



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

„Erklärung von Konvergenz und Einkommensdifferenzen mit
Hilfe endogener Wachstumsmodelle“

Verfasser

Franz Eigner

angestrebter akademischer Grad

Magister der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften

(Mag. rer. soc. oec.)

Wien, im Oktober 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt:
Studienrichtung lt. Studienblatt:
Betreuer:

A 140
Diplomstudium Volkswirtschaftslehre
Univ. - Prof. Dr. Gerhard Sorger

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
2	Stilisierte Fakten	7
2.1	Wachstumsraten	7
2.2	Konvergenz	7
2.3	Welteinkommensverteilung	8
3	Welche Modellierung ist notwendig?	11
3.1	Konvergenz	11
3.2	Anhaltendes Wachstum	11
3.3	Modellierungsannahmen	13
4	Innovationsbasiertes Wachstum	15
4.1	Produktionsbeziehungen	17
4.2	Imitationen und Skaleneffekte	17
4.3	Zwischenproduktsektor	20
4.4	Innovationsprozess und F&E	23
4.4.1	Innovationsprozess	23
4.4.2	Höhe der Forschungsintensität	25
4.5	Produktivitätswachstum und relative Produktivität	27
4.6	Analyse des Gleichgewichtszustandes – Steady state	31
4.7	Pro-Kopf-Einkommen und Wachstumsrate	31
4.7.1	Pro-Kopf-Einkommen	31
4.7.2	Wachstumsrate	33
4.8	Erweiterung und Kritik	35
5	Handel mit Spezialisierung	38
5.1	Produktionsbeziehungen	39
5.2	Konsumentensektor	39
5.3	Zwischenproduktsektor	42
5.4	Endproduktsektor	44
5.5	Markträumungen	49
5.5.1	Kapitalmarkträumungsbedingung	50
5.5.2	Ausgeglichene Handelsbilanz	50
5.6	Analyse des Gleichgewichtszustandes - Steady state	51
5.7	Pro-Kopf-Einkommen und Wachstumsrate	52
5.8	Erweiterung und Kritik	56
6	Vergleich und Kritik	59
6.1	Modellvergleich	59
6.2	Allgemeine Kritik	63
7	Conclusio	66
	Literatur	67
	Abbildungsverzeichnis	73
	Zusammenfassung	74

1 Einführung

Anhaltendes Wirtschaftswachstum mit Produktivitätssteigerungen schien einst sowohl für klassische Ökonomen wie Adam Smith und John Stuart Mill als auch für Karl Marx unplausibel. Sie interpretierten den damaligen wirtschaftlichen Aufschwung als eine Übergangsphase zum langfristigen Gleichgewicht. Verantwortlich für ihre pessimistische Prognose einer langfristigen Stagnation der Weltwirtschaft war die Annahme einer in Akkumulation fallenden Profitrate, welche dauerhaftes Wachstum scheinbar unmöglich machte. Stattdessen zeigte sich jedoch im Verlauf der Wirtschaftsgeschichte trotz mancher Konjunkturerbrüche ein stetiges Anwachsen der Produktivität und des Wachstums. Aus diesem Grund entwickelten Solow und Swan im Jahr 1956 ein exogenes Wachstumsmodell, welches die Ansichten der Klassiker aufgriff und mathematisch fundierte, jedoch zusätzlich eine technologische Komponente umfasste. Denn jene, von den Klassikern unterschätzte Komponente, verhindert den Fall der Profitrate trotz Annahme einer im Akkumulationsprozess fallenden Grenzproduktivität des Kapitals, nämlich durch das zeitgleiche Anwachsen des für alle verfügbaren technischen Wissens.¹ Damit wird anhaltender Produktivitätsfortschritt ermöglicht. Die auf jenes Modell aufbauenden Untersuchungen von Mankiw et al. (1992) schienen insofern mit den empirischen Daten gut übereinzustimmen, als dass es eine relativ große Varianz der Schwankungen des Wirtschaftswachstums erklärte und bedingte β -Konvergenz inklusive realistischer Konvergenzgeschwindigkeit prognostizierte.²

Unter Kritik stand aber die Tatsache, dass auch das von Mankiw et al. (1992) modifizierte Solow/Swan-Modell weiterhin keine Erklärung für Variationen in langfristigen Wachstumsraten bot. Gewichtiger war jedoch, insbesondere für die Verfechter der endogenen Wachstumstheorie, dass die ursächliche Erklärung für jene Faktoren, die als ausschlaggebend für Wirtschaftswachstum und Einkommensdifferenzen angesehen werden, nämlich Humankapital und Technologie, exogen bestimmt werden, also im Modell selber nicht erklärt werden. Doch die Endogenisierung jener Determinanten des Wachstums erforderte, ohne auf allzu unrealistische Annahmen³ zurückzugreifen, eine Modellierung abseits vollkommener Märkte. Denn wenn man Forschung und Entwicklung als eine zielgerichtete Handlung von Akteuren zur marktlichen Verwertung technischen Wissens versteht, ist für die Einführung jener ein Markt notwendig, welcher Aussicht auf positive Gewinne durch F&E zur Amortisierung der Forschungskosten zulässt. Die bisher verwendeten Märkte vollkommenen Wettbewerbs waren aufgrund fehlender Gewinnmöglichkeiten dafür nicht geeignet. Die Handhabung von Modellen unvollkommenen Wettbewerbs bereitete jedoch lange Zeit Probleme. Die Voraussetzung für die Handhabung solcher Modelle schufen schließlich

¹Die Annahme von exogenem, Harrod-neutralem technischen Fortschritt wird für die Modellierung verwendet, insbesondere um einen ausgeglichenen Wachstumspfad sicherzustellen. Siehe Acemoglu (2008), Seite 69.

²Die vormals überschätzte Konvergenz konnte mit der Integration von Humankapital korrigiert werden.

³Zum Beispiel griff Romer in seinem "Learning-by-doing" Modell (Romer, 1986) auf die unplausible Annahme von Lerneffekten als reine Externalität zurück, hauptsächlich um die Annahme vollständiger Konkurrenz aufrechterhalten zu können. Damit ist allerdings, im Gegensatz zum Solow/Swan-Modell, dauerhaftes Wachstum sogar ohne technischen Fortschritt möglich.

Spence (1976), Dixit/Stiglitz (1977) und Ethier (1979).⁴ Die Sinnhaftigkeit des Abgehens von vollkommenen Märkten trotz der damit verbundenen Schwierigkeiten in der Modellierung erläutert Zhang folgendermaßen:⁵

“Growth theory based on perfect competition may be proper for revealing complexity of economic growth on highly aggregated [...] levels; it tends to lose validity if one wants to explain driving forces of economic growth on levels of individual firms.“

Frühe endogene Wachstumsmodelle konzentrierten sich auf konstante oder ansteigende Erträge in produzierten Faktoren. Deswegen prognostizierten sie generell langfristig unterschiedliche Wachstumsraten, in Abhängigkeit von Politikmaßnahmen und anderen Determinanten des Wachstums. Als jedoch Mankiw et al. (1992) und Jones (1995a) auf bedingte β -Konvergenz mit relativ stabil bleibenden Einkommensdifferenzen zwischen den Ländern hinwiesen, geriet die endogene Wachstumstheorie unter Kritik. Zum Beispiel konterkarierten gleichbleibende Wachstumsraten trotz stark ansteigender Ausgaben in F&E und Bildung die Prognosen jener Modelle. Auch konnte der prognostizierte positive Einfluss einer größeren Bevölkerung auf das Wirtschaftswachstum zumindest für die Zeit nach dem 2. Weltkrieg in der empirischen Forschung nicht bestätigt werden. Endogene Wachstumstheoretiker reagierten auf jene Kritik und konstruierten zur Behebung jener Probleme neue bzw. modifizierte Versionen ihrer Wachstumsmodelle. Jene Modelle werden auch als Wachstumsmodelle der 2. Generation bezeichnet.

2 Modelle aus der Reihe der 2. Generation endogener Wachstumsmodelle möchte ich herausgreifen und in dieser Arbeit näher erläutern. Gemeinsam ist ihnen die Behebung eines zentralen Schwachpunktes endogener Wachstumsmodelle, nämlich die fehlende Erklärung für langfristig angleichende Wachstumsraten. Beide Modelle decken dabei 2 völlig verschiedene Bereiche der theoretischen Wachstumsforschung ab.

- Das 1. Modell, das ich näher erläutern möchte, wurde von Peter Howitt im Paper “Endogenous Growth and Cross-Country Income Differences“ aus dem Jahr 2000 präsentiert und beschreibt die “Genese technischen Wissens infolge innovativer Anstrengungen profitorientierter Unternehmen“⁶, welche den technischen Fortschritt in Gang halten. Wohlstand wird geschaffen durch Produktverbesserungen im Rahmen der schöpferischen Zerstörung von Joseph Schumpeter, wobei Unterschiede im Pro-Kopf-Einkommen sowohl über Kapitalakkumulation als auch über Innovationsakkumulation erklärt werden. Konvergenz der Wachstumsraten wird über internationale Wissensspillover sichergestellt.
- Das 2. Modell stammt von Daron Acemoglu und Jaume Ventura und wurde im Paper “The World Income Distribution“ aus dem Jahr 2002 vorgestellt. Die beiden Ökonomen betonen darin die stabilisierende Wirkung

⁴Lutz, Seite 122

⁵Zhang (2005), Seite 379

⁶frei zitiert nach Lutz, Seite 8f

der Terms of Trade auf die Kapitalakkumulation eines Landes in einem Umfeld von Handel und Spezialisierung mit Zwischenprodukten, welche schließlich zu Konvergenz führt.

2 Stilisierte Fakten

Zunächst soll ein kurzer Überblick über die empirische Datenlage gegeben werden, an denen sich die 2 Modelle orientieren sollten. Als Quelle werden der Maddison Datensatz⁷ und das Penn World Table⁸ sowie diverse Sekundärliteratur⁹ herangezogen.

2.1 Wachstumsraten

In Anbetracht der Menschheitsgeschichte setzte spürbares Wachstum sehr spät ein, nämlich erst ab Beginn der industriellen Revolution, welche zuerst in den sogenannten Industrienationen einsetzte. In den letzten 100 Jahren konnten jene eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Produktivität von knapp 2% erzielen. Dies impliziert eine Verdoppelung der Produktivität alle 35 Jahre.

Eine nähere Betrachtung der Wachstumsraten der letzten Jahrzehnte (1950-2000) für alle Länder zeigt eine sehr breite Streuung der Wachstumsraten. Die Wachstumsraten variieren nicht nur zwischen den Ländern, sondern auch im Zeitablauf. Für die Industrienationen gilt z.B., dass die Wachstumsraten in der 2. Periode (1975-2000) tendenziell niedriger waren als in der 1. Periode (1950-1975). Da letztere jedoch als eine Phase stark überdurchschnittlichen Wachstums gilt, scheint bei Betrachtung des langfristigen Trends keine Tendenz zu fallenden Wachstumsraten zu bestehen.

Abseits der Industrienationen erhält man ein unübersichtlicheres Bild. Auf globaler Ebene scheinen Länder auch langfristig mit unterschiedlichen Raten zu wachsen. Wachstumswunder wie Japan oder später die ostasiatischen Tigerstaaten (Korea, Singapur, Hong Kong, Taiwan) tummeln sich neben Ländern, die entweder stagnieren oder negative Wachstumsraten vorzuweisen haben. Die Spitzenwachstumsraten der sogenannten neuindustrialisierten Länder Ostasiens betragen dabei über mehrere Jahrzehnte durchschnittlich 6%. Unter jenen Ländern, die nicht mithalten konnten, befinden sich größtenteils weniger entwickelte Staaten in Afrika.

2.2 Konvergenz

Globale, absolute Konvergenz kann damit verworfen werden. Die Frage ist nun, ob bedingte β -Konvergenz vorliegt, also Konvergenz relativ zum jeweiligen Steady state. Mit bedingter Konvergenz hätte man eine systematische Komponente in der Streuung der Wachstumsraten. Bedingte β -Konvergenz innerhalb von homogenen Regionen (USA, Europa) ist leichter zu verifizieren als zwischen heterogenen Ländern. Hier muss besonders bezüglich der Kontrollvariablen, das sind zumeist Sparquote, Humankapital, Patentanzahl und Institutionen, vorsichtig umgegangen werden, um den hohen Unterschieden in den Steady states der einzelnen Länder gerecht zu werden. Wenn dies gemacht wird, erhält man aber eine eindeutige Aussage: Die Länder konvergieren tatsächlich langfristig gegen ihr Steady state. Bestätigung dafür findet man in den Untersuchungen

⁷Maddison: Historical Statistics for the World Economy: 1-2003 AD

⁸Alan Heston, Robert Summers and Bettina Aten, Penn World Table Version 6.2, Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania, September 2006.

⁹siehe Acemoglu (2008), Jones (1996), Lutz (1997)

von Barro/Sala-i-Martin (1991, 1992), Mankiw et al. (1992) und insbesondere für die Industrienationen in Evans (1996).

Es stellt sich allgemein immer die Frage, ob sich eine Ökonomie zum Zeitpunkt der beobachteten Wachstumsrate an ihrem Steady state befindet oder erst auf dem Weg dorthin ist. Im Fall von bedingter Konvergenz wird ein Land unterhalb des Steady state überdurchschnittlich hohe Wachstumsraten erfahren, bis es schließlich an sein Steady state angekommen ist. Westliche Industrieländer haben in den letzten 50 Jahren ihren Rückstand zu den USA vermindert, sowohl durch die Verbesserung ihrer Fundamentaldaten als auch durch jenen Anpassungsprozess zu ihrem langfristigen Wachstumspfad. Man spricht hier von “Club Convergence”. Denn arme Länder konnten im Allgemeinen nicht aufschließen sondern sind weiter zurückgefallen. Ihre schlechten Fundamentaldaten ließen nur ein niedriges Steady state Einkommensniveau zu. Der Aufholprozess erfolgt allgemein in jenen Ländern, die über ausreichend “social capabilities” (Ohkawa/Rosovsky, 1973) wie Bildung und F&E verfügen bzw. “Institution Building” (Gerschenkron, 1962) betreiben.

2.3 Welteinkommensverteilung

Es ist evident, dass weiterhin enorm hohe Unterschiede im Pro-Kopf-Einkommen¹⁰ zwischen den Ländern bestehen. Nach Jones (2002) beträgt das Pro-Kopf-Einkommen der ärmsten Länder weniger als 5% jenes der Reichen. Die weltweite Einkommensverteilung ist dabei aufgrund der langfristig verschieden hohen Wachstumsraten einer ständigen Veränderung im Zeitablauf ausgesetzt. Konvergenz mit Aufholprozessen in entwickelten Ländern und Stagnation in weniger entwickelten Ländern über mehrere Jahrzehnte ließen sichtbare Spuren zurück. Quah (1993, 1997) und Feyrer (2001) wiesen darauf hin, dass die weltweite Einkommensverteilung, welche im Jahr 1960 noch grob einer Normalverteilung folgte, in den 80er Jahren eher einer bi-modalen “Twin Peaks”-Verteilung glich. Veranschaulicht wird jene Entwicklung in Abb. 1.

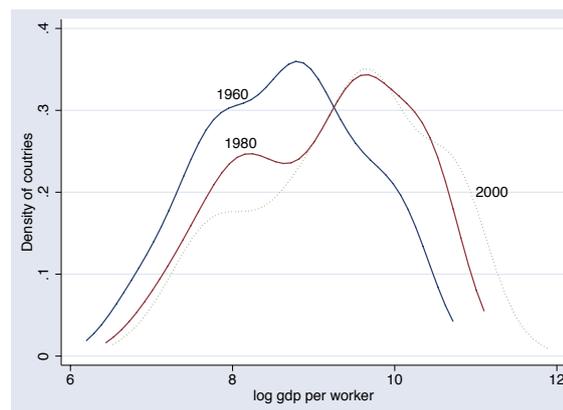


Abbildung 1: Twin Peaks

¹⁰Das Pro-Kopf-Einkommen gilt in der Forschung als allgemeiner Gradmesser für das Wohlergehen eines Landes. Es soll jedoch beachtet werden, dass es keine Rücksicht auf die Einkommensverteilung innerhalb eines Landes nimmt.

Es scheint, als würden 2 Gruppen von Ökonomien existieren, repräsentiert von 2 Normalverteilungen, die sich einander überlappen. In der einen Gruppe findet Konvergenz mit Aufholprozessen statt, in der anderen manifestiert sich Stagnation. Jene "Twin Peaks" scheinen jedoch für das Jahr 2000 an Schärfe verloren zu haben.

Die Streuung der Pro-Kopf-Einkommen im Zeitablauf ist u.a. von Evans (1996) untersucht worden. Evans hat für die Industrienationen die Standardabweichung der logarithmierten Werte des Bruttoinlandsprodukts pro Kopf ermittelt und eine abnehmende Tendenz festgestellt. Man spricht hier von σ -Konvergenz.¹¹ Die σ -Konvergenz überprüft demnach, ob langfristig eine relative Angleichung der gesamtwirtschaftlichen Pro-Kopf-Einkommen stattfindet. Jene findet jedoch wiederum hauptsächlich in den reicheren Ländern statt. Bei weniger entwickelten Ländern tritt leichte Divergenz auf. Die Streuung der Einkommen auf globaler Ebene ist in Abb. 2 ersichtlich.¹²

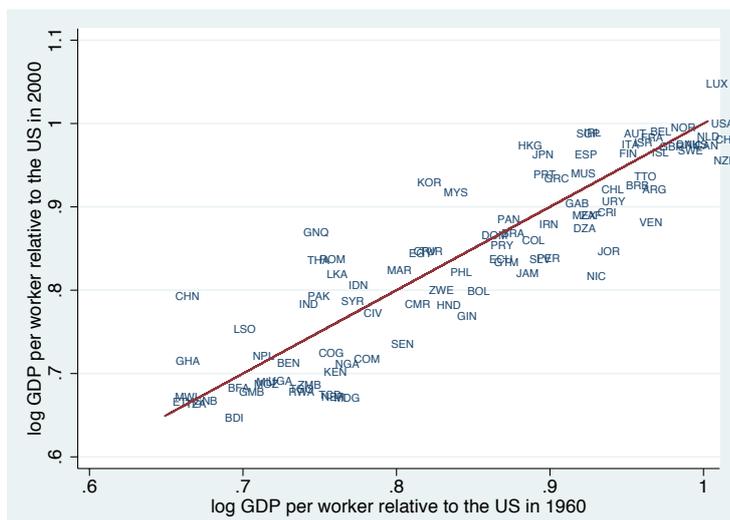


Abbildung 2: Streuung der Einkommen

Abb. 2 zeigt das Bruttoinlandsprodukt pro Arbeitskraft relativ zu den USA für das Jahr 1960 und 2000. Abweichungen von der 45° Linie deuten auf eine Veränderung in der Einkommensverteilung hin. Die Abb. 2 zeigt, dass, global gesehen, insbesondere verglichen mit den hohen absoluten Einkommensdifferenzen zwischen den Ländern, seit 1950 von einer Tendenz zur Stabilisierung der Streuung der Einkommen gesprochen werden kann.

Die vorher erwähnten stilisierten Fakten sind in dieser Abbildung nochmals ablesbar. Im Bereich der oberen 30% der relativen Pro-Kopf-Einkommensniveaus scheinen Länder mit unterdurchschnittlich hohen Einkommen für längere Zeit tendenziell höhere Wachstumsraten erfahren zu haben, so dass sie sich oberhalb der 45° Linie befinden. Bedingte β -Konvergenz äußert sich hier in Form einer flacheren Regressionslinie durch jene Beobachtungen. Ärmere

¹¹ σ -Konvergenz impliziert bedingte β -Konvergenz, aber nicht umgekehrt. Jedoch impliziert unbedingte β -Konvergenz σ -Konvergenz.

¹² aus Acemoglu (2008), Seite 29

Länder hatten dagegen trotz mancher Ausnahmen größtenteils einen relativen Einkommensverlust zu verzeichnen.

Zukünftige Entwicklungen lassen sich über die Schätzung länderspezifischer Steady state-Level durch Regressionsmodelle abschätzen. Generell erhält man wie in Jones (1996) die Prognose, dass sich die Entwicklung der letzten Jahrzehnte fortsetzen wird, dass also „economies above the 50th percentile of the income distribution are generally expected to exhibit additional “catch-up” to the United States, [...] economies below the 50th percentile typically are predicted to remain very close to their [...] relative income levels.“¹³

Aufgrund jener vorgestellten Daten gilt somit für viele ein Wachstumsmodell als praktikabel, welches zumindest für die Industrienationen bedingte β -Konvergenz und einen konstanten, langfristigen Wachstumstrend ermöglicht. Dafür vorstellbare Modellierungsvarianten werden im nächsten Abschnitt vorgestellt.

¹³Jones (1996), Convergence Revisited, Seite 26

3 Welche Modellierung ist notwendig?

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit jenen Modellierungsmöglichkeiten, welche als Ergebnis eine Weltökonomie mit bedingter β -Konvergenz und anhaltendem Wachstum ermöglichen.

3.1 Konvergenz

Konvergenz in den Wachstumsraten verschiedener Länder lässt sich generell über einen Aufholprozess darstellen, der über erhöhte Faktorakkumulation läuft. Neoklassische Wachstumstheoretiker wie Solow favorisieren dabei einen Aufholprozess über Kapitalakkumulation. Dessen Modellierung erfordert die Annahme von abnehmenden Grenzerträgen des Kapitals und öffentlich zugängliches Wissen. Explizit findet Konvergenz im Solow/Swan-Modell deswegen statt, weil Länder mit relativ geringem Kapitalstock eine überdurchschnittlich hohe Kapitalrente aufweisen werden. Dadurch sind Investitionen überdurchschnittlich profitabel. Es wird somit mehr Kapital akkumuliert und so schnelleres Wachstum produziert werden. Da eine höhere Kapitalakkumulation eine Senkung der Kapitalrente verursacht, nimmt die Kapitalakkumulation im Zeitablauf allmählich ab, bis das jeweilige Land wieder an sein Steady state angekommen ist. Im Steady state wachsen dann alle Länder mit derselben Wachstumsrate.

In forschungsbasierten, endogenen Wachstumstheorien wird stattdessen der Aufholprozess über Wissensakkumulation bzw. über technologischen Fortschritt betont. Die Idee, dass rückständige Länder aufholen, weil sie technisches Wissen adaptieren, stammt aus dem weiten Bereich der “technology gap”-Literatur mit Abramowitz (1986) und Fagerberg (1994). Howitt wird in seinem Modell die Idee eines technologischen Aufholprozesses aufgreifen. Zwar weisen in seinem Modell die Grenzerträge des Kapitals ebenfalls eine abnehmende Tendenz auf, Konvergenz wird aber erst im Rahmen von Forschung über Innovationen, welche aus weltweiten Wissens-Spillover erzielt werden, sichergestellt.

Ein alternativer Ansatz stammt von Acemoglu/Ventura (2002) und soll ebenfalls in dieser Arbeit beleuchtet werden. Über ein Handelsmodell mit fehlender Faktorpreisegalierung können abnehmende Grenzerträge des Kapitals, ohne sie explizit in der Produktionsfunktion anzunehmen, durch den Umweg über Handel durch den Einfluss der Terms of Trade erzielt werden. Damit zeigen Acemoglu und Ventura, dass durch internationalen Handel Konvergenz in einer Weltökonomie aus AK-Modellen ebenfalls möglich ist.

3.2 Anhaltendes Wachstum

Kapitalakkumulation alleine kann im Solow/Swan-Modell aufgrund abnehmender Grenzerträge des Kapitals anhaltendes Wachstum nicht erklären. Für anhaltendes Wachstum muss offenbar über einen zusätzlichen Mechanismus die Rentabilität von Investitionen gewährleistet werden. Dies kann z.B. erfolgen über den Kunstgriff einer exogenen, technologischen Wachstumskomponente.

In forschungsbasierten, endogenen Wachstumsmodellen wird jene Komponente endogen über die Investitionen privater Akteure modelliert. Zentral ist dabei die Annahme von positiven Externalitäten von Investitionen, z.B. in F&E oder in Humankapital. Jene positiven Externalitäten können als frei zugängliche, öffentliche Komponente einer Investition verstanden werden, welche dazu

beitragen, zukünftige Investitionen zu erleichtern. Falls sich der dadurch entstandene Zuwachs an Wissen oder Humankapital linear zum bisher angesammelten Stock verhält, wird die Tendenz fallender Produktivität von neuen Investitionen aufgehoben und anhaltendes Wachstum sichergestellt. In anderen Worten werden über eine konstante Erhöhung eines variablen Technologieparameters linear ansteigende Skalenerträge in der Produktion ermöglicht. Sämtliche Modelle der endogenen Wachstumstheorie bauen auf diesen Ansatz auf, so z.B. Grossman/Helpman (1991), Lucas (1988), Rivera-Batiz/Romer (1991), Aghion/Howitt (1992) wie auch das in dieser Arbeit besprochene Modell von Howitt (2000).

Steigende Skalenerträge können in der Produktion auch über Skaleneffekte bzgl. der Marktgröße auftreten, wie in Romer (1987). Mit fortschreitender Kapitalakkumulation wird eine bessere Arbeitsteilung ermöglicht, man denke z.B. an die Massenproduktion. Konkret können hohe Fixkosten den Fall der Grenzerträge des Kapitals verhindern. Im Modell von Acemoglu/Ventura wird jener Ansatz in der Beschreibung des verallgemeinerten Modells kurz besprochen werden.

Einfacher kann anhaltendes Wachstum über die Annahme eines einzigen Produktionsfaktors mit konstanten Skalenerträgen modelliert werden, wie z.B. im AK-Modell. Dies soll kurz veranschaulicht werden. Kapital wird dabei sehr allgemein definiert und umfasst sowohl physisches Kapital, Humankapital als auch intellektuelles Kapital, das aus Innovationen gewonnen wird. Es wird also keine explizite Trennung von Kapitalakkumulation und Innovationsakkumulation vorgenommen. Die Version von Frankel (1962) sieht folgende Produktionsfunktion vor:

$$Y = AK$$

wobei A eine positive Konstante darstellt. Jene Funktion weist aufgrund der Proportionalität von K mit Y konstante Skalenerträge auf, und aufgrund der alleinigen Verwendung von Kapital als Produktionsfaktor ist die Profitrate konstant.¹⁴ Beispielsweise könnte man sich vorstellen, dass eine Erhöhung von K den intellektuellen Teil des Kapitals genau um soviel erhöht, so dass der damit implizierte technologische Fortschritt die Rentabilität von Kapital aufrecht erhält. Ausgehend von einer Investitionsmenge, welche sich aus Erspartem abzüglich dem abgeschriebenem Kapital zusammensetzt,

$$\frac{dK}{dt} = sY - \delta K$$

gelangt man zu einer Wachstumsrate

$$g \equiv \frac{1}{Y} \frac{dY}{dt} = \frac{1}{K} \frac{dK}{dt} = sA - \delta$$

welche langfristig von der Sparquote s abhängig ist. Angenommen, dass $sA - \delta > 0$ ist, liegt anhaltendes Wachstum vor. Mit der Annahme konstanter Grenzerträge lässt sich also im Gegensatz zum Solow/Swan-Modell dauerhaftes Wachstum auch ohne technischen Fortschritt modellieren. Unterschiede in den Sparquoten verursachen unterschiedlich hohe Wachstumsraten, womit Konvergenz bei Vorliegen unterschiedlich hoher Sparquoten offensichtlich nicht zu

¹⁴Für das Vorliegen abnehmender Grenzerträge müsste der Exponent von K nicht 1 sondern kleiner als 1 sein.

erklären ist. Konvergenz in AK-Modellen muss jedoch generell keineswegs ausgeschlossen sein, wie Aghion/Howitt (1998) in ihrem Buch feststellen. Sie verweisen auf die Arbeiten von Kelly (1992), Kocherlakota/Yi (1995) und Leung/Quah (1996), welche zeigten, dass verschiedene Formen von Störungen in der Technologie Konvergenz sicherstellen können, wenn auch oftmals, wie Aghion und Howitt zugeben, unter unrealistischen Annahmen.¹⁵ Ein vernünftigerer Ansatz zur Erklärung von Konvergenz in einer Weltwirtschaft mit AK-Ökonomien wird in dieser Arbeit anhand des Basismodells von Acemoglu/Ventura (2002) besprochen werden.

3.3 Modellierungsannahmen

In Modellen mit anhaltendem Wachstum möchte man dieselben Instrumente zur Analyse des Steady state verwenden können wie in stationären Modellen. Deswegen bedienen sich die 2 Modelle eines optimalen, ausgewogenen Wachstumspfades, welcher das Äquivalent eines Steady state in einem transformierten System darstellt. Jener Wachstumspfad wird repräsentiert über Differentialgleichungen, die als Lösung einen einzigen Steady state zulassen. Jener weist im Allgemeinen konstante Zinssätze, eine konstante Verteilung des Einkommens zwischen Kapital und Arbeit und einen konstanten Kapitaleinsatz pro Output auf, wobei Kapital und Output mit derselben Rate wachsen. Jener Gleichgewichtszustand stimmt mit den stilisierten Fakten von Kaldor (1963) überein und hat auch heute noch grob seine Gültigkeit. Ausgeblendet werden dabei aber sogenannte unausgeglichene Eigenschaften des Wachstums. Es finden z.B. im Zeitablauf strukturelle Transformationen in den Wirtschaftssektoren statt. Wirtschaftssektoren in einer Ökonomie gewinnen oder verlieren mit der Zeit an Bedeutung. Die Entwicklung solcher Veränderungen in der Marktstruktur ist dann Gegenstand industrieökonomischer Untersuchungen.¹⁶

Wie Aghion und Howitt zugeben¹⁷, werden für den ausgeglichenen Wachstumspfad teilweise sehr strikte Annahmen benötigt. Für die Erzielung eines Wachstumspfades mit konstant wachsenden Faktoren muss die Outputfunktion an allen Punkten des Wachstumspfades homogen vom Grad 1 bzgl. der wachsenden Faktoren sein. Die Optimalitätseigenschaft an allen Punkten kann dann wie im Ramsey-Cass-Koopmans Modell z.B. nur über die Annahme einer isoelastischen Nutzenfunktion erreicht werden.

Wichtig ist deswegen - nicht nur aufgrund der Verwendung restriktiver Annahmen - im Auge zu behalten,

“daß mathematische Modelle für das Verständnis von Wachstum ein zwar nützliches, aber sicherlich allenfalls grobes Gedankengerüst bieten können – und nicht treffgenaue Beschreibungen der Realität, in denen durch Hinzufügen zusätzlicher Variablen reale Effekte Stück für Stück nachgezeichnet werden können” (Lutz, Seite 11)

In ökonomischen Modellen werden komplexe, wirtschaftliche Zusammenhänge auf einfache, wenige Regeln reduziert. Die sich daraus ergebenden Unzulänglichkeiten sollen mit 2 Zitaten von Zhang kurz dargelegt werden.

¹⁵Aghion/Howitt (1998), Seite 32

¹⁶Acemoglu (2008), Seite 64ff

¹⁷Aghion/Howitt (1998), Seite 65

“each model emphasizes some aspects of economic reality and omits many others. [...] The current growth theory is a collection of economic theories, each of which has been enormously refined within its own domain“ Zhang (2005, Seite 10)

“In order to overcome the incoherence, we need a general theoretical framework which enables us to account for the phenomena explained by the current theories in a unified manner and to draw together all of the disparate branches of growth theory into a single organized system of knowledge.“ Zhang (2005, Vorwort)

Was in der Wachstumstheorie als vernünftige Strategie angesehen wird, ist also die detaillierte Beschreibung einzelner Teilaspekte, deren Relevanz aufgrund empirischer Analysen als bestätigt gilt. Nach dem Motto “decompose the whole into simpler parts until we can deal with simple parts“¹⁸ werden die 2 vorliegenden Modelle durch die Verwendung strikter Annahmen sehr spezifische Aspekte modellieren und dabei näher beleuchten. Die Modelle werden Schritt für Schritt durchgerechnet und unter Berücksichtigung der Einbettung des Modells im dazugehörigen Forschungsbereich wird auf abweichende Resultate in modifizierten oder erweiterten Modellen hingewiesen. Der Schwerpunkt der 2 Modelle liegt jeweils in der Betonung der Unterscheidung von kurzfristigen und langfristigen Effekten von Parameterveränderungen auf das Pro-Kopf-Einkommen und die Wachstumsrate eines Landes. Mit diesem Ansatz sollte ein grundlegendes Verständnis für die Basis gelegt werden, die zur Modellierung eines “integrated framework“ unabdingbar ist.

¹⁸Zhang (2005), Seite 10

4 Innovationsbasiertes Wachstum

aus Howitt (2000): “Endogenous Growth and Cross-Country Income Differences”

Das vorgestellte Modell beruht auf dem Prinzip der schöpferischen Zerstörung von Joseph Schumpeter, einem der frühesten Fürsprecher von F&E als zentralem Antrieb von Wachstum. 2 Zitate von Schumpeter (1976, S82ff) sollen in das Kapitel einführen.

“The fundamental impulse that sets and keeps the capitalist engine in motion comes from the new consumers’ goods, the new methods of production or transportation, the new markets, the new forms of industrial organization that capitalist enterprise creates.”

“This kind of competition is as much more effective than the other [Anm. Preiswettbewerb] as a bombardment is in comparison with forcing a door [...] the powerful lever that in the long run expands output and brings down prices is in any case made of other stuff.”

Howitt versucht 2 verschiedene Ansätze zur Erklärung von Wachstum heranzuziehen und in ein endogenes Modell über mehrere Länder zu integrieren. Er kommt der Forderung von Zhang nach einem Modell mit einheitlichen Rahmen zumindest dahingehend nach, dass sowohl Innovationsakkumulation beruhend auf dem Konzept von Schumpeter als auch Kapitalakkumulation à la Solow in einem einzigen Modell behandelt werden. Das dadurch entstandene Modell könnte man dann als “Schumpetersches Modell mit Kapital” oder als “Solow/Swan-Modell mit endogenem, technologischem Wachstum”¹⁹ bezeichnen. Das Verhalten der langfristigen Wachstumsrate bzw. der Pro-Kopf-Einkommen auf exogene Anreizwirkungen kann sowohl bzgl. des Investitionssatzes als auch bzgl. der Forschung hin untersucht werden. Der einheitliche Rahmen ermöglicht dabei die Analyse des Zusammenspiels zwischen Kapitalakkumulation und Innovationen, was mit einem einfacher zu handhabenden, partiellen Gleichgewichtsmodell nicht möglich gewesen wäre.²⁰

Allgemeine Einordnung des Modells: Bei der Modellierung des technischen Fortschritts wird normalerweise unterschieden, ob jener mit zunehmender Erfahrung in der Produktion automatisch anfällt wie in “Learning by doing”-Modellen (Romer, 1986) oder ob gezielt Ressourcen eingesetzt werden müssen, z.B. zur Ausbildung von Menschen wie im Humankapitalmodell von Lucas (1988) oder zur Erweiterung des technischen Wissens. Die Erweiterung des technischen Wissens lässt sich einerseits über ein Verfahrens- bzw. Prozessinnovationsmodell (z.B. Grossmann/Helpman, 1991a, Kapitel 3, Seite 43-83) bewerkstelligen, in welchen Erhöhungen der Produktivität zu niedrigeren Produktionskosten führen und/oder andererseits über ein Produktinnovationsmodell. Letztere können wiederum unterteilt werden in Modelle zunehmender Produktvielfalt (horizontale Innovationen, Romer 1987, 1990a), in welchen Wachstum durch verstärkte Spezialisierung erfolgt und in Modelle zunehmender Produktqualität (vertikale Innovationen), in welcher Forschung nicht die Anzahl, sondern die Qualität der Produkte erhöht. Die Modellierung von Wachstum über vertikale Innovationen

¹⁹Aghion/Howitt (1998), Seite 85

²⁰Aghion/Howitt (1998), Seite 9

lässt sich über ein Qualitätsleiter-Modell im Rahmen der schöpferischen Zerstörung abwickeln. Howitts Modell wird auf diesen Ansatz zurückgreifen. Denn “mit dem Qualitätsleiter-Modell sind theoretische Grundlagen einer "Schumpeterianischen Wachstumstheorie" gelegt, die sich bereits in weiteren Anwendungsbereichen wie der Arbeitsmarkttheorie, der Finanzmarkttheorie oder der Regional- und Außenhandelstheorie als recht brauchbar erwiesen haben.“²¹ Horizontale Innovationen werden dagegen nur als Hilfsmittel zur Verhinderung von Skaleneffekten einer größerer Bevölkerung im Modell Eingang finden.

Das vorliegende Modell unterscheidet sich vom einfachen Schumpeter Modell von Aghion/Howitt (1992) hauptsächlich in 2 Punkten.

1. Es wird Kapital als zusätzlicher Faktor in der Zwischenproduktherstellung eingeführt.
2. Es wird die einst verwendete Modellierung über ein einziges Zwischenprodukt ersetzt durch eine Modellierung über ein Kontinuum von Zwischenprodukten, um eine reichhaltigere Analyse zuzulassen. Die neue Modellierung über ein Kontinuum von Zwischenprodukten ist von Caballero/Jaffe (1993) inspiriert worden.²²

Die Erweiterung des Modells mit Kapital kommt der Vorstellung nach, dass Innovationen oft in dauerhaften Gütern enthalten sind und dass Produktivitätssteigerungen oft aufgrund von Investitionen in Ausstattungen erfolgen, wie De Long/Summers (1991) nachgewiesen haben. Ebenso ist der Forschungssektor in einer Ökonomie sehr kapitalintensiv, nicht nur physisch in Form von Maschinen, sondern auch in Form von Humankapital. Die Erweiterungen waren aber nicht nur notwendig, um ein intuitiveres, der Realität näheres Modell der schöpferischen Zerstörung zu entwerfen, sondern auch um das Modell in Einklang mit den empirischen Daten zu bringen. Folgende Kritikpunkte standen im Mittelpunkt:

- Jones (1995a,b) wies auf die Tatsache hin, dass der in den letzten Jahrzehnten beobachtete Anstieg der Ausgaben für F&E und Humankapital nicht mit höheren Wachstumsraten einherging.
- Ebenso widerlegte Jones (1995a) die vom einfachen Schumpeter Modell prognostizierten Skaleneffekte einer größeren Bevölkerung
- Zudem wiesen Jones (1995a) und Easterly/Rebelo (1993) auf einen nicht robusten Zusammenhang zwischen fiskalischen Indikatoren (Steuern) und Wachstum hin. Das einfache Schumpeter-Modell schrieb Politikmaßnahmen einen Einfluss auf die langfristige Wachstumsrate zu.
- Das einfache Schumpeter Modell ist zudem nicht in Übereinstimmung mit der Feststellung von Evans (1996), dass die Pro-Kopf-Einkommenslevel unter den OECD Ländern nicht divergieren, bzw. mit Barro/Sala-i-Martin (1995), welche bedingte β -Konvergenz zwischen den Ländern nachgewiesen haben. So kommt Evans (1996) letztlich zum Schluss, dass “either

²¹Stadler, Manfred: Stochastische Innovations- und Wachstumszyklen. aus: Bereich Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät Tübingen. Tübinger Diskussionsbeitrag; 167; verfasst 1999, publiziert 2005. <http://w210.ub.uni-tuebingen.de/dbt/volltexte/2005/2113/>; Zugriff: 12.08.2008

²²Aghion/Howitt (1998), Seite 86

endogenous growth models are fundamentally flawed, or else the effects they predict must be relatively unimportant for the countries considered here.“

Die Modellbeschreibung wird zuerst auf die allgemeinen Produktionsbeziehungen eingehen. Danach werden Imitationen und Innovationen näher erläutert, anknüpfend daran der mit den Innovationen verbundene Prozess von Konvergenz in den Produktionswachstumsraten und schließlich der Steady state.

4.1 Produktionsbeziehungen

In einer Ökonomie einer m -Länder umfassenden Weltwirtschaft wird unter vollkommenem Wettbewerb über ein Kontinuum von Zwischenprodukten und Arbeit L ein einziges Endprodukt Y produziert, welches damit dem Gesamtoutput entspricht.

$$Y_t = \int_0^{\mu_t} A_t(i)F(x_t(i), L_t/\mu_t) di \quad (4.1)$$

μ_t misst dabei die Anzahl der verschiedenen Zwischenprodukte, die in einem Land produziert und verwendet werden. Ein höhere Anzahl von Zwischenprodukten μ_t lässt jedoch – wie später noch gezeigt wird - im Gegensatz zu endogenen Produktvielfaltsmodellen (vgl. Romer, 1990a) keinen höheren Gesamtoutput zu. Dafür begünstigt ein höherer Produktivitätsparameter $A_t(i)$ für die Herstellung von Zwischenprodukten einen höheren Gesamtoutput. Die Produktionsfunktion $F(\cdot)$ sollte konkav sein und konstante Skalenerträge²³ in der Zwischenproduktmenge x und der Anzahl von Arbeitskräften pro Zwischenproduktvarietät $L/\mu_t \equiv l$ aufweisen. Wachsen also x und l mit derselben Rate, wird das Grenzprodukt nicht fallen, sondern konstant bleiben. Einfachheitshalber wird dafür eine Cobb-Douglas Produktionsfunktion unterstellt.

$$F(x, l) \equiv x^\alpha l^{1-\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (4.2)$$

Es sei angemerkt, dass, abgesehen von der Verwendung von Zwischenprodukten, die Produktionsfunktion dieselbe ist wie im Solow/Swan-Modell. Das Endprodukt bzw. der Gesamtoutput kann anschließend als Konsumgut C_t , Investitionsgut I_t oder als Input für F&E R_t verwendet werden.

$$Y_t = C_t + I_t + R_t$$

wobei die Bruttoinvestitionen I_t die Produktion von neuem Kapital umfassen, z.B. in Form von neuen Maschinen.

4.2 Imitationen und Skaleneffekte

Die Bevölkerungsgröße spielt in diesem Modell eine Rolle, da konstante Skalenerträge nur in den Faktoren Kapital und Arbeit vorliegen, nicht aber in allen wachsenden Faktoren, zu denen Wissen in Form des Produktivitätsparameters

²³Konstante Skalenerträge liegen vor, wenn gilt:
 $F(\lambda x, \lambda l) = \lambda \cdot x^\alpha l^{1-\alpha} = \lambda \cdot F(x, l)$

$A_t(i)$ auch noch dazugehört.²⁴ In der Frühphase der endogenen Wachstumstheorie glaubte man, insbesondere Romer (1986), dass eine größere Bevölkerung von sich aus in der Lage sein sollte, innovativer zu sein. Man dachte, dass eine höhere Nachfrage in größeren Märkten Aussicht auf höhere Gewinne impliziert und so zu erhöhter Forschungstätigkeit seitens der Unternehmen führen könnte und dass in einem bevölkerungsreichen Land mehr Forscher leben und deswegen mehr erfunden wird. Jedoch führte die fehlende empirische Bestätigung dieser Hypothese zu einem Umdenken. Für die Beseitigung von Skaleneffekten schlug Jones (1995a) die Einführung abnehmender Erträge von Innovationen vor, etwa infolge ansteigender Komplexität in der Technologie.²⁵ Howitt wird sich jenes Ansatzes bedienen, aber zusätzlich verwendet er auch einen Ansatz aufbauend auf die Annahme von stetig ansteigenden Zwischenproduktsektoren nach der Idee von Jones (1995a). Dieser Kanal kann höhere Wachstumsraten infolge einer Gesamtexpansion der Ökonomie verhindern, denn ein über einen höheren Faktoreinsatz gesteigerter Output muss auf immer mehr Sektoren verteilt werden. Entspricht das Wachstum des Faktoreinsatzes jenem der Sektoren, bleibt der Faktoreinsatz pro Sektor gleich und die 2 Effekte hebeln sich gegenseitig aus.

Konkret geht Howitt so vor: Er nimmt an, dass jeder Mensch unelastisch eine Einheit Arbeit anbietet. Damit entspricht das Arbeitsangebot der Bevölkerungsgröße. Alle Länder wachsen mit einer konstanten, exogenen Rate $g_L > 0$. Die Einführung horizontaler Produkterweiterung erfolgt nun über die Annahme, dass jede Arbeitskraft mit derselben Imitationsneigung $\xi > 0$ dazu beiträgt, die Zahl heimischer Zwischenprodukte zu erhöhen.²⁶ Der aggregierte Fluss von neuen Produkten ist somit:

$$\dot{\mu}_t = \xi L_t \quad (4.3)$$

Eine Erhöhung von μ_t lässt jedoch nicht die Produktivität eines Landes ansteigen, wie in der Produktionsfunktion ersichtlich ist. Denn das Integral über die Anzahl μ_t wird (bei $x_t(i) = x_t; \forall i$) letztlich aufgehoben durch die Division mit μ_t in der Cobb-Douglas Funktion. Damit die Produktivität tatsächlich nicht steigt, muss natürlich die Produktivität der Imitationen im Schnitt genauso hoch sein wie die der alten Produkte. Das wird erreicht durch die Annahme, dass die Produktivität einer Imitation jeweils der Produktivität eines zufällig gezogenen, inländischen Zwischenprodukts entspricht. Weil jede Innovation auf ein spezifisches Zwischenprodukt eingeschränkt ist - es herrscht schließlich kein Handel - und die Zahl der Arbeitskräfte pro Zwischenprodukt nicht mit dem Bevölkerungswachstum ansteigt sondern konstant bleibt, werden Skaleneffekte ausgeschaltet. Denn das konstante Bevölkerungswachstum geht einher mit einem proportionalen Wachstum der Varietäten μ_t und damit zu keiner Änderung für die Zahl der Arbeitskräfte pro Zwischenprodukt. Es soll

²⁴Im Solow/Swan-Modell implizieren verschieden große Populationen nur einen proportional größeren Gesamtoutput. Sie haben damit keinen Einfluss auf Pro-Kopf-Berechnungen. Im 2. Modell umgehen Acemoglu und Ventura derartige Skaleneffekte des Marktes indem alle Länder als gleich groß angenommen werden.

²⁵Sie führte allerdings in seinem Modell zu einer Eindämmung des Wachstums, welches langfristig dann nur mehr von Bevölkerungswachstum bestimmt wurde. Der Grund lag an der fehlenden Verwendung von Kapital als Input für die Zwischenproduktherstellung. Siehe Agion/Howitt (1998), Seite 406.

²⁶Diese Annahme wird einfachheitshalber verwendet. Realistischer ist die wettbewerbliche Produktion horizontaler Innovationen, siehe dazu Aghion/Howitt (1998) bzw. Howitt (1999).

jedoch darauf hingewiesen werden, dass eine Erhöhung des Bevölkerungswachstums durchaus Einfluss auf die aggregierte Produktionsfunktion und damit auf Wachstum nehmen kann. Dieser Aspekt wird in den Steady state Analysen kurz behandelt werden.

Jener Ansatz ermöglicht aber nicht nur die Beseitigung von Skaleneffekten einer größeren Population, sondern bietet auch eine Erklärung für konstante Wachstumsraten bei gleichzeitig ansteigenden Ausgaben für Bildung und Forschung. In dem Fall, in welchem das Wachstum der Sektoren proportional zum Wachstum des Outputs ist, müssen auch jene Ausgaben mit der gleichen Rate mitwachsen, um konstanten Faktoreinsatz pro Sektor sicherzustellen. Der Mechanismus von horizontalen Innovationen greift letztlich die Vorstellung einer immer komplexer werdenden Ökonomie auf, in der abnehmende Grenzproduktivitäten des Faktoreinsatzes vorherrschen. Im Modell von Howitt (2000) muss, um das Forschungsniveau in einem Sektor konstant zu halten, zwingend ein andauernder Forschungsanstieg stattfinden um - wie sich später zeigen wird - die gleiche Ankunftsrate der Innovation zu garantieren.

In der Tat sind die Bildungs- und Forschungsausgaben in den Industrienationen von 1960-1985 relativ zum Wirtschaftsprodukt in etwa doppelt so stark gestiegen wie die Wachstumsrate des Outputs.²⁷ Erst mit der zusätzlichen, späteren Annahme abnehmender Skalenerträge in der Technologie lässt sich der beobachtete Anstieg der Forschungsausgaben mit dem Modell vereinbaren.

Das Modell steht damit im direkten Gegensatz zu Produktvarietätenmodellen wie z.B. Romer (1990a), in welchem ein Anstieg der Zahl von Zwischenproduktvarietäten höhere Spezialisierung signalisiert und damit Wachstum schafft. In Wirklichkeit sind sowohl horizontale Innovationen, als auch vertikale Innovationen wachstumsfördernd, wobei die Wirkung letzterer offensichtlicher ist.

Es wird nun gezeigt, dass bei konstantem Bevölkerungswachstum die Zahl der Arbeitskräfte pro Zwischenprodukt, also $l \equiv L_t/\mu_t$, asymptotisch gegen g_L/ξ konvergiert. Dies wird auf zweifache Weise gezeigt werden.

- Einerseits über die Differentialgleichung von l . Gegeben $\dot{\mu}_t = \xi L_t$ und $\dot{L}_t = g_L L_t$, gilt für die Wachstumsrate von l , also $g_l = \frac{\dot{l}_t}{l_t}$, folgendes:

$$\begin{aligned} \frac{\dot{l}_t}{l_t} &= \frac{g_L \cdot L_t}{L_t} - \frac{\xi \cdot L_t}{\mu_t} \\ \dot{l}_t &= g_L \cdot l_t - \xi \cdot l_t^2 \end{aligned}$$

Wenn $\dot{l}_t = 0$ ist, hat l einen konstanten Wert eingenommen, nämlich $l = \frac{g_L}{\xi}$. Das Vorliegen von Konvergenz ist leicht ersichtlich. Falls $l_t > \frac{g_L}{\xi}$, dann ist $\dot{l}_t = g_L \cdot l_t - \xi \cdot l_t^2 < 0$ bis Konvergenz stattgefunden hat. Vice versa gilt für $l_t < \frac{g_L}{\xi}$.

- Alternativ kann der Grenzwert der Relation zwischen den aufkumulierten Größen der Bevölkerung und der Produktvielfalt berechnet werden.

Im Falle einer diskreten Zeit ergibt sich jene über die Summe einer unendlichen, geometrischen Reihe.

²⁷Lutz, Seite 36

$$\begin{aligned}
\mu_t &= \dot{\mu}_{t-1} + \dot{\mu}_{t-2} + \dot{\mu}_{t-3} \dots \\
&= \xi \cdot L_{t-1} + \xi \cdot L_{t-2} + \xi \cdot L_{t-3} \dots \\
&= \xi \cdot L_t \cdot (1 + g_L)^{-1} + \xi \cdot L_t \cdot (1 + g_L)^{-2} + \dots \\
&= \xi \cdot \frac{\frac{L_t}{1+g_L}}{1 - \frac{1}{1+g_L}} = \frac{\xi \cdot L_t}{g_L} \\
\Rightarrow \frac{L_t}{\mu_t} &= \frac{g_L}{\xi}
\end{aligned}$$

Im Falle einer Modellierung mit kontinuierlicher Zeit erhält man mit dem Integral über alle Zuwächse von μ_t dasselbe Ergebnis:

$$\begin{aligned}
\mu_t &= \int_{s=0}^{\infty} \dot{\mu}_{t-s} ds = \int_0^{\infty} \xi \cdot L_T \cdot e^{-g_L s} ds = \xi \cdot L_T \cdot \int_0^{\infty} e^{-g_L s} ds \\
&= \xi \cdot L_T \cdot \left(-\frac{1}{g_L} \cdot e^{-g_L s}\right) \Big|_0^{\infty} = \xi \cdot L_T \cdot \left(-\frac{1}{g_L} \cdot \underbrace{e^{-g_L \infty}}_0 + \frac{1}{g_L} \cdot e^0\right) \\
&= \xi \cdot L_T \cdot \frac{1}{g_L} \\
\Rightarrow \frac{L_t}{\mu_t} &= \frac{g_L}{\xi}
\end{aligned}$$

Einfachheitshalber geht man gleich davon aus, dass Konvergenz eingetreten ist, dass also $l = g_L/\xi$ ist. Ein Bevölkerungswachstum von $g_L = 0$ sollte übrigens nicht angenommen werden. Es wird später zu dem unschönen Ergebnis von Nullwachstum führen.

4.3 Zwischenproduktsektor

Für die Produktion eines Zwischenprodukts wird nur Kapital benötigt. Eine Firma produziert jeweils eine Varietät eines Zwischenprodukts. Für jedes Zwischenprodukt i existiert ein eigener Forschungssektor, in welchem Unternehmen Forschung betreiben. Mit zunehmender Technologie $A_t(i)$ wird die Produktion im jeweiligen Sektor i immer kapitalintensiver.

$$x_t(i) = K_t(i)/A_t(i) \tag{4.4}$$

Die Verwendung von Kapital statt Arbeit wie im einfachen Schumpeter Modell wird bzgl. der Abhängigkeit zwischen Kapitalakkumulation und Innovationen später noch eine Rolle spielen.

Wie schon erwähnt wird jegliche Form von internationalem Handel mit Produkten oder Produktionsfaktoren ausgeschlossen. Es gibt also nur länderspezifische Zwischenprodukte, welche nur im Inland produziert und verwendet werden. Eine Innovation bezieht sich jeweils auf ein Zwischenprodukt und bringt eine verbesserte Version eines existierenden Zwischenprodukts hervor. Der Innovator verdrängt dabei den bisherigen Monopolisten und hält seine Monopolstellung bis zur nächsten Innovation inne.

Die Zwischenprodukthersteller maximieren ihren erwarteten Gewinn, den sie als temporäre Monopolisten erwirtschaften können. Da sich die Unternehmen im Endproduktsektor im vollkommenen Wettbewerb befinden und jedes Zwischenprodukt unabhängig von den anderen zur Produktion des Endprodukts beiträgt, kann der Zwischenprodukthersteller nur einen Preis in Höhe der Grenzproduktivität des Zwischenprodukts verlangen. Sie sehen sich einer inversen Nachfragekurve $p(x)$ gegenüber, auf welcher sie ihre optimale Menge auswählen.

$$p_t(i) = \frac{\partial Y_t(i)}{\partial x_t(i)} = A_t(i) \cdot \alpha \cdot x_t(i)^{\alpha-1} \cdot l^{1-\alpha} \quad (4.5)$$

Unter Berücksichtigung der Gl. 4.4 ergibt sich die Kostenfunktion $c_t = (r_t + \delta) \cdot A_t(i) \cdot x_t(i)$. Die Kosten des Kapitals hängen also vom Zinssatz r_t bzw. von der Abschreibungsrate δ ab. Die Abschreibungsrate wird für alle Länder als gleich hoch angenommen.

Bevor die Standardprofitmaximierung für jeden Zwischenprodukthersteller berechnet wird, folgen noch ein paar Vereinfachungen. Da sich die Firmen nur durch $A_t(i)$ unterscheiden und $A_t(i)$ sowohl proportional zum Grenzprodukt als auch zu den Grenzkosten ist, werden alle Firmen dieselbe Menge x von einem Zwischenprodukt i anbieten. Es gilt also:

$$x_t(i) = x_t$$

Angenommen, dass sich Angebot und Nachfrage von Kapital durch Preisanpassung die Waage halten, gilt:

$$K_t = \int_0^{\mu_t} K_t(i) di = \int_0^{\mu_t} A_t(i) \cdot x_t di = \mu_t \cdot A_t \cdot x_t$$

wobei A_t den durchschnittlichen Produktivitätsparameter über alle Sektoren darstellt. Die durchschnittliche Produktivität kann aufgrund gleicher Produktionsmengen für jedes Zwischenprodukt i mittels Aufaddierung über das Integral schnell berechnet werden.

$$A_t = \frac{1}{\mu_t} \cdot \int_0^{\mu_t} A_t(i) di$$

Gegeben die Kapitalintensität bzw. den Kapitalstock pro effektiver Arbeitskraft $k_t = \frac{K_t}{A_t L_t}$, lässt sich die Produktionsmenge eines jedes Zwischenprodukts anschreiben als

$$x_t = \frac{K_t}{\mu_t A_t} = k_t \cdot \frac{L_t}{\mu_t} = k_t \cdot l$$

Damit erhält man für den Output die klassische Cobb-Douglas-Produktionsfunktion.

$$\begin{aligned}
Y_t &= \int_0^{\mu_t} A_t(i) \cdot F(x, l) \, di \\
&= \mu_t \cdot A_t \cdot F\left(\frac{K_t}{\mu_t A_t}, \frac{L_t}{\mu_t}\right) \\
&= F(K_t, L_t A_t) \\
&= K_t^\alpha \cdot (L_t A_t)^{1-\alpha}
\end{aligned} \tag{4.6}$$

Aufgrund konstanter Skalenerträge in K und A tritt anhaltendes Outputwachstum auf, wenn K und A mit derselben Rate wachsen. Der Output pro effektiver Arbeitskraft ergibt

$$\frac{Y_t}{L_t A_t} = F\left(\frac{K_t}{L_t A_t}, 1\right) = k_t^\alpha \equiv f(k_t) \tag{4.7}$$

Man bemerke, dass die Anzahl der Zwischenproduktvarietäten μ_t bzgl. der Höhe des Outputs keine Rolle mehr spielt.

Aus der Standardprofitmaximierungsformel folgt:

$$\begin{aligned}
\pi_t &= \max_x (p_t(i) \cdot x_t - c_t) \\
\arg \max_x A_t(i) \cdot \alpha \cdot x_t^\alpha \cdot l^{1-\alpha} - (r_t + \delta) \cdot A_t(i) \cdot x_t \\
A_t(i) \cdot \alpha \cdot \alpha \cdot x_t^{\alpha-1} \cdot l^{1-\alpha} - (r_t + \delta) \cdot A_t(i) &= 0 \\
\alpha \cdot \alpha \cdot \left(\frac{x_t}{l}\right)^{\alpha-1} &= r_t + \delta \\
\alpha \cdot f'(k_t) - \delta &= r_t
\end{aligned} \tag{4.8}$$

Profitmaximierung erfolgt folglich unter folgendem Zinssatz

$$r_t^* = \alpha f'(k_t) - \delta \tag{4.9}$$

Jene Formel erfasst die Bedingung, dass die Kosten von Kapital gleich den Grenzerträgen $\alpha f'(k_t)$ sein müssen. Durch Umformung der Gl. 4.8 erhält man die optimale Produktionsmenge \tilde{x}_t :

$$\tilde{x}_t = \left(\frac{r_t + \delta}{\alpha^2}\right)^{\frac{1}{\alpha-1}} \cdot l$$

und der Profit ergibt sich durch Einsetzen des optimalen Zinssatzes in die Profitfunktion:

$$\begin{aligned}
\pi_t(i) &= A_t(i) \cdot \alpha \cdot x_t^\alpha \cdot l^{1-\alpha} - [\alpha \cdot f'(k_t) - \delta + \delta] \cdot A_t(i) \cdot x_t \\
&= A_t(i) \cdot \alpha \cdot \left\langle \frac{x_t}{l} \right\rangle^\alpha \cdot l - \left[\alpha \cdot \alpha \cdot \left\langle \frac{x_t}{l} \right\rangle^{\alpha-1} \right] \cdot A_t(i) \cdot x_t \\
&= A_t(i) \cdot \alpha \cdot k_t^\alpha \cdot l - \alpha \cdot \alpha \cdot k_t^\alpha \cdot l \cdot A_t(i) \\
&= A_t(i) \cdot \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot k_t^\alpha \cdot l \\
&\equiv A_t(i) \cdot \tilde{\pi}_t(k_t) \cdot l
\end{aligned} \tag{4.10}$$

wobei $\tilde{\pi}_t(k_t) \equiv \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot k_t^\alpha$ ist. Eine höhere Technologie und eine höhere Kapitalintensität schlagen sich offensichtlich in höhere Profite nieder.

4.4 Innovationsprozess und F&E

4.4.1 Innovationsprozess

Es fehlt jetzt noch die Beschreibung der Produktinnovationen, welche in diesem Modell die zentrale Ursache für Wachstum darstellen. Denn sie lassen den variablen Technologieparameter $A_t(i)$ im Laufe der Zeit ansteigen. Innovationen fallen dabei nicht wie ‘‘Manna vom Himmel’’²⁸ sondern entstehen durch inländische Forschung, welche sich das weltweite technologische Wissen zu Nutze macht. Howitt führt an diesem Punkt die weltweite Spitzentechnologie A_t^{max} ein: A_t^{max} ist der größte Wert aller Produktivitätsparameter in der Weltökonomie zum Zeitpunkt t .

$$A_t^{max} \equiv \max\{A_{jt}(i) \mid i \in [0, \mu_{jt}], \quad j = 1, \dots, m\}$$

wobei sich j auf das jeweilige Land und i auf den jeweiligen Zwischenproduktsektor bezieht. Eine Innovation eines Unternehmens im Sektor i führt dazu, dass jenes Unternehmen ein neues Produkt mit der Spitzentechnologie A_t^{max} im Zwischenproduktsektor i anbietet und dabei sofort das ältere Produkt des bisherigen Monopolisten verdrängt.²⁹ Man spricht hier von einer sogenannten drastischen Innovation. Die Qualitätserhöhung des Produkts durch die Innovation ist so groß, dass verschiedene Produktversionen nicht gleichzeitig auf dem Markt sind.³⁰

Aghion und Howitt gehen weiter davon aus, dass nur der in den Markt Eintretende (Entrant) und nicht das derzeit marktbeherrschende Unternehmen (Incumbant) in Forschung investiert. Der Monopolist kann also Produkte alleinig auf den Markt bringen, aber nicht verhindern, dass andere F&E betreiben. Dies wird mit Verweis auf den sogenannten ‘‘Arrow’s replacement effect’’ begründet. Jener besagt, dass ein Monopolist nach einer gelungenen Produktinnovation seine derzeitigen Profite ersetzen würde mit den Einnahmen aus der neuen Innovation. Der Entrant jedoch kann die Gewinne aus einer neuen Innovation als Reingewinn lukrieren. Er muss also in seinem Maximierungskalkül keine Verluste von Gewinnströmen aus einer bisherigen Produktinnovation berücksichtigen. Dies hat zur Folge, dass der Entrant, unter der Annahme, dass die Kosten für F&E für den Incumbant und den Entrant gleich hoch sind, einen höheren

²⁸Aghion/Howitt (1998), Seite 1

²⁹Laut Acemoglu dürften Produktivitätsdifferenzen tatsächlich aus dem Eintreten von neuen und produktiveren Firmen und der Verdrängung der alten herrühren. Sie erklären zumindest etwa 25% des durchschnittlichen TFP (Total Factor Productivity) Produktivitätswachstums. Der Rest dürften jedoch von Firmen stammen, die kontinuierlich in Technologie und Produktivität investieren. Siehe Acemoglu (2008), Seite 694.

³⁰Bei nichtdrastischen Innovationen können mehrere Produktzyklen gleichzeitig am Markt sein. Der daraus resultierende Preiswettbewerb zwischen den Unternehmen lässt die Modellierung weiterer Politikmaßnahmen zu, wie z.B. Anti-Trust Politik. Die Auswirkungen diesbezüglich werden in Aghion/Howitt (1998) näher erläutert.

Anreiz hat, in Forschung zu investieren.³¹ ³² Es wird damit kein Wettbewerb zwischen Monopolisten und potentiellen Nachfolgern zugelassen. Howitt bekräftigt seinen Standpunkt mit Verweis auf ein gemeinsam mit Aghion konstruiertes Modell (1998, Appendix), das Wettbewerb zwischen Incumbant und Entrant zulässt und als Endresultat wiederum dieselben Kernaussagen liefert. Die Implementation von Wettbewerb erfolgt dabei über die Annahme von Step-by-step Innovationen, also nichtdrastischen Innovationen, welche zu endogen entwickelten Monopolpreisen führen.

Verbesserungen in den Produktivitätsparametern kommen von einem Innovationsprozess, der nur den vom Output Y_t abgezweigten Teil R_t für F&E als einzigen Input verwendet. Forschungsanstrengungen finden dabei in einem Umfeld von Unsicherheit statt, da der Erfolg einer gelungenen Innovation im vorhinein nicht garantiert ist, sondern zufällig einer Poisson-Verteilung folgt. In einem Poisson-verteilten Prozess mit Parameter λ folgen die Zeitabschnitte zwischen den zufälligen Ereignissen einer Exponentialverteilung mit Parameter λ .

$$F(T) = 1 - e^{-\lambda T}, \lambda > 0$$

Über die Berechnung der Dichte

$$f(T) = F'(T) = \lambda e^{-\lambda T} > 0$$

lässt sich die Auftretenswahrscheinlichkeit eines Ereignisses innerhalb eines Zeitraums der Länge dt berechnen. Sie beträgt $\lambda \cdot dt$. Es können also innerhalb einer Zeiteinheit dt λ Innovationen erwartet werden, oder anders gesagt, wird im Durchschnitt eine neue Innovation innerhalb einer Zeitspanne von $1/\lambda$ auftreten. Die Ankunftsrate unabhängiger Poisson-Prozesse können aufgrund der Additivitätseigenschaft der Poisson-Verteilung zur Berechnung der Ankunftsrate des Gesamtprozesses miteinander addiert werden.

Jene Additivitätseigenschaft macht man sich auch in Howitts Modell zu Nutze um den Innovationsprozess, also den kontinuierlichen Fluss von Innovationen ϕ pro Zeiteinheit, in einem Sektor³³ folgendermaßen anzuschreiben:

$$\phi_t = \lambda n_t; \lambda > 0 \tag{4.11}$$

wobei $n_t = R_t/A_t^{max}$ ist. Die Ankunftsrate ϕ stellt für einen Monopolisten die Flusswahrscheinlichkeit dar, von einem Wettbewerber verdrängt zu werden.

³¹Im Allgemeinen können Annahmen, dass der Monopolist durch vorangegangene Forschung leichteren Zugang zu modernerer Technologie hat, finanziell besser ausgestattet ist und eventuell auch die Politikgestaltung zu seinem Gunsten beeinflussen kann, zu anderen Wohlfahrtsergebnissen führen und so z.B. die Einführung einer verzerrenden Steuer rechtfertigen. Siehe Acemoglu (2008), Seite 519.

³²Eng verbunden mit dem "Arrow's replacement effect" ist der "Business stealing effect". Er ist eine mit der Innovationstätigkeit verbundene, negative Externalität. Im Gegensatz zum sozialen Planer bezieht ein Innovator nur seine eigenen, erwarteten Profite in sein Maximierungskalkül ein und nicht zusätzlich die Profite des derzeitigen Monopolisten. Oder anders gesagt: Ein Innovator ersetzt nicht den Verlust einer Gesellschaft durch die Zerstörung der alten Innovation. Aufgründessen lässt sich in Wohlfahrtsanalysen die Möglichkeit des Vorliegens zu intensiver, schöpferischer Zerstörung zeigen.

³³Die Ankunftsrate ϕ ist für jeden Sektor gleich hoch, weil der erwartete Payoff für Forschung in jedem Sektor derselbe ist und deswegen in jedem Sektor ein gleich hoher Input R_t investiert wird.

Die Höhe der Ankunftsrate hängt ab von der Produktivität der Forschungstechnologie λ und von der Forschungsintensität n_t . Die Forschungsintensität wird berechnet über den Teil des Outputs, der in F&E investiert wird³⁴, dividiert durch A_t^{max} , nämlich um der Hypothese von Kortum (1997) genüge zu tun, dass mit fortschreitender Technologie die Kosten für weitere Technologiefortschritte proportional ansteigen. In unser Modell übertragen bedeutet dies, dass abnehmende Skalenerträge des Kapitals in F&E vorliegen.³⁵

4.4.2 Höhe der Forschungsintensität

Das Ausmaß von Forschung soll über eine Arbitragebedingung bestimmt werden. Zur Bestimmung der Kostenseite nimmt man an, dass F&E Ausgaben mit der proportionalen Rate $\psi < 1$ subventioniert werden. Diese Subventionssrate sollte alle Verzerrungen bzgl. Politik, Institutionen und Kultur beinhalten, welche eine direkte Auswirkung auf die Forschungsanreize haben. Sie kann dabei auch negative Werte annehmen.

Zur Bestimmung der Gewinnseite muss zunächst der Barwert des Gewinnstroms aus einer Innovation über eine unendliche, geometrische Reihe, welche mit $1 + r$ diskontiert wird, berechnet werden.³⁶ Unter Voraussetzung eines konstanten Zinssatzes erhält man:

$$\begin{aligned} V_t &= \frac{\pi_t}{1+r} + \frac{\pi_t}{(1+r)^2} + \frac{\pi_t}{(1+r)^3} + \dots \\ &= \frac{\frac{\pi_t}{1+r}}{1 - \left(\frac{1}{1+r}\right)} = \frac{\pi_t}{r} \end{aligned}$$

Das ist der Barwert des Gewinnstroms, wenn keine weiteren Innovationen mehr in dem Sektor stattfinden, die Gewinne also bis ins Unendliche ausgeschöpft werden. Wenn man nun die Dynamik der schöpferischen Zerstörung ins Spiel kommen lässt, muss der erwartete Verlust der Gewinnströme aufgrund einer neuen Innovation zum Zeitpunkt t berücksichtigt werden. Die Berechnung jener erfolgt über das abdiskontierte Produkt von V_t mit der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer neuen Innovation, welche der Flusswahrscheinlichkeit λn_t entspricht. Man erhält mit der erhaltenen Formel zugleich eine Abschätzung der Größe für den "Business stealing effect".

$$V_t = \frac{\pi_t}{r} - \lambda \cdot n_t \cdot \frac{V_t}{r}$$

Umformen ergibt

³⁴Eine intuitivere Vorstellung bietet das einfache Schumpeter Modell (Aghion/Howitt, 1992), in welchem Zwischenprodukte nur über den Input Arbeit produziert werden. In jenem Modell spiegelt n_t folglich die Anzahl der Arbeitskräfte in der Forschung wider. Die zu jedem Forscher dazugehörige Flusswahrscheinlichkeit λ kann dann über den gesamten Sektor aufsummiert werden und man erhält für den Gesamtprozess wiederum eine Ankunftsrate von λn_t .

³⁵Jene dürfen nicht mit abnehmenden Skalenerträgen in F&E verwechselt werden, welche langfristiges Wachstum in jenem Modell unmöglich machen würden. Wie in Kapitel 4.5 bzw. 6.2 gezeigt werden wird, herrschen in diesem Modell konstante Skalenerträge in F&E vor,

³⁶Jene Berechnungen werden aufgrund einer anschaulicheren Notation in diskreter Zeit durchgeführt.

$$V_t = \frac{\pi_t}{r + \lambda n_t}$$

V_t beschreibt den erwarteten Nutzen für einen Monopolisten aus einer getätigten Innovation. Den erwarteten Grenznutzen einer Erhöhung der Forschungsausgaben um eine weitere Einheit Output erhält man über dessen marginalen Effekt auf die Ankunftsrate multipliziert mit dem erwarteten Nutzen V_t einer neuen Innovation. Der marginale Effekt von F&E auf die Ankunftsrate λn_t entspricht:

$$\begin{aligned}\lambda n_t &= \lambda \frac{R_t}{A_t^{max}} \\ \frac{d\lambda n_t}{dR_t} &= \lambda \cdot \frac{1}{A_t^{max}}\end{aligned}$$

Der erwartete Grenznutzen einer weiteren Einheit Forschung entspricht deshalb $\lambda/A_t^{max} \cdot V_t$. Nach Einsetzen der Profitfunktion $\tilde{\pi}$ und unter Berücksichtigung, dass neue Innovationen immer mit A_t^{max} eingeführt werden, erkennt man, dass die Spitzentechnologie A_t^{max} offensichtlich keinen Einfluss auf die Höhe der Forschungsintensität nimmt.

$$\frac{\lambda}{A_t^{max}} \cdot V_t = \frac{\lambda}{A_t^{max}} \cdot \frac{A_t^{max} \cdot \tilde{\pi}_t(k_t) \cdot l}{r + \lambda n_t} = \lambda \cdot \frac{\tilde{\pi}_t(k_t) \cdot l}{r + \lambda n_t}$$

Im Gleichgewicht müssen die erwarteten Kosten für den Einsatz einer weiteren Einheit für Forschung gleich sein dem erwarteten Grenznutzen. Wenn Kosten und Nutzen in Einheiten des Outputs ausgegeben werden, stellen sich die Grenzkosten als $1 - \psi$ dar. Somit erhält man folgende Arbitragebedingung:

$$1 - \psi = \lambda \cdot \frac{\tilde{\pi}_t(k_t) \cdot l}{r_t + \lambda n_t} \quad (4.12)$$

Dadurch, dass die erwarteten Gewinne nicht nur durch den Zinssatz abdiskontiert werden, sondern auch durch λn_t , der Wahrscheinlichkeit, verdrängt zu werden, wird dem Konzept der schöpferischen Zerstörung Ausdruck verliehen. Höhere Forschungsausgaben führen zu schnellerer Verdrängung und damit zu einer Verringerung des erwarteten Gewinnstroms.³⁷

Mit Hilfe der Arbitragebedingung und des im Zwischenproduktsektor berechneten Gleichgewichtszinssatzes kann die Forschungsintensität n_t für jedes Land berechnet werden.

$$\tilde{n}(k_t; \theta) = \frac{\tilde{\pi}(k_t) \cdot l}{1 - \psi} - \frac{r_t}{\lambda} = \frac{\tilde{\pi}(k_t) \cdot l}{1 - \psi} - \frac{\alpha f'(k) - \delta}{\lambda}$$

³⁷In den Ausführungen des einfachen Schumpeter Modells weist Howitt auf den negativen Zusammenhang zwischen gegenwärtiger und zukünftiger Forschung hin. Die dafür notwendige Modellierung beinhaltet ein Ein-Sektoren Modell mit einem unausgeglichene Wachstumspfad. Eine Erhöhung der gegenwärtigen Forschung, also ein höheres n_t , lässt den Ausdruck im Nenner größer werden. Es fallen weniger Profite ab und zukünftige Forschung wird für Unternehmen weniger rentabel. Wohlfahrtsanalysen für das einfache Schumpeter Modell lassen deswegen die Möglichkeit von Überforschung zu, siehe Agion/Howitt (1998, Seite 62). Jener Effekt kommt aber im multisektoralen Modell (Howitt, 2000) nicht zum Tragen, da der hier verwendete ausgeglichene Wachstumspfad im Steady state eine konstante Forschungsintensität impliziert.

wobei $\Theta \equiv (\lambda, g_L, \psi)$ die länderspezifischen Parameter darstellen.³⁸

Es stellt sich heraus, dass in jener Arbitragebedingung für die Forschungsintensität n_t nicht immer eine positive Lösung vorliegen muss, nämlich dann, wenn ein Land zu niedrige Werte für die Subventionsrate ψ , der Investitionsrate oder der Produktivität für F&E λ vorweist. Unter der späteren Annahme, dass die Wachstumsrate proportional zur Ankunftsrate λn_t ist, bedingt langfristiges, positives Wachstum, dass zumindest in einem Sektor Forschung betrieben werden muss. Nullwachstum stellt sich übrigens auch dann ein, wenn das Bevölkerungswachstum gleich 0 ist, denn dann wäre $l = 0$. Dies kann als Schönheitsfehler des Modells interpretiert werden. Um den Fall einer nichtpositiven Lösung zu inkludieren, verwendet Howitt die Kuhn-Tucker Bedingung:

$$1 - \psi \geq \lambda \frac{\tilde{\pi}(k_t)l}{r_t \lambda n_t} \quad (4.13)$$

wobei $n_t \geq 0$ mit zumindest einer Ungleichheit.

Bedeutend ist das Zusammenspiel von Innovationen und der Kapitalintensität k . Der Wert der Innovation ist eine ansteigende Funktion der Kapitalintensität k . Ein Anstieg der Kapitalintensität k führt zu mehr F&E, einerseits durch die Erhöhung der Profite für Innovationen ($\tilde{\pi}(k)$ wird höher), welche proportional zum aggregierten Output sind und andererseits durch die Senkung des Gleichgewichtszinssatzes r , welcher zum Diskontieren der Profite verwendet wird. Denn umso mehr Kapital relativ zum technischen Wissen $A_t(i)$ vorhanden ist, desto geringer ist der Gleichgewichtszinssatz r und desto höher sind die Profite, die ein Monopolist erwirtschaftet. Dieser positive Effekt der Kapitalintensität auf den Wert der Innovation ist der Kanal, in welchem Kapitalakkumulation Innovationen stimuliert. Auf den Einfluss von Innovationen auf die Investitionsrate und damit auf die Kapitalakkumulation wird später noch eingegangen werden.³⁹

Außerdem gilt, dass ein schnelleres Bevölkerungswachstum g_L höhere Ausgaben in F&E begünstigt, indem das im Gleichgewicht befindliche l (Anzahl der Arbeitskräfte pro Produkt) ansteigt.

4.5 Produktivitätswachstum und relative Produktivität

“the future prosperity of any economy depends to a considerable extent on its success in promoting entrepreneurship, innovation, and the effective and prompt importation of technological advance from abroad”
Baumol (2004, Seite 20)⁴⁰

Absolutes Produktivitätswachstum wird bestimmt von der Ankunftsrate der Innovation und der durchschnittlichen Produktivität A_t . Weil der Anreiz, eine Innovation zu tätigen, für Produkte auf verschiedenen Produktivitätsniveaus gleich hoch ist, sind die Innovationen gleichverteilt über alle Sektoren. Dies erlaubt folgende Darstellung für das absolute Produktivitätswachstum:

$$\dot{A}_t = \lambda n_t (A_t^{max} - A_t) \quad (4.14)$$

³⁸Impliziert, dass allen Ländern dieselbe Abschreibungsrate δ , dieselbe Produktionsfunktion F und dieselbe Imitationsrate ξ unterstellt wird.

³⁹Aghion/Howitt (1998), Seite 97

⁴⁰zitiert nach Arndt (2004)

Der durchschnittliche Produktivitätsparameter A_t erhöht sich durch fortschreitende, kumulative Innovationen. Bei jeder Innovation wird die Produktivität $A_t(i)$ in einem Sektor i durch die weltweite, öffentlich verfügbare Spitzentechnologie A_t^{max} ersetzt. Wie groß der Produktivitätsfortschritt einer Innovation ist, hängt demnach davon ab, wie lange keine Innovation mehr stattgefunden hat. Der über A_t^{max} implizierte, mit den Innovationen verbundene Wissensspillover wird später für die Konvergenz der Wachstumsraten der Länder entscheidend sein. Würde man stattdessen wie einst Aghion/Howitt (1992) im einfachen Schumpeter-Modell oder wie Gene M. Grossman/Helpman (1991) einen fixen, konstanten Anstieg in A_t annehmen, wäre der Produktivitätsfortschritt unabhängig von der Wissensakkumulation in allen anderen Sektoren in der Wirtschaft. Es würden also positive Externalitäten der Forschung in Form von intersektoralen Spillovers ignoriert werden. Jene beinhalten, dass Innovationen in einem Sektor zur Erhöhung des allgemeinen Wissensstocks beitragen und damit der Forschung in anderen Sektoren helfen. Eine Innovation in einem Sektor kann zwar nur direkt im jeweiligen Sektor umgesetzt werden, jedoch trägt der Wissenszuwachs dazu bei, dass andere Firmen in anderen Sektoren Innovationen mit höherer Technologie tätigen können. Führt man zwar A_t^{max} ein, jedoch nur als Spitzentechnologie innerhalb eines Landes⁴¹, werden zwar intersektorale Spillovers berücksichtigt, jedoch wird der weltweite Technologietransfer über neue Innovationen ausgeklammert. Doch gerade jener Mechanismus wird, wie sich zeigen wird, Konvergenz sicherstellen.

Alle Länder tendieren dazu, ihr durchschnittliches Produktivitätsniveau A_t zu erhöhen. Bestimmend für den Produktivitätszuwachs ist einerseits die durchschnittliche Distanz zur Spitzentechnologie als auch die Ankunftsrate der Innovation. Umso größer die Ankunftsrate λ_{n_t} ist, desto schneller schließt man zur weltweiten Spitzentechnologie A_t^{max} auf, welche aber ebenso wächst. Länder, welche eine höhere Ankunftsrate der Innovation aufweisen, werden tendenziell schneller die Spitzentechnologie in den verschiedenen Sektoren i übernehmen, im Durchschnitt dann also über Sektoren mit einer höheren Produktivität verfügen.⁴²

Gegeben sei die Definition der weltweiten Wachstumsrate der Technologie zu einem Zeitpunkt t .

$$g_t \equiv \dot{A}_t^{max} / A_t^{max} \quad (4.15)$$

Die Wachstumsrate \dot{a}_t/a_t der relativen Produktivität eines Landes $a_t = A_t/A_t^{max}$ bezogen auf die Spitzentechnologie ergibt sich aus der Wachstumsrate der absoluten Produktivität abzüglich der weltweiten, technologischen Wachstumsrate.

$$\frac{\dot{a}_t}{a_t} = \frac{\dot{A}_t}{A_t} - \frac{\dot{A}_t^{max}}{A_t^{max}}$$

Über die Wachstumsrate der durchschnittlichen Produktivität

⁴¹Aghion/Howitt (1998), Kapitel 12.2

⁴²Es wird hier die Vorstellung getragen, dass Ideen gemächlich von Sektor zu Sektor durchdringen. Damit ist der Wachstumsprozess nicht irregulär bzw. sprunghaft wie im einfachen Schumpeter Modell mit nur einem Zwischenprodukt sondern ein "Geglätteter".

$$\frac{\dot{A}_t}{A_t} = \frac{\lambda n_t \cdot (A_t^{max} - A_t)}{A_t} = \lambda n_t \cdot \left(\frac{1 - a_t}{a_t}\right) \quad (4.16)$$

und mit Hilfe der Definition von g_t lässt sich \dot{a}_t folgendermaßen anschreiben

$$\dot{a}_t = \lambda \tilde{n}(k_t, \theta) \cdot (1 - a_t) - a_t g_t \quad (4.17)$$

Jene Gleichung beschreibt die Konvergenz der Produktivitätswachstumsraten an die gegebene, weltweite technologische Wachstumsrate g . Der Mechanismus läuft über den Technologietransfer mit der weltweiten Spitzentechnologie A_t^{max} .

Konkret gilt: Ein Anstieg der Ressourcen für F&E erhöht die Produktivitätswachstumsrate \dot{A}/A und damit die relative Produktivität a eines Landes. Umso mehr sich im Zeitablauf die relative Produktivität eines Landes der weltweiten Spitzentechnologie A_t^{max} annähert, also je kleiner $(1 - a)$ wird, desto geringer wird allmählich der Anstieg. Konvergenz ist beendet, wenn die relative Produktivität a einen konstanten Wert angenommen hat, also $\dot{a} = 0$ eingetreten ist. Für eine gegebene, gleichgewichtige Forschungsintensität \tilde{n} und eine gegebene, weltweite, technologische Wachstumsrate g konvergiert die relative Produktivität a eines Landes gegen

$$a = \frac{\lambda \tilde{n}(k; \theta)}{g + \lambda \tilde{n}(k; \theta)} \quad (4.18)$$

Wenn im Steady state die relativen Produktivitätslevel konstant sind, müssen die Produktivitätswachstumsraten aller Länder (bei denen $\lambda n_t > 0$ ist) ebenfalls konstant sein. Länder mit einer höheren Innovationsrate λn_t werden allerdings eine höhere durchschnittliche Produktivität A_t aufweisen. Eine Erhöhung der Forschungsausgaben kann also die Produktivitätswachstumsrate nicht langfristig erhöhen. Doch was längerfristig bleibt ist ein höherer, durchschnittlicher Produktivitätslevel und damit eine höhere relative Produktivität a . Der Technologietransfer lässt somit die Wachstumsrate der Produktivität eines Landes gegen die weltweite technologische Wachstumsrate konvergieren.

Im Steady state soll nicht nur die relative Produktivität a , sondern auch die Kapitalintensität pro effektiver Arbeitskraft k einen konstanten Wert angenommen haben. Der Wert der Kapitalintensität im Steady state entspricht dabei exakt jenem des typischen Solow/Swan-Modells, da die weltweite, technologische Wachstumsrate annahmegemäß den Wert g annimmt, auch wenn sie im Gegensatz zum Solow/Swan-Modell zusätzlich später endogen erklärt wird.

Die Wachstumsrate der Kapitalintensität $k = K/AL$ ist

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{A}}{A} - \frac{\dot{L}}{L}$$

Über die Annahme einer konstanten Investitionsrate $s = (\dot{K} + \delta K)/Y$ folgt

$$\frac{\dot{K}}{K} = \frac{1}{K} \cdot (sY_t - \delta K_t) = sk^{\alpha-1} - \delta$$

Letzte Umformung gilt aufgrund der Cobb-Douglas-Produktionsfunktion (Gl. 4.6). Man erhält mit zusätzlicher Einbeziehung der Produktivitätswachstumsrate (Gl. 4.16) für das Wachstum der Kapitalintensität k :

$$\begin{aligned} \frac{\dot{k}_t}{k_t} &= sk_t^{\alpha-1} - \delta - g_L - \lambda \tilde{n}(k_t; \theta) \cdot \left(\frac{1-a_t}{a_t}\right) \\ \Rightarrow \dot{k}_t &= sk_t^\alpha - [\delta + g_L + \lambda \tilde{n}(k_t; \theta)(a_t^{-1} - 1)]k_t \end{aligned} \quad (4.19)$$

Im Gleichgewicht ist $\dot{k} = 0$ und die Wachstumsrate der Produktivität eines Landes ist gleich der weltweiten, technologischen Wachstumsrate g . Es gilt demnach wie im neoklassischen Solow/Swan-Modell im Steady state folgende Gleichung:

$$sk^{\alpha-1} = \delta + g_L + g \quad (4.20)$$

Nach Beschreibung der Sektoren sollen noch deren Interaktionen für einen besseren Überblick grafisch veranschaulicht werden.⁴³

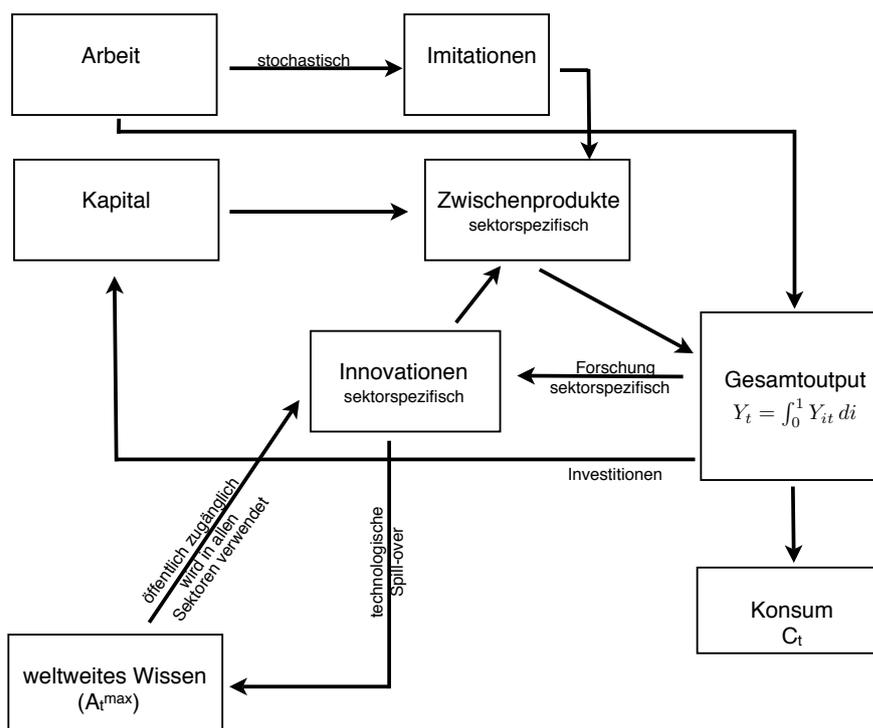


Figure 3: Darstellung des innovationsbasierten Modells (Howitt, 2000)

⁴³Die Grafik orientiert sich an die in Aghion/Howitt (1998) auf Seite 86 verwendete Darstellung für ein früheres, ebenfalls innovationsbasiertes Wachstumsmodell.

4.6 Analyse des Gleichgewichtszustandes – Steady state

Für alle möglichen Startwerte von a und k existiert ein ausgeglichener Wachstumspfad, auf welcher die Ökonomie auf einem stabilen Pfad monoton zum Steady state konvergiert. Die 2 zuvor berechneten Differentialgleichungen (Gl. 4.17 und Gl. 4.19) bilden jenes 2-dimensionale, dynamische System, welches den Wachstumspfad exakt bestimmt. Die Differentialgleichungen definieren das dynamische Verhalten der relativen Produktivität a und des Kapitalstocks pro effektiver Arbeitskraft k . Im Steady state gelten folgende Gleichungen:

$$a = \frac{\lambda \tilde{n}(k; \theta)}{g + \lambda \tilde{n}(k; \theta)} \quad (4.21)$$

$$sk^{\alpha-1} = \delta + g_L + g \quad (4.22)$$

Die Stabilität und die Eindeutigkeit des Wachstumspfades ist in einem solchen rekursiven Block über die Substitution der Lösung der einen in die jeweilige andere Gleichung leicht erkennbar. Gemeinsam mit den Startwerten für a und k und mit der Trajektorie der weltweiten, technologischen Wachstumsrate g bilden sie die ganze Evolution der Ökonomie.

4.7 Pro-Kopf-Einkommen und Wachstumsrate

4.7.1 Pro-Kopf-Einkommen

Das Pro-Kopf-Einkommen eines Landes relativ zur weltweiten Produktivität wird definiert über

$$y_t = Y_t / L_t A_t^{max} = a_t k_t^\alpha \quad (4.23)$$

Ein höheres Pro-Kopf-Einkommen kann sowohl über die Erhöhung der relativen Produktivität a als auch über die Erhöhung des Kapitalstocks pro effektiver Arbeitskraft erfolgen. Eine genauere Analyse⁴⁴ der Effekte von Parameteränderungen auf Pro-Kopf-Einkommen und relativer Produktivität ist über eine übersichtliche grafische Darstellung des Phasendiagramms der 2 Differentialgleichungen möglich.⁴⁵

⁴⁴Analysen sind nur möglich unter der Bedingung, dass der Gleichgewichtssatz r positiv ist.

⁴⁵Grafik entnommen aus Howitt (2000), Seite 836

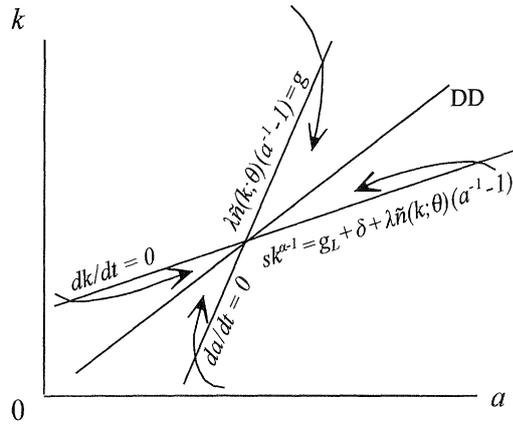


FIGURE 2. THE PHASE PORTRAIT OF A COUNTRY'S
RELATIVE PRODUCTIVITY (a) AND CAPITAL STOCK PER
EFFECTIVE WORKER (k)

Figure 4: Phasendiagramm

- Investitionsquote s bzw. Wachstumsrate g

Eine Erhöhung der Investitionsquote s hat eine Erhöhung der Kapitalintensität k im selben Ausmaß wie im Solow/Swan-Modell zur Folge. Dies drückt sich aus in Form einer Verschiebung des $\dot{k} = 0$ Locus nach oben. Doch zusätzlich driftet mit der Kapitalintensität auch die relative Produktivität ihrem neuen, höheren Steady state Wert entgegen. Denn die Erhöhung des Outputs durch eine höhere Kapitalintensität erhöht wiederum die Forschungsausgaben und dadurch die relative Produktivität. Das bedeutet, dass das Wachstum im Pro-Kopf-Einkommen größer ist als im Solow/Swan-Modell, welches nur die direkten Auswirkungen der Veränderung der Investitionsquote auf die Kapitalintensität berücksichtigt. Eine Senkung der weltweiten, technologischen Wachstumsrate g hätte übrigens genau dieselben Folgen.

- Forschungsproduktivität λ bzw. Forschungssubvention ψ

Eine Erhöhung der Forschungsproduktivität λ bzw. der Forschungssubvention ψ führen aufgrund einer höheren Produktivität von F&E bzw. aufgrund einer höheren F&E Intensität zu einer Verschiebung der $\dot{k} = 0$ und $\dot{a} = 0$ Loci nach rechts im gleichen Ausmaß, so dass im Steady state bei gleicher Kapitalintensität eine höhere Produktivität vorliegt. Während des Anpassungsprozesses liegt die Produktivitätswachstumsrate über der weltweiten Wachstumsrate g . Jene kehrt letztlich wieder - bei einem längerfristig höheren Level der relativen Produktivität - zur Gleichgewichtswachstumsrate zurück.

- Bevölkerungswachstum g_L

Ein Anstieg des Bevölkerungswachstums löst 2 entgegenwirkende Kräfte aus. Einerseits hätte es einen positiven Effekt auf die F&E Intensität n (Verschiebung des $\dot{a} = 0$ Locus nach rechts), andererseits würde es über neoklassische Mechanismen zu einer niedrigeren Kapitalintensität führen

(Verschiebung des $\dot{k} = 0$ Locus nach unten). Es sei nochmals erwähnt, dass die absolute Größe der Bevölkerung keinen Einfluss auf den Steady state nimmt.

Die vorher beschriebenen Übergangseffekte zum neuen Steady state können aber nur erfolgen, wenn ein Land F&E betreibt, das heißt, die Forschungsintensität $n_t > 0$ ist. Ist dies nicht der Fall, fällt die Ankunftsrate λn_t auf 0. Es findet dann kein Produktivitätswachstum statt.

Zusammenfassend halten wir fest, dass Einkommensdifferenzen erklärt werden können durch Unterschiede im Kapitalstock pro effektiver Arbeitskraft und Unterschiede in der Produktivität. Zusätzlich wird die Möglichkeit von “Club Convergence” zugelassen. Denn Konvergenz in den Produktivitätswachstumsraten tritt nur in Ländern mit positiver F&E Intensität auf. Für Länder, die nicht in der Lage sind, genug Anreize für F&E zu bieten, wird kein Wachstum prognostiziert.

4.7.2 Wachstumsrate

Um das Schumpeter Modell mit β -Konvergenz und σ -Konvergenz zu vereinbaren, wurde in diesem Modell eine entscheidende Annahme verwendet. Nämlich jene, dass Unternehmen bei der Schaffung neuer Innovationen aus dem weltweiten Wissen schöpfen und so neue Innovationen mit weltweiter Spitzentechnologie A_t^{max} auf den Markt werfen. Wäre A_t^{max} nicht die weltweite, sondern die nationale Spitzentechnologie und nähme man weiters an, dass die Wachstumsrate eines Landes proportional zum Innovationsstrom λn_t ist, erhielte man mit der zusätzlichen Berücksichtigung eines internationalen Spill-over Koeffizienten $\sigma > 0$ folgende technologische Wachstumsrate:

$$g = \sigma \lambda \tilde{n}(k(s, \theta, g), \theta)$$

Es ist offensichtlich, dass die Auswirkungen von Parameteränderungen auf diese technologische Wachstumsrate dieselben wären wie für die vorher beschriebene relative Produktivität a . Das hieße aber auch, dass die langfristige, technologische Wachstumsrate eines Landes von jenen länderspezifischen Parametern abhängt. Länder mit günstigeren Parametern hätten längerfristig höhere Wachstumsraten als Länder mit ungünstigeren. Diese Modellierung wäre mit bedingter β -Konvergenz nicht vereinbar. Konvergenz tritt hier nicht ein, da der Technologietransfer nur zwischen den Sektoren innerhalb eines Landes stattfindet und damit die Angleichung der Produktivitätswachstumsraten nur bzgl. der länderspezifischen, technologischen Wachstumsrate erfolgt.

Stattdessen verhindert die Modellierung eines technologischen Aufholprozesses über die Übernahme der weltweiten Spitzentechnologie langfristig unterschiedlich hohe Wachstumsraten, wie zuvor bzgl. der relativen Produktivität gezeigt worden ist. Freie internationale Wissensdiffusion ist folglich im Howitt-Modell mit persistenten Wachstumsratendifferenzen nicht kompatibel.

Die weltweite technologische Wachstumsrate g , die man vorhin als gegeben angenommen hatte, wird jetzt noch näher spezifiziert. Howitt modelliert die Interaktion zwischen den Ländern über einen internationalen Spill-over Koeffizienten und folgt damit den Ansätzen von Parente/Prescott (1994) und Barro/Sala-i-Martin (1997). Jene Spillovers haben sich auch in empirischen Arbeiten als relevant herausgestellt, sowohl für Industrienationen in

Coe/Helpman (1995) und in Eaton/Kortum (1996) als auch für Entwicklungsländer in Coe/Helpman/Hoffmaister (1995).⁴⁶

Offen sind die Länder nur in dem Sinne, dass technologischer, internationaler Wissenstransfer stattfindet. Internationaler Handel wird gänzlich ausgeschlossen, es findet damit keine Faktorpreisegalisierung statt. Es gibt keine Interaktion auf aggregierte Ebene, die Spareinlagen dienen zur Gänze inländischer Kapitalakkumulation bzw. F&E.

Die Länder sind mittels der Spillover-Effekte σ_j verbunden, wobei σ_j zwischen den Ländern j variiert und $\sigma_j > 0; \forall j$ gelten sollte. Über jene Spillover-Effekte profitieren die Länder gegenseitig von Investitionen in F&E. Die weltweite Wachstumsrate ergibt sich dann aus den Forschungstätigkeiten aller Länder, die jeweils über ihre getätigten Innovationen mit der Rate σ_j zur weltweiten technologischen Wachstumsrate beitragen.

$$g = \sum_{j=1}^m \sigma_j \lambda_j n(\tilde{k}(s_j, \theta_j, g); \theta_j) \quad (4.24)$$

wobei $\tilde{k}(s, \theta, g)$ die Lösung der neoklassischen Steady state Gleichung ist. Internationale Spillover lassen die globale, technologische Grenze expandieren, als ein Ergebnis der Innovationen, die überall auf der Welt gemacht werden. Jene Expansion lässt somit eine höhere weltweite, gleichgewichtige Wachstumsrate zu, als wenn jedes Land separat F&E betreiben würde, ohne aus dem weltweiten Wissensstock schöpfen zu können.

Der Mechanismus, durch welchen Konvergenz stattfindet, ist aber weiterhin derselbe. Ein Land, das zu einem Zeitpunkt Wachstumsraten unterhalb des weltweiten Durchschnitts aufweist, wird über Innovationen überdurchschnittlich hohe Produktivitätszuwächse verzeichnen können, da seine Industrie überdurchschnittlich stark veraltet ist. Konkret wird eine niedrige Ankunftsrate der Innovation, z.B. durch niedrigere Forschungsausgaben, durch so große Innovationen ($A_t^{max} - A_t$) kompensiert, so dass deren Produkt λn_t gegen die einheitliche, weltweite Wachstumsrate konvergiert. Die Betreibung von inländischer F&E ist aber weiterhin essentiell. Nur durch diesen Kanal kann nämlich Wissen aus dem weltweiten Wissensstock übernommen werden. Ist jene Voraussetzung nicht erfüllt, wird in diesen Ländern langfristig Stagnation vorherrschen. Damit werden sie immer weiter hinter den forschenden Ländern zurückfallen.

Mit der Annahme internationaler Spillover kann jedes Land über seine Kapitalakkumulations- und Innovationsentscheidungen die Höhe der weltweiten Wachstumsrate g beeinflussen, wenn auch nur in geringem Umfang. Das heißt, dass jene Parameter, welche ohne internationale Spillover nur einen längerfristigen Einfluss auf die Pro-Kopf-Einkommen eines Landes gehabt haben, nun zusätzlich in geringem Maße die langfristig weltweite Wachstumsrate verändern können.

Die Wachstumsrate der Einkommen eines Landes j kann auch über die relative Einkommensgleichung (Gl. 4.23) folgendermaßen angeschrieben werden:

⁴⁶nach Aghion/Howitt (1998), Seite 420

$$\begin{aligned}
\frac{y_{jt}}{L_{jt}} &= k_{jt}^\alpha \cdot a_{jt} \cdot A_{jt}^{max} \\
\log\left(\frac{y_{jt}}{L_{jt}}\right) &= \alpha \cdot \log k_{jt} + \log a_{jt} + \log A_{jt}^{max} \\
g_{y_{jt}/L_{jt}} &= \alpha \cdot \frac{\dot{k}_{jt}}{k_{jt}} + \frac{\dot{a}_{jt}}{a_{jt}} + \frac{\dot{A}_{jt}^{max}}{A_{jt}^{max}} \\
&= \alpha \dot{k}_{jt}/k_{jt} + \dot{A}_{jt}/A_{jt}
\end{aligned} \tag{4.25}$$

Jene Darstellung der Wachstumsrate des Pro-Kopf-Einkommens veranschaulicht die 2 Quellen des Wachstums, Kapitalakkumulation und Innovationen und deren Abhängigkeit, welche sich in der Wachstumsrate der relativen Produktivität a widerspiegelt. Sie wird im Solow/Swan-Modell ignoriert.

Die Erkenntnisse für die Quellen des Wachstums, die man aus diesem Modell zieht, sind nun folgende: Kapitalakkumulation und Innovationen sind komplementäre Prozesse. Höhere Kapitalakkumulation stimuliert Innovationen durch die Erhöhung des Profitstroms und der Senkung des Zinssatzes r . Innovationen wiederum stimulieren Kapitalakkumulation durch die Erhöhung der Produktivitätsrate. Kein Prozess kann langfristig alleine Wachstum fördern. Denn einerseits würden ohne Innovationen Investitionen nicht langfristig rentabel bleiben, andererseits würden ohne Investitionen die höheren Kosten von Kapital die Forschung unrentabel machen. Es ist hier also nicht der Fall, dass die gleichgewichtige, langfristige Wachstumsrate von Kapitalakkumulation unbeeinflusst bleibt, wie z.B. im Solow/Swan-Modell, in welchem technologischer Fortschritt unabhängig von Kapitalakkumulation das Wachstum antreibt, aber auch wie in Romer (1990a) und in Grossman/Helpman (1991a, Kapitel 5). In beiden endogenen Modellen wird nämlich entweder Arbeit oder fixes Humankapital als Input für Forschung verwendet und nicht der Output. Dies ist der entscheidende Unterschied. Denn verwendet man in der Forschung nur Arbeit als Input, dann führt eine höhere Kapitalakkumulation zu einer Anhebung der Opportunitätskosten für Forschung, nämlich durch die Erhöhung der Löhne in der Produktion, welche den Effekt von höheren Profiten auf die Anreize zu forschen exakt ausschalten.⁴⁷

4.8 Erweiterung und Kritik

Ein Modell sollte der allgemeinen Intuition über die Entstehung von Wachstum nahekommen und dabei mit den empirischen Daten harmonieren.

Auf der empirischen Seite konnten letztlich viele Kritikpunkte, welche noch gegen das einfache Schumpeter Modell eingebracht worden sind, beseitigt werden. Die Modellierung von bedingter β -Konvergenz, die Erklärung konstanter Wachstumsraten trotz steigender Forschungsausgaben, die Beseitigung von Skaleneffekte der Bevölkerung und, wie Howitt noch nachweist, eine aufgrund der Vernachlässigung von Kapital zu hoch prognostizierte Konvergenzrate. Die Ermöglichung von "Club-Convergence" erlaubt zusätzlich eine Verteilung des weltweiten Einkommens mit "Twin Peaks". Howitt hat sein Modell sorgfältig an

⁴⁷Der Beweis findet sich in Aghion/Howitt (1998), Seite 100

die empirischen Daten angepasst und die wesentlichsten Aufhänger für Kritik aus dem Modell verbannt.

Kritik kommt aber u.a. von empirischen "Growth Accounting"-Studien⁴⁸, welche die Relevanz von endogenen, innovationsbasierten Modellen allgemein in Frage stellen. Barro (1991), Mankiw et al. (1992) und Jorgenson (1995) kamen zu dem Schluss, dass die Integration von Forschung in Wachstumsmodellen nicht notwendig ist, da Wachstum viel eher erklärbar sei durch Unterschiede in der Akkumulation von Kapital und anderen Faktoren.⁴⁹ Ebenso meinte Young (1995), dass das schnelle Wachstum der neu industrialisierten Länder in Ostasien hauptsächlich aufgrund von Faktorakkumulation zurückzuführen ist und technischer Fortschritt nur eine geringe Rolle gespielt habe. Howitt hält dagegen, dass "Growth Accounting"-Studien keine kausalen Zusammenhänge herstellen können. Die Feststellung, dass Technologie in den Auswertungen nur einen kleinen Wachstumsbeitrag leistet, lässt noch keine Aussage zu, ob technologischer Fortschritt tatsächlich für das Wachstum unwichtig ist.⁵⁰ Schwierig ist insbesondere die Bereinigung von Interaktionseffekten zwischen Technologie und Kapitalakkumulation. Es gibt auch Studien, die gegenteiliges zeigen. Nach Maddison (1987), welcher 6 OECD-Länder im Zeitraum von 1913-1984 untersuchte, können 20% der beobachteten Konvergenz in Produktivitätslevel dem technologischen "Catch-up" Effekt zugeordnet werden. Die Sichtweise von Young (1995) bzgl. des Wachstumswunders der ostasiatischen Tigerstaaten hat sich nicht durchgesetzt und ist z.B. von Sarel (1996) widerlegt worden. Die Berücksichtigung von Wachstumseffekten aus F&E in Wachstumsmodellen scheint heutzutage kaum mehr angezweifelt zu werden. Jedoch wird erst die Zukunft zeigen "Whether this multi-country Schumpeterian theory bears up under further empirical investigation remains to be seen."⁵¹

Die Modellannahme, dass Länder nur über aktive Forschungstätigkeiten wachsen können, widerspricht der Vorstellung, dass in Ländern, deren Produktivität sehr weit unterhalb der Spitzentechnologie liegt, Wachstum auch über Imitationen bzw. Adoptionen von Technologien aus produktiveren Ländern erfolgen kann. Es gilt auch empirisch als bestätigt, dass in technologisch rückständigen Ländern Imitation die Rolle von F&E einnehmen kann. Allerdings unterstützen Studien wie jene von Kendrick (1981) Howitts Position in der Hinsicht, dass in der Adoption und Adaption von neuen Technologien aus dem Ausland auch ein gewisses Ausmaß von inländischer F&E notwendig ist um die notwendige Absorptionsfähigkeit aufzubauen.

Einige weitere Kritikpunkte bzw. Erweiterungsmöglichkeiten werden in Aghion/Howitt (1998, Seite 66f) aufgeworfen. Dazu gehört die fehlende Analyse von Institutionen. So konnte z.B. der spätere Nobelpreisträger Douglass North im Jahr 1988 zeigen, dass das Produktivitätswachstum im Westen nach dem 2. Weltkrieg zu einem großen Teil den niedrigeren Transaktionskosten infolge der Entwicklung geeigneterer Institutionen zuzuschreiben ist. Ein weiterer Aspekt bezieht sich auf die Annahme, dass ein repräsentatives Individuum F&E betreibt. In Wirklichkeit entsteht Forschung innerhalb von Firmen über

⁴⁸Growth Accounting beschäftigt sich mit der individuellen Abschätzung der Beiträge von Kapitalakkumulation und Fortschritt zum beobachteten Wachstum.

⁴⁹Agion/Howitt (1998), Seite 404

⁵⁰Agion/Howitt (1998), Seite 416

⁵¹aus: The Research Agenda: Peter Howitt on Schumpeterian Growth Theory. Economic Dynamics Newsletter, Volume 3, Issue 2, April 2002.

Verträge zwischen Auftraggeber und Erfinder, wobei der Auftraggeber für die Finanzierung und der Erfinder für die Denkarbeit zuständig ist. Die Erweiterung des Modells um finanzielle und institutionelle Aspekte der Finanzwirtschaft, welche die Beschreibung jener Verträge in die Modelle integriert, erscheint daher als sinnvoll. Aghion/Howit (1998) haben in ihrem Buch bereits erste Ansätze zur Implementierung jener und anderer Aspekte erläutert. Die vielseitige Erweiterbarkeit von Schumpeterschen Wachstumsmodellen scheint aber auch für zukünftige Forschung noch ausreichend ergiebig zu sein.

5 Handel mit Spezialisierung

aus Acemoglu/Ventura (2002): “The world income distribution”

Das vorher vorgestellte Modell benötigte zur Bewahrung von Wachstum permanente Technologiefortschritte über Innovationen. Dabei blieben die Produktionsfunktionen und die dazugehörigen Annahmen weiterhin in der Neoklassik verhaftet. Stattdessen greift das nun vorgestellte Modell von Acemoglu und Ventura auf die Urform von endogenen Wachstumsmodellen zurück, nämlich auf das AK-Modell. Es entledigt sich damit der Annahme abnehmender Grenzerträge des Kapitals in der Produktion und benötigt auch keine weltweiten, technologischen Spill-over Effekte zur Erklärung von Konvergenz. Stattdessen halten die Mechanismen von internationalem Handel und Spezialisierung im Zwischenproduktsektor die Wachstumsraten beisammen. Wachstum selber wird durch die Modellierung von AK-Ökonomien à la Rebelo über Kapitalakkumulation sichergestellt. Das Modell liefert schlussendlich wie jenes von Howitt als Endresultat eine Weltökonomie mit einer stabilen Einkommensverteilung.

Allgemeine Einordnung des Modells: Grundsätzlich kann Handel mit verschiedensten Gütern betrieben werden, wie z.B. mit Zwischenprodukten, Endprodukten und Kapital. Wichtig für die Klärung der Modellierung ist zunächst zu bestimmen, welche Interaktionen zwischen Handel und Wachstum näher beleuchtet werden sollen. Möglich wäre die Betrachtung der Auswirkungen von Handel auf die Industriestruktur eines Landes über “Learning by doing”-Effekte (Young, 1991), auf die Anreize für Innovationen (Grossman/Helpman, 1991) oder auf die Kapitalakkumulation eines Landes (Ventura, 1997). Für letzteres haben sich Acemoglu und Ventura entschieden. Dabei greifen sie nicht auf ein Handelsmodell vom Typ Heckscher-Ohlins zurück, da hier mittels bedingter Faktorpreisegalisierung⁵² Handel zu einer völlig integrierten Weltwirtschaft führt, in welcher kein Land durch seine Produktions- und Akkumulationsentscheidungen Einfluss auf die Preise seiner Exportgüter nehmen könnte. Stattdessen ist hier die Verwendung eines Handelsmodell vom Typ Ricardo günstig. Handel entsteht hier nicht wie bei Heckscher-Ohlin über komparative Vorteile bzgl. der unterschiedlichen Faktorausstattungen, sondern bzgl. unterschiedlicher Produktivität, bedingt durch technologische Unterschiede. Außerdem umgeht man damit die unvorteilhafte Eigenschaft des Heckscher-Ohlin Modells, dass es ein Steady state oft nur unter der Bedingung gleich hoher Diskontraten aller Länder zulässt.⁵³ Mit der zusätzlichen Einführung von Spezialisierung ist die entscheidende Annahme zur Erklärung von Konvergenz gelegt.

Die Beschreibung des Modells folgt in etwa jener von vorher. Es werden zuerst die Produktionssektoren mit ihren Akteuren erläutert, danach wird deren Maximiererverhalten modelliert und anschließend der Steady state berechnet.

⁵²Faktorpreisegalisierung beinhaltet zwar auch ein gewisses Maß an Einkommenskonvergenz, ob jene jedoch tatsächlich erfolgt hängt auch noch von der Größe der Faktorintensität ab. Siehe Agion/Howitt (1998), Seite 366

⁵³Acemoglu (2008), Seite 757

5.1 Produktionsbeziehungen

Acemoglu und Ventura gehen von einer Welt aus, die aus einem Kontinuum von Ländern besteht, mit Gesamtmasse 1. Die Länder sind von derselben Größe und sind -verglichen mit der ganzen Welt- unendlich klein. Sie unterscheiden sich bzgl. ihrer verwendeten Technologie μ , ihrer Zeitpräferenz ρ und ihren Institutionen θ . μ beschreibt die Anzahl der Zwischenprodukte z , die in einem Land verwendet und zur Produktion von Endprodukten herangezogen werden. Die Zwischenprodukte werden dabei mit dem Index $z \in [0, M]$ festgelegt. Es gibt 2 Endproduktmärkte, einer für Konsumgüter und einer für Investitionsgüter. Setzte man also im Howitt-Modell noch auf einen einzigen Endproduktsektor, der für Konsum, Investitionen und Forschung verwendet werden konnte, werden nun 2 verschiedene Endproduktmärkte modelliert und dabei F&E ausgeklammert. Der Vorteil hierbei ist, dass die Endprodukte jeweils separat maximiert werden und dabei über die Verwendung unterschiedlicher Technologien unterschiedlich hohe Preise haben können. Es gibt zwar weiterhin keinen Handel mit Endprodukten oder Kapital, es wird aber Handel im Zwischenproduktsektor zugelassen. Durch die Unterbindung von Handel in Kapital wird Faktorpreisegalierung über internationale Kapitaltransfers ausgeschlossen und das Wirken von Handel mit Zwischenprodukten ins Zentrum des Blickfelds gerückt. Anders als Howitt (2000) bauen Acemoglu und Ventura ihr Modell auf eine mikroökonomische Fundierung auf. Es kommen damit Entscheidungen von Individuen ins Spiel. Konsumenten entscheiden zu jedem Zeitpunkt t wieviel sie konsumieren bzw. sparen. Das Konzept jener intertemporalen Nutzenmaximierung ist in der Wachstumstheorie von zentraler Bedeutung, weil es einen probaten Maßstab für Wohlfahrtsanalysen darstellt, die in dieser Arbeit jedoch nicht näher beleuchtet werden. Ein Weltgleichgewicht herrscht in diesem Modell dann vor, wenn Firmen und Konsumenten ihre Profite bzw. ihren Nutzen maximieren und alle vorliegenden Märkte geräumt sind. Übersichtshalber wird nach der Vorstellung des jeweiligen Sektors gleich die dazugehörige Maximierung durchgeführt.

5.2 Konsumentensektor

Ein Kontinuum von Masse 1 identischer, atomistischer Konsumenten bilden den Konsumentensektor eines Landes. Somit kann das allgemeine Nutzenmaximierungsverhalten anhand eines repräsentativen Konsumenten untersucht werden. Der einfacheren Modellierung wegen geht man von einem unendlich lang lebenden Konsumenten aus, z.B. aufgrund unendlicher Generationennachfolge. Jener wird sein optimales Konsumprofil über eine Maximierung seiner intertemporalen Nutzenfunktion erhalten. Acemoglu/Ventura unterstellen dem Konsumenten dabei eine logarithmische Nutzenfunktion mit einer Grenznutzenelastizität von 1:⁵⁴

⁵⁴Jene ist ein Spezialfall folgender intertemporalen Nutzenfunktion. Die Grenznutzenelastizität $c^{1-\sigma}$ gibt dabei Auskunft über die Präferenzen des Konsumenten bzgl. gegenwärtigem und zukünftigem Konsum. Es lässt sich für $\sigma = 1$ zeigen:

$$\begin{aligned} \lim_{\sigma \rightarrow 1} \frac{c^{1-\sigma} - 1}{1 - \sigma} &= \lim_{\sigma \rightarrow 1} \frac{\frac{d(c^{1-\sigma})}{d\sigma}}{-1} = - \lim_{\sigma \rightarrow 1} \frac{d}{d\sigma} \left[e^{(1-\sigma) \ln c} \right] \\ &= \ln c \cdot \lim_{\sigma \rightarrow 1} e^{(1-\sigma) \ln c} = \ln c \end{aligned}$$

$$\int_0^{\infty} \ln c_t \cdot e^{-\rho t} dt \quad (5.1)$$

Über das Integral wird der gesamte kontinuierliche Lebenszeitnutzen gebildet. Jener wird berechnet über den mit der länderspezifischen Zeitpräferenzrate ρ abdiskontierten Periodenkonsum c_t . Eine hohe Zeitpräferenz bedeutet, dass ein Konsument gegenwärtigen Konsum stärker präferiert als zukünftigen Konsum. Individuen mit hoher Zeitpräferenz werden damit weniger sparen. Die vorliegende Nutzenfunktion stellt sicher, dass immer eine ausreichende Nachfrage für die Produktion von Konsumgütern besteht.

Danach stellt sich der repräsentative Konsument folgender Budgetbedingung:

$$p_I \dot{k} + p_c c = y \equiv r \cdot k \quad (5.2)$$

Der Konsument gibt sein Einkommen für Konsum und Investitionen aus. Für die Berechnung der Höhe der Ausgaben muss der Investitionsgüterpreis p_I bzw. der Konsumgüterpreis p_c mit der verwendeten Menge, also dem Zuwachs an Kapital \dot{k} bzw. dem Konsum c multipliziert werden. Die Budgetbedingung sorgt dafür, dass Investitionen und Konsum dem Kapitaleinkünften des Konsumenten entsprechen, also dem Produkt von Kapitalrente r und seinem Kapitalstock k .⁵⁵ Vereinfachend wird nebenbei angenommen, dass Kapital mit der Zeit nicht an Wert verliert. Lohneinkommen fehlen hier, schließlich bietet der Konsument in diesem Modell seine Arbeitskraft nicht am Markt an.

- Nutzenmaximierung der Konsumenten

Der repräsentative Konsument maximiert seinen Nutzen unter Berücksichtigung der Budgetbeschränkung. Die Maximierungsaufgabe wird mittels einer Lagrangefunktion gelöst.

$$\begin{aligned} \mathcal{L} &= \int_0^{\infty} \ln c_t \cdot e^{-\rho t} dt + \int_0^{\infty} \lambda_t \cdot (p_I \cdot \dot{k}_t + p_c \cdot c_t - r \cdot k_t) dt \\ &= \int_0^{\infty} \ln c_t \cdot e^{-\rho t} dt + \int_0^{\infty} \lambda_t \cdot (p_c \cdot c_t - r \cdot k_t) dt \\ &\quad + p_I(+\infty) \cdot \lambda(+\infty) \cdot k(+\infty) - p_I(0) \cdot \lambda(0) \cdot k(0) \\ &\quad - \int_0^{\infty} (\dot{p}_I \lambda_t + p_I \dot{\lambda}_t) \cdot k_t dt \end{aligned}$$

Es werden die partiellen Ableitungen nach c und k berechnet. Es werden dabei die Zeitindizes zu Gunsten einer übersichtlicheren Notation nicht mehr angeschrieben.

⁵⁵Man beachte, dass unter der Annahme, dass $L = 1$ und $A = 1$ ist, der Kapitalstock K dem effektiven Kapitalstock k entspricht.

1. $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial c} = \frac{1}{c} \cdot e^{-\rho t} + \lambda \cdot p_c = 0 \Rightarrow \frac{1}{c} = -\lambda \cdot p_c \cdot e^{\rho t}$
2. $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial k_t} = -\lambda \cdot r - \dot{p}_I \lambda - p_I \dot{\lambda} = 0 \Rightarrow \frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = -\frac{\dot{p}_I + r}{p_I}$

wobei λ den Schattenpreis des Kapitals, also den Grenznutzen einer Einheit von Kapital, darstellt. Die 1. Gleichung besagt, dass der Grenznutzen aus Konsum und jener aus Sparen auf einem optimalen Konsumpfad gleich hoch sein müssen. Nach Umformung der 1. Gleichung erhält man λ . Dessen Wachstumsrate wird berechnet

$$\begin{aligned} \lambda &= -c^{-1} p_c^{-1} e^{-\rho t} \\ \log \|\lambda\| &= -\log c - \log p_c - \rho t \\ \frac{\dot{\lambda}}{\lambda} &= g_\lambda = \frac{d \log \|\lambda\|}{dt} = -\frac{\dot{c}}{c} - \frac{\dot{p}_c}{p_c} - \rho \end{aligned}$$

und anschließend mit der 2. Gleichung gleichgesetzt.

$$\begin{aligned} -\frac{\dot{p}_I + r}{p_I} &= -\frac{\dot{c}}{c} - \frac{\dot{p}_c}{p_c} - \rho \\ \frac{r + \dot{p}_I}{p_I} - \frac{\dot{p}_c}{p_c} &= \rho + \frac{\dot{c}}{c} \end{aligned} \quad (5.3)$$

Als Ergebnis erhält man eine Form der Euler-Gleichung. Sie besagt, dass die Grenzerträge des Kapitals auf der linken Seite gleich sein müssen der Zeitpräferenzrate zuzüglich eines Korrekturfaktors in Form des Anstiegs des Konsumpfades. Sie unterscheidet sich von der Euler-Gleichung im Ramsey-Cass-Koopmans Modell und anderen mikroökonomisch fundierten Modellen dadurch, dass Konsumgüter und Investitionsgüter unterschiedliche Technologien verwenden und damit unterschiedlich teuer sind. Dies bedeutet, dass jene, die Konsum aufschieben möchten, die Veränderung der relativen Preise für Konsumgüter bzgl. der Investitionsgüter berücksichtigen müssen. Dies kommt im zusätzlichen Term $\frac{\dot{p}_I(t)}{p_I(t)} - \frac{\dot{p}_c(t)}{p_c(t)}$ zum Ausdruck.

Zur Sicherstellung eines Optimums wird noch die Transversalitätsbedingung benötigt.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{p_I \cdot k}{p_c \cdot c} \cdot e^{-\rho t} = 0 \quad (5.4)$$

Sie stellt sicher, dass entweder keine nicht mehr rückzahlbare Verschuldung auftritt oder anders betrachtet, dass unendlich lang aufbewahrtes Kapital keinen Nutzen mehr stiftet und deswegen vorher ausgegeben wird.

Über die Budgetbeschränkung, die Euler-Gleichung und die Transversalitätsbedingung kann die optimale Konsumregel berechnet werden.

$$p_c \cdot c = \rho \cdot p_I \cdot k \quad (5.5)$$

Die optimale Regel des Konsums besteht darin, einen konstanten Anteil des Vermögens regelmäßig für Konsum aufzuwenden. Die Endogenisierung der Sparentscheidungen bringt uns demnach wieder zu einer konstanten Sparquote, wie

sie im Howitt-Modell exogen vorgegeben war. Verantwortlich dafür ist die Annahme einer konstanten Grenznutzenelastizität (Gl. 5.1). Eine Modellierung über eine variable Grenznutzenelastizität würde zwar reichhaltigere Analysen ermöglichen, aber den Nachteil einer nicht mehr kompakten Abhandlung des Konsumentensektors mit sich bringen. In der Formel ist übrigens ebenso ersichtlich, dass geduldigere Konsumenten eine geringere Konsum-Kapitalquote aufweisen werden.

Die optimale Konsumregel soll kurz auf ihre Richtigkeit hin überprüft werden.

$$\begin{aligned}
p_c \cdot c &= \rho \cdot p_I \cdot k \\
\dot{p}_c \cdot c + p_c \cdot \dot{c} &= \rho \cdot (\dot{p}_I \cdot k + p_I \cdot \dot{k}) \\
\frac{\dot{p}_c}{p_c} + \frac{\dot{c}}{c} &= \rho \cdot \frac{\dot{p}_I \cdot k + p_I \cdot \dot{k}}{p_c \cdot c} \\
&= \rho \cdot \frac{\dot{p}_I \cdot k}{p_c \cdot c} + \rho \cdot \frac{p_I \cdot \dot{k}}{p_c \cdot c} \\
&= \frac{\dot{p}_I}{p_I} + \frac{\dot{k}}{k}
\end{aligned} \tag{5.6}$$

Die Budgetbedingung (Gl. 5.2) umgeformt ergibt

$$\begin{aligned}
r &= p_I \cdot \frac{\dot{k}}{k} + \frac{p_c \cdot c}{k} \\
\frac{r}{p_I} &= \frac{\dot{k}}{k} + \frac{p_c \cdot c}{k} \cdot \frac{1}{p_I}
\end{aligned}$$

wobei nach Definition der optimalen Konsumregel (Gl. 5.5) $\frac{p_c \cdot c}{p_I \cdot k}$ gleich der Zeitpräferenzrate ρ ist. Mit Hilfe der Differentialgleichung für k (Gl. 5.20) ergibt sich nach Einsetzen der Formel für $\frac{r}{p_I}$ in Gl. 5.6

$$\begin{aligned}
\frac{\dot{p}_c}{p_c} + \frac{\dot{c}}{c} &= \frac{\dot{p}_I}{p_I} + \frac{r}{p_I} - \rho \\
\frac{r + \dot{p}_I}{p_I} - \frac{\dot{p}_c}{p_c} &= \rho + \frac{\dot{c}}{c}
\end{aligned}$$

die Euler-Gleichung. Damit ist gezeigt worden, dass der optimale Konsumpfad die Eulergleichung und die Budgetbedingung erfüllt und nicht im Widerspruch zur Transversalitätsbedingung steht.

5.3 Zwischenproduktsektor

Wie soll der Zwischenproduktsektor modelliert werden, um die Einführung von Spezialisierung zu ermöglichen? Dies kann bewerkstelligt werden über die Annahme von länderspezifischen Zwischenprodukten. Die Rechtfertigung für eine solche Annahme leiten die Autoren einerseits über die Arbeit von Armington (1969) ab, andererseits über das Vorhandensein von Handel trotz ähnlicher Faktorintensitäten wie z.B. im intra-industriellen Handel mit Skalenerträgen in der Produktion oder wie im Gravity-Trade-Modell.

Damit Handel und Spezialisierung die weltweite Wachstumsrate formen und Einkommensunterschiede erklären können, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Jedes Land spezialisiert sich in einem bestimmten Zwischenproduktbereich
- Jener Produktbereich ist fix⁵⁶

Das gesamte Bündel von Zwischenprodukten wird dabei fix über alle Länder verteilt. Jedes Land produziert seine eigenen Zwischenprodukte, die von keinem anderen Land produziert werden. Mit den zusätzlichen Annahmen, dass jedes Land sehr klein ist und Zugang zur selben Technologie hat, werden die Zwischenprodukte in einem kompetitiven Markt produziert. Dies hat den Vorteil einer einfachen Modellierung in einem Umfeld kompetitiver Märkte, jedoch den Nachteil, dass die Verteilung der Zwischenprodukte μ zwischen den Ländern außerhalb des Modells stattfindet. Ein allgemeineres Modell, welches eine Mikrofundierung zur Erklärung von Spezialisierung in Zwischenprodukten enthält, soll am Ende näher erörtert werden.

Folgende Annahmen werden getroffen: Es gibt auf der ganzen Welt ein fixes Kontinuum von Zwischenprodukten $\int_0^1 \int_0^{\mu_j} z dz dj = M$ ist, wobei μ_j der Zahl der Zwischenprodukte entspricht, die in einem Land j produziert werden.

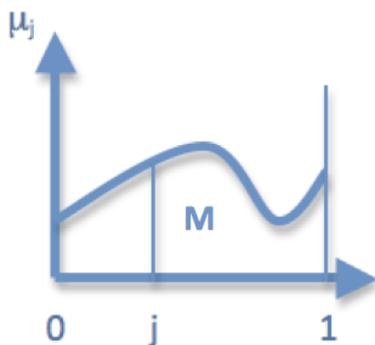


Abbildung 5: Verteilung der Zwischenprodukte μ

μ dient somit als Maßstab für den technologischen Fortschritt, denn eine höhere Produktdifferenzierung sorgt in den Endproduktionsfunktionen für einen höheren Output. Theoretisch könnte man mit einer unendlich großen Anzahl von Zwischenprodukten μ einen gegebenen Output mit minimalem Inputeinsatz produzieren.

- Firmenmaximierung

Für die Produktion eines Zwischenprodukts muss eine Einheit Kapital investiert werden. Weil die Zwischenprodukte in einem kompetitiven Umfeld produziert werden, werden sie zu Preisen gleich den Grenzkosten angeboten. Die Grenzkosten entsprechen dabei den Grenzkosten des Kapitals, also der Kapitalrente

⁵⁶oder zumindest steigt er nicht proportional zum Einkommen an

r . Damit werden alle Zwischenprodukte in einem Land zu demselben Preis angeboten. Es gilt:

$$p = r \quad (5.7)$$

$$p(z) = p, \forall z \quad (5.8)$$

5.4 Endproduktsektor

Zur Produktion von Konsum- und Investitionsgütern werden 2 Inputs benötigt, nämlich inländischer Kapitalstock und ein Bündel aller (gehandelten) Zwischenprodukte in der Welt. Folgende Produktionsfunktionen werden angenommen:⁵⁷

$$C(K_C, x_C(z)) = \chi \cdot K_c^{1-\tau} \cdot \left(\int_0^1 \int_0^{\mu_j} x_C(z)^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} dz dj \right)^{\tau \cdot \epsilon / (\epsilon-1)} \quad (5.9)$$

$$I(K_I, x_I(z)) = \phi^{-1} \cdot \chi \cdot K_I^{1-\tau} \cdot \left(\int_0^1 \int_0^{\mu_j} x_I(z)^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} dz dj \right)^{\tau \cdot \epsilon / (\epsilon-1)} \quad (5.10)$$

wobei $x(z)$ die verwendete Menge eines Zwischenprodukts und χ die Normalisierungskonstante darstellt.

Da die in den Produktionsfunktionen verwendeten Inputs nur auf den Produktionsfaktor Kapital zurückgreifen, können jene dem AK-Modell zugeordnet werden. Man beachte dabei, dass nur auf inländisches Kapital zurückgegriffen werden kann, da Handel in Kapital unterbunden ist. Allgemein gesagt steht der Investitionsbereich, in welchem Kapital als Input direkt in die Produktionsfunktion einfließt, für den nicht gehandelten Teil der Produktion, während der Zwischenproduktsektor den gehandelten Produktionsbereich widerspiegelt. Für Letzteren wird dabei eine Cobb-Douglas Produktionsfunktion mit isoelastischer Nachfrage nach Zwischenprodukten unterstellt. Der Parameter ϵ beschreibt dabei die konstante Substitutionselastizität zwischen den Zwischenprodukten und der Parameter τ definiert die Elastizität der Produktionsfunktion bzgl. der gehandelten Zwischenprodukte. Es wird später in der Handelsbilanzbedingung (Gl. 5.19) ersichtlich sein, dass τ zusätzlich genau jenen Anteil in der Gesamtproduktion wiedergibt, der für die Produktion von Zwischenprodukten aufgewendet wird. Weil für die Zwischenproduktherstellung nur Kapital als Input verwendet wird, bleibt für den Kapitaleinsatz für Konsumgüter bzw. Investitionsgüter der Anteil $1 - \tau$ in der Gesamtproduktion übrig. Beide Produktionsfunktionen weisen konstante Skalenerträge auf, wie über die Exponenten schnell ersichtlich ist.

$$(1 - \tau) + \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \cdot \frac{\tau \cdot \epsilon}{\epsilon - 1} = 1 - \tau + \frac{\epsilon - 1}{\epsilon - 1} \cdot \tau = 1$$

Mit Kapital als einzigen Produktionsfaktor, auf welchen die Inputs zurückgreifen, führt eine Verdoppelung des Kapitalstocks folglich zu einer Verdoppelung der Produktion von Investitions- und Konsumgütern. Unterschiede zwischen den 2 Endproduktsektoren ergeben sich nur dadurch, dass im Investitionsgutsektor zusätzlich ϕ eine Rolle spielt, welcher den politischen Einfluss

⁵⁷Acemoglu (2008), Seite 759f

über Institutionen, Eigentumsrechte, Steuerpolitik auf Investitionsanreize messen soll. Es wird damit berücksichtigt, dass für ärmere Länder Investitionsgüter relativ teurer sind als für entwickelte Länder, nämlich aufgrund verschieden hoher Produktivitätslevel in der Produktion von Investitionsgütern.⁵⁸

Acemoglu/Ventura verwenden in ihrem Modell jedoch Einheitskostenfunktionen für Konsum- und Investitionsgüter, welche für die weitere Beschreibung des Modells eine günstigere Notation erlauben. Sie beschreiben die Kosten für die Produktion einer weiteren Einheit des Gutes. Die Berechnung jener aus den Produktionsfunktionen soll nun erläutert werden.

Gegeben eine Produktionsfunktion

$$Y = \chi K^{1-\tau} \left(\int_0^1 \int_0^{\mu_j} x(z)^{(\epsilon-1)/\epsilon} dz dj \right)^{\tau\epsilon/(\epsilon-1)}$$

wobei χ eine Normalisierungskonstante darstellt, die später näher spezifiziert wird. Folgendes Kostenminimierungsproblem wird nun aufgestellt:

$$\begin{aligned} \min \quad & \left(rK + \int_0^1 \int_0^{\mu_j} p(z) \cdot x(z) dz dj \right) \\ \text{sodass} \quad & Y = 1 \end{aligned}$$

Kostenminimierung findet also unter der Nebenbedingung statt, dass genau 1 Endprodukt produziert wird. Jenes Problem wird nun einfachheitshalber über 2 Stufen gelöst.

Zuerst wird ein Index aus Zwischengütern X definiert,

$$X = \left(\int_0^1 \int_0^{\mu_j} x(z)^{(\epsilon-1)/\epsilon} dz dj \right)^{\epsilon/(\epsilon-1)}$$

wobei P der Preis jenes Index ist. Das Kostenminimierungsproblem wird somit reduziert auf

$$\begin{aligned} \min \quad & (rK + PX) \\ \text{sodass} \quad & \chi K^{1-\tau} X^\tau = 1 \end{aligned} \tag{5.11}$$

Die dazugehörige Lagrangefunktion lautet:

$$L_1 = rK + PX + \lambda_1 \cdot (\chi K^{1-\tau} X^\tau - 1)$$

Partielle Ableitungen ergeben

$$\begin{aligned} \frac{\partial L_1}{\partial K} &= r + \lambda_1 \chi \cdot (1 - \tau) \cdot \left(\frac{X}{K} \right)^\tau = 0 \\ \frac{\partial L_1}{\partial X} &= P + \lambda_1 \chi \cdot \tau \cdot \left(\frac{K}{X} \right)^{1-\tau} = 0 \end{aligned}$$

⁵⁸Im allgemeineren Modell mit Arbeit als zusätzlichen Produktionsfaktor und endogener Spezialisierung werden die relativen Preise für Investitionsgüter auch noch von der technologischen Fähigkeit und dem Diskontsatz abhängig sein.

und der Quotient jener 2 Gleichungen ergibt

$$\begin{aligned}\frac{1-\tau}{\tau} \cdot \left(\frac{X}{K}\right) &= \frac{r}{P} \\ (1-\tau) \cdot P \cdot X &= \tau \cdot r \cdot K\end{aligned}\quad (5.12)$$

Daraus ist ersichtlich, dass der Anteil der Kosten für Zwischenprodukte an den Gesamtkosten gleich $1 - \tau$ ist. Kombiniert mit der Nebenbedingung (Gl. 5.11) können die Produktionskosten berechnet werden. Zunächst werden beide Gleichungen umgeformt zu

$$X = \left(\frac{1}{\chi} \cdot K^{\tau-1}\right)^{1/\tau}$$

bzw.

$$K = \frac{(1-\tau) \cdot P \cdot X}{\tau \cdot r}$$

Nach Substitution von X in die letzte Gleichung erhält man

$$\begin{aligned}K &= \frac{(1-\tau) \cdot P \cdot (1/\chi \cdot K^{\tau-1})^{1/\tau}}{\tau \cdot r} \\ K &= \frac{(1-\tau) \cdot P \cdot (1/\chi)^{1/\tau} K^{(\tau-1)/\tau}}{\tau \cdot r} \\ K^{1-\frac{\tau-1}{\tau}} &= \frac{(1-\tau) \cdot P \cdot (1/\chi)^{1/\tau}}{\tau \cdot r} \\ \Rightarrow K &= \frac{1}{\chi} \cdot \left(\frac{(1-\tau) \cdot P}{\tau \cdot r}\right)^\tau\end{aligned}$$

Für den Index aus Zwischengütern erhält man nach demselben Berechnungsschema

$$X = \frac{1}{\chi} \cdot \left(\frac{(1-\tau) \cdot P}{\tau \cdot r}\right)^{\tau-1}$$

Die Kosten C können nun angeschrieben werden als

$$\begin{aligned}C &= rK + PX \\ &= r \cdot \frac{1}{\chi} \cdot r^{-\tau} \cdot \left(\frac{(1-\tau) \cdot P}{\tau}\right)^\tau + P \cdot P^{\tau-1} \cdot \frac{1}{\chi} \cdot \left(\frac{(1-\tau)}{r \cdot \tau}\right)^{\tau-1} \\ &= r^{1-\tau} P^\tau \cdot \frac{1}{\chi} \left(\frac{(1-\tau)}{\tau}\right)^\tau + P^\tau \cdot r^{1-\tau} \cdot \frac{1}{\chi} \cdot \left(\frac{(1-\tau)}{\tau}\right)^{\tau-1} \\ &= r^{1-\tau} \cdot P^\tau \cdot \underbrace{\left[\frac{1}{\chi} \cdot \left(\frac{(1-\tau)}{\tau}\right)^\tau + \frac{1}{\chi} \cdot \left(\frac{(1-\tau)}{\tau}\right)^{\tau-1}\right]}_{\phi_1} \\ &= r^{1-\tau} \cdot P^\tau \cdot \phi_1(\tau, \chi)\end{aligned}$$

wobei ϕ_1 eine Konstante in Abhängigkeit von τ und χ ist. Damit muss für die Berechnung der Einheitskostenfunktion nur mehr P aufgelöst werden. Der Preis P des Zwischenproduktindex wird nun berechnet über die Minimierung der Kosten in der Zwischenproduktherstellung unter der Nebenbedingung, dass genau 1 Zwischenprodukt hergestellt wird.

$$\begin{aligned} \min &= \int_0^1 \int_0^{\mu_j} p(z)x(z) dzdj \\ \text{sodass} & \underbrace{\left(\int_0^1 \int_0^{\mu_j} x(z)^{(\epsilon-1)/\epsilon} dzdj \right)^{\epsilon/(\epsilon-1)}}_X = 1 \end{aligned}$$

Die Lagrangefunktion:

$$L_2 = \int_0^1 \int_0^{\mu_j} p(z)x(z) dzdj + \lambda_2 \cdot \left\{ 1 - \left[\int_0^1 \int_0^{\mu_j} x(z)^{(\epsilon-1)/\epsilon} dzdj \right]^{\epsilon/(\epsilon-1)} \right\}$$

$$\frac{\partial L_2}{\partial x(z)} = p(z) - \lambda_2 \cdot \underbrace{\left[\int_0^1 \int_0^{\mu_j} x(z)^{(\epsilon-1)/\epsilon} dzdj \right]^{1/(\epsilon-1)}}_{\text{laut NB: } =1} \cdot x(z)^{-1/\epsilon} = 0$$

$$\Rightarrow x(z) = \left(\frac{\lambda_2}{p(z)} \right)^\epsilon$$

Gegeben die Nebenbedingung $X = 1$, erhält man nach Substitution von $x(z)$

$$\begin{aligned} \left\{ \int_0^1 \int_0^{\mu_j} \left[\left(\frac{\lambda_2}{p(z)} \right)^\epsilon \right]^{(\epsilon-1)/\epsilon} dzdj \right\}^{\epsilon/(\epsilon-1)} &= 1 \\ \lambda_2^\epsilon \cdot \left\{ \int_0^1 \int_0^{\mu_j} [p(z)^{1-\epsilon}] dzdj \right\}^{\epsilon/(\epsilon-1)} &= 1 \\ \left\{ \int_0^1 \int_0^{\mu_j} [p(z)^{1-\epsilon}] dzdj \right\}^{1/(1-\epsilon)} &= \lambda_2 \end{aligned}$$

Somit ergibt sich schließlich für P

$$\begin{aligned} P &= \int_0^1 \int_0^{\mu_j} p(z)x(z) dzdj \\ &= \int_0^1 \int_0^{\mu_j} p(z) \cdot \left(\frac{\lambda_2}{p(z)} \right)^\epsilon dzdj \\ &= \lambda_2^\epsilon \int_0^1 \int_0^{\mu_j} p(z)^{1-\epsilon} dzdj \\ &= \left[\int_0^1 \int_0^{\mu_j} p(z)^{1-\epsilon} dzdj \right]^{1/(1-\epsilon)} \end{aligned}$$

Dieses Ergebnis kann nun in die Kostenfunktion C eingesetzt werden und man erhält folgende Einheitskostenfunktion:

$$C = \phi_1 r^{1-\tau} \left[\int_0^1 \int_0^{\mu_j} p(z)^{1-\epsilon} dz dj \right]^{\tau/(1-\epsilon)}$$

Zur Eliminierung der Variable ϕ_1 wird die Normalisierungskonstante χ dementsprechend definiert:

$$\begin{aligned} \phi_1 &= 1 \\ \Rightarrow \chi &= \left(\frac{(1-\tau)}{\tau} \right)^\tau + \left(\frac{(1-\tau)}{\tau} \right)^{\tau-1} \end{aligned}$$

Die Einheitskostenfunktion ist somit

$$C = r^{1-\tau} \left[\int_0^1 \int_0^{\mu_j} p(z)^{1-\epsilon} dz dj \right]^{\tau/(1-\epsilon)}$$

Damit erhält man genau jene Einheitskostenfunktion, welche Acemoglu und Ventura in ihrem Paper für Konsumgüter aufgestellt haben. Die Berechnung der Einheitskostenfunktion für Investitionsgüter verläuft nach demselben Schema, nur dass der Faktor ϕ^{-1} in der Produktionsfunktion zusätzlich mitberücksichtigt werden muss. Es liegen also folgende 2 Einheitskostenfunktionen vor:

$$Y_C(r, p(z)) = r^{1-\tau} \cdot \left(\int_0^1 \int_0^{\mu_j} p(z)^{1-\epsilon} dz dj \right)^{\tau/(1-\epsilon)} \quad (5.13)$$

$$Y_I(r, p(z)) = \phi^{-1} \cdot r^{1-\tau} \cdot \left(\int_0^1 \int_0^{\mu_j} p(z)^{1-\epsilon} dz dj \right)^{\tau/(1-\epsilon)} \quad (5.14)$$

Man beachte, dass die Preise für Konsum- und Investitionsgüter sowie die Grenzrate des Kapitals r länderspezifisch sind, die Preise für Zwischenprodukte $p(z)$ jedoch nicht, da jene aufgrund des Handels in allen Ländern gleich viel kosten. Der Teil in Klammern beschreibt das ideale Bündel an importierten Zwischenprodukten. Wie schon in der Produktionsfunktion besitzt er die Form eines CES-Aggregats (Constant Elasticity Substitution) nach Dixit-Stiglitz mit einer konstanten Substitutionselastizität von ϵ zwischen allen Zwischenprodukten.⁵⁹ Die Verwendung von kontinuierlichen Dixit-Stiglitz Präferenzen für die Zwischenprodukte ermöglicht eine leichtere Handhabung solcher differenzierter Produkte. Es gilt, dass eine höhere Gesamtzahl M an Zwischenprodukten die Produktion verteuert. Jedoch wird M als fix vorgegeben und ist damit nicht entscheidend. Die Substitutionselastizität ϵ kann in diesem Modell als die konstante Höhe der Preiselastizität der ausländischen Nachfrage bzgl. der Zwischenprodukte des Inlandes interpretiert werden. Nimmt man die Inverse dieser Elastizität erhält man einen Wert für das Ausmaß von Spezialisierung. Durch die zusätzliche Annahme von $\epsilon > 1$ wird "immiserizing growth" ausgeschlossen. Der Parameter τ beschreibt letztlich, wie vorher schon erwähnt, den Anteil der Zwischenproduktherstellung in der Gesamtproduktion und ist

⁵⁹Ein Sonderfall davon wäre die Cobb-Douglas Nutzenfunktion mit einer Elastizität von 1.

unter der Annahme, dass defacto alle Zwischenprodukte exportiert werden, ein Maß für das Verhältnis von Export zur Gesamtproduktion. τ ist demnach ein Wert für die Offenheit eines Landes bezüglich Handel und wird für alle Länder als gleich hoch angenommen.

- Firmenmaximierung

Da die Firmen im Konsum- und Investitionssektor kompetitiv sind, sehen sie die Preise als gegeben und maximieren über den selbstgewählten Faktoreinsatz. Die Preise werden gleich den Grenzkosten gesetzt. Es fallen folglich keine Gewinne für die Unternehmen in den Endproduktsektoren ab.

Als Arbeitserleichterung wird vor der Berechnung der Preise noch das ideale Bündel von Zwischenprodukten aus der ganzen Welt, das von allen Ländern importiert wird, gleich 1 gesetzt. Unter zusätzlicher Zuhilfenahme von Gl. 5.8 gilt:

$$\int_0^1 \int_0^{\mu_j} p(z)^{1-\epsilon} dz dj = \int_0^1 \mu_j \cdot p^{1-\epsilon} dj = 1 \quad (5.15)$$

Dadurch, dass die Zwischenprodukte, die ein Land produziert, aufgrund der geringen Größe defacto alle exportiert werden und ein ideales Bündel von Zwischenprodukten importiert wird, dessen Wert gleich 1 ist, bezeichnet p , die Preise der exportierten Zwischenprodukte, nichts anderes als die Terms of Trade. Denn die Terms of Trade sind schließlich definiert als der Preis der Gesamtexporte relativ zu den Gesamtimporten. In diesem Modell findet damit eine Endogenisierung der Terms of Trade statt, da jene von den Kapitalakkumulationsentscheidungen eines Landes abhängen. Diese Abhängigkeit besteht deswegen, da ein Land Marktmacht innerhalb seiner exportierten Zwischenprodukte besitzt und so auf seine Exportpreise Einfluss nimmt, während ein Land im Importmarkt sehr klein ist und durch seine Kaufentscheidungen keinen Einfluss auf die Preise jener Güter ausüben kann.

Nun können die Firmenmaximierungsgleichungen in einer einfacheren Form angegeben werden. Sie gleichen den Einheitskostenfunktionen, werden jetzt aber bezogen auf das Numéraire (Gl. 5.15) angeschrieben.

Profitmaximierung im Konsumgutsektor und im Investitionsgutsektor erfolgt somit unter:

$$p_c = r^{1-\tau} \quad (5.16)$$

$$p_I = \phi^{-1} \cdot r^{1-\tau} \quad (5.17)$$

5.5 Markträumungen

Was noch fehlt zur Berechnung des Steady state sind die Markträumungsbedingungen. Im Gleichgewicht müssen alle Märkte geräumt sein. In unserem Modell bedeutet dies einerseits Räumung des einzigen Produktionsfaktors, nämlich Kapital und andererseits Räumung des Zwischenproduktsektors, was einer ausgeglichenen Handelsbilanz entspricht. Nach dem Gesetz von Walras müsste nur

eine von beiden Markträumungsbedingungen berechnet werden um Markträumung in beiden Märkten sicherzustellen. Vollständigkeitshalber werden aber beide Markträumungen besprochen und gezeigt, dass die 2 erhaltenen Gleichungen zur Sicherstellung von Markträumung identisch sind.

5.5.1 Kapitalmarkträumungsbedingung

Kapitalmarkträumung erfordert, dass das in Konsum, Investition und in Zwischenprodukte investierte Kapital dem gesamten Kapitalstock in einem Land entspricht. Der gesamte Kapitalstock speist sich aus dem Kapital k_n zur Produktion der Endprodukte und dem Kapital k_i zur Produktion eines Zwischenprodukts, wobei insgesamt μ Zwischenprodukte produziert werden.

$$k = k_n + \mu \cdot k_i$$

Die Einnahmen aus dem Kapitaleinsatz in den Endproduktmärkten ergeben aufgrund der Cobb-Douglas Produktionsfunktion mit konstanter Elastizität folgende Gleichung:

$$r \cdot k_n = (1 - \tau) \cdot y$$

Die Einnahmen im Zwischenproduktmarkt entsprechen dem Wert der produzierten Zwischenprodukte. Sie werden zum Preis von p mit konstanter Elastizität von der Welt nachgefragt. Man erhält für ein Zwischenprodukt folgende Einnahmen:

$$p \cdot k_i = \tau \cdot p^{1-\epsilon} \cdot Y$$

wobei $Y = \int_0^1 y_j dj$ ist. Der gesamte Kapitalstock k ergibt sich somit durch

$$k = (1 - \tau) \cdot y/r + \mu \cdot \tau \cdot p^{1-\epsilon} \cdot Y/p \quad (5.18)$$

5.5.2 Ausgeglichene Handelsbilanz

Der Preis für den gesamten Export von Zwischenprodukten muss jenem für die importierten Zwischenprodukte in einem Land entsprechen. Es muss also eine ausgeglichene Handelsbilanz vorliegen. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass durch die Unterbindung von Handel mit Kapital Handelsbilanzdefizite nicht über Kapitaltransfers ausgeglichen werden können. Ein Land importiert mit einem fixen Anteil τ relativ zum inländischen Gesamtoutput das ideale Bündel an Zwischenprodukten mit dem Wert 1 und exportiert alle seine Zwischenprodukte μ mit dem Preis p in dem Ausmaß, in welchem sie von der Welt nachgefragt werden. Die Welt fragt jene Zwischenprodukte mit dem Anteil τ zur Weltproduktion Y in Abhängigkeit einer konstanten Substitutionselastizität ϵ nach.

$$\begin{aligned} \tau \cdot y &= \tau \cdot \mu \cdot r^{1-\epsilon} \cdot Y \\ \frac{y}{Y} &= \mu \cdot r^{1-\epsilon} \end{aligned} \quad (5.19)$$

wobei $y_R \equiv y/Y$ ist. Man sieht, gegeben ein fixes μ , dass ein relativ hohes relatives Einkommen y_R zu schlechteren Terms of Trade und damit zu niedrigeren

Preisen p bzw. einer niedrigeren Kapitalrente r führt. Eine Umformulierung der Gl. 5.18 zeigt, dass

$$\begin{aligned} k \cdot r &= (1 - \tau) \cdot y + \mu \cdot \tau \cdot p^{1-\epsilon} \cdot Y \quad (\text{weil } p=r \text{ ist}) \\ [1 - (1 - \tau)] \cdot y &= \mu \cdot \tau \cdot p^{1-\epsilon} \cdot Y \\ \tau \cdot y &= \tau \cdot \mu \cdot r^{1-\epsilon} \cdot Y \end{aligned}$$

die beiden Gleichungen tatsächlich identisch sind.

Nach der Beschreibung der Sektoren soll wiederum eine grafische Darstellung für Überblick sorgen.

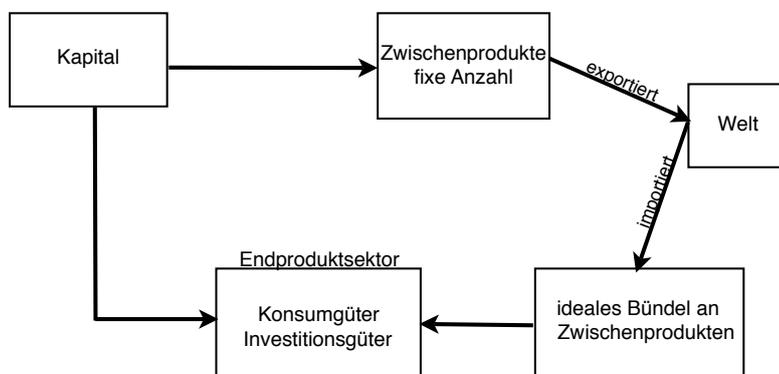


Abbildung 6: Darstellung des Handelsmodells (Acemoglu/Ventura, 2002)

5.6 Analyse des Gleichgewichtszustandes - Steady state

Die Weltökonomie wird beschrieben durch die Verteilung des Kapitalstocks in jedem Land. Der Verlauf des Kapitalstocks für jede beliebige Ausgangsposition wird von 2 Gleichungen exakt beschrieben. Eine davon ist die Differentialgleichung \dot{k}/k zur Beschreibung der Bewegungen des Kapitalstocks. Dessen Berechnung erfolgt über die Umformung der Budgetbeschränkung (Gl. 5.2).

Die Budgetbeschränkung kombiniert mit den Preisen für Konsum- und Investitionsgüter liefert:

$$\begin{aligned} \phi^{-1} \cdot r^{1-\tau} \cdot \dot{k} + \rho \cdot \phi^{-1} \cdot r^{1-\tau} \cdot k &= r \cdot k \\ (\phi^{-1} \cdot r^{1-\tau}) \cdot (\dot{k} + \rho \cdot k) &= r \cdot k \\ \phi^{-1} \cdot r^{-\tau} &= \frac{k}{\dot{k} + \rho \cdot k} \\ \phi \cdot r^{\tau} &= \frac{\dot{k} + \rho \cdot k}{k} \\ \phi \cdot r^{\tau} - \rho &= \frac{\dot{k}}{k} \end{aligned} \tag{5.20}$$

Die erhaltene Formel beschreibt die Entwicklung des Kapitalstocks in Abhängigkeit von der Kapitalrente r für beliebige Startwerte.

Zur Sicherstellung von Stabilität obiger Differentialgleichung wird noch eine 2. Gleichung benötigt. Sie wird ermittelt über Umformung der Handelsbilanzbedingung (Gl. 5.19) unter Berücksichtigung der Maximierungsgleichung $p = r$ und dem Welteinkommen $Y = \int_0^1 r \cdot k \, dj$.

$$\begin{aligned} y &= \mu \cdot r^{1-\epsilon} \cdot Y \\ r \cdot k &= \mu \cdot r^{1-\epsilon} \cdot \int_0^1 r \cdot k \, dj \end{aligned} \quad (5.21)$$

Die Differentialgleichung konvergiert zu einem konstanten Wert, da in der 2. Gleichung ein negativer Zusammenhang zwischen Kapitalrente r und dem Kapitalstock k vorliegt. Die Dynamik dieser Weltökonomie ist folglich stabil und konvergiert auf einem ausgewogenen Wachstumspfad zu einem einzigen Steady state. Angenommen, dass sich alle Ökonomien im Steady state befinden, wachsen die Länder mit derselben Wachstumsrate $\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{Y}}{Y} = x^*$. Der Stern kennzeichnet dabei Variablen im Steady state. Durch Umformung der Differentialgleichung und der Berücksichtigung, dass im Steady state der Kapitalstock mit konstanter Wachstumsrate x^* wächst, erhält man die gleichgewichtige Kapitalrente des Wachstumspfades r^* :

$$r^* = \left(\frac{\rho + x^*}{\phi} \right)^{1/\tau} \quad (5.22)$$

Im Steady state nimmt die Kapitalrente r^* in einem Land einen konstanten Wert an. Da die Kapitalrente gleich den Terms of Trade ist, sind auch jene im Gleichgewicht konstant.

5.7 Pro-Kopf-Einkommen und Wachstumsrate

Die Bestimmung des Einflusses von Parameteränderungen auf das Pro-Kopf-Einkommen und auf die Wachstumsrate wird wieder über die Veränderung des Steady state Wertes ermittelt. Die Höhe der relativen Pro-Kopf-Einkommen eines Landes $y_R \equiv y/Y$ im Steady state wird über Umformungen der 2 Steady state-Gleichungen und über die Gl. 5.22 berechnet.

$$\begin{aligned} y &= \mu \cdot p^{1-\epsilon} \cdot Y \\ \frac{y}{Y} &= \mu \cdot p^{1-\epsilon} \\ y_R &= \mu \cdot \left(\left(\frac{\rho + x^*}{\phi} \right)^{1/\tau} \right)^{1-\epsilon} \\ y_R &= \mu \cdot \left(\frac{\phi}{\rho + x^*} \right)^{\frac{\epsilon-1}{\tau}} \end{aligned} \quad (5.23)$$

$$1 = \int \mu \cdot \left(\frac{\phi}{\rho + x^*} \right)^{\frac{\epsilon-1}{\tau}} \, dj \quad (5.24)$$

Entscheidend für relative Einkommensdifferenzen zwischen den Ländern sind unterschiedliche Werte für die Zeitpräferenzrate ρ und für die Institutionenvariable ϕ . Ähnlich wie in Howitt eine Erhöhung der Sparquote steht eine niedrigere Zeitpräferenzrate ρ in Verbindung mit stärkerem, gegenwärtigen Konsumverzicht. Ein höheres ϕ impliziert niedrigere Kosten für Investitionsgüter relativ zu Konsumgütern und führt damit zu erhöhten Anreizen für Investitionen. Weiters begünstigt ein höheres μ , also ein Zugang zu besserer Technologie, ein höheres, relatives Einkommensniveau. Dass im Gleichgewicht Stabilität vorherrscht, kann in Gl. 5.24 überprüft werden. Da die über alle Länder integrierten relativen Einkommen genau 1 ergeben müssen, gibt es nur eine einzige Lösung für die Wachstumsrate x^* . Die Gleichung impliziert also die weltweite Wachstumsrate im Steady state. Sie ist offensichtlich von denselben Parametern abhängig wie die Pro-Kopf-Einkommen. Aber genau wie im Modell von Howitt werden alle Länder langfristig gegen sie konvergieren. Die einzelnen Länder verhalten sich wie in exogenen Wachstumsmodellen, in denen abnehmende Grenzerträge über den Mechanismus der Terms of Trade vorherrschen. Damit verursachen langfristige Effekte von Politikmaßnahmen keine Divergenz in den Wachstumsraten, jedoch Einkommensunterschiede zwischen den Ländern. Die Stärke jener Ungleichverteilung der Welteinkommen hängt von der Stärke des Handels (τ) und der Spezialisierung (ϵ) ab. Die gesamte Ökonomie verhält sich also weiterhin wie eine AK-Ökonomie, in der Wachstum über Kapitalakkumulation sichergestellt ist und in der die weltweite Wachstumsrate über die besprochenen Parameter beeinflussbar ist.

Für das bessere Verständnis über das Wirken von Spezialisierung und internationalem Handel bzgl. Konvergenz werden durch Umformungen der Handelsbilanzgleichung (Gl. 5.19) die Terms of Trade folgendermaßen dargestellt:

$$\begin{aligned} y_R &= \mu \cdot p^{1-\epsilon} \\ p &= \left(\frac{\mu}{y_R} \right)^{1/(\epsilon-1)} \end{aligned}$$

Und die Grenzerträge des Kapitals im Steady state werden über die Eulergleichung (Gl. 5.3) inklusive Einbeziehung der Preise für Konsum- und Investitionsgüter berechnet. Deren Wachstumsraten sind identisch, da sich jene Preise nur über einen konstanten Parameter unterscheiden. Man erhält

$$\begin{aligned} \frac{r + \dot{p}_I}{p_I} - \frac{\dot{p}_c}{p_c} &= \frac{r}{p_I} + \frac{\dot{p}_I}{p_I} - \frac{\dot{p}_c}{p_c} \\ &= r \cdot \phi^1 \cdot r^{\tau-1} + \underbrace{\frac{\dot{p}_I}{p_I} - \frac{\dot{p}_c}{p_c}}_0 \\ &= r^\tau \cdot \phi \\ &= p^\tau \cdot \phi \end{aligned}$$

Eine andere Darstellung ist über die Differentialgleichung für k (Gl. 5.20) möglich.

$$\begin{aligned}\frac{\dot{k}}{k} &= \phi \cdot r^\tau - \rho = x^* \\ x^* + \rho &= \phi \cdot r^\tau \\ x^* + \rho &= \phi \cdot p^\tau\end{aligned}$$

Ingesamt erhält man also

$$\text{Terms of Trade} = p = \left(\frac{\mu}{y_R} \right)^{1/(\epsilon-1)} \quad (5.25)$$

$$\text{Grenzerträge des Kapitals} = \frac{r + \dot{p}_I}{p_I} - \frac{\dot{p}_c}{p_c} = \phi \cdot p^\tau \quad (5.26)$$

$$= \frac{r + \dot{p}_I}{p_I} - \frac{\dot{p}_c}{p_c} = x^* + \rho \quad (5.27)$$

Die beiden Gleichungen beschreiben intuitiv das Zusammenspiel zwischen den Terms of Trade und den Grenzerträgen des Kapitals.

Gl. 5.25 zeigt, dass ein höheres relatives Einkommensniveau mit schlechteren Terms of Trade bestraft wird. Höhere Einkommen ermöglichen über einen höheren Kapitaleinsatz eine höhere Produktion jeder einzelnen Varietät der exportierten Zwischenprodukte. Eine höhere Produktion von Zwischenprodukten hat aber über die Mechanismen von Angebot und Nachfrage auf dem Weltmarkt eine Reduzierung des Preises zur Folge. Und laut Gl. 5.26 sorgen niedrigere Exportpreise für eine Verringerung der Grenzerträge des Kapitals. Damit kommen also über den Umweg mit Handel wieder abnehmende Grenzerträge des Kapitals ins Spiel.

Die Stabilität der Welteinkommensverteilung kann anhand obiger Gleichungen demonstriert werden. Denn ein Land mit einem relativen Einkommenslevel unterhalb seines Steady state wird Terms of Trade aufweisen, welche relativ zum Steady state zu hoch sein werden. Jene überhöhten Terms of Trade führen zu Grenzerträgen des Kapitals, welche die effektive Rate der Zeitpräferenz $\rho + x^*$ überschießen. Die Ökonomie betreibt dadurch zu diesem Zeitpunkt eine höhere Kapitalakkumulation als der Rest der Welt. Die relativen Einkommen steigen, damit werden wiederum die Terms of Trade schlechter, der Grenzertrag des Kapitals nimmt ab und die Rate der Kapitalakkumulation sinkt wieder der weltweiten Wachstumsrate entgegen.

Im Gegensatz zum Modell von Howitt finden hier abnehmende Grenzerträge nicht in der Produktion statt, sondern über die Veränderung der relativen Preise der Zwischenprodukte. Diese aber bedingt Spezialisierung und Handel. Ohne Spezialisierung ($\epsilon = \infty$) bzw. ohne Handel ($\tau = 0$) ist die Kapitalrente r unabhängig von den Terms of Trade und die relativen Preise der Zwischenprodukte werden über Kapitalakkumulationsentscheidungen nicht mehr beeinflusst. Damit wäre auf Länderebene wieder Kapitalakkumulation ohne abnehmende Grenzerträge möglich, wie in endogenen Wachstumsmodellen der ersten Generation. Kleine Unterschiede in den Ländereigenschaften führen dann zu divergierenden Wachstumsraten und Löhnen.

Die Geschwindigkeit der Anpassung hängt wie üblich von der Stärke der abnehmenden Grenzerträge ab. Dabei spielt das Ausmaß von Handel und

Spezialisierung eine Rolle. Dies wird anhand der Wachstumsrate des Outputs verdeutlicht.

Für die Berechnung der Wachstumsrate eines Landes wird zunächst über die Umformung der Budgetbeschränkung (Gl. 5.2) und der Handelsbilanzbedingung (Gl. 5.19) das Einkommen eines Landes folgendermaßen angeschrieben:

$$\begin{aligned}\mu \cdot r^{1-\epsilon} \cdot Y &= r \cdot k \\ Y &= \frac{r^\epsilon \cdot k}{\mu} \\ (\mu \cdot Y)^{1/\epsilon} \cdot k^{(\epsilon-1)/\epsilon} &= r \cdot k \equiv y\end{aligned}$$

Nun wird die Differentialgleichung für das Einkommen eines Landes y und anschließend die Wachstumsrate berechnet.

$$\begin{aligned}\dot{y} &= \frac{1}{\epsilon} \cdot (\mu \cdot Y)^{\frac{1}{\epsilon}-1} \cdot \mu \cdot \dot{Y} \cdot k^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} + (\mu \cdot Y)^{1/\epsilon} \cdot k^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}-1} \cdot \dot{k} \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \\ \frac{\dot{y}}{y} &= \frac{\dot{Y}}{Y} \cdot \frac{1}{\epsilon} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \cdot \frac{\dot{k}}{k} \\ &= \frac{x^*}{\epsilon} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \cdot (\phi \cdot r^\tau - \rho) \\ &= \frac{x^*}{\epsilon} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \cdot \left[\phi \cdot \left(\frac{y_R}{\mu} \right)^{\frac{\tau}{1-\epsilon}} - \rho \right] && \rightarrow \text{siehe (a)} \\ &= \frac{x^*}{\epsilon} + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \cdot \left[\left(\frac{y_R^*}{\mu} \right)^{\frac{\tau}{\epsilon-1}} \cdot (\rho + x^*) \cdot \left(\frac{y_R}{\mu} \right)^{\tau/(1-\epsilon)} - \rho \right] && \rightarrow \text{siehe (b)} \\ &= x^* \cdot \left(1 - \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \right) + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \cdot \left[\left(\frac{y_R}{y_R^*} \right)^{\frac{-\tau}{\epsilon-1}} \cdot (\rho + x^*) - \rho \right] \\ &= x^* + \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \cdot (\rho + x^*) \cdot \left[\left(\frac{y_R}{y_R^*} \right)^{\frac{-\tau}{\epsilon-1}} - \frac{\rho + x}{\rho + x^*} \right] \quad (5.28)\end{aligned}$$

(a) Über Umformulierung der Handelsbilanzbedingung (Gl. 5.19) erhält man $r = \left(\frac{y_R}{\mu} \right)^{1/(1-\epsilon)}$ und nach Berechnung der Grenzerträge des Kapitals gilt: $x^* = \phi \cdot r^\tau - \rho$

(b) Aus der Gleichung der relativen Einkommen im Steady state (Gl. 5.23)

$$y_R = \mu \cdot \left(\frac{\phi}{\rho + x^*} \right)^{\frac{\epsilon-1}{\tau}}$$

wird ϕ berechnet und danach in die Gleichung eingesetzt

$$\phi = \left(\frac{y_R^*}{\mu} \right)^{\tau/(\epsilon-1)} \cdot (\rho + x^*)$$

Ist sowohl die Weltökonomie als auch das betrachtete Land am langfristigen Gleichgewichtszustand angelangt, das heißt, gilt $x = x^*$ bzw. $y_R = y_R^*$, dann wächst das betreffende Land mit einer Wachstumsrate von $\dot{y}/y = x^*$. Ausgehend von einer Situation, in welcher die Weltökonomie konstant mit x^* wächst und sich ein spezifisches Land unterhalb seines gleichgewichtigen, relativen Einkommens befindet, also $y_R/y_R^* < 1$ ist, findet ein Aufholprozess statt. Jener ist umso größer, desto größer der derzeitige Abstand eines Landes zum eigenen Steady state ist. Die Stärke des Aufholprozesses hängt zusätzlich negativ von ϵ und positiv von τ ab. In anderen Worten spielen Handel und Spezialisierung eine Rolle, nämlich über ihren Einfluss auf die Terms of Trade Effekte, welche wiederum das Ausmaß der sinkenden Grenzerträge des Kapitals bestimmen. Umso stärker jene Faktoren sind, desto stärker ist die Neigung zu angleichenden Wachstumsraten. Dabei bedingen Handel und Spezialisierung wieder einander. Handel ohne Spezialisierung bzw. Spezialisierung ohne Handel würden den Aufholprozess und damit Konvergenz nicht zulassen. Ohne Handel ($\tau = 0$) spielt der Abstand des relativen Einkommens eines Landes von seinem Steady state Wert keine Rolle mehr. Findet keine Spezialisierung statt, ist also ϵ unendlich groß, wird der Term y_R/y_R^* aufgrund seines Exponenten, dessen Wert gegen den Grenzwert 0 läuft, ebenfalls bedeutungslos.

Wichtig ist zu erkennen, dass ohne Handel bzw. ohne Spezialisierung die Länder mit unterschiedlichen Wachstumsraten wachsen würden. Erst durch die Einführung von Handel und Spezialisierung haben jene Parameterunterschiede, welche in AK-Ökonomien ohne Handel zu unterschiedlichen Wachstumsraten führen würden, im vorliegenden Acemoglu/Ventura Modell einen Leveffekt auf die Einkommen. Genau dieser Leveffekt trat schon im Howitt-Modell und auch im Solow/Swan-Modell auf.

Damit haben Acemoglu/Ventura eine alternative Erklärung für die seit dem 2. Weltkrieg relativ stabile Welteinkommensverteilung gefunden. Weil Kapitalakkumulation unmittelbar mit niedrigeren Terms of Trade verbunden ist, finden abnehmende Grenzerträge des Kapitals statt, welche Anreize für weitere Akkumulation unterbinden. Internationaler Handel erweist sich in diesem Modell schlussendlich als jene Kraft, welche das Ausmaß von Divergenz zwischen den Ländern einschränkt.

5.8 Erweiterung und Kritik

Angemerkt sei hier, dass spezifische Kritik an diesem Modell in der Forschungsliteratur spärlicher gesät ist als im vorigen Modell. Nicht, dass es weniger zu kritisieren gäbe, doch stellte das erste Modell eine Erweiterung eines der zentralen endogenen, innovationsbasierten Wachstumsmodelle dar, das vielfach untersucht und empirisch überprüft worden ist. Stattdessen nimmt das vorliegende Modell von Acemoglu/Ventura nur eine Nebenrolle in der Wachstumstheorie ein. Noch stärker als bei Howitt wird nur ein sehr kleiner Aspekt der Wachstumstheorie unter die Lupe genommen um bisher unberücksichtigte Mechanismen des Handels aufzudecken. Nicht zuletzt meinen Acemoglu und Ventura in ihrem Paper, dass sie vermutlich als erste die Rolle der Terms of Trade hinsichtlich Konvergenz der Wachstumsraten explizit modelliert haben.

Zumindest die empirische Relevanz der aufgeworfenen These konnten Acemoglu und Ventura in ihrer Arbeit durchaus bestätigen. Nach der Verwendung eines 2SLS-Verfahren zur Bereinigung der Abhängigkeit von technologi-

schem Fortschritt und Kapitalakkumulation und mit zusätzlicher Adjustierung nach Humankapital und Institutionen erhalten sie infolge eines -aufgrund von Kapitalakkumulation- 1% höheren Wachstums eine Veränderung der Terms of Trade um bis zu -0,6%. Dies wäre zur Begründung der vorhandenen Einkommensunterschieden mehr als ausreichend.⁶⁰

Ein offensichtlicher Makel hinsichtlich der Modellierung ist die künstliche Annahme von Armington-Präferenzen, wodurch sich Länder in fix vorgegebenen, unterschiedlichen Zwischenprodukten spezialisieren. Acemoglu und Ventura schlagen deswegen in ihrem Paper ein allgemeineres Modell vor, welches Arbeit als weiteren Produktionsfaktor inkludiert und auf eine Mikrofundierung für Spezialisierung in den Zwischenprodukten aufbaut. Wachsende Skalenerträge in der Produktion werden nun über die Annahme von Fixkosten für die Produktion von Zwischenprodukten zugelassen. Unter der Annahme, dass sich ausreichend viele Firmen im Zwischensektor befinden und somit strategische Interaktionen mit anderen Firmen unrentabel sind und unter der Annahme, dass das Wissen zur Produktion der Zwischenprodukte öffentlich ist und freier Markteintritt vorherrscht, wird monopolistische Konkurrenz im Zwischenproduktsektor stattfinden. Man erhält ein Modell privater Akteure, welche in Aussicht auf Gewinne Zwischenprodukte anbieten. Der Vorteil jenes Ansatzes ist, dass sich die Akteure selber aussuchen können, welche Zwischenprodukte sie produzieren bzw. exportieren, nämlich jene, in welchen sie einen komparativen Vorteil besitzen. Sie besitzen jeweils Marktmacht in ihren Zwischenprodukten, da unendlich viele Zwischenprodukte existieren und deswegen kein Unternehmen dieselben Zwischenprodukte produzieren wird. Die Hauptaussagen jenes Modells bleiben jedoch weiterhin dieselben.

Ein weiterer Schwachpunkt ergibt sich aus der fehlenden Erklärung von "growth miracles" wie sie in den ostasiatischen Tigerstaaten stattgefunden haben. Höhere Wachstumsraten werden nämlich nur kurzfristig über einen Anpassungsprozess zum Steady state zugelassen. Acemoglu schlägt stattdessen die Einbettung seines Modells in ein 2 Stufenmodell⁶¹ vor, für eine Ökonomie im Entwicklungsstadium und im fortgeschrittenen Stadium. Zu Beginn wird ein Land in niedrigerer Entwicklungsstufe verstärkt standardisierte Güter produzieren und exportieren. Das sind Güter, die wenig spezialisiert sind und auch von anderen Ländern produziert werden, das heißt, deren Substitutionselastizität unendlich hoch ist. Für den Handel jener Güter hat ein Heckscher-Ohlin Modell, wie es Ventura (1997) modelliert hat, seine Gültigkeit. Jedes Land hat eine AK-Technologie und kann aufgrund des Vorliegens von Faktorpreisegalisierung für eine gewisse Zeit Kapital akkumulieren ohne abnehmende Grenzerträge des Kapitals zu erleiden, zum Beispiel in Folge einer höheren Sparquote. Damit wären überdurchschnittlich hohe Wachstumsraten über mehrere Jahrzehnte erklärbar. Mit ansteigender Produktivität jedoch erreicht ein Land das fortgeschrittene Stadium. Hier hat das in dieser Arbeit besprochene Handelsmodell von Acemoglu/Ventura (2002) seine Gültigkeit. Eine Ökonomie produziert und exportiert nun spezialisierte Güter und über die jetzt in Kraft tretenden Mechanismen der Terms of Trade wird der zusätzliche Wachstumseffekt von erhöhter Kapitalakkumulation langfristig abgewürgt. Bestätigung erfährt diese These durch jene empirischen Untersuchungen, welche auf hohe Kapitalakkumulation

⁶⁰Tatsächlich werden die Einkommensunterschiede sogar überschätzt. Mehr dazu folgt im nächsten Kapitel.

⁶¹Acemoglu (2008), Seite 769f

jener ostasiatischen Länder hinweisen (Young, 1995).

Die folgende Kritik von Krugman/Fujita (2003)⁶² bezieht sich auf eine Modellierung von monopolistischer Konkurrenz mit Verwendung von Dixit-Stiglitz Präferenzen und anderer simplifizierender Annahmen, besonders was die Monopolstruktur im Zwischenproduktsektor und das Nutzenmaximierungskalkül der Konsumenten betrifft.

“Monopolistic competition, in turn, may be described as an attempt to recognise the existence of monopoly power – and the increasing returns that give rise to that power – while sacrificing as little as possible the simplicity of good old-fashioned supply and demand. Thus firms have market power and use it; but they are assumed to act in a purely unilateral fashion, never trying to organise cartels or even tacitly collude on prices. [...] Telling this story in an uncomplicated fashion requires some funny assumptions both about consumer behaviour and about the technology of production; but it has the virtue of producing in the end a picture of an economy in which there are increasing returns, in which one need not get into the fascinating but messy issues posed by realistic oligopoly.“

Die Maximierung des Lebensinkommens und das Verhalten der Firmen im Zwischenproduktsektor mögen unrealistisch sein, aber letztlich ging es in diesem Modell nicht darum, ein realistisches Bild eines Handelsmodells zu zeichnen, sondern nur in einem einfach gehaltenen Rahmen den Mechanismus von Handel über die Terms of Trade auf die Kapitalakkumulation eines Landes theoretisch zu beschreiben. Der anschließende empirische Teil scheint die mögliche Sinnhaftigkeit der Berücksichtigung jenes Mechanismus zu bekräftigen.

⁶²The new economic geography: Past, present and the future. In: *Economics of Governance*, 2003, vol. 83, issue 1, S139-164.

6 Vergleich und Kritik

6.1 Modellvergleich

Der umfangreichen Wachstumstheorie sind 2 Modelle entnommen worden, welche aus der Motivation heraus konstruiert worden sind, im Rahmen der endogenen Wachstumstheorie eine Erklärung für Konvergenz in den Wachstumsraten und für das Vorliegen einer stabilen Welteinkommensverteilung zu liefern. Jedoch wurden für die Konstruktion der Modelle völlig unterschiedliche Ansätze verwendet. Howitt modellierte ein innovationsbasiertes, Schumpetersches Modell mit weltweiter Wissensdiffusion. Jene weltweite Wissensdiffusion gab zurückliegenden Ländern mittels eines technologischen Aufholprozesses die Möglichkeit, ihre länderspezifische Wachstumsrate an die weltweite wieder anzupassen. Im Handelsmodell von Acemoglu/Ventura sorgten stattdessen in Folge stärkerer Kapitalakkumulation sinkende Exportpreise zu verringerter Kapitalakkumulation und so zu einer Rückkehr zum Gleichgewichtspfad. Anhaltendes Wachstum hat in den 2 Modellen ebenso unterschiedliche Quellen. Howitts Modell verwendet eine neoklassische Produktionsfunktion mit abnehmenden Grenzerträgen des Kapitals, in welcher anhaltendes Wachstum durch technologischen Fortschritt über ein Qualitätsleitermodell sichergestellt wird. Allgemein gesprochen wird hier Wachstum über einen variablen Technologieparameter A erzielt, der im Zeitablauf durch Innovationen erhöht wird. Acemoglu/Ventura dagegen entwerfen eine Weltökonomie, die wie ein AK-Modell funktioniert, in der also trotz eines konstanten Technologieparameters μ Wachstum über Kapitalakkumulation sichergestellt wird. Aber dass Kapitalakkumulation alleine Wachstum zulässt, bedeutet nicht zwingend, dass jenes Modell auch inhaltlich im direkten Gegensatz zum Howitt-Modell steht. Man sollte bedenken, dass die Definition von Kapital wie im AK-Modell sehr allgemein gehalten ist und z.B. Technologiefortschritte über intellektuelles Kapital implizieren kann. Aber der Vorteil des Schumpeterschen Modells ist natürlich, dass jener Innovationsprozess explizit beschrieben wird.

Beide Modelle zielen mit ihren Annahmen verstärkt auf reichere Länder ab. Einerseits Howitt über die Bedingung, dass geforscht werden muss, was hauptsächlich von OECD-Ländern in umfangreichem Maße durchgeführt wird, andererseits Acemoglu/Ventura über die Annahme von Spezialisierung, die erst in entwickelteren Ländern von Bedeutung ist.

Einig sind sich die Modelle auch hinsichtlich ihrer Prognosen. Unterschiede in der Sparquote, der Technologie oder der Politik erfüllen in den vorgestellten Modellen ihre Wirkung über langfristig unterschiedlich hohe Pro-Kopf-Einkommen. Die weltweite Wachstumsrate ist letztlich ebenso beeinflussbar über dieselben Parameter, jedoch nur in geringem Maße von einem einzelnen Land. Beide Modelle lassen Wachstumswunder nur über einen Anpassungsprozess zum Steady state zu, abgesehen von der Möglichkeit einer permanenten Änderung der Fundamentaldaten, welche zu ständig höheren Gleichgewichtszuständen führen können. Eine Erklärung für die fehlende Konvergenz der ärmeren Länder findet sich nur in Howitts Modell über die verpflichtende, aktive Beteiligung an der weltweiten Forschung.

Ein offensichtlicher Unterschied zwischen den beiden Modellen ist die fehlende mikroökonomische Fundierung im Howitt-Modell. Jene könnte jedoch im Howitt-Modell ohne Probleme nachträglich implementiert werden. Würde man

wie bei Acemoglu/Ventura den Ansatz über eine intertemporale Nutzenmaximierung und einer isoelastischen Nutzenfunktion wählen, erhielte man dieselben Steady state Bedingungen. Nennenswerte Unterschiede ergäben sich nur im Konvergenzverhalten der Ökonomie. Die Endogenisierung der Sparquote würde übrigens auch im Solow/Swan-Modell zu keinen grundlegenden Änderungen der Modellaussagen führen. Aus jenem Grund steht Solow der Endogenisierung der Sparquote skeptisch⁶³ gegenüber. Andere Ergebnisse erhält man allerdings für den Fall, dass man von der einfachen Annahme einer konstanten Grenzelastizität abgeht oder wenn, wie Lutz diesbezüglich anmerkt, eine weitere Entscheidung, z.B. über Humankapitalakkumulation zu treffen ist wie im Uzawa-Lucas Modell. Die über die Endogenisierung der Sparentscheidung ermöglichte reichhaltigere Analyse, insbesondere bzgl. den Aspekten der Wohlfahrt, scheint sich letztlich in der modernen Wachstumstheorie durchgesetzt zu haben.

Was würde geschehen, wenn man im Howitt-Modell Handel zulässt?

Die Einführung von Handel im Schumpeter-Modell würde bei Beibehaltung länderspezifischer Zwischenprodukte zu einem vergrößerten Absatzmarkt und damit zu höheren Monopolrenten für den jeweiligen Innovator führen. Zusätzlich würde aber auch mehr Konkurrenz in den Zwischenproduktsektoren herrschen. Das Endergebnis wäre ambivalent. Erstere hätten einen positiven Effekt auf die langfristige Wachstumsrate, letztere einen negativen. Nach Aghion/Howitt (1998) scheint jedoch die Einführung eines derartigen Handels nichts an den grundlegenden Modellaussagen zu rütteln.⁶⁴

Verglichen werden soll nun die von den Modellen prognostizierte Konvergenzgeschwindigkeit. Als Standard gelten die empirisch von Mankiw et al. (1992) festgestellten 2%. Da die Konvergenzgeschwindigkeit im direkten Zusammenhang mit Einkommensunterschieden steht, gibt jene Analyse auch Aufschluss über die Frage, ob vorherrschende Einkommensunterschiede im richtigen Ausmaß erklärt werden.

Howitt führt seine Berechnungen anhand der bekannten Gleichung nach Mankiw et al. (1992) durch, aber inklusive der zusätzlichen relativen Produktivitätskomponente. Die angestrebte Konvergenzgeschwindigkeit von 2% erhält man über ein α von 0,6 statt 0,7 wie im Solow/Swan-Modell.⁶⁵ Der Unterschied entsteht durch die von Mankiw et al. unterstellte Annahme von Unabhängigkeit zwischen Produktivität und Kapitalakkumulation. Tatsächlich korrelieren sie positiv miteinander. Die Nichtberücksichtigung jener Abhängigkeit würde demnach zu einem nach oben verzerrten Koeffizienten für Kapital und damit zu langsamerer Konvergenz führen. Im Howitt-Modell stattdessen dämpft während eines Aufholprozesses die Erhöhung der Produktivität die Wirkung der abnehmenden Grenzerträge des Kapitals. Der Anpassungsprozess verliert dadurch langsamer an Geschwindigkeit und läuft somit schneller ab.

⁶³Solow (1994, Seite 49); nach Lutz, Seite 62

⁶⁴Die Modellierung von mehreren Endproduktsektoren im Howitt-Modell würde zusätzlichen Faktoren einen Einfluss auf die Wachstumsrate einräumen. Denn komparative Vorteile in der Technologie führen zu Ressourcenallokationen in den Produktsektoren und lassen damit nicht nur statische, sondern auch dynamische Analysen zu. Jene dynamischen Effekte können, verbunden mit nationalen Wissensspillover, ärmere Länder dazu veranlassen, sich in Produktionsbereiche zu spezialisieren, von welcher kaum Wachstumsimpulse ausgehen. Siehe Agion/Howitt (1998), Seite 368.

⁶⁵Ein höherer Kapitalanteil α führt unter Verwendung einer typischen, neoklassischen Produktionsfunktion zu einer geringeren Konvergenzgeschwindigkeit

Die Konvergenzgeschwindigkeit ist abhängig von der Elastizität des Einkommens bzgl. der Sparquote. Die Darstellung jener Elastizität für beide Modelle erscheint deswegen als sinnvoll.

Im Howitt-Modell mit Cobb-Douglas Produktionsfunktion erhält man für das Einkommen relativ zur weltweiten Spitzentechnologie im Steady state nach Umformung der Gl. 5.23:

$$y_t = \frac{Y_t}{L_t A_t^{max}} = a_t \cdot k_t^\alpha$$

Aufgrund der Steady state-Gleichung von der Kapitalintensität k und den Annahmen von fehlender Abschreibung δ und von fehlendem Bevölkerungswachstums g_L erhält man

$$\begin{aligned} s \cdot k^{\alpha-1} &= g \\ k &= \left(\frac{g}{s}\right)^{1/(\alpha-1)} = \left(\frac{x^*}{s}\right)^{1/(\alpha-1)} = \left(\frac{s}{x^*}\right)^{1/(1-\alpha)} \end{aligned}$$

Damit gilt für das Einkommen eines Landes:

$$y^* = a \cdot \left(\frac{s}{x^*}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (6.1)$$

Nähme man an, dass a und x^* unabhängig von der Sparquote s seien, wie übrigens im Solow/Swan-Modell, erhielte man für die Einkommenselastizität bzgl. s

$$\begin{aligned} \frac{\partial y^*}{\partial s} &= \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot a \cdot \left(\frac{s}{x^*}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}-1} \cdot \frac{1}{x^*} \\ \frac{\partial y^*}{\partial s} \frac{s}{y^*} &= \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot \left(\frac{s}{x^*}\right)^{-1} \cdot \frac{1}{x^*} \cdot s = \frac{\alpha}{1-\alpha} \end{aligned}$$

Sie hängt also vom Kapitalanteil α ab. Zusätzlich ist jedoch in der Modellierung von Howitt die Sparquote s positiv abhängig von der relativen Produktivität a und von der weltweiten Wachstumsrate x^* . Die Nichtberücksichtigung jener Faktoren in der Schätzung der Einkommenselastizität würde zu einer Überschätzung des Einflusses des Kapitalanteils α auf die Einkommenselastizität führen, wie oben schon erwähnt worden ist. Entscheidend ist dennoch die Feststellung, dass im Howitt-Modell der Kapitalanteil α entscheidenden Einfluss auf die Einkommenselastizität bzgl. der Sparquote nimmt und somit über die Höhe der Konvergenzgeschwindigkeit bestimmt.

Für die Berechnung der Elastizität des Einkommens im Acemoglu/Ventura Modell muss die Sparquote $s = \frac{p_I \cdot k}{y}$ noch umgeschrieben werden. Für p_I gilt aufgrund der im Steady state geltenden Gleichung $\phi \cdot p^\tau = \rho + x^*$ und der Maximierungsformel $r = p$ folgendes:

$$p_I = \phi^{-1} \cdot r^{1-\tau} = \frac{r}{\rho + x^*}$$

Damit ergibt sich schließlich für die Sparquote

$$s = \frac{p_I \cdot \dot{k}}{y} = \frac{r \cdot \dot{k}}{y} \cdot \frac{1}{\rho + x^*} = \frac{\dot{y}}{y} \cdot \frac{1}{\rho + x^*} = \frac{x^*}{\rho + x^*}$$

Setzt man jene in die Gl. 5.23 ein, erhält man

$$\begin{aligned} y_R &= \mu \cdot \left(\frac{\phi}{\rho + x^*} \right)^{\frac{\epsilon-1}{\tau}} \\ y_R &= \mu \cdot \phi^{(\epsilon-1)/\tau} \cdot \left(\frac{s}{x^*} \right)^{(\epsilon-1)/\tau} \end{aligned} \quad (6.2)$$

Der Produktivitätsparameter A umfasst nun Produktivitätsfortschritte über Produktvielfalt als auch über geeignetere Institutionen im Investitionsgütersektor. Die Elastizität des relativen Einkommens zur Sparquote hängt nicht mehr vom Kapitalanteil α ab, sondern von ϵ und τ . Die Umrechnung erfolgt folgendermaßen:

$$\begin{aligned} \frac{\alpha}{1-\alpha} &= \frac{\epsilon-1}{\tau} \Rightarrow \\ \alpha \cdot \tau &= \epsilon - \alpha \cdot \epsilon - 1 + \alpha \\ \alpha \cdot (\tau + \epsilon - 1) &= \epsilon - 1 \\ \alpha &= \frac{\epsilon-1}{\tau + \epsilon - 1} \end{aligned}$$

Man bemerke, dass bei $\epsilon \rightarrow \infty$ bzw. $\tau = 0$ α den Wert 1 annimmt, wie im einfachen AK-Modell. Das heißt, es würde keine Konvergenz eintreten.

Setzt man realistische Werte für das Ausmaß von Handel ($\tau = 0,3$) und Spezialisierung ($\epsilon = 2,6$) ein, erhält man nach den Ausführungen von Acemoglu/Ventra ein Äquivalent von 0,85 für α im Solow/Swan-Modell. Verglichen mit dem von Mankiw et. al (1992) mit Hilfe des Solow/Swan-Modells berechneten Ergebnis von $\alpha = 2/3$ würde dieses Modell also infolge einer zu hohen Einkommenselastizität zu hohe Einkommensdifferenzen prognostizieren. Für die Konvergenzrate im Steady state erhält man über Regressionsanalysen beruhend auf Barro (1991) und Barro/Sala-i-Martin (1995) 1,1% pro Jahr anstatt der beobachteten 2%. Wie Acemoglu/Ventura aber explizit anmerken, kann sowohl die Überschätzung der Elastizität und damit die Unterschätzung der Konvergenz durch die Hinzunahme von abnehmenden Grenzerträgen oder eines technologischem Aufholprozesses, wie ihn Howitt modelliert hat, verringert werden.

Der empirischen Teil lässt darauf schließen, dass beide vorgestellten Modellierungsvarianten auch in der Realität relevant sind und zu einem besseren Verständnis von Wachstum und Konvergenz beitragen. Wichtig ist, die Modelle als Puzzlestücke einer umfassenden Wachstumstheorie zu betrachten. So könnte, wie auch Acemoglu und Ventura in ihrer Arbeit hinweisen, die schwachen empirischen Ergebnisse des Acemoglu/Ventura Modells über die Integration eines Aufholprozesses, wie ihn Howitt modelliert hat, bedeutend verringert werden.

6.2 Allgemeine Kritik

Kritik betrifft hauptsächlich den beiden Modellen zu Grunde liegenden Arbeitshypothesen, dass Politikmaßnahmen auf die langfristige Wachstumsrate Einfluss nehmen und langfristig angleichende Wachstumsraten vorherrschen, weiters die fehlende Berücksichtigung entwicklungspolitischer Aspekte und die hohe Konstruiertheit der Modelle.

Die Frage, die sich primär stellt, ist jene, ob die Motivation heraus, aus welcher die Modelle schöpfen, tatsächlich die richtige ist. Die Modelle schöpfen einerseits aus der Annahme, dass Politikmaßnahmen einen langfristigen Einfluss auf die Wachstumsrate ausüben und aus der Annahme, dass langfristig angleichende Wachstumsraten vorliegen. Bezüglich der Politikmaßnahmen haben neue, endogene Wachstumsmodelle ihre Aussagen zumindest dahingehend relativiert, dass im Gegensatz zu frühen, endogenen Wachstumsmodellen Politikmaßnahmen nicht mehr zu divergierenden Wachstumsraten, sondern zu divergierenden Einkommenslevel führen. Doch behalten dieselben Faktoren weiterhin ihren Einfluss auf die langfristige, weltweite Wachstumsrate, wenn auch auf Länderebene nur in geringem Maße. Jene noch immer bestehende Reagibilität wird insbesondere von den Verfechtern der semiendogenen Wachstumstheorie als Überbetonung von Wachstumspolitik kritisiert. Hätten tatsächlich so viele Parameter Einfluss auf die gleichgewichtige Wachstumsrate, so meint auch Lutz, "dann wäre Wachstumsschwäche allenfalls ein leicht zu behebendes Problem."⁶⁶

Für die vorliegenden empirischen Daten der letzten Jahrzehnte sind auch andere Interpretationen möglich, besonders bezüglich des Verhaltens langfristiger Wachstumsraten. So bringt es z.B. Arnold Lutz auf den Punkt:

"Die Maddison-Beobachtung, nach der langfristig kein stabil (fallender oder steigender) Trend vorliegt, wird hier als Anlaß genommen, langfristiges Wachstum als Steady state-Phänomen zu interpretieren. Damit müssen die Wachstumsmodelle in der Lage sein, differierende Steady state-Wachstumsraten hervorzubringen, sollen sie Wachstumsratendifferenzen erklären." (Lutz, Seite 21)

Dies ist mit den 2 besprochenen Modellen nicht möglich. Unterschiedliche Wachstumsraten sind in beiden Modellen kurzfristig möglich über die Anpassung der relativen Position eines Landes bzgl. seines Gleichgewichtspfad, langfristig letztlich nur über den Kunstgriff einer permanente Änderungen des Wachstumspfad, hervorgerufen z.B. durch eine permanente Änderung in der Sparquote. Arnold Lutz kommentiert die Ergebnisse des Grossmann/Helpman (1991a)-Modells, welche denen des Howitt-Modells entsprechen, folgendermaßen: "Entledigt man sich der kontrafaktischen Prognose von Größeneffekten [Anm. von Politikmaßnahmen], indem man internationale Wissensdiffusion einbringt, erhält man das Problem einheitlicher Wachstumsraten – aber gerade die Solow-Prognose konvergierender Wachstumsraten war eine Hauptmotivation endogene Wachstumsmodelle zu entwerfen."⁶⁷ Arnold Lutz schlägt stattdessen vor, ein Humankapitalakkumulation à la Uzawa-Lucas in ein F&E Modell zu integrieren. Das erworbene Humankapital wird dabei in die Forschung eingesetzt. "Man hat dann ein Modell, in dem im Zuge von Ausbildung ständig wachsendes Humankapital notwendig ist für langfristig erfolgreiche Forschung, und diese

⁶⁶Lutz, Seite 258

⁶⁷Lutz, Seite 164

Forschung ist die Triebfeder des Wachstums.⁶⁸ Als Endergebnis erhalte man ein Modell, in welchem “die Quellen des Wachstums endogen sind, die resultierende Wachstumsrate aber unabhängig von fast allem ist.”⁶⁹

Von entwicklungspolitischer Seite wird auf die zu starke Ausrichtung endogener Wachstumsmodelle auf reichere Länder hingewiesen. Dies führt dazu, dass die 2 besprochenen Modelle die Ursachen von Unterentwicklung vernachlässigen, welche stärker institutionell verankert ist. Wälde argumentiert in der Buchbesprechung zu Aghion/Howitt (1998) folgendermaßen:⁷⁰

“One might therefore conclude, as e.g. Bardhan (1995) did, that the contribution of endogenous growth theory to understanding development issues is limited. Obviously, one can not find (or should even look for) one policy recommendation for around 90 low- and lower-middle-income countries. Still, the problem of underdevelopment seems much more related to non-existent or non-functioning institutions rather than to mechanisms stressed by endogenous growth models, even when taking multiple equilibria models into account.”

Unter Kritik steht letztlich auch, dass die Modelle zu “konstruiert” sind. Evenson und Westphal (2005, S220) weisen auf folgenden Sachverhalt hin:

“A main concern of the new growth theory is to generate possibility of an unlimited per-capita consumption growth $c(t)$. The new growth theory want a steady state that nothing will change essentially our living standard.”

Um dies zu erreichen besitzen endogene Wachstumsmodelle zumeist einen sogenannten “knife edge character”. Denn auch den beiden vorgestellten Modellen ist die Voraussetzung gemein, dass “die wachstumstreibenden Faktoren mit konstanten Skalenerträgen reproduziert werden können, damit es zu endogenem Wachstum kommt. [...] Die Modelle sind gerade so konstruiert, dass in einem Steady state mit konstanten Anteilen der Faktoren in ihren verschiedenen Verwendungen exponentielles Wachstum resultiert. Bei auch nur minimal fallenden Erträgen wäre anhaltendes Wachstum nicht länger möglich.”⁷¹ Zhang weist auf die Tücke dieses Sachverhalts hin:

“Irrespective of the internal structural differences in detail, the common feature of these models in the new growth theory is to replace one linear growth mechanism with another linear growth mechanism. In other words, these models, like the AK model, have assumed linearized growth in guaranteeing the vision of linear growth.“ Zhang (2005, Seite 418)

Jene Linearisierung des Wachstums soll kurz für beide Modelle gezeigt werden. Im Acemoglu/Ventura-Modell läuft jenes offensichtlich über den einheitlichen Produktionsfaktor Kapital, der weltweit akkumuliert wird. Mit dem Vorliegen

⁶⁸Lutz, Seite 222

⁶⁹ebd.

⁷⁰Recent Research in Endogenous Growth: A Review of Aghion and Howitt's Textbook Klaus Wälde. The World Bank. October 1998. Journal of Economics Zeitschrift für Nationalökonomie (1999)

⁷¹Lutz, Seite 259

konstanter Skalenerträge in den Endproduktionsfunktionen (Gl. 5.9) kann über konstante Akkumulation des einzigen Inputs Kapital k langfristiges, lineares Wachstum erzielt werden. Im Howitt-Modell lässt lineares Wachstum in \dot{A} exponentielles Wachstum der Produktivität A zu und führt aufgrund der Proportionalität von A bzgl. des Gesamtoutputs, wie sie auch anhand der Cobb-Douglas-Produktionsfunktion (Gl. 4.6) ersichtlich ist, zu einer konstanten, linearen Erhöhung des Outputs. Gegeben das Produktivitätswachstum im Steady state (Gl. 4.16), wobei a einen konstanten Wert eingenommen hat, kann jenes lineares Wachstum in \dot{A} folgendermaßen angeschrieben werden:

$$\begin{aligned}\dot{A} &= A \cdot \lambda n_t \left(\frac{1-a}{a} \right) \\ \dot{A} &= A \cdot \text{const}\end{aligned}$$

Unter der Bedingung, dass ein Land Forschung betreibt, also $\lambda n_t > 0$ ist, liegt tatsächlich konstantes, lineares Wachstum in \dot{A} vor. Der technologische Fortschritt, der im Solow/Swan-Modell noch exogen als linear angenommen worden ist, wird im Howitt-Modell durch endogen erklärtes, aber ebenso lineares Wachstum ersetzt. Die gemeinsame Modellierung von Kapitalakkumulation und technologischem Fortschritt ermöglicht aber zusätzlich die Analyse von Abhängigkeiten zwischen beiden Prozessen.

7 Conclusio

Schränkt man die Beurteilung jener Modelle auf jenen Aspekt ein, hinsichtlich dessen sie konstruiert worden sind, nämlich auf die Erklärung bedingter β -Konvergenz für entwickeltere Länder, so scheinen beide Modelle attraktive Ansätze neben dem Solow/Swan-Modell anzubieten. Die Überprüfung jener Ansätze, besonders bzgl. Auswirkungen von Politikmaßnahmen kann nicht nur theoretisch erfolgen, sondern muss letztlich immer eine empirische sein. Mit der theoretischen Fundierung der beschriebenen Modelle sind aber zumindest erfolgversprechende Grundsteine gelegt worden, auf die zukünftige, theoretische und empirische Untersuchungen aufbauen können.

Literatur

- Abramovitz, Moses, (1986). 'Catching-up, forging ahead and falling behind', *Journal of Economic History*, 46, S385-406.
- Acemoglu, Daron & Ventura, Jaume, (2002). 'The World Income Distribution', *The Quarterly Journal of Economics*, MIT Press, vol. 117(2), S659-694, Mai.
- Acemoglu, Daron: Introduction to Modern Economic Growth. Department of Economics. Massachusetts Institute of Technology. 2008.
- Aghion, Philippe & Howitt, Peter: Endogenous Growth Theory. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. 1998.
- Armington, P.S, (1969). 'A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production', *International Monetary Fund Staff Papers*, 16, S159-176.
- Arndt, Christiansen: 'Wettbewerbspolitik und Innovation', Manuskript. Marburg. September 2004.
- Bardhan, Pranab, (1995). 'The contributions of endogenous growth theory to the analysis of development problems: An assessment', *Handbook of Development Economics*, In: Hollis Chenery & T.N. Srinivasan (ed.), Handbook of Development Economics, Elsevier, Edition 1, Volume 3, Kapitel 46, S2983-2998.
- Barro, Robert J, (1991). 'Economic Growth in a Cross Section of Countries', *The Quarterly Journal of Economics*, MIT Press, vol. 106(2), S407-43, Mai.
- Barro, Robert J. & Sala-i-Martin, Xavier, (1991). 'Convergence across States and Regions', *Brookings Papers on Economic Activity*, Economic Studies Program, The Brookings Institution, vol. 22 (1991-1), S107-182.
- Barro, Robert J. & Sala-i-Martin, Xavier, (1992). 'Public Finance in Models of Economic Growth', *Review of Economic Studies*, 59, S645-661.
- Barro, Robert J. & Sala-i-Martin, Xavier: Economic growth. McGraw-Hill, New York. 1995.
- Barro, Robert J & Sala-i-Martin, Xavier, (1997). 'Technological Diffusion, Convergence, and Growth', *Journal of Economic Growth*, Springer, vol. 2(1), S1-26, März.
- Baumol, William J, (2004). 'Education for Innovation: Entrepreneurial Breakthroughs vs. Corporate Incremental Improvements', *NBER Working*

Papers 10578, National Bureau of Economic Research, Inc.

Caballero, Ricardo J. & Jaffe, Adam B, (1993). 'How High are the Giants' Shoulders: An Empirical Assessment of Knowledge Spillovers and Creative Destruction in a Model of Economic Growth', *NBER Working Papers* 4370, National Bureau of Economic Research, Inc.

Coe, David T. & Helpman, Elhanan, (1995). 'International R&D spillovers', *European Economic Review*, Elsevier, vol. 39(5), S859-887, Mai.

Coe, David T. & Helpman, Elhanan & Hoffmaister, Alexander, (1995). 'North-South R&D Spillovers', *CEPR Discussion Papers* 1133, C.E.P.R. Discussion Papers.

De Long, J. Bradford & Summers, Lawrence H, (1991). 'Equipment Investment and Economic Growth', *The Quarterly Journal of Economics*, MIT Press, vol. 106(2), S445-502, Mai.

Dixit, Avinash K & Stiglitz, Joseph E, (1977). 'Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity', *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 67(3), S297-308, Juni.

Easterly, William & Rebelo, Sergio, (1993). 'Fiscal policy and economic-growth: An empirical investigation', *Journal of Monetary Economics*, Elsevier, vol. 32(3), S417-458, Dezember.

Eaton, Jonathan & Kortum, Samuel, (1996). 'A Rising Tide Raises All Ships: Trade and Diffusion as Conduits of Growth', *Institute for Economic Development* 82, Boston University.

Ethier, Wilfred, (1979). 'Internationally decreasing costs and world trade', *Journal of International Economics*, Elsevier, vol. 9(1), S1-24, Februar.

Evans, Paul, (1996). 'Using cross-country variances to evaluate growth theories', *Journal of Economic Dynamics and Control*, Elsevier, vol. 20(6-7), S1027-1049.

Evenson, Robert E. & Westphal, Larry E, (1995). 'Technological Change and Technology Strategy', In: *Handbook of Development Economics*, Elsevier, Vol. 3A, edited by T. N. Srinivasan and Jere Behrman, S2209-99. Amsterdam.

Fagerberg, Jan, (1994). 'Technology and International Differences in Growth Rates', *Journal of Economic Literature*, American Economic Association, vol. 32(3), S1147-75, September.

Feyrer, James, (2001). 'Convergence by Parts', unpublished, Brown University.

Frankel, M, (1962). 'The Production Function in Allocation and Growth:

A Synthesis', *American Economic Review*, 52, S995-1022.

Gerschenkron, Alexander: *Economic Backwardness in Historical Perspective: A Book of Essays*. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1962.

Grossman, Gene M & Helpman, Elhanan: *Innovation and Growth in the Global Economy*. MIT Press, Cambridge, Mass. 1991.

Grossman, Gene M & Helpman, Elhanan, (1991a). 'Quality Ladders in the Theory of Growth', *Review of Economic Studies*, Blackwell Publishing, vol. 58(1), S43-61, Jänner.

Heston, Alan & Summers, Robert & Aten, Bettina: *Penn World Table Version 6.2, Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania*, September 2006.

Howitt, Peter & Aghion, Philippe, (1992). 'A Model of Growth through Creative Destruction', *Econometrica*, Econometric Society, vol. 60(2), S323-351, März.

Howitt, Peter & Aghion, Philippe, (1998). 'Capital Accumulation and Innovation as Complementary Factors in Long-Run Growth', *Journal of Economic Growth*, Springer, vol. 3(2), S111-30, Juni.

Howitt, Peter, (1999). 'Steady Endogenous Growth with Population and R & D Inputs Growing', *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press, vol. 107(4), S715-730, August.

Howitt, Peter, (2000). 'Endogenous Growth and Cross-Country Income Differences', *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 90(4), S829-846, September.

Jones, Charles I, (1995a). 'Time Series Tests of Endogenous Growth Models', *The Quarterly Journal of Economics*, MIT Press, vol. 110(2), S495-525, Mai.

Jones, Charles I, (1995b). 'R&D-Based Models of Economic Growth', *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press, vol. 103(4), S759-84, August.

Jones, Charles I. (1996). 'Convergence Revisited', *Working Papers* 96006, Stanford University, Department of Economics.

Jones, Charles I. (2002). 'Sources of U.S. Economic Growth in a World of Ideas', *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 92(1), S220-239.

Jorgenson, Dale W: *Postwar U.S. Economic Growth*. Cambridge, MA and London: MIT Press, 1995.

- Kaldor, D. (1963). 'Capital Accumulation and Economic Growth', In: Proceedings of a Conference Held by the International Economics Association by Friedrich Lutz, A and Douglas C. Haugue, eds., London, Macmillan.
- Kelly, Morgan, (1992). 'On endogenous growth with productivity shocks', *Journal of Monetary Economics*, 1992, 30, (1), S47-56.
- Kendrick, John W, (1981). 'International Comparisons of Recent Productivity Trends', In: Essays in contemporary economic problems. Ed.: William Fellner. Washington, DC: American Enterprise Institute, 1981, S125-70.
- Kocherlakota, Narayana R. & Yi, Kei-Mu, (1995). 'Can convergence regressions distinguish between exogenous and endogenous growth models', *Economics Letters*, Elsevier, vol. 49(2), S211-215, August.
- Kortum, Samuel S, (1997). 'Research, Patenting, and Technological Change', *Econometrica*, Econometric Society, vol. 65(6), S1389-1420, November.
- Krugman, Paul & Fujita, Masahisa, (2003). 'The new economic geography. Past, present and the future', In: *Economics of Governance*, 2003, vol. 83, issue 1, S139-164.
- Leung, Charles K & Quah, Danny, (1996). 'Convergence, Endogenous Growth, and Productivity Disturbances', *CEPR Discussion Papers* 1383, C.E.P.R. Discussion Papers.
- Lucas, R. (1988). 'On the mechanics of economic development', *Journal of Monetary Economics*, 22, S3-42.
- Lutz, Arnold: Wachstumstheorie, Vahlen Verlag. München. 1997.
- Maddison, Angus, (1987). 'Growth and Slowdown in Advanced Capitalist Economies: Techniques of Quantitative Assessment', *Journal of Economic Literature*, Vol. 25, No. 2. (Jun., 1987), S649-698.
- Maddison: Historical Statistics for the World Economy: 1-2003 AD
- Mankiw, N Gregory & Romer, David & Weil, David N, 1992. 'A Contribution to the Empirics of Economic Growth', *The Quarterly Journal of Economics*, MIT Press, vol. 107(2), S407-37, Mai.
- North, Douglass C: Theorie des institutionellen Wandels. Tübingen. 1988.
- Ohkawa, Kasushi & Rosovsky, Henry: Japanese Economic Growth: Trend Acceleration in the Twentieth Century. Stanford, University Press, London. Oxford University Press, 1973.
- Quah, Danny T. (1993). 'Empirical cross-section dynamics in economic growth', *European Economic Review*, Elsevier, vol. 37(2-3), S426-434, April.

- Quah, Danny T. (1997). 'Empirics for Growth and Distribution: Stratification, Polarization, and Convergence Clubs', *Journal of Economic Growth*, 2, S27-59.
- Rivera-Batiz, Luis A & Romer, Paul M, (1991). 'Economic Integration and Endogenous Growth', *The Quarterly Journal of Economics*, MIT Press, vol. 106(2), S531-55, Mai.
- Romer, Paul M, (1986). 'Increasing Returns and Long-run Growth', *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press, vol. 94(5), S1002-37, Oktober.
- Romer, Paul M, (1987). 'Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization', *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 77(2), S56-62, Mai.
- Romer, Paul M, (1990a). 'Endogenous Technological Change', *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press, vol. 98(5), S71-102, Oktober.
- Sarel, Michael, (1996). 'Growth in East Asia: What we Can and What we Cannot Infer from It', *International Monetary Fund*, Economic Issues 1.
- Solow, R. (1956), 'A Contribution to the Theory of Economic Growth', *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), S65-94.
- Solow, Robert M. (1994). 'Perspectives on Growth Theory', *Journal of Economic Perspectives*, American Economic Association, vol. 8(1), S45-54, Winter.
- Spence, Michael, (1976). 'Product Selection, Fixed Costs, and Monopolistic Competition', *Review of Economic Studies*, Blackwell Publishing, vol. 43(2), S217-35, Juni.
- Stadler, Manfred, (2005). 'Stochastische Innovations- und Wachstumszyklen', *Bereich Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät Tübingen*. Tübinger Diskussionsbeitrag; 167; verfasst 1999. <http://w210.ub.uni-tuebingen.de/dbt/volltexte/2005/2113/>; Zugriff: 12.08.2008
- Swan, T. W. (1956). 'Economic Growth and Capital Accumulation', *The Economic Record*, 32, S334-361.
- Ventura, Jaume, (1997). 'Growth and Interdependence', *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 112, No. 1 (Feb., 1997), S57-84.
- Wälde, Klaus, (1998). 'Recent Research in Endogenous Growth: A Review of Aghion and Howitt's Textbook', *The World Bank*. *Journal of Economics*. Zeitschrift für Nationalökonomie (1999).
- Young, Alwyn, (1991). 'Learning by Doing and the Dynamic Effects of International Trade', *Quarterly Journal of Economics*, 106, S369-405. Mai.

Young, Alwyn, (1995). 'The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience', *The Quarterly Journal of Economics*, MIT Press, vol. 110(3), S641-80, August.

Zhang, Wie-Bin: Economic Growth Theory. Capital, Knowledge and Economic Structures. *Ritsumeikan Asia Pacific University*, Japan, 2005.

Abbildungsverzeichnis

1	Twin Peaks	8
2	Streuung der Einkommen	9
3	Darstellung des innovationsbasierten Modells (Howitt, 2000) . . .	30
4	Phasendiagramm	32
5	Verteilung der Zwischenprodukte μ	43
6	Darstellung des Handelsmodells (Acemoglu/Ventura, 2002) . . .	51

Zusammenfassung

Gegenstand dieser Arbeit ist die Auseinandersetzung mit zwei Modellen aus der endogenen Wachstumstheorie, welche sich zur Aufgabe gestellt haben, Konvergenz von Wachstumsraten bei gleichzeitig weiterhin vorherrschenden, hohen Einkommensdifferenzen im Länderquerschnitt zu begründen. Untersuchungsgegenstand ist der langfristige Trend in den Wachstumsraten über mehrere Jahrzehnte, wie er u.a. von Paul Evans (1996) und Barro/Sala-i-Martin (1992, 1995) beschrieben worden ist. In den 2 Modellen wird Konvergenz im Sinne von bedingter β -Konvergenz, d.h. Angleichung der Einkommen bedingt auf strukturelle Parameter, beschrieben werden. Höhere Wachstumsraten werden deswegen nur kurzfristig in Form eines Anpassungsprozesses zum Steady state zugelassen. Während im 1. Modell, beruhend auf Howitt (2000), jener Anpassungsprozess über einen technologischen Aufholprozess im Rahmen der schöpferischen Zerstörung stattfindet, erfolgt jener im 2. Modell, basierend auf Acemoglu/Ventura (2002), über den mit Handel verbundenen Mechanismen der Terms of Trade. Betont wird insbesondere das Resultat, dass aus bedingter β -Konvergenz nach Erreichen des Steady state eine stabile Welteinkommensverteilung resultiert.

Abstract

Subject of this paper is the explanation of convergence in growth rates while still prevailing high cross-country income differences. Analyses are focused on long term trends in growth rates over several decades, as described in Evans (1996) and Barro/Sala-i-Martin (1992, 1995). Both models refer to convergence in the meaning of β -convergence, thus convergence controlled after structural parameters. Therefore in the presented models, higher growth rates can only be explained by a short term transitional process to the steady state. While in the first model, based on Howitt (2000), this adaption process takes place in form of a technological catch-up in the context of creative destruction, the second model, based on Acemoglu/Ventura (2002) emphasizes the role of trade and specialization, allowing for endogenous terms of trade. This paper stresses in particular the final result of both models, that after attaining the steady state, world economy will be characterized by a stable world income distribution.

Lebenslauf

Persönliche Informationen

- Name: Franz Eigner
- Familienstand: ledig
- Staatsangehörigkeit: Österreich
- Alter: 25
- Geburtsort: Amstetten
- Eltern: Franz, Herta

Ausbildung

- 1994-2002: Ostarrichi Gymnasium Amstetten, Informatikzweig
- Juni 2002: Matura
- Seit Wintersemester 03: Studium der Volkswirtschaftslehre an der Universität Wien
- Seit Wintersemester 05: Studium der Statistik an der Universität Wien
- Februar-Juni 2006: Auslandssemester an der « Université Catholique de Louvain » (Belgien)
- Juli 2007: Volontariat an der österreichischen Außenhandelsstelle der Wirtschaftskammer in London.
- August/Sept. 2007: Vollbeschäftigter Angestellter an der Bundesanstalt „Statistik Österreich“ in der Abteilung «Register, Klassifikationen und Methodik»
- Sept 2008: Vollbeschäftigter Angestellter an der Bundesanstalt “Statistik Österreich” in der Abteilung «Unternehmen/Außenhandel»