

Maurer, Rainer

**Working Paper — Digitized Version**

## Wissenstransfer, Marktexpansion und Außenhandel: Einige Implikationen der Neuen Wachstumstheorie

Kiel Working Paper, No. 589

**Provided in Cooperation with:**

Kiel Institute for the World Economy – Leibniz Center for Research on Global Economic Challenges

*Suggested Citation:* Maurer, Rainer (1993) : Wissenstransfer, Marktexpansion und Außenhandel: Einige Implikationen der Neuen Wachstumstheorie, Kiel Working Paper, No. 589, Kiel Institute of World Economics (IfW), Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/46754>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# Kieler Arbeitspapiere

# Kiel Working Papers

Arbeitspapier Nr. 589

**Wissenstransfer, Marktexpansion und Außenhandel:**

Einige Implikationen der Neuen Wachstumstheorie

von

Rainer Maurer



Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel  
The Kiel Institute of World Economics

ISSN 0342 - 0787

Institut für Weltwirtschaft

Düsternbrooker Weg 120

D- 24105 Kiel

Arbeitspapier Nr. 589

**Wissenstransfer, Marktexpansion und Außenhandel:**

Einige Implikationen der Neuen Wachstumstheorie

von

Rainer Maurer

August 1993

Für Inhalt und Verteilung eines Kieler Arbeitspapiers ist der Autor selbst verantwortlich. Da es sich um Manuskripte in einer vorläufigen Fassung handelt, wird gebeten, sich mit Anregungen und Kritik direkt an den Autor zu wenden und etwaige Zitate vorher mit ihm abzusprechen.

## INHALT

	Seite
1. Einleitung.....	1
2. Bezug zur Literatur.....	4
3. Ein Grundmodell der Neuen Wachstumstheorie.....	7
3.1. Der F&E-Sektor.....	9
3.2. Der Produktionsgütersektor.....	12
3.3. Der Konsumgütersektor.....	14
3.4. Die aggregierte Produktionsfunktion des Produktions- und Konsumgütersektors.....	15
3.5. Der Konsumsektor.....	16
3.6. Die institutionellen Rahmenbedingungen.....	16
4. Analyse des Wissenstransfer- und Marktexpansionseffektes.....	17
4.1. Der Wissenstransfer- und Marktexpansionseffekt bei Wissenskapitalspezifizierung des F&E-Sektors.....	22
4.2. Der Wissenstransfer- und Marktexpansionseffekt bei Forschungslaborspezifikation des F&E-Sektors.....	36
5. Zusammenfassung.....	48
Anhang 1.....	50
Anhang 2.....	87
Literaturverzeichnis.....	88

## 1. Einleitung<sup>1</sup>

In diesem Papier wird der Zusammenhang zwischen dem Außenhandelsregime einer Volkswirtschaft und der Wachstumsrate ihres Bruttoinlandsproduktes auf der Basis eines symmetrischen Zwei-Länder-Modells der Neuen Wachstumstheorie dargestellt. Die Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Außenhandelsregime und der Steady State Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes kann nur in einem Modell der Neuen Wachstumstheorie erfolgen, da in den Standardmodellen der neoklassischen Wachstumstheorie die Steady State Wachstumsrate exogen vorgegeben ist. Sie kann deshalb bei diesem Modelltyp nicht vom Außenhandelsregime beeinflußt werden. In den Modellen der Neuen Wachstumstheorie wird das Wachstum des Bruttoinlandsproduktes durch die Produktion neuen technischen Wissens im Forschungs- und Entwicklungssektor der Volkswirtschaft erzeugt. Durch neues technisches Wissen steigt die Produktivität der in den einzelnen Produktionssektoren der Volkswirtschaft eingesetzten Produktionsfaktoren, so daß der Output dieser Sektoren wächst. Der F&E-Sektor ist deshalb der Wachstumsgenerator der Volkswirtschaft. Folglich kann das Außenhandelsregime die Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes nur über seine Auswirkung auf den Output des F&E-Sektors beeinflussen. Der Output des F&E-Sektors hängt entscheidend von der Menge der dort eingesetzten Produktionsfaktoren ab. Führt das Außenhandelsregime dazu, daß die Menge der im F&E-Sektor eingesetzten Produktionsfaktoren steigt, so steigt auch der Output des F&E-Sektors und mit ihm die Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes. In diesem Papier werden zwei Mechanismen dargestellt, über die das Außenhandelsregime den Faktoreinsatz des F&E-Sektors beeinflussen kann: Der *Wissenstransfereffekt* und der *Markiexpansionseffekt*.

Der *Wissenstransfereffekt* bezeichnet den Einfluß des internationalen Transfers technischen Wissens auf die Steady State Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes eines Landes. Der Transfer von technischem Wissen zwischen zwei Ländern kann sich prinzipiell auf zwei verschiedene Arten abspielen: Zum einen kann technisches Wissen in *ungebundener Form* (z.B. in Form von Blaupausen, wissenschaftlichen Fachzeitschriften, wissenschaftlicher Beratung, oder internationalen wissenschaftlichen Konferenzen) transferiert werden. Zum anderen kann technisches Wissen in *gebundener Form* als in bestimmten Produktionsgütern inkorporiertes technisches Wissen transferiert werden. In den hier analysierten Modellvarianten führt ein durch Freihandel ermöglichter Anstieg des Transfers von

---

<sup>1</sup> Ich danke Oliver Lorz, Karl-Heinz Paqué und Michael Stolpe für ihre Kritik und zahlreiche wertvolle Anregungen.

technischem Wissen - ob in gebundener oder ungebundener Form - stets zu einem Anstieg der Produktivität der Produktionsfaktoren in allen Produktionssektoren. Dies bewirkt einen Anstieg des Outputs der Produktionssektoren. Alle Produktionssektoren produzieren also bei einem durch Freihandel ermöglichten Anstieg des Transfers von technischem Wissen auf einem dauerhaft höheren Niveau. Da der Anstieg des Outputs des F&E-Sektors aber die Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes determiniert, steigt auch die Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes auf ein dauerhaft höheres Niveau. Der Wissenstransfereffekt des Freihandels führt also zu einer dauerhaft höheren Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes. Diese Wirkung des Wissenstransfereffektes wird nun aber in dem hier dargestellten Modell der Neuen Wachstumstheorie durch den Marktexpansionseffekt noch verstärkt.

Der *Marktexpansionseffekt* bezeichnet den Einfluß einer durch freien Außenhandel bewirkten Ausdehnung der Absatzmärkte auf die Steady State Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes eines Landes. Die Wirkungsweise des Marktexpansionseffektes hängt entscheidend von der Marktstruktur des F&E-Sektors und des Produktionsgütersektors ab. In dem hier dargestellten Modell der Neuen Wachstumstheorie wird postuliert, daß das im F&E-Sektor hergestellte technische Wissen aus Blaupausen zur Herstellung von bestimmten Produktionsgütertypen besteht. Jedes Unternehmen des F&E-Sektors, das eine solche Blaupause hergestellt hat, erhält vom Staat seines Landes ein unbefristetes Patentrecht zur Herstellung des entsprechenden Produktionsgütertypes. Folglich besitzt ein solches Unternehmen ein uneingeschränktes Monopol für seinen jeweiligen Produktionsgütertyp. Dieses Monopol ermöglicht dem Unternehmen einen Monopolgewinn zu erzielen, der größer ist als Null. Da dieser Monopolgewinn nur mit Hilfe einer Blaupause zur Produktion eines bestimmten Produktionsgutes erzielt werden kann, ist der Wert einer Blaupause gleich dem Monopolgewinn. Eine Verdoppelung des Absatzmarktes für Produktionsgüter führt deshalb zu einer Verdoppelung des Monopolgewinnes und damit auch zur Verdoppelung des Wertes einer Blaupause. Diese positive Korrelation zwischen der Größe des Absatzmarktes und dem Monopolgewinn, existiert nur aufgrund der monopolistischen Marktstruktur. Würde auf dem Markt eines jeden Produktionsgutes vollkommener Wettbewerb herrschen, wären bei der gegebenen konstanten Skalentechnologie im Produktionsgütersektor die Unternehmensgewinne unabhängig von der Absatzmenge stets Null. Eine Ausdehnung der Absatzmärkte durch freien Außenhandel könnte also nicht zu einem Anstieg der Monopolgewinne im Produktionsgütersektor führen. Die positive Korrelation zwischen der Größe des Absatzmarktes und der Gewinnhöhe bzw. des Wertes einer Blaupause führt dazu, daß mit der Größe des Absatzmarktes der Anreiz zur Herstellung von Blaupausen *ceteris paribus* steigt. Die Ausdehnung des Absatzmarktes für Produktionsgüter führt *ceteris paribus*

also zu einer Erhöhung der Produktion von Blaupausen bzw. des Outputs des F&E-Sektors. Da die Höhe des Outputs des F&E-Sektors aber die Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes determiniert, nimmt auch die Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes auf ein dauerhaft höheres Niveau zu. Der Marktexpansionseffekt des Freihandels führt also zu einer dauerhaft höheren Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes. Der Marktexpansionseffekt verstärkt deshalb die Wirkung des Wissenstransfereffektes.

Wie sich zeigt, hängt die beschriebene Wirkungsweise des Marktexpansionseffektes in dem hier dargestellten Modell aber entscheidend von der Qualität des internationalen Schutzes von Eigentumsrechten an Blaupausen, dem internationalen Patentschutz also, ab. Nur wenn den Herstellern von Blaupausen ein perfekter internationaler Patentschutz gewährt wird, kann sich der Marktexpansionseffekt in vollem Umfang positiv auf die Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes auswirken. Wird kein internationaler Patentschutz gewährt, kann es sogar zu einem negativen Marktexpansionseffekt kommen, so daß die Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes bei Freihandel unter ihr Autarkieniveau sinkt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Qualität des internationalen Patentschutzes die Höhe des Gewinnes eines Herstellers eines bestimmten Produktionsgütertypes und damit die Höhe des Wertes einer Blaupause beeinflußt. Je schlechter der internationale Patentschutz, desto mehr ausländische Anbieter können einen Produktionsgütertyp anbieten, dessen Blaupause im Inland hergestellt wurde. Statt eines Monopols auf dem Markt für jeden Produktionsgütertyp resultiert bei unvollständigem Patentschutz also ein Oligopol, so daß statt eines Monopolgewinnes nur ein Oligopolgewinn realisiert werden kann. Dieser Oligopolgewinn ist nun um so niedriger je größer die Anzahl der Oligopolisten, d.h. je schlechter also der internationale Patentschutz ist. Da der Wert einer Blaupause gleich dem Gewinn eines einzelnen Oligopolisten im Produktionsgütersektor ist, bedeutet dies für den Produzenten einer Blaupause, daß der Anreiz zur Herstellung von Blaupausen um so niedriger ist, je schlechter die Qualität des internationalen Patentschutzes ist. Der Output des F&E-Sektors und damit die Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes sinken also um so stärker, je schlechter die Qualität des internationalen Patentschutzes ist. Ist die Qualität des internationalen Patentschutzes so schlecht, daß der Wert einer Blaupause unter dem Niveau liegt, das im Autarkiefall erreicht wird, kann die Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes bei freiem Handel mit Produktionsgütern sogar niedriger sein als im Autarkiefall.

Zusammenfassend kann festgehalten werden: Das hier dargestellte Modell der Neuen Wachstumstheorie impliziert, daß freier Transfer technischen Wissens und freier Produktionsgüterhandel notwendige aber keineswegs hinreichende Bedingungen für das

Erreichen des höchstmöglichen Niveaus der Steady State Wachstumsrate und des Outputs des Bruttoinlandsproduktes sind. Notwendige und hinreichende Bedingungen für das Erreichen des höchstmöglichen Niveaus der Steady State Wachstumsrate und des Outputs des Bruttoinlandsproduktes sind in diesem Modell freier Transfer technischen Wissens, freier Produktionsgüterhandel *und* international garantierter Patentschutz.

Das Papier gliedert sich wie folgt: Kapitel 2 stellt den Bezug des Papiers zur theoretischen Literatur dar. Kapitel 3 beschreibt das Grundmodell. Kapitel 4 analysiert die Auswirkung verschiedener institutioneller Szenarien bezüglich des Handelsregimes bei Produktionsgütern, des internationalen Patentschutzes und der Möglichkeiten zum Transfer ungebundenen technischen Wissens auf die Modelllösung dar. Kapitel 5 faßt die Ergebnisse zusammen.

## 2. Bezug zur Literatur

In der theoretischen Literatur werden zwei wachstumstheoretische Modelltypen unterschieden: die Modelle der neoklassischen Wachstumstheorie (KWT im folgenden) und die Modelle der Neuen Wachstumstheorie (NWT im folgenden).<sup>2</sup> In den Modellen der KWT wird die Steady State Wachstumsrate durch die *exogen* vorgegebene Wachstumsrate des technischen Fortschritts determiniert, während sie in der NWT *endogen* durch die Strukturparameter<sup>3</sup> und die Ressourcenausstattung des Modells determiniert wird.<sup>4</sup> Demzufolge können wirtschaftspolitische Instrumente die Steady State Wachstumsrate einer Modellökonomie nur in den Modellen der NWT beeinflussen. In den Modellen der KWT können wirtschaftspolitische Instrumente lediglich das Niveau des Steady State Bruttoinlandsproduktes (BIP im folgenden) bzw. das Niveau des Steady State Bruttosozialproduktes (BSP im folgenden) beeinflussen.

---

<sup>2</sup> Diese Terminologie hat sich in der neueren Literatur eingebürgert. Sie ist insofern ungenau, als die Annahmen, auf denen die Modelle der NWT beruhen, zu einem großen Teil mit denen der neoklassischen Modelle übereinstimmen. Wesentliche Unterschiede in den Annahmesets gibt es nur im Hinblick auf die Spezifikation der Produktionsfunktion des F&E-Sektors, der Berücksichtigung externer Effekte und der Modellierung der Marktstruktur des Blaupausen- und Produktionsgütermarktes.

<sup>3</sup> Die Strukturparameter eines Modells sind die Parameter, die die Technologie und die Präferenzen beschreiben.

<sup>4</sup> Die KWT kann deshalb als - restriktiver - Spezialfall der NWT interpretiert werden, in dem der Forschungs- und Entwicklungssektor, in dem der technische Fortschritt produziert wird, exogenisiert ist (vgl. dazu Abbildung 1 mit Abbildung 2 in Anhang 2).

Bei den Modellen der NWT können im wesentlichen vier Mechanismen unterschieden werden, über die handelspolitische Instrumente die Steady State Wachstumsrate beeinflussen können: Der Wissenstransfereffekt, der Marktexpansionseffekt, der Wettbewerbseffekt und der Allokationseffekt.<sup>5</sup> Diese Mechanismen können - je nach Modellierung - simultan auftreten oder unabhängig voneinander. Der Wissenstransfereffekt, der Marktexpansionseffekt und der Wettbewerbseffekt können bei Freihandel und garantiertem internationalen Patentschutz die Steady State Wachstumsrate des BIP positiv, aber niemals negativ, beeinflussen. Das ist darauf zurückzuführen, daß diese Effekte zu einer Erhöhung, aber nicht zu einer Senkung, des Outputs der Produktion technischen Wissens führen können. Der Allokationseffekt dagegen führt immer dann zu einem Rückgang der Steady State Wachstumsrate, wenn sich ein Land auf Grund seiner komparativen Vorteile auf einen Produktionssektor teilweise oder vollständig spezialisiert, in dem es keinen Produktivitätsfortschritt (oder einen geringeren Produktivitätsfortschritt als in anderen Produktionssektoren) gibt. Da ein Produktionssektor, in dem es im Steady State keinen Produktivitätsfortschritt gibt, im Steady State nicht wächst, kann die Steady State Wachstumsrate des BIP einer solchen Ökonomie niedriger sein als im Autarkiefall (vgl. Grossman/Helpman (1991), Chapter 7). Voraussetzung dabei ist allerdings, daß die Spezialisierung auf den Produktionssektor ohne Produktivitätsfortschritt so stark ist, daß sie die positiven Effekte, die von Marktexpansions-, Wissenstransfer-, und Wettbewerbseffekt bei Freihandel auf die Steady State Wachstumsrate ausgehen, überkompensiert.

Da in diesem Arbeitspapier die Analyse des Zusammenhangs zwischen Außenhandel und Wachstumsrate des BIP auf den Wissenstransfer- und den Marktexpansionseffekt beschränkt werden soll, erfolgt die Analyse in einem symmetrischen Zwei-Länder-Modell (Nord-Nord-Modell).<sup>6</sup> In einem solchen Modell sind die Ressourcenausstattungen beider Länder identisch,

---

<sup>5</sup> Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nennen außerdem noch den Integrationseffekt und den Redundanzeffekt. Die Wirkungsweise des Integrationseffektes ist identisch mit der von Wissenstransfereffekt und Marktexpansionseffekt (vgl. Fußnote 24). Der Redundanzeffekt ist ein Spezialfall des Wissenstransfereffektes.

<sup>6</sup> Während der Allokationseffekt nur in Zwei-Länder-Modellen mit unterschiedlicher Ressourcenausstattung (dieser Typ von Zwei-Länder-Modellen wird in der Literatur mit Blick auf den Handel zwischen den relativ ressourcenheterogenen Ländern der nördlichen und südlichen Hemisphäre auch "Nord-Süd-Modell" bezeichnet) auftritt, können der Wissenstransfereffekt, der Marktexpansionseffekt und der Wettbewerbseffekt auch in Zwei-Länder-Modellen auftreten, die eine identische Ressourcenausstattung besitzen (dieser Typ von Zwei-Länder-Modellen wird in der Literatur mit Blick auf den Handel zwischen den relativ ressourcenhomogenen Industrieländern der nördlichen Hemisphäre auch "Nord-Nord-Modell" bezeichnet).

so daß kein Land in einem bestimmten Produktionssektor einen komparativen Vorteil besitzt und folglich keine Anreize zu einer Spezialisierung auf bestimmte Produktionssektoren bestehen. Auf diese Weise wird der Allokationseffekt ausgeschaltet und eine Isolierung des Wissenstransfer- und des Marktexpansionseffektes ermöglicht.

In dem hier analysierten Grundmodell der NWT wird das Steady State Wachstum durch die Akkumulation von technischem Wissen generiert. Das wird dadurch erreicht, daß in der Produktionsfunktion technischen Wissens der Bestand an technischem Wissen als Produktionsfaktor mit einem konstanten Grenzertrag eingeht: Diese Klasse von Modellen der NWT wird deshalb im folgenden *Wissenskapitalmodelle* genannt. Diese Art der Modellierung findet sich erstmals in Romer (1990a). In einer anderen Klasse von Modellen der NWT wird das Steady State Wachstum durch die Akkumulation von Humankapital generiert. Das wird dadurch erreicht, daß in der Produktionsfunktion des Humankapitals der Bestand an Humankapital als Produktionsfaktor mit einem konstanten Grenzertrag eingeht. Diese Klasse von Modellen der NWT wird deshalb im folgenden *Humankapitalmodelle* genannt. Diese Art der Modellierung findet sich erstmals in Lucas (1988). Eine Verallgemeinerung des Lucas Modells findet sich in Mulligan/Sala-i-Martin (1992). Nach einer Interpretation von Romer (1990a), S. 79, kann ein Humankapitalmodell als Spezialfall eines Wissenskapitalmodells aufgefaßt werden. In Humankapitalmodellen wird nämlich implizit unterstellt wird, daß das Humankapital eines Haushaltes beliebig erhöht werden kann. Geht man aber davon aus, daß die intellektuelle Kapazität eines Haushaltes bzw. eines Individuums beschränkt ist, so ist eine solche Annahme nur dann haltbar, wenn Humankapital so weit definiert wird, daß es neben der intellektuellen Kapazität eines Haushaltes bzw. eines Individuums auch technisches Wissen umfaßt. In diesem Fall kann das Humankapital eines Haushaltes auch dann beliebig erhöht werden, wenn die intellektuelle Kapazität des Haushaltes begrenzt ist, indem nämlich das technische Wissen des Haushaltes beliebig erhöht wird. Geht man von dieser Romer'schen Interpretation aus, so modellieren Wissenskapitalmodelle die Beziehung zwischen der intellektuellen Kapazität eines Haushaltes und technischem Wissen präziser, weil sie zwischen diesen beiden Aggregaten explizit unterscheiden. Dabei definieren sie Humankapital implizit als die intellektuelle Kapazität eines Haushaltes, die in diesen Modellen fix vorgegeben ist, und technisches Wissen als die Anzahl der Blaupausen die im F&E-Sektor hergestellt wurden. Sie enthalten deshalb Humankapitalmodelle als Spezialfall. Eine Beschränkung der theoretischen Analyse auf Wissenskapitalmodelle erscheint deshalb sinnvoll.

Innerhalb der Klasse der Wissenskapitalmodelle der NWT kann wiederum zwischen zwei Modelltypen unterschieden werden: Je nach Modellierung besteht das neue technische Wissen entweder aus *Blaupausen zur Herstellung neuer Produkte* oder aus *Blaupausen zur Herstellung höherer Qualitätsstufen* bereits bekannter Produkte. Die erste Form der Modellierung wird im folgenden "Modell der horizontalen Produktdifferenzierung" genannt; die zweite Form der Modellierung wird im folgenden "Qualitätsstufenmodell" genannt. Die wachstumstheoretischen Implikationen beider Modelle sind bis auf wenige Ausnahmen identisch.<sup>7</sup> In diesem Arbeitspapier erfolgt eine Beschränkung auf das Modell der horizontalen Produktdifferenzierung.

### 3. Ein Grundmodell der Neuen Wachstumstheorie

Das hier analysierte Modell der NWT im Zweiländerfall ist in Abbildung 1 in Form eines Input-Output Schemas dargestellt.<sup>8</sup> Es basiert auf einem Modell von Rivera-Batiz/Romer (1991a)/(1991b). Die Modellökonomie besteht aus einem Produktionssektor und einem Konsumsektor. Der Produktionssektor gliedert sich auf in den Forschungs- und Entwicklungssektor (F&E-Sektor im folgenden), den Produktionsgütersektor (P-Sektor im folgenden) und den Konsumgütersektor (K-Sektor im folgenden). Im Produktionssektor werden die Allokation der Ressourcen auf die drei Produktionssektoren und die Produktionsmengen bestimmt. Im Konsumsektor wird durch die Entscheidung über Konsum und Sparen die intertemporale Ressourcenallokation bestimmt. Die Modellökonomie ist mit vier Produktionsfaktoren ausgestattet: Roharbeit, Humankapital, Produktionsgüter und technisches Wissen. Die menschliche Arbeitskraft wird also in zwei Komponenten, Roharbeit und Humankapital, zerlegt. Roharbeit mißt die physische Arbeitskraft, Humankapital mißt die intellektuelle Arbeitskraft. Physische Arbeitskraft wird in Energieeinheiten gemessen. Es wird unterstellt, daß jeder Haushalt die gleiche Menge an physischer Arbeitskraft - vollkommen lohnunelastisch - anbietet.

---

<sup>7</sup> Ein Vergleich beider Modellierungsvarianten und ihrer Implikationen findet sich in Grossman/Helpman (1991).

<sup>8</sup> Abbildung 1 basiert auf Siebert (1992), figure 1.

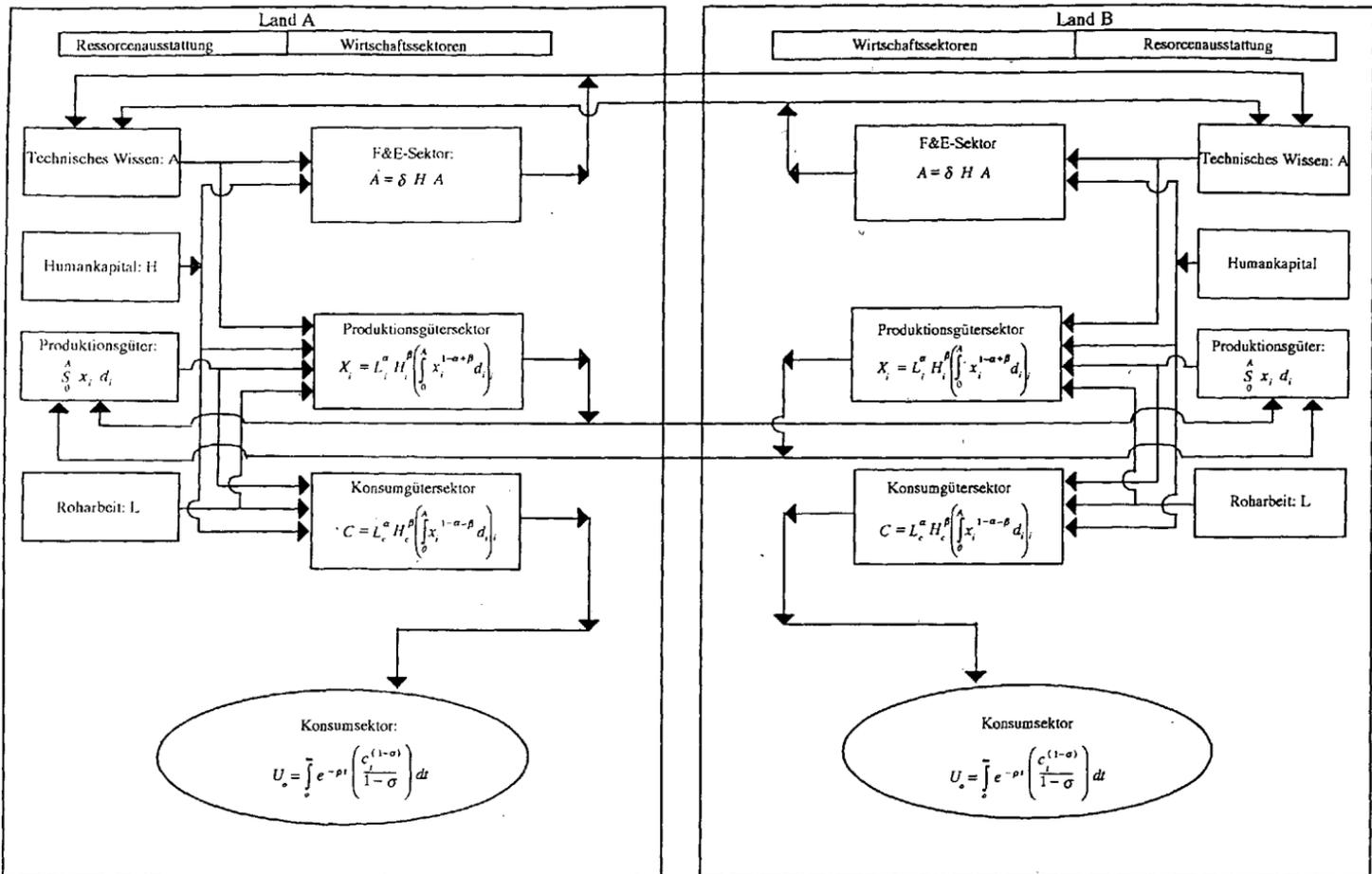


Abbildung 1: Input-Output Schema eines 2-Ländermodells der Neuen Wachstumstheorie.

Durch geeignete Wahl der Maßeinheiten kann das gesamte Angebot an physischer Arbeitskraft durch die Anzahl der Haushalte ( $L$  im folgenden) gemessen werden.<sup>9</sup> Humankapital wird durch die bei der Bildung von Humankapital entstandenen Opportunitätskosten (in Form von verbrauchten Produktionsfaktoren) gemessen. Es wird unterstellt, daß alle Haushalte die gleiche begrenzte Menge von Humankapital ( $h$  im folgenden) bilden können, und diese vollkommen preisunelastisch anbieten. Das gesamte Humankapitalangebot wird dann durch das Produkt der Anzahl der Haushalte mit ihrem individuellen Humankapitalangebot ( $H$  im folgenden, mit  $H = L h$ ) gemessen. Da die Anzahl der Haushalte exogen vorgegeben ist und Humankapital nicht unbegrenzt akkumuliert werden kann, ist das Angebot von Roharbeit und Humankapital fix. Produktionsgüter ( $x_i$  im folgenden) sind physisches Kapital. Im Rahmen dieses Modells setzt sich der Bestand an physischem Kapital aus einem Set von heterogenen Produktionsgütern zusammen. Physisches Kapital wird durch die bei seiner Produktion entstandenen Opportunitätskosten (in Form von verbrauchten Produktionsfaktoren) gemessen.<sup>10</sup> Der Bestand an Produktionsgütern kann beliebig erhöht werden, wenn die Haushalte sparen. Produktionsgüter sind also akkumulierbar. Technisches Wissen besteht aus Blaupausen zur Herstellung von Produktionsgütern. Da aufgrund der Modellierung der Produktionsfunktion für technisches Wissen zur Herstellung einer Blaupause für ein beliebiges Produktionsgut die gleiche Menge Input verbraucht wird, kann der Bestand an technischem Wissen durch die Anzahl der vorhandenen Blaupausen (im folgenden  $A$ ) gemessen werden. Der Bestand an technischem Wissen kann beliebig erhöht werden, wenn die Haushalte sparen. Technisches Wissen ist also ebenfalls akkumulierbar.

### 3.1. Der F&E-Sektor

Der F&E-Sektor generiert das langfristige Wachstum der Ökonomie. In ihm wird mit den Produktionsfaktoren Humankapital und dem bereits vorhandenem technischen Wissen neues

---

<sup>9</sup> Der Einfachheit halber wird dabei unterstellt, daß die Anzahl der Haushalte konstant ist, d.h. daß die Bevölkerung und damit auch das Arbeitsangebot nicht wächst. Eine mit exogener Rate wachsende Bevölkerung würde die Gleichgewichtslösung des Modells qualitativ nicht beeinflussen. Die Annahme einer konstanten Bevölkerungsgröße bzw. eines konstanten Arbeitsangebotes impliziert, daß die Wachstumsrate des Bruttoinlandsproduktes der Modellökonomie gleich der Wachstumsrate des Pro-Kopf-Bruttoinlandsproduktes (und damit gleich der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität ist), und daß die Wachstumsrate des Bruttosozialproduktes gleich der Wachstumsrate des Pro-Kopf-Bruttosozialproduktes ist.

<sup>10</sup> Der Einfachheit halber wird unterstellt, daß es keinen Verschleiß der Produktionsgüter gibt. Durch diese Annahme wird die Gleichgewichtslösung des Modells nicht qualitativ beeinflußt.

technisches Wissen hergestellt. Im Modell der horizontalen Produktdifferenzierung wird technisches Wissen durch die Anzahl der Blaupausen zur Herstellung neuer Produkte im P-Sektor gemessen. Der Output des F&E-Sektors ist deshalb der Zuwachs neuer Blaupausen pro Zeiteinheit (im folgenden  $\dot{A} = dA / dt$ ). Die Produktionsfunktion des i-ten Unternehmens des F&E-Sektors wird in Rivera-Batiz/Romer (1991a) wie folgt modelliert:

$$(1) \quad \dot{A}_i = \delta H_i A^{\gamma}$$

Dabei ist  $\delta$  ein Technologieparameter und  $H_i$  der Humankapitalinput des Unternehmens  $i$ . Diese Modellierung der Produktionsfunktion impliziert zwei Annahmen: *Erstens*, das gesamte vorhandene technische Wissen  $A$  steht jedem Unternehmen des F&E-Sektors bei der Produktion neuen technischen Wissens kostenlos zur Verfügung. *Zweitens*, das gesamte vorhandene technische Wissen  $A$  kann von jedem Unternehmen gleichzeitig genutzt werden, ohne dabei ein anderes Unternehmen an der Nutzung von  $A$  zu behindern. Die erste Annahme impliziert, daß das vorhandene technische Wissen *positive externe Effekte* bei der Produktion neuen technischen Wissens hat. Die zweite Annahme impliziert, daß das vorhandene technische Wissen *nichtrivalisierend* genutzt werden kann.<sup>11</sup> Beide Annahmen modellieren Eigenschaften, die technisches Wissen potentiell besitzen kann; es spricht einiges dafür, daß es sich dabei um empirisch relevante Eigenschaften technischen Wissens handelt. Diese Eigenschaften sind aber weder hinreichend noch notwendig dafür, daß die Modellökonomie die Eigenschaft endogenen Wachstums besitzt.<sup>12</sup> Eine im Rahmen des hier dargestellten Modells notwendige Bedingung für endogenes Wachstum ist dagegen die Existenz einer Produktionsfunktion, die einen akkumulierbaren Produktionsfaktor enthält, der die

---

<sup>11</sup> Der Term "nichtrivalisierend" wird im Rahmen dieser Arbeit nach der Definition von Romer (1990a) verwendet. Romer definiert nichtrivalisierende Produktionsfaktoren in Analogie zu der Definition nichtrivalisierender Konsumgüter. Danach ist ein Produktionsfaktor nichtrivalisierend, wenn er die Eigenschaft besitzt, daß seine Verwendung durch ein bestimmtes Unternehmen in keiner Weise seine Verwendung durch ein anderes Unternehmen behindert. (vgl. Romer (1990a), S. 74).

<sup>12</sup> Ein Nachweis, daß es im Rahmen dieses Modells auch dann zu endogenem Wachstum kommen kann, wenn technisches Wissen nur rivalisierend genutzt werden kann und keine externen Effekte besitzt, findet sich in Maurer (1993), Anhang B.1.5.

Eigenschaft nichtabnehmender Grenzerträge besitzt.<sup>13</sup> Nur wenn diese Annahme erfüllt ist, kann - intuitiv gesprochen - der Grenzertrag von Investitionen in technisches Wissen dauerhaft größer sein als die Opportunitätskosten dieser Investitionen, die im Steady State dem Nutzenentgang des investitionsbedingten Konsumverzichts entsprechen und deren Höhe von der Zeitpräferenzrate und der intertemporalen Substitutionselastizität des Konsumes determiniert wird. Diese Bedingung ist hier erfüllt, wenn  $\gamma = 1$  gilt.<sup>14</sup> Erst durch diese Annahme wird der F&E-Sektor zum Wachstums-Generator des Modells. Romer (1990), S. 84, bemerkt dazu:

*"Linearity in A is what makes unbounded growth possible, and in this sense, unbounded growth is more like an assumption than a result of the model."*

Die Annahme eines konstanten Grenzertrages technischen Wissens impliziert, daß eine Verdopplung technischen Wissens ausreicht, um den Output der Produktionsfunktion technischen Wissens zu verdoppeln, ohne daß die Einsatzmenge anderer Produktionsfaktoren dh. die Einsatzmenge des Humankapitals erhöht wird. Unterstellt man, daß das gegenwärtig vorhandene technische Wissen x-mal größer ist, als das technische Wissen, das vor hundert Jahren vorhanden war, dann impliziert die Annahme eines konstanten Grenzertrages technischen Wissens, daß ein Forscher gegenwärtig x-mal produktiver ist als ein Forscher vor hundert Jahren. Romer (1990), S.84, begründet diese Annahme mit dem Hinweis darauf, daß die historische Erfahrung nicht dafür spricht, daß neues technisches Wissen weniger produktiv ist als altes technisches Wissen. Er weist aber darauf hin, daß es sich bei der Annahme eines konstanten Grenzertrages technischen Wissens letztlich um eine empirische Hypothese handelt, deren Bewährungsgrad nur auf der Grundlage von empirischen Tests bewertet werden kann. Für den theoretischen Vergleich von NWT und KWT kann aber festgehalten werden, daß die Annahme eines konstanten Grenzertrages technischen Wissens

---

<sup>13</sup> Es existieren auch Modelle mit endogenem Wachstum, in denen alle akkumulierbaren Produktionsfaktoren für sich genommen abnehmende Grenzerträge aufweisen, aber "zusammen genommen" nichtabnehmende Grenzerträge aufweisen, dh. die Summe der Produktionselastizitäten der akkumulierbaren Produktionsfaktoren ist in diesen Modellen größer oder gleich eins (vgl. Barro (1990a), Rivera-Batiz/Romer (1991b); zu letzterem vgl. Gleichung (16)). Da die obige Produktionsfunktion (Gleichung (1)) aber nur einen akkumulierbaren Produktionsfaktor enthält, ist die Summe der Produktionselastizitäten der akkumulierbaren Produktionsfaktoren genau dann größer gleich eins, wenn  $\gamma \geq 1$ .

<sup>14</sup> Grossman/Helpman (1991), S. 75, Appendix A.3.1., zeigen, daß die Annahme  $\gamma > 1$  eine Steady State Wachstumsrate impliziert, die im Zeitverlauf permanent anwächst (Das von Grossman/Helpman verwendete Modell unterscheidet sich von dem hier analysierten Modell von Romer (1991a) nur unwesentlich; ihr Ergebnis kann deshalb vermutlich auf das Modell von Romer (1991a) übertragen werden.)

in der NWT nicht restriktiver ist als die Annahme einer exogenen Wachstumsrate des technischen Fortschritts in der KWT, denn beide Annahmen basieren letztlich auf der Hypothese, daß durch neues technisches Wissen die Produktivität unbegrenzt gesteigert werden kann. Diese Hypothese setzt notwendig voraus, daß das noch nicht bekannte technische Wissen unendlich ist.

Produktionsfunktion (1) postuliert jedoch nicht nur konstante Grenzerträge des akkumulierbaren Produktionsfaktors technisches Wissen, sondern auch konstante Grenzerträge des Produktionsfaktors Humankapital. Da Humankapital in diesem Modell allerdings nicht akkumulierbar ist, hat diese Annahme keine wesentliche Auswirkung auf die Steady State Wachstumsrate: Würde man statt konstanter Grenzerträge des Humankapitals abnehmende Grenzerträge postulieren, so wäre die resultierende Steady State Wachstumsrate trotzdem größer als Null. Romer begründet die Annahme konstanter Skalenerträge des Humankapitals mit der Annahme der nichtrivalisierenden Nutzbarkeit technischen Wissens. Sein Argument lautet: Wenn technisches Wissen nichtrivalisierend nutzbar ist, dann impliziert dies, daß eine Verdopplung aller übrigen Produktionsfaktoren den Output verdoppeln muß. Folglich muß eine Produktionsfunktion, die technisches Wissen als Input hat, konstante Skalenerträge in allen übrigen Produktionsfaktoren aufweisen. Da Produktionsfunktion (1) außer technischem Wissen nur Humankapital als Input enthält bedeutet dies, daß Humankapital konstante Grenzerträge haben muß.<sup>15</sup>

### 3.2. Der Produktionsgütersektor

Im P-Sektor werden mit den Produktionsfaktoren Humankapital, Roharbeit, und dem Bestand an bereits vorhandenen Produktionsgütern unter Verwendung der im F&E-Sektor hergestellten neuen Blaupausen,  $A$ , neue Produktionsgütertypen hergestellt. Die Produktionsfunktion eines im P-Sektor tätigen Unternehmens, das im Besitz einer neuen Blaupause zur Herstellung des neuen Produktionsgutes  $j$  ist, wird in Rivera-Batiz/Romer (1991a) wie folgt modelliert:<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> Eine formale Präsentation dieses Argumentes findet sich in Romer (1990), S 76. Ein Nachweis, daß die nichtrivalisierende Nutzbarkeit technischen Wissens nicht konstante Grenzerträge technischen Wissens impliziert, findet sich in Maurer (1993), S. 20 ff.

<sup>16</sup> Gleichung (2) entspricht auch der Modellierung nach Romer (1990) und Rivera-Batiz/Romer (1991b). Andere Varianten der Produktionsfunktion des Produktionsgütersektors finden sich in Grossman/Helpman (1991). Die Modellimplikationen der verschiedenen Varianten in Bezug auf den Zusammenhang von

$$(2) \quad x_j = H_j^\alpha L_j^\beta \left( \int_0^A x_i^{1-\alpha-\beta} di \right)_j, \quad \text{mit } A < j \leq A + \dot{A} \quad \text{und} \quad 0 < \alpha, \beta < 1.$$

Dabei ist  $H_j$  der Humankapitalinput,  $L_j$  der Roharbeitsinput und  $\left( \int_0^A x_i di \right)_j$  der

Produktionsgüterinput<sup>17</sup>, der zur Produktion des neuen Produktionsgutes  $j$  verwendet wird. Die Restriktion der Produktionselastizitäten,  $0 < \alpha, \beta < 1$ , stellt sicher, daß die Produktionsfunktion die Eigenschaft konstanter Skalenerträge in den Produktionsfaktoren  $H_j$ ,  $L_j$  und  $x_i$  besitzt. Aggregiert man Gleichung (2) über alle Produktionsgüterunternehmen  $\dot{A}$ , so resultiert:

$$(3) \quad \int_A^{A+\dot{A}} x_j dj = \int_A^{A+\dot{A}} H_j^\alpha L_j^\beta \left( \int_0^A x_i^{1-\alpha-\beta} di \right)_j dj.$$

Diese Art der Modellierung der Produktionsfunktion impliziert, daß eine größere Produktvielfalt  $A$  die Produktivität des Produktionsgüterbestandes erhöht. Formal wird dies dadurch abgebildet, daß jeder Produktionsgütertyp die Eigenschaft abnehmender Grenzerträge besitzt ( $0 < 1 - \alpha - \beta < 1$ ). Steigt also die Produktvielfalt, dh. steigt die Anzahl der verfügbaren Blaupausen  $A$ , so kann ein gegebener Bestand an Ressourcen für die Produktion von Produktionsgütern c.p. auf mehr Produktionsgüterttypen verteilt werden, derart, daß die Einsatzmenge eines jeden Produktionsgüterttypes sinkt und folglich der Grenzertrag aller Produktionsgüterttypen steigt. Analytisch kann dies gezeigt werden, indem man berücksichtigt, daß aufgrund der additiven Aggregierbarkeit der Produktionsgüter ein Maß  $K$  wie folgt definiert werden kann:

$$(4) \quad K_K = \int_A^{A+\dot{A}} \int_0^A x_{i,j} di dj$$

Das so definierte Maß  $K_K$  entspricht der Definition des Kapitalstocks der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und gibt die Menge des Kapitalstocks an, der im Produktionsgütersektor eingesetzt wird. Da jeder Produktionsgütertyp  $x_i$  die gleiche

Handelsregime und Wachstum ändern sich nicht wesentlich, wenn mindestens ein Produktionsfaktor, der im F&E-Sektor verwendet wird auch im HT-Sektor verwendet wird.

<sup>17</sup> Da - wie aus Gleichung (2) ersichtlich - Produktionsgüter mit der gleichen Technologie hergestellt werden, haben sie im Rahmen dieses Modells den gleichen Preis. Deshalb können ihre Mengen durch einfache Addition aggregiert werden.

Produktivität besitzt, wird im Steady State von jedem Produktionsgütertyp  $i$  die gleiche Menge  $\bar{x}_{i,K} = \dot{A} \bar{x}_{ij}$  bei der Produktion von Produktionsgütern eingesetzt. Aufgrund der Definition von  $K$  gilt dann:

$$(5) \quad \bar{x}_{i,K} = K_K / A.$$

Eingesetzt in (3) resultiert:

$$(6) \quad \dot{K} = \int_A^{A+\dot{A}} x_i di = H_K^\alpha L_K^\beta A^{\alpha+\beta} K_K^{1-\alpha-\beta} \quad \text{mit} \quad H_K = \dot{A} H_j \quad \text{und} \quad L_K = \dot{A} L_j.$$

Wie die erste Ableitung nach  $A$  zeigt, impliziert Gleichung- (6), daß eine Erhöhung der Produktvielfalt bei konstantem Kapitalstock  $K$  den Output des Produktionsgütersektors erhöht.

Diese Art der Modellierung der Produktivitätswirkung der Produktionsgütervielfalt geht zurück auf Ethier (1982). Sie versucht die von Adam Smith aufgestellte Hypothese abzubilden, daß eine durch eine größere Anzahl von unterschiedlichen Produktionsmaschinen ermöglichte größere Arbeitsteilung die Produktivität erhöht ("Smith'sche Arbeitsteilungshypothese" im folgenden). Die Bedeutung dieser Modellierung für die Wachstumsrate der Modellökonomie wird im Abschnitt 3.4. diskutiert.

### 3.3. Der Konsumgütersektor

Im  $K$ -Sektor werden mit den Produktionsfaktoren Humankapital, Roharbeit, und dem Bestand an bereits vorhandenen Produktionsgütern Konsumgüter hergestellt. Rivera-Batiz/Romer (1991a) modellieren den  $K$ -Sektor mit der gleichen Produktionstechnologie wie den  $P$ -Sektor. Die aggregierte Produktionsfunktion des  $K$ -Sektors lautet demzufolge:

$$(7) \quad C = H_C^\alpha L_C^\beta \left( \int_0^A x_i^{1-\alpha-\beta} di \right)_C \quad \text{mit} \quad H_C = H - H_K - H_A \quad \text{und} \quad L_C = L - L_K.$$

Der wesentliche Unterschied zwischen der Produktionstechnologie des  $K$ -Sektors (Gleichung (7)) und des  $P$ -Sektors (Gleichung (2)) besteht darin, daß bei der Produktion der Konsumgüter die im F&E-Sektor hergestellten neuen Blaupausen,  $\dot{A}$ , nicht benötigt werden. Allerdings hat der Bestand an alten Blaupausen,  $A$ , wiederum den gleichen auf der Smith'schen Arbeitsteilungshypothese beruhenden, Produktivitätseffekt wie im  $P$ -Sektor.

### 3.4. Die aggregierte Produktionsfunktion des Produktions- und Konsumgütersektors

Aufgrund der Identität der Produktionstechnologien<sup>18</sup> des P- und K-Sektors und der Annahme konstanter Skalenerträge in H, L und K, kann der Output beider Sektoren wie folgt aggregiert werden:

$$(8) \quad Y = C + \dot{K} = H_T^\alpha L_T^\beta \left( \int_0^A x_i^{1-\alpha-\beta} di \right) = H_T^\alpha L_T^\beta A \bar{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Unter entsprechender Berücksichtigung von (5) kann für (8) geschrieben werden:

$$(9) \quad Y = H_T^\alpha L_T^\beta A^{\alpha+\beta} K^{1-\alpha-\beta}.$$

Die aggregierte Produktionsfunktion des P- und K-Sektors zeigt die Bedeutsamkeit der Wirkung der Produktionsgütervielfalt auf die Produktivität der Produktionsgüter für die Wachstumsrate der Modellökonomie: Die Annahme eines konstanten Grenzertrages des technischen Wissens im F&E-Sektor (Gleichung (1)) impliziert lediglich, daß der Output des F&E-Sektors im Steady State mit konstanter Rate wächst. Besäße die Produktionsgütervielfalt keine positive Wirkung auf die Produktivität der Produktionsgüter im P- und K-Sektor (dh. wäre  $dY/dA=0$ ), so würde der Output beider Sektoren im Steady State nicht wachsen: Die Wachstumsrate der Modellökonomie entspräche dann also lediglich der Wachstumsrate des Outputs des F&E-Sektors. Erst die explizite Modellierung der Smith'schen Arbeitsteilungshypothese führt also dazu, daß sich das endogene Wachstum des F&E-Sektors in den P- und K-Sektor überträgt und diese Sektoren ebenfalls endogenes Wachstum aufweisen.<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Die Identität der Produktionstechnologie impliziert, daß Produktionsgüter und Konsumgüter den gleichen Preis haben müssen, denn unterschiedliche Preise implizieren eine Arbitragegewinnmöglichkeit durch Umdichtung von Ressourcen aus dem Sektor mit dem niedrigeren Preis in den Sektor mit dem höheren Preis.

<sup>19</sup> Wie aus Gleichung (9) ersichtlich ist die Summe der Produktionselastizitäten der akkumulierbaren Produktionsfaktoren A und K in der aggregierten Produktionsfunktion des P- und K-Sektors gleich eins. Trotzdem kommt es im Rahmen dieses Modells nur dann zu endogenem Wachstum, wenn A in der Produktionsfunktion technischen Wissens (Gleichung (1)) einen nichtabnehmenden Grenzertrag besitzt (Der formale Nachweis, daß ein solches Modell für  $\gamma < 1$  nicht die Eigenschaft endogenen Wachstums besitzt findet sich in Maurer (1993)). Dies ist deshalb so, weil die durch die Arbeitsteilungshypothese bedingte Produktivitätswirkung der Produktivität, A, in die Produktionsfunktionen des P- und des K-Sektors nur als externer Effekt einget. Infolgedessen wird die produktivitätssteigernde Wirkung von A im P- und im K-Sektor den Produzenten von A nicht entlohnt, so daß sie diese bei ihrer Produktionsentscheidung nicht berücksichtigen. Deshalb lohnen sich permanente Investitionen in die

### 3.5. Der Konsumsektor

Im Konsumsektor entscheidet ein repräsentativer Haushalt durch die Aufteilung seines Einkommens auf Konsum und Sparen über die intertemporale Ressourcenallokation. Durch diese Entscheidung bestimmt er, wieviele Ressourcen in jeder Periode in den F&E- und P-Sektor zur Produktion von technischem Wissen bzw. von dauerhaften Produktionsgütern fließen (=Sparen), und wieviele Ressourcen in den Konsumgütersektor (=Konsum) fließen. Rivera-Batiz/Romer (1991a)/(1991b) postulieren eine CES-Nutzenfunktion folgenden Typs:

$$(10) \quad U_0 = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{c_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} dt \quad \text{mit } 0 < \sigma \leq \infty.$$

Dabei ist  $c_t$  der Konsum des repräsentativen Haushaltes in der Periode  $t$ ,  $\rho$  ist die Zeitpräferenzrate des repräsentativen Haushaltes,  $\sigma$  ist ein Präferenzparameter, der dem Inversen der intertemporalen Rate der Substitution entspricht und durch seinen Definitionsbereich die Konkavität der Nutzenfunktion sicher stellt.<sup>20</sup>

### 3.6. Die institutionellen Rahmenbedingungen

Die aggregierte Produktionsfunktion (9) hat konstante Skalenerträge in  $H$ ,  $L$  und  $K$ , aber zunehmende Skalenerträge wenn der Bestand an technischem Wissen  $A$  als weiterer Produktionsfaktor berücksichtigt wird. Folglich ist aufgrund des Euler'schen Additionstheorems eine Entlohnung aller Produktionsfaktoren gemäß ihrem Grenzwertprodukt nicht möglich. Eine Dezentralisierung der Modellökonomie unter der Annahme vollständigen Wettbewerbs ist also nicht möglich. Rivera-Batiz/Romer (1991a)/(1991b) postulieren deshalb institutionelle Rahmenbedingungen, die eine Dezentralisierung der Ökonomie bei monopolistischem Wettbewerb ermöglichen. Dabei unterstellen sie, daß ein Unternehmen des F&E-Sektors, das eine neue Blaupause für ein Produktionsgut hergestellt hat, dafür ein staatlich geschütztes, zeitlich unbefristetes Patent erhält, durch das es zur alleinigen Verwertung der Nutzungsrechte an der neuen Blaupause berechtigt wird. Die Verwertung der Nutzungsrechte an der neuen Blaupause kann entweder durch Verpachtung oder Verkauf der neuen Blaupause an ein Unternehmen des P-Sektors

---

Produktion technischen Wissens vom Standpunkt der Produzenten von  $A$  nur dann, wenn  $A$  nicht abnehmende Grenzerträge in der Produktionsfunktion technischen Wissens hat, dh. wenn  $\gamma \geq 1$  gilt.

<sup>20</sup> Für  $\sigma \rightarrow 1$  geht die Periodennutzenfunktion,  $\left( \frac{c_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} \right)$ , in eine logarithmische Nutzenfunktion über.

oder durch eigene Produktion des Produktionsgutes ausgeübt werden. In beiden Fällen ist das Unternehmen, das das neue Produktionsgut herstellt, alleiniger Anbieter für dieses Gut. Infolgedessen steht es einer fallenden Nachfragekurve der Unternehmen des K-Sektors gegenüber und kann den Monopolpreis für das neue Produktionsgut realisieren.

#### 4. Analyse des Wissenstransfer- und des Marktexpansionseffektes

Der *Wissenstransfereffekt* bezeichnet den Einfluß des internationalen Transfers technischen Wissens auf die Steady State Wachstumsrate eines Landes. Der Transfer von technischem Wissen zwischen zwei Ländern kann sich prinzipiell auf zwei verschiedene Arten abspielen: Zum einen kann technisches Wissen in *ungebundener Form* (z.B. in Form von Blaupausen, wissenschaftlichen Fachzeitschriften, wissenschaftlicher Beratung, oder auf internationalen wissenschaftlichen Konferenzen) transferiert werden. Zum anderen kann technisches Wissen in *gebundener Form* als in bestimmten Produktionsgütern inkorporiertes technisches Wissen transferiert werden. Je nachdem wie die Produktionsfunktionen der einzelnen Produktionssektoren spezifiziert werden, kann der Wissenstransfereffekt zu einem Anstieg der Produktivität in den einzelnen Produktionssektoren führen. Bei der Wissenskapitalspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors gemäß Gleichung (1) steigt die Produktivität der in diesem Sektor eingesetzten Produktionsfaktoren beim Übergang von Autarkie zu Freihandel nur, wenn er mit einem Transfer ungebundenen technischen Wissens verbunden ist. Bei der Forschungslaborspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors gemäß Gleichung (16) steigt die Produktivität der in diesem Sektor eingesetzten Produktionsfaktoren beim Übergang von Autarkie zu Freihandel nur, wenn er einen Transfer inkorporierten technischen Wissens ermöglicht. Ebenso steigt die Produktivität der im P- und K-Sektor eingesetzten Produktionsfaktoren beim Übergang von Autarkie zu Freihandel nur, wenn er einen Transfer inkorporierten technischen Wissens ermöglicht. Der Wissenstransfereffekt führt nur dann zu einer Erhöhung des Outputs des F&E-Sektors und damit zu einer Erhöhung der Steady State Wachstumsrate, wenn er dazu führt, daß die Produktivität der im F&E-Sektor eingesetzten Produktionsfaktoren stärker steigt als in den anderen Sektoren, so daß es beim Übergang von Autarkie zu Freihandel zu einer Reallokation von Produktionsfaktoren aus dem P- und K-Sektor in den F&E-Sektor kommt.

Der *Marktexpansionseffekt* bezeichnet den Einfluß einer Expansion der Absatzmärkte auf die Steady State Wachstumsrate eines Landes. Er resultiert in dem hier analysierten Modell aus den unter Abschnitt 3.6. beschriebenen institutionellen Rahmenbedingungen. Diese Rahmenbedingungen implizieren, daß die Unternehmen des P-Sektors Monopolgewinne

realisieren können, die größer Null sind. Dies führt dazu, daß sich bei einer Verdoppelung der Produktionsgüternachfrage auch die Monopolgewinne verdoppeln. Kommt es deshalb beim Übergang von Autarkie zu Freihandel zu einer Verdoppelung der Produktionsgüternachfrage so verdoppeln sich die Monopolgewinne der Produktionsgüterhersteller. Da die Unternehmen des F&E-Sektors die Monopolgewinne der Produktionsgüterhersteller durch den Verkauf ihrer Blaupausen vollständig abschöpfen können, steigt dadurch der Gewinn der Unternehmen des F&E-Sektors, so daß also beim Übergang von Autarkie zu Freihandel aufgrund des Marktexpansionseffektes ein Anreiz zur Erhöhung des Outputs des F&E-Sektors und damit zu einer Erhöhung der Steady State Wachstumsrate resultiert.

Wie die folgende Analyse zeigt, besteht eine starke Interdependenz zwischen der Auswirkung des Wissenstransfereffektes und des Marktexpansionseffektes auf die Steady State Wachstumsrate.

Die Analyse ist auf den Zwei-Länder-Fall beschränkt. Dabei wird unterstellt, daß vollkommene Symmetrie der handeltreibenden Länder herrscht, dh. es wird postuliert, daß Ressourcenausstattung, Produktionstechnologien und Präferenzen der Länder identisch sind. Unter dieser Annahme findet bei einem Freihandelsregime für Güter nur Handel mit unterschiedlichen Produktionsgütertypen,  $x_i$  statt, da aufgrund der Symmetrie kein Anreiz zu Konsumgüterhandel oder intertemporalem Kredithandel zwischen beiden Ländern besteht. Handel mit Produktionsgütern impliziert stets einen Transfer inkorporierten technischen Wissens. Es wird weiterhin unterstellt, daß, falls internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich ist, das ungebundene technische Wissen beider Länder (im folgenden  $\bar{A} = A^A + A^B$ , wobei  $A^A$  das in Land A vorhandene technische Wissen, und  $A^B$  das in Land B vorhandene technische Wissen bezeichnet) bei der Produktion von neuem technischen Wissen im F&E-Sektor kostenlos verfügbar ist. Diese Annahme impliziert, daß das ungebundene technische Wissen nicht nur auf nationaler Ebene sondern - falls internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich ist - auch auf internationaler Ebene positive externe Effekte hat.<sup>21</sup>

Die Ergebnisse der Analyse des Wissenstransfer- und Marktexpansionseffektes hängen entscheidend davon ab, welche Annahmen bezüglich der Produktionsfunktion des F&E-Sektors, des internationalen Transfers ungebundenen technischen Wissens, des Handelsregimes bei Produktionsgütern und des internationalen Patentschutzes gemacht

---

<sup>21</sup> Vgl. dazu die Interpretation von Gleichung (1).

werden. Die Tabellen 1 und 2 zeigen die sechzehn möglichen Kombinationen dieser Annahmen. Tabelle 1 beschreibt die möglichen Kombinationen im Fall der *Wissenskapitalspezifizierung* der Produktionsfunktion des F&E-Sektors (siehe Gleichung (1)). Tabelle 2 beschreibt die möglichen Kombinationen im Fall der *Forschungslaborspezifizierung* der Produktionsfunktion des F&E-Sektors (siehe Gleichung (16)).

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, resultiert bei Wissenskapitalspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors bei Abwesenheit freien internationalen Transfers ungebundenen technischen Wissens stets eine niedrigere Steady State Wachstumsrate als in den Fällen mit internationalem Transfer ungebundenen technischen Wissens und Gewährung internationalen Patentschutzes (vgl. Fall 2, 4, 6 und 8 mit Fall 1, und 5). Der freie Produktionsgüterhandel beeinflusst dagegen bei Gewährung internationalen Patentschutzes die Steady State Wachstumsrate des BIP nicht (vgl. Fall 1 und 5).

Herrscht jedoch bei Wissenskapitalspezifizierung der Produktionsfunktion technischen Wissens kein internationaler Patentschutz, so kann freier internationaler Produktionsgüterhandel zu einer niedrigeren Steady State Wachstumsrate führen als ein Verbot internationalen Produktionsgüterhandels (vgl. Fall 7 mit Fall 3). In beiden Fällen ist die Steady State Wachstumsrate jedoch niedriger als bei freiem Produktionsgüterhandel und perfektem internationalem Patentschutz.

Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, kann bei Forschungslaborspezifikation der Produktionsfunktion technischen Wissens die höchstmögliche Steady State Wachstumsrate des BIP nur dann erreicht werden, wenn freier Produktionsgüterhandel herrscht (Fall 1, 2 und 4 mit Fall 5, 6, 7 und 8). Allerdings kann die Steady State Wachstumsrate auch bei freiem Produktionsgüterhandel niedriger sein als bei vollkommener Autarkie, wenn kein internationaler Patentschutz gewährt wird (vgl. Fall 3 mit Fall 6 und 8).

Tabelle 1 - Auswirkung des Wissenstransfereffektes bei Wissenskapspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors auf Output des P- und K-Sektors und Steady State Wachstumsrate

		Internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens	Kein internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens
Internationaler Produktionsgüterhandel	Internationaler Patentschutz	<b>Fall 1</b> $\tilde{g} = \frac{2\delta H - \Lambda\rho}{1 + \Lambda\sigma}$ $Y_t = H_y L (2A_t^i)^{\alpha+\beta} K_t^{1-\alpha-\beta}$	<b>Fall 2</b> $\tilde{g} = \frac{\delta H - \Lambda\rho}{1 + \Lambda\sigma}$ $Y_t = H_y^\alpha L^\beta (2A_t^i)^{\alpha+\beta} K_t^{1-\alpha-\beta}$
	Kein internationaler Patentschutz	<b>Fall 3</b> $\tilde{g} = \frac{2\delta H - f(n)\rho}{1 + f(n)\sigma}$ $Y_t = H_y^\alpha L^\beta (2A_t^i)^{\alpha+\beta} K_t^{1-\alpha-\beta}$	<b>Fall 4</b> Lösung ist identisch mit Fall 2
Kein internationaler Produktionsgüterhandel	Internationaler Patentschutz	<b>Fall 5</b> $\tilde{g} = \frac{2\delta H - \Lambda\rho}{1 + \Lambda\sigma}$ $Y_t = H_y^\alpha L^\beta (A_t^i)^{\alpha+\beta} K_t^{1-\alpha-\beta}$	<b>Fall 6</b> $\tilde{g} = \frac{\delta H - \Lambda\rho}{1 + \Lambda\sigma}$ $\tilde{Y}_t = H_y^\alpha L^\beta (A_t^i)^{\alpha+\beta} K_t^{1-\alpha-\beta}$
	Kein internationaler Patentschutz	<b>Fall 7</b> $\tilde{g} = \frac{\delta H - \Lambda\rho}{0,5 + \Lambda\sigma}$ $Y_t = H_y^\alpha L^\beta (2A_t^i)^{\alpha+\beta} K_t^{1-\alpha-\beta}$	<b>Fall 8</b> Lösung ist identisch mit Fall 6

Tabelle 2 - Auswirkung des Wissenstransfereffektes bei Forschungslaborspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors auf Output des P- und K-Sektors und Steady State Wachstumsrate

		Internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens	Kein internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens
Internationaler Produktions- güterhandel	Internationaler Patent- schutz	<b>Fall 1</b> $\tilde{g}' = \frac{2^{\alpha+\beta} \Gamma H^\alpha L^\beta - \rho}{\sigma}$ $Y_t = H_y^\alpha L_y^\beta (2A_t')^{\alpha+\beta} K_{y,t}^{1-\alpha-\beta}$	<b>Fall 2</b> Lösung ist identisch mit Fall 1
	Kein internationaler Patent- schutz	<b>Fall 3</b> $\tilde{g}' = \frac{2^{\alpha+\beta} \Gamma (1-\alpha-\beta)^{-1+\alpha+\beta} H^\alpha L^\beta \left( \frac{m(\alpha)}{(f(n)-\alpha-\beta)(m(n)+\beta)} \right)^{\alpha+\beta} \frac{f(n)-\alpha-\beta}{f(n)} - \rho}{\sigma}$ $Y_t = H_y^\alpha L_y^\beta (2A_t')^{\alpha+\beta} K_{y,t}^{1-\alpha-\beta}$	<b>Fall 4</b> Lösung ist identisch mit Fall 1
Kein internationaler Produktions- güterhandel	Internationaler Patent- schutz	<b>Fall 5</b> $\tilde{g}' = \frac{\Gamma H^\alpha L^\beta - \rho}{\sigma}$ $Y_t = H_y^\alpha L_y^\beta (A_t')^{\alpha+\beta} K_{y,t}^{1-\alpha-\beta}$	<b>Fall 6</b> Lösung ist identisch mit Fall 5
	Kein internationaler Patent- schutz	<b>Fall 7</b> $\tilde{g}' = \frac{\Gamma H^\alpha L^\beta - \rho}{\sigma}$ $Y_t = H_y^\alpha L_y^\beta (2A_t')^{\alpha+\beta} K_{y,t}^{1-\alpha-\beta}$	<b>Fall 8</b> Lösung ist identisch mit Fall 5

Rivera-Batiz/Romer (1991b) analysieren Fall 1, 2 und 6 von Tabelle 1 sowie Fall 1 und 5 von Tabelle 2. Sie kommen dabei zu dem Ergebnis, daß *internationaler Produktionsgüterhandel nur bei Forschungslaborspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors die Steady State Wachstumsrate beeinflusst* (Tabelle 2). Wie ein Vergleich der Steady State Wachstumsrate von Fall 3 mit der von Fall 7 bei Wissenskapitalspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors (Tabelle 1) zeigt, gilt dieses Ergebnis nicht, wenn internationaler Patentschutz *nicht* gewährt wird. Die Analyse gliedert sich wie folgt: Zunächst wird in Abschnitt 4.1. der Wissenstransfer- und der Marktexpansionseffekt bei Wissenskapitalspezifizierung des F&E-Sektors analysiert. Im Anschluß erfolgt in Abschnitt 4.2. die gleiche Analyse für den Fall der Forschungslaborspezifizierung des F&E-Sektors.

#### *4.1. Der Wissenstransfer- und Marktexpansionseffekt bei Wissenskapitalspezifizierung des F&E-Sektors*

Die Analyse bei Wissenskapitalspezifizierung des F&E-Sektors erfolgt der besseren Darstellbarkeit halber in folgender Reihenfolge: Zunächst werden die Fälle mit garantiertem internationalen Patentschutz analysiert: Fall 6, Fall 2, Fall 1 und Fall 5. Dann werden die Fälle ohne internationalen Patentschutz analysiert: Fall 3, Fall 4, und Fall 7.<sup>22</sup> Wie sich zeigt, müssen in den Fällen 3 und 7 zusätzliche Annahmen bezüglich der rechtlichen Rahmenbedingungen getroffen werden, um die Steady State Lösung bestimmen zu können.

##### *4.1.1. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 6*

In Fall 6 herrscht vollständige Autarkie. Die Steady State Lösung dieses Falles dient bei der Analyse der übrigen Fälle als Vergleichsbasis für die Wirkungsweise des Wissenstransfer- und Marktexpansionseffektes.

In Fall 6 ist kein freier internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens und kein Produktionsgüterhandel möglich. Internationaler Patentschutz wird gewährt.

Die Gewährung internationalen Patentschutzes hat keinerlei Auswirkung auf die Steady State Lösung, da die Produktion redundanten Wissens, die bei Nichtgewährung von internationalem Patentschutz möglich ist, sich bei Abwesenheit von internationalem Wissenstransfer, sowieso nicht auswirken kann. Die Steady State Lösung von Fall 6 ist deshalb mit der von Fall 8 identisch. Sie wird in Anhang 1.1.1. hergeleitet. Wie sich zeigt,

---

<sup>22</sup> Fall 8 wird unter Fall 6 analysiert.

(Gleichungen (A.1.20) bis (A.1.22)), wachsen der aggregierte Output des P- und K- Sektors, Y, der aggregierte Konsum, C, der aggregierte Kapitalstock, K, und das technischen Wissen, A, mit der gleichen Steady State Wachstumsrate,  $\tilde{g}$ :

$$(11) \quad \tilde{g} = \frac{\delta H - \Lambda \rho}{\sigma \Lambda + 1} \quad \text{mit} \quad \Lambda = \frac{\alpha}{(1 - \alpha - \beta)(\alpha + \beta)}$$

Wie aus Gleichung (11) ersichtlich, ist die Steady State Wachstumsrate um so größer, je größer die Ausstattung der Volkswirtschaft mit Humankapital, H, und je "geduldiger" die Konsumenten sind, d.h. je niedriger die Zeitpräferenzrate,  $\rho$ , und je niedriger die Inverse der intertemporalen Substitutionsrate des Konsumes,  $\sigma$ .

Der Steady State Output wird durch die Ausstattung des Landes mit Roharbeit, L, und die im Steady State Menge des im P- und K-Sektor eingesetzten Humankapitals,  $H_Y$ , sowie durch den zum jeweiligen Zeitpunkt akkumulierten Bestand technischen Wissens,  $A_t$ , und den zum jeweiligen Zeitpunkt akkumulierten Bestand des Kapitalstocks,  $K_t$ , bestimmt:

$$(9) \quad Y_t^j = (H_Y)^\alpha L^\beta (A_t^j)^{\alpha+\beta} K_t^{1-\alpha-\beta} \quad \text{mit } j = A, B$$

#### 4.1.2. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 2

In Fall 2 ist kein freier internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens, aber freier Produktionsgüterhandel möglich. Internationaler Patentschutz wird gewährt. Fall 2 unterscheidet sich von Fall 6 also nur durch den freien Produktionsgüterhandel, der jetzt zwischen Land A und Land B möglich ist.

Der international garantierte Patentschutz impliziert, daß die Schnittmenge zwischen den Produktionsgütertypen, die in beiden Ländern hergestellt werden, leer ist ( $\{x_i \in A^A\} \cap \{x_i \in A^B\} = \{0\}$ ). Die postulierte Symmetrie der beiden Länder impliziert dann, daß die Anzahl der Produktionsgütertypen, also das inkorporierte technische Wissen, aufgrund des freien Produktionsgüterhandels doppelt so groß ist wie im Fall der Autarkie ( $\bar{A} = A^A + A^B = 2A^A = 2A^B$ ).

Dieser Anstieg der Produktionsgütervielfalt bei freiem Produktionsgüterhandel führt im Vergleich zum Autarkiefall zu einem höheren Niveau des Outputs des P- und K-Sektors. Denn im Vergleich zum Autarkiefall stehen jetzt doppelt so viele Produktionsgütertypen bei der Produktion im P- und K-Sektor zur Verfügung. Die aggregierte Produktionsfunktion

(Gleichung (9)) impliziert deshalb ein um den Faktor  $2^{\alpha+\beta}$  höheres Steady State Niveau des aggregierten Outputs des P- und K-Sektors als in Fall 6 und 8:

$$(9') \quad Y_t^j = (H_t^j)^\alpha L_t^\beta (2A_t^j)^{\alpha+\beta} K_t^{j-\alpha-\beta} \quad \text{mit } j = A, B$$

Diese Wirkungsweise des Produktionsgüterhandels basiert auf dem Wissenstransfereffekt. Der freie Handel mit Produktionsgütern ermöglicht den Transfer inkorporierten technischen Wissens in Form neuer Produktionsgüter. Dieser wiederum führt aufgrund der Modellierung der Smith'schen Arbeitsteilungshypothese in den Produktionsfunktionen des P- und K-Sektors zu einem Anstieg der Produktivität der in diesen Sektoren eingesetzten Produktionsfaktoren:<sup>23</sup>

Die im Vergleich zur Autarkie höhere Produktionsgütervielfalt hat dagegen keine Auswirkung auf die Steady State Wachstumsrate, wie in Anhang 1.1.2. formal gezeigt wird. Das ist darauf zurückzuführen, daß sich in Bezug auf die Steady State Wachstumsrate Wissenstransfereffekt und Marktexpansionseffekt gegenseitig neutralisieren: Der Wissenstransfereffekt führt aufgrund der Möglichkeit zu freiem Produktionsgüterhandel zu einem Transfer inkorporierten technischen Wissens, so daß sich das Grenzwertprodukt des Humankapitals im P- und K-Sektor verdoppelt (vgl. Gleichung (A.1.14')). Der Marktexpansionseffekt führt dazu, daß sich das Grenzwertprodukt des Humankapitals im F&E-Sektor ebenfalls verdoppelt. Diese Wirkungsweise des Marktexpansionseffektes beruht auf der folgenden Kausalkette: Die durch den freien Produktionsgüterhandel ermöglichte Marktexpansion, führt dazu, daß sich die Marktnachfrage bei jedem Produktionsgütertyp verdoppelt, so daß sich der Monopolgewinn der Produktionsgüterhersteller verdoppelt (vgl. Gleichung (A.1.3)). Da dieser Gewinn von den Unternehmen des F&E-Sektors durch den Verkauf ihrer Blaupausen vollständig abgeschöpft wird, verdoppelt sich im Vergleich zum Autarkiefall folglich auch der Preis einer Blaupause (vgl. Gleichung (A.1.32)). Dies führt dann dazu, daß sich das Grenzwertprodukt des Humankapitals auch in der Produktionsfunktion des F&E-Sektors verdoppelt. Wissenstransfereffekt und Marktexpansionseffekt führen also dazu, daß das Grenzwertprodukt des Humankapitals im F&E-Sektor und im P- und K-Sektor im Vergleich zum Autarkiefall um den gleichen Betrag ansteigen. Folglich besteht kein Anreiz zu einer Reallokation des Humankapitals im Vergleich zum Autarkiefall, so daß der Output des F&E-Sektors sich im Vergleich zum Autarkiefall nicht verändert. Da der Output des F&E-Sektors aber die Steady State

---

<sup>23</sup> Vgl. die Interpretation von Gleichung (3).

Wachstumsrate determiniert, kommt es im Vergleich zum Autarkiefall nicht zu einer Veränderung der Steady State Wachstumsrate.

#### 4.1.3. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 1:

In Fall 1 ist freier internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens und Produktionsgüterhandel möglich. Internationaler Patentschutz wird gewährt.

Der international garantierte Patentschutz impliziert, daß die Schnittmenge zwischen den Produktionsgütertypen, die in beiden Ländern hergestellt werden leer ist ( $\{x_i \in A^A\} \cap \{x_i \in A^B\} = \{0\}$ ). Die postulierte Symmetrie der beiden Länder impliziert, daß die Anzahl der Produktionsgütertypen, also das inkorporierte technische Wissen, aufgrund des freien Produktionsgüterhandels doppelt so groß ist wie im Autarkiefall. Der freie Transfer ungebundenen Wissens impliziert, daß auch das in beiden Ländern bei der Produktion von neuem technischen Wissen im F&E-Sektor zur Verfügung stehende technische Wissen doppelt so groß ist wie im Autarkiefall.

Der Wissenstransfereffekt hat die gleiche Auswirkung auf den Steady State Output des P- und K-Sektors wie in Fall 2: Der Transfer inkorporierten technischen Wissens führt zu einem Anstieg der Produktionsgütervielfalt, der wiederum zu einem höheren Niveau des Outputs des P- und K-Sektors als im vergleichbaren Fall ohne Produktionsgüterhandel (Fall 5) führt<sup>24</sup>. Diese Wirkung der Produktionsgütervielfalt wurde bereits im vorangegangenen Abschnitt bei der Analyse von Fall 2 beschrieben (vgl. Gleichung (9)).

Im Unterschied zu Fall 2 führt der Wissenstransfereffekt aufgrund der Möglichkeit zu freiem Transfer ungebundenen technischen Wissens jedoch auch zu einer Verdoppelung des bei der Produktion von neuem technischen Wissen im F&E-Sektor eingesetzten technischen Wissens. Dadurch kommt es dann im Vergleich zum Autarkiefall zu einem Anstieg des *physischen* Grenzproduktes des Humankapitals im F&E-Sektor auf das Doppelte (vgl. Gleichung (A.1.12')). Wie in Fall 2 bewirkt nun der Marktexpansionseffekt im Vergleich zum Autarkiefall einen Anstieg des Preises einer Blaupause auf das Doppelte (vgl. Gleichung

---

<sup>24</sup> Ein Vergleich des Steady State Outputs in Fall 1 mit dem im Autarkiefall (Fälle 6 und 8) ist nicht möglich, da die Differenzen zwischen den Faktoreinsatzmengen der beiden Fälle ohne quantitative Kenntnis der Strukturparameter des Modells nicht bestimmt werden können. Da der Steady State Output in Fall 1 schneller wächst als im Autarkiefall, existiert aber mit Sicherheit ein Zeitpunkt,  $t$ , ab dem der Steady State Output in Fall 1 größer ist als im Autarkiefall.

(A.1.33)). Beide Effekte zusammen haben zur Folge, daß sich das Grenzwertprodukt des Humankapitals im F&E-Sektor vervierfacht (vgl. Gleichung (A.1.13')).

Wie in Fall 2 führt der Wissenstransfereffekt aufgrund des durch den freien Produktionsgüterhandel ermöglichten Transfers inkorporierten technischen Wissens im Vergleich zum Autarkiefall zu einer Verdopplung des Grenzwertproduktes des Humankapitals im P- und K-Sektor (vgl. Gleichung (A.1.14')).

Im Vergleich zum Autarkiefall steigt die Grenzproduktivität des Humankapitals im F&E-Sektor also stärker an als im P- und K-Sektor. Folglich kommt es im Vergleich zum Autarkiefall zu einer Reallokation von Humankapital aus dem P- und K-Sektor in den F&E-Sektor, so daß der Output des F&E-Sektors im Vergleich zum Autarkiefall auf mehr als das Doppelte steigt. Dies führt dann dazu, daß, wie in Anhang 1.1.3 formal dargestellt, auch die Steady State Wachstumsrate im Vergleich zum Autarkiefall auf mehr als das Doppelte steigt.<sup>25</sup>

$$(12) \quad \hat{g} = \frac{2\delta H - \Delta p}{1 + \sigma\Lambda} > 2\bar{g}$$

#### 4.1.4. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 5

In Fall 5 ist freier internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich, aber kein Produktionsgüterhandel. Internationaler Patentschutz wird gewährt.<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> Wie aus der Formel für die Steady State Wachstumsrate bei freiem Transfer ungebundenen technischen Wissens (Gleichung (12)) ersichtlich, ist die Steady State Wachstumsrate bei freiem Transfer ungebundenen technischen Wissens genau so hoch wie die Steady State Wachstumsrate in einer geschlossenen Volkswirtschaft, die den doppelten Humankapitalbestand eines der hier betrachteten Länder besitzt. Wie aus Gleichung (9) ersichtlich, ist das Steady State Output bei freiem Produktionsgüterhandel genau so hoch wie das Steady State Output in einer geschlossenen Volkswirtschaft, die den doppelten Roharbeit- und Humankapitalbestand eines der hier betrachteten Länder besitzt. Da die aggregierte Produktionsfunktion des P- und K-Sektors und die Produktionsfunktion des F&E-Sektors konstante Skalenerträge in den Produktionsfaktoren L, H und K besitzt (vgl. die Gleichungen (9) und (1)), hat freier Transfer ungebundenen technischen Wissens und freier Produktionsgüterhandel die gleiche Wirkung wie die Einführung vollständiger Faktormobilität zwischen beiden Ländern. Man kann deshalb auch sagen, daß freier Produktionsgüterhandel bei Wissenskapitalspezifizierung des F&E-Sektors zu vollständiger Integration der Volkswirtschaften beider Länder führt. Deshalb werden die hier beschriebenen Effekte von Rivera-Batiz/Romer (1991b) auch unter dem Begriff Integrationseffekt zusammengefaßt.

<sup>26</sup> Dieser Fall wird von Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nicht berücksichtigt.

Der international garantierte Patentschutz impliziert, daß die Schnittmenge zwischen den Produktionsgütertypen, die in beiden Ländern hergestellt werden leer ist ( $\{x_i \in A^A\} \cap \{x_i \in A^B\} = \{0\}$ ). Die postulierte Symmetrie der beiden Länder und der freie internationale Transfer ungebundenen technischen Wissens impliziert, daß das in beiden Ländern bei der Produktion von neuem technischen Wissen im F&E-Sektor zur Verfügung stehende technische Wissen doppelt so groß wie im Fall der Autarkie ist.

Der Wissenstransfereffekt bleibt unter diesen Annahmen auf den Transfer von ungebundenem technischen Wissen beschränkt. Da kein Produktionsgüterhandel zwischen beiden Ländern möglich ist, kann es keinen Transfer inkorporierten technischen Wissens geben. Deshalb kommt es zu einem niedrigeren Niveau des aggregierten Outputs des P- und K-Sektors als in Fall 1.<sup>27</sup> Jedes Land produziert im P- und K-Sektor nur mit dem jeweils eigenen Produktionsgüterset,  $A^j$  mit  $j = A, B$ . Das Produktivitätspotential, das bei freiem Produktionsgüterhandel aufgrund der Modellierung der Smith'schen Arbeitsteilungshypothese im Vergleich zum Autarkiefall zu einem Anstieg des aggregierten Outputs des P- und K-Sektor auf das  $2^{\alpha+\beta}$ -fache führen würde, bleibt ungenutzt.

Wie in Fall 1 führt der Wissenstransfereffekt aufgrund der Möglichkeit zu freiem Transfer ungebundenen technischen Wissens jedoch zu einer Verdopplung des bei der Produktion von neuem technischen Wissen im F&E-Sektor eingesetzten technischen Wissens. Dadurch kommt es dann im Vergleich zum Autarkiefall zu einem Anstieg des *physischen* Grenzproduktes des Humankapitals im F&E-Sektor auf das Doppelte (vgl. Gleichung (A.1.12')). Anders als in Fall 2 kommt es jedoch, weil kein freier Produktionsgüterhandel möglich ist, nicht zu einem Marktexpansionseffekt. Deshalb ist der Preis einer Blaupause in Fall 5 gleich dem Preis einer Blaupause im Autarkiefall. Das Grenzwertprodukt des Humankapitals im F&E-Sektor steigt deshalb also lediglich, wegen der Verdopplung des physischen Grenzproduktes, auf das Doppelte (vgl. Gleichung (A.1.13')).

Da der Wissenstransfereffekt auf den Transfer von ungebundenem, technischen Wissen beschränkt bleibt, kommt es im Vergleich zum Autarkiefall nicht zu einem Anstieg des Grenzwertproduktes des Humankapitals im P- und K-Sektor.

---

<sup>27</sup> Ein Vergleich des Steady State Outputs in Fall 5 mit dem im Autarkiefall (Fälle 6 und 8) ist nicht möglich, da die Differenzen zwischen den Faktoreinsatzmengen der beiden Fälle ohne quantitative Kenntnis der Strukturparameter des Modells nicht bestimmt werden können. Da der Steady State Output in Fall 5 schneller wächst als im Autarkiefall, existiert aber mit Sicherheit ein Zeitpunkt,  $t$ , ab dem der Steady State Output in Fall 5 größer ist als im Autarkiefall.

Im Vergleich zum Autarkiefall steigt die Grenzproduktivität des Humankapitals im F&E-Sektor also stärker an als im P- und K-Sektor. Folglich kommt es im Vergleich zum Autarkiefall zu einer Reallokation von Humankapital aus dem P- und K-Sektor in den F&E-Sektor, so daß der Output des F&E-Sektors im Vergleich zum Autarkiefall auf mehr als das Doppelte steigt. Dies führt dann dazu, daß, wie in Anhang 1.1.3 formal dargestellt, auch die Steady State Wachstumsrate im Vergleich zum Autarkiefall auf mehr als das Doppelte auf das gleiche Niveau wie in Fall 1 steigt:

Wie der Vergleich von Fall 5 mit Fall 1 zeigt, hat der Produktionsgüterhandel bei Wissenskapitalspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors und bei Gewährung internationalen Patentschutzes offensichtlich keinen Einfluß auf die Steady State Wachstumsrate.<sup>28</sup>

#### 4.1.5. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 3

In Fall 3 ist internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens und freier Produktionsgüterhandel möglich. Es aber wird *kein internationaler* Patentschutz sondern *nur nationaler* Patentschutz gewährt.<sup>29</sup>

Die Nichtgewährung internationalen Patentschutzes hat zur Folge, daß ein Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B), das eine Blaupause erfunden hat, diese lediglich in Land A (B) an einen (oder mehrere) Produktionsgüterhersteller verkaufen (oder verpachten) kann. Da internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich ist, kann es nichts

---

<sup>28</sup> Rivera-Batiz/Romer (1991a) zeigen allerdings, daß dieses Ergebnis nur für die Extremfälle "Internationaler Produktionsgüterhandel" und "Kein internationaler Produktionsgüterhandel gilt". Sie zeigen, daß bei Einführung eines in beiden Ländern identischen Importzolls für Produktionsgüter die Steady State Wachstumsrate eine nichtmonotone Funktion der Höhe des Importzolls ist. Für relativ kleine Zollsätze sinkt die Steady State Wachstumsrate zunächst unter ihr Niveau in Fall 1, um dann bei einem prohibitiven Importzollsatz von unendlich, also im Fall ohne Produktionsgüterhandel (Fall 5), wieder das Niveau von Fall 1 zu erreichen. Dies ist eine Folge der Art und Weise, wie der Importzoll das Grenzwertprodukt des Humankapitals im F&E-Sektor und im P- und K-Sektor beeinflußt. Bei einem relativ kleinen Importzoll sinkt das Grenzprodukt des Humankapitals im F&E-Sektor im Vergleich zum Autarkiefall unter das Niveau im P- und K-Sektor, so daß es im Vergleich zum Autarkiefall zu einer Reallokation von Humankapital aus dem F&E-Sektor in den P- und K-Sektor kommt. Tendiert der Importzoll jedoch gegen unendlich, so sinkt das Grenzwertprodukt des Humankapitals im P- und K-Sektor schließlich auf sein Autarkieniveau, während das Grenzwertprodukt im F&E-Sektor aufgrund der Möglichkeit des Transfers ungebundenen technischen Wissens gegen ein Niveau tendiert, das doppelt so hoch ist wie im Autarkiefall, so daß es also im Vergleich zum Autarkiefall zu einer Reallokation von Humankapital aus dem P- und K-Sektor in den F&E-Sektor kommt.

<sup>29</sup> Dieser Fall wird von Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nicht berücksichtigt.

dagegen unternehmen, daß Produktionsgüterhersteller in Land B (A) seine Blaupause zur Herstellung des Produktionsgutes verwenden. Es ist jedoch noch unbestimmt, wieviele Produktionsgüterhersteller des Landes B (A) diese Blaupause zur Herstellung eines Produktionsgutes verwenden können. Die Anzahl der Produktionsgüterhersteller des Landes B (A), die eine Blaupause, die in Land A (B) hergestellt wurde, zur Produktion eines Produktionsgutes verwenden, hängt von den eigentumsrechtlichen Regelungen bezüglich ausländischer Blaupausen in Land B (A) ab. Um die Steady State Lösung in Fall 3 bestimmen zu können müssen, deshalb zusätzliche Annahmen über die institutionellen Rahmenbedingungen in Land B (A) bezüglich der Eigentumsrechte ausländischer Blaupausen getroffen werden. Im im folgenden wird deshalb angenommen, daß in Land B (A) vom Staat für jede in Land A (B) hergestellte Blaupause,  $n$  Eigentumsrechte verkauft werden, die die Herstellung dieses Gutes in Land B (A) erlauben. Es wird dabei postuliert, daß der Staat die Eigentumsrechte zu ihrem Marktwert,  $p_A$ , verkauft, und die Erlöse in Form von negativen Kopfsteuern an die Konsumenten verteilt. Wie sich zeigen wird, ist es für das Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B), das eine Blaupause erfunden hat, nicht mehr gewinnmaximierend in Land A (B) nur *ein* Eigentumsrecht zur Herstellung eines Produktionsgutes zu verkaufen, sobald der Staat von Land B (A)  $n > 0$  wählt. Stattdessen ist es für ihn gewinnmaximierend  $m > 1$  Eigentumsrechte in Land A (B) zu verkaufen, sobald  $n > 0$  ist. Der freie Produktionsgüterhandel zwischen Land A und Land B impliziert dann, daß auf dem Markt jedes Produktionsgutes insgesamt  $n+m$  Anbieter präsent sind. Es wird ferner unterstellt, daß diese  $n+m$  Anbieter sich nichtkooperativ verhalten und teilspielperfekte Nash Gleichgewichtsstrategien spielen.

Aus diesem eigentumsrechtlichen Szenario resultiert ein zweistufiges Spiel. Auf der ersten Stufe entscheiden die Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B) und der Staat des Landes B (A) über die Anzahl der Eigentumsrechte, die sie pro Blaupause verkaufen. Dabei wird die Anzahl der Produktionsgüterhersteller pro Produktionsgut,  $m+n$ , bestimmt. Auf der zweiten Stufe entscheiden die  $m+n$  Hersteller des jeweiligen Produktionsgutes über die Menge, die sie von diesem Produktionsgut verkaufen. Dabei wird die insgesamt angebotene Menge des Produktionsgutes,  $\hat{x}_i = \sum_k^m \hat{x}_{i,k} + \sum_1^n \hat{x}_{i,1}$ , bestimmt.

Wie in Anhang, 1.1.5. hergeleitet ist die Steady State Wachstumsrate unter diesen Annahmen eine negative Funktion der Anzahl der Eigentumsrechte,  $n$ , die der Staat des Landes B (A) pro Blaupause eines F&E Unternehmens des Landes A (B) verkauft.<sup>30</sup>

$$(13) \quad \tilde{g} = \frac{2\delta H - (f(n))^{1+\alpha+\beta} \Lambda \rho}{1 + (f(n))^{1+\alpha+\beta} \Lambda \sigma} \quad \text{mit} \quad \frac{\delta f(n)}{\delta n} < 0$$

Für  $n=0$  resultiert für  $f(n)$  ein Wert von 1 (vgl. Anhang 1.1.5.) so daß die Steady State Wachstumsrate gleich der Steady State Wachstumsrate bei freiem Transfer ungebundenen technischen Wissens und internationalem Patentschutz ist (vgl. Gleichung (12)). Für  $n \rightarrow \infty$  geht die Wachstumsrate gegen  $-1$ .<sup>31</sup> Je schlechter also der internationale Patentschutz, d.h. je größer  $n$ , desto niedriger ist die Steady State Wachstumsrate beider Länder.<sup>32</sup>

<sup>30</sup> Diese Steady State Wachstumsrate resultiert unter Annahme eines Stackelberg-Szenarios, in dem der Staat des Landes A(B) der Stackelbergführer und die F&E-Unternehmen des Landes B (A) die Stackelbergfolger sind. Dabei wird unterstellt, daß das  $n$ , das der Staat des Landes A (B) wählt, Ergebnis eines politökonomischen Rent-Seeking Prozesses ist, so daß  $n$  aus Sicht eines F&E-Unternehmens des Landes B (A) exogen gegeben ist. Das hat den analytischen Vorteil, daß die Steady State Wachstumsrate als Funktion von  $n$  hergeleitet werden kann. In Anhang 1.1.5. wird auch die Steady State Wachstumsrate für den Fall hergeleitet, in dem der Staat des Landes A(B) versucht seine Einnahmen aus dem Verkauf ausländischer Blaupausen zu maximieren. In diesem Fall resultiert in Abhängigkeit von den Produktionselastizitäten  $\alpha$  und  $\beta$  ein Nash Gleichgewichtspunkt  $(n^*, m^*)$ . Für  $\alpha=\beta>0.3$  ist  $(n^*, m^*) = (1, 1)$ , so daß auf jedem Produktionsgütermarkt ein Duopol herrscht, und die Steady State Wachstumsrate gleich der in Fall 7 ist (vgl. Gleichung (14)). Die Wachstumsrate in Fall 7 ist niedriger als bei garantiertem internationalen Patentschutz (Fall 1) aber höher als im Autarkiefall (vgl. Gleichung (15)).

<sup>31</sup> Wie aus Gleichung (A.1.17) ersichtlich konvergiert der Marktzins für  $n \rightarrow \infty$  gegen Null. Die Gleichung für die optimale Veränderungsrate des Konsumes (Gleichung (A.1.30)) impliziert bei einem Zinsniveau von Null ein permanentes Entsparen der Haushalte. Kann der bereits installierte Kapitalstock nicht konsumiert werden, und gibt es, wie in diesem Modell unterstellt, keinen Kapitalverschleiß, so konvergiert die Wachstumsrate gegen Null, wenn  $n \rightarrow \infty$ . In dem Fall, daß der bereits installierte Kapitalstock wieder abgebaut und zu Konsumzwecken verwendet werden kann, konsumieren die Haushalte bei einem Zinssatz von Null den gesamten Kapitalstock, so daß eine negative Wachstumsrate resultiert. Ist der Kapitalstock gänzlich konsumiert, resultiert wiederum Nullwachstum.

<sup>32</sup> Wie Helpman (1992) zeigt, ist dieses Ergebnis nicht robust hinsichtlich der Symmetrie-Annahme und der Annahme, daß vollständiger Transfer ungebundenen Wissens möglich ist. Unterstellt man ein asymmetrisches Nord-Süd Modell, in dem aufgrund nichtidentischer Produktionsfunktionen [Die Produktionsfunktionen sind bei Helpman (1992) deshalb nicht identisch, weil nur der Norden die Produktionstechnologie zur Herstellung von Blaupausen zur Herstellung von Produktionsgütern besitzt.] das Faktorpreisausgleichtheorem nicht gilt, so daß das Lohnniveau im Süden auch im Steady State niedriger ist als im Norden, und unterstellt man ferner, daß der Süden pro Zeitintervall *nur einen* Procentsatz  $m$  dt der Blaupausen die im Norden insgesamt hergestellt worden sind imitieren kann (also *vollständiger* Transfer nichtgebundenen technischen Wissens wie in Fall 3 *nicht* möglich ist), dann existiert ein Intervall  $m \in [0, m_{\max}]$ , innerhalb dessen ein Anstieg von  $m$  (d.h. eine "Lockerung" des

Die ökonomische Ursache für diesen Zusammenhang liegt in der Beeinflussung des Marktexpansionseffektes durch die Patentpolitik des Auslandes. Der Wissenstransfereffekt wird dagegen in seiner Wirkung von der ausländischen Patentpolitik nicht beeinflusst. Der Wissenstransfereffekt führt aufgrund der Möglichkeit zu internationalem Transfer technischen Wissens sowohl im F&E-Sektor (Gleichung (A.1.12')) als auch im P- und K-Sektor (Gleichung (A.1.14')) zu einer Verdopplung des Grenzwertproduktes des Humankapitals. Er bewirkt also keine Reallokation von Humankapital aus dem P- und K-Sektor in den F&E-Sektor. Die Auswirkung des Marktexpansionseffektes auf den Output des F&E-Sektors ist von  $n$  abhängig. Der Marktexpansionseffekt kommt nur dann vollständig zur Wirkung, wenn der Staat des Landes B (A)  $n = 0$  wählt, also de facto internationalen Patentschutz gewährleistet. In diesem Fall verdoppelt sich, wie in Fall 1, aufgrund des freien Produktionsgüterhandels der Gewinn, den ein Produktionsgüterhersteller mit einem Produktionsgütertyp erzielen kann, so daß sich auch der Preis einer Blaupause verdoppelt und damit das Grenzwertprodukt des Humankapitals im F&E-Sektor vervierfacht. Es tritt dann im Vergleich zum Autarkiefall die gleiche Reallokation von Humankapital aus dem P- und K-Sektor in den F&E-Sektor ein, so daß sich der Output des F&E-Sektors mehr als verdoppelt und damit ebenfalls einen Anstieg der Steady State Wachstumsrate auf mehr als das Doppelte bewirkt. Wählt der Staat des Landes B (A) jedoch  $n = 1$ , so wird der Marktexpansionseffekt vollständig eliminiert. In diesem Fall ist  $f(n) = 2$ , d.h. auf dem Markt jedes Produktionsgütertyps herrscht ein Duopol, das den Gewinn der Produktionsgüterhersteller auf das Autarkieniveau drückt, so daß der Preis einer Blaupause gleich dem im Autarkiefall ist (vgl. Gleichung (A.1.44)). Es kommt also im Vergleich zum Autarkiefall nicht zu einer

---

internationalen Patentschutzes) zu einem Anstieg der globalen Innovationsrate  $g = \hat{n}/n$  führen kann. Dieses Ergebnis resultiert, weil aufgrund des niedrigeren Lohnniveaus imitierte Produkte nur im Süden hergestellt werden. Dadurch sinkt die Faktornachfrage des Produktionsgütersektors im Norden, so daß relativ mehr Produktionsfaktoren im F&E-Sektor eingesetzt werden. Dadurch steigt der Output des F&E-Sektors, so daß auch die Steady State Wachstumsrate steigt (Gäbe es dagegen auch im Süden einen F&E-Sektor, so würde eine Verlagerung der Produktionsgüterherstellung in den Süden zu einem Rückgang des Outputs des F&E-Sektors im Süden führen. Die Auswirkung einer Lockerung des Patentschutzes auf die globale Steady State Wachstumsrate könnte dann auch negativ sein). Es existiert jedoch in diesem Modell auch ein  $\bar{m} > m_{\max}$ , so daß der Gewinn der Produktionsgüterhersteller des Nordens null ist, und folglich der Preis einer Blaupause ebenfalls null ist (vgl. Helpman (1992), Gleichung (21)), so daß kein Anreiz zur Herstellung von Blaupausen existiert und folglich die Steady State Wachstumsrate ebenfalls gleich null ist. Die Frage, ob internationaler Patentschutz bei freiem Produktionsgüterhandel die Steady State Wachstumsrate negativ oder positiv beeinflusst, läßt sich nur empirisch entscheiden: Falls  $m \in [0, m_{\max}]$ , kann eine Lockerung des internationalen Patentschutzes die globale Steady State Wachstumsrate positiv beeinflussen, falls  $m > m_{\max}$ , kann einer Lockerung des internationalen Patentschutzes die globale Steady State Wachstumsrate negativ beeinflussen.

Reallokation von Humankapital aus dem P- und K-Sektor in den F&E-Sektor. Da allerdings der Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich ist, kommt es bei  $n = 1$  im Vergleich zum Autarkiefall trotzdem noch zu einem Anstieg des Steady State Outputs des F&E-Sektors. Die Steady State Wachstumsrate steigt in der Folge im Vergleich zum Autarkiefall auf das Niveau von Fall 7 (s. Gleichung (14)). Sie ist dann also höher als im Autarkiefall aber niedriger als bei garantiertem internationalen Patentschutz (s. Gleichung (15)). Für  $n > 1$  sinkt der Gewinn eines Produktionsgüterherstellers und damit auch der Preis einer Blaupause unter das Niveau im Autarkiefall. Es kommt dann also im Vergleich zum Autarkiefall zu einer Reallokation von Humankapital aus dem F&E-Sektor in den P- und K-Sektor. Man könnte in diesem Fall von einem negativen Marktexpansionseffekt sprechen. In der Folge sinkt die Steady State Wachstumsrate unter das Niveau in Fall 7. Je stärker  $n$  steigt, desto mehr Humankapital fließt im Vergleich zum Autarkiefall aus dem F&E-Sektor in den P- und K-Sektor so daß die Steady State Wachstumsrate immer weiter sinkt. Für  $n \rightarrow \infty$  geht der Gewinn der Produktionsgüterhersteller gegen Null und damit auch der Preis einer Blaupause. Dadurch konvergiert auch die Grenzproduktivität des Humankapitals im F&E-Sektor gegen einen Grenzwert von Null, so daß im Limit kein Humankapital im F&E-Sektor eingesetzt wird und kein neues technisches Wissen mehr produziert wird.

Wie in Anhang 1.1.5 gezeigt, ist der Steady State Output des P- und K-Sektors - im Gegensatz zur Steady State Wachstumsrate - eine positive Funktion von  $n$ .<sup>33</sup> Dies ist, wie im vorangegangenen Abschnitt dargelegt, darauf zurückzuführen, daß mit steigendem  $n$  immer mehr Humankapital aus dem F&E-Sektor in den P- und K-Sektor umgeschichtet wird.

#### 4.1.6. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 7

In Fall 7 ist internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich, aber kein Produktionsgüterhandel. Es wird *kein internationaler* Patentschutz sondern *nur nationaler* Patentschutz gewährt.<sup>34</sup>

---

<sup>33</sup> Ein Vergleich des Steady State Outputs des P- und K-Sektors in Fall 3 mit dem Steady State Output des P- und K-Sektors einer der anderen Fälle ist nicht möglich, weil die Steady State Wachstumsrate in Fall 3 im Gegensatz zu allen anderen Fällen von  $n$  abhängt, so daß die Faktoreinsatzmengen von  $A_1$  und  $K_1$ , die mit der Steady State Wachstumsrate wachsen (vgl. Gleichungen (A.4.18) und (A.4.20)) für ein bestimmten Zeitpunkt,  $t$ , sich stets von den Faktoreinsatzmengen anderer Fälle unterscheiden.

<sup>34</sup> Dieser Fall wird von Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nicht berücksichtigt.

Die Nichtgewährung internationalen Patentschutzes hat - wie schon in Fall 3 - zur Folge, daß ein Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B), das eine Blaupause erfunden hat, diese lediglich in Land A (B) an einen (oder mehrere) Produktionsgüterhersteller verkaufen (oder verpachten) kann. Da internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich ist, kann es nichts dagegen unternehmen, daß Produktionsgüterhersteller in Land B (A) seine Blaupause zur Herstellung des Produktionsgutes verwenden. Unterstellt man die gleichen eigentumsrechtlichen Rahmenbedingungen wie in Fall 3, dann hat jetzt der Verkauf von Eigentumsrechten eines F&E-Unternehmens des Landes A (B) durch den Staat des Landes B (A) an Produktionsgüterproduzenten des Landes B (A) *keinen* Einfluß auf den Umsatz des F&E-Unternehmens des Landes A (B). Dieses Ergebnis resultiert in Fall 7, weil nunmehr kein Produktionsgüterhandel möglich ist. Die Abwesenheit internationalen Produktionsgüterhandels hat zur Folge, daß ein F&E-Unternehmen des Landes A (B), das eine Blaupause zur Herstellung eines neuen Produktionsgütertyps erfunden hat, die Anzahl der Produktionsgüterhersteller die diesen Produktionsgütertyp auf dem Markt von Land A (B) verkaufen, selbst bestimmen kann. Der Staat des Landes B (A) hat - unabhängig davon wieviele Eigentumsrechte,  $n$ , er in Land B (A) verkauft - keinen Einfluß auf die Anzahl der Produktionsgüterhersteller auf dem Markt von Land A (B). Infolgedessen kann das F&E-Unternehmen des Landes A (B) die Anzahl von Produktionsgüterhersteller,  $m$ , wählen, die seinen Umsatz maximiert. Wie in Anhang 1.1.5. gezeigt, ist die umsatzmaximale Anbieterzahl für  $n = 0$  gleich eins. Das F&E-Unternehmen maximiert seinen Umsatz also dadurch, daß es - wie im Autarkiefall und bei Gewährung internationalen Patentschutzes (Fälle 1, 2, 5, 6) - seine Blaupause lediglich an einen Produktionsgüterhersteller verkauft (oder verpachtet).

Wie in Anhang 1.1.6. hergeleitet, entspricht die Steady State Wachstumsrate unter diesen Annahmen:

$$(14) \quad \ddot{g} = \frac{2\delta H - 2\Lambda\rho}{1 + 2\Lambda\sigma}$$

Wie in Anhang 1.1.8 gezeigt, besteht zwischen dieser Steady State Wachstumsrate und den Steady State Wachstumsraten im Autarkiefall,  $\check{g}$ , und im Fall freien Produktionsgüterhandels und internationalen Transfers ungebundenen technischen Wissens bei international garantiertem Patentschutz (Fall 1),  $\hat{g}$ , die folgende Rangfolge:

$$(15) \quad \hat{g} > \ddot{g} > \check{g}$$

Dieses Ergebnis ist darauf zurückzuführen, daß aufgrund der Unmöglichkeit zu internationalem Produktionsgüterhandel kein Marktexpansionseffekt auftreten kann, so daß der Preis einer Blaupause gleich dem im Autarkiefall ist (vgl. Gleichung (A.1.11)). Der Wissenstransfereffekt bewirkt jedoch aufgrund des internationalen Transfers ungebundenen technischen Wissens eine Verdopplung des physischen Grenzproduktes des Humankapitals im F&E-Sektor. Damit verdoppelt sich also auch das Grenzwertprodukt des Humankapitals im F&E-Sektor im Vergleich zum Autarkiefall. Da die Patentpolitik des Staates des Landes B (A) bewirkt, daß jeder Produktionsgütertyp, dessen Blaupause in Land A (B) hergestellt wurde, von einem Produktionsgüterhersteller in Land B (A) produziert wird, ist die Produktionsgütervielfalt genau so groß, wie bei freiem internationalem Produktionsgüterhandel. Deshalb kommt es also auch im P- und K- Sektor im Vergleich zum Autarkiefall zu einer Verdopplung des Grenzwertproduktes des Humankapitals. Da sich die Relation der Grenzwertprodukte des Humankapitals im F&E-Sektor und im P- und K- Sektor nicht verändert, resultiert im Vergleich zum Autarkiefall keine Reallokation von Humankapital aus dem P- und K-Sektor in den F&E-Sektor. Da der Wissenstransfereffekt aufgrund des Transfers ungebundenen technischen Wissens aber zu einer Verdopplung des Outputs des F&E-Sektors im Vergleich zum Autarkiefall führt, kommt es auch ohne Reallokation von Humankapital zu einem Anstieg des Outputs des F&E-Sektors, so daß auch die Steady State Wachstumsrate in Fall 7 über ihrem Autarkieniveau liegt. Da es aufgrund des ausbleibenden Marktexpansionseffektes allerdings nicht zu einer Reallokation von Humankapital aus dem P- und K-Sektor in den F&E-Sektor kommt, ist die Steady State Wachstumsrate niedriger als in Fall 1.

Im Gegensatz zu Fall 3 ist die Steady State Wachstumsrate des Landes A (B) unabhängig von der Anzahl der Eigentumsrechte,  $n$ , die der Staat des Landes B (A) pro Blaupause, die in Land A (B) hergestellt wurde, verkauft. Wenn  $n$  also so groß ist, daß die Steady State Wachstumsrate bei freiem Produktionsgüterhandel (vgl. Gleichung (13)) niedriger ist als im Autarkiefall (vgl. Gleichung (11)), und falls es nicht möglich ist, einen Vertrag über die internationale Garantie von Patentrechten abzuschließen, kann sich - unter den postulierten modelltheoretischen Annahmen - ein Land A (B) gegen einen möglichen negativen Einfluß der Patentpolitik des Landes B (A) auf sein Wachstum schützen, indem es den Import von ausländischen Produktionsgütern verbietet.<sup>35</sup> Auf jeden Fall ist es aber für alle Länder -

---

<sup>35</sup> Wie der nächste Abschnitt zeigt, wird - unter den gemachten modelltheoretischen Annahmen - durch ein Importverbot ausländischer Produktionsgüter der Steady State Output des P- und K-Sektors im Vergleich zu Fall 1 nicht negativ beeinflusst.

gemessen an ihren Steady State Wachstumsraten - vorteilhafter, Verträge abzuschließen, die internationalen Patentschutz gewährleisten.

Obwohl in Fall 7 kein Produktionsgüterhandel möglich ist, kommt es im Vergleich zum Autarkiefall zu einem Anstieg der Produktionsgütermultifalt, der sich expansiv auf den Steady State Output auswirkt. Das ist darauf zurückzuführen, daß aufgrund des freien internationalen Transfers ungebundenen technischen Wissens der Staat des Landes B (A) von *jeder* Blaupause, die in Land A (B) hergestellt wurde,  $n \geq 1$  Eigentumsrechte, an die Produktionsgüterhersteller in Land B (A) verkaufen kann, so daß die Produktionsgütermultifalt in Fall 7 genau so groß ist wie bei freiem Produktionsgüterhandel (Fälle 1, 2, 3, und 4).<sup>36</sup>

#### 4.1.7. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 4

In Fall 4 ist freier Produktionsgüterhandel möglich, aber kein internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens. Es wird *kein internationaler* Patentschutz sondern nur *nationaler* Patentschutz gewährt.<sup>37</sup>

Obwohl kein internationaler Patentschutz garantiert wird, ist die Schnittmenge zwischen den Produktionsgütertypen, die in beiden Ländern hergestellt werden, leer ( $\{x_i \in A^A\} \cap \{x_i \in A^B\} = \{0\}$ ). Dies ist deshalb der Fall, weil aufgrund des internationalen Produktionsgüterhandels kein Anreiz besteht, die Blaupause eines Produktionsgutes herzustellen, das bereits existiert. Ein Produktionsgüterproduzent, der auf der Grundlage einer solchen Blaupause ein Produktionsgut herstellen würde, das bereits existiert, müßte auf dem Produktionsgütermarkt ein Duopolspiel mit demjenigen ausländischen Produzenten spielen, der vor ihm bereits das Produktionsgut angeboten hat. Wie aus Gleichung (A.1.37) hervorgeht, ist die Umsatzfunktion eines F&E-Unternehmens eine negative Funktion der Anzahl der Produktionsgüterhersteller, die ein bestimmtes Produktionsgut anbieten. Der Umsatz eines F&E-Unternehmens, das eine Blaupause hergestellt hat, die bereits existiert, ist deshalb niedriger als der Umsatz eines F&E-Unternehmens, das eine Blaupause hergestellt hat, die noch nicht existiert. Da der gesamte Umsatz eines F&E-Unternehmens zur

---

<sup>36</sup> Ein Vergleich des Steady State Outputs des P- und K-Sektors in Fall 7 mit dem Steady State Output des P- und K-Sektors einer der anderen Fälle ist nicht möglich, weil die Steady State Wachstumsrate in Fall 7 sich von allen anderen Steady State Wachstumsrate unterscheidet. Das hat zur Folge, daß die Faktoreinsatzmengen von  $A_t$  und  $K_t$ , die mit der Steady State Wachstumsrate wachsen (vgl. Gleichungen (A.4.18) und (A.4.20)) für ein bestimmten Zeitpunkt,  $t$ , sich stets von den Faktoreinsatzmengen anderer Fälle unterscheiden.

<sup>37</sup> Dieser Fall wird von Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nicht berücksichtigt.

Entlohnung seines Humankapitals benötigt wird,<sup>38</sup> kann ein Unternehmen, das Blaupausen herstellt, die bereits existieren, das zur Produktion notwendige Humankapital nicht zum Marktgleichgewichtspreis des Humankapitals einkaufen. Um überhaupt Humankapital akquirieren zu können, muß ein F&E-Unternehmen also Blaupausen herstellen, die noch nicht existieren. Es resultiert also ein Limit-Pricing Szenario, bei dem auf jedem Produktionsgütermarkt der Marktzutritt teilspielperfekt blockiert werden kann. Die postulierte Symmetrie der beiden Länder impliziert deshalb wiederum, daß die Anzahl der Produktionsgütertypen doppelt so groß ist wie im Fall der Autarkie. Aufgrund des freien Produktionsgüterhandels und der Unmöglichkeit internationalen Transfers ungebundenen technischen Wissens spielt die Nichtgewährung internationalen Patentschutzes in Fall 4 also keine Rolle. Wissenstransfereffekt und Marktexpansionseffekt wirken also in der gleichen Weise wie in Fall 2. Deshalb ist Fall 4 sowohl hinsichtlich der Steady State Wachstumsrate als auch hinsichtlich des Steady State Outputs identisch mit Fall 2.

#### 4.2. Der Wissenstransfereffekt bei Forschungslaborspezifizierung des F&E-Sektors

Bei der Forschungslaborspezifizierung des F&E-Sektors wird der F&E-Sektor mit der gleichen Produktionsfunktion modelliert wie die anderen Produktionssektoren:

$$(16) \quad \dot{A} = B H_A^\alpha L_A^\beta \left( \int_0^A x_i^{1-\alpha-\beta} di \right)_A$$

Dabei ist  $H_A$  der Humankapitalinput,  $L_A$  der Roharbeitinput und  $\left( \int_0^A x_i di \right)_A$  der Produktionsgüterinput, der zur Produktion technischen Wissens verwendet wird.  $B$  ist ein Produktivitätsparameter. Diese Art der Spezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors impliziert, daß nun auch im F&E-Sektor die Smith'sche Arbeitsteilungshypothese postuliert wird. D.h. der Kapitalstock - bzw. die Forschungslaborausrüstung - hat einen um so

<sup>38</sup> Aufgrund der Modellannahmen ist die Humankapitalnachfrage eines einzelnen Unternehmens des F&E-Sektors atomistisch. Das Humankapital wird im F&E-Sektor also gemäß seinem Wertgrenzprodukt entlohnt. Das Wertgrenzprodukt des Humankapitals entspricht  $w_{H_A} = m p_A \frac{\delta \dot{A}}{\delta H_A} = m p_A \delta A$ . Die

Produktionsfunktion des F&E-Sektors impliziert, daß zur Herstellung einer Blaupause  $1/\delta A$  Einheiten Humankapital benötigt werden. Die Lohnsumme, die zur Herstellung einer Blaupause gezahlt werden muß, ist also gleich  $w_{H_A} \frac{1}{\delta A} = m p_A$ . Die Kosten der Herstellung einer Blaupause sind also gleich dem Erlös, der mit einer Blaupause erzielt werden kann.

größeren Grenzertrag, je größer die Produktionsgüervielfalt,  $A$ , ist. Da jeder Produktionsgütertyp  $x_i$  die gleiche Produktivität besitzt, wird im Steady State von jedem Produktionsgütertyp die gleiche Menge,  $\hat{x}_A$ , bei der Produktion von technischem Wissen eingesetzt (vgl. Gleichung (A.1.52)). Aufgrund der additiven Aggregierbarkeit der Produktionsgüter gilt:<sup>39</sup>

$$(17) \quad \hat{x}_A = K_A/A.$$

Unter Berücksichtigung von Gleichung (17) kann Gleichung (16) dann wie folgt umgeschrieben werden:

$$(18) \quad \dot{A} = B H_A^\alpha L_A^\beta A^{\alpha+\beta} K_A^{1-\alpha-\beta} \quad \text{mit } 0 < \alpha, \beta < 1.$$

Die Summe der Produktionselastizitäten der akkumulierbaren Produktionsfaktoren  $A$  und  $K$  ist gleich eins. Diese Eigenschaft der Produktionsfunktion des F&E-Sektors ist im Rahmen dieses Modells eine notwendige Bedingung für endogenes Wachstum.<sup>40</sup> Nur wenn diese Bedingung erfüllt ist, kann - intuitiv gesprochen - der Grenzertrag von Investitionen in technisches Wissen *und* Produktionsgüter dauerhaft größer sein als die Opportunitätskosten dieser Investitionen. Diese Bedingung für endogenes Wachstum ist also gleichbedeutend zu der Bedingung konstanter Grenzerträge des technischen Wissens ( $\gamma \geq 1$ ) bei Wissenskaptalspezifizierung des F&E-Sektors.

Der Wissenstransfereffekt bei Forschungslaborspezifizierung des F&E-Sektors wird der besseren Darstellbarkeit halber in folgender Reihenfolge analysiert: Zunächst werden Fälle mit garantiertem internationalen Patentschutz analysiert: Fall 6, Fall 5, Fall 2 und Fall 1. Dann werden die Fälle ohne internationalen Patentschutz analysiert: Fall 3, Fall 7, und Fall 4.<sup>41</sup> Wie sich zeigt, müssen in den Fällen 3 und 7 zusätzliche Annahmen bezüglich der rechtlichen Rahmenbedingungen getroffen werden, um die Steady State Lösung zu bestimmen.

---

<sup>39</sup> Vgl. Fußnote (17)

<sup>40</sup> Man kann zeigen, daß im Rahmen dieses Modells kein endogenes Wachstum resultiert, wenn die Summe der Produktionselastizitäten von  $A$  und  $K$  kleiner ist als eins.

<sup>41</sup> Fall 8 wird unter Fall 6 analysiert.

#### 4.2.1. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 6

In Fall 6 herrscht vollständige Autarkie. Die Steady State Lösung dieses Falles dient bei der Analyse der übrigen Fälle als Vergleichsbasis für die Wirkungsweise des Wissenstransfer- und Marktexpansionseffektes.

In Fall 6 ist kein freier internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens und kein Produktionsgüterhandel möglich, Land A und Land B produzieren im Zustand der Autarkie. Internationaler Patentschutz wird dagegen gewährt.

Die Gewährung internationalen Patentschutzes hat jedoch keinerlei Auswirkung auf die Steady State Lösung der beiden Ökonomien, da die Produktion redundanten Wissens, die bei Nichtgewährung von internationalem Patentschutz möglich ist, sich in Abwesenheit von freiem Produktionsgüterhandel, d.h. in Abwesenheit von freiem Transfer inkorporierten Wissens, nicht auf die Steady State Wachstumsrate auswirken kann. Die Steady State Lösung von Fall 6 ist deshalb mit der von Fall 8 identisch. Sie wird in Anhang 4.2.1. hergeleitet. Wie sich zeigt (Gleichungen (A.1.20) bis (A.1.22)), wachsen der aggregierte Output des P- und K-Sektors,  $Y$ , der aggregierte Konsum,  $C$ , der aggregierte Kapitalstock,  $K$ , und das technische Wissen,  $A$ , mit der gleichen Steady State Wachstumsrate,  $\check{g}'$ :

$$(19) \quad \check{g}' = \frac{\Gamma H^\alpha L^\beta - \rho}{\sigma} \quad \text{mit} \quad \Gamma = B^{\alpha+\beta} (\alpha + \beta)^{\alpha+\beta} (1 - \alpha - \beta)^{2-\alpha-\beta}$$

Wie aus Gleichung (19) ersichtlich ist die Steady State Wachstumsrate um so größer, je größer die Ausstattung der Volkswirtschaft mit Humankapital,  $H$ , und Roharbeit,  $L$ , und je "geduldiger" die Konsumenten sind, d.h. je niedriger die Zeitpräferenzrate,  $\rho$ , und je niedriger die Inverse der intertemporalen Substitutionsrate des Konsumes,  $\sigma$ . Es zeigt sich also, daß im Gegensatz zur Wissenskapitalspezifizierung des F&E-Sektors bei Forschungslaborspezifizierung auch die Ausstattung der Ökonomie mit Roharbeit die Steady State Wachstumsrate positiv beeinflusst.

#### 4.2.2. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 5

In Fall 5 ist internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich, aber kein Produktionsgüterhandel. Internationaler Patentschutz wird gewährt.

In Fall 5 kommt es weder zu einer Auswirkung des Wissenstransfereffektes noch zu einer Auswirkung des Marktexpansionseffektes. Zu einer Auswirkung des Marktexpansionseffektes

kann es nicht kommen, weil kein freier Produktionsgüterhandel möglich ist, so daß die Marktnachfrage der Produktionsgüterhersteller des Landes A (B) wie im Autarkiefall auf die des Landes A (B) beschränkt bleibt. Zu einer Auswirkung des Wissenstransfereffektes in Form eines Transfers inkorporierten technischen Wissens kann es ebenfalls nicht kommen, weil kein Produktionsgüterhandel möglich ist. Es könnte also lediglich zu einer Auswirkung des Wissenstransfereffektes in Form eines Transfers ungebundenen technischen Wissens kommen. Wie aus der Produktionsfunktion des F&E-Sektors (Gleichung (16)) aber erkennbar, wird der Output des F&E-Sektor von der freien Verfügbarkeit internationalen Wissens nicht beeinflußt. Zwar impliziert der international garantierte Patentschutz, daß die Schnittmenge zwischen den Produktionsgüterttypen, die in Land A und Land B hergestellt werden, leer ist ( $\{x_i \in A^A\} \cap \{x_i \in A^B\} = \{0\}$ ), so daß wegen der postulierten Symmetrie der beiden Länder das insgesamt verfügbare ungebundene technische Wissen, doppelt so groß ist wie ohne freien internationalen Transfer ungebundenen technischen Wissens. Da das ungebundene technische Wissens aber kein Input der Produktionsfunktion des F&E-Sektors ist, kann sich seine größere Verfügbarkeit dort nicht auswirken. Die Faktoreinsatzmengen in allen drei Produktionssektoren sind in Fall 5 gleich denen in Fall 6. Folglich ist auch die Steady State Wachstumsrate in Fall 5 gleich der in Fall 6 (Gleichung (16)).

#### 4.2.3. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 2

In Fall 2 ist kein freier internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens aber internationaler Produktionsgüterhandel möglich. Internationaler Patentschutz wird gewährt.

Der international garantierte Patentschutz impliziert, daß die Schnittmenge zwischen den Produktionsgüterttypen, die in beiden Ländern hergestellt werden, leer ist ( $\{x_i \in A^A\} \cap \{x_i \in A^B\} = \{0\}$ ). Die postulierte Symmetrie der beiden Länder impliziert, daß die Anzahl der Produktionsgüterttypen doppelt so groß ist wie im Fall der Autarkie.

Dieser Anstieg der Produktionsgütervielfalt führt zu einem im Vergleich zum Autarkiefall höheren Niveau des Outputs des P- und K-Sektors. Denn im Vergleich zum Autarkiefall stehen jetzt doppelt so viele Produktionsgüterttypen bei der Produktion im P- und K-Sektor zur Verfügung. Die aggregierte Produktionsfunktion (Gleichung (9)) impliziert deshalb ein um den Faktor  $2^{\alpha+\beta}$  höheres Steady State Niveau des aggregierten Outputs des P- und E-Sektors:

$$(9^{II}) \quad Y^j = H_Y^\alpha L_Y^\beta (2A^j)^{\alpha+\beta} K_Y^{1-\alpha-\beta} \quad \text{mit } j=A, B \text{ und } H_Y = H - H_A \text{ und } L_Y = L - L_A$$

Diese Wirkungsweise des Produktionsgüterhandels basiert auf dem Wissenstransfereffekt. Der freie Handel mit Produktionsgütern ermöglicht den Transfer inkorporierten technischen Wissens in Form neuer Produktionsgüter. Dieser wiederum führt aufgrund der Modellierung der Smith'schen Arbeitsteilungshypothese in den Produktionsfunktionen des P- und K-Sektors zu einem Anstieg der Produktivität der in diesen Sektoren eingesetzten Produktionsfaktoren. Die Auswirkung des freien Produktionsgüterhandels auf Steady State Wachstumsrate und Steady State Outputniveau des P- und K-Sektors bei Forschungslaborspezifizierung des F&E-Sektors ist also identisch mit der Wirkung des freien Produktionsgüterhandels im P- und K-Sektor bei Wissenskapitalspezifizierung.<sup>42</sup>

Aufgrund der Forschungslaborspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors führt der Wissenstransfereffekt in Form des Transfers inkorporierten technischen Wissens nun jedoch auch, wie aus Gleichung (18) folgt, im F&E-Sektor zu einem Anstieg des Outputs um den Faktor  $2^{\alpha+\beta}$ .

$$(20) \quad \dot{A} = H_A^\alpha L_A^\beta (2A)^{\alpha+\beta} K_A^{1-\alpha-\beta} \quad \text{mit } 0 < \alpha, \beta < 1.$$

Dieser Anstieg des Outputs des F&E-Sektors bewirkt bereits einen Anstieg der Steady State Wachstumsrate im Vergleich zum Autarkiefall. Da aber freier Produktionsgüterhandel möglich ist, kommt es zusätzlich zu einem Marktexpansionseffekt der dazu führt, daß sich der Preis einer Blaupause verdoppelt (vgl. Gleichung A.1.50', Anhang 1.2.2.1.). Dadurch steigt das Wertgrenzprodukt des Humankapitals und der Roharbeit im F&E-Sektor, so daß ein Anreiz resultiert, Humankapital und Roharbeit aus dem P- und K-Sektor abzuziehen und im F&E-Sektor einzusetzen. Diese Auswirkungen des Wissenstransfer- und Marktexpansionseffektes führen - wie in Anhang 1.2.2. formal hergeleitet wird - im Vergleich zum Autarkiefall zu einem Anstieg der Steady State Wachstumsrate auf.<sup>43</sup>

---

<sup>42</sup> Vgl. die Interpretation von Gleichung (3).

<sup>43</sup> Wie aus der Formel für die Steady State Wachstumsrate bei freiem Produktionsgüterhandel (Gleichung (17)) ersichtlich, ist die Steady State Wachstumsrate bei freiem Produktionsgüterhandel genau so hoch wie in einer geschlossenen Volkswirtschaft, die den doppelten Humankapitalbestand und den doppelten Roharbeitbestand eines eines der hier betrachteten Länder besitzt. Wie aus der Produktionsfunktion des P- und K-Sektors (Gleichung (9')) ersichtlich, ist der Steady State Output des P- und K-Sektors bei freiem Produktionsgüterhandel genau so hoch wie das Steady State Output des P- und K-Sektors einer geschlossenen Volkswirtschaft, die den doppelten Humankapitalbestand und den doppelten Roharbeitbestand eines eines der hier betrachteten Länder besitzt. Da die aggregierte Produktionsfunktion des P-, K- und F&E-Sektors konstante Skalenerträge in den Produktionsfaktoren L, H und K besitzt (vgl. die Gleichungen (9) und (15)), hat der freie Produktionsgüterhandel also die gleiche Wirkung wie die Einführung vollständiger Faktormobilität zwischen beiden Ländern. Man kann deshalb auch sagen, daß

$$(21) \quad \hat{g}' = \frac{2^{\alpha+\beta} \Gamma H^\alpha L^\beta - \rho}{\sigma} \text{ mit } \Gamma = B^{\alpha+\beta} (\alpha + \beta)^{\alpha+\beta} (1 - \alpha - \beta)^{2-\alpha-\beta}$$

#### 4.2.4. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 1

In Fall 1 sind internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens, und freier Produktionsgüterhandel möglich. Internationaler Patentschutz wird gewährt. Fall 1 unterscheidet sich von Fall 2 also nur durch den freien internationalen Transfer technischen Wissens, der jetzt zwischen beiden Ländern möglich ist. Wie bereits in Fall 5 beschrieben, wird der Output des F&E-Sektors von der freien Verfügbarkeit internationalen Wissens nicht beeinflusst. Folglich ist auch die Steady State Wachstumsrate in Fall 1 gleich der in Fall 2 (Gleichung (21)).

Die Fälle (1) und (5) zeigen also, daß sich bei Forschungslaborspezifizierung des F&E-Sektors der freie internationale Transfer ungebundenen technischen Wissens nicht auf die Steady State Wachstumsrate auswirkt, wenn internationaler Patentschutz gewährleistet wird.

#### 4.2.5. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 3

In Fall 3 ist internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich, aber kein Produktionsgüterhandel. Es wird *kein internationaler* Patentschutz sondern *nur nationaler* Patentschutz gewährt.<sup>44</sup>

Wie bereits bei der Analyse in Fall 3 bei Wissenskapitalspezifizierung des F&E-Sektors hat das zur Folge, daß ein Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B), das eine Blaupause erfunden hat, diese lediglich in Land A (B) an einen (oder mehrere) Produktionsgüterhersteller verkaufen (oder verpachten) kann. Da internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich ist, kann es nichts dagegen unternehmen, daß Produktionsgüterhersteller in Land B (A) seine Blaupause zur Herstellung des Produktionsgutes verwenden. Es ist jedoch noch unbestimmt, wieviele Produktionsgüterhersteller des Landes B (A) diese Blaupause zur Herstellung eines

---

freier Produktionsgüterhandel bei Forschungslaborspezifikation des F&E-Sektors zu vollständiger Integration der Volkswirtschaften beider Länder führt. Deshalb wird der *Wissenstransfereffekt* von Rivera-Batiz/Romer (1991b) auch *Integrationseffekt* genannt.

<sup>44</sup> Dieser Fall wird von Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nicht berücksichtigt.

Produktionsgutes verwenden werden. Die Anzahl der Produktionsgüterhersteller des Landes B (A), die eine Blaupause, die in Land A (B) hergestellt wurde, zur Produktion eines Produktionsgutes verwenden, hängt von den eigentumsrechtlichen Regelungen bezüglich ausländischer Blaupausen in Land B (A) ab. Um die Steady State Lösung in Fall 3 bestimmen zu können, wird im folgenden deshalb angenommen, daß in Land B (A) vom Staat für jede in Land A (B) hergestellte Blaupause,  $n$  Eigentumsrechte verkauft werden, die die Herstellung dieses Gutes in Land B (A) erlauben. Es wird dabei postuliert, daß der Staat die Eigentumsrechte zu ihrem Marktwert,  $p_A$ , verkauft, und die Erlöse in Form von negativen Kopfsteuern an die Konsumenten verteilt. Wie sich zeigen wird, ist es für das Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B), das eine Blaupause erfunden hat, nicht mehr gewinnmaximierend in Land A (B) *nur ein* Eigentumsrecht zur Herstellung eines Produktionsgutes zu verkaufen, sobald der Staat von Land B (A)  $n > 0$  wählt. Stattdessen ist es für ihn gewinnmaximierend  $m > 1$  Eigentumsrechte in Land A (B) zu verkaufen, sobald  $n > 0$  ist. Der freie Produktionsgüterhandel zwischen Land A und B impliziert dann, daß auf dem Markt jedes Produktionsgutes  $n+m$  Anbieter präsent sind. Es wird ferner unterstellt, daß diese  $n+m$  Anbieter sich nichtkooperativ verhalten und teilspielperfekte Nash Gleichgewichtsstrategien spielen.

Aus diesem eigentumsrechtlichen Szenario resultiert ein zweistufiges Spiel. Auf der ersten Stufe entscheiden die Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B) und der Staat des Landes B (A) über die Anzahl der Eigentumsrechte, die sie pro Blaupause verkaufen. Dabei wird die Anzahl der Produktionsgüterhersteller pro Produktionsgut,  $m+n$ , bestimmt. Auf der zweiten Stufe entscheiden die  $m+n$  Hersteller des jeweiligen Produktionsgutes über die Menge, die sie von diesem Produktionsgut verkaufen. Dabei wird die insgesamt angebotene Menge des dieses Produktionsgutes,  $\hat{x}_i = \sum_k^m \hat{x}_{i,k} + \sum_l^n \hat{x}_{i,l}$ , bestimmt.

Wie in Anhang 1.2.3. hergeleitet, ist die Steady State Wachstumsrate unter diesen Annahmen eine negative Funktion der Anzahl der Eigentumsrechte,  $n$ , die der Staat des Landes B(A) pro Blaupause eines F&E Unternehmens des Landes A (B) verkauft:<sup>45</sup>

---

<sup>45</sup> Diese Steady State Wachstumsrate resultiert unter Annahme eines Stackelberg-Szenarios, in dem der Staat des Landes A (B) der Stackelbergführer und die F&E-Unternehmen des Landes B (A) die Stackelbergfolger sind. Dabei wird unterstellt, daß das  $n$ , das der Staat des Landes A (B) wählt, Ergebnis eines politökonomischen Rent-Seeking Prozesses ist, so daß  $n$  aus Sicht eines F&E-Unternehmens des Landes B(A) exogen gegeben ist. Das hat den analytischen Vorteil, daß die Steady State Wachstumsrate als Funktion von  $n$  hergeleitet werden kann. In Anhang 1.1.5. wird auch die Steady State Wachstumsrate für

$$(22) \quad \bar{g}' = \frac{2^{\alpha+\beta} \Gamma(1-\alpha-\beta)^{1+\alpha+\beta} H^{\alpha} I^{\beta} \left( \frac{m(n)}{\Gamma(n)-\alpha-\beta(m(n)+n)} \right)^{\alpha+\beta} \frac{f(n)-\alpha-\beta}{f(n)} - \rho}{\sigma} \quad \text{mit } \Gamma = B^{\alpha+\beta} (\alpha+\beta)^{\alpha+\beta} (1-\alpha-\beta)^{1-\alpha-\beta}$$

Für  $n = 0$  resultiert für  $f(n)$  ein Wert von 1 (vgl. die Interpretation von Gleichung (A.1.43)), so daß die Steady State Wachstumsrate gleich der Steady State Wachstumsrate bei freiem Transfer ungebundenen technischen Wissens und internationalem Patentschutz ist (vgl. Gleichung (21)). Für  $n \rightarrow \infty$  geht die Wachstumsrate gegen  $-\rho/\sigma$ .<sup>46</sup> Je schlechter also der internationale Patentschutz, d.h. je größer  $n$ , desto niedriger ist die Steady State Wachstumsrate beider Länder.

Die ökonomische Ursache für diesen Zusammenhang liegt, wie auch im vergleichbaren Fall bei Wissenskapitalspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors (Tabelle 1, Fall 3), in der Beeinflussung des Marktexpansionseffektes durch die Patentpolitik des Auslandes. Der Wissenstransferereffekt wird dagegen in seiner Wirkung von der ausländischen Patentpolitik nicht beeinflußt. Der Wissenstransferereffekt führt aufgrund des durch den freien Produktionsgüterhandel ermöglichten Transfers inkorporierten technischen Wissens im F&E-Sektor und im P- und K-Sektor zu einer Verdopplung des Grenzwertproduktes des Humankapitals (Gleichungen (9<sup>n</sup>) und (20)). Er bewirkt also keine Reallokation von Humankapital aus dem P- und K- Sektor in den F&E-Sektor. Die Auswirkung des Marktexpansionseffektes auf den Output des F&E-Sektors ist von  $n$  abhängig. Der Marktexpansionseffekt kommt nur dann vollständig zur Wirkung, wenn der Staat des Landes B (A)  $n = 0$  wählt, also de facto internationalen Patentschutz gewährleistet. In diesem Fall verdoppelt sich, wie in Fall 1, aufgrund des freien Produktionsgüterhandels der Gewinn, den ein Produktionsgüterhersteller mit einem Produktionsgütertyp erzielen kann, so daß sich auch der Preis einer Blaupause verdoppelt (Gleichung (A.1.9')). Dadurch steigt das

den Fall hergeleitet, in dem der Staat des Landes A (B) versucht seine Einnahmen aus dem Verkauf ausländischer Blaupausen zu maximieren. In diesem Fall resultiert in Abhängigkeit von den Produktionselastizitäten  $\alpha$  und  $\beta$  ein Nash Gleichgewichtspunkt  $(n^*, m^*)$ . Für  $\alpha = \beta > 0.3$  ist  $(n^*, m^*) = (1, 1)$ , so daß auf jedem Produktionsgütermarkt ein Duopol herrscht, und die Steady State Wachstumsrate gleich der im Autarkiefall ist (s. Gleichung (19)).

<sup>46</sup> Wie aus Gleichung (A.1.53<sup>n</sup>) ersichtlich konvergiert der Marktzens für  $n \rightarrow \infty$  gegen Null. Die Gleichung für die optimale Veränderungsrate des Konsumes (Gleichung (A.4.30)) impliziert bei einem Zinsniveau von Null ein permanentes Entsparen der Haushalte. Kann der bereits installierte Kapitalstock nicht konsumiert werden, und gibt es, wie in diesem Modell unterstellt, keinen Kapitalverschleiß, so konvergiert die Wachstumsrate gegen Null, wenn  $n \rightarrow \infty$ . In dem Fall, daß der bereits installierte Kapitalstock wieder abgebaut und zu Konsumzwecken verwendet werden kann, konsumieren die Haushalte bei einem Zinssatz von Null den gesamten Kapitalstock, so daß eine negative Wachstumsrate resultiert. Ist der Kapitalstock gänzlich konsumiert, resultiert wiederum Nullwachstum.

Grenzwertproduktes des Humankapitals und der Roharbeit im F&E-Sektor, so daß ein Anreiz resultiert, Humankapital und Roharbeit aus dem P- und K-Sektor abzuziehen und im F&E-Sektor einzusetzen. Es tritt dadurch im Vergleich zum Autarkiefall die gleiche Reallokation von Humankapital aus dem P- und K-Sektor in den F&E-Sektor ein wie in Fall 1, so daß der Output des F&E-Sektors im Vergleich zum Autarkiefall steigt und damit ebenfalls einen Anstieg der Steady State Wachstumsrate auf das Niveau von Fall 1 bewirkt. Für  $n > 1$  sinkt jedoch der Gewinn eines Produktionsgüterherstellers und damit auch der Preis einer Blaupause unter das Niveau im Autarkiefall (vgl. Gleichung (A.1.9')). Es kommt dann im Vergleich zum Autarkiefall zu einer Reallokation von Humankapital aus dem F&E-Sektor in den P- und K-Sektor. Man könnte in diesem Fall wiederum von einem negativen Marktexpansionseffekt sprechen. In der Folge sinkt die Steady State Wachstumsrate unter das Niveau im Autarkiefall. Je stärker  $n$  steigt, desto mehr Humankapital fließt im Vergleich zum Autarkiefall aus dem F&E-Sektor in den P- und K-Sektor so daß die Steady State Wachstumsrate immer weiter sinkt. Für  $n \rightarrow \infty$  geht der Gewinn der Produktionsgüterhersteller gegen null und damit auch der Preis einer Blaupause (vgl. Gleichung (A.1.9')). Dadurch konvergiert auch die Grenzproduktivität des Humankapitals und der Roharbeit im F&E-Sektor gegen einen Grenzwert von null, so daß im Limit kein Humankapital und keine Roharbeit im F&E-Sektor eingesetzt wird und kein neues technisches Wissen mehr produziert wird.

Eine alternative Interpretation für die Auswirkung von  $n$  auf die Steady State Wachstumsrate kann über die Auswirkung von  $n$  auf den Kapitalmarktzins geführt werden: Wie Gleichung (A.1.53'') zeigt führt ein Anstieg von  $n$  zu einem Rückgang des Kapitalmarktzins. Dieser führt zu einem Rückgang der Ersparnisbildung (vgl. Gleichung (A.1.30)), so daß in jeder Periode weniger Ressourcen zur Akkumulation von Produktionsgütern und technischem Wissen zur Verfügung stehen und die Steady State Wachstumsrate sinkt.

Wie in Anhang 1.2.3 gezeigt, ist der Steady State Output des P- und K-Sektors - im Gegensatz zur Steady State Wachstumsrate - eine positive Funktion von  $n$ .<sup>47</sup> Dies ist, wie im vorangegangenen Abschnitt dargelegt, darauf zurückzuführen, daß mit steigendem  $n$  immer mehr Humankapital aus dem F&E-Sektor in den P- und K-Sektor umgeschichtet wird.

---

<sup>47</sup> Ein Vergleich des Steady State Outputs des P- und K-Sektors in Fall 3 mit dem Steady State Output des P- und K-Sektors einer der anderen Fälle ist nicht möglich, weil die Steady State Wachstumsrate in Fall 3 im Gegensatz zu allen anderen Fällen von  $n$  abhängt, so daß die Faktoreinsatzmengen von  $A_1$  und  $K_1$ , die mit

#### 4.2.6. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 7

In Fall 7 ist internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich, aber kein Produktionsgüterhandel. Es wird *kein internationaler* Patentschutz sondern nur *nationaler* Patentschutz gewährt.<sup>48</sup>

Die Nichtgewährung internationalen Patentschutzes hat - wie schon in Fall 3 - zur Folge, daß ein Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B), das eine Blaupause erfunden hat, diese lediglich in Land A (B) an einen (oder mehrere) Produktionsgüterhersteller verkaufen (oder verpachten) kann. Da internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich ist, kann es nichts dagegen unternehmen, daß Produktionsgüterhersteller in Land B (A) seine Blaupause zur Herstellung des Produktionsgutes verwenden. Unterstellt man die gleichen eigentumsrechtlichen Rahmenbedingungen wie in Fall 3, dann hat jetzt der Verkauf von Eigentumsrechten eines F&E-Unternehmens des Landes A (B) durch den Staat des Landes B (A) an Produktionsgüterproduzenten des Landes B (A) *keinen* Einfluß auf den Umsatz des F&E-Unternehmens des Landes A (B). Dieses Ergebnis resultiert in Fall 7, weil nunmehr kein Produktionsgüterhandel möglich ist. Die Abwesenheit internationalen Produktionsgüterhandels hat zur Folge, daß ein F&E-Unternehmen des Landes A (B), das eine Blaupause zur Herstellung eines neuen Produktionsgütertyps erfunden hat, die Anzahl der Produktionsgüterhersteller die diesen Produktionsgüterttyp auf dem Markt von Land A (B) verkaufen, selbst bestimmen kann. Der Staat des Landes B (A) hat - unabhängig davon wieviele Eigentumsrechte,  $n$ , er in Land B (A) verkauft - keinen Einfluß auf die Anzahl der Produktionsgüterhersteller auf dem Markt von Land A (B). Infolgedessen kann das F&E-Unternehmen des Landes A (B) die Anzahl von Produktionsgüterhersteller,  $m$ , wählen, die seinen Umsatz maximiert. Da die Umsatzfunktion (A.1.37) für  $n=1$  eine negative Funktion in  $m$  ist, wählt das F&E-Unternehmen  $m$  so klein wie möglich, d.h.  $m=1$ . Das F&E-Unternehmen maximiert seinen Umsatz also dadurch, daß es - wie im Autarkiefall und bei Gewährung internationalen Patentschutzes (Fälle 1, 2, 5, 6) - seine Blaupause lediglich an einen Produktionsgüterhersteller verkauft (oder verpachtet). Da aber kein Produktionsgüterhandel möglich ist, kommt es in Fall 7 nicht zu einem Marktexpansionseffekt, so daß der Marktpreis einer Blaupause identisch ist mit dem im Autarkiefall (vgl. Gleichung (A.1.50)). Das hat zur Folge, daß auch der Kapitalmarktzins

---

der Steady State Wachstumsrate wachsen (vgl. Gleichungen (A.1.52) und (A.1.20)) für ein bestimmten Zeitpunkt,  $t$ , sich stets von den Faktoreinsatzmengen anderer Fälle unterscheiden.

<sup>48</sup> Dieser Fall wird von Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nicht berücksichtigt.

identisch ist mit dem im Autarkiefall (vgl. Gleichung (A.1.53)), so daß der gleiche Anreiz zur Akkumulation von neuem technischen Wissen besteht wie im Autarkiefall, und die Ökonomie mit der gleichen Steady State Wachstumsrate wie im Autarkiefall (vgl. Gleichung (19)) wächst.

Im Gegensatz zu Fall 3 ist die Steady State Wachstumsrate des Landes A (B) also unabhängig von der Anzahl der Eigentumsrechte,  $n$ , die der Staat des Landes B (A) pro Blaupause, die in Land A (B) hergestellt wurde, verkauft. Wenn  $n$  also so groß ist, daß die Steady State Wachstumsrate bei freiem Produktionsgüterhandel (vgl. Gleichung (22)) niedriger ist als im Autarkiefall (vgl. Gleichung (19)), und falls es nicht möglich ist, einen Vertrag über die internationale Garantie von Patentrechten abzuschließen, kann sich - unter den postulierten modelltheoretischen Annahmen - ein Land A (B) gegen den negativen Einfluß der Patentpolitik des Landes B (A) auf sein Wachstum schützen, indem es den Import von ausländischen Produktionsgütern verbietet.<sup>49</sup> Auf jeden Fall ist es aber für alle Länder - gemessen an ihren Steady State Wachstumsraten - vorteilhafter, Verträge abzuschließen, die internationalen Patentschutz gewährleisten.

Obwohl in Fall 7 kein Produktionsgüterhandel möglich ist, kommt es im Vergleich zum Autarkiefall zu einem Anstieg der Produktionsgütervielfalt, der sich expansiv auf den Steady State Output auswirkt. Das ist darauf zurückzuführen, daß aufgrund des freien internationalen Transfers ungebundenen technischen Wissens der Staat des Landes B (A) von jeder Blaupause, die in Land A (B) hergestellt wurde,  $n \geq 1$  Eigentumsrechte, an die Produktionsgüterhersteller in Land B (A) verkaufen kann, so daß die Produktionsgütervielfalt in Fall 7 genau so groß ist wie bei freiem Produktionsgüterhandel (Fälle 1, 2, 3, und 4).<sup>50</sup>

---

<sup>49</sup> Wie der nächste Abschnitt zeigt, wird - unter den gemachten modelltheoretischen Annahmen - durch ein Importverbot ausländischer Produktionsgüter der Steady State Output des P- und K-Sektors im Vergleich zu Fall 1 nicht negativ beeinflusst.

<sup>50</sup> Ein Vergleich des Steady State Outputs des P- und K-Sektors in Fall 7 mit dem Steady State Output des P- und K-Sektors einer der anderen Fälle ist nicht möglich, weil die Steady State Wachstumsrate in Fall 7 sich von allen anderen Steady State Wachstumsrate unterscheidet. Das hat zur Folge, daß die Faktoreinsatzmengen von  $A_t$  und  $K_t$ , die mit der Steady State Wachstumsrate wachsen (vgl. Gleichungen (A.4.18) und (A.4.20)) für ein bestimmten Zeitpunkt,  $t$ , sich stets von den Faktoreinsatzmengen anderer Fälle unterscheiden.

#### 4.2.7. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 4

In Fall 4 ist freier Produktionsgüterhandel möglich, aber kein internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens. Es wird *kein internationaler Patentschutz* sondern nur *nationaler Patentschutz* gewährt.<sup>51</sup>

Obwohl kein internationaler Patentschutz garantiert wird, ist die Schnittmenge zwischen den Produktionsgütertypen, die in beiden Ländern hergestellt werden leer ( $\{x_i \in A^A\} \cap \{x_i \in A^B\} = \{0\}$ ). Dies ist deshalb der Fall, weil aufgrund des internationalen Produktionsgüterhandels kein Anreiz besteht, die Blaupause eines Produktionsgutes herzustellen, das bereits existiert. Ein Produktionsgüterproduzent, der auf der Grundlage einer solchen Blaupause ein Produktionsgut herstellen würde, das bereits existiert, müßte auf dem Produktionsgütermarkt ein Duopolspiel mit dem Produzenten spielen, der vor ihm bereits das Produktionsgut angeboten hat. Wie aus Gleichung (A.1.37) hervorgeht, ist die Umsatzfunktion eines F&E-Unternehmens, eine negative Funktion der Anzahl der Produktionsgüterhersteller, die ein bestimmtes Produktionsgut anbieten. Der Umsatz eines F&E-Unternehmens, das eine Blaupause hergestellt hat, die bereits existiert, ist deshalb niedriger als der Umsatz eines F&E-Unternehmens, das eine Blaupause hergestellt hat, die noch nicht existiert. Das hat dann zur Folge, daß auch die Rendite dieses Unternehmens niedriger ist als der Marktzins (vgl. Gleichung (A.1.53")), so daß dieses Unternehmen einen negativen Marktwert hätte. Es besteht also kein Anreiz, eine Blaupause herzustellen, die bereits existiert. Es resultiert also ein Limit-Pricing Szenario, bei dem auf jedem Produktionsgütermarkt der Marktzutritt teilspielperfekt blockiert werden kann.

Aufgrund des freien Produktionsgüterhandels *und* der Unmöglichkeit internationalen Transfers ungebundenen technischen Wissens spielt die Nichtgewährung internationalen Patentschutzes in Fall 4 also keine Rolle. Wissenstransfereffekt und Marktexpansionseffekt wirken also in der gleichen Weise wie in Fall 2. Deshalb ist Fall 4 sowohl hinsichtlich der Steady State Wachstumsrate als auch hinsichtlich des Steady State Outputs identisch mit Fall 2. Da das Ergebnis von Fall 2 wiederum identisch ist mit dem Ergebnis von Fall 1, ist also auch das Ergebnis von Fall 4 identisch mit dem Ergebnis von Fall 1.

---

<sup>51</sup> Dieser Fall wird von Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nicht berücksichtigt.

## 5. Zusammenfassung

Gegenstand dieses Arbeitspapiers war die Analyse der Auswirkungen des Produktionsgüterhandels auf die Steady State Wachstumsrate in einem symmetrischen Zwei-Länder-Modell der NWT. Dabei zeigte sich, daß die Auswirkung des Produktionsgüterhandels auf die Steady State Wachstumsrate nicht invariant ist, hinsichtlich der Spezifikation der Produktionsfunktion (Rivera-Batiz/Romer (1991a), (1991b)) *und* der institutionellen Rahmenbedingungen bezüglich des internationalen Patentschutzes. Wird internationaler Patentschutz nicht gewährleistet, kann internationaler Produktionsgüterhandel zu einer niedrigeren Steady State Wachstumsrate führen als ein Verbot internationalen Produktionsgüterhandels (vgl. Fall 3 mit Fall 7 in Tabelle 1 und 2). Das gilt unabhängig von der Spezifikation der Produktionsfunktion des F&E-Sektors. Wird internationaler Patentschutz dagegen gewährleistet, kann bei Wissenskapitalspezifikation (Gleichung (1)) der Produktionsfunktion des F&E-Sektors auch ohne internationalen Produktionsgüterhandel die höchstmögliche Steady State Wachstumsrate erreicht werden (Fall 5, Tabelle 1). Allerdings ist in diesem Fall der Steady State Output des P- und K-Sektors niedriger als bei freiem Produktionsgüterhandel (vgl. Fall 5 mit Fall 1, Tabelle 1) Das bedeutet, daß auch bei Wissenskapitalspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors die höchstmögliche Steady State Wachstumsrate *und* der höchstmögliche Steady State Output des P- und K-Sektors nur dann erreicht werden können, wenn sowohl freier Produktionsgüterhandel als auch internationaler Patentschutz gewährleistet werden. Bei Forschungslaborspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors kann dagegen die höchstmögliche Steady State Wachstumsrate nur dann erreicht werden, wenn internationaler Produktionsgüterhandel gewährt wird (vgl. Fall 5, 6, 7, 8 mit Fall 1, Tabelle 2). Auch hier gilt, daß die höchstmögliche Steady State Wachstumsrate *und* der höchstmögliche Steady State Output des P- und K-Sektors nur dann erreicht werden können, wenn sowohl freier Produktionsgüterhandel als auch internationaler Patentschutz gewährleistet werden.

Die Analyse blieb auf zwei symmetrische Länder mit vollkommen identischer Ressourcenausstattung sowie auf die Extremfälle Freihandel / Autarkie beschränkt. Diese Beschränkung wurde hier nur deshalb gewählt, um die Wirkungsweise des Wissenstransfereffektes und des Marktexpansionseffektes analytisch von der Wirkungsweise des Allokationseffektes zu isolieren. Wird nämlich die Annahme zweier symmetrischer Länder mit identischer Ressourcenausstattung aufgegeben, können Wissenstransfereffekt und Marktexpansionseffekt vom Allokationseffekt überlagert werden. Eine getrennte Darstellung

des Wissenstransfer- und Marktexpansionseffektes auf der einen Seite und des Allokationseffektes auf der anderen Seite, ist dann nicht mehr möglich.

In der Realität existieren derartige Szenarios nicht, da die meisten Länder unterschiedliche Ressourcenausstattungen besitzen und statt der Extreme Freihandel / Autarkie mehr oder weniger hohe Import- bzw. Exportzölle erheben bzw. mehr oder weniger hohe Mengenquotierungen für den Importe bzw. Exporte vornehmen. Folglich gibt es keine Daten, um die empirischen Implikationen des Modells unter den Szenarios, die in diesem Arbeitspapier dargestellt wurden, zu testen. Um aus dem Modell der NWT, das hier dargestellt wurde, empirische Implikationen ableiten zu können, die mit Hilfe von existierenden Daten getestet werden können, muß es so modifiziert werden, daß es einerseits für Länder mit heterogenen Ressourcenausstattungen gilt und andererseits statt der Extreme Freihandel / Autarkie, die in der Realität üblichen handelspolitischen Instrumente, nämlich Zölle und Quoten, berücksichtigt.

## Anhang 1.: Formale Analyse des Wissenstransfereffektes

### 1.1. Die Analyse des Wissenstransfereffektes bei Wissenskapitalspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors

#### 1.1.1. Die Steady State Wachstumsrate bei Autarkie (Fall 6 und Fall 8, Tabelle 1):<sup>1</sup>

In diesem Abschnitt wird die Steady State Wachstumsrate für den Fall der Autarkie bei Wissenskapitalspezifizierung des F&E-Sektors bestimmt. Mit Autarkie werden Szenarios bezeichnet, in denen Transfer ungebundenen technischen Wissens und Produktionsgüterhandel nicht möglich ist. In Tabelle 1 treten zwei derartige Fälle auf, die Fälle 6 und 8. Diese Fälle unterscheiden sich dadurch, daß in Fall 6 internationaler Patentschutz gewährt wird und in Fall 8 nicht. Die Nichtgewährung internationalen Patentschutzes hat in beiden Szenarios aber keinerlei Auswirkung auf die Gleichgewichtslösung der Ökonomie, weil die Produktion redundanten Wissens, die bei Nichtgewährung von internationalem Patentschutz möglich ist, bei der Abwesenheit von Wissenstransfer, sich nicht auswirken kann.

##### 1.1.1.1. Der Produktionssektor

Die aggregierte Produktionsgüternachfrage der Endproduktproduzenten und der Produktionsgüterproduzenten kann aufgrund der in beiden Sektoren identischen und durch konstante Skalenerträge in den Produktionsfaktoren  $H$ ,  $L$  und  $x_i$  charakterisierten Produktionsfunktionen (Gleichungen (2) und (7)) mit Hilfe der aggregierten Produktionsfunktion (8) bestimmt werden.<sup>2</sup> Da die aggregierte Produktionsfunktion (8) ebenfalls durch konstante Skalenerträge in den Produktionsfaktoren  $H$ ,  $L$  und  $x_i$  charakterisiert ist, kann die Anzahl der Produzenten so groß gewählt werden, daß kein Produzent Nachfragemarktmacht in bezug auf die Produktionsfaktoren  $H$ ,  $L$  und  $x_i$  besitzt. Folglich nehmen die Produzenten des P- und K-Sektors die Preise dieser Produktionsfaktoren (den Humankapitallohn,  $w_H$ , den Roharbeitslohn,  $w_L$ , und den Produktionsgüterpreis,  $p_{x_i}$ ) als gegeben an. Es wird ferner postuliert, daß auch die Humankapitalanbieter und Roharbeitsanbieter keine Marktmacht besitzen. Unter diesen Annahmen herrscht auf dem Humankapitalmarkt und auf dem Roharbeitsmarkt stets Vollbeschäftigung. Folglich wird das gesamte Roharbeitsangebot  $L$  in der aggregierten Produktionsfunktion des P- und K-Sektors eingesetzt. Das Humankapitalangebot wird vollständig auf die aggregierte Produktionsfunktion des P- und K-Sektors und auf die

---

<sup>1</sup> Die folgende Darstellung beruht auf Romer (1990).

<sup>2</sup> Die konstanten Skalenerträge in den Produktionsfaktoren  $H$ ,  $L$  und  $x_i$  ermöglichen die Aufteilung des aggregierten Outputs auf jede beliebige Anzahl von repräsentativen Firmen.

Produktionsfunktion des F&E-Sektors verteilt:  $H = H_Y + H_A$ . Im folgenden wird zunächst unterstellt, daß diese Aufteilung bereits festliegt. Ihre explizite Bestimmung erfolgt später. Unter diesen Annahmen kann die Produktionsgüternachfrage durch die Maximierung des Gewinns bei gegebenem  $H_Y$  und  $L$  eines repräsentativen Unternehmens über  $x_i$  bestimmt werden:

$$(A.1.1) \quad \max_{x_i} \int_0^A H_Y^\alpha L^\beta x_i^{1-\alpha-\beta} - p_i x_i \, di \quad \forall i \in A$$

Aus der Bedingung erster Ordnung folgt dann bei gegebenem  $L$  und  $H_Y$  die nachgefragte Menge eines Produktionsgutes  $x_i$  in Abhängigkeit von seinem Preis:

$$(A.1.2) \quad p_i = (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta x_i^{-\alpha-\beta} \quad \forall i \in A$$

Da jeder Produktionsgüterhersteller  $i$  ein gesetzlich geschütztes Patent für die Produktion des  $i$ -ten Produktionsgutes besitzt (oder gepachtet hat), besitzt er monopolistische Marktmacht für das  $i$ -te Produktionsgut und kann mit Hilfe der Produktionsgüternachfragefunktion (A.1.2) den gewinnmaximalen Monopolpreis  $\hat{p}_i$  setzen. Der gewinnmaximale Monopolpreis  $\hat{p}_i$  resultiert aus der Maximierung der Gewinnfunktion des repräsentativen Produktionsgüterherstellers über  $x_i$ .

$$(A.1.3) \quad \pi_i = \max_{x_i} p_i x_i - r x_i \quad \forall i \in A$$

Die Kosten der Produktionsgüterproduktion können durch das Produkt des Outputs,  $x_i$ , mit dem Marktzins,  $r$ , bestimmt werden, weil - wie aus der Gleichung für die aggregierte Produktionsfunktion (8) hervorgeht - die Opportunitätskosten der Produktionsgüterproduktion dem Konsumverzicht entsprechen, der notwendig ist, um Ressourcen (Humankapital, Roharbeit, und Produktionsgüter) für die Produktionsgüterproduktion zu gewinnen. Die marktbewerteten Opportunitätskosten dieses Konsumverzichts entsprechen dem Marktzins.<sup>3</sup> Unter Berücksichtigung von (A.1.2) lautet die Bedingung erster Ordnung für ein Gewinnmaximum:

$$(A.1.4) \quad (1 - \alpha - \beta)^2 H_Y^\alpha L^\beta x_i^{-\alpha-\beta} - r = 0$$

<sup>3</sup> Die Bewertung der Kosten der Produktionsgüterproduktion mit dem Marktzins kann auch auf eine andere Weise interpretiert werden. Man kann unterstellen, daß zuerst der aggregierte Output,  $Y$ , gemäß Produktionsfunktion (8) hergestellt wird und daß dieser Output dann sowohl als Konsumgut als auch als Produktionsgut verwendet werden kann (sofern eine Blaupause für ein Produktionsgut existiert). In dieser Interpretation entspricht der aggregierte Output also dem "neoklassischen Gummigut". Nach der Herstellung des aggregierten Outputs,  $Y$ , entscheiden die Konsumenten dann bei dem gegebenen Marktzins,  $r$ , wieviel von diesem Output sie für Konsumzwecke verwenden wollen, und wieviel sie sparen wollen. Der Teil des aggregierten Outputs, der gespart wird, kann von den Besitzern von Blaupausen, dann zu Produktionsgütern verwandelt werden. Dabei müssen sie für jede Einheit des aggregierten Outputs, die sie in Produktionsgüter umwandeln in jeder Periode den Konsumenten den Marktzins,  $r$ , entrichten.

Daraus kann unter Berücksichtigung von Gleichung (A.1.2) folgende Gleichung abgeleitet werden:

$$(A.1.5) \quad \hat{p}_i = r / (1 - \alpha - \beta)$$

Eingesetzt in (A.1.2) resultiert die bei diesem Preis nachgefragte Menge  $\hat{x}_i$ . Einsetzen in die Gewinngleichung und einige Umformungen ergeben dann den Monopolgewinn den der i-te Produktionsgüterproduzent pro Periode erzielen kann:

$$(A.1.6) \quad \pi = (\alpha + \beta) \hat{x} \hat{p}$$

Der Besitz einer Blaupause ermöglicht es, in jeder Periode diesen Monopolgewinn zu erzielen. Da der Produzent einer Blaupause ein unbefristetes, gesetzlich geschütztes Patent für die Blaupause erhält, und auf dem Markt für Blaupausen ein Polyopson herrscht, kann er den Preis einer Blaupause gleich dem Gegenwartswert der Periodenmonopolgewinne eines Produktionsgüterproduzenten setzen:

$$(A.1.7) \quad p_{A,0} = \int_0^{\infty} e^{-\left(\int_0^t r_s ds\right)} \pi_t dt$$

Da im Steady State Gleichgewicht der Marktzins,  $r$ , und der Monopolgewinn eines Produktionsgüterherstellers,  $\pi$ , konstant sind kann (A.1.7) unter Verwendung der Formel für die ewige Rente umgeschrieben werden:

$$(A.1.8) \quad p_A = \pi / r$$

Einsetzen von (A.1.6) in (A.1.8) ergibt:

$$(A.1.9) \quad p_A = ((\alpha + \beta) / r) \hat{p} \hat{x}$$

Aus (A.1.2) folgt:

$$(A.1.10) \quad \hat{p} \hat{x} = (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Einsetzen von (A.1.10) in (A.1.9) ergibt:

$$(A.1.11) \quad p_A = ((\alpha + \beta) / r) (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Aus Gleichung (1),  $\dot{A} = \delta A H_A$ , resultiert das physische Grenzprodukt des Humankapitals im F&E-Sektor als:

$$(A.1.12) \quad \frac{\delta \dot{A}}{\delta H} = \delta A$$

Die Entlohnung des Humankapitals im F&E-Sektor ist gleich dem in Outputeinheiten des P- und K-Sektors des HT- und E- Sektor bewerteten Grenzprodukt des Humankapitals:

$$(A.1.13) \quad w_{H_A} = \frac{\delta \dot{A}}{\delta H} P_A = \delta A ((\alpha + \beta) / r) (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \bar{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Da das Steady State Gleichgewicht definiert ist, als ein Zustand in dem alle Status- und Kontrollvariablen mit konstanter Rate wachsen, muß im Steady State Gleichgewicht auch die Wachstumsrate des technischen Wissens,  $\dot{A}/A$ , konstant sein. Gleichung (1) impliziert, daß dies nur dann der Fall ist, wenn die Einsatzmenge des Humankapitals in der Produktionsfunktion technischen Wissens,  $H_A$ , konstant ist. Notwendige Bedingung dafür ist, daß das Humankapital im F&E-Sektor mit dem gleichen Lohn entlohnt wird wie im P- und K-Sektor. Das Grenzprodukt des Humankapitals in der aggregierten Produktionsfunktion des P- und K-Sektors (Gleichung (8)) entspricht:

$$(A.1.14) \quad w_{H_Y} = \frac{\delta Y}{\delta H} = \alpha H_Y^{\alpha-1} L^\beta A \bar{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Gleichsetzen von (A.1.13) und (A.1.14) und auflösen nach  $H_Y$  ergibt die Steady State Einsatzmenge des Humankapitals im P- und K-Sektor:

$$(A.1.15) \quad H_Y = \frac{1}{\delta} \Lambda r \quad \text{mit} \quad \Lambda = \alpha / (1 - \alpha - \beta) (\alpha + \beta)$$

Einsetzen in die Ressourcenrestriktion für H ergibt:

$$(A.1.16) \quad H_A = H - H_Y = H - \frac{1}{\delta} \Lambda r$$

Einsetzen von Gleichung (A.1.16) in Gleichung (1),  $\dot{A} = \delta A H_A$ , ergibt die Steady State Wachstumsrate des technischen Wissens in Abhängigkeit vom Marktzins:

$$(A.1.17) \quad g = \frac{\dot{A}}{A} = \delta H - \Lambda r$$

Gleichung (8),  $Y = H^\alpha L^\beta A \bar{x}^{1-\alpha-\beta}$ , impliziert, daß der aggregierte Output des P- und K-Sektors, Y, mit der gleichen Rate wie das technische Wissen wächst:

$$(A.1.18) \quad \frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{H^\alpha L^\beta \bar{x}^{1-\alpha-\beta} \dot{A}}{H^\alpha L^\beta \bar{x}^{1-\alpha-\beta} A} = \frac{\dot{A}}{A}$$

Wie bereits in Abschnitt 2.1.2. des Hauptteils dargelegt, kann aufgrund der additiven Aggregierbarkeit der Produktionsgüter ein Maß  $K$  definiert werden, das dem aggregierten Kapitalstock der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung entspricht, definiert werden:

$$(A.1.19) \quad K = \left( \int_0^A x_i di \right)$$

Aus Gleichung (A.1.2) und (A.1.5) folgt, daß bei einem konstanten Steady State Marktzins,  $\bar{r}$ , von jedem Produktionsgut,  $x_i$ , im Steady State die gleiche Menge,  $\hat{x}$ , hergestellt wird. Deshalb kann Gleichung (A.1.19) wie folgt umgeschrieben werden:

$$(A.1.19') \quad K = A \hat{x}$$

Folglich wächst der aggregierte Kapitalstock mit der gleichen Steady State Rate wie das technische Wissen:

$$(A.1.20) \quad \frac{\dot{K}}{K} = \frac{\dot{A}}{A}$$

Aus der Definition des aggregierten Outputs,  $Y = C + \dot{K}$ , folgt

$$(A.1.21) \quad \frac{C}{Y} = 1 - \frac{K \dot{K}}{Y K}$$

Aus (A.1.18) (A.1.20) und (A.1.21) folgt, daß der Quotient  $C/Y$  im Steady State konstant ist. Also ist die Steady State Wachstumsrate des Konsumes,  $C$ , gleich der Steady State Wachstumsrate des Outputs, wie durch Logarithmieren von (A.1.21) und Ableiten nach der Zeit gezeigt werden kann. Folglich gilt:

$$(A.1.22) \quad \frac{\dot{C}}{C} = \frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A}$$

Demnach wachsen technisches Wissen,  $A$ , aggregierter Kapitalstock,  $K$ , aggregierter Output,  $Y$  und aggregierter Konsum,  $C$ , mit der gleichen Steady State Wachstumsrate,  $g$ .

### 1.1.1.2. Der Konsumsektor

Der repräsentative Haushalt maximiert seine intertemporale Nutzenfunktion (Gleichung (10)) unter Berücksichtigung seiner intertemporalen Budgetrestriktion über seinem Periodenkonsum,  $c_t$ :

$$(A.1.23) \quad \max_{c_t} U_0 = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{c_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} dt \quad \text{s.t.} \quad \dot{d}_t = r_t d_t + w_{lt} l + w_{ht} h - c_t.$$

Dabei ist  $d_t$  das Nettovermögen des repräsentativen Haushaltes,  $l$  sein Periodenangebot an Roharbeit und  $h$  sein Periodenangebot an Humankapital. Die Hamilton Funktion für dieses dynamische Optimierungsproblem lautet:

$$(A.1.24) \quad HA = \frac{c_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} e^{\rho t} + \lambda (r_t d_t + w_{lt} l + w_{ht} h - c_t)$$

Da die Hamilton Funktion konkav in  $c_t$  ist, lautet die notwendige Bedingung für ein Maximum in  $c_t$ :

$$(A.1.25) \quad \frac{\delta HA}{\delta c_t} = e^{-\rho t} c_t^{-\sigma} - \lambda = 0$$

Die erste Ableitung nach von Gleichung (A.1.26) nach der Zeit lautet:

$$(A.1.26) \quad \dot{\lambda} = -e^{-\rho t} c_t^{-\sigma} \rho - e^{-\rho t} c_t^{-\sigma-1} \dot{c}$$

Die kanonischen Gleichungen lauten:

$$(A.1.27) \quad -\dot{\lambda} = \lambda r$$

$$(A.1.28) \quad \frac{\delta HA}{\delta \lambda} = \dot{d} - r_t d_t + w_{lt} l + w_{ht} h - c_t = 0$$

Aus den Gleichungen (A.1.26) und (A.1.27) folgt:

$$(A.1.29) \quad \frac{\dot{c}}{c} = \sigma^{-1} (r - \rho)$$

Aggregiert über alle  $n$  Haushalte resultiert:

$$(A.1.30) \quad \frac{\dot{C}}{C} = \sigma^{-1} (r - \rho)$$

### 1.1.1.3. Die Bestimmung der Steady State Wachstumsrate in Abhängigkeit von den Strukturparametern und der Ressourcenausstattung:

Unter Verwendung von (A.1.30) kann nun bei Berücksichtigung von Gleichung (A.1.22) der Marktinzins aus der Gleichung für die Steady State Wachstumsrate eliminiert werden:

$$(A.1.31) \quad g = \frac{\delta H - \Lambda p}{1 + \sigma \Lambda}$$

### 1.1.2. Die Steady State Wachstumsrate im Fall 2

In Fall 2 ist freier Produktionsgüterhandel aber kein internationaler Transfer ungebundener technischen Wissens möglich. Internationaler Patentschutz wird gewährt.

Der international garantierte Patentschutz impliziert, daß die Schnittmenge zwischen den Produktionsgütertypen, die in beiden Ländern hergestellt werden leer ist ( $\{x_i \in A^A\} \cap \{x_i \in A^B\} = \{0\}$ ). Die postulierte Symmetrie der beiden Länder impliziert, daß die Anzahl der Produktionsgütertypen doppelt so groß ist wie im Fall der Autarkie ( $\bar{A} = A^A + A^B = 2A^A = 2A^B$ ). Zur der Bestimmung der Steady State Wachstumsrate müssen deshalb einige Gleichungen des vorangegangenen Abschnitts 1.1.1. wie folgt modifiziert werden.

Da freier Produktionsgüterhandel zwischen Land A und Land B möglich ist, kann ein Produktionsgüterhersteller  $i$  die doppelte Menge seines Produktionsgutes absetzen wie im Autarkiefall. Wie aus Gleichung (A.1.3) folgt, ist deshalb sein Gewinn,  $\pi_i$ , doppelt so groß wie im Autarkiefall. Dies wiederum impliziert gemäß Gleichung (A.1.8), daß auch der Preis für eine Blaupause,  $p_A$ , doppelt so hoch ist wie im Autarkiefall:

$$(A.1.32) \quad p_{A, \text{Fall 2}} = 2 p_{A, \text{Autarkie}}$$

Demnach muß Gleichung (A.1.11) wie folgt modifiziert werden:

$$(A.1.11') \quad p_{A, \text{Fall 2}} = 2 p_{A, \text{Autarkie}} = 2 \left( (\alpha + \beta) / r \right) (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Gleichung (A.1.11') impliziert eine Verdopplung des in Outputeinheiten des P- und K-Sektors bewerteten Grenzproduktes des F&E-Sektors:

$$(A.1.13') \quad w_{H_A} = \frac{\delta \dot{A}}{\delta H} p_{A, \text{Fall 2}} = 2 \delta A \left( (\alpha + \beta) / r \right) (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Aufgrund der Verdopplung der Produktionsgütervielfalt ist auch das Grenzprodukt des Humankapitals im P- und K-Sektor doppelt so hoch wie im Autarkiefall:

$$(A.1.14') \quad w_{H_Y} = \frac{\delta Y}{\delta H} = 2 \alpha H_Y^{\alpha-1} L^\beta A \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Gleichsetzen von (A.1.13') und (A.1.14') und auflösen nach  $H_Y$  ergibt die Steady State Einsatzmengen des Humankapitals im P- und K-Sektor in Fall 2

$$(A.1.15) \quad H_Y = \frac{1}{\delta} \Lambda r \quad \text{mit} \quad \Lambda = \alpha / (1 - \alpha - \beta) (\alpha + \beta)$$

Einsetzen in die Ressourcenrestriktion für H ergibt:

$$(A.1.16) \quad H_A = H - H_Y = H - \frac{1}{\delta} \Lambda r$$

Die Steady State Einsatzmengen des Humankapitals in den verschiedenen Sektoren ist in Fall 2 ist also identisch mit der im Autarkiefall. Einsetzen von Gleichung (A.1.16) in Gleichung (1),  $\dot{A} = \delta A H_A$ , ergibt die Steady State Wachstumsrate des technischen Wissens in Abhängigkeit vom Marktzins:

$$(A.1.17) \quad g = \frac{\dot{A}}{A} = \delta H - \Lambda r$$

Unter Verwendung von (A.1.30) kann nun bei Berücksichtigung von Gleichung (A.1.22) der die Steady State Wachstumsrate in Abhängigkeit von den Strukturparametern und der Ressourcenausstattung bestimmt werden:

$$(A.1.31) \quad \tilde{g} = \frac{\delta H - \Lambda \rho}{1 + \sigma \Lambda}$$

Die Steady State Wachstumsrate in Fall 2 entspricht also der im Autarkiefall.

### 1.1.3. Die Steady State Wachstumsrate im Fall 1

In Fall 1 ist freier Produktionsgüterhandel und internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich, und es wird internationaler Patentschutz gewährt.

Der international garantierte Patentschutz impliziert, daß die Schnittmenge zwischen den Produktionsgütertypen, die in beiden Ländern hergestellt werden leer ist ( $\{x_i \in A^A\} \cap \{x_i \in A^B\} = \{0\}$ ). Die postulierte Symmetrie der beiden Länder impliziert, daß sowohl die Anzahl der Produktionsgütertypen doppelt so groß ist wie im Fall der Autarkie ( $\bar{A} = A^A + A^B = 2A^A = 2A^B$ ), als auch, daß das in beiden Ländern bei der Produktion von neuem technischen Wissen im F&E-Sektor zur Verfügung stehende technische Wissen doppelt so groß wie im Fall der Autarkie ist. Zur der Bestimmung der Steady State Wachstumsrate müssen deshalb einige Gleichungen des vorangegangenen Abschnitts 1.1.2. wie folgt modifiziert werden.

Da freier Produktionsgüterhandel zwischen Land A und Land B möglich ist, kann ein Produktionsgüterhersteller i die doppelte Menge seines Produktionsgutes absetzen wie im

Autarkiefall. Wie aus Gleichung (A.1.3) folgt, ist deshalb sein Gewinn,  $\pi_1$ , doppelt so groß wie im Autarkiefall. Dies wiederum impliziert gemäß Gleichung (A.1.8), daß auch der Preis für eine Blaupause,  $p_A$ , doppelt so hoch ist wie im Autarkiefall:

$$(A.1.33) \quad p_{A, \text{Fall 1}} = 2 p_{A, \text{Autarkie}}$$

Demnach muß Gleichung (A.1.11) wie folgt modifiziert werden:

$$(A.1.11'') \quad p_{A, \text{Fall 1}} = 2 p_{A, \text{Autarkie}} = 2 \left( (\alpha + \beta) / r \right) (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Da das bei der Produktion von neuem technischen Wissen zur Verfügung stehende technische Wissen in Fall 2 doppelt so groß ist wie im Autarkiefall, muß Gleichung (1) wie folgt umgeformt werden:

$$(1') \quad \dot{A} = 2 \delta A H_A$$

Folglich ist auch das physische Grenzprodukt des Humankapitals in der Produktionsfunktion des F&E-Sektors doppelt so groß wie im Autarkiefall. Gleichung (A.1.12) muß deshalb wie folgt modifiziert werden:

$$(A.1.12') \quad \frac{\delta \dot{A}}{\delta H} = 2 \delta A$$

Zusammen mit Gleichung (A.1.11'') impliziert dies eine Vervierfachung des in Outputeinheiten des P- und K-Sektors bewerteten Grenzproduktes des F&E-Sektors:

$$(A.1.13''') \quad w_{H_A} = \frac{\delta \dot{A}}{\delta H} p_{A, \text{Fall 1}} = 4 \delta A \left( (\alpha + \beta) / r \right) (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Aufgrund der Verdopplung der Produktionsgütervielfalt ist auch das Grenzprodukt des Humankapitals in der aggregierten Produktionsfunktion des P- und K-Sektor doppelt so hoch wie im Autarkiefall:

$$(A.1.14') \quad w_{H_Y} = \frac{\delta Y}{\delta H} = 2 \alpha H_Y^{\alpha-1} L^\beta A \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Gleichsetzen von (A.1.13''') und (A.1.14') und auflösen nach  $H_Y$  ergibt die Steady State Einsatzmengen des Humankapitals im P- und K-Sektor in Fall 1:

$$(A.1.15') \quad H_Y = \frac{1}{2\delta} \Lambda r \quad \text{mit} \quad \Lambda = \alpha / (1 - \alpha - \beta) (\alpha + \beta)$$

Die Vervierfachung der in Outputeinheiten des P- und K-Sektors bewerteten Grenzproduktivität des Humankapitals im F&E-Sektor bewirkt also die Halbierung der Steady State Einsatzmenge des Humankapitals in der aggregierten Produktionsfunktion des P- und K-Sektors. Einsetzen in die Ressourcenrestriktion für H ergibt:

$$(A.1.16') \quad H_A = H - H_Y = H - \frac{1}{2\delta} \Lambda r$$

Einsetzen von Gleichung (A.1.16') in Gleichung (1'), ergibt die Steady State Wachstumsrate des technischen Wissens in Abhängigkeit vom Marktinzins:

$$(A.1.17') \quad g = \frac{\dot{A}}{A} = 2\delta H - \Lambda r$$

Unter Verwendung von (A.1.30) kann nun bei Berücksichtigung von Gleichung (A.1.22) der die Steady State Wachstumsrate in Fall 1 in Abhängigkeit von den Strukturparametern und der Ressourcenausstattung bestimmt werden:

$$(A.1.34) \quad \hat{g} = \frac{2\delta H - \Lambda \rho}{1 + \sigma \Lambda}$$

#### 1.1.4. Die Steady State Wachstumsrate im Fall 5

In Fall 5 ist internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich, aber kein Produktionsgüterhandel. Internationaler Patentschutz wird gewährt.<sup>4</sup>

Der international garantierte Patentschutz impliziert, daß die Schnittmenge zwischen den Produktionsgütertypen, die in beiden Ländern hergestellt werden leer ist ( $\{x_i \in A^A\} \cap \{x_i \in A^B\} = \{0\}$ ). Die postulierte Symmetrie der beiden Länder impliziert, daß das in beiden Ländern bei der Produktion von neuem technischen Wissen im F&E-Sektor zur Verfügung stehende technische Wissen doppelt so groß wie im Fall der Autarkie ist. Zur der Bestimmung der Steady State Wachstumsrate müssen deshalb einige Gleichungen des vorangegangenen Abschnitts 1.1.3. wie folgt modifiziert werden.

---

<sup>4</sup> Dieser Fall wird von Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nicht berücksichtigt.

Da das bei der Produktion von neuem technischen Wissen zur Verfügung stehende technische Wissen in Fall 5 doppelt so groß ist wie im Autarkiefall, muß Gleichung (1) wie folgt umgeformt werden:

$$(1') \quad \dot{A} = 2\delta A H_A$$

Folglich ist auch das physische Grenzprodukt des Humankapitals in der Produktionsfunktion des F&E-Sektors doppelt so groß wie im Autarkiefall. Gleichung (A.1.12) muß deshalb wie folgt modifiziert werden:

$$(A.1.12') \quad \frac{\delta \dot{A}}{\delta H} = 2\delta A$$

Das in Outputeinheiten des P- und K-Sektors bewertete Grenzprodukt des F&E-Sektors lautet deshalb:

$$(A.1.13') \quad w_{H_A} = \frac{\delta \dot{A}}{\delta H} p_{A, \text{Fall 5}} = 2\delta A \left( (\alpha + \beta) / r \right) (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Da kein Produktionsgüterhandel möglich ist, ist das Grenzprodukt des Humankapitals in der aggregierten Produktionsfunktion des P- und K-Sektor das gleiche wie im Autarkiefall:

$$(A.1.14) \quad w_{H_Y} = \frac{\delta Y}{\delta H} = \alpha H_Y^{\alpha-1} L^\beta A \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Gleichsetzen von (A.1.13') und (A.1.14) und Auflösen nach  $H_Y$  ergibt die Steady State Einsatzmengen des Humankapitals im P- und K-Sektor in Fall 5:

$$(A.1.15') \quad H_Y = \frac{1}{2\delta} \Lambda r \quad \text{mit} \quad \Lambda = \alpha / (1 - \alpha - \beta)(\alpha + \beta)$$

Die Verdopplung der in Outputeinheiten des P- und K-Sektors bewerteten Grenzproduktivität des Humankapitals im F&E-Sektor bewirkt also die Halbierung der Steady State Einsatzmenge des Humankapitals in der aggregierten Produktionsfunktion des P- und K-Sektors. Einsetzen in die Ressourcenrestriktion für H ergibt:

$$(A.1.16') \quad H_A = H - H_Y = H - \frac{1}{2\delta} \Lambda r$$

Einsetzen von Gleichung (A.1.16') in Gleichung (1'),  $\dot{A} = 2\delta A H_A$ , ergibt die Steady State Wachstumsrate des technischen Wissens in Abhängigkeit vom Marktzens:

$$(A.1.17) \quad \dot{g} = \frac{\dot{A}}{A} = 2\delta H - \Lambda r$$

Unter Verwendung von (A.1.30) kann nun bei Berücksichtigung von Gleichung (A.1.22) der die Steady State Wachstumsrate in Fall 5 in Abhängigkeit von den Strukturparametern und der Ressourcenausstattung bestimmt werden:

$$(A.1.35) \quad \hat{g} = \frac{2\delta H - \Lambda \rho}{1 + \Lambda \sigma}$$

### 1.1.5. Die Steady State Wachstumsrate im Fall 3

In Fall 3 ist internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich, aber kein Produktionsgüterhandel. Es wird *kein internationaler Patentschutz* sondern *nur nationaler Patentschutz* gewährt<sup>5</sup>.

Das hat zur Folge, daß ein Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B), das eine Blaupause erfunden hat, diese lediglich in Land A (B) an einen (oder mehrere) Produktionsgüterhersteller verkaufen (oder verpachten) kann. Da internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich ist, kann es nichts dagegen unternehmen, daß Produktionsgüterhersteller in Land B (A) seine Blaupause zur Herstellung des Produktionsgutes verwenden. Es ist jedoch noch unbestimmt, wieviele Produktionsgüterhersteller des Landes B (A) diese Blaupause zur Herstellung eines Produktionsgutes verwenden werden. Die Anzahl der Produktionsgüterhersteller des Landes B (A), die eine Blaupause, die in Land A (B) hergestellt wurde, zur Produktion eines Produktionsgutes verwenden, hängt von den eigentumsrechtlichen Regelungen bezüglich ausländischer Blaupausen in Land B (A) ab. Um die Steady State Lösung in Fall 3 bestimmen zu können, wird im folgenden deshalb angenommen, daß in Land B (A) vom Staat für jede in Land A (B) hergestellte Blaupause,  $n$  Eigentumsrechte verkauft werden, die die Herstellung dieses Gutes in Land B (A) erlauben. Es wird dabei postuliert, daß der Staat die Eigentumsrechte zu ihrem Marktwert,  $p_A$ , verkauft, und die Erlöse in Form von negativen Kopfsteuern an die Konsumenten verteilt. Wie sich zeigen wird, ist es für das Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B), das eine Blaupause erfunden hat, nicht mehr gewinnmaximierend in Land A (B) *nur ein* Eigentumsrecht zur Herstellung eines Produktionsgutes zu verkaufen, sobald der Staat von Land B (A)  $n$  größer Null wählt. Stattdessen ist es für ihn gewinnmaximierend  $m > 0$  Eigentumsrechte in Land A (B) zu verkaufen, sobald  $n > 0$  ist. Der freie Produktionsgüterhandel zwischen Land A und B impliziert dann, daß auf dem

<sup>5</sup> Dieser Fall wird von Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nicht berücksichtigt.

Markt jedes Produktionsgutes  $n+m$  Anbieter präsent sind. Es wird ferner unterstellt, daß diese  $n+m$  Anbieter sich nichtkooperativ verhalten und teilspielperfekte Nash Gleichgewichtsstrategien spielen.

Aus diesem eigentumsrechtlichen Szenario resultiert ein zweistufiges Spiel. Auf der ersten Stufe entscheiden die Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B) und der Staat des Landes B (A) über die Anzahl der Eigentumsrechte, die sie pro Blaupause verkaufen. Dabei wird die Anzahl der Produktionsgüterhersteller pro Produktionsgut,  $m+n$ , bestimmt. Auf der zweiten Stufe entscheiden die  $m+n$  Hersteller des jeweiligen Produktionsgutes über die Menge, die sie von diesem Produktionsgut verkaufen. Dabei wird die insgesamt angebotene Menge des dieses Produktionsgutes,  $\hat{x}_i = \sum_k \hat{x}_{i,k} + \sum_l \hat{x}_{i,l}$  bestimmt.

### 1.1.5.1. Der Produktionssektor

Die Produktionsgüternachfrage der Produzenten des P- und K-Sektors (Gleichung (A.1.2)) wird von den neuen Annahmen nicht verändert. Es muß jetzt lediglich berücksichtigt werden, daß das die insgesamt angebotene Produktionsgütermenge gleich  $\hat{x}_i = \sum_k \hat{x}_{i,k} + \sum_l \hat{x}_{i,l}$  ist. Das Gewinnmaximierungsproblem des  $i$ -ten Produktionsgüterherstellers wird allerdings entscheidend von den neuen Annahmen verändert: Gleichung (A.1.3) muß jetzt wie folgt modifiziert werden:

$$(A.1.3') \quad \pi_i = \max_{x_i} p_i x_i - r x_i \quad \text{mit} \quad p_i = (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \left( \sum_k \hat{x}_{i,k} + \sum_l \hat{x}_{i,l} \right)^{-\alpha - \beta} \quad \forall i \in A$$

Die Reaktionsfunktion des  $i$ -ten Produktionsgüterherstellers lautet demnach:

$$(A.1.4') \quad p_i + x_i (1 - \alpha - \beta) (-\alpha - \beta) \left( \sum_k \hat{x}_{i,k} + \sum_l \hat{x}_{i,l} \right)^{-1 - \alpha - \beta} H_Y^\alpha L^\beta - r = 0 \quad \forall i \in A$$

Da es sich um ein symmetrisches Oligopol handelt bietet jeder Produktionsgüterhersteller im Nash Gleichgewicht die gleiche Menge,  $\hat{x}$ , an. Aus Gleichung (A.1.4') folgt deshalb unter Berücksichtigung von Gleichung (A.1.2) der Preis des  $i$ -ten Produktionsgutes im Nash Gleichgewicht:

$$(A.1.5.') \quad \hat{p}_i = r / \Psi \quad \text{mit} \quad \Psi := \left( 1 - \frac{\alpha + \beta}{m + n} \right)$$

Der Preis des  $i$ -ten Produktionsgutes nähert sich also für  $m+n \rightarrow \infty$  dem Grenzkostenpreis,  $\hat{p}_i = r$ . Eingesetzt in Gleichung (A.1.2) resultiert die Angebotsmenge des  $i$ -ten Produktionsgüterherstellers im Nash Gleichgewicht:

$$(A.1.36) \quad \hat{x}_{i,k} = \hat{x}_{i,l} = \left( \frac{\Psi}{r} (1-\alpha-\beta) H_Y^\alpha L^\beta \right)^{1/(\alpha+\beta)} / (m+n)$$

Für  $m+n \rightarrow \infty$  wird das Angebot des  $i$ -ten Produktionsgüterherstellers also atomistisch. Die insgesamt pro Land angebotene Menge des  $i$ -ten Produktionsgutes,  $(m+n)\hat{x}_{i,k}$ , konvergiert gegen  $\left( \frac{1}{r} (1-\alpha-\beta) H_Y^\alpha L^\beta \right)^{1/(\alpha+\beta)}$  und ist damit um den Faktor  $1/(1-\alpha-\beta)$  größer als im Monopolfall (vgl. Gleichung (A.1.1.)). Unter Berücksichtigung der Gleichungen (A.1.5') und A.1.36) muß die Gleichung für den Gewinn, den der  $i$ -te Produktionsgüterhersteller pro Periode auf dem Markt *eines Landes* erzielen kann, wie folgt umgeschrieben werden:

$$(A.1.6') \quad \pi = \frac{\alpha+\beta}{m+n} \hat{x} \hat{p} \quad \text{mit} \quad \hat{x} := \hat{x}_{i,k} = \hat{x}_{i,l} \quad \text{und} \quad \hat{p} := \hat{p}_i$$

Der Gewinn des  $i$ -ten Produktionsgüterherstellers auf dem Markt eines Landes geht für  $m+n \rightarrow \infty$  also gegen Null. Der Gesamtgewinn des  $i$ -ten Produktionsgüterherstellers auf den Märkten *beider Länder* entspricht  $2\pi$ . Der Marktwert einer Blaupause entspricht deshalb:

$$(A.1.9') \quad p_{A, \text{Fall 3}} = \frac{2\pi}{r} = \frac{1}{r} \frac{\alpha+\beta}{m+n} 2\hat{x} \hat{p}$$

Die Kosten zur Herstellung einer Blaupause sind wegen der Linearität der Produktionsfunktion des F&E-Sektors (vgl. Gleichung (1)) gleich dem Umsatz, der durch den Verkauf einer Blaupause erzielt werden kann.<sup>6</sup> Die Unternehmen des F&E-Sektors erzielen deshalb Nullgewinne. Trotzdem haben sie einen Anreiz ihren Umsatz zu maximieren, denn die Anzahl der Unternehmen des F&E-Sektors ist hinreichend groß, um perfekten Wettbewerb dieser

<sup>6</sup> Aufgrund der Modellannahmen ist die Humankapitalnachfrage eines einzelnen Unternehmens des F&E-Sektors atomistisch. Das Humankapital wird im F&E-Sektor also gemäß seinem Wertgrenzprodukt entlohnt. Das Wertgrenzprodukt des Humankapitals entspricht  $w_{H_A} = m p_A \frac{\delta \dot{A}}{\delta H_A} = m p_A \delta A$ . Die Produktionsfunktion des F&E-Sektors impliziert, daß zur Herstellung einer Blaupause  $1/\delta$  A Einheiten Humankapital benötigt werden. Die Lohnsumme, die zur Herstellung einer Blaupause gezahlt werden muß, ist also gleich  $w_{H_A} \frac{1}{\delta A} = m p_A$ . Die Kosten der Herstellung einer Blaupause sind also gleich dem Erlös, der mit einer Blaupause erzielt werden kann.

Unternehmen auf dem Humankapitalmarkt zu gewährleisten. Folglich können nur solche Unternehmen des F&E-Sektors, die den maximal möglichen Humankapitallohn zahlen können, Humankapital einkaufen. Um aber den maximal möglichen Humankapitallohn zahlen zu können müssen die Unternehmen des F&E-Sektors ihren Umsatz maximieren. Der Umsatz eines Unternehmens des F&E-Sektors, das  $m$  Eigentumsrechte für seine Blaupause verkauft entspricht:

$$(A.1.37) \quad \mu(n, m) = m p_{A, \text{Fall 3}} = m(m+n)^{-1-\frac{1}{\alpha+\beta}} (m+n-\alpha-\beta)^{-1+\frac{1}{\alpha+\beta}} 2 \left( \frac{1-\alpha-\beta}{r} H_Y^\alpha L^\beta \right)^{\frac{1}{\alpha+\beta}}$$

Die Umsatzfunktion ist eine negative Funktion in  $n$ . Sie ist strikt konkav in  $m$ . Die Reaktionsfunktion eines Unternehmens des F&E-Sektors auf ein gegebenes  $n$  kann deshalb durch Maximierung der Umsatzfunktion unter Berücksichtigung der Nichtnegativitätsbedingung für  $(m-1)$ , gefunden werden.<sup>7</sup> Es resultiert daraus der folgende Kuhn-Tucker Ansatz:

$$(A.1.38) \quad \begin{aligned} & \max_m \mu(m, n) \text{ s.t. } (m-1) \geq 0 \Leftrightarrow \\ & \frac{\delta \mu}{\delta m} \leq 0 \wedge (m-1) \geq 0 \wedge (m-1) \frac{\delta \mu}{\delta m} = 0 \end{aligned}$$

Unterstellt man daß beide Staaten ihre Einnahmen aus dem Verkauf von Eigentumsrechten maximieren, so berechnen sich ihre Reaktionsfunktionen aus dem gleichen Ansatz mit dem einzigen Unterschied, daß die Staaten über  $n$  maximieren und sich die Nichtnegativitätsbedingung auf  $(n-1)$  bezieht.

Nullsetzen der ersten Ableitung der Umsatzfunktion ergibt:

$$(A.1.39) \quad \begin{aligned} & \frac{\delta \mu}{\delta m} = 0 \\ & \Leftrightarrow \\ & m(n) = -\frac{1}{2} + \left( \frac{1}{4} + n^2 - n(\alpha + \beta) \right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

bzw. für einen der beiden Staaten:

<sup>7</sup> Ich danke Oliver Lorz für den Hinweis, daß die Nichtnegativitätsbedingung explizit berücksichtigt werden muß.

$$(A.1.40) \quad \frac{\delta \mu}{\delta n} = 0 \quad \Leftrightarrow$$

$$n(m) = -\frac{1}{2} + \left( \frac{1}{4} + m^2 - m(\alpha + \beta) \right)^{\frac{1}{2}}$$

Einsetzen von Gleichung (A.1.40) in Gleichung (A.1.39) und auflösen nach  $n$  und  $m$  ergibt negative Werte für  $n$  und  $m$ . Es existiert also kein Nash Gleichgewicht in reinen Strategien als innere Lösung. Wenn ein Nash Gleichgewicht in reinen Strategien existiert, dann muß es die Randlösung sein. Im folgenden wird gezeigt, daß ein Kontinuum von Werten der Produktionselastizitäten  $\alpha$  und  $\beta$  existiert, bei denen  $n = m = 1$  ein Nash Gleichgewichtspunkt ist. Ein solcher Nash Gleichgewichtspunkt existiert, wenn folgende Ungleichungen erfüllt sind:

$$(A.1.41) \quad \begin{aligned} \mu(m=2, n=1) - \mu(m=1, n=1) &< 0 \\ \mu(n=2, m=1) - \mu(n=1, m=1) &< 0 \end{aligned}$$

Einsetzen von Gleichung (A.1.37) in Gleichung (A.1.41) ergibt die folgenden Bedingungen für einen Nash Gleichgewichtspunkt mit  $n = m = 1$ :

$$(A.1.42) \quad \frac{2}{3} < \left( \frac{2 - \alpha - \beta}{3 - \alpha - \beta} \right)^{(1 - \alpha - \beta)} \left( \frac{3}{4} \right)^{\alpha + \beta}$$

Diese Bedingung ist stets erfüllt, wenn  $\alpha = \beta > 0.3$ . Eine numerische Analyse zeigt, daß für Produktionselastizitäten, die  $0.3 > \alpha = \beta > 0.2$  erfüllen der Nash Gleichgewichtspunkt bei  $n = m = 1$  liegt. Das deutet darauf hin, daß die Anzahl der Produktionsgüterproduzenten, die ein Nash Gleichgewicht in reinen Strategien darstellt, steigt, wenn die Summe der Produktionselastizitäten sinkt.

Falls Bedingung (A.1.42) erfüllt ist, dann resultiert also ein Nash Gleichgewicht mit einem Duopol auf Markt für jedes Produktionsgut. Der Gewinn eines Produktionsgüterherstellers entspricht dann dem Gewinn im Autarkiefall, so daß der Wert einer Blaupause ebenfalls dem im Autarkiefall entspricht (vgl. Gleichung (A.1.9') mit (A.1.9)). Da aufgrund des freien internationalen Transfers technischen Wissens und des freien Produktionsgüterhandel, das Wertgrenzprodukt des Humankapitals sowohl im F&E-Sektor als auch im P- und K-Sektor um den Faktor 2 steigt, kommt es im Vergleich zum Autarkiefall nicht zu einer Reallokation des Humankapitals zwischen dem F&E-Sektor und den beiden übrigen Sektoren. Die Steady State Wachstumsrate entspricht dann also der Steady State Wachstumsrate im Autarkiefall. Die

Nichtgewährung eines internationalen Patentschutzes führt also zu einem Rückgang der Wachstumsrate auf das Autarkieniveau.

Um jedoch die Auswirkung der Patentpolitik bei einem Anstieg von  $n$  auf die Steady State Wachstumsrate funktional darzustellen, wird im folgenden ein Stackelberg Szenario modelliert. Dabei wird angenommen, daß die Anzahl der Eigentumsrechte,  $n$ , die der Staat von Land B (A) in Land B (A) verkauft, das Ergebnis eines politökonomischen Rent-Seeking Prozesses in Land B (A) ist, der nicht weiter modelliert wird, so daß  $n$  exogen vorgegeben ist.<sup>8</sup> In diesem Stackelberg-Szenario ist der Staat des Landes B (A) also der Stackelbergführer und das F&E-Unternehmen des Landes A (B) der Stackelbergfolger. Das F&E-Unternehmen des Landes A (B) paßt die Anzahl von Eigentumsrechten,  $m$ , die es an Produktionsgüterhersteller des Landes A (B) verkauft, dann gemäß seiner Reaktionsfunktion (A.1.39) an. Bei der Interpretation der Reaktionsfunktion eines F&E-Unternehmens,  $m(n)$ , muß berücksichtigt werden, daß  $m(n)$  den *numerisch optimalen* Wert für  $m$  in Abhängigkeit von  $n$  angibt. Dieser kann sich von dem *ökonomisch optimalen* Wert für  $m$  unterscheiden, da  $n$  aus ökonomischer Sicht nur eine ganze Zahl größer null sein kann. Für jeden numerischen Wert  $m(n)$  muß ein Unternehmen des F&E-Sektors also den Wert  $m^*$  so wählen, daß gilt  $m^*(n) = \{m^* | m^* = p \text{ falls } m(n) < 1, \text{ anderenfalls: } m^* = p - 1 \text{ falls } p - m(n) \leq 0.5 \text{ und } m^* = p \text{ falls } p - m(n) > 0.5 \text{ mit } p = \min\{q | q \geq m(n), q \in \mathbb{Z}, q \neq 0\}$

Die Anzahl der Produktionsgüterhersteller die unter diesen Annahmen auf dem Markt eines Produktionsgutes tätig sind, entspricht also:

$$(A.1.43) \quad f(n) := m^*(n) + n \quad \text{mit} \quad \frac{\delta f}{\delta n} > 0$$

Für  $n = 0$  resultiert demnach  $f(n) = 1$ . Eingesetzt in die Gleichung für den Preis einer Blaupause (Gleichung (A.1.9')) resultiert:

$$(A.1.44) \quad p_{A, \text{Fall3}} = \frac{2\pi}{r} = \frac{1}{r} \frac{\alpha + \beta}{f(n)} 2\hat{x}\hat{p}$$

<sup>8</sup> Aufgrund der Symmetrie Annahme bezüglich beider Länder ist  $n$  in beiden Ländern gleich groß. Postuliert man ein unterschiedliches  $n$  für beide Länder resultiert ein asymmetrisches Zweiländermodell bei dem das Kapitalmarktzinsniveau in dem Land mit dem höheren  $n$  höher ist, als in dem Land mit dem niedrigeren  $n$ . Dadurch wird ein Produktionsgütertransfer in das Land mit dem höheren  $n$  induziert. Dieser Transfer kann dann Humankapital im HT- und E-Sektor substituieren, so daß vermehrt Humankapital im F&E-Sektor eingesetzt werden kann. Dadurch kann dann in dem Land mit dem höheren  $n$  eine höhere Steady State Wachstumsrate resultieren als in dem Land mit dem niedrigeren  $n$ . Die Anzahl der verkauften Eigentumsrechte eines Landes,  $n$ , wirkt als asymmetrisch auf die Wachstumsrate beider Länder.

Unter Berücksichtigung von Gleichung (A.1.14) und dem Umstand, daß aufgrund der Annahme freien internationalen Transfers ungebundenen technischen Wissens bei der Produktion technischen Wissens die doppelte Menge technischen Wissens wie im Autarkiefall zur Verfügung steht muß Gleichung (A.1.13) wie folgt modifiziert werden:

$$(A.1.13''') \quad w_{H_A} = \frac{\delta \dot{A}}{\delta H} p_{A, Fall 3} = (f(n))^{-1-\alpha-\beta} 4 \delta A^i ((\alpha + \beta) / r) (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Da freier Produktionsgüterhandel möglich ist, entspricht das Grenzprodukt des Humankapitals im P- und K-Sektor Gleichung (A.1.14'):

$$(A.1.14') \quad w_{H_Y} = \frac{\delta Y}{\delta H} = 2 \alpha H_Y^{\alpha-1} L^\beta A \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Gleichsetzen von (A.1.13''') und (A.1.14') und Auflösen nach  $H_Y$  ergibt die Steady State Einsatzmengen des Humankapitals im P- und K-Sektor in Fall 1:

$$(A.1.15'') \quad H_Y = \frac{1}{2\delta} \Lambda r f(n)^{1+\alpha+\beta} \quad \text{mit} \quad \Lambda = \alpha / (1 - \alpha - \beta) (\alpha + \beta)$$

Einsetzen in die Ressourcenrestriktion für H ergibt:

$$(A.1.16'') \quad H_A = H - H_Y = H - \frac{1}{2\delta} \Lambda r f(n)^{1+\alpha+\beta}$$

Einsetzen von Gleichung (A.1.16') in Gleichung (1'), ergibt die Steady State Wachstumsrate des technischen Wissens in Abhängigkeit vom Marktzins und  $n$ :

$$(A.1.17') \quad g = \frac{\dot{A}}{A} = 2\delta H - \Lambda r f(n)^{1+\alpha+\beta}$$

### 1.1.5.2. Der Konsumsektor

Der repräsentative Haushalt maximiert seine intertemporale Nutzenfunktion (Gleichung (10)) unter Berücksichtigung seiner intertemporalen Budgetrestriktion über seinem Periodenkonsum,  $c_t$ . Da der Staat des Landes B (A) seine Einnahmen aus dem Verkauf von Eigentumsrechten an Blaupausen der Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B) in Form einer negativen Kopfsteuer an die Haushalte des Landes B (A) verteilt muß die Budgetrestriktion modifiziert werden. Das Nutzenmaximierungsproblem des repräsentativen Haushaltes des Landes B (A) lautet deshalb jetzt:

(A.1.23)

$$\max_{c_t} U_0 = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{c_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} dt \quad \text{s.t.} \quad \dot{d}_t = T + r_t d_t + w_{lt} l + w_{ht} h - c_t \quad \text{mit} \quad T = \frac{A^i n P_{A, \text{Falls}}}{L^j}, \quad i, j = A, B, \quad i \neq j$$

Da bei ist  $T$  die negative Kopfsteuer,  $d_t$  das Nettovermögen des repräsentativen Haushaltes,  $l$  sein Periodenangebot an Roharbeit und  $h$  sein Periodenangebot an Humankapital. Es wird postuliert, daß die Anzahl der Haushalte jedes Landes,  $L^j$ , so groß ist, daß der Einfluß der Konsumententscheidung eines einzelnen Haushaltes auf die Höhe der Kopfsteuer,  $T$ , atomistisch klein ist.  $T$  ist also aus Sicht eines einzelnen Haushaltes eine Konstante. Deshalb ändert sich das dynamische Optimierungsproblem eines repräsentativen Haushaltes im Vergleich zu Fall 1 nicht. Die Hamilton Funktion für das dynamische Optimierungsproblem lautet deshalb wiederum:

$$(A.1.24) \quad HA = \frac{c_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} e^{\rho t} + \lambda (r_t d_t + w_{lt} l + w_{ht} h - c_t)$$

Die Bedingungen erster Ordnung für ein intertemporales Nutzenmaximum des repräsentativen Haushaltes sind deshalb identisch mit denen ohne Kopfsteuer. Für den Zusammenhang zwischen optimalen Veränderungsrate des Konsumes und dem Marktzins resultiert deshalb wiederum:

$$(A.1.30) \quad \frac{\dot{C}}{C} = \sigma^{-1} (r - \rho)$$

### 1.1.5.3. Die Bestimmung der Steady State Wachstumsrate in Abhängigkeit von den Strukturparametern, der Ressourcenausstattung und $n$ :

Durch Einsetzen von Gleichung (A.1.30) in Gleichung (A.1.17') kann nun bei Berücksichtigung von Gleichung (A.1.22) die Steady State Wachstumsrate in Fall 3 in Abhängigkeit von den Strukturparametern, der Ressourcenausstattung und  $n$  bestimmt werden:

$$(A.1.45) \quad \bar{g} = \frac{2\delta H - f(n)^{1+\alpha+\beta} \Lambda p}{1 + f(n)^{1+\alpha+\beta} \Lambda \sigma}$$

Die Steady State Wachstumsrate ist eine negative Funktion von  $f(n)$ .  $f(n)$  ist eine positive Funktion von  $n$ . Also ist die Steady State Wachstumsrate eine negative Funktion von  $n$ . Dieses Ergebnis ist auf den folgenden Zusammenhang zurückzuführen:

Die Reaktionsfunktion (A.1.39) eines Unternehmens des F&E-Sektors ist eine positive Funktion von  $n$ . Es ist für ein Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B) also optimal die Anzahl der Eigentumsrechte,  $m$ , die es pro Blaupause an Produktionsgüterhersteller verkauft zu erhöhen, wenn der Staat von Land B (A) die Anzahl der Eigentumsrechte,  $n$ , die er für diese Blaupause in Land B (A) verkauft, erhöht. Setzt der Staat von Land B (A)  $n=0$ , so beträgt - wie Gleichung

(A.1.39) impliziert - die gewinnmaximale Anzahl von Eigentumsrechten, die ein Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B) in Land A (B) verkaufen kann,  $m=1$ . Einsetzen von Gleichung (A.1.39) in die Gleichung für den Umsatz eines F&E-Unternehmens zeigt, daß der Limes der Umsatzfunktion für  $n \rightarrow \infty$  Null ist. Das hat zur Folge, daß die Entlohnung des Humankapitals im F&E-Sektor immer weiter sinkt, wenn  $n \rightarrow \infty$ . Deshalb wird immer mehr Humankapital aus dem F&E-Sektor in den P- und K-Sektor verlagert, so daß der Output des F&E-Sektor immer weiter sinkt wenn  $n \rightarrow \infty$ . Da der Output des F&E-Sektors aber die Steady State Wachstumsrate determiniert, sinkt die Steady State Wachstumsrate, wenn  $n \rightarrow \infty$ .

#### 1.1.6. Die Steady State Wachstumsrate im Fall 7

In Fall 7 ist internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich, aber kein Produktionsgüterhandel. Es wird *kein internationaler Patentschutz* sondern nur *nationaler Patentschutz* gewährt.<sup>9</sup>

Die Nichtgewährung internationalen Patentschutzes hat - wie schon in Fall 3 - zur Folge, daß ein Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B), das eine Blaupause erfunden hat, diese lediglich in Land A (B) an einen (oder mehrere) Produktionsgüterhersteller verkaufen (oder verpachten) kann. Da internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich ist, kann es nichts dagegen unternehmen, daß Produktionsgüterhersteller in Land B (A) seine Blaupause zur Herstellung des Produktionsgutes verwenden. Unterstellt man die gleichen eigentumsrechtlichen Rahmenbedingungen wie in Fall 3, dann hat jetzt der Verkauf von Eigentumsrechten eines F&E-Unternehmens des Landes A (B) durch den Staat des Landes B (A) an Produktionsgüterproduzenten des Landes B (A) *keinen* Einfluß auf den Umsatz des F&E-Unternehmens des Landes A (B). Dieses Ergebnis resultiert in Fall 7, weil nunmehr kein Produktionsgüterhandel möglich ist. Die Abwesenheit internationalen Produktionsgüterhandels hat zur Folge, daß ein F&E-Unternehmen des Landes A (B), das eine Blaupause zur Herstellung eines neuen Produktionsgütertyps erfunden hat, die Anzahl der Produktionsgüterhersteller die diesen Produktionsgütertyp auf dem Markt von Land A (B) verkaufen, selbst bestimmen kann. Der Staat des Landes B (A) hat - unabhängig davon wieviele Eigentumsrechte,  $n$ , er in Land B (A) verkauft - keinen Einfluß auf die Anzahl der Produktionsgüterhersteller auf dem Markt von Land A (B). Infolgedessen kann das F&E-Unternehmen des Landes A (B) die Anzahl von Produktionsgüterhersteller,  $m$ , wählen, die seinen Umsatz maximiert. Da die Umsatzfunktion (A.1.37) für  $n=1$  eine negative Funktion in  $m$  ist, wählt das F&E-Unternehmen  $m$  so klein wie möglich, d.h.  $m=1$ . Das F&E-Unternehmen maximiert seinen Umsatz also dadurch, daß es - wie

---

<sup>9</sup> Dieser Fall wird von Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nicht berücksichtigt.

im Autarkiefall und bei Gewährung internationalen Patentschutzes (Fälle 1, 2, 5, 6) - seine Blaupause lediglich an einen Produktionsgüterhersteller verkauft (oder verpachtet). Da aber kein Produktionsgüterhandel möglich ist ist der Marktpreis einer Blaupause identisch mit dem im Autarkiefall:

$$(A.1.11) \quad p_A = ((\alpha + \beta)/r)(1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Aufgrund des freien internationalen Transfers ungebundenen technischen Wissens, steht bei der Produktion im F&E-Sektor die doppelte Menge an technischem Wissen zur Verfügung wie in den Fällen ohne internationalen Transfer technischen Wissens. Obwohl nämlich kein internationaler Patentschutz gewährt wird, besteht für ein F&E-Unternehmen des Landes B (A) kein Anreiz eine Blaupause herzustellen, die bereits von einem F&E-Unternehmen des Landes A (B) hergestellt worden ist. Folglich ist die Schnittmenge zwischen den Produktionsgübertypen, die in beiden Ländern hergestellt werden leer ( $\{x_i \in A^A\} \cap \{x_i \in A^B\} = \{0\}$ ). Die postulierte Symmetrie der beiden Länder impliziert wiederum, daß das in beiden Ländern bei der Produktion von neuem technischem Wissen im F&E-Sektor zur Verfügung stehende technische Wissen doppelt so groß wie im Fall der Autarkie ist. Gleichung (A.1.13) muß deshalb wie folgt modifiziert werden:

$$(A.1.13') \quad w_{H_A} = \frac{\delta \dot{A}}{\delta H} P_{A, Fall 7} = 2 \delta A ((\alpha + \beta)/r)(1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Obwohl kein internationaler Produktionsgüterhandel möglich ist, ist das Grenzprodukt des Humankapitals in der aggregierten Produktionsfunktion des P- und K-Sektor doppelt so hoch wie im Autarkiefall:

$$(A.1.14') \quad w_{H_Y} = \frac{\delta Y}{\delta H} = 2 \alpha H_Y^{\alpha-1} L^\beta A \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Das ist darauf zurückzuführen, daß aufgrund des freien internationalen Transfers ungebundenen technischen Wissens *und* der Annahme daß der Staat des Landes B (A)  $n \geq 1$  Eigentumsrechte von Blaupausen, die in Land A (B) hergestellt wurden, an  $n$  Produktionsgüterhersteller in Land B (A) verkauft, die Produktionsgütervielfalt genau so groß ist wie bei freiem Produktionsgüterhandel (Fälle 1, 2, 3, und 4).

Gleichsetzen von (A.1.13') und (A.1.14') und Auflösen nach  $H_Y$  ergibt die Steady State Einsatzmengen des Humankapitals im P- und K-Sektor in Fall 5:

$$(A.1.15') \quad H_Y = \frac{1}{\delta} \Lambda r \quad \text{mit} \quad \Lambda = \alpha / (1 - \alpha - \beta)(\alpha + \beta)$$

Die Steady State Einsatzmenge des Humankapitals im F&E-Sektor und in der aggregierten Produktionsfunktion des P- und K-Sektors ist also identisch mit der im Autarkiefall. Einsetzen in die Ressourcenrestriktion für H ergibt:

$$(A.1.16) \quad H_A = H - H_Y = H - \frac{1}{\delta} \Lambda r$$

Einsetzen von Gleichung (A.1.16') in Gleichung (1'),  $\dot{A} = 2\delta A H_A$ , ergibt die Steady State Wachstumsrate des technischen Wissens in Abhängigkeit vom Marktinz:

$$(A.1.17'') \quad g = \frac{\dot{A}}{A} = 2\delta H - 2\Lambda r$$

Unter Verwendung von (A.1.30) kann nun bei Berücksichtigung von Gleichung (A.1.22) der die Steady State Wachstumsrate in Fall 7 in Abhängigkeit von den Strukturparametern und der Ressourcenausstattung bestimmt werden:

$$(A.1.46) \quad \ddot{g} = \frac{2\delta H - 2\Lambda \rho}{1 + 2\Lambda \sigma}$$

*1.1.8. Vergleich der Steady State Wachstumsrate des Falls 7 mit denen der Fälle 1 und 5 mit denen der Fälle 2 und 6*

Die Steady State Wachstumsrate im Autarkiefall (Fälle 6 und 8) ist:

$$(A.1.31) \quad \check{g} = \frac{\delta H - \Lambda \rho}{1 + \sigma \Lambda}$$

Die Steady State Wachstumsrate bei freiem Transfer ungebundenen technischen Wissens (Fälle 1 und 5) ist:

$$(A.1.34) \quad \hat{g} = \frac{2\delta H - \Lambda \rho}{1 + \sigma \Lambda}$$

Die Steady State Wachstumsrate unter dem eigentumsrechtlichen Szenario von Fall 7 ist:

$$(A.1.46) \quad \ddot{g} = \frac{2\delta H - 2\Lambda \rho}{1 + 2\Lambda \sigma}$$

Wie man durch adäquate Umformung der Wachstumsrate von Fall 7 (Gleichung (A.1.46)) erkennt, gilt zwischen diesen Steady State Wachstumsraten die folgende Rangfolge:

$$(A.1.47) \quad \hat{g} = \frac{2\delta H - \Lambda p}{1 + \sigma \Lambda} > \ddot{g} = \frac{2\delta H - 2\Lambda p}{1 + 2\Lambda \sigma} = \frac{\delta H - \Lambda p}{0.5 + \Lambda \sigma} > \frac{\delta H - \Lambda p}{1 + \sigma \Lambda} = \tilde{g}$$

1.2. Die Analyse des Wissenstransfereffektes bei Forschungslaborspezifizierung der Produktionsfunktion des F&E-Sektors

1.2.1. Die Steady State Wachstumsrate bei Autarkie (Fall 6 und Fall 8, Tabelle 2):<sup>10</sup>

In diesem Abschnitt wird die Steady State Wachstumsrate für den Fall der Autarkie bei Forschungslaborspezifizierung des F&E-Sektors bestimmt. Mit Autarkie werden Szenarios bezeichnet, in denen Transfer ungebundenen technischen Wissens und Produktionsgüterhandel nicht möglich ist. In Tabelle 2 treten zwei derartige Fälle auf, die Fälle 6 und 8. Diese Fälle unterscheiden sich dadurch, daß in Fall 6 internationaler Patentschutz gewährt wird und in Fall 8 nicht. Die Nichtgewährung internationalen Patentschutzes hat in Fall 8 im Vergleich zu Fall 6 aber keinerlei Auswirkung auf die Gleichgewichtslösung, weil die Produktion redundanten Wissens, die bei Nichtgewährung von internationalem Patentschutz möglich ist, bei Abwesenheit von freiem Produktionsgüterhandel, sich nicht auswirken kann.

1.2.1.1. Der Produktionssektor

Die Produktionsfunktionen der drei Produktionssektoren (Gleichungen (2), (7) und (14)) können wie folgt aggregiert werden:

$$(A.1.48) \quad C + K + \frac{\dot{A}}{B} = Y + \frac{\dot{A}}{B} = H^\alpha L^\beta \left( \int_0^A x_i^{1-\alpha-\beta} di \right)$$

Die aggregierte Produktionsgüternachfrage aller Sektoren kann dann aus Gleichung (A.1.48) abgeleitet werden. Da die aggregierte Produktionsfunktion (A.1.48) durch konstante Skalenerträge in den Produktionsfaktoren H, L und  $x_i$  charakterisiert ist, kann die Anzahl der Produzenten so groß gewählt werden, daß kein Produzent Nachfragemarktmacht in bezug auf die Produktionsfaktoren H, L und  $x_i$  besitzt. Folglich nehmen die Produzenten die Preise der Produktionsfaktoren (den Humankapitallohn,  $w_H$ , den Roharbeitslohn,  $w_L$  und den Produktionsgüterpreis,  $p_i$ ) als gegeben an. Es wird ferner postuliert, daß auch die Humankapitalanbieter und Roharbeitsanbieter keine Marktmacht besitzen. Unter diesen Annahmen herrscht auf dem Humankapitalmarkt und auf dem Roharbeitsmarkt stets Vollbeschäftigung. Folglich wird das gesamte Roharbeitsangebot L und das gesamte

<sup>10</sup> Die folgende Darstellung beruht auf Rivera-Batiz / Romer (1991b).

Humankapitalangebot, H, in der aggregierten Produktionsfunktion eingesetzt. Unter diesen Annahmen kann die Produktionsgüternachfrage wiederum durch die Maximierung des Gewinns bei gegebenem H und L eines repräsentativen Unternehmens über  $x_i$  bestimmt werden:

$$(A.1.1) \quad \max_{x_i} \int_0^A H^\alpha L^\beta x_i^{1-\alpha-\beta} - p_i x_i \, di \quad \forall i \in A$$

Aus der Bedingung erster Ordnung folgt dann bei gegebenem L und H die nachgefragte Menge eines Produktionsgutes  $x_i$  in Abhängigkeit von seinem Preis:

$$(A.1.2) \quad p_i = (1 - \alpha - \beta) H^\alpha L^\beta x_i^{-\alpha-\beta} \quad \forall i \in A$$

Da jeder Produktionsgüterhersteller  $i$  ein gesetzlich geschütztes Patent für die Produktion des  $i$ -ten Produktionsgutes besitzt (oder gepachtet hat), besitzt er monopolistische Marktmacht für das  $i$ -te Produktionsgut und kann mit Hilfe der Produktionsgüternachfragefunktion (A.1.2) den gewinnmaximalen Monopolpreis  $\hat{p}_i$  setzen. Der gewinnmaximale Monopolpreis  $\hat{p}_i$  resultiert aus der Maximierung der Gewinnfunktion des repräsentativen Produktionsgüterherstellers über  $x_i$ .

$$(A.1.3) \quad \pi_i = \max_{x_i} p_i x_i - r x_i \quad \forall i \in A$$

Die Kosten der Produktionsgüterproduktion können durch das Produkt des Outputs,  $x_i$ , mit dem Marktzins,  $r$ , bestimmt werden, weil - wie aus der aggregierten Produktionsfunktion (A.1.48) hervorgeht - die Opportunitätskosten der Produktionsgüterproduktion dem Konsumverzicht entsprechen, der notwendig ist, um Ressourcen (Humankapital, Roharbeit, und Produktionsgüter) für die Produktionsgüterproduktion zu gewinnen. Die marktbewerteten Opportunitätskosten dieses Konsumverzichtes entsprechen dem Marktzins.<sup>11</sup> Unter Berücksichtigung von (A.1.2) lautet die Bedingung erster Ordnung für ein Gewinnmaximum:

$$(A.1.4) \quad (1 - \alpha - \beta)^2 H^\alpha L^\beta x_i^{-\alpha-\beta} - r = 0$$

<sup>11</sup> Die Bewertung der Kosten der Produktionsgüterproduktion mit dem Marktzins kann auch auf eine andere Weise interpretiert werden. Man kann unterstellen, daß zuerst der aggregierte Output,  $Y$ , gemäß Produktionsfunktion (A.4.37) hergestellt wird und daß dieser Output dann sowohl als Konsumgut als auch als Produktionsgut als auch als Blaupause verwendet werden kann. In dieser Interpretation entspricht der aggregierte Output also dem "neoklassischen Gummigut". Nach der Herstellung des aggregierten Outputs,  $Y$ , entscheiden die Konsumenten dann bei dem gegebenen Marktzins,  $r$ , wieviel von diesem Output sie für Konsumzwecke verwenden wollen, und wieviel sie sparen wollen. Der Teil des aggregierten Outputs, der gespart wird, kann dann zu Blaupausen oder zu Produktionsgütern verwandelt werden. Dabei die Produzenten von Blaupausen oder Produktionsgütern für jede Einheit des aggregierten Outputs, die sie in Blaupausen oder Produktionsgüter umwandeln, in jeder Periode den Konsumenten den Marktzins,  $r$ , entrichten, so daß der Preis für eine Einheit Produktionsgut gleich  $r$  ist.

Daraus kann unter Berücksichtigung von Gleichung (A.1.2) die folgende Gleichung abgeleitet werden:

$$(A.1.5) \quad \hat{p}_i = r / (1 - \alpha - \beta)$$

Einsetzen von Gleichung (A.1.5) in Gleichung (A.1.2) ergibt:

$$(A.1.49) \quad \hat{x} = \left( \frac{(1 - \alpha - \beta)^2}{r} H^\alpha L^\beta \right)^{1/(\alpha + \beta)}$$

Der Besitz einer Blaupause ermöglicht es, in jeder Periode den Monopolgewinn,  $\pi_i$ , zu erzielen. Da der Produzent einer Blaupause ein unbefristetes, gesetzlich geschütztes Patent für die Blaupause erhält, und auf dem Markt für Blaupausen ein Polyopson herrscht, kann er den Preis einer Blaupause gleich dem Gegenwartswert der Periodenmonopolgewinne eines Produktionsgüterproduzenten setzen:

$$(A.1.7) \quad p_{A,0} = \int_0^{\infty} e^{-\int_0^t r_s ds} \pi_t dt$$

Da im Steady State Gleichgewicht der Marktzins,  $r$ , und der Monopolgewinn eines Produktionsgüterherstellers,  $\pi_i$ , konstant sind kann (A.1.7) unter Verwendung der Formel für die ewige Rente umgeschrieben werden:

$$(A.1.8) \quad p_A = \pi / r$$

Einsetzen von (A.1.5) und (A.1.49) in (A.1.8) ergibt:

$$(A.1.50) \quad p_A = ((\alpha + \beta) / (1 - \alpha - \beta)) \hat{x}$$

Die Produktionsfunktion für technisches Wissen, (Gleichung (16)) impliziert, daß eine Einheit des Outputs des P- und K-Sektors in B Einheiten Blaupausen umgewandelt werden können. Der Output des P- und K-Sektors ist das numéraire Gut in diesem Modell. Der Preis einer Einheit dieses Outputs ist folglich gleich 1. Ein Arbitragegleichgewicht zwischen den Produktionssektoren impliziert deshalb, daß der Preis einer Blaupause,  $p_A$ , gleich dem Inversen von B ist:

$$(A.1.51) \quad p_A = 1 / B$$

Einsetzen von (A.1.51) in (A.1.50) ergibt:

$$(A.1.52) \quad \hat{x} = \left( (1 - \alpha - \beta) / B(\alpha + \beta) \right)$$

Eingesetzt in (A.1.4) resultiert der Marktzens in Abhängigkeit von der Ressourcenausstattung und den Parametern der Produktionsfunktionen:

$$(A.1.53) \quad r = B^{\alpha+\beta} (\alpha + \beta)^{\alpha+\beta} (1 - \alpha - \beta)^{2-\alpha-\beta} H^\alpha L^\beta$$

Gleichung (A.1.53) impliziert, daß die Menge des i-ten Produktionsgutes im Steady State konstant ist. Folglich kann Gleichung (A.1.48) wie folgt umgeschrieben werden:

$$(A.1.54) \quad C + \dot{K} + \frac{\dot{A}}{B} = Y + \frac{\dot{A}}{B} = H^\alpha L^\beta A \hat{x}^{1-\alpha-\beta}$$

Aufgrund der Annahme konstanter Skalenerträge kann (A.1.54) wie folgt disaggregiert werden:

$$(A.1.55) \quad C + \dot{K} = Y = H_Y^\alpha L_Y^\beta A \hat{x}_Y^{1-\alpha-\beta}$$

$$(A.1.56) \quad \dot{A} = B H_A^\alpha L_A^\beta A \hat{x}_A^{1-\alpha-\beta}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\dot{A}}{A} = B H_A^\alpha L_A^\beta \hat{x}_A^{1-\alpha-\beta}$$

Da die Ausstattung der Ökonomie mit H, und L fix ist, muß die Aufteilung dieser Ressourcen zwischen dem F&E-Sektor ( $H_A, L_A$ ) und den anderen beiden Sektoren ( $H_Y, L_Y$ ) im Steady State konstant sein. Folglich ist die Wachstumsrate des technischen Wissens,  $\dot{A}/A$  im Steady State konstant. Dividiert man die erste Ableitung von Gleichung (A.1.55) nach der Zeit durch (A.1.55) so resultiert:

$$(A.1.57) \quad \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y}$$

Wie bereits in Abschnitt 2.1.2. des Hauptteils dargelegt, kann aufgrund der additiven Aggregierbarkeit der Produktionsgüter ein Maß K definiert werden, das dem aggregierten Kapitalstock der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung entspricht, definiert werden:

$$(A.1.19) \quad K = \left( \int_0^{\hat{A}} x_i \, di \right)$$

Gleichung (A.1.52) impliziert, daß die Menge des i-ten Produktionsgutes im Steady State konstant ist. Folglich kann Gleichung (A.1.19) wie folgt umgeschrieben werden:

$$(A.1.19') \quad K = A \hat{x}$$

Also wächst der aggregierte Kapitalstock mit der gleichen Steady State Rate wie das technische Wissen:

$$(A.1.20) \quad \frac{\dot{K}}{K} = \frac{\dot{A}}{A}$$

Aus der Definition des aggregierten Outputs des P- und K-Sektors,  $Y = C + \dot{K}$ , folgt:

$$(A.1.21) \quad \frac{C}{Y} = 1 - \frac{K \dot{K}}{Y K}$$

Aus (A.1.56) (A.1.57), (A.1.20) und (A.1.21) folgt, daß der Quotient  $C/Y$  im Steady State konstant ist. Also ist die Steady State Wachstumsrate des Konsumes,  $C$ , gleich der Steady State Wachstumsrate des Outputs, wie durch Logarithmieren von (A.1.21) und Ableiten nach der Zeit gezeigt werden kann. Folglich gilt:

$$(A.1.22) \quad \frac{\dot{C}}{C} = \frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A}$$

Demnach wachsen technisches Wissen,  $A$ , aggregierter Kapitalstock,  $K$ , aggregierter Output,  $Y$  und aggregierter Konsum,  $C$ , mit der gleichen Steady State Wachstumsrate,  $g$ .

### 1.2.1.2. Der Konsumsektor

Da das Maximierungsproblem des repräsentativen Haushaltes durch die Modifikation der Spezifizierung des F&E-Sektors nicht verändert wird, gilt das Ergebnis von Abschnitt 1.1.1.2..

### 1.2.1.3. Die Bestimmung der Steady State Wachstumsrate in Abhängigkeit von den Strukturparametern und der Ressourcenausstattung:

Einsetzen von Gleichung (A.1.53) in (A.1.30) ergibt die Steady State Wachstumsrate :

$$(A.1.58) \quad \tilde{g}' = \frac{\Gamma H^\alpha L^\beta - \rho}{\sigma} \quad \text{mit} \quad \Gamma = B^{\alpha+\beta} (\alpha + \beta)^{\alpha+\beta} (1 - \alpha - \beta)^{2-\alpha-\beta}$$

### 1.2.2. Die Steady State Wachstumsrate in Fall 2

In Fall 2 ist freier Produktionsgüterhandel aber kein internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich. Internationaler Patentschutz wird gewährt. Zur Bestimmung der Steady State Wachstumsrate müssen einige Gleichungen des vorangegangenen Abschnitts 1.2.1. modifiziert werden.

### 1.2.2.1. Der Produktionssektor

Da freier Produktionsgüterhandel zwischen Land A und Land B möglich ist, kann der *i*-te Produktionsgüterhersteller die doppelte Menge seines Produktionsgutes absetzen wie im Autarkiefall. Aufgrund der Symmetrie von Land A und Land B ändert sich die optimale Monopolmenge, die der *i*-te Produktionsgüterhersteller in jedem Land anbietet, im Vergleich zum Autarkiefall nicht. Da sich die insgesamt von jedem Produktionsgüterhersteller hergestellte Menge verdoppelt muß Gleichung (A.1.50) wie folgt modifiziert werden:

$$(A.1.50') \quad p_A = ((\alpha + \beta) / (1 - \alpha - \beta)) 2 \hat{x}$$

Die Produktionsfunktion für technisches Wissen, Gleichung (14) impliziert allerdings, daß eine Einheit des Outputs des P- und K-Sektors in *B* Einheiten Blaupausen umgewandelt werden können. Ein Arbitragegleichgewicht zwischen den Produktionssektoren impliziert deshalb, daß der Preis einer Blaupause,  $p_A$ , gleich dem Inversen von *B* ist:

$$(A.1.51) \quad p_A = 1/B$$

Einsetzen von (A.1.51) in (A.1.50') ergibt:

$$(A.1.52') \quad \hat{x} = ((1 - \alpha - \beta) / 2B(\alpha + \beta))$$

Eingesetzt in (A.1.4) resultiert der Marktzens in Abhängigkeit von der Ressourcenausstattung und den Parametern der Produktionsfunktionen:

$$(A.1.53') \quad r = 2^{\alpha+\beta} B^{\alpha+\beta} (\alpha + \beta)^{\alpha+\beta} (1 - \alpha - \beta)^{2-\alpha-\beta} H^\alpha L^\beta$$

Die Arbitragegleichgewichtsbedingung (A.1.51) impliziert also bei freiem Produktionsgüterhandel einen Anstieg des Steady State Zinsniveaus um  $2^{\alpha+\beta}$ .

### 1.2.2.2. Der Konsumsektor

Das Maximierungsproblem des repräsentativen Haushaltes wird durch die Aufnahme freien Produktionsgüterhandels zwischen Land A und Land B nicht verändert. Das Ergebnis von Abschnitt 1.1.1.2. kann deshalb übernommen werden.

### 1.2.2.3. Die Bestimmung der Steady State Wachstumsrate in Abhängigkeit von den Strukturparametern und der Ressourcenausstattung:

Einsetzen von Gleichung (A.1.53') in (A.1.30) ergibt die Steady State Wachstumsrate:

$$(A.1.59) \quad \hat{g}' = \frac{2^{\alpha+\beta} \Gamma H^\alpha L^\beta - \rho}{\sigma} \quad \text{mit} \quad \Gamma = B^{\alpha+\beta} (\alpha + \beta)^{\alpha+\beta} (1 - \alpha - \beta)^{2-\alpha-\beta}$$

### 1.2.3. Die Steady State Wachstumsrate im Fall 3

In Fall 3 ist internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich, aber kein Produktionsgüterhandel. Es wird *kein internationaler Patentschutz* sondern *nur nationaler Patentschutz* gewährt<sup>12</sup>.

Wie bereits bei der Analyse in Fall 3 bei Wissenskapspezifizierung des F&E-Sektors hat das zur Folge, daß ein Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B), das eine Blaupause erfunden hat, diese lediglich in Land A (B) an einen (oder mehrere) Produktionsgüterhersteller verkaufen (oder verpachten) kann. Da internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich ist, kann es nichts dagegen unternehmen, daß Produktionsgüterhersteller in Land B (A) seine Blaupause zur Herstellung des Produktionsgutes verwenden. Es ist jedoch noch unbestimmt, wieviele Produktionsgüterhersteller des Landes B (A) diese Blaupause zur Herstellung eines Produktionsgutes verwenden werden. Die Anzahl der Produktionsgüterhersteller des Landes B (A), die eine Blaupause, die in Land A (B) hergestellt wurde, zur Produktion eines Produktionsgutes verwenden, hängt von den eigentumsrechtlichen Regelungen bezüglich ausländischer Blaupausen in Land B (A) ab. Um die Steady State Lösung in Fall 3 bestimmen zu können, wird im folgenden deshalb angenommen, daß in Land B (A) vom Staat für jede in Land A (B) hergestellte Blaupause,  $n$  Eigentumsrechte verkauft werden, die die Herstellung dieses Gutes in Land B (A) erlauben. Es wird dabei postuliert, daß der Staat die Eigentumsrechte zu ihrem Marktwert,  $p_A$ , verkauft, und die Erlöse in Form von negativen Kopfsteuern an die Konsumenten verteilt. Wie sich zeigen wird, ist es für das Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B), das eine Blaupause erfunden hat, nicht mehr gewinnmaximierend in Land A (B) *nur ein* Eigentumsrecht zur Herstellung eines Produktionsgutes zu verkaufen, sobald der Staat von Land B (A)  $n$  größer Null wählt. Stattdessen ist es für ihn gewinnmaximierend  $m > 0$  Eigentumsrechte in Land A (B) zu verkaufen, sobald  $n > 0$  ist. Der freie Produktionsgüterhandel zwischen Land A und B impliziert dann, daß auf dem Markt jedes Produktionsgutes  $n+m$  Anbieter präsent sind. Es wird ferner unterstellt, daß diese  $n+m$  Anbieter sich nichtkooperativ verhalten und teilspielperfekte Nash Gleichgewichtsstrategien spielen.

<sup>12</sup> Dieser Fall wird von Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nicht berücksichtigt.

Aus diesem eigentumsrechtlichen Szenario resultiert ein zweistufiges Spiel. Auf der ersten Stufe entscheiden die Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B) und der Staat des Landes B (A) über die Anzahl der Eigentumsrechte, die sie pro Blaupause verkaufen. Dabei wird die Anzahl der Produktionsgüterhersteller pro Produktionsgut,  $m+n$ , bestimmt. Auf der zweiten Stufe entscheiden die  $m+n$  Hersteller des jeweiligen Produktionsgutes über die Menge, die sie von diesem Produktionsgut verkaufen. Dabei wird die insgesamt angebotene Menge des dieses Produktionsgutes,  $\hat{x}_i = \sum_k \hat{x}_{i,k} + \sum_l \hat{x}_{i,l}$  bestimmt.

### 1.2.3.1. Der Produktionssektor

Die Produktionsgüternachfrage der Produzenten der drei Produktionssektoren (Gleichung (A.1.2')) wird von den neuen Annahmen nicht verändert. Es muß jetzt lediglich berücksichtigt werden, daß das die insgesamt angebotene Produktionsgütermenge gleich  $\hat{x}_i = \sum_k \hat{x}_{i,k} + \sum_l \hat{x}_{i,l}$  ist.

Das Gewinnmaximierungsproblem des  $i$ -ten Produktionsgüterherstellers wird allerdings entscheidend von den neuen Annahmen verändert: Gleichung (A.1.3) muß jetzt wie folgt modifiziert werden:

$$(A.1.3') \quad \pi_i = \max_{x_i} p_i x_i - r x_i \quad \text{mit} \quad p_i = (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \left( \sum_k \hat{x}_{i,k} + \sum_l \hat{x}_{i,l} \right)^{-\alpha - \beta} \quad \forall i \in A$$

Die Reaktionsfunktion des  $i$ -ten Produktionsgüterherstellers lautet demnach:

$$(A.1.4') \quad p_i + x_i (1 - \alpha - \beta) (-\alpha - \beta) \left( \sum_k \hat{x}_{i,k} + \sum_l \hat{x}_{i,l} \right)^{-1 - \alpha - \beta} H_Y^\alpha L^\beta - r = 0 \quad \forall i \in A$$

Da es sich um ein symmetrisches Oligopol handelt bietet jeder Produktionsgüterhersteller im Nash Gleichgewicht die gleiche Menge,  $\hat{x}$ , an. Aus Gleichung (A.1.4') folgt deshalb unter Berücksichtigung von Gleichung (A.1.2) der Preis des  $i$ -ten Produktionsgutes im Nash Gleichgewicht:

$$(A.1.5') \quad \hat{p}_i = r / \Psi \quad \text{mit} \quad \Psi := \left( 1 - \frac{\alpha + \beta}{m + n} \right)$$

Der Preis des  $i$ -ten Produktionsgutes nähert sich also für  $m+n \rightarrow \infty$  dem Grenzkostenpreis,  $\hat{p}_i = r$ . Eingesetzt in Gleichung (A.1.2) resultiert die Angebotsmenge des  $i$ -ten Produktionsgüterherstellers im Nash Gleichgewicht:

$$(A.1.36) \quad \hat{x}_{i,k} = \hat{x}_{i,l} = \left( \frac{\Psi}{r} (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \right)^{1/(\alpha+\beta)} / (m+n)$$

Für  $m+n \rightarrow \infty$  wird das Angebot des  $i$ -ten Produktionsgüterherstellers also atomistisch. Die insgesamt pro Land angebotene Menge des  $i$ -ten Produktionsgutes,  $(m+n)\hat{x}_{i,k}$ , konvergiert gegen  $\left( \frac{1}{r} (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta \right)^{1/(\alpha+\beta)}$  und ist damit um den Faktor  $1/(1-\alpha-\beta)$  größer als im Monopolfall (vgl. Gleichung (A.1.1.)). Unter Berücksichtigung der Gleichungen (A.1.5') und A.1.36) muß die Gleichung für den Gewinn, den der  $i$ -te Produktionsgüterhersteller pro Periode auf dem Markt *eines Landes* erzielen kann, wie folgt umgeschrieben werden:

$$(A.1.6') \quad \pi = \frac{\alpha + \beta}{m+n} \hat{x} \hat{p} \quad \text{mit} \quad \hat{x} := \hat{x}_{i,k} = \hat{x}_{i,l} \quad \text{und} \quad \hat{p} := \hat{p}_i$$

Der Gewinn des  $i$ -ten Produktionsgüterherstellers auf dem Markt eines Landes geht für  $m+n \rightarrow \infty$  also gegen Null. Der Gesamtgewinn des  $i$ -ten Produktionsgüterherstellers auf den Märkten *beider Länder* entspricht  $2\pi$ . Der Marktwert einer Blaupause entspricht deshalb:

$$(A.1.9') \quad p_{A, \text{Fall} \beta} = \frac{2\pi}{r} = \frac{1}{r} \frac{\alpha + \beta}{m+n} 2\hat{x} \hat{p} = \frac{\alpha + \beta}{m+n - \alpha - \beta} 2\hat{x}$$

Da die Produktionsfunktion des F&E-Sektors, wie die der übrigen Sektoren auch, konstante Skalenerträge in den Produktionsfaktoren Roharbeit, Humankapital und Produktionsgüter hat, wird der gesamte Umsatz der mit einer Blaupause erzielt werden kann, zur Entlohnung der Produktionsfaktoren benötigt. Die Unternehmen des F&E-Sektors erzielen also maximal Nullgewinne. Trotzdem haben sie einen Anreiz ihren Umsatz zu maximieren, denn die Anzahl der Unternehmen aller Produktionsfaktoren ist hinreichend groß, um perfekten Wettbewerb dieser Unternehmen auf Produktionsgütermärkten zu gewährleisten. Folglich können nur solche Unternehmen des F&E-Sektors, die den maximal möglichen Umsatz erzielen, Produktionsfaktoren einkaufen. Der Umsatz eines Unternehmens des F&E-Sektors, das  $m$  Eigentumsrechte für seine Blaupause verkauft entspricht:

$$(A.1.37) \quad \mu(n, m) = m p_{A, \text{Fall} \beta} = m (m+n)^{-1-\frac{1}{\alpha+\beta}} (m+n - \alpha - \beta)^{-1+\frac{1}{\alpha+\beta}} 2 \left( \frac{1 - \alpha - \beta}{r} H_Y^\alpha L^\beta \right)^{\frac{1}{\alpha+\beta}}$$

Die Umsatzfunktion ist eine negative Funktion in  $n$ . Sie ist strikt konkav in  $m$ . Die Reaktionsfunktion eines Unternehmens des F&E-Sektors auf ein gegebenes  $n$  kann deshalb durch

Maximierung der Umsatzfunktion unter Berücksichtigung der Nichtnegativitätsbedingung für  $(m-1)$ , gefunden werden.<sup>13</sup> Es resultiert daraus der folgende Kuhn-Tucker Ansatz:

$$\begin{aligned} & \max_m \mu(m, n) \text{ s.t. } (m-1) \geq 0 \\ \text{(A.1.38)} \quad & \Leftrightarrow \\ & \frac{\delta \mu}{\delta m} \leq 0 \wedge (m-1) \geq 0 \wedge (m-1) \frac{\delta \mu}{\delta m} = 0 \end{aligned}$$

Unterstellt man daß beide Staaten ihre Einnahmen aus dem Verkauf von Eigentumsrechten maximieren, so berechnen sich ihre Reaktionsfunktionen aus dem gleichen Ansatz mit dem einzigen Unterschied, daß die Staaten über  $n$  maximieren und sich die Nichtnegativitätsbedingung auf  $(n-1)$  bezieht.

Nullsetzen der ersten Ableitung der Umsatzfunktion ergibt:

$$\begin{aligned} & \frac{\delta \mu}{\delta m} = 0 \\ \text{(A.1.39)} \quad & \Leftrightarrow \\ & m(n) = -\frac{1}{2} + \left( \frac{1}{4} + n^2 - n(\alpha + \beta) \right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

bzw. für einen der beiden Staaten:

$$\begin{aligned} & \frac{\delta \mu}{\delta n} = 0 \\ \text{(A.1.40)} \quad & \Leftrightarrow \\ & n(m) = -\frac{1}{2} + \left( \frac{1}{4} + m^2 - m(\alpha + \beta) \right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

Einsetzen von Gleichung (A.1.40) in Gleichung (A.1.39) und auflösen nach  $n$  und  $m$  ergibt negative Werte für  $n$  und  $m$ . Es existiert also kein Nash Gleichgewicht in reinen Strategien als innere Lösung. Wenn ein Nash Gleichgewicht in reinen Strategien existiert, dann muß es die Randlösung sein. Im folgenden wird gezeigt, daß ein Kontinuum von Werten der Produktionselastizitäten  $\alpha$  und  $\beta$  existiert, bei denen  $n = m = 1$  ein Nash Gleichgewichtspunkt ist. Ein solcher Nash Gleichgewichtspunkt existiert, wenn folgende Ungleichungen erfüllt sind:

---

<sup>13</sup> Ich danke Oliver Lorz für den Hinweis, daß die Nichtnegativitätsbedingung explizit berücksichtigt werden muß.

$$(A.1.41) \quad \begin{aligned} \mu(m=2, n=1) - \mu(m=1, n=1) &< 0 \\ \mu(n=2, m=1) - \mu(n=1, m=1) &< 0 \end{aligned}$$

Einsetzen von Gleichung (A.1.37) in Gleichung (A.1.41) ergibt die folgenden Bedingungen für einen Nash Gleichgewichtspunkt mit  $n = m = 1$ :

$$(A.1.42) \quad \frac{2}{3} < \left( \frac{2-\alpha-\beta}{3-\alpha-\beta} \right)^{(1-\alpha-\beta)} \left( \frac{3}{4} \right)^{\alpha+\beta}$$

Diese Bedingung ist stets erfüllt, wenn  $\alpha = \beta > 0.3$ . Eine numerische Analyse zeigt, daß für Produktionselastizitäten, die  $0.3 > \alpha = \beta > 0.2$  erfüllen der Nash Gleichgewichtspunkt bei  $n = m = 2$  liegt. Das deutet darauf hin, daß die Anzahl der Produktionsgüterproduzenten, die ein Nash Gleichgewicht in reinen Strategien darstellt, steigt, wenn die Summe der Produktionselastizitäten sinkt.

Falls Bedingung (A.1.42) erfüllt ist, dann resultiert also ein Nash Gleichgewicht mit einem Duopol auf Markt für jedes Produktionsgut. Der Gewinn eines Produktionsgüterherstellers entspricht dann dem Gewinn im Autarkiefall, so daß der Wert einer Blaupause ebenfalls dem im Autarkiefall entspricht (Gleichung (A.1.8) und Gleichung (A.1.50)). Es kommt also im Vergleich zum Autarkiefall nicht zu einer Reallokation von Humankapital aus dem P- und K-Sektor in den F&E-Sektor. Da allerdings der Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich ist, kommt es im Vergleich zum Autarkiefall trotzdem zu einem Anstieg des Steady State Outputs des F&E-Sektors. Die Steady State Wachstumsrate steigt in der Folge auf das Niveau von Fall 7 (s. Gleichung (14)). Sie ist dann also höher als im Autarkiefall aber niedriger als bei garantiertem internationalen Patentschutz (s. Gleichung (15)).

Um jedoch die Auswirkung der Patentpolitik bei einem Anstieg von  $n$  auf die Steady State Wachstumsrate funktional darzustellen, wird im folgenden ein Stackelberg Szenario modelliert. Dabei wird angenommen, daß die Anzahl der Eigentumsrechte,  $n$ , die der Staat von Land B (A) in Land B (A) verkauft, das Ergebnis eines politökonomischen Rent-Seeking Prozesses in Land B

(A) ist, der nicht weiter modelliert wird, so daß  $n$  exogen vorgegeben ist.<sup>14</sup> In diesem Stackelberg-Szenario ist der Staat des Landes B (A) also der Stackelbergführer und das F&E-Unternehmen des Landes A (B) der Stackelbergfolger. Das F&E-Unternehmen des Landes A (B) paßt die Anzahl von Eigentumsrechten,  $m$ , die es an Produktionsgüterhersteller des Landes A (B) verkauft, dann gemäß seiner Reaktionsfunktion (A.1.39) an. Bei der Interpretation der Reaktionsfunktion eines F&E-Unternehmens,  $m(n)$ , muß berücksichtigt werden, daß  $m(n)$  den *numerisch optimalen* Wert für  $m$  in Abhängigkeit von  $n$  angibt. Dieser kann sich von dem *ökonomisch optimalen* Wert für  $m$  unterscheiden, da  $n$  aus ökonomischer Sicht nur eine ganze Zahl größer null sein kann. Für jeden numerischen Wert  $m(n)$  muß ein Unternehmen des F&E-Sektors also den Wert  $m^*$  wählen, der so daß gilt  $m^*(n) = \{m^* | m^* = p - 1 \text{ falls } p - m(n) \leq 0.5 \text{ und } m^* = p \text{ falls } p - m(n) > 0.5 \text{ mit } p = \min\{q | q \geq m(n), q \in \mathbb{Z}, q \neq 0\}\}$

Die Anzahl der Produktionsgüterhersteller die unter diesen Annahmen auf dem Markt eines Produktionsgutes tätig sind, entspricht also:

$$(A.1.43) \quad f(n) := m^*(n) + n \quad \text{mit} \quad \frac{\delta f}{\delta n} > 0$$

Für  $n = 0$  resultiert demnach  $f(n)^* = 1$ . Eingesetzt in die Gleichung für den Preis einer Blaupause (Gleichung (A.1.9')) resultiert:

$$(A.1.60) \quad p_{A, \text{Fall 3}} = \frac{2\pi}{r} = \frac{1}{r} \frac{\alpha + \beta}{f(n)} 2\hat{x} \hat{p} = \frac{\alpha + \beta}{f(n) - \alpha - \beta} 2\hat{x}$$

Die Produktionsfunktion für technisches Wissen (Gleichung (14)) impliziert, daß eine Einheit des Outputs des P- und K-Sektors in B Einheiten Blaupausen umgewandelt werden können. Der Output des des P- und K-Sektors ist das numéraire Gut in diesem Modell. Der Preis einer Einheit dieses Outputs ist folglich gleich 1. Ein Arbitragegleichgewicht zwischen dem F&E-Sektor und den übrigen Sektoren impliziert deshalb, daß der Umsatz, der mit einer Blaupause erzielt werden kann,  $\mu(n, m) = m p_{A, \text{Fall 3}}$ , gleich dem Inversen von B ist:

$$(A.1.51') \quad \mu(n, m) = m p_{A, \text{Fall 3}} = 1/B$$

<sup>14</sup> Aufgrund der Symmetrie Annahme bezüglich beider Länder ist  $n$  in beiden Ländern gleich groß. Postuliert man ein unterschiedliches  $n$  für beide Länder resultiert ein asymmetrisches Zweiländermodell bei dem das Kapitalmarktzinsniveau in dem Land mit dem höheren  $n$  höher ist, als in dem Land mit dem niedrigeren  $n$ . Dadurch wird ein Produktionsgütertransfer in das Land mit dem höheren  $n$  induziert. Dieser Transfer kann dann Humankapital im HT- und E-Sektor substituieren, so daß vermehrt Humankapital im F&E-Sektor eingesetzt werden kann. Dadurch kann dann in dem Land mit dem höheren  $n$  eine höhere Steady State Wachstumsrate resultieren als in dem Land mit dem niedrigeren  $n$ . Die Anzahl der verkauften Eigentumsrechte eines Landes,  $n$ , wirkt als asymmetrisch auf die Wachstumsrate beider Länder.

Gleichsetzen von Gleichung (A.1.60) mit (A.1.51') und auflösen nach  $\hat{x}$  ergibt:

$$(A.1.61) \quad \hat{x} = \frac{f(n) - \alpha - \beta}{2m(n)B(\alpha + \beta)}$$

Einsetzen von (A.1.61) in (A.1.4') resultiert der Marktzins in Abhängigkeit von  $f(n)$ , der Ressourcenausstattung und den Parametern der Produktionsfunktionen:

$$(A.1.53'') \quad r = 2^{\alpha+\beta} B^{\alpha+\beta} (\alpha + \beta)^{\alpha+\beta} (1 - \alpha - \beta) H^\alpha L^\beta \left( \frac{m(n)}{(f(n) - \alpha - \beta)(m(n) + n)} \right)^{\alpha+\beta} \frac{f(n) - \alpha - \beta}{f(n)}$$

Der Marktzins ist also um so niedriger je höher  $n$ .

### 1.2.3.2. Der Konsumsektor

Der repräsentative Haushalt maximiert seine intertemporale Nutzenfunktion (Gleichung (10)) unter Berücksichtigung seiner intertemporalen Budgetrestriktion über seinem Periodenkonsum,  $c_t$ . Da der Staat des Landes B (A) seine Einnahmen aus dem Verkauf von Eigentumsrechten an Blaupausen der Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B) in Form einer negativen Kopfsteuer an die Haushalte des Landes B (A) verteilt muß die Budgetrestriktion modifiziert werden. Das Nutzenmaximierungsproblem des repräsentativen Haushaltes des Landes B (A) lautet deshalb jetzt:

$$(A.1.23') \quad \max_{c_t} U_A = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{c_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} dt \quad \text{s.t.} \quad \dot{d}_t = T + r_t d_t + w_{L_A} l + w_{H_A} h - c_t \quad \text{mit} \quad T = \frac{A^i n p_{A,F&E}^i}{L^j}, \quad i, j = A, B, \quad i \neq j$$

Dabei ist  $T$  die negative Kopfsteuer,  $d_t$  das Nettovermögen des repräsentativen Haushaltes,  $l$  sein Periodenangebot an Roharbeit und  $h$  sein Periodenangebot an Humankapital. Es wird postuliert, daß die Anzahl der Haushalte jedes Landes,  $L^j$ , so groß ist, daß der Einfluß der Konsumentscheidung eines einzelnen Haushaltes auf die Höhe der Kopfsteuer,  $T$ , atomistisch klein ist.  $T$  ist also aus Sicht eines einzelnen Haushaltes eine Konstante. Deshalb ändert sich das dynamische Optimierungsproblem eines repräsentativen Haushaltes im Vergleich zu Fall 1 nicht. Die Hamilton Funktion für das dynamische Optimierungsproblem lautet deshalb wiederum:

$$(A.1.24) \quad HA = \frac{c_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} e^{\rho t} + \lambda (r_t d_t + w_{L_A} l + w_{H_A} h - c_t)$$

Die Bedingungen erster Ordnung für ein intertemporales Nutzenmaximum des repräsentativen Haushaltes sind deshalb identisch mit denen ohne Kopfsteuer. Für den Zusammenhang zwischen optimalen Veränderungsrate des Konsumes und dem Marktzins resultiert deshalb wiederum:

$$(A.1.30) \quad \frac{\dot{C}}{C} = \sigma^{-1} (r - \rho)$$

1.2.3.3. Die Bestimmung der Steady State Wachstumsrate in Abhängigkeit von den Strukturparametern und der Ressourcenausstattung:

Einsetzen von Gleichung (A.1.53<sup>ii</sup>) in (A.1.30) ergibt die Steady State Wachstumsrate :

$$(A.1.62) \quad \bar{g}' = \frac{2^{\alpha+\beta} \Gamma(1-\alpha-\beta)^{1+\alpha+\beta} H^{\alpha} L^{\beta} \left( \frac{m(n)}{f(n)-\alpha-\beta} \right)^{\alpha+\beta} \frac{f(n)-\alpha-\beta}{f(n)} - \rho}{\sigma} \quad \text{mit } \Gamma = B^{\alpha+\beta} (\alpha+\beta)^{\alpha+\beta} (1-\alpha-\beta)^{1-\alpha-\beta}$$

Die Steady State Wachstumsrate ist also eine negative Funktion von  $n$ .

### 1.2.1. Die Steady State Wachstumsrate im Fall 7

In Fall 7 ist internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich, aber kein Produktionsgüterhandel. Es wird *kein internationaler* Patentschutz sondern nur *nationaler* Patentschutz gewährt.<sup>15</sup>

Die Nichtgewährung internationalen Patentschutzes hat - wie schon in Fall 3 - zur Folge, daß ein Unternehmen des F&E-Sektors des Landes A (B), das eine Blaupause erfunden hat, diese lediglich in Land A (B) an einen (oder mehrere) Produktionsgüterhersteller verkaufen (oder verpachten) kann. Da internationaler Transfer ungebundenen technischen Wissens möglich ist, kann es nichts dagegen unternehmen, daß Produktionsgüterhersteller in Land B (A) seine Blaupause zur Herstellung des Produktionsgutes verwenden. Unterstellt man die gleichen eigentumsrechtlichen Rahmenbedingungen wie in Fall 3, dann hat jetzt der Verkauf von Eigentumsrechten eines F&E-Unternehmens des Landes A (B) durch den Staat des Landes B (A) an Produktionsgüterproduzenten des Landes B (A) *keinen* Einfluß auf den Umsatz des F&E-Unternehmens des Landes A (B). Dieses Ergebnis resultiert in Fall 7, weil nunmehr kein Produktionsgüterhandel möglich ist. Die Abwesenheit internationalen Produktionsgüterhandels hat zur Folge, daß ein F&E-Unternehmen des Landes A (B), das eine Blaupause zur Herstellung eines neuen Produktionsgütertyps erfunden hat, die Anzahl der Produktionsgüterhersteller die diesen Produktionsgütertyp auf dem Markt von Land A (B) verkaufen, selbst bestimmen kann. Der Staat des Landes B (A) hat - unabhängig davon wieviele Eigentumsrechte,  $n$ , er in Land B (A) verkauft - keinen Einfluß auf die Anzahl der Produktionsgüterhersteller auf dem Markt von Land A (B). Infolgedessen kann das F&E-Unternehmen des Landes A (B) die Anzahl von

<sup>15</sup> Dieser Fall wird von Rivera-Batiz/Romer (1991a) und (1991b) nicht berücksichtigt.

Produktionsgüterhersteller,  $m$ , wählen, die seinen Umsatz maximiert. Da die Umsatzfunktion (A.1.37) für  $n=1$  eine negative Funktion in  $m$  ist, wählt das F&E-Unternehmen  $m$  so klein wie möglich, d.h.  $m=1$ . Das F&E-Unternehmen maximiert seinen Umsatz also dadurch, daß es - wie im Autarkiefall und bei Gewährung internationalen Patentschutzes (Fälle 1, 2, 5, 6) - seine Blaupause lediglich an einen Produktionsgüterhersteller verkauft (oder verpachtet). Da aber kein Produktionsgüterhandel möglich ist, ist der Marktpreis einer Blaupause identisch mit dem im Autarkiefall:

$$(A.1.45) \quad p_A = ((\alpha + \beta) / (1 - \alpha - \beta)) \hat{x}$$

Es resultiert deshalb auch die gleiche Wachstumsrate wie im Autarkiefall (s. Abschnitt 1.2.1.1., Anhang 4).

Anhang 2

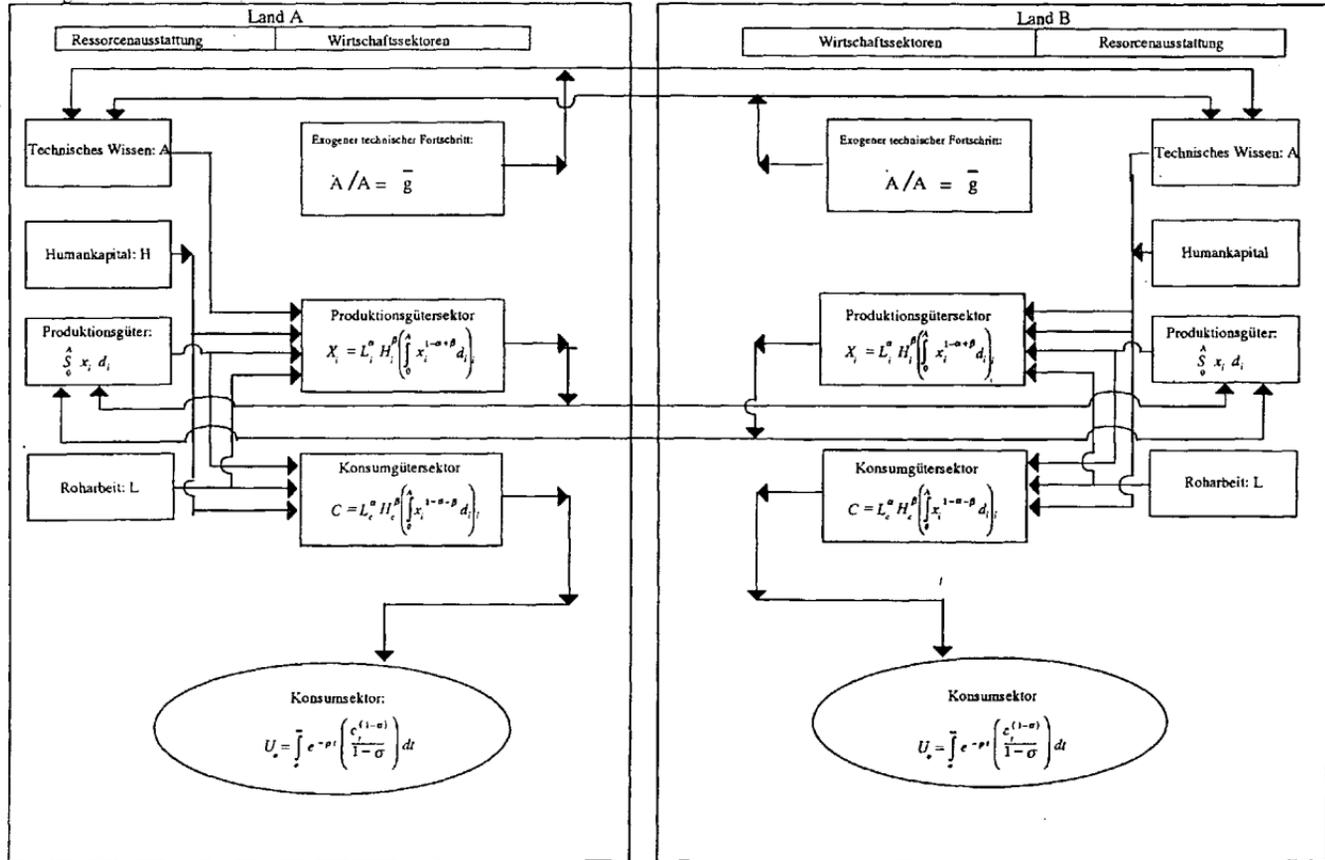


Abbildung 2: Input-Output Schema eines 2-Ländermodells der Neoklassischen Wachstumstheorie.

Literatur

- Barro, R., 1990a, "Government Spending in a simple Model of endogenous Growth", *Journal of Political Economy*, October 1990.
- Barro, R., 1991, "Economic Growth in a Cross Section for Countries", *Quarterly journal of Economics*, vol. 106, pp. 407-41.
- Barro, R., Sala-i-Martin, X., 1992, "Convergence", *Journal of Political Economy*, vol.100 ,no. 2.
- Cass, D., 1965, "Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation", *Review of Economic Studies*, 32, July.
- Deaton, A., Muellbauer, J., *Economics and Consumer Behaviour*, (1979).
- Ethier, Wilfred, 1982, "National and International Returns to Scale in Modern Theory of International Trade", *American Economic Review*, 72, 389-405.
- Grossman, G.M., Helpman, E., 1991, *Innovation and Growth in the global Economy*, The MIT Press Cambridge, Massachusetts.
- Intriligator, M., 1971, *Mathematical Optimization and Economic Theory*, Prentice-Hall, N.J., Chapter 16, pp. 399-413.
- Lee, Jong-Wha, 1992, "International Trade, Distortions and Long-Run Economic Growth", *IMF Working Paper*, WP/92/90.
- Levine R., Renelt D., 1992, "A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions", *American Economic Review*, Vol. 82, No. 1.
- Lucas, Robert E., 1988, "On the Mechanics of economic Development", *Journal of Monetary Economics*, Vol. 22, 4 - 42.
- Mankiw, N., Romer, D., Weil, D.N., 1990, "A Contribution to the Empirics of Economic Growth", *Havard Institute of Economic Research*, Discussion Paper No. 1532.
- Maurer, R. 1993, "The Role of Nonrivalries in the New Growth Theory", *Kiel Working Paper* No. 563.
- Mulligan, C., Sala-i-Martin, X., 1992, "Transitional Dynamics in Two-Sector Models of Endogenous Growth".
- Ramsey, F.P., 1928, "A Mathematical Theory of Savings", *The Economic Journal* 38, December, 543-559.
- Rebelo, S., 1990, "Long run Policy Analysis and long run Growth", *NBER Working Paper*, April.

- Rivera-Batiz, L.A., Romer, P. M., 1991a, International trade with endogenous technological change, *European Economic Review* 35.
- Rivera-Batiz, L.A., Romer, P. M., 1991b, Economic Integration and Endogenous Growth, *Quarterly Journal of Economics*, Vol 106, 531-550.
- Romer, Paul M., 1986, Increasing Returns and long-run Growth, *Journal of Political Economy*, Vol. 94, 1002-1037.
- , 1989, Capital Accumulation in the Theory of long-run Growth, in R.J. Barow (ed), *Modern Business Cycle Theory*, Oxford, 1989.
- , 1990a, Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, S. 71- 102.
- , 1990b, Are Nonconvexities important for understanding Growth?, *American Economic Review*, Vol 80, 97 - 103.
- , 1987, Growth based on increasing Returns due to Specialization, *American Economic Review* 77 (May): 52-62.
- Sala-i-Martin, Xavier, 1990, Lecture Notes on economic Growth (I): Introduction to the Literature and Neoclassical Growth models, Vol. 1, NBER Working Paper Series, No. 3563.
- Stolpe, Michael, 1992, Ansätze der neuen Wachstumstheorie - ein Literaturüberblick, Kiel Working Paper, No. 508.
- Siebert, Horst, 1992, A Schumpeterian Model of Growth in the World Economy: Some Notes on a New Paradigm in International Economics, *Weltwirtschaftliches Archiv*.
- Solow, Robert M., 1956, A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics* Vol. 70,65-91.1.