus der industrialisierten Wirtschaft und sinkt mit zunehmenden Bildungsstand der Bevölkerung. Werden die asiatischen oder afrikanischen Volkswirtschaften betrachtet, so stieg dort die Geburtenrate erst im Jahr 1870 an. Fünfzig Jahre später begann in den Ländern der westlichen Welt zu diesem Zeitpunkt die Geburtenrate bereits wieder zu sinken (Galor 2014). Oder Galors „unified growth theory“ fand viele Anhänger, die ihre Aufgabe darin sahen die Entwicklung rückblickend zu erörtern.

Das Malthusische Modell zeigt, dass die Produktion mit einem fixen Faktor, dem Land bzw. dem fruchtbaren Boden, und zunehmenden Bevölkerungswachstum von der Pro-Kopf-Output-Rate abhängt. Dabei führt ein hohes Pro-Kopf-Einkommen zu einem Anstieg der Bevölkerung, was wiederum die Pro-Kopf-Rate mindert und die Bevölkerungszahl sinkt. Langfristig ergibt sich eine Stagnation der Wachstumsrate. Wird der Ansatz von (Malthus 1798) um eine AK-Produktionstechnologie erweitert, dann simuliert dies die Zeit des 1900. Jahrhunderts, in der die industrielle Revolution zu grundlegen-

den Veränderungen führte. Diese Modellerweiterung nach (Hansen und Prescott 2002), sowie (Ashraf und Galor 2008) veranschaulicht, dass sofern der Wissensparameter groß genug ist, es zu einem Strukturwandel vom primären Landwirtschaftssektor zum sekundären Industriesektor kommt. Somit wird die Kompetenz und Qualifiziertheit der Unternehmer in Zeiten struktureller Veränderungen, wie beispielsweise dem Wandel im Zuge der Industrialisierung betont (Galor und Tsiddon 1997). Die Volkswirtschaft bewegt sich damit aus der Stagnation heraus und die Wirtschaft wächst langfristig. Sie sehen den Grund für den Entwicklungsprozess stagnierender zu wachsenden Volkswirtschaften in dem Wandel von landintensiver Produktion hin zu technologieintensiver Produktion, auch als Folge der Industrialisierung. Dieser Zusammenhang ebnet den Übergang zur neoklassischen Wachstumstheorie, dessen führender Vertreter Robert Solow ist (Hansen und Prescott 2002).

2.4.1 Exogene Wachstumsmodelle

Die folgenden traditionellen Wirtschaftstheorien beschäftigen sich vornehmlich mit der Erklärung des Wachstums seit dem Industrialisierungsprozess. Ein Wachstumsmodell wird immer dann als exogen bezeichnet, wenn die Ursachen des technischen Fortschritts nicht hinterfragt werden und per Annahme in das Modell eingehen. Dies belegt das Solow-Modell, indem Kapitalakkumulation zu einem Anpassungswachstum hin zum Gleichgewicht führt und technischer Fortschritt als exogene Annahme einer langfristigen Stagnation entgegenwirkt.

Solow-Modell

Robert Merton Solow wurde 1924 in New York City geboren und fand, nach dem zweiten Weltkrieg während eines volkswirtschaftlichen Studiums in Harvard, in Wassily Leontief seinen Lehrer (Linß 2007). Aus seinem bedeutendsten Papier „A Contribution to the Theory of Economic Growth“, von 1956 entwickelte er ein Wachstumsmodell basierend auf einer gesamtwirtschaftlichen Produktionsfunktion. Die

beiden Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital werden in einem flexiblen Verhältnis eingesetzt und führen zu einer gleichgewichtig wachsenden Wirtschaft. Dabei zeigt das sogenannte Solow-Modell in seiner Einfachheit die Bedeutung des technischen Fortschritts für die ökonomische Entwicklung eines Landes und beschreibt den gleichgewichtigen Zustand einer Volkswirtschaft, bei dem die Abschreibung und das Bevölkerungswachstum genau durch die Ersparnis kompensiert wird. In diesem Gleichgewicht verändert sich die Kapitalintensität nicht mehr.²¹ Das Modell setzt sich zunächst aus einer Produktionsfunktion und einem Bewegungsgesetz zusammen.

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha} \quad (2.3)$$

Das Gut bzw. Volkseinkommen Y wird mit den Produktionsfaktoren Kapital und Arbeit hergestellt. Die Produktionselastizität $\alpha < 1$ beschreibt abnehmende Grenzerträge des Kapitals und A ist ein Produktionsparameter.

Das Bewegungsgesetz beschreibt die Abhängigkeit der Kapitalakkumulation von den Investitionen, die sich aus der Ersparnis sY ergibt, und der Abschreibung auf das Kapital.

$$\dot{K} = sY - \delta K \quad (2.4)$$

Dabei ist \dot{K} das aggregierte Sparen und entspricht der aggregierten Investition, δK beschreibt die aggregierte Abschreibung (Solow 1956). Die Kernaussage des Solow-Modells ist, dass langfristiges Wirtschaftswachstum nicht durch ökonomische Bedingungen herbeigeführt wird. Das Pro-Kopf-Einkommen Y/L kann nur dann wachsen, wenn auch der Produktivitätsparameter A wächst. Dieser wird auch als technischer Fortschritt bezeichnet, der jedoch weder erklärt noch begründet wird. Langfristig ist Wirtschaftswachstum nur dann möglich, wenn es zu technischem Fortschritt kommt. Neben diesem Ergebnis zeigt Robert Solow erstmals, dass eine Volkswirtschaft intrinsisch bestrebt ist Stabilität zu erreichen.

²¹ Nach einem Anpassungswachstum verändert sich die Kapitalintensität pro Kopf $k(t)$ nicht mehr über die Zeit, deshalb gilt $\dot{k} = 0$.

Bis zur Entwicklung seines Modells galt der Faktor Kapital als limitierend für das Wirtschaftswachstum.²² Basierend auf den Gedanken Ricardos zeigt Solow, dass ohne technischen Fortschritt eine Kapitalsättigung und somit eine Stagnation eintreten wird (Solow 1956)

Die Ergebnisse seiner Arbeit belegte Solow selbst im Jahr 1957 empirisch am Beispiel der USA. Er argumentiert, dass nicht der erhöhte Einsatz von Kapital und Arbeit die Entwicklung förderten, sondern rund 90 Prozent des Wachstums durch technischen Fortschritt verursacht wurden. Dies gelang ihm mit Hilfe des Solow-Residuums. Dieser Term, auch als Totale Faktorproduktivität bezeichnet, beschreibt den Zuwachs der Produktivität, der weder durch eine erhöhte Kapitalzufuhr, noch durch zusätzliche Arbeit hervorgerufen wird und sich demnach nur auf den technischen Fortschritt zurückführen lässt.

Das Solow-Modell ist der Ausgangspunkt vieler weiterer Wachstumstheorien und Strömungen, die auf den folgenden Seiten skizziert werden (Aghion et al. 2015).

Ramsey-Modell

In seinem dynamischen Modell maximiert (Ramsey 1928) die Wohlfahrt über einen unendlichen Zeithorizont intertemporal. Dabei unterscheidet sich seine Arbeit von der Solows durch die Annahme hinsichtlich der Beschaffenheit der Sparquote. Im Solow-Modell ist diese konstant und somit exogen, wohingegen Ramsey sie endogenisiert. Darin liegt auch der Kern seines Modells: die Konsum- bzw. Sparscheidung der Haushalte. Sein endogenes Wachstumsmodell bestimmt den optimalen Konsumpfad in Form der Keynes-Ramsey-Regel, indem der Nutzen intertemporal maximiert wird, ergibt sich die optimale Wachstumsrate des Konsums (Ramsey 1928).

(Solow 1956) und (Ramsey 1928) stehen stellvertretend für die exogenen Wachstumsmodelle, die die Ursachen des technischen Fortschritts vernachlässigen. Diese vorhandenen Erklärungsdefizite der exogenen Modelle versuchen die endogenen Modelle zu beheben.

²² Als Beispiel dient hier das Harrod-Domar Wachstumsmodell (Harrod 1939, Domar 1946).

2.4.2 Endogene Wachstumsmodelle

Bis zu den neueren Wachstumstheorien oder auch endogenen Wachstumstheorien wurden weder die Möglichkeit unvollständiger Konkurrenz noch Externalitäten als Einflussfaktoren auf das Wirtschaftswachstum berücksichtigt. Externe Effekte durch Investitionen in Human- oder Sachkapital können zu einem gesamtwirtschaftlich langfristigen Wachstum führen, unabhängig davon, ob der Effekt intraindustriell eine Branche betrifft, oder aber interindustriell branchenübergreifend wirkt. Das hier vorherrschende Beispiel für einen positiven externen Effekt entsteht durch zunehmende Bildung, denn ein höherer Bildungsstand verbessert nicht nur die eigene Produktivität im Berufsleben, sondern trägt auch zur Verbreitung von Wissen bei, wie durch die Weitergabe an die nächste Generation.

Wird in der Theorie von unvollständigem Wettbewerb ausgegangen, birgt dies für Unternehmen Anreize den technischen Fortschritt zu beschleunigen, um von Monopolmacht profitieren zu können.

Eine weitere Charakteristika endogener Wachstumsmodelle ist, dass sie nicht von abnehmenden Grenzerträgen des Kapitals ausgehen.

(Gandolfo 1998)s (1998) Struktur, Wachstumsmodelle hinsichtlich ihrer Wachstumsursachen, Faktorakkumulation und technischem Fortschritt, zu untergliedern kann auch bei den endogenen Modellen angewandt werden. Die folgenden Abbildung ?? spezifiziert die Ursache und ordnet entsprechend charakterisierende Modelle zu (Frenkel und Hemmer 1999).

Endogenen Wachstumsmodelle werden von (Frenkel und Hemmer 1999) in zwei Strömungen untergliedert. Wird der Technologieparameter als konstant angenommen, ist Wachstum auf die Kapitalakkumulation zurückzuführen. Diese Modelle zeigen, dass auch ohne technischen Fortschritt das Grenzprodukt des Kapitals nicht abnimmt. Die Zweite Strömung endogenisiert den technischen Fortschritt, indem Innovationen aktiv angestrebt werden (Frenkel und Hemmer 1999). Beiden Strömungen ist jedoch gemein, dass in diesen Modellen die Wissenschaftler die Möglichkeit haben auf das Wissen vorangegangener Generationen zurückzugreifen, aus diesen zu lernen und das Wissen weiter aufzubauen. Der endogene Faktor besteht in der Weitergabe des Wissens, also dem daraus resultierenden augenblick-

lichen Wissensstand und nicht in einer erhöhten Investitionstätigkeit in den Forschungssektor (Romer 1990, Rebelo 1991).

2.4.2.1 Endogene Wachstumsmodelle mit konstantem Technologieparameter

Wird von einer Linearität zwischen dem Kapital und dem Volkseinkommen ausgegangen, dann handelt es sich um eine konstante Kapitalproduktivität, die ein abnehmendes Grenzprodukt des Kapitals ausschließt, so wie im AK-Modell.

AK-Modell

Das AK-Modell ist ein weiteres richtungsweisendes Modell, eines der ersten endogenen Wachstumsmodelle in Hinblick auf den technischen Fortschritt und basiert auf dem Papier von (Rebelo 1991). Es unterscheidet sich dahingehend vom Solow-Modell, dass der technische Fortschritt den abnehmenden Grenzerträgen entgegenwirkt und diesen „Wachstumshemmer“ unterbindet. Der technische Fortschritt wird nicht einzeln aufgeführt, sondern bedingt die Akkumulation von Humankapital, die ein Bestandteil der allgemeinen Kapitalakkumulation ist. Die Produktionsfunktion besteht, wie der Name des Modells bereits sagt, aus Kapital K und der Konstanten A , jedoch ohne abnehmende Erträge.

$$Y = AK \quad (2.5)$$

Er modelliert ein endogenes Wachstumsmodell, obwohl er von konstanten Skalenerträgen ausgeht. Denn (Rebelo 1991) erachtet, anders als (Romer 1990), steigende Skalenerträge als nicht notwendig, um Wachstum zu generieren, sofern für die Investitionsgüterproduktion nur akkumulierbare Einsatzfaktoren eingebracht werden (Rebelo 1991).

Die Kapitalakkumulation entspricht der des Solow-Modells und ist demnach der Gleichung (2.4.1) zu entnehmen. Die Wachstumsrate g der Ökonomie beschreibt das langfristige Wachstum und wird durch eine hohe Ersparnis des BIPs hervorgerufen.

$$g = \frac{\dot{K}}{K} = s \frac{Y}{K} - \delta = sA - \delta \quad (2.6)$$

Das Modell kann sowohl auf industrialisierte Länder als auch auf Entwicklungsländer angewendet werden. Der beschriebene Wachstumsprozess ist unabhängig von der Entwicklung der übrigen Welt und schließt zunächst den Handel mit anderen Volkswirtschaften aus. Wird dieser berücksichtigt, dann verändern sich die Bedingungen der Kapitalakkumulation und das Modell müsste modifiziert werden.

Das AK-Modell ist immer dann hilfreich, wenn die Unterscheidung von Innovation und Akkumulation irrelevant ist. Da in diesem Rahmen unter anderem der Einfluss von Innovationen untersucht werden soll, werden im folgenden die innovationsbasierten Wachstumsmodelle genauer betrachtet (Aghion et al. 2015).

Uzawa-Lucas-Modell

In diesem Modell verhindert die Akkumulation von Sach- und Humankapital ein abnehmendes Grenzprodukt, jedoch nicht durch eine Ausweitung des Kapitals, wie dies zuvor bei der Faktormehrung exogener Modelle der Fall war, sondern durch eine Erhöhung der Produktivität des Kapitals. Bildung stellt in dem Modell von Uzawa-Lucas den Hauptgrund für die Akkumulation von Humankapital dar und erklärt damit langfristiges Wachstum.²³

Learning-by-doing

Die dritte Strömung endogener Modelle mit konstantem Technologieparameter bilden sogenannte „Learning-by-doing“ Modelle. Auch hier steigt die Produktivität der Faktoren an und das abnehmende Grenzprodukt des Kapitals wird durch Externalitäten unterbunden (Arrow 1962b). Das hier thematisierte Learning-by-doing führt zu den positiven Externalitäten, dem informellen Lernen.

²³ Eine ausführliche Darstellung folgt in Kapitel ??.

2.4.2.2 Endogene Wachstumsmodelle mit variablem Technologieparameter

Der Schwerpunkt dieser Modelle liegt auf der Endogenisierung des technischen Fortschritts. Indem die Annahme des vollständigen Wettbewerbs aufgehoben wird, sind die Unternehmen bestrebt durch Forschung und Entwicklung, das Gut oder den Produktionsprozess weiter zu entwickeln, um zusätzliche Gewinne durch Monopolmacht abschöpfen zu können. Demnach ist der Technologieparameter variabel und zurückzuführen auf innovationsbasierte Ansätze.

Romer-Modell

Ein Vertreter der innovationsbasierten Wachstumsmodelle, Paul Romer, verfolgt diesen Schwerpunkt, den des endogenen technischen Fortschritts, im Zwischengutsektor. Romer wurde 1955 in Denver geboren und begründete die endogene Wachstumstheorie (Linß 2007), da er das Modell Solows um den Faktor Wissen erweitert und dadurch den Ansatz der Wissenschaft neu gestaltete. Er sieht den Motor des Wachstums im Wissen und der Ideenentwicklung, da Wissensvermehrung intertemporale externe Effekte mit sich bringt. Wissen als immaterielles Gut weist die Eigenschaft nicht abnehmender Grenzerträge auf und kann somit nicht aufgebraucht werden. Der technische Fortschritt als direkte Wachstumsquelle wurde bislang nicht in den theoretischen Modellen berücksichtigt und modelliert. Er galt als exogen und wurde als nichterklärbar gegeben hingenommen. Romers Ansatz zeigte, dass der Faktor Wissen technologischen Fortschritt generierte und es gelang ihm diesen in die Modellwelt zu integrieren und dadurch letztendlich auch zu kalkulieren. In seinem Modell erhöhen horizontale Innovationen im Zwischengütersektor die Produktivität, was zu dauerhaftem Wachstum führt.

Seine Gedanken formulierte (Romer 1990) in seinem endogenen Wachstumsmodell des Aufsatzes „Endogenous Technical Change“, indem er ein drei Sektoren Modell vorstellt bestehend aus dem Forschungs- und Entwicklungssektor, dem Zwischengutsektor und dem Endproduktsektor. Der stetige Wissenszuwachs durch Forschungsaktivitäten führt zu zunehmender Produktvielfalt im Zwischengutsektor und bewirkt langfristig einen Anstieg des Einkommens, aufgrund der stär-

keren Spezialisierung und Arbeitsteilung. Dafür notwendig ist jedoch Humankapital, also Fähigkeiten der Menschen, die dieses Wissen erzeugen. Desto mehr Humankapital im Forschungs- und Entwicklungssektor eingesetzt wird, desto mehr Produktvarianten der Zwischengüter, Innovationen, werden entwickelt und desto höher ist das Wachstum (Romer 1990).

Der Produktionsprozess des technischen Fortschritts durch Innovationen regt zwar das Wirtschaftswachstum an, jedoch müssen auch die Kosten dieser berücksichtigt werden. Je aufwendiger und somit kostenintensiver ein Innovationsprozess ist, desto eher kann eine Innovation vor Nachahmern geschützt werden.²⁴ Ist eine Innovation jedoch zu kostenintensiv, übersteigen die Kosten die möglichen resultierenden Gewinne, dann wird sie nicht produziert und eingesetzt.

Ein formal detaillierterer Blick auf das Romer Modell zeigt den Prozess der Entwicklung von Produktvariationen durch Innovationen. Diese sind nicht zwingend qualitativ besser, führen jedoch zu einem höheren Produktivitätswachstum.

Die Produktionsfunktion (2.4.2.2) basiert auf der des Modells von (Dixit und Stiglitz 1977) und beschreibt die Produktion verschiedener Varianten i , mit $i = [0; N_t]$, eines Zwischenprodukts mit dem Produktionsfaktor Kapital K_{it} .

$$Y_t = \sum_{i=0}^{N_t} K_{it}^{\alpha} \quad (2.7)$$

Der Kapitalstock K_t , kann aufgrund der Symmetriebedingung gleichmäßig auf N_t Varianten aufgeteilt werden und führt zu folgender Formulierung der Produktionsfunktion.

$$Y_t = N_t^{1-\alpha} K_t^{\alpha} \quad (2.8)$$

Laut dieser Gleichung ist hier der Produktivitätsparameter der Ökonomie der Grad der Produktvielfalt N_t . Je größer der Grad ist, desto größer ist das Produktionspotenzial eines Landes. Der Kapitalstock wird auf eine größere Zahl von Produktvarianten aufgeteilt, wobei jede durch abnehmende Grenzerträge geprägt ist. Dauerhaftes Wachstum

²⁴ Die Innovationen im Zwischengutsektor führen zu der Marktform der monopolistischen Konkurrenz. Ein patentunabhängiger Schutz der Monopolmacht sind die Kosten für die Entwicklung bzw. Nachahmung der Innovation.

resultiert hier aus der stetigen Entwicklung neuer Produktvarianten. Das Modell zeigt die Rolle technologischer Spillover-Effekte im Sinne der Technologiediffusion.

In diesem Modell führt eine Innovation zu neuen Produktvarianten, dabei wird der Prozess der schöpferischen Zerstörung nicht berücksichtigt. Das Ersetzten „alter“ Produkte durch neu entwickelte und qualitativ hochwertigere ist Kern, der schumpeterianischen Wachstumsmodelle.

Modelle nach dem Gedanken Schumpeters

Neben dem Romer-Modell zählen auch die Modelle zu den innovationsbasierten Modellen, die dem Gedanken Schumpeters folgen. Der Ansatz beruht auf dem Prozess der schöpferischen Zerstörung, deren Idee von ihm erstmals in seiner Monographie von 1912 entwickelt wurde (Schumpeter 1934). Neue qualitätsverbessernde Innovationen ersetzen vorherige und zerstören somit deren Bedeutung. Dabei steht die Entwicklung von Innovationen im Vordergrund und Wachstum entsteht als unbeabsichtigtes Nebenprodukt.

Zu dieser Gruppe endogener Modelle zählt auch das Wachstumsmodell von (Aghion und Howitt 1992), das auch die vertikalen Innovationen betont. Es basiert auf dem Ansatz Schumpeters mit dem Konzept der Schöpferischen Zerstörung. Sie untersuchen Wachstumseffekte, aus denen Innovationen resultieren, die auf Grund von Wissensakkumulation entstanden sind. Anders als im Romer-Modell ersetzt jede Innovation eine vorherige und es gibt keine zusätzliche Variante des Gutes. Einerseits entmutigt dieser fortwährende Erneuerungsprozess die Unternehmer weitere Forschung zu betreiben, da sie einer ständigen Bedrohung der Veralterung ausgesetzt sind. Andererseits motiviert der anhaltende Wettbewerb die Unternehmen zu Entwicklung effizienterer Produktionsprozesse bzw. verbesserter Zwischengüter, um die Monopolstellung auf einem Markt zu erlangen (Aghion und Howitt 1992). Das folgende Ein-Sektor-Modell geht auf die bereits erwähnte Arbeit von (Aghion und Howitt 1992, Aghion und Howitt 1998) zurück und berücksichtigt den dort angesprochenen Austausch von Gütern durch qualitativ hochwertigere Produktvarianten. Danach bleibt die Summe der Produkte gleich und weitet sich nicht mit jeder weiteren Innovation

aus. Die Grundidee basiert auf der Betrachtung einzelner Industrieebenen i mit der allgemeinen spezifischen Produktionsfunktion:

$$Y_{it} = A_{it}^{1-\alpha} K_{it}^\alpha \quad \text{mit } 0 < \alpha < 1 \quad (2.9)$$

Auch hier ist A_{it} wieder der Produktivitätsparameter zum Zeitpunkt t der Industrie i und führt neben einem Zwischengut K_{it} zur Produktion des Gutes Y_{it} . Das Modell beschreibt die Herstellung eines Endproduktes durch den Einsatz eines Zwischengutes. Der technische Fortschritt liegt also im Zwischengutsektor. Ein Zwischenprodukt wird von einem Innovator hergestellt und ersetzt die vorherige Innovation. Je schneller eine Volkswirtschaft in diesem Modell wächst, desto höher ist die Fluktuation bei den technologisch führenden Firmen.

Wachstum entsteht somit durch die Verbesserung der Produktqualität. Formal bedeutet dies, dass der Produktivitätsparameter A_t von A_{t-1} auf $A_t = \gamma A_{t-1}$, mit $\gamma > 1$, steigt und somit direkt aus innovativen Tätigkeiten resultiert. Für die Entwicklung dieser Neuerungen muss es, neben dem Produktionssektor, auch einen Forschungssektor geben. Die Kosten für die Forschung entsprechen den verwendeten Endprodukten, die als Faktoreinsatz fungieren. Mit zunehmendem Forschungsaufwand, der zu steigenden Kosten führt, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Innovation.

Die Motivation in Forschung zu investieren liegt in der Möglichkeit Monopolmacht zu erlangen und höhere Einnahmen zu generieren. Schumpeter war der erste, der die Rolle des Monopols thematisierte in Bezug auf Innovationen und der Entstehung im Forschungs- und Entwicklungssektor.

Unter der Annahme, dass alle Industrien eines Landes identisch sind, kann Gleichung (2.9) auch auf aggregierter Ebene formuliert werden.

$$Y_t = A_t^{1-\alpha} K_t^\alpha \quad (2.10)$$

Wird neben der Innovation auch die Möglichkeit einer Imitation berücksichtigt, wird davon ausgegangen, dass bereits ein gewisser Bestand an Innovationen vorhanden ist, das gegenwärtige technische Wissen. Die langfristige Wachstumsrate g_t entspricht der Wachstumsrate des arbeitsvermehrenden Produktivitätsfaktors A_t und wird im folgenden genauer betrachtet. Das technische Wissen ist öffentlich verfügbar und kann durch erfolgreiche Innovatoren erweitert werden (Aghion und

Howitt 1992, Aghion und Howitt 1998). Bei einer Innovation verändert sich der Technologieparameter A_t um das γ -Fache und die Welttechnologiegrenze \bar{A}_t wird um die Neuerung erweitert. Handelt es sich um eine Imitation, dann verändert sich nur der lokale Technologiebestand, indem eine Produktvariante nachgeahmt wird, die bereits auf dem Weltmarkt existiert, nicht jedoch in dem betrachteten Land. Beide Prozesse bilden den lokalen technologischen Wissensstand eines Landes und können formal folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$\dot{A}_t = A_{t+1} - A_t = \mu_n(\gamma - 1)A_t + \mu_m(\bar{A}_t - A_t) \quad (2.11)$$

Bei μ_n und μ_m handelt es sich um die Frequenz bzw. Intensitäten der Innovations- bzw. Imitationsentwicklung, die exogen sind. Daraus lässt sich die Wachstumsrate des technischen Fortschritts ableiten.

$$g_t = \hat{A}_t = \frac{A_{t+1} - A_t}{A_t} = \mu_n(\gamma - 1) + \mu_m\left(\frac{\bar{A}_t}{A_t} - 1\right)$$

Die Relation A_t/\bar{A}_t beschreibt den Abstand zur Welttechnologiegrenze a_t und lässt somit Aussagen zum relativen technologischen Entwicklungsstand zu (Aghion und Howitt 1992, Aghion und Howitt 1998).

$$g_t = \hat{A}_t = \frac{A_{t+1} - A_t}{A_t} = \mu_n(\gamma - 1) + \mu_m(a_t^{-1} - 1) \quad (2.12)$$

Dieses schumpeterianische Grundmodell eignet sich besonders zur Analyse der Reaktion des Abstands zur WTG durch die jeweilige Wachstumsrate eines Landes. Interessant ist dabei der Aspekt der Konvergenz zur globalen Grenze, die sich durch verschiedene wirtschaftspolitische Maßnahmen justieren lässt.

Ein Fazit des Ein-Sektor-Modells nach Schumpeter ist, dass sich die langfristige Wachstumsrate aus den relativen Häufigkeiten der entwickelten Innovationen ergibt, wobei die Reichweite oder auch Wirkungskreis der Innovation ebenfalls berücksichtigt werden muss. Bei dem Ein-Sektor-Modell wird nur ein Gut ersetzt, wohingegen im mehrsektoralen Modell mehrere Produkte durch Innovationen erneuert werden können. Der entscheidende Unterschied zum Ein-Sektor Modell liegt darin, dass eine Innovation nicht mehr bedingt durch Zufall entwickelt wird. Sofern in einem Sektor nicht erfolgreich innoviert wird, kommt es in einem anderen Sektor zu einer erfolgreichen Innovation mit der entsprechenden Wahrscheinlichkeit von ν . Daraus ergibt sich

die durchschnittliche aggregierte Produktivität in der multisektoralen Variante von:

$$A_t = \nu A_{1t} + (1 - \nu) A_{2t}^{25} \quad (2.13)$$

Auch dieses schumpeterianische mehrsektorale Modell folgt dem Ansatz von (Aghion und Howitt 1998). Ein anderes schumpeterianisches Modell von (Reinganum 1985) beschreibt die andauernde Entwicklung von Innovationen als evolutionsähnlichen Prozess im Sinne der Schöpferischen Zerstörung.

Die hier kurz angerissenen Modelle sind Vorreiter des in Kapitel ?? behandelten Wachstumsmodells. Dieses ist demnach in die Gruppe der innovationsbasierten endogenen schumpeterianischen Wachstumsmodelle einzubetten. Zusammenfassend lässt sich festhalten, je mehr eine Innovation die Produktivität steigert, desto stärker steigt die Wachstumsrate. Demzufolge sollte als wachstumsfördernde Maßnahme vermehrt in den Forschungssektor investiert werden. Dies wiederum steigert die Nachfrage nach Wissenschaftlern in diesem Bereich, die nur durch die zusätzliche Ausbildung der Arbeiter befriedigt werden kann. Ein weitsichtiges strategisches Vorgehen ist demnach der Ausbau des Bildungssektors, damit für wachstumsfördernde Maßnahmen ausreichend qualifizierte Arbeit vorhanden ist (Aghion et al. 2015, Kapitel 4).²⁶

Bildung und die damit einhergehende Humankapitalakkumulation steht im Vordergrund des folgenden Abschnitts, der die Vielfalt der unterschiedlichen Vorgehens- und Betrachtungsweisen darlegt.

2.4.2.3 Humankapitaltheorien

Die Humankapitaltheorien stellen eine Unterkategorie der Wachstumstheorien dar, die sich mit der Akkumulation von Humankapital beschäftigen und dadurch Wirtschaftswachstum erklären. Hierzu zählt

²⁶ Diesem kausalem Zusammenhang folgt auch der Hauptteil dieser Arbeit, zunächst wird der Ausbau des Bildungssektors durch Außenhandel stimuliert. Das dadurch entstehende erhöhte Angebot qualifizierter Arbeit ist für innovierende und imitierende Tätigkeiten notwendig, da andernfalls eine Weiterentwicklung des technischen Entwicklungsstandes gehemmt werden würde.

auch das Uzawa-Lucas-Modell, dass im Laufe dieser Arbeit bereits erwähnt wurde. Die verschiedenen Theorien begründen die Unterschiede von Bildung und zeigen wie deren Einfluss auf das Wirtschaftswachstum interpretiert werden kann.

Mincer Modell

Die Humankapitaltheorie geht ursprünglich zurück auf die Arbeiten von (Becker 1965) und (Mincer 1974), die zwei Schwerpunkte berücksichtigten. Zum einen die produktionssteigernde Rolle des Humankapitals für den Produktionsprozess und zum anderen die Motivation der Arbeiter in Humankapital zu investieren. So unterscheiden sie zwischen einer Grundausbildung und einer berufsbegleitenden Ausbildung. Dabei gilt jegliche Bildung, die vor der ersten Beschäftigung in einem Unternehmen genossen wurde als Grundausbildung. Die Opportunitätskosten eines weiteren Schuljahres entsprechen dem entgangenen Verdienst durch eine Anstellung (Mincer 1974). Eine Ausbildung während eines Angestelltenverhältnisses als eine Art Zusatzausbildung neben dem Beruf wird auch als Training-on-the-Job bezeichnet (Acemoglu 2009). Den Schwerpunkt des Mincer Modells bildet dabei die Grundausbildung.

Ben-Porath-Modell

Dieses Modell der Humankapitaltheorie unterscheidet sich von dem Mincer Modell, indem auch Bildungsmöglichkeiten während einer Berufstätigkeit ausgeführt werden können und sich diese nicht ausschließlich auf die Zeit vor dem Berufsleben beschränken. Der Fokus der Arbeit von (Ben-Porath 1967) liegt demnach auf dem Training-on-the-Job. Dabei wird auch eine Minderung des Humankapitals berücksichtigt, weil davon ausgegangen wird, dass durch den Einsatz von Maschinen das vorher noch notwendige Humankapital obsolet wird (Ben-Porath 1967, Heckman, Lochner, und Taber 1998, Guvenen und Kuruşçu 2012, Manuelli und Seshadri 2014). Die Bedeutung des Modells ist vor allem darauf zurückzuführen, dass neben der Schulausbildung eine Vielzahl weiterer Möglichkeiten existieren in Humankapital zu investieren. Außerdem kommt er zu der These, dass Volkswirt-

schaften mit hohen Ausgaben für Schulbildung ebenso hohe Ansprüche bezüglich der berufsbegleitenden Weiterbildungsmöglichkeiten haben und diese durch das System der gesicherten Grundausbildung nicht gemildert werden (Ben-Porath 1967).

Uzawa-Lucas-Modell

Das Uzawa-Lucas-Modell, beschäftigt sich ebenfalls mit wirtschaftlichem Wachstum, welches durch die Humankapitalakkumulation bedingt ist und deswegen als Motor des Wachstums bezeichnet wird (Lucas 1988). Im Rahmen des AK-Modells (Rebelo 1991) betrachtet (Lucas 1988), inspiriert durch den Aufsatz von (Becker 1964) und basierend auf dem Modell von (Uzawa 1965), Humankapital als einzigen Einsatzfaktor im Bildungssektor und untersucht das dadurch angeregte Wirtschaftswachstum. Sowohl im Uzawa-Lucas-Modell als auch im AK-Modell wird Wachstum durch Faktormehrung generiert. Im AK-Modell wird dauerhaftes Wachstum durch Kapitalakkumulation hervorgerufen, wohingegen Lucas zwischen Sach- und Humankapital differenziert und es wird neben Humankapital auch hier auch physisches Kapital akkumuliert. Beide, Sach- und Humankapital, verhalten sich komplementär zueinander, denn durch den Anstieg von physischem Kapital steigt die Nachfrage nach qualifizierter Arbeit stärker an, als nach relativ unqualifizierter Arbeit. Das bedeutet, dass die maximale Produktivität einer Volkswirtschaft dann erreicht wird, wenn beide ausgeglichen sind und gleichmäßig ansteigen.

Die Haushalte müssen sich zwischen der Arbeit im Konsumgutsektor und Bildung entscheiden. Dadurch entsteht ein trade-off zwischen heutigem und morgigem Konsum, da neben der Erwerbstätigkeit in Bildung investiert werden kann. Durch einen gegenwärtigen Verzicht auf Lohneinkommen und stattdessen einer Investition in Bildung ist der zukünftige Konsum höher. Mit diesem Zusammenhang wird sich in aller Ausführlichkeit in Kapitel ?? auseinander gesetzt und daher an dieser Stelle nicht näher beschrieben.

Modell von Nelson und Phelps

Eine vollkommen andere Perspektive auf die Bedeutung des Humankapitals etablieren (Nelson und Phelps 1966). Zwar vertreten sie auch die Ansicht, dass eine korrekte Ergründung von Wachstum mit der Einbeziehung von Bildung einhergehen muss, jedoch ist Humankapital hier kein direkter Einsatzfaktor, der die Produktivität erhöht.²⁷ In diesem Ansatz begünstigt Humankapital nicht die Produktivität bekannter Aufgaben, sondern ermöglicht zu der Fähigkeit unbekannte Abläufe, Technologien und Güter zu adaptieren. Wachstum wird erzeugt durch die produktivitätssteigernde Implementierung von Imitationen.

Dieser Unterschied in der Auffassung ist auch in der Modellierung der darauf aufbauenden Theorie gut sichtbar. Denn Humankapital hat keinen direkten Einfluss auf die Produktionsfunktion und bedingt nur den technologischen Wissensstand eines Landes durch die Implementierung bereits vorhandener Technologien der Welttechnologiegrenze. Dabei differenzieren sie erstmals zwischen unterschiedlichen Fähigkeiten und lassen eine Gewichtung dieser zu. Bislang wurde davon ausgegangen, dass mit steigender Humankapitalausstattung die Produktivität aller Aufgaben zunimmt. Jedoch unterscheiden (Nelson und Phelps 1966) zwischen innovierenden und adaptierenden Tätigkeiten und Fähigkeiten. Dieses Modell beschreibt erstmals den direkten Einfluss von Humankapital auf das Wirtschaftswachstum (Nelson und Phelps 1966). Dargestellt in einem schlichteren Ansatz nach (Nelson und Phelps 1966) in einer Variation von (Acemoglu 2009, Kapitel 10), ist die einzige veränderbare Größe der lokale Technologieparameter A , die WTG ist exogen gegeben. Der lokale technologische Wissensstand und somit eine Verbesserung der Technologien ergibt sich aus zwei Komponenten, der intrinsischen Veränderung der Produktivität, welche Produktivitätswachstum wie beispielsweise durch learning-by-doing darstellt und durch die Nachahmung fortschrittlicherer neuer Technologien der WTG. Der Erfolg der Nachahmung wird dabei wesentlich von der durchschnittlichen Humankapitalausstattung eines Arbeiters beeinflusst. Ist der Arbeiter nicht ausreichend qualifiziert, dann können keine Technologien der WTG adaptiert und implementiert werden. Je

²⁷ Eine ähnliche Idee ist auch auf die Arbeit von (Schultz 1964, Schultz 1975) zurückzuführen.

besser die Unternehmer ausgebildet sind, desto eher kann adaptiert werden. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit im Entwicklungsprozess zu anderen führenden Ländern aufzuschließen. Empirisch belegt wurde die Theorie unter anderem von (Foster und Rosenzweig 1995) am Beispiel der Produktivität im Landwirtschaftssektor.

Modell von Benhabib und Spiegel

In dem Aufsatz von (Benhabib und Spiegel 1994) wird das Modell von (Nelson und Phelps 1966) erweitert und zeigt, dass neben imitativen Tätigkeiten auch die Möglichkeit besteht nahe der Welttechnologiegrenze Innovationen zu entwickeln. In ihrer Regressionsanalyse stellten sie einen positiv signifikanten Zusammenhang zwischen der Wachstumsrate und dem Humankapitalbestand fest. Humankapital beeinflusst nach (Benhabib und Spiegel 1994) nicht nur das Wachstum des Pro-Kopf-Einkommens, sondern auch das Wachstum der totalen Faktorproduktivität positiv. Außerdem belegen sie, dass der Abstand zur Welttechnologiegrenze für das Wachstum relevant ist (Benhabib und Spiegel 1994). Dieser Ansatz zeigt also einen stärkeren Zusammenhang zwischen Wirtschaftswachstum und Humankapitalniveaus als zwischen dem Wirtschaftswachstum und der Veränderung des Humankapitals. Denn die Adaption neuer Technologien beeinflusst die Produktivität deutlich stärker als eine Produktivitätserhöhung bereits bekannter Aufgaben (Benhabib und Spiegel 1994). Dieser Gedanke wird auch in Kapitel ?? aufgegriffen, in dem das Humankapitalniveau die Veränderung der Produktivität einer Volkswirtschaft bedingt, sowie deren Imitations- bzw. Innovationsmöglichkeiten.

Modell von Krüger und Lindahl

(Krueger und Lindahl 2001) hingegen untersuchen in den OECD-Ländern, dass Bildung zwar zum Aufholprozess, nicht jedoch zur Ausweitung der WTG beiträgt. Sie zeigen die Relevanz der Zusammensetzung des Humankapitalbestandes und der Lage zur WTG eines Landes für das Wirtschaftswachstum. Dabei widerlegten sie einige Ergebnisse von (Benhabib und Spiegel 1994) und stellten fest, dass Wachstum und Humankapital nur innerhalb von OECD-Ländern korreliert.

In Ländern, die deutlich weniger weit entwickelt sind gilt dieser Zusammenhang nicht. Dies hebt zunächst eine gewisse Bedeutungslosigkeit der Humankapitalakkumulation auf den Wachstumsprozess eines Landes hervor, was durch ein kleines Gedankenspiel aus (Krueger und Lindahl 2001) veranschaulicht werden soll. Es soll verdeutlichen, dass nicht nur die Ausstattung mit Humankapital wichtig ist, sondern es vor allem auf deren Zusammensetzung innerhalb eines Landes und den Entwicklungsstand eines Landes ankommt.²⁸ Es werden zwei Länder betrachtet, die dieselbe Humankapitalausstattung vorweisen, sich jedoch hinsichtlich ihrer Zusammensetzung, also hinsichtlich der Qualifikationen ihrer Arbeitskräfte, unterscheiden. Land 1 sei in diesem Fall relativ reichlich mit sehr gut ausgebildeten Arbeitnehmern ausgestattet, wohingegen Land 2 relativ mehr traditionell weniger gut ausgebildete Arbeitskräfte vorweist. Je nach Lage zur WTG entwickelt sich das eine oder das andere Land schneller. Nahe der Technologiegrenze sind besser ausgebildete Arbeiter wichtiger, demnach wird Land 1 sich schneller entwickeln als Land 2, welches den gleichen Entwicklungsstand nahe der WTG hat. Handelt es sich bei beiden Ländern um weniger weit entwickelte Volkswirtschaften mit einem großen Abstand zur WTG, dann weist Land 2 das höhere Wachstumspotenzial auf mit einer reichlicheren Ausstattung weniger gut ausgebildeter Arbeitskräfte als Land 1. Also wird das Land, welches relativ reichlicher mit höher qualifizierten Arbeitskräften ausgestattet ist, schneller wachsen, wenn der Abstand zur WTG relativ gering ist. Wohingegen das Land, welches relativ reichlicher mit unqualifizierte Arbeitskräften ausgestattet ist, ein höheres Wachstum erreicht als das andere, wenn der Abstand zur WTG beider, relativ groß ist (Krueger und Lindahl 2001). So hängt das Wachstumspotential maßgeblich von der Lage zur WTG, sowie von der Zusammensetzung des Humankapitals ab. Mit zunehmender Nähe zur WTG nimmt die Bedeutung weniger qualifizierter Arbeitskräfte ab, wohingegen die der hochqualifizierten zunimmt.

Somit ist in diesem Kontext das Humankapital lediglich für den catching-up Prozess maßgeblich, jedoch nicht für Innovationstätigkeiten an der WTG. (Krueger und Lindahl 2001) zeigen in ihrer Abhandlung, dass neben der Lage zur WTG der Humankapitalbestand allein

²⁸ Sofern diese beiden Aspekte unabhängig voneinander sind.

nicht ausreicht, um das Wachstum eines Landes prognostizieren zu können.

Werden Innovationen mit relativ mehr ausgebildeter Arbeit hergestellt als Imitationen, dann hat ausgebildete Arbeit einen größeren Effekt auf das Wachstum eines Landes, welches nahe der WTG liegt, als auf ein Land, mit einem größeren Abstand zur WTG. Es wurde empirisch belegt, dass es einen positiven Zusammenhang zwischen dem anfänglichen Bildungsniveau und dem anschließenden Wachstumsverlauf gibt (Vandenbussche, Aghion, und Meghir 2006).²⁹.

Humankapitalexternalitäten - Vorteile urbaner Regionen

Eine große Bedeutung kommt auch den Humankapitalexternalitäten zu. Neben dem Uzawa-Lucas-Modell, das Wissensexternalitäten durch Spillover-Effekte anführt, gibt es noch zahlreiche weitere positive Effekte. Ein weiteres Beispiel beschreibt das Modell von (Jacobs 1970), dass eine höhere Produktivität in urbanen Regionen begründet. Wenn ein gesamtwirtschaftlich hoher Kapitalstock die Produktivität jedes einzelnen Arbeiters erhöht, dann kann dies auf Wissens-Spillover-Effekte zurückgeführt werden. Denn ein Ideenaustausch innerhalb der erwerbstätigen Bevölkerung ist wahrscheinlicher und stimuliert das ökonomische Wachstum eher in städtischen Regionen als in weniger stark besiedelten Regionen (Azariades und Drazen 1990, Lucas 1988). Empirisch belegt hat die Existenz dieser Externalitäten erstmals die Arbeit von (Rauch 1993). Gefolgt von (Acemoglu und Angrist 2000), die diese nicht für die unterschiedliche Bildungsniveaus amerikanischer Großstädte überprüften, sondern die These auf dadurch bedingte Bildungsunterschiede zwischen Staaten ausweiteten. Mit dem Ergebnis, dass die Humankapitalexternalitäten relativ klein sind und eher weniger Bedeutung beigemessen werden sollte.³⁰ Eineindeutig sind diese Ergebnisse jedoch nicht, denn (Moretti 2004) zeigt wiederum einen großen Effekt der Externalitäten auf das ökonomische Wachstum.

²⁹ Dabei verwendeten sie Daten von 19 OECD Länder zwischen den Jahren 1960-2000 (Vandenbussche et al. 2006).

³⁰ (Duflo 2004) und (Ciccone und Peri 2006) belegen diese Ergebnisse ebenfalls anhand der Daten von Indonesien und den USA.

Literatur

- Abernathy, W. J. (1978): The Productivity Dilemma: Roadblock to Innovation in the Automobile Industry, Hopkins Univ. Press, Baltimore
- Abramovitz, M. (1986): Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind, The Journal of Economic History, S. 445–464
- Acemoglu, D. (2009): Introduction to Modern Economic Growth, Princeton Univ. Press, Princeton, NJ
- Acemoglu, D., Aghion, P., Zilibotti, F. (2006): Distance to Frontier, Selection, and Economic Growth, Journal of the European Economic Association, 4, 37–74
- Acemoglu, D., Angrist, J. (2000): How Large Are Human-Capital Externalities? Evidence from Compulsory Schooling Laws, NBER Macroannual, 15, 9–59
- Aghion, P., Howitt, P. (1998): Endogenous Growth Theory, MIT Press, Cambridge Mass. u.a, zweite Aufl.
- Aghion, P., Howitt, P., Seiter, S. (2015): Wachstumsökonomie, de Gruyter Oldenbourg, Berlin
- Aghion, P., Howitt, P. W. (1992): A Model of Growth through Creative Destruction, Econometrica, S. 323–351
- Agrawal, A., Kapur, D., McHale, J., Oettl, A. (2011): Brain drain or Brain Bank? The Impact of Skilled Emigration on Poor-Country Innovation, Journal of Urban Economics, 69, 43–55
- Arrow, K. J. (1962b): The Economic Implications of Learning by Doing, Review of Economic Studies, 29, 155–173
- Arrow, K. J. (1969): Classificatory Notes on the Production and Transmission of Technological Knowledge, American Economic Review, 59, 29–35
- Ashraf, Q., Galor, O. (2008): Malthusian Population Dynamics: Theory and Evidence, Working Papers, 6
- Ashraf, Q., Galor, O. (2011): Dynamics and stagnation in the Malthusian epoch, The American Economic Review, 101, 2003–2041

- Azariades, C. C., Drazen, A. (1990): Threshold Externalities in Economic Development, *Quarterly Journal of Economics*, S. 501–526
- Barro, R. J., Lee, J.-W. (2001): International Data on Educational Attainment: Updates and Implications, *Oxford Economic Papers*, S. 541–563
- Barro, R. J., Sala-i Martin, X. (2004): *Economic Growth*, MIT Press, Cambridge, Mass., zweite Aufl.
- Becker, G. S. (1964): *Human Capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education*, Columbia Univ. Press, New York, NY
- Becker, G. S. (1965): A Theory of the Allocation of Time, *Economic Journal : The Journal of the Royal Economic Society*, S. 493–517
- Ben-Porath, Y. (1967): The Production of Human Capital and the Life Cycle of Earnings, *Journal of Political Economy*, S. 352–365
- Benhabib, J. J., Spiegel, M. M. (1994): The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country Data, *Journal of Monetary Economics*, 34
- Bofinger, P. (2015): *Grundzüge der Volkswirtschaftslehre: Eine Einführung in die Wissenschaft von Märkten*, Always Learning, Pearson, Hallbergmoos, vierte Aufl.
- Ceruzzi, P. E. (2003): *A History of Modern Computing*, History of computing, MIT Press, Cambridge, Mass., zweite Aufl.
- Ciccone, A., Peri, G. (2006): Identifying Human Capital Externalities: Theory with Applications, *The review of economic studies*, S. 381–412
- Cohen, W. M., Levinthal, D. A. (1989): Innovation and Learning: The Two Faces of R&D, *Economic Journal : The Journal of the Royal Economic Society*, S. 569–596
- Dixit, A. K., Stiglitz, J. E. (1977): Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity, *American Economic Review*, 67, 297–308
- Docquier, F., Rapoport, H. (2012): Globalization, Brain Drain, and Development, *Journal of Economic Literature*, 50, 681–730
- Domar, E. D. (1946): Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment, *Econometrica*, 14, 137–147
- Dosi, G., Pavitt, K., Soete, L. (1993): *The Economics of Technical Change and International Trade*, Harvester Wheatsheaf, New York u.a, dritte Aufl.

- Duflo, E. (2004): The Medium Run Effects of Educational Expansion: Evidence from a Large School Construction Program in Indonesia, *Journal of development economics*, 74, 163–197
- Evenson, R. E., Westphal, L. E. (1995): Technological Change and Technology Strategy, in: Rodrik, D., Rosenzweig, M. (Hg.), *Handbook of Development Economics*, Bd. 3A (1995) von *Handbooks in economics*, S. 2209–2299, North-Holland, Amsterdam [etc.]
- Foster, A. D., Rosenzweig, M. R. (1995): Learning by Doing and Learning from Others: Human Capital and Technical Change in Agriculture, *Journal of Political Economy*, S. 1176–1209
- Freeman, C. (1982): *The Economics of Industrial Innovation*, MIT Press, Cambridge, Mass., zweite Aufl.
- Frenkel, M. R., Hemmer, H.-R. (1999): *Grundlagen der Wachstumstheorie*, Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Vahlen, München
- Galor, O. (2011): *Unified Growth Theory*, Princeton Univ. Press, Princeton, NJ
- Galor, O. (2014): *Growth and Comparative Development*
- Galor, O., Mountford, A. (2006): Trade and the Great Divergence: The Family Connection, *American Economic Review*, 96, 299–303
- Galor, O., Tsiddon, D. (1997): Technological Progress, Mobility, and Economic Growth, *American Economic Review*, S. 363–382
- Galor, O., Weil, D. N. (2000): Population, Technology, and Growth: From Malthusian Stagnation to the Demographic Transition and Beyond, *American Economic Review*, 90, 806–828
- Gandolfo, G. (1998): *International Trade Theory and Policy: With 12 Tables*, Springer, Berlin
- Gerschenkron, A. (1952): *Economic Backwardness in Historical Perspective*, Belknap Press of Harvard Univ. Press, Cambridge and Mass
- Griffith, R., Redding, S., van Reenen, J. (2004): Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries, *The review of economics and statistics*, 86, 883–895
- Grossman, G. M., Helpman, E. (1989a): Product Development and International Trade, *Journal of Political Economy*, S. 1261–1283
- Grossman, G. M., Helpman, E. (1989b): *Growth and Welfare in a Small Open Economy*, nber working paper series
- Grossman, G. M., Helpman, E. (1990b): Trade, Innovation, and Growth, *American Economic Review*, 80, 86–91

- Grossman, G. M., Helpman, E. (1990c): Trade, Knowledge Spillovers, and Growth, *European Economic Review*, 5, 517–526
- Grossman, G. M., Helpman, E. (1991a): Quality Ladders and Product Cycles, *Review of Economic Studies*, 106, 557–586
- Grossman, G. M., Helpman, E. (1991c): Quality Ladders in the Theory of Growth, *Review of Economic Studies*, S. 43–61
- Güvenen, F., Kuruşçu, B. (2012): Understanding the Evolution of the US Wage Distribution: A Theoretical Analysis, *Journal of the European Economic Association*, 10, 482–517
- Ha, J. (2002): From Factor Accumulation to Innovation: Sustained Economic Growth with Changing Components, Brown University
- Hansen, G. D., Prescott, E. C. (2002): Malthus to Solow, *American Economic Review*, 92, 1205–1217
- Hardin, G. (1968): The Tragedy of the Commons, *Science* (New York, N.Y.), 162, 1243–1248
- Harrod, R. F. (1939): An Essay in Dynamic Theory, *Economic Journal* : The Journal of the Royal Economic Society, 49, 14–33
- Hassler, J., Rodriguez, Mora, Jose V. (2000): Intelligence, Social Mobility, and Growth, *American Economic Review*, 90, 888–908
- Heckman, J. J., Lochner, L., Taber, C. R. (1998): Tax Policy and Human Capital Formation, *American Economic Review*, S. 293–297
- Hicks, J. (1932): The Theory of Wages, MacMillan, London
- Howitt, P., Mayer-Foulkes, D. (2005): R&D, Implementation, and Stagnation: A Schumpeterian Theory of Convergence Clubs, *Journal of Money, Credit and Banking*, 37, 147–177
- Jacobs, J. (1970): The Economy of Cities, Jonathan Cape, London
- Jones, C. I. (2005): Growth and Ideas, in: *Handbook of Economic Growth*, S. 1063–1111, Elsevier, Amsterdam [u.a.]
- Krueger, A. B., Lindahl, M. (2001): Education for Growth: Why and for whom?, *Journal of Economic Literature*, 39, 1101–1136
- Krugman, P. (1979): Increasing Returns, Monopolistic Competition, and International Trade, *Journal of international economics*, 9, 469–479
- Krugman, P. R., Obstfeld, M., Melitz, M. J. (2015): *Internationale Wirtschaft: Theorie und Politik der Außenwirtschaft*, Pearson, Hallbergmoos, 10. Aufl.
- Levine, R. E., Renelt, D. (1992): A Sensitivity Analysis of Cross-country Growth Regressions, *American Economic Review*, 82, 942–963

- Linß, V. (2007): Die wichtigsten Wirtschaftsdenker, Marixwissen, Marix-Verl., Wiesbaden
- Lucas, R. E. (1988): On the Mechanics of Economic Development, *Journal of Monetary Economics*, S. 3–42
- Maddison, A. (2001): The World Economy: A Millennial Perspective, Development Centre studies, OECD, Paris
- Malthus, T. R. (1798): An Essay on the Principle of Population, W.Pickering, London
- Mankiw, N. G., Romer, D. H., Weil, D. N. (1992): A Contribution to the Empirics of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, S. 407–437
- Manuelli, R. E., Seshadri, A. (2014): Human Capital and the Wealth of Nations, *American Economic Review*, 104, 2736–2762
- Mincer, J. (1974): Schooling, Experience, and Earnings, nber working paper series, 2
- Mokyr, J. (1990): The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress, Oxford Univ. Press, New York, NY
- Moretti, E. (2004): Estimating the Social Return to Higher Education: Evidence from Longitudinal and Repeated Cross-sectional Data, *Journal of econometrics*, 121, 175–212
- Nelson, R. R. (1959): The Simple Economics of Basic Scientific Research, *Journal of Political Economy*, 67, 297–306
- Nelson, R. R., Phelps, E. S. (1966): Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth, *American Economic Review*, 56, 69–75
- O’Neil, K. (2003): Brain Drain and Gain: The Case of Taiwan, Migration information source, Migration Policy Institute, 2003
- Ostrom, E. (1990): Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action, Political economy of institutions and decisions, Cambridge Univ. Press, Cambridge Mass. u.a., erste Aufl.
- Peri, G., Urban, D. (2004): Catching-up to Foreign Technology? Evidence on the "Veblen-Gerschenkron" Effect of Foreign Investments, nber working paper series, 10893
- Ramsey, F. P. (1928): A Mathematical Theory of Saving, *Economic Journal* : The Journal of the Royal Economic Society, 38, 543–559
- Rauch, J. E. (1993): Productivity Gains from Geographic Concentration of Human Capital: Evidence from the Cities, *Journal of Urban Economics*, 34, 380–400

- Rebelo, S. T. (1991): Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth, *Journal of Political Economy*, 99, 500–521
- Reinganum, J. F. (1981): Dynamic Games of Innovation, *Journal of Economic Theory*, 25, 21–24
- Reinganum, J. F. (1985): Innovation and Industry Evolution, *Quarterly Journal of Economics*, 100, 81–100
- Romer, P. M. (1986): Increasing Returns and Long-Run Growth, *Journal of Political Economy*, 94, 1002–1037
- Romer, P. M. (1987): Growth Based on Increasing Returns due to Specialization, *American Economic Review*, 99, 56–62
- Romer, P. M. (1989): Human Capital and Growth: Theory and Evidence, *Carnegie Rochester conference series on public policy : a bi-annual conference proceedings*, S. 251–286
- Romer, P. M. (1990): Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*, S. 71–102
- Romer, P. M. (1993): Idea Gaps and Object Gaps in Economic Development, *Journal of Monetary Economics*, 32, 543–573
- Santacreu, A. M. (2015): Innovation, Diffusion, and Trade: Theory and Measurement, *Journal of Monetary Economics*, 75, 1–20
- Schebesch, K. B. (1992): Innovation, Wettbewerb und neue Marktmodelle, Bd. 39 von *Physica-Schriften zur Betriebswirtschaft*, Physica, Heidelberg
- Schmookler, J. (1966): *Invention and Economic Growth*, Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass.
- Schultz, T. W. (1964): Transforming Traditional Agriculture, Bd. 3 von *Studies in comparative economics*, Yale Univ. Pr, New Haven usw., dritte Aufl.
- Schultz, T. W. (1975): The Value of the Ability to Deal with Disequilibria, *Journal of Economic Literature*, 13, 827–846
- Schumpeter, J. A. (1934): *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Scotchmer, S. (2004): *Innovation and Incentives*, MIT Press, Cambridge and Mass
- Segerstrom, P. S. (1991): Innovation, Imitation, and Economic Growth, *Journal of Political Economy*, 99, 807–827
- Sheshinski, E. (1967): Tests of the "Learning by Doing" Hypothesis, *Review of Economics and Statistics*, 49, 568–578

- Solow, R. M. (1956): A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65–94
- Solow, R. M. (1957): Technical Change and the Aggregate Production Function, *Review of Economics and Statistics*, 39, 312–320
- Uzawa, H. (1965): Optimal Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth, *International Economic Review*, 6, 18–31
- van Long, N., Wong, K.-y. (1997): Endogenous Growth and International Trade: A Survey, in: Jensen, Bjarne S.Wong K.-Y. (Hg.), *Dynamics, Economic Growth, and International Trade*, Bd. 337 von *Studies in international economics*, Univ. of Michigan Press, Ann Arbor, Mich.
- Vandenbussche, J., Aghion, P., Meghir, C. (2006): Growth, Distance to Frontier and Composition of Human Capital, *Journal of Economic Growth*, 11, 97–127
- Veblen, T. (1915): *Imperial Germany and the Industrial Revolution*, Mac-Millan, New York, London
- Wright, T. P. (1936): Factors Affecting the Cost of Airplanes, *Journal of the Aeronautical Sciences*, 3, 122–128