



Oktober 2005

Die Wirkung des Patentschutzes auf Innovation und Wachstum

WWZ-Forschungsbericht 15/05

Christoph Kilchenmann

Der Autor:

Christoph Kilchenmann

War ehemaliger Forschungsassistent am Lehrstuhl von Prof. René L. Frey
Wirtschaftswissenschaftlichen Zentrum (WWZ) der Universität Basel
Petersgraben 51, 4003 Basel

christoph.kilchenmann@unibas.ch

Eine Veröffentlichung des
Wirtschaftswissenschaftlichen Zentrums (WWZ) der Universität Basel

Kontakt- und Bestelladresse:

WWZ Forum, Petersgraben 51, CH-4003 Basel Fax +41 61 267 33 33

In der Reihe „WWZ-Forschungsberichte“ werden die Ergebnisse aus WWZ-Forschungsprojekten
publiziert

© WWZ 2005 und der Autor

Jede Reproduktion, auch von Teilen und unabhängig vom Medium, ist nur mit Genehmigung des
Autors und des WWZ gestattet. Bitte wenden Sie sich an das WWZ Forum

*Die Publikation wird durch die freundliche Unterstützung des Vereins zur Förderung des WWZ
ermöglicht.*

Die Wirkung des Patentschutzes auf Innovation und Wachstum

*Christoph Kilchenmann**

*Alles Alte, soweit es Anspruch darauf hat,
sollen wir lieben, aber für das Neue
sollen wir recht eigentlich leben.*

Theodor Fontane: Der Stechlin

1. Einleitung

Die durchschnittlichen Wachstumsraten verschiedener hoch entwickelter Länder sind in den letzten 20 bis 30 Jahren gesunken und liegen oft nur noch bei rund 1 Prozent pro Jahr. Prominentes Opfer dieser Wachstumskrankheit ist die Schweiz, aber auch Länder wie Japan oder Deutschland zeigen dieses Symptom. Kehoe und Prescott (2002) ziehen im Falle der Schweiz (und Neuseelands) gar eine Parallele mit der Wirtschaftskrise der 30er Jahre. Auch wenn dieser Vergleich überzeichnet ist und die Autoren gewisse Facetten nicht adäquat berücksichtigt haben,¹ kann der Befund anhaltend tiefer Wachstumsraten in einigen Industriestaaten nicht negiert werden.

Dass hoch entwickelte Volkswirtschaften in der Nähe des *steady state* tiefere Wachstumsraten aufweisen als Entwicklungsländer, die davon noch weit entfernt sind, kann an sich gut mit der neoklassischen Wachstumstheorie in Einklang gebracht werden und gibt nicht zu Besorgnis Anlass. Die Beobachtung, dass Länder wie die USA von dieser «Konvergenzkrankheit» weit weniger betroffen sind, deutet jedoch darauf hin, dass das ausgewiesene tiefe Wachstum in den Stagnationsländern strukturelle Gründe hat.

* Wirtschaftswissenschaftliches Zentrum der Universität Basel, e-mail: Christoph.Kilchenmann@unibas.ch. Die Arbeit ist Teil des Projektes B-67 des WWZ-Forums «Patentschutz in kleinen offenen Volkswirtschaften: Eine ökonomische Analyse». Ich danke René L. Frey, Markus Gmünder und Nicolai Krautter für wertvolle Anregungen.

¹ Für eine Relativierung der Diagnose im Falle der Schweiz siehe Abrahamsen et al. (2003) sowie Lambelet und Mihailov (1999).

Der vorliegende Text kann und will keine Erklärung geben für die beobachtete Wachstumsschwäche in den einzelnen Ländern, dazu müsste die individuelle Situation genauer analysiert werden, da die Ursachen wohl teilweise landesspezifisch sind. Vielmehr soll die positive Frage beantwortet werden, inwiefern Wachstum auch in hochindustrialisierten Ländern möglich ist und welche Anforderungen dies an die Wirtschaftspolitik stellt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Rolle des Patentrechts. Anlass dazu ist, dass derzeit sowohl auf europäischer wie auf schweizerischer Ebene eine Revision der Patentgesetzgebung ansteht. Aus diesem Grund liegt es nahe, zu untersuchen, welche Bedeutung das Patentsystem für eine Volkswirtschaft überhaupt hat und inwiefern es zum Wachstum beitragen kann.

Es wäre wohl zu einfach, die Wachstumsdifferenzen allein auf eine unterschiedliche Ausgestaltung der Patentsysteme zurückführen zu wollen – eine monokausale Erklärung dürfte grundsätzlich zu kurz greifen. Verfechter von Patenten rechtfertigen diese jedoch mit ihrem positiven Einfluss auf Innovation. In ihrer Sicht müsste das Patentsystem durchaus als ein Element der Wachstumspolitik angesehen werden.

Es ist kaum zu bestreiten, dass das amerikanische Patentrecht in verschiedener Hinsicht erfinderfreundlicher ist als das europäische. Das zeigt sich beispielsweise darin, dass in Europa im Gegensatz zu den USA generelle Ausnahmen bezüglich der Patentierbarkeit existieren.² Dies führt dazu, dass Software in Europa zwar urheberrechtlichen, nicht aber den stärkeren patentrechtlichen Schutz genießt. Auch in der Erteilung von Patenten für biotechnologische Erfindungen ist Europa zurückhaltender. Könnte es sein, dass das Patentrecht dafür verantwortlich ist, dass die USA sowohl in der Biotechnologie wie in der Softwareindustrie weltweit führend ist? Oder hat sich das Patentrecht darum in den USA den Bedürfnissen von Software-Entwicklern und Biotechnologie-Firmen angepasst, weil deren Bedeutung dort schon früher erkannt worden war? Der vorliegende Text führt keine branchenspezifischen Analysen durch, sondern versucht auf aggregierter Ebene die Frage zu beantworten, welche Bedeutung der Patentschutz für Innovation und Wachstum hat.

Wie können entwickelte Länder langfristiges Wachstum aufrechterhalten? Hochentwickelte Volkswirtschaften zeichnen sich durch effiziente Produktion aus: Die Gewinnmaximierung der Firmen stellt sicher, dass die vorhandenen Ressourcen nicht verschwendet werden (be-

² Vgl. z.B. Art. 52, Abs. 2 des Europäischen Patentübereinkommens (EPÜ): «Als Erfindungen [...] werden insbesondere nicht angesehen: a) Entdeckungen sowie wissenschaftliche Theorien und mathematische Methoden; b) ästhetische Formschöpfungen; c) Pläne, Regeln und Verfahren für gedankliche Tätigkeiten, für Spiele oder für geschäftliche Tätigkeiten sowie Programme für Datenverarbeitungsanlagen; d) die Wiedergabe von Informationen.» sowie Abs. 4: «Verfahren zur chirurgischen oder therapeutischen Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers und Diagnostizierverfahren, die am menschlichen oder tierischen Körper vorgenommen werden, gelten nicht als gewerblich anwendbare Erfindungen [...]»

triebliche Effizienz), während das marktwirtschaftliche System über den Preismechanismus dafür sorgt, dass die Produktion die Nachfrage optimal befriedigt (allokative Effizienz). Nur eine stetige Verschiebung der nationalen Transformationskurve kann langfristig Wirtschaftswachstum gewährleisten. Dazu müssen die Produktionsfaktoren wachsen oder produktiver werden. Im *steady state* ist das Wachstum der Produktionsfaktoren *per definitionem* konstant. Technischer Fortschritt kann aber dafür sorgen, dass deren Produktivität steigt.

Technischer Fortschritt entsteht durch Anwendung neuer Technologien. Solche können kopiert oder selbst entwickelt werden. Wenn Firmen ihren Gewinn maximieren, bedarf es in der Regel nicht spezieller Massnahmen zur Adaptation neuer Technologien. Es lassen sich damit allenfalls öffentliche Bildungsinvestitionen rechtfertigen, um das die Anwendung rationaler Technologien notwendige Humankapital bereitzustellen. Hochentwickelte Länder zeichnen sich dadurch aus, dass die benutzte Technologie auf dem neuesten Stand ist. Die Hoffnung auf hohes Wachstum kann somit bei ihnen nicht auf Imitation beruhen. Wachstum in hochentwickelten Ländern bedarf der Innovation, d. h. stetiger Weiterentwicklung bestehender oder Entwicklung neuer Technologien oder Produkte. Sobald eine Technologie imitiert werden kann, ist die Produktion grundsätzlich in jedem Land möglich; sie wird sich dort ansiedeln, wo die Produktionskosten und damit nicht zuletzt die Löhne tief sind.³

Staatliche Innovationspolitik kann verschiedene Strategien verfolgen. Eine dezentrale, marktwirtschaftliche Lösung muss den Unternehmen hinreichenden Anreiz bieten, in Forschung und Entwicklung (F&E) neuer Produkte und Produktionsverfahren zu investieren. Unternehmen müssen beim Investitionsentscheid davon ausgehen können, dass sie imstande sein werden, die Früchte ihrer Erfindungen zu ernten, und zwar in einem Ausmass, dass sowohl die effektiv getätigten fixen Kosten wie auch Opportunitätskosten gedeckt sind und die Investoren zudem mit einer Prämie für das eingegangene Risiko entschädigt werden.

In dieser Situation kommt Patenten und anderen Geistigen Eigentumsrechten (Urheber-, Design- und Markenrechten, Geschäftsgeheimnissen etc.) eine bedeutende Rolle zu. Daneben spielt der Staat aber auch eine aktive Rolle, indem er Forschung subventioniert, eigene Forschungsstätten betreibt und schliesslich indem er über die Bildungspolitik Einfluss auf das Humankapital der Bevölkerung nimmt. Diese verschiedenen wirtschaftspolitischen Aufgaben sollen in Bezug auf ihre Relevanz für Innovation und Wachstum im folgenden diskutiert und anhand von empirischen Daten geprüft werden.

³ Auf einen solchen Produktionszyklus hat Vernon (1966) hingewiesen. Vereinfacht gesagt stellte er fest, dass Erfindungen hauptsächlich in den USA gemacht werden, im Gefolge des Exports die Produktion nach Europa abwandert und sich schliesslich in einem Tieflohnland ansiedelt.

Der Text ist wie folgt organisiert: Im zweiten Kapitel wird zuerst eine knappe Übersicht gegeben, wie der technische Fortschritt in den Modellen der Wachstumstheorie eingebaut ist und welche Rolle zur Erklärung von Wachstum er spielt. Im dritten Kapitel wird dann anhand eines einfachen probabilistischen Modells konkurrierender Volkswirtschaften diese Rolle genauer untersucht. Die Möglichkeiten staatlicher Innovationsförderung sind das Thema des vierten Kapitels, die dann im Kapitel 5 einer empirischen Evaluation hinsichtlich ihrer Wirksamkeit unterzogen werden. Das letzte Kapitel fasst die Erkenntnisse zusammen und zieht einige Folgerungen für die Wirtschaftspolitik.

2. Technologischer Fortschritt in der Wachstumstheorie

Neoklassische Wachstumstheorie

Das neoklassische Wachstumsmodell von Solow (1956) und Swan (1956) ist bis heute Referenz der Wachstumstheorie geblieben. Das Grundmodell ist beschrieben durch eine Produktionsfunktion mit konstanten Skalenerträgen, eine Verhaltensgleichung zur Beschreibung der Höhe der Investitionen (im einfachsten Fall wird eine konstante exogene Sparquote s unterstellt) sowie eine Bewegungsgleichung für den Kapitalstock K_t mit konstanter Abschreibungsrate δ .

Das Arbeitsangebot L_t und der technische Fortschritt T_t sind exogen. Technischer Fortschritt kann in die Produktionsfunktion eingebaut werden, indem angenommen wird, dass er die Effizienz eines der Inputs erhöht – arbeitsvermehrend $Y_t = F(K_t, L_t T_t)$ oder kapitalvermehrend $Y_t = F(K_t T_t, L_t)$ – oder dass er generell die Effizienz des Produktionsprozesses als Ganzes erhöht: $Y_t = T_t F(K_t, L_t)$ (Barro und Sala-i-Martin, 1995, ch. 1; Weizsäcker, 1966). Im Fall einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion sind die drei Formulierungen äquivalent.⁴ Um die Existenz eines dynamischen Gleichgewichts zu garantieren, muss technischer Fortschritt als arbeitsvermehrender Fortschritt dargestellt werden können (Barro und Sala-i-Martin, 1995, ch. 1). In diesem Fall verändert sich der Kapitalstock im Zeitablauf gemäss folgender Bewegungsgleichung:⁵

$$\dot{K} = sF(K, LT) - \delta K \quad (2.1)$$

⁴ Die Cobb-Douglas-Funktion drängt sich auf, da sie als einzige Funktion mit konstanter Substitutionselastizität der Produktionsfaktoren (CES-Funktion) die sog. Inada-Bedingungen erfüllt, die besagen, dass die Grenzproduktivität der Produktionsfaktoren gegen unendlich strebt, wenn der Faktoreinsatz auf Null fällt, während die Grenzproduktivität gegen Null strebt, wenn der Faktoreinsatz unendlich gross wird (Inada, 1963).

⁵ Das Subskript t wird im Folgenden zu Gunsten einer besseren Leserlichkeit weggelassen.

Das Modell kann am einfachsten dargestellt werden, wenn das Kapital relativ zur «Arbeitsmenge in Effizienzeinheiten» gemessen wird: $k \equiv K / LT$. Der Output kann analog normiert werden, wonach sich man die Produktionsfunktion folgendermassen schreiben kann:

$$y \equiv Y / LT = sF(K, 1) \equiv sf(k) \quad (2.2)$$

Es bezeichne $\gamma_x \equiv \dot{x} / x$ die Wachstumsrate einer beliebigen Grösse x . Die Wachstumsrate von k beträgt somit $\gamma_k - \gamma_T - \gamma_L$ oder – unter Berücksichtigung der Bewegungsgleichung (2.1):

$$\gamma_k = sf(k) / k - (\gamma_T + \gamma_L + \delta) \quad (2.3)$$

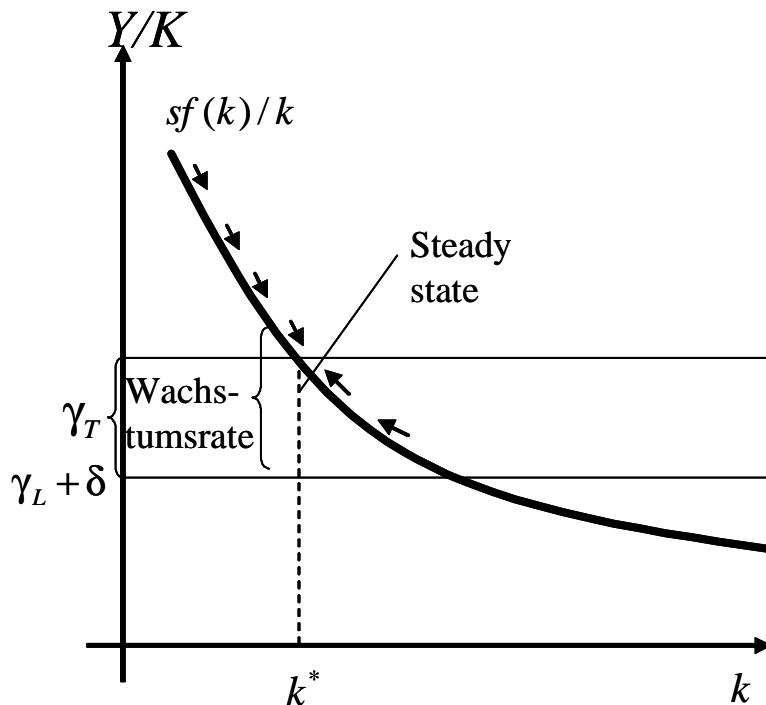


Abbildung 1 (*Steady state* im Solow-Modell mit exogenem technischen Fortschritt): Im *steady state* ist die Wachstumsrate des Pro-Kopf-Output gleich der Wachstumsrate des technischen Fortschritts γ_T .

Die Wachstumsraten des Arbeitsvolumens sowie des technischen Fortschritts sind im Modell exogen. Das langfristige Gleichgewicht ist charakterisiert durch konstantes k ($\gamma_k = 0$), während die Niveaugrössen Kapitalstock und damit auch Output, Konsum und Investitionen mit konstanter Rate $\gamma_T + \gamma_L$ wachsen (vgl. Abbildung 1). Langfristiges Wachstum wird im Solow-Modell somit ausschliesslich durch die exogenen Faktoren Arbeit und technischer Fortschritt erklärt. Das Wachstum pro Kopf ist langfristig gleich γ_T .

Grenzen des neoklassischen Wachstumsmodells

Neben seiner Einfachheit mit ein Grund für die jahrzehntelange Dominanz des neoklassischen Wachstumsmodells dürfte sein, dass sich dieses recht gut mit den in Realität beobachteten Wachstumsraten vereinbaren lässt (vgl. z. B. Mankiw et al., 1992).

Einwände stammten denn auch vorwiegend von theoretischer Seite. Da grundsätzlich jede ökonomische Grösse in irgendeiner Form einen Einfluss auf das Wachstum haben könnte, bietet ein einfaches Wachstumsmodell naturgemäss viele Angriffsflächen. Was in einem mikroökonomischen Kontext relevant ist, braucht dies indes in makroökonomischer Perspektive noch lange nicht zu sein. Solow (1956) hat dies in der Einleitung zu seinem berühmten Artikel folgendermassen umschrieben:

All theory depends on assumptions which are not quite true. That is what makes it a theory. The art of successful theorizing is to make the inevitable simplifying assumptions in such a way that the final results are not very sensitive. A «crucial» assumption is one on which the conclusions do depend sensitively, and it is important that crucial assumptions be reasonably realistic. When the results of a theory seem to flow specifically from a special crucial assumption, then if the assumption is dubious, the results are suspect (p. 65).

Am damals vorherrschenden Harrod-Domar-Wachstumsmodell (Domar, 1946) kritisierte Solow, dass es eine Leontieff-Produktionsfunktion unterstellt, womit Arbeit und Kapital auch langfristig nicht substituierbar sind (Solow, 1959, 65f.).

Andererseits hat sich die im Solow-Modell unterstellte Homogenität des Kapitals als unkritisch erwiesen. Nicht durchzusetzen vermochten sich daher Jahrgangsmodelle (*vintage capital models*), die berücksichtigen, dass technischer Fortschritt nicht altes Kapital produktiver macht, sondern die Installation neuer Maschinen erfordert oder dass Kapital nach der Installation weniger gut durch Arbeit zu substituieren ist als *ex ante* (*putty-clay-Modelle*).⁶ Der Erkenntnisgewinn der Jahrgangsmodelle für die Wachstumstheorie ist jedoch klein im Verhältnis zu ihrer Komplexität, da sie zwar eine unterschiedliche Übergangsdynamik aufweisen, im *steady state* aber zu denselben Resultaten führen wie das Solow-Modell (Berger, 2001).

Mehr Aufmerksamkeit haben die im ursprünglichen Solow-Modell exogenen Variablen auf sich gezogen: Sparquote, Arbeitsangebot sowie technischer Fortschritt. Die beiden ersten lassen sich aus der Nutzenmaximierung eines repräsentativen Haushaltes ableiten; ihre Integration hat sich allenfalls als (lösbare) mathematische Aufgabe erwiesen. Schwieriger gestal-

⁶ Vgl. Kónya (1994) für eine einführende Übersicht der entsprechenden Modelle. In Jahrgangsmodellen wird der technische Fortschritt nicht in der Produktionsfunktion, sondern in der Bewegungsgleichung erfasst: $\dot{K}_t = sT_t Y_t - \delta K_t$ (Barro und Sala-i-Martin, 1995, ch. 1).

tete es sich, den technischen Fortschritt in das Modell einzubinden. Dessen Exogenität ist aus mehreren Gründen unbefriedigend:

- Im Solow-Modell ist technischer Fortschritt die einzige Quelle von Wachstum im *steady state*. Verzichtet die Wachstumstheorie auf die Erklärung des technischen Fortschritts, vermag sie im Grunde nur noch einen Beitrag zur Übergangsdynamik, nicht aber zum langfristigen Wachstum an sich zu leisten.
- Das Solow-Modell liefert keine theoretische Grundlage für die Beobachtung, dass auch zwischen Ländern, die sich bereits in der Nähe des *steady state* befinden müssten, beträchtliche Unterschiede in den Wachstumsraten bestehen.
- Produktionsfortschritte lassen sich in der Realität oft auf zielgerichtete Investitionen von Firmen zurückführen. Solche Investitionen sind aber mit dem Modell schwerlich vereinbar, da Grenzkostenpreise eine Entschädigung des Erfinders nicht zulassen.

Während Ökonomen, die in der neoklassischen Tradition stehen, das Modell unter dem Schlagwort «Neue Wachstumstheorie» zu modifizieren versuchen, ohne dessen Grundstruktur aufzugeben, sprechen Verfechter evolutorischer Ansätze neoklassischen Modellen, die auf ein dynamisches Gleichgewicht führen, die Fähigkeit ab, technischen Fortschritt adäquat zu erfassen (vgl. z. B. Nelson und Winter, 1974). Da letztere das Gleichgewichtskonzept an sich mit einer dynamischen Wirtschaft als unvereinbar ansehen, ist ihre Kritik auch erkenntnistheoretischer Art. In ihrer Konzeption kommt nicht zuletzt dem aktiven Unternehmer à la Schumpeter eine grosse Rolle zu. Eine adäquate Würdigung der evolutorischen Ökonomie kann an dieser Stelle nicht geleistet werden; immerhin sei festgehalten, dass die Kritik an der Neoklassik insofern auf fruchtbaren Boden gefallen ist, als neuere neoklassische Modelle stark von Schumpeter inspiriert sind, z. B. die Modelle von Segerström et al. (1990), Aghion und Howitt (1992) oder Dinopoulos und Thompson (1998).⁷

Endogenes Wachstum

Warum ist technischer Fortschritt in neoklassischen Modellen schwer zu endogenisieren? Soll der kompetitive Charakter erhalten bleiben, sind zunehmende Skalenerträge ausgeschlossen. Die Existenz eines nicht-akkumulierenden Produktionsfaktors (Arbeit) impliziert daher abnehmende Grenzerträge der akkumulierenden Produktionsfaktoren (physisches Kapital, Humankapital). Damit fällt die Profitrate, d. h. Investitionen werden immer weniger attraktiv, je mehr sich die Volkswirtschaft dem *steady state* annähert; im *steady state* ist endogenes

⁷ Für die Unterschiede der Modelle zu Schumpeters Unternehmer vgl. Bianchi und Henrekson (2005, 366f.).

Wachstum somit unmöglich.⁸ Kurz und Salvadori (2001) weisen jedoch darauf hin, dass seit Adam Smith kaum ein bedeutender Ökonom der Auffassung war, die Profitrate sei auch langfristig Null – eine Einschätzung, die sich bis heute kaum geändert haben dürfte.

Damit im Rahmen des neoklassischen Modells die Profitrate auch im *steady state* positiv sein kann, muss die Produktionsfunktion modifiziert werden. Der einfachste Weg besteht darin anzunehmen, dass alle Produktionsfaktoren akkumulierend sind. Im *AK-Modell* wird eine Produktionsfunktion $Y = AK$ angenommen, wobei A ein konstanter Produktivitätsparameter ist. Ohne (exogenen) technischen Fortschritt wächst der Kapitalstock gemäss Gleichung (2.3) mit konstanter Rate $\gamma_k = sA - (\gamma_L + \delta)$. Auf demselben Ansatz basieren Modelle, die als Produktionsfaktoren bloss physisches Kapital und Humankapital unterscheiden und implizit ein fixes Arbeitsangebot unterstellen (Lucas, 1988; King und Rebelo, 1990; Rebelo, 1991). Eine Folge von Produktionsfunktionen des AK-Typus ist, dass die Länder überhaupt nicht konvergieren, sondern mit konstanter Rate wachsen, was in deutlichem Kontrast zur empirischen Evidenz steht.

Andere Modelle unterstellen eine Produktionsfunktion mit einer hohen Substitutionselastizität zwischen Arbeit und Kapital. So betrachten Jones und Manuelli (1990) eine Produktionsfunktion, die einer Kombination aus AK-Modell und neoklassischer Produktionsfunktion entspricht: $Y = F(K, L) + bK$ mit $b > 0$.⁹ In diesem Fall sinkt die Kapitalproduktivität mit steigendem Kapitaleinsatz asymptotisch auf sb . Wenn dies grösser ist als $\gamma_L + \delta$, bleibt die Wachstumsrate immer positiv. Dasselbe resultiert, wenn eine CES-Produktionsfunktion mit hoher Substitutionselastizität ($\sigma > 1$) gewählt wird, was bereits Pitchford (1960) vorgeschlagen hat. Die Annahme hoher Substituierbarkeit von Arbeit und Kapital steht allerdings in scharfem Gegensatz zu den (oben angesprochenen) Argumenten der Verfechter von Jahrgangsmodellen und ist daher wenig einleuchtend.

In vielen Modellen der Neuen Wachstumstheorie spielen positive externe Effekte eine zentrale Rolle. Der Wettbewerb ist dadurch suchergestellt, dass die Akteure selbst nur konstante Skalenerträge nutzen können, während gesamtwirtschaftlich die Skalenerträge steigend sind. Solche Externalitäten können in verschiedener Weise auftreten:

- *Learning by doing*: Arrow (1962b) hat Produktivitätssteigerungen darauf zurückgeführt, dass Arbeiten (und Investieren) mit einem Lernprozess verbunden ist. Romer (1986) hat diesen Ansatz weiterentwickelt und in sein Modell integriert. Neues Wissen

⁸ Formal gesprochen ist endogenes Wachstum unvereinbar mit Produktionsfunktionen, die alle Inada-Bedingungen erfüllen (vgl. Barro und Sala-i-Martin, 1995, ch. 4, App.)

⁹ Durch die Addition des Terms bK steigt die Substitutionselastizität, wie einfach gezeigt werden kann:

$$\frac{\sigma_Y}{\sigma_F} = \frac{(F_K + b)F_L / (F + bK)F_{KL}}{F_K F_L / FF_{KL}} = \frac{(F_K + b) / F_K}{(F + bK) / F} = \frac{1 + bK / (F - LF_L)}{1 + bK / F} > 1$$

verbreitet sich unmittelbar und kommt der ganzen Volkswirtschaft zugute. Wird beispielsweise arbeitsvermehrendes Wissen angenommen, so kann die Produktionsfunktion einer Firma i geschrieben werden als $Y_i = F(K_i, KL_i)$, d. h. der technische Fortschritt ist endogen bestimmt durch die Akkumulation von Kapital.¹⁰ Da der Beitrag des einzelnen Unternehmens (K_i) zum gesamtwirtschaftlichen Kapitalstock $K = \sum_i K_i$ unerheblich ist, beobachtet das Unternehmen abnehmende Kapitalproduktivität, während die Produktivität des Kapitals gesamtwirtschaftlich konstant ist. Damit erhält man Ergebnisse in der Art des AK-Modells.

- *Spillovers von individuellen Ausbildungsinvestitionen:* Bei Uzawa (1965) ist technischer Fortschritt die Folge von Humankapital, das über die Zeit ansteigt. Lucas (1988) modelliert den Aufbau von Humankapital als Ergebnis des individuellen Entscheids, ob die verfügbare Zeit zum Lernen oder zum Produzieren verwendet werden soll. Dabei führt Lernen nicht nur zu höherer Produktivität, es ist auch mit positiven externen Effekten verbunden.

Der Spillover-Ansatz wirft die Frage auf, ob (lokale oder innerstaatliche) Wissens-Spillovers tatsächlich so gross sind, dass die Kapitalproduktivität zwar privat fällt, sozial aber konstant ist oder gar ansteigt. Weder und Grubel (1993) argumentieren, dass die Existenz von Spillovers die Bildung von Institutionen zur Internalisierung der Externalitäten erwarten lässt, beispielsweise Industrie-Gesellschaften oder Konglomerate. Die tatsächlichen externen Effekte wären dann wesentlich kleiner. Breschi und Lissoni (2001) stellen fest, dass bei empirischen Studien, die grosse Wissens-Spillovers ausweisen, oft keine klare Unterscheidung zwischen pekuniären und technologischen Externalitäten gemacht wird, obwohl nur letztere als Externalitäten im eigentlichen Sinn aufgefasst werden können (Scitovsky, 1954).¹¹

Ein makroökonomisches Modell, das den technischen Fortschritt ausschliesslich auf externe Effekte zurückführt, ist aus diesen Gründen unbefriedigend. Soll technischer Fortschritt die Folge von F&E-Investitionen auf Firmenebene sein, ist es unvermeidlich, die Annahme vollständiger Konkurrenz aufzuweichen, da gewinnmaximierende Firmen nur dann Investitionen tätigen, wenn sie erwarten können, später einen Preis über den Grenzkosten verlangen zu können. Um derartige Preise in einem Modell abzubilden, genügt es nicht mehr, mit einer

¹⁰ Barro und Sala-i-Martin (1995, ch. 4) schlagen vor, das (Human-)Kapital pro Arbeitnehmer K/L als Multiplikator zu wählen, um den wenig plausiblen gesamtwirtschaftlichen Skaleneffekt zu beseitigen, der Romers Modell innewohnt.

¹¹ Der ungenaue Umgang mit dem Begriff «externer Nutzen» ist auch in anderen Gebieten der angewandten Wirtschaftsforschung anzutreffen, beispielsweise in der Frage des externen Nutzens des Verkehrs (vgl. dazu Frey und Isenmann, 1993, 246).

Produktionsfunktion zu arbeiten, die homogene Inputs zu einem homogenen Output kombiniert, vielmehr müssen disaggregierte Märkte betrachtet werden. Technischer Fortschritt manifestiert sich daher nicht mehr in generell höherer Produktivität eines Produktionsfaktors sondern entweder in der Erfindung neuer Produkte, der Verbesserung bestehender Produkte oder kostengünstigerer Herstellung eines Produktes (d. h. produktspezifisch höherer Produktivität). Der Innovator kann dann für das neue oder bessere Produkt bzw. dank seiner im Vergleich zur Konkurrenz effizienteren Technologie einen Preis über den Grenzkosten erzielen.

Die Modelle der Neuen Wachstumstheorie bauen Heterogenität auf unterschiedliche Weise ein.¹² In Anlehnung an Ethier (1982) wird in manchen Modellen (z. B. Romer, 1990; Eaton und Kortum, 2002) weiterhin eine gesamtwirtschaftliche Produktionsfunktion mit homogenem Output unterstellt, die aber differenzierte Zwischenprodukte als Input verwendet. Ein neuer oder qualitativ besserer Input generiert einen höheren gesamtwirtschaftlichen Output und erhöht damit die Wohlfahrt. Die Produktionsfunktion lautet dann beispielsweise: $Y = L^\alpha \sum_j X(j)^{1-\alpha}$ mit $X(j) = F(L, K)$. Der Laufindex j bezeichnet dabei die einzelnen Güter. Da die Zwischengüter additiv in die Produktionsfunktion eingehen, sind sie nicht alle notwendig, wegen des abnehmenden Grenzertrages ist aber der Produzent des Konsumgutes bereit, für dieselbe Menge eines neuen Gutes mehr zu bezahlen als für ein bereits verwendetes.

In anderen Modellen (z. B. Grossman und Helpman, 1991, ch. 3; Eaton und Kortum, 2001) wird eine Nutzenfunktion spezifiziert, die nicht bloss die Gegenwartspräferenz des repräsentativen Haushalts wiedergibt, sondern auch Präferenzen für einzelne Güter modelliert, entsprechend der ursprünglichen Formulierung von Spence (1976). Hierbei weist der Konsument direkt eine Präferenz für Vielfalt aus. Die beiden Ansätze führen in der Regel zu ähnlichen Resultaten (Barro und Sala-i-Martin, ch. 6., 1995).

In beiden Ansätzen wird angenommen, dass der Erfinder eines neuen Gutes oder Prozesses vor Nachahmung geschützt ist, beispielsweise durch ein Patent. Dabei wird zwischen Modellen horizontaler Innovation und Modellen vertikaler Innovation unterschieden. Bei horizontaler Innovation ergibt sich die Innovation aus der Verfügbarkeit eines neuen Gutes. Der Erfinder ist für immer vor Nachahmung geschützt, beispielsweise durch ein Patent – es herrscht monopolistischer Wettbewerb.

Vertikale Innovation liegt dagegen vor, wenn sich die Qualität eines Gutes oder die Effizienz eines Produktionsverfahrens verbessert. Das im nächsten Abschnitt präsentierte Modell bezieht sich auf verbesserte Produktionsverfahren (vgl. Eaton und Kortum, 2001), ein Ansatz,

¹² Für eine Übersicht vgl. Long und Wong (1997).

der im Wesentlichen den Überlegungen von Arrow (1962a), Nordhaus (1969) sowie Dasgupta und Stiglitz (1980) folgt. Die Analyse lässt sich jedoch auf Qualitätsverbesserungen übertragen, indem qualitätsäquivalente Mengen betrachtet werden (vgl. Grossman und Helpman, 1991; Aghion und Howitt, 1992; Barro und Sala-i-Martin, 1995).¹³

Der Innovator besitzt ein zeitlich beschränktes Monopol in der Produktion – bis entweder seine Methode imitiert werden kann (z. B. wegen des Ablaufs seines Patents oder im Fall geheimgehaltener Verfahren durch Re-engineering) oder ein Rivale eine Verbesserung entdeckt hat. Der Innovator wird nur im Fall einer drastischen Innovation und sehr unelastischer Nachfrage den Monopolpreis verlangen können, da er den Markteintritt teurer produzierender Konkurrenten fürchten muss (vgl. Nordhaus, 1969). Dieser Fall wird im Folgenden ausgeschlossen. Da ein Wettbewerb à la Bertrand unterstellt wird, heisst das, dass der Innovator den Preis gleich den Grenzkosten seines nächsten Konkurrenten setzt. Die Marge kann er zur Finanzierung der Forschung verwenden. Im Kontext eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells muss dabei die Investition in F&E der Firmen gerade der erwarteten Marge entsprechen. Sinkende Produktivität der Forschung gewährleistet eine endliche Lösung. Ein Modell, das im Wesentlichen auf dieser Idee basiert, wird im folgenden Abschnitt vorgestellt.

3. Das Eaton–Kortum-Modell

In mehreren Artikeln haben Jonathan Eaton und Samuel Kortum in den letzten Jahren ein makroökonomisches Modell präsentiert, das sich zur Analyse verschiedener Aspekte des Aussenhandels und der technologischen Entwicklung eignet. Insbesondere kann die Situation einer kleinen offenen Volkswirtschaft in einem durch Akkumulation von technischem Wissen gekennzeichneten globalen Umfeld untersucht werden. Das Grundmodell wird in Eaton und Kortum (2001) beschrieben, worauf auch die folgende Darstellung basiert.

Die Transformationskurve

In völligem Gegensatz zum AK-Modell ist die Grundversion des Modells ricardianisch, d. h. Arbeit ist der einzige Input (Eaton und Kortum, 2001 und 2002).¹⁴ In jedem der N Länder teilen sich die Erwerbstätigen in L_n^A Arbeiter im Produktionssektor und R_n Forscher. In jedem Land können die Arbeiter im Prinzip jedes Gut $j \in [0;1]$ herstellen, die Arbeitsproduktivität

¹³ Wenn die Formulierung mit Zwischengütern gewählt wird, so bedeuten Qualitätsverbesserungen der Zwischengüter in der Regel Effizienzsteigerungen bei der Herstellung des Konsumgutes.

¹⁴ In Eaton und Kortum (1999) werden Zwischenprodukte auch mit Hilfe von Kapital hergestellt.

$z_n(j)$ ist jedoch die Realisierung einer Zufallsvariable Z und unterscheidet sich von Land zu Land sowie von Gut zu Gut. Die Verteilung von Z wird hergeleitet, indem folgende Annahmen in Bezug auf den Innovationsprozess getroffen werden:

- Das Auftreten neuer Ideen folgt einem Poisson-Prozess. Die Länder unterscheiden sich in der Rate \dot{T}_n , mit der neues technisches Wissen (d. h. neue technische Ideen) entsteht. Die Rate hängt ab von der Anzahl Forscher, von deren Produktivität sowie von der Zeit, die verstreicht, bis ausländische Ideen in das Land gelangen. Zum Zeitpunkt t beträgt der Bestand an technischem Wissen $T_n = \int_{-\infty}^t \dot{T}_n ds$.
- Die Qualitäten der Ideen sind Pareto-verteilt. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Idee zu einer Technologie führt, die die bisher im Land bekannte Produktivität $z_n(j)$ übertrifft, beträgt damit $[z_n(j)]^{-\theta}$.¹⁵ Der Parameter $\theta > 0$ ist ein Mass für die Heterogenität der Qualitäten, wobei ein tiefer Wert eine stark ungleiche Verteilung der Qualitäten impliziert. Dies bedeutet, dass einige wenige Ideen einen gewaltigen Fortschritt bedeuten, wogegen die grosse Mehrheit keine wesentliche Effizienzsteigerung mit sich bringt. Es wird angenommen, dass der Parameter θ für alle Länder und Zeitperioden gleich ist.
- Eine Idee betrifft jedes Produkt mit gleicher Wahrscheinlichkeit, unabhängig von der Bedeutung der betreffenden Industrie im Land.

Anlass zu Kritik bietet vor allem die letzte Annahme, da sie nicht berücksichtigt, dass Forscher sich auf Gebiete spezialisieren, die von der ansässigen Industrie nutzbar gemacht werden. Die plausiblere Annahme eines autoregressiven Prozesses wäre allerdings mit einer erheblichen Aufblähung des Modells verbunden und machte weitere Annahmen und Systemparameter notwendig.

Der grosse Vorteil der Spezifikation liegt darin, dass die Verteilung der Zufallsvariable Z (und damit die Lage der Transformationskurve) durch bloss zwei Parameter bestimmt ist, den zeitlich und national variablen Bestand an Ideen (T_n) und den konstanten Modellparameter θ . Da die Pareto-Verteilung viel Wahrscheinlichkeitsmasse im extremen Bereich hat, ergibt sich für Z eine Fréchet-Verteilung, auch Extremwertverteilung vom Typ II genannt (vgl. Eaton und Kortum, 1999).¹⁶

¹⁵ Die Variablen werden im Folgenden nur dann mit dem Subskript t versehen, wenn es für das Verständnis erforderlich ist. Ausser dem Parameter θ sind zunächst alle Variablen zeitabhängig.

¹⁶ Extremwertverteilungen der Typen I und III resultierten dagegen, wenn anstelle der Pareto-Verteilung beispielsweise eine Exponential- bzw. eine Gleichverteilung unterstellt würde (Kortum, 1997). Es stellt sich jedoch heraus, dass die Pareto-Verteilung nicht nur plausibel ist – man denke an die grosse Heterogenität des Wertes von Patenten – sondern auch im Modell wünschenswerte Eigenschaften aufweist (vgl. Eaton und Kortum, 2001).

$$F_n(z) = \exp[-T_n z^{-\theta}]; \quad z \geq 1 \quad (3.1)$$

Zusammen mit der Grösse des Produktionsfaktors Arbeit bestimmt die Arbeitsproduktivität die Transformationskurve des Landes. Bei einem Lohnsatz w_n entstehen bei der Herstellung von Gut j in Land n Lohnkosten in der Höhe von $w_n/z_n(j)$.¹⁷ Aus (3.1) folgt, dass die Lohnkosten $c_n(j)$ Realisierungen folgender Verteilung sind:

$$G_n(c) = 1 - F_n(w_n/c) = 1 - \exp[-T_n (w_n/c)^{-\theta}] \quad (3.2)$$

Es lässt sich zeigen, dass die Produktion eines Gutes mit Wahrscheinlichkeit $\pi_n = T_n w_n^{-\theta}$ in Land n am kostengünstigsten ist, wobei die Löhne derart bestimmt sind, dass $\sum T_i w_i^{-\theta} = 1$ (numéraire). Die Wahl des numéraire besitzt den Vorteil, dass das Preisniveau stabil bleibt, wie später noch gezeigt wird (3.6).

Bertrand-Wettbewerb

Firmen investieren solange in F&E, wie sie einen positiven Ertrag erwarten. Der Ertrag ist bestimmt durch

- die Wahrscheinlichkeit, dass eine neue technische Idee dazu führt, dass die Firma das Produkt auf dem Weltmarkt verkaufen kann,
- die erwartete Marge,
- den erwarteten Umsatz,
- die erwartete Dauer der Marktführerschaft, d.h. die Dauer, während der die Firma dank der Innovation am kostengünstigsten produzieren kann.

Dass eine neue Idee, die in Land n entstanden ist, genutzt werden kann, setzt einmal voraus, dass sie im Land selbst zu einer Erhöhung der Produktivität führt. Dies ist mit Wahrscheinlichkeit $E[z^{-\theta}] \approx 1/T_n$ der Fall – mit zunehmendem Wissensstand wird es immer schwieriger, die nationale Hürde zu schaffen.¹⁸ Die Idee kann sodann nur fruchtbar genutzt werden, wenn

¹⁷ Im Grundmodell von Eaton und Kortum (2001 und 2002) werden zusätzlich Handelshemmnisse wie z.B. Transportkosten berücksichtigt. Abhängig von der Höhe der Transportkosten sind dann für jedes Gut und Land vier Fälle möglich: 1. Das Land importiert alle Güter, weil es selbst nicht kompetitiv ist. 2. Das Land stellt ausschliesslich für den Eigengebrauch her, das die Handelshemmnisse zu hoch sind, dass sich Import oder Export lohnt. 3. Das Land beliefert den eigenen sowie «nähere» ausländische Märkte. 4. Das Land beliefert den ganzen Weltmarkt. Im hier dargestellten Modell sind nur die Extremfälle 1 und 4 möglich. Die Einführung von Handelskosten führt zweifellos zu interessanten Ergebnissen. In der hier präsentierten Version wird jedoch zugunsten einfacherer Darstellung und konkreterer Ergebnisse auf diese Dimension verzichtet.

¹⁸ Die Wahrscheinlichkeit gilt nur approximativ, da die Verteilung (3.1) für $z < 1$ nicht definiert ist, obwohl die Fréchet-Verteilung eigentlich für $z > 0$ eine positive Wahrscheinlichkeit aufweist. Mit steigendem technischem

sie auch international konkurrenzfähig ist, d. h. wenn Land n der günstigste Produktionsstandort ist bzw. wird. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine neue Idee genutzt werden kann, beträgt somit insgesamt $\pi_n/T_n = w_n^{-\theta}$.

Bertrand-Wettbewerb bedeutet, dass die Firma mit den günstigsten Produktionsbedingungen einen Preis auf der Höhe der Grenzkosten des zweiteffizientesten Landes setzen kann (bzw. marginal tiefer). Die Marge der Firma kommt analytisch einer Erhöhung der Arbeitskosten gleich: Die Wahrscheinlichkeit, dass eine neue Idee bei einer Marge von $m \equiv p(j)/c(j) > 1$ immer noch konkurrenzfähig ist, beträgt $b_n(m) = (mw_n)^{-\theta}$. Die Margen neuer Ideen sind, sofern sie sich kommerzialisieren lassen, Realisierungen einer gestutzten Verteilung:

$$H(m) = \frac{b_n(m) - b_n(1)}{b_n(\infty) - b_n(1)} = 1 - m^{-\theta} \quad (3.3)$$

Die Margen sind somit – wie die Qualitäten – Pareto-verteilt. Die Verteilung ist in allen Ländern und zu allen Zeiten gleich.

Der Wert einer Erfindung

Die weltweiten Konsumausgaben seien Y . Um die Analyse einfach zu halten, wird dem repräsentativen Haushalt eine Cobb-Douglas-Nutzenfunktion unterstellt: $U = \exp \int_0^1 \ln x(j) dj$. Somit geben die Konsumenten für alle Güter dieselbe Summe aus. Da die Verteilung der Margen weltweit gleich ist, berechnen sich die Gewinne aller Firmen weltweit als:

$$\Pi = Y \int_0^1 (1 - m(j)^{-1}) dj = Y \int_1^\infty (1 - m^{-1}) dH(m) = \frac{1}{1+\theta} Y \quad (3.4)$$

Der Anteil der in Land n produzierenden Firmen an den Gewinnen ist gleich der Wahrscheinlichkeit π_n , dass diese mit den Löhnen und der Technologie des Landes der kostengünstigste Anbieter sind. Da im Modell die Handelsbilanz ausgeglichen ist, sind die Konsumausgaben eines Landes gleich dem Anteil der heimischen Industrie am weltweiten BIP: $Y_n = \pi_n Y$. Der Gewinn der in Land n produzierenden Firmen beträgt daher $\Pi_n = \frac{1}{1+\theta} Y_n$, die Lohnsumme der Industriearbeiter $L_n^A w_n = \frac{\theta}{1+\theta} Y_n$. Die Beziehungen gelten für alle Länder, daher ergibt sich unter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit $\pi_n = T_n w_n^{-\theta}$ für den Lohn in Land n folgender Ausdruck:

Fortschritt strebt die Wahrscheinlichkeit, dass z zwischen 0 und 1 liegt, gegen Null, weshalb die Approximation unproblematisch ist. Für exakte Resultate vgl. Kortum (1997).

$$w_n = \left[\frac{T_n}{L_n^A} \sum w_i L_i^A \right]^{\frac{1}{1+\theta}} \quad (3.5)$$

Daraus folgt, dass der relative Lohn zweier Länder n und m , w_n/w_m , einzig vom Verhältnis der Technologie pro Arbeiter in den entsprechenden Ländern abhängig ist.

Weil auf allen Märkten Weltmarktpreise herrschen, sind die Preise $p(j)$ in allen Ländern gleich. Aus den Verteilungen der Kosten (3.2) und der Margen (3.3) lässt sich der Preisindex für eine Cobb-Douglas-Nutzenfunktion folgendermassen berechnen:

$$P = \exp \int_0^1 \ln p(j) dj = \exp \left[\int_0^\infty \ln(c) dG(c) + \int_1^\infty \ln(m) dH(m) \right] = \sqrt[\theta]{k} \quad \text{mit } k \approx 1.5262 \quad (3.6)$$

Der Preisindex ist über die Zeit konstant, weshalb bei der Berechnung des Wertes einer Idee keine Inflation berücksichtigt werden muss. Dieser Wert ist für einen Forscher aus Land n zum Zeitpunkt s einfach gleich der Wahrscheinlichkeit, dass sich die Idee zu dieser Zeit (noch) verkaufen lässt (π_{ns}/T_{ns}) multipliziert mit dem erwarteten Gewinn. Abdiskontiert mit der Diskontrate ρ ergibt sich damit zum Zeitpunkt t ein Wert von:

$$V_{nt} = \int_t^\infty e^{-\rho(s-t)} \frac{\pi_{ns}}{T_{ns}} \Pi_s ds = \frac{1}{1+\theta} \int_t^\infty e^{-\rho(s-t)} \frac{Y_{ns}}{T_{ns}} ds = \frac{1}{\theta} \int_t^\infty e^{-\rho(s-t)} \frac{L_{ns}^A w_{ns}}{T_{ns}} ds \quad (3.7)$$

Das Steady state

Im bisher diskutierten Modell fehlt die Bestimmung des landesspezifischen technischen Wissens T_{nt} bzw. dessen Veränderung \dot{T}_{nt} . Im einfachsten Fall ist die Rate bloss durch die Anzahl Forscher R_{nt} sowie über die Zeit konstante Forschungsproduktivität α_n bestimmt: $\dot{T}_{nt} = \alpha_n R_{nt}$ bzw. $T_{nt} = \alpha_n \int_{-\infty}^t R_{ns} ds$ (vgl. Eaton und Kortum, 2001). Diffusion des Wissens aus dem Ausland ist Null, allenfalls kann sie als Teil der landesspezifischen Forschungsproduktivität aufgefasst werden.

Ein dynamisches Gleichgewicht ergibt sich, wenn die Beschäftigung in allen Ländern mit derselben Rate γ_L wächst und der Anteil Forscher an der Beschäftigung $r_n \equiv R_n / (L_n^A + R_n)$ konstant ist. Unter diesen Voraussetzungen konvergiert das technische Wissen relativ zu der Anzahl Arbeiter in der Produktion: $\lim_{t \rightarrow \infty} T_{nt} / L_n^A = \alpha_n r_n / \gamma_L (1 + r_n)$. T_n wächst somit im *steady state* überall mit gleicher Rate γ_L . Aus (3.5) folgt, dass die Relativlöhne zweier Länder im *steady state* zeitunabhängig sind: $w_n/w_m = [\alpha_n r_n / (1 - r_n) / \alpha_m r_m / (1 - r_m)]^{1/(1+\theta)}$. Umformung des Terms (3.5) ergibt:

$$w_{nt} = \left[T_{nt} \sum_{i=1}^N \frac{w_{it}}{w_{nt}} \frac{L_{it}^A}{L_{nt}^A} \right]^{\frac{1}{\theta}} \quad (3.8)$$

Da die Verhältnisse hinter dem Summenzeichen im *steady state* beide konstant sind, folgt, dass der Lohn mit konstanter Rate γ_L/θ wächst. Zusammen mit dem langfristig konstanten Verhältnis T_n/L_n^A in (3.7) eingesetzt ergibt dies für den erwarteten Wert einer Erfindung in Land n : $V_n = [\gamma_L(1-r)w_n]/[\alpha_n r(\theta\rho - \gamma_L)]$, wobei die Diskontrate $\rho > \gamma_L/\theta$ sein muss, damit das Integral konvergiert. Dabei zeigt sich, dass r , der Anteil der Forscher an der Beschäftigung, in allen Ländern gleich $\gamma_L/\theta\rho$ ist, da der Erwartungswert, dass ein Forscher in einer Periode eine Idee hat, α_n , multipliziert mit dem erwarteten Wert einer Idee gleich dem Lohnsatz in der Produktion sein muss ($w_{nt} = \alpha_n V_{nt}$), damit die Erwerbstätigen indifferent sind zwischen Forschung und Produktion.

Für das Verhältnis der Löhne zweier Länder n und m erhält man schliesslich:

$$\frac{w_n}{w_m} = \left[\frac{\alpha_n}{\alpha_m} \right]^{1+\theta} \quad (3.9)$$

Es zeigt sich, dass im Modell die relative Produktivität der Forscher eines Landes die ausschlaggebende Variable für den relativen Lohn und damit den relativen Wohlstand ist. Bemerkenswert ist, dass die Grösse des Landes keine Rolle spielt. Diese Eigenschaft ist sehr erwünscht und unterscheidet das Modell von vielen anderen Modellen der Neuen Wachstumstheorie, insbesondere der «ersten Generation», die einen wenig plausiblen Skaleneffekt aufweisen (vgl. Jones, 1999).

Die Rolle der Ausbildung

Einer der Vorteile des Grundmodells ist, dass es in verschiedener Hinsicht ausgebaut werden kann. So ist in Eaton und Kortum (1999) die Forschungsproduktivität abhängig vom Anteil der Forscher. Eine mögliche funktionale Form ist:

$$\alpha(r) = a/r^b; \quad b \in [0;1) \quad (3.10)$$

Diese Formulierung berücksichtigt, dass nicht alle Leute in der Forschung gleich produktiv sind, sondern dass mit steigendem Anteil der Forscher an der Bevölkerung die *durchschnittliche* Produktivität der Forschung abnimmt. Der Parameter a entspricht dabei der mittleren (potenziellen) Forschungsproduktivität der gesamten Erwerbsbevölkerung; die Elastizität b misst dagegen die «Ungleichheit», mit der das Talent verteilt ist. Den im vorigen Abschnitt betrachteten Fall erhält man für $b=0$ und $\alpha_n = a_n$, d. h. jede Person kann mit derselben Er-

folgswahrscheinlichkeit Forschung betreiben, was eine starke Annahme ist. Während in Eaton und Kortum (1999) b für alle Länder gleich ist, könnte es durchaus als Politikvariable aufgefasst werden. Die beiden Parameter a und b reflektieren den Trade-off der Bildungspolitik, in Exzellenz zu investieren (höheres b) oder die Fähigkeiten der breiten Bevölkerung zu fördern und damit die Durchschnittsproduktivität insgesamt zu verschieben (höheres a).

In der Formulierung von (3.10) gründet die Gleichgewichtsbedingung des Arbeitsmarktes auf der Entscheidung desjenigen Arbeiters, der aufgrund seiner Produktivität gerade indifferent ist zwischen Forschung und Arbeit in der Produktion: $w = (1-b)\alpha(r)V$. Damit ist $r = (1-b)/(\rho\theta/\gamma_L - b)$, d. h. der Anteil der Forscher hängt nicht vom Parameter a ab, jedoch (negativ) von b . Wird b landesspezifisch gewählt, so kann erklärt werden, warum sich die Anteile der Forscher an der Beschäftigung von Land zu Land unterscheiden: Je gleichmässiger die Produktivität verteilt ist, desto mehr Leute sind in der Forschung aktiv.

In dieser Spezifikation erhält man für den Relativlohn zweier Länder im *steady state*:

$$\frac{w_n}{w_m} = \left[\frac{\alpha_n(1-b_n)}{\alpha_m(1-b_m)} \right]^{\frac{1}{1+\theta}} \quad \text{mit } \alpha_i = a_i \left[\frac{\rho\theta/\gamma_L - b_i}{1-b_i} \right]^{b_i}, \quad i = m, n. \quad (3.11)$$

Bei *gleicher* durchschnittlicher Forschungsproduktivität erzielen Länder mit einem ausgeglicheneren Bildungsniveau (kleinerem b_n) höhere Löhne, da in ihnen ein höherer Anteil in der Forschung arbeitet. Das heisst keineswegs, dass sich die Ausgaben für Hochqualifizierte nicht lohnten – im Gegenteil: Gemäss (3.10) geht Nivellierung des Bildungsniveaus mit tieferer Durchschnittsproduktivität einher. Diese kann durch die erhöhte Beteiligung der Bevölkerung an der Forschung in der Regel nicht ausgeglichen werden, so dass die Löhne für typische Parameterwerte positiv auf ein höheres b reagieren.¹⁹

Offensichtlich ist, dass auch ein höheres a wohlfahrtssteigernd ist. Um den oben erwähnten bildungspolitischen Trade-off zu lösen, müsste ein Ausbildungsmodell konstruiert werden, das neben dem Nutzen auch die Kosten beinhaltet. Für den vorliegenden Zweck mag die Erkenntnis genügen, dass sowohl eine Politik, die der Ausbildung der Bevölkerung allgemein dient, wie auch die gezielte Förderung von «Talent» wohlfahrtssteigernd sind und daher als Instrumente staatlicher Innovationspolitik in Frage kommen – allerdings mit teilweise unterschiedlicher Wirkung auf die Auswirkung auf Beschäftigung und Produktivität.

¹⁹ Die Ableitung von (3.11) nach b (unter Berücksichtigung, dass α sowohl von direkt als auch via r von b abhängt) ist genau dann positiv, wenn $(1-b\gamma_L/\theta\rho) \ln(r) + 1 > 0$. Dies gilt für alle b , wenn $\gamma_L/\theta\rho < 1/e$, was in plausiblen Szenarien erfüllt sein dürfte.

4. Innovationspolitik

Das Eaton–Kortum Modell erklärt Wachstum im *steady state* durch permanente Innovation neuer Produktionsverfahren, wobei diese im Unterschied zum Solow-Modell die Folge von Investitionen in F&E ist.²⁰ Das Modell scheint geeignet, Wachstum in hochentwickelten Ländern plausibel zu erklären.

Welches sind die Folgerungen für die Wirtschaftspolitik? Gemäss dem Modell ist Wachstumspolitik Innovationspolitik. Ziel der Wirtschaftspolitik muss es daher sein, ein «innovationsfreundliches Umfeld» zu kreieren, um in- und ausländische Forschungsinvestitionen zu fördern. Gegenüber Gütern oder Dienstleistungen weisen immaterielle Güter im Allgemeinen und im Speziellen der Output von Forschung und Entwicklung, das technische Wissen, einige grundlegende Unterschiede auf (Hill, 1999). Da sich immaterielle Güter durch Abwesenheit von Rivalität im Konsum auszeichnen, wäre der freie Zugang zu Wissen grundsätzlich wohlfahrtsökonomisch erwünscht. In einem marktwirtschaftlichen System herrscht jedoch auf der Stufe der Produzenten Konkurrenz und damit indirekt Konsumrivalität in Bezug auf Information und Wissen als Produktionsfaktor: eine Firma hat durchaus ein Interesse, Wissen exklusiv zu besitzen.

Die erforderlichen Investitionen in die Produktion neuen Wissens werden von rationalen Wirtschaftssubjekten nur getätigt, wenn der erwartete Output einen positiven Nettonutzen zu generieren vermag. Damit ist für den Investor die Frage zentral, ob es gelingt, Konkurrenten von der Nutzung des neuen Wissens abzuhalten. Neben der Anmeldung von Patenten können Unternehmen auch andere Strategien verfolgen, beispielsweise die Geheimhaltung der Erfindung, die Nutzung des Zeitvorsprungs bei der Markteinführung oder besondere Vermarktungsstrategien. Die Möglichkeiten hängen von der betrachteten Industrie ab und werden ganz unterschiedlich genutzt, wie in mehreren Studien gezeigt wurde (Levin et al., 1987; Cohen et al., 2000). Verschiedene wirtschaftspolitische Strategien und Instrumente zur Innovationsförderung sind daher denkbar, die nicht auf alle Industrien dieselben Auswirkungen haben:

- *Laissez-faire*: Der Staat vertraut darauf, dass zwischen den Firmen ein Innovationswettbewerb herrscht, der einen Staatseingriff unnötig macht. Der Innovationswettbewerb funktioniert dann, wenn Nachahmung von der Natur der Sache schwierig ist, Produktlebenszyklen kurz sind oder wenn die Kosten für F&E relativ klein sind. Eine

²⁰ In Kortum (1999) wird zudem die Diffusion von Technologien aus dem Ausland untersucht. Die Frage der Diffusion ist allerdings komplex und würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Für eine Übersicht siehe Keller (2004).

solche Situation pflegt in der Frühphase eines Produktlebenszyklus aufzutreten. Die Strategie hat sich beispielsweise in der Schweiz der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts als erfolgreich erwiesen; sie war eine Voraussetzung des Aufbaus der chemischen Industrie (vgl. Kilchenmann, 2004). In jüngster Zeit haben sich Boldrin und Levine (2002) dafür ausgesprochen, die Innovation den Marktkräften zu überlassen.

- *Zuteilung von Eigentumsrechten an Erfinder*: Investitionen in Forschung und Entwicklung kann der Staat dadurch fördern, dass er durch Erteilung von Immaterialgüterrechten («Geistigem Eigentum») die Nachahmung erschwert oder gar unterbindet: Mit dem Schutz von Geschäftsgeheimnissen erleichtert er die Geheimhaltung von Erfindungen, mit dem Urheberrecht sowie dem Patent- und Designschutz gibt er dem Erfinder das Recht, Kopien oder Nachahmungen zu unterbinden, mit dem Markenschutz schliesslich vereinfacht er das Marketing innovativer Firmen. Dank Geistiger Eigentumsrechte verliert das technische Wissen die Eigenschaft eines öffentlichen Gutes, es entspricht daher in gewisser Weise der von Coase (1960) für das Problem öffentlicher Güter vorgeschlagenen Lösung. Neben dem Anreiz zur Forschung, den die Aussicht auf ein Patent stiftet, besitzt das Patentsystem weitere Vorteile (vgl. Mazzoleni und Nelson, 1998): Es ermöglicht die Kommerzialisierung bereits bestehender, beispielsweise an Universitäten entstandener Ideen. In Jungunternehmen ist ein Patent oft das einzige Aktivum – ohne Patent wären Kredite kaum zu bekommen. Des weitern fördert das Patentsystem die Verbreitung von technischem Wissen, ist doch mit der Patentierung die Publikation der technischen Idee verbunden, während ansonsten die Technologie nach Möglichkeit geheimgehalten wird. Kitch (1977) hat auf einen weiteren Vorteil verwiesen: Durch die Zuteilung an Eigentum werden ineffiziente Doppelspurigkeiten in der Forschung verhindert, da ein Patent dem Eigentümer einen Technologiebereich zur Forschung und Entwicklung neuer Produkte zuweist. Diese Sicht ist allerdings nicht unwidersprochen geblieben: Scotchmer (1991) sowie Besen und Maskin (2000) sehen gerade in dieser privaten Zuteilung von Technologiebereichen eine Gefahr, da in einem derart abgesteckten Monopolbereich der Anreiz zu dessen weiterer Erforschung klein ist.
- *Bildungspolitik*: Die Verfügbarkeit von Fachkräften ist eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung einer auf Innovation basierenden Wirtschaft. Da die Ausbildung in den meisten Ländern primär als staatliche Aufgabe angesehen wird, kommt der Ausgestaltung der Bildungspolitik eine zentrale Rolle zu. Formal gesprochen verbilligt der Staat einen Input der Forschung – das Humankapital – indem er dessen Produktion subventioniert. Es ist hier nicht der Ort, alle Möglichkeiten der Förderung von Bildung

zu diskutieren. Im letzten Abschnitt von Kapitel 3 wurde bereits darauf hingewiesen, dass (mindestens) zwei Aspekte zu beachten sind, die beide eine Rolle spielen – Förderung des durchschnittlichen Niveaus sowie Förderung von Exzellenz. Aus liberaler Sicht könnte argumentiert werden, Bildungsförderung sei nicht nötig, wenn Bildung als Investition angesehen werde, die später zu höheren Löhnen führt, da ein hinreichendes privates Interesse an der Investition in die eigene Ausbildung besteht. Dem ist entgegenzuhalten, dass trotz Geistigen Eigentumsrechten Forscher immer nur einen Bruchteil des Ertrags ihrer Tätigkeit einbehalten können.²¹ Wie bereits früher argumentiert, sind die Erträge zudem äusserst ungleich verteilt. Für den Einzelnen ist die Investition in Ausbildung zu risikoreich, als dass er von einer Bank die dafür notwendigen Kredite bekäme, ganz zu schweigen von Problemen, die durch asymmetrische Information entstünden. Wie immer die Bildungspolitik konkret ausgestaltet ist – ihr Ergebnis ist für eine innovative Wirtschaft sicherlich von grosser Bedeutung.

- *Subventionierung der Forschung:* Der Staat subventioniert privatwirtschaftliche Ausgaben für F&E, beispielsweise durch finanzielle Beteiligung an Projekten. Dieser Ansatz kann dann Sinn machen, wenn direkt messbare externe Effekte der Forschung vorliegen oder wenn der Staat Innovationen in Bereichen fördern möchte, wo die Zahlungsbereitschaft der potenziellen Nutzniesser klein ist (beispielsweise Medikamente gegen Tropenkrankheiten). Der Staat kann Innovationen bei Privaten auch «bestellen» – beispielsweise über die Beschaffung von Gütern und Dienstleistungen. Von Bedeutung ist die staatliche Nachfrage vor allem im Rüstungs- und Sicherheitsbereich. Nicht nur die Finanzierung über Steuern stellt ein Problem der Subventionslösung dar. Subventionen setzen voraus, dass der Staat weiss, was nützlich und erfolgversprechend ist. Auf den «Wettbewerb als Entdeckungsverfahren» (Hayek, 1969) und damit die Vorteile einer dezentralisierten Wirtschaftsorganisation muss verzichtet werden. Produktionsseitig kann der Wettbewerb aufrechterhalten werden, wenn der Staat Patente von zentralen Erfindungen aufkauft und danach verbilligt oder gratis Lizenzen abgibt (Kremer, 1998) oder wenn er Innovationspreise aussetzt (vgl. Shavell und Ypersele, 2001). Damit geht aber auch ein Vorteil der Subventionierung von Projekten verloren – das Vermeiden von Doppelspurigkeiten in der Forschung.²²

²¹ Baumol (2002, 121) schätzt diesen Anteil auf weniger als 20 Prozent.

²² Eine gewisse Rolle in der Innovationspolitik kommt dem Staat auch in seiner Rolle als Regulator zu (Thierstein et al., 2001). Er kann Innovation «erzwingen», wenn er Normen vorschreibt, die Produkte ab einem bestimmten Zeitpunkt einzuhalten haben. Diese Strategie wird vor allem im Umwelt- und Sicherheitsbereich

- *Staatliche Forschung*: Bei völliger Abwesenheit von Ausschlussmöglichkeiten und Rivalität bleibt oft, analog zu klassischen Kollektivgütern wie der Sicherheit, nur der Staat selbst als Produzent von Wissen, wobei er typischerweise vor allem für die Finanzierung und Überwachung der Projekte zuständig ist, während die Durchführung an Universitäten und anderen Forschungsanstalten staatlichen Eingriffen mehr oder weniger entzogen ist. Diese Strategie wird in der Regel in der Grundlagenforschung angewandt, wo der Markt zu weit weg ist vom Ergebnis der Forschung, so dass sich diese oft erst nach Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten in wirtschaftlichem Erfolg niederschlägt – wenn überhaupt (Nelson, 1959). Kleine Volkswirtschaften haben kaum Anreiz *per se*, grosse Summen in die Grundlagenforschung zu investieren, können sie doch als Trittbrettfahrer von den Erkenntnissen profitieren. Neben einem bildungspolitischen Aspekt besteht für sie das primäre Ziel darin, durch moderate Unterstützung der Grundlagenforschung das notwendige akademische Wissen im Lande bereitzuhalten für den Fall, dass sich daraus einmal für die angewandte Forschung notwendiges technisches Wissen ergeben könnte.

5. Empirische Evidenz

Zur Wahl des Regressanden

Im folgenden Abschnitt wird anhand von makroökonomischen Daten die Rolle verschiedener wirtschaftspolitischer Instrumente zur Förderung der Innovation untersucht. Insbesondere soll geprüft werden, inwiefern Geistige Eigentumsrechte, insbesondere das Patentrecht, einen Einfluss auf Innovation und Wachstum haben.

Naheliegender ist die Regression der Wachstumsraten auf die Variablen der Innovationspolitik. Diesen Ansatz haben Park und Ginarte (1997) gewählt, ohne einen signifikanten Effekt des Patentrechts gefunden zu haben. Es fragt sich allerdings, ob ein solches Verfahren sinnvoll ist. Die Veränderung des Bruttoinlandproduktes ist eine hochaggregierte, äusserst komplexe Grösse; jede wirtschaftliche Variable hat letztendlich einen gewissen Einfluss darauf. Der Effekt einer einzelnen Politikvariablen ist in der Regel marginal und geht im Weissen Rauschen unter. Levine und Renelt (1992) stellen denn auch fest, dass die meisten Variablen, denen in theoretischen Modellen ein Einfluss auf das Wachstum zugeschrieben wird, je nach

angewandt (z. B. Abgasnormen), wo das Gut der Endnachfrage (Sicherheit, saubere Umwelt) von negativen externen Effekten geprägt ist.

gewählter Modellstruktur ihre Signifikanz einbüßen oder gar das Vorzeichen ändern. In ihrer Untersuchung ist bloss die Investitionsquote in allen Spezifikationen (positiv) signifikant.²³

Aufschlussreich ist auch das Experiment von Sala-i-Martin et al (2004): Die Autoren haben von 67 in der Literatur vorgeschlagenen Variablen zufällig sieben ausgewählt und auf die Wachstumsrate regressiert. Auf diese Weise wurden 89 Millionen Regressionen geschätzt. Bei 18 Variablen erwies sich die *a posteriori*-Wahrscheinlichkeit, dass sie in einem «besten», auf sieben Variablen beschränkten Modell eingeschlossen sein müssten, als grösser als die entsprechende *a priori*-Wahrscheinlichkeit. Die meisten derart ausgewählten Variablen stehen für geographische oder kulturelle Faktoren. Eine hohe *a posteriori*-Wahrscheinlichkeit weisen die Primarschulbildung, der Investitionspreis sowie das BIP zu Beginn der untersuchten Periode auf, wobei letzteres die Hypothese der bedingten Konvergenz bestätigt. Politische oder institutionelle Variablen scheinen dagegen kaum einen direkt messbaren Einfluss auf das Wachstum zu haben.

Die Tatsache, dass der Einfluss einer einzelnen Variablen auf das Wachstum nicht messbar ist, braucht nicht zu bedeuten, dass er nicht existiert. Wegen der beschränkten Zahl von Ländern ist die Anzahl Beobachtungen relativ klein im Vergleich zu der Anzahl Erklärungsfaktoren, was die Schätzung eines «grossen» Modells verunmöglicht. Das Problem verschärft sich durch die grossen Unterschiede im Entwicklungsstadium der Länder, die einen nichtlinearen Einfluss verschiedener Faktoren erwarten lassen. So unterscheidet sich der Innovationsprozess in Entwicklungsländern, wo Imitation von Technologien eine zentrale Rolle spielt, stark von der «echten» Innovation im Sinne der Implementierung weltweit neuer Technologie. Da Patente den Erfinder gegenüber dem Imitator schützen, ist denkbar, dass ein starkes Patentrecht in Entwicklungsländern einen negativen, in Industrienationen einen positiven Einfluss auf das Wachstum hat.²⁴

Aus obigen Gründen wird hier auf eine Regression auf die Wachstumsraten verzichtet. Dagegen soll untersucht werden, inwiefern die wirtschaftspolitischen Instrumente, die im letzten Kapitel dargestellt wurden, effektiv Investitionen in F&E auslösen und damit Innovation und Wachstum fördern. Schliesslich kommen die meisten Wachstumsmodelle zum Schluss, dass Innovation die einzige Quelle von *Steady-State*-Wachstum ist. Idealerweise wäre eine abhängige Variable wie «Innovation» zu wählen, womit der Output des Forschungssek-

²³ Diese Erkenntnis rechtfertigt das Vorgehen dieses Abschnitts in gewissem Sinne: Hat die Innovationspolitik einen positiven Einfluss auf private F&E-Investitionen, was im Folgenden untersucht wird, trägt sie auch zur Erhöhung der (allgemeinen) Investitionsquote bei.

²⁴ Zu diesem Schluss gelangen auf theoretischer Basis u. a. Chin und Grossman (1990), Deardorff (1992) sowie Grossman und Lai (2004), empirisch McCalman (2001). Zum gegenteiligen Schluss kommt Saint-Paul (2004). Der vorliegende Artikel konzentriert sich allerdings auf die Situation in Industriestaaten.

tors auf die Innovationspolitik zurückgeführt wäre. Eine griffige Definition von «Innovation» ist allerdings nicht verfügbar, geschweige denn konsistente Daten für verschiedene Länder. Verbreitet ist die Verwendung von Daten von Patentanmeldungen bzw. -erteilungen als Mass für die Innovation. Anmeldezeiten bei den nationalen Patentämtern sind jedoch wenig aussagekräftig, wenn der Schutzzumfang von Patenten eine erklärende Variable sein soll. Werden dagegen Anmeldungen bei einem bestimmten Patentamt verwendet (USPTO oder EPA), so sind die Zahlen zugunsten der einheimischen (amerikanischen bzw. europäischen) Antragsteller verzerrt.²⁵ Es hat sich zudem gezeigt, dass die Anzahl Patente aufgrund ihres stark unterschiedlichen Wertes eher ein Mass für den Input in F&E (und daher stark mit den Forschungsausgaben korreliert) sind.²⁶ Die Auswertung von Patentstatistiken kann für die Analyse der Innovation zweifellos sinnvoll sein, allerdings wohl eher in mikroökonomischem Kontext.

Da ein Output-orientiertes Innovationsmass schwer zu spezifizieren ist, drängt sich auf, die Höhe des Inputs zu untersuchen, d. h. in erster Linie Forschungsausgaben. Bei flexiblen Finanzmärkten wird das Verhältnis zwischen Forschungsoutput und Forschungsinput konstant sein, weshalb es zulässig scheint, anstelle eines Output-Masses ein Input-Mass zu verwenden. Dieses Vorgehen wird durch eine Untersuchung von Zachariadis (2003) gestützt, der Evidenz für die in vielen Modellen der neuen Wachstumstheorie postulierte positive Beziehung zwischen F&E-Intensität und Wachstum findet.

Die meisten OECD-Länder führen regelmässige (wenn auch leider oft nicht jährliche) Erhebungen zu Forschungsausgaben der Privatwirtschaft durch. Weniger sinnvoll ist es, staatliche Forschungsausgaben in der abhängigen Variablen einzuschliessen, da diese selbst ja ein staatliches Instrument der Innovationsförderung sind. Hinsichtlich des Einflusses des Patentrechts finden Kanwar und Evenson (2003) im übrigen keine wesentlichen Unterschiede zwischen der Erklärung totaler oder bloss privater Forschungsausgaben.

Daten

Aus den im vorigen Abschnitt erläuterten Gründen liegt es nahe, als abhängige Variable die von der Industrie finanzierten Forschungsausgaben zu wählen, die von der OECD (2005b) als

²⁵ Eine Lösung wäre die ausschliessliche Berücksichtigung von Patenten, die beim amerikanischen, europäischen und japanischen Patentamt angemeldet wurden. Derartige Daten werden von der OECD erhoben (trilaterale Statistik). Wegen der langen Anmeldefristen ist jedoch die entsprechende Statistik immer erst mit einer Verzögerung von rund acht Jahren erhältlich.

²⁶ Um als Output-Mass zu dienen, müssten die Patente gewichtet werden, beispielsweise mit Patentziten (Trajtenberg, 1990). Einer der Nachteile dieser Methode ist, dass brauchbare Daten erst viele Jahre später verfügbar sind, da zwischen der Veröffentlichung des Patentantrags und dessen Zitierung natürlich eine beliebige lange Zeit verstreichen kann.

Main Science and Technology Indicators veröffentlicht werden. Die internationale Vergleichbarkeit ist am ehesten gewährleistet, wenn die Forschungsausgaben in Prozent des Bruttoinlandproduktes gemessen werden.²⁷ Die Variable entspricht damit der Zeile 11 des OECD-Datensatzes (*Industry-financed GERD as a percentage of GDP*).

Die Wahl von Investitionen als abhängiger Variable erfordert die Berücksichtigung des Konjunkturzyklus, da Investitionen kurzfristig stärker variieren als das Bruttoinlandprodukt. Viele Länder erheben Daten zu Forschungsausgaben nicht jährlich, so dass sich das Problem nicht dadurch mildern lässt, dass ein mehrjähriger Durchschnitt gewählt wird. Als Konjunkturindikator bietet sich die von der OECD (2005a, Ann. Tab. 10) für die meisten Mitglieder errechnete Output-Lücke an (Differenz des aktuellen Outputs und des Trendoutputs).²⁸ Während der Hochkonjunktur ist der Wert positiv, während einer Rezession negativ; erwartet wird ein positives Vorzeichen des entsprechenden Schätzers.

In Anlehnung an Kanwar und Evenson (2003) wird als weitere erklärende Variable die nationale Bruttosparquote des Vorjahres verwendet (OECD, 2005a, Ann. Tab. 24). Die Vermutung ist, dass F&E-Ausgaben von der Grösse des heimischen Kapitalmarktes abhängen. Die Sparquote könnte als Politikvariable aufgefasst werden, ist sie doch von staatlichen Sparanreizen (z. B. durch entsprechende Ausgestaltung des Steuersystems) und Zwangssparen (z. B. im Rahmen der Altersvorsorge) beeinflusst. Allerdings ist das Instrument für die hier vorgenommene Betrachtung zu wenig spezifisch, da es breitere Wirkung entfaltet als bloss die Förderung inländischer Forschungsinvestitionen.

Wie bereits erwähnt, implizieren einige Modelle der neuen Wachstumstheorie überproportionale Forschungsinvestitionen in grossen Ländern. Aus diesem Grund wird als weitere Variable das Niveau des Bruttoinlandproduktes in die Regressionsgleichung eingefügt. Die Daten entstammen den *National Accounts* der OECD (2005c), wobei das BIP in Billionen Dollar zu Preisen und Kaufkraftparitäten des Jahres 2000 gemessen wird. Da die abhängige Variable relativ zum BIP gemessen wird, ergibt sich eine quadratische Beziehung zwischen Forschungsausgaben und dem BIP.²⁹

²⁷ Wenn statt dessen die Forschungsausgaben pro Kopf untersucht werden sollen, stellt sich das Problem, dass ein adäquater Wechselkurs bestimmt werden müsste.

²⁸ Bisweilen wird die *Veränderung* der Output-Lücke als Indikator gewählt, was aber den Nachteil hat, dass bei einem leichten Konjunkturrückgang ein negatives und bei einer leichten Konjunkturerholung ein positives Vorzeichen entsteht. Dies mag erwünscht sein, wenn die ausserordentlich volatilen Ausrüstungsinvestitionen betrachtet werden, Forschungs- und Entwicklungsprojekte sind jedoch längerfristig angelegt und damit weniger volatil.

²⁹ Kanwar und Evenson (2003) kritisieren den Einschluss des BIP, da das Niveau nicht-stationär ist. Sie wählen daher die Wachstumsrate. Dies entspricht allerdings der hier verfolgten Absicht nicht, die ökonomische Grösse eines Landes und dessen Marktes abzubilden. Eine stationäre Variable vermag gerade dies nicht zu leisten.

Zu den wirtschaftspolitischen Instrumenten der Innovationspolitik zählen die Subventionierung von Forschungsprojekten (Grundlagenforschung und angewandte Forschung), der Erfinderschutz (Geistige Eigentumsrechte) sowie die Bildungspolitik. Idealerweise hätte man für jedes dieser drei Instrumente je einen Indikator. Am ehesten der Fall ist dies bei den staatlichen Ausgaben für F&E. Analog zu den Industrieangaben existiert als Zeile 12 der MSTI-Datenbank (OECD, 2005b) der staatliche finanzielle Beitrag an die Forschungsausgaben (ebenfalls in Prozent des BIP).³⁰

Schwieriger ist es, die Bildungspolitik in einem Indikator zu erfassen, der für alle betrachteten Länder verfügbar ist. International vergleichbare Daten zum Ausbildungsniveau existieren bisher kaum – in ferner Zukunft wird man dazu möglicherweise die Daten aus erst seit ein paar Jahren durchgeführten Studien wie PISA, ALL oder TIMMS verwenden können. Als Ersatz bieten sich wiederum eher Input-orientierte Grössen an. Barro und Lee (2000) haben weltweit Daten zum Ausbildungsniveau der 25jährigen erhoben, die seit 1955 im Fünfjahres-Rhythmus erhältlich sind. Da 25jährige noch nicht auf dem Höhepunkt ihrer Forscherlaufbahn sind, wurden die Variablen mit einer Verzögerung von 10 Jahren gewählt, d. h. die Variablen geben den Ausbildungsstand der 35jährigen wieder, den sie im Alter von 25 Jahren gehabt haben. Wegen der Heterogenität der Ausbildungssysteme wurden zwei Variablen gewählt, mit der Idee, dass die beiden zusammen das Ausbildungsniveau einigermaßen adäquate wiederzugeben vermögen: einerseits die durchschnittliche Ausbildungsdauer in Jahren, andererseits der Anteil der 25jährigen, die eine Hochschule besuchen oder bereits einen entsprechenden Abschluss besitzen. Der Korrelationskoeffizient der beiden Variablen beträgt 0.75.

Am schwierigsten zu erfassen ist zweifellos der Umfang des Erfindungsschutzes. Der verschiedentlich (z.B. von Maskus und Penubarti) verwendete Patentindex von Rapp und Rozek (1990) verzeichnet zuwenig Variabilität, vor allem wenn das Interesse auf Industriestaaten gerichtet ist. Dazu ist der von Park und Ginarte (1997) konstuierte «Index of Patent Rights» besser geeignet. Der Index ist nachträglich von Park (2001) und von Park und Wagh (2002) auf die Jahre 1995 und 2000 übertragen worden. Der Ginarte-Park-Index setzt sich aus fünf Indikatoren zusammen (vgl. Ginarte und Park, 1997):

- Laufzeit von Patenten
- Anzahl der Mitgliedschaften in internationalen Organisationen zum Schutze des Geistigen Eigentums: Pariser Union; Patent Cooperation Treaty; UPOV

³⁰ Die Summe der F&E-Ausgaben der Industrie und des Staates ergibt im OECD-Durchschnitt 93 % aller Forschungsausgaben. Die restlichen 7 % betreffen «andere nationale» (5 %) sowie «ausländische» Quellen.

- Geschützte Bereiche: Medikamente; Chemikalien; Lebensmittel; Pflanzensorten und Tierrassen; Chirurgische Produkte; Mikroorganismen; Gebrauchsmuster
- Abwesenheit folgender Restriktionen des Rechtsinhabers: Rückruf von Patenten bei ungenügender Nutzung; Zwangslizenzierung; Produktions- bzw. Importzwang des betreffenden Gutes
- Durchsetzbarkeit von Patenten: Beweislastumkehr zulasten des Patentbrechers; Provisorische Verfügungen, die Patentverletzungen untersagen; Klagemöglichkeit wegen Beihilfe zur Patentrechtsverletzung

Natürlich weist der Index gewisse Nachteile auf. So ist die Gewichtung der Faktoren in jedem Index irgendwie willkürlich. Zudem wird nur die gesetzliche Situation beschrieben, nicht aber, wie die Gesetze in der Praxis angewandt werden. Letzteres wird in einer jährlichen Umfrage des International Institute for Management Development untersucht (*World Competitiveness Report*, 1989–1995; *World Competitiveness Yearbook*, 1999 und 2000).³¹ In einem Fragebogen, der 80 bis 100 Fragen enthält, werden die angeschriebenen Manager unter anderem um eine Einschätzung des Schutzes von Geistigem Eigentum in ihrem Heimatland gebeten. Die Fragestellung war leider nicht jedes Jahr identisch, die entsprechende Aussage entsprach aber etwa folgender Formulierung: «Patent and copyright protection is adequately enforced in your country». Auf einer Skala von 0 bis 10 (1989/90: 0 bis 100) ist der Manager aufgerufen, anzugeben, inwieweit er mit der Aussage einverstanden ist. Eine derartige Umfrage ist natürlich ebenfalls mit Nachteilen verbunden. Schwer einzuschätzen ist, nach welchen Kriterien die Befragten ihr Urteil fällen. Unklar ist, ob sie überhaupt die erforderliche Kompetenz und Erfahrung besitzen, die für eine korrekte Einschätzung notwendig wäre. Offen bleibt der Massstab, an dem der Patentschutz gemessen wird. Denkt der italienische Manager beim Ausfüllen des Fragebogens eher an die USA und gibt seinem Land daher schlechte Noten oder vergleicht er mit China? Es ist auch gar möglich, dass seine Firma von einem eher schwachen Patentschutz profitiert. «Adäquater Patentschutz» bedeutete dann unter Umständen «für unsere Firma adäquater, da leicht zu umgehender Patentschutz». Trotz diesen Einwänden bietet es sich an, die in diesem Umfang einmalige Umfrage (jährlich 3000 Antworten aus 50 Ländern) auszuwerten und die Antworten auf die Frage nach dem Schutz des Geistigen Eigentums als Alternative zum Patentrechtsindex zu betrachten. Um das Problem einzelner Ausreisser zu mildern, wurde jeweils das arithmetische Mittel zweier Jahre gewählt. Der

³¹ Bis 1995 arbeitete das IMD mit dem World Economic Forum (WEF, 1989) zusammen. Letzteres führt seither parallel zum IMD eine eigene Umfrage durch. Die Kontinuität der Fragestellung ist jedoch bei der IMD-Umfrage eher gegeben.

Korrelationskoeffizient der beiden alternativen Masse für den Patentschutz beträgt 0.7. Um sie besser vergleichbar zu machen, wurde der Patentrechtsindex ebenfalls auf die Skala von 0 bis 10 umgerechnet.

Tabelle 1

Deskriptive Statistik der verwendeten Daten

	Jahr ^a	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
Ausgaben der Industrie für F&E (in % des BIP)	1990	0.87	0.61	0.08 GRC	2.17 JPN
	1995	0.92	0.58	0.05 MEX	2.20 SWE
	2000	1.12	0.76	0.11 MEX	3.07 SWE
Bruttosparquote (in %)	1989	21.76	5.26	12.37 †	33.63 JPN
	1994	19.59	5.54	4.09 † PRT	30.39 JPN
	1999	21.70	6.67	3.12 †	36.53 NOR
BIP (in Billionen USD, zu Kaufkraftparitäten und Preisen von 2000)	1990	0.85	1.52	0.01 †	7.06 †
	1995	0.93	1.71	0.01 † ISL	7.97 USA
	2000	1.12	2.05	0.01 †	9.76 †
Output Lücke: Abweichung des BIP vom Potenzialoutput (%)	1990	0.72	2.75	-5.18 NOR	4.05 IRL
	1995	-2.07	2.00	-8.18 FIN	1.36 NZL
	2000	1.57	1.35	-0.47 JPN	5.44 IRL
Patentrechtsindex (Park-Index)	1990	6.78	1.56	3.26 MEX	9.04 †
	1995	7.55	1.27	4.24 ISL	9.72 † USA
	2000	8.21	0.93	5.72 MEX	10.00 †
Geistiger Eigentumschutz (IMD-Umfrage)	1989/90	5.84	0.95	3.95 ESP	7.25 DEU
	1994/95	6.95	1.26	2.86 ISL	8.35 AUT
	1999/00	7.88	0.97	5.91 MEX	8.95 DEU
Bruttoausgaben des Staates für F&E	1990	0.66	0.27	0.21 GRC	1.15 FRA
	1995	0.64	0.23	0.20 MEX	0.97 FRA
	2000	0.61	0.21	0.24 MEX	1.01 ISL
Anteil der 25jährigen mit Hochschulbildung (in %)	1980	12.79	9.08	3.30 AUT	37.40 CAN
	1985	14.30	8.98	4.50 PRT	38.10 CAN
	1990	17.36	10.79	7.70 PRT	45.20 USA
Durchschnittliche Anzahl Schuljahre der 25jährigen	1980	7.99	2.16	3.27 †	11.91 †
	1985	8.17	2.02	3.57 † PRT	11.71 USA
	1990	8.72	1.86	4.33 †	12.00 †

Eingeschlossen werden konnten 17 westeuropäische EU/EFTA-Staaten (ohne Luxemburg und Liechtenstein), die NAFTA-Staaten, Japan, Australien und Neuseeland. Von Mexiko sind keine Angaben zu der Output-Lücke verfügbar. Für Italien mussten die Daten zur Finanzierung der F&E-Ausgaben für das Jahr 2000 geschätzt werden, da diese nur bis 1996 zur Verfügung stehen. In einigen wenigen Fällen fehlten die Angaben zum Patentschutz für einzelne Perioden.

^a Die statistischen Angaben beziehen sich auf die für die Regression verwendeten Daten. Für folgende Länder betreffen die Daten teilweise andere Jahre: Australien (1996), Belgien (1991), Dänemark (2001), Finnland (1991), Griechenland (1991; 2001), Mexiko (1991), Neuseeland (2001), Norwegen (1991; 2001), Schweden (1991; 2001), Schweiz (1989, 1996). Im Falle der Sparquote wurde jeweils das Vorjahr gewählt, der Wert der IMD-Umfrage wurde für alle Länder jeweils über die angegebenen zwei Jahre gemittelt. Der Patentrechtsindex sowie die Bildungsindikatoren werden nur alle 5 Jahre berechnet.

Für die Regressionen verfügbar sind die Daten von 23 Ländern, mit Ausnahme der Output-Lücken, welche die OECD nur für 22 Länder bereitstellt. Um mehr Datenpunkte zu erhalten, wurde ein Panel über drei Zeitperioden geschätzt: 1990, 1995 und 2000. Wie bereits erwähnt, werden in manchen Ländern die F&E-Ausgaben nicht jährlich ermittelt, weshalb bisweilen auf Daten des nachfolgenden Jahres zurückgegriffen werden musste.³² Natürlich wurden in den betreffenden Ländern auch die anderen Variablen (Sparquote, BIP, Output-Lücke) um ein Jahr verzögert gewählt. Deskriptiv-statistische Angaben zu den Variablen sind in *Tabelle 1* wiedergegeben.

Schätzungen

Für die folgenden Schätzungen wird ein Random-Effects-Modell unterstellt. Fixe Achsenabschnitte zu schätzen wäre wenig sinnvoll, würde doch damit ein Vorteil der Panel-Schätzung, die höhere Zahl von Beobachtungen, durch den Einschluss derart vieler Regressoren wieder zunichte gemacht. Ein Hausman-Test, dessen m -Wert in allen Tabellen aufgeführt ist, lässt den Schluss zu, dass Random-Effekte mit Wahrscheinlichkeiten zwischen 23 und 99 Prozent nicht ausgeschlossen werden können.

Das geschätzte Modell mit Random-Effekten entspricht folgender Gleichung:

$$y_{it} = \alpha + \beta'x_{it} + \gamma'z_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (5.1)$$

Dabei steht y_{it} für die F&E-Ausgaben der Industrie, x_{it} für den Vektor der Indikatoren der Politikvariablen (Staatliche Forschungsausgaben, Bildung und Schutz des Geistigen Eigentums) und z_{it} für den Vektor der exogenen Variablen (Output-Lücke, Sparquote der Vorperiode und Niveau des BIP); μ_i ist ein länderspezifischer, ε_{it} ein allgemeiner Störterm. Andere Modellspezifikationen haben wenig Einfluss auf die Signifikanz und die Parameterwerte, weder ein doppeltes Random-Effects-Modell mit einer zusätzlichen periodenspezifischen Störterm u_i noch ein gemischtes Modell mit unterschiedlichen Achsenabschnitten für die einzelnen Jahre.³³

Die ersten Spalten der Tabellen 2 und 3 geben das vollständige Modell wieder; in Tabelle 2 gehen der Patentindex, in Tabelle 3 das umfragebasierte Mass in die Gleichung ein. In beiden Fällen ist die Sparquote hoch signifikant, ebenso das Bruttoinlandprodukt. Sowohl der Patentschutz als auch die Staatsausgaben für F&E sind signifikant, letztere in Modell (1a) allerdings (knapp) nicht auf dem 5 %-Niveau. In beiden Modellen sind die Bildungsindikato-

³² Da in der Schweiz weder 1990 noch 1991 Daten vorliegen, musste auf das Jahr 1989 zurückgegriffen werden.

³³ Allerdings ist in diesen Fällen die Patent-Variable nicht mehr in gleich hohem Masse signifikant.

ren nicht signifikant, der Anteil der Personen mit Hochschulbildung hat sogar ein negatives Vorzeichen. In Modell (1a) hat die Output-Lücke ebenfalls das falsche Vorzeichen. Dies ändert sich auch in anderen, nicht aufgeführten Modellen mit dem Patentrechtsindex als erklärender Variablen nicht. In den Modellen (1b) – (1d) der Tabelle 2 wird die Output-Lücke daher ausgeschlossen, wodurch mit Mexiko ein zusätzliches Land berücksichtigt werden kann. Diese Modelle unterscheiden sich dadurch, dass einmal beide Ausbildungsparameter berücksichtigt werden (b), danach jeweils nur einer. In keiner der Regressionen sind sie allerdings signifikant von Null verschieden. Wie ein F-Test zeigt, beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass sich beide nicht von Null unterscheiden, 89 Prozent. Wenn sie allein in die Regression eingeschlossen werden (vgl. Modelle 1c bzw. 1d), weisen sie immerhin das richtige Vorzeichen auf. Wird das nach der Methode von Buse (1973) berechnete R^2 als Selektionskriterium verwendet, so ist Modell (1c) dem Modell (1d) vorzuziehen.

Tabelle 2

Patentindex als Erklärungsfaktor privater Forschungsinvestitionen

Abhängige Variable: Bruttoausgaben der Industrie für F&E				
Modell	(1a)	(1b)	(1c)	(1d)
Achsenabschnitt	-1.43 (*) (-3.45)	-1.241 ** (-3.31)	-1.188 ** (-3.39)	-1.105 ** (-2.86)
Sparquote des Vorjahres	0.037 ** (3.02)	0.032 ** (3.10)	0.034 ** (3.63)	0.031 ** (3.07)
BIP	0.089 * (2.08)	0.087 (*) (1.86)	0.084 (*) (1.83)	0.093 (*) (1.98)
Abweichung vom Potenzialoutput	-0.011 (-0.57)			
Patentrechtsindex (<i>Park-Index</i>)	0.106 * (2.17)	0.114 ** (2.73)	0.119 ** (2.99)	0.117 ** (2.96)
Bruttoausgaben des Staates für F&E	0.593 (*) (1.95)	0.611 * (2.18)	0.663 * (2.57)	0.560 * (2.12)
Pers. mit Hochschulbildung (-10)	-0.007 (-0.67)	-0.002 (-0.18)	0.002 (0.20)	
Ø Anzahl Schuljahre (-10)	0.056 (0.92)	0.026 (0.46)		0.011 (0.25)
R^2	49 %	44 %	44 %	39 %
<i>m</i> -Wert	2.08	4.21	0.21	6.86
Prob (. > <i>m</i>)	H ₀ : 91 %	H ₀ : 65 %	H ₀ : > 99 %	H ₀ : 23 %
Anzahl Länder (Freiheitsgrade)	22 (55)	23 (59)	23 (60)	23 (60)

Bemerkungen: Random-Effects-Schätzungen für OECD-Länder in den Jahren 1990, 1995 und 2000. *t*-Werte in Klammern. (*), * und ** bezeichnen die Signifikanz-Niveaus 10 %, 5 % sowie 1 %.

Tabelle 3 zeigt, dass das auf Umfragen basierte Mass für den Erfinderschutz die Bruttoausgaben noch besser erklären kann als der Patentrechtsindex, da das R^2 in den Modellen (2a) und (2b) grösser ist als in den entsprechenden Modellen in Tabelle 2. Auch die Signifikanz des IMD-Masses ist viel höher mit t -Werten über 3. Die Analoga der Modelle (1c) und (1d) wurden nicht aufgeführt, da der Bildungsindikator jeweils das falsche (negative) Vorzeichen besitzt. Da andererseits die Variable «Output-Lücke» das richtige Vorzeichen aufweist und somit kein Grund besteht, diese aus der Regression auszuschliessen, wurde in Modell (2e) stattdessen der Indikator der Hochschulbildung ausgeschlossen. Allerdings zeigt in diesem Modell neu die Variable «Anzahl Schuljahre» das falsche Vorzeichen. In Modell (2f) wurde daher eine Regression ohne Bildungsindikatoren geschätzt, da sich gezeigt hat, dass mindestens ein Indikator in allen Spezifikationen das falsche Vorzeichen hat. In (2f) sind alle Variablen stark signifikant, mit Ausnahme der Output-Lücke, die aber immerhin das richtige Vorzeichen aufweist. (Die Nullhypothese gilt in diesem Fall mit einer Wahrscheinlichkeit von 31 Prozent.)

Tabelle 3

Effektiver Schutz Geistigen Eigentums als Erklärungsfaktor privater Forschungsinvestitionen

Abhängige Variable: Bruttoausgaben der Industrie für F&E				
Modell	(2a)	(2b)	(2e)	(2f)
Achsenabschnitt	-1.324 * (-3.42)	-1.471 ** (-4.62)	-1.169 ** (-2.95)	-1.160 ** (-3.11)
Sparquote des Vorjahres	0.032 ** (2.80)	0.035 ** (3.35)	0.032 ** (2.91)	0.029 ** (2.86)
BIP	0.102 * (2.28)	0.097 (*) (2.53)	0.092 * (2.05)	0.090 * (2.03)
Abweichung vom Potenzialoutput	0.009 (0.61)		0.012 (0.85)	0.014 (1.02)
<i>Geistiger Eigentumsschutz (IMD)</i>	0.133 ** (3.72)	0.133 ** (3.42)	0.130 ** (3.88)	0.125 ** (4.45)
Bruttoausgaben des Staates für F&E	0.894 ** (3.03)	0.937 ** (3.42)	0.940 ** (3.29)	0.908 ** (3.27)
Pers. mit Hochschulbildung (-10)	-0.009 (-0.78)	-0.010 (-0.90)		
Ø Anzahl Schuljahre (-10)	0.022 (0.35)	0.059 (0.50)	-0.012 (-0.26)	
R^2	50 %	56 %	48 %	47 %
m -Wert	4.79	3.21	3.20	1.99
Prob (. > m)	H_0 : 57 %	H_0 : 78 %	H_0 : 78 %	H_0 : 85 %
Anzahl Länder (Freiheitsgrade)	22 (57)	23 (61)	22 (58)	22 (59)

Bemerkungen: Random-Effects-Schätzungen für OECD-Länder in den Jahren 1990, 1995 und 2000. t -Werte in Klammern. (*), * und ** bezeichnen die Signifikanz-Niveaus 10 %, 5 % sowie 1 %.

Tabelle 4

Quadratische Beziehung zwischen Patentschutz und Forschungsausgaben

Abhängige Variable: Bruttoausgaben der Industrie für F&E				
	(1a')	(1c')	(2a')	(2f')
Achsenabschnitt	-1.511 * (-2.66)	-1.445 ** (-3.27)	-1.332 * (-3.15)	-1.223 ** (-3.14)
Sparquote des Vorjahres	0.038 ** (3.05)	0.034 ** (3.59)	0.029 * (2.46)	0.029 ** (2.71)
BIP	0.088 (*) (1.93)	0.069 (1.44)	0.104 * (2.17)	0.088 (*) (1.96)
Abweichung vom Potenzialoutput	-0.013 (-0.63)		0.011 (0.79)	0.013 (0.98)
Patentschutz (Park / IMD)	0.102 (1.58)	0.149 ** (2.87)	0.141 ** (3.81)	0.131 ** (4.29)
(Patentschutz) ²	0.003 (0.13)	0.016 (0.91)	0.009 (0.59)	0.008 (0.53)
Bruttoausgaben des Staates für F&E	0.612 (*) (1.97)	0.703 * (2.70)	0.916 ** (3.00)	0.950 ** (3.29)
Pers. mit Hochschulbildung (-10)	-0.009 (-0.82)	0.001 (0.16)	-0.010 (-0.81)	
Ø Anzahl Schuljahre (-10)	0.066 (1.09)		0.022 (0.34)	
R ²	51 %	46 %	49 %	47 %
m-Wert	7.39	2.67	4.11	2.41
Prob (. > m)	H ₀ : 29 %	H ₀ : 75 %	H ₀ : 85 %	H ₀ : 88 %
Anzahl Länder (Freiheitsgrade)	22 (54)	23 (59)	22 (56)	22 (58)

Bemerkungen: Random-Effects-Schätzungen für OECD-Länder in den Jahren 1990, 1995 und 2000. *t*-Werte in Klammern. (*), * und ** bezeichnen die Signifikanz-Niveaus 10 %, 5 % sowie 1 %.

Auch patentkritische Ökonomen sprechen sich selten für die völlige Abschaffung von Patenten aus, sondern argumentieren mit abnehmendem Grenznutzen des Patentschutzes. Ihrer Meinung nach ist der Patentschutz heute in vielen Ländern zu gross, insbesondere in den USA (vgl. z.B. Bessen und Maskin, 2000; Heller und Eisenberg, 1998 oder David et al., 2003). In diesem Zusammenhang ist es interessant, die Regressionsgleichungen auf eine nicht-lineare Beziehung hin zu überprüfen. Wird das Quadrat des Patentindikators in die Gleichungen eingesetzt, so leiden die Regressionen unter Multikollinearität. Dieses Problem kann umgangen werden, wenn anstelle des Quadrats der Beobachtungsvariablen das Quadrat ihrer Abweichung vom Mittelwert verwendet wird.³⁴ Die Ergebnisse sind in *Tabelle 4* dargestellt, und zwar für die vollständigen Modelle (1a' bzw. 2a') sowie zwei Modelle, deren Spezifikation weder mit noch ohne quadratischen Term falsche Vorzeichen aufweist (1c' und 2f'). Der

³⁴ Diesen Ansatz verfolgen auch Kanwar und Evenson (2003).

Parameter der quadratischen Variablen ist in keinem der Modelle signifikant von Null verschieden. Bemerkenswert ist jedoch, dass die Variable entgegen der Erwartung gar ein positives Vorzeichen aufweist, was auf einen überproportional zunehmenden Effekt des Patentschutzes hindeutet. Dies gibt der Hypothese Auftrieb, wonach das Patentrecht Innovation vorwiegend in Ländern fördert, die bereits einen bedeutenden Forschungssektor aufweisen. Da der Parameter aber nicht signifikant ist, sollte man sich mit der Feststellung begnügen, dass erhöhter Patentschutz mit erhöhten F&E-Ausgaben einhergeht. Mit Ausnahme von Modell (1a') ist der Patentindikator durchgehend hochsignifikant.

Neben der Signifikanz interessiert auch das Ausmass eines Einflusses. Bei einem Index ist die quantitative Interpretation naturgemäss schwierig, da der Skalierung unweigerlich etwas Willkürliches anhaftet. Im Falle des Patentrechtsindex implizieren die geschätzten Modelle, dass eine Erhöhung um einen Indexpunkt die Forschungsinvestitionen der Industrie um 0.1 bis 0.15 Prozent des BIP steigern könnte. In einer ähnlichen Grössenordnung liegt der Effekt eines um einen Punkt erhöhten Wertes auf der Skala der IMD-Umfrage.

An einem Beispiel illustriert bedeutet dies: Hätte Japan im Jahr 2000 einen ähnlich umfassenden Patentschutz gewährt wie die USA, wären die japanischen Forschungsinvestitionen um 0.15 (gemäss IMD-Mass) bis 0.2 Prozent (gemäss Patentrechtsindex) des BIP höher ausgefallen, was immerhin rund 8 Milliarden USD entsprach.³⁵ Möchte der Staat Forschungsinvestitionen in derselben Höhe (0.15 bis 0.2 Prozent des BIP) durch Subventionierung erzielen, so müsste er dafür rund 0.1 Prozent des BIP aufwenden; im Falle Japans also knapp 5 Milliarden USD. Leider lassen sich derartige Aussagen für viele Länder nur rudimentär machen, da der Patentrechtsindex und die auf der Umfrage basierende Skala ordinal nicht immer übereinstimmen.

Ein möglicher Einwand gegenüber der Interpretation der Schätzungen bezieht sich auf die Richtung der Kausalität. Es ist in der Tat nicht auszuschliessen, dass das Patentrecht nicht bloss den Forschungssektor begünstigt, sondern dass ein grosser Forschungssektor ebenso die Politik beeinflusst.³⁶ Ein Land, dessen Industrie vorwiegend von der Imitation lebt, wird für den Patentschutz ein anderes Niveau wählen als ein Land, das auf echte Innovation angewiesen ist, da seine Kostenstruktur, d.h. in erster Linie hohe Personalkosten, Imitation als Strategie ausschliesst. Tatsächlich wurde die Grösse des F&E-Sektors auch schon als erklärende Variable des Patentrechts verwendet (vgl. Ginarte und Park, 1997).

³⁵ Wie andere Instrumente der Forschungsförderung ist der Patentschutz mit Kosten verbunden (etwa verursacht durch höhere Preise für die Endverbraucher), die bei der Evaluation des Instruments berücksichtigt werden müssten.

³⁶ Dasselbe Problem besteht bei der Beziehung zwischen staatlichen und privaten Forschungsausgaben.

Im Allgemeinen kann das Endogenitätsproblem durch die Verwendung von Instrumentenvariablen behoben werden, die mit der fraglichen Rechthandvariablen (hier dem Indikator des Patentrechts) korreliert, aber nicht von der Linkhandvariablen beeinflusst sind. Im gegebenen Fall scheint es allerdings nahezu unmöglich, Instrumente zu finden, die diese Kriterien erfüllen. Die Verwendung von verzögerten Variablen als Instrumente ist nicht sinnvoll, da sich das Patentrecht nur sehr langsam ändert. Es sei daher bloss grundsätzlich auf das Problem hingewiesen, wobei immerhin festgestellt werden kann, dass die Korrelation eindeutig ist. Die Frage der Kausalität ist dagegen nur in einem mikroökonomischen Kontext zu beantworten.³⁷

Die Schätzungen entsprechen im Wesentlichen den Erwartungen, die aufgrund der theoretischen Überlegungen in Kapitel 4 angestellt wurden. Erstaunlich ist, dass die Bildungsindikatoren in keinem Modell signifikant sind und oft sogar das falsche Vorzeichen aufweisen. Die plausibelste Erklärung dürfte darin liegen, dass die Variablen den Ausbildungsstand in der Bevölkerung nicht adäquat zu erfassen vermögen. So dürften die Unterschiede in der Quote der Hochschulstudenten stark vom Schulsystem geprägt sein. Ein international verfügbares Mass für den Ausbildungsstand tut daher not.

Die Ergebnisse legen ferner einen gewissen Skaleneffekt nahe: Mit Ausnahme von Modell (1c') ist der Einfluss des BIP-Niveaus stets mindestens auf dem 10 %-Niveau signifikant. Als Erklärung mag ein durch die die Grösse des Heimmarktes bestimmter nationaler Demand-Pull-Effekt dienen. In kleinen Ländern kommt der Innovationspolitik somit eine besondere Bedeutung zu. Das illustriert auch folgende Überlegung: Betrachtet man eine Volkswirtschaft durchschnittlicher Grösse (BIP = 1 Billion USD) und einer Sparquote von 8 Prozent. Bei einem Koeffizienten der Sparquote von 0.03 und einem des BIP von 0.1 ergeben diese beiden Faktoren einen Effekt von 0.34 Prozentpunkten. Der (durchwegs hochsignifikante) Achsenabschnitt wird in den Regressionen jedoch auf etwa -1.2 geschätzt. Vor Berücksichtigung der Politikvariablen ergibt sich somit ein negativer Effekt von -0.76 , was als Hinweis darauf gedeutet werden kann, dass ganz ohne wirtschaftspolitische Unterstützung durch Patente oder staatliche Forschungsinvestitionen nicht mit privaten Forschungsinvestitionen zu rechnen ist.

Insgesamt bestätigen die Regressionen den Befund von Kanwar und Evenson (2003), die ebenfalls eine hohe Signifikanz des Patentindex' in Bezug auf die Forschungsausgaben aufweisen. Die vorliegende Untersuchung unterscheidet sich allerdings in der Wahl der Regressoren, indem sie den Einfluss von alternativen Instrumenten der Innovationspolitik evaluieren

³⁷ Jaffe (2000, 540) für die USA sowie Sakakibara und Branstetter (2001) für Japan konstatieren einen Anstieg vor der Stärkung des Erfinderschutzes und lehnen daher die These ab, dass letztere zu mehr Forschung geführt hat. Allerdings müsste berücksichtigt werden, dass bereits die *Erwartung* einer Patentreform einen Einfluss auf das Investitionsverhalten haben kann.

will. Der IMD-Indikator ermöglicht zudem einen Test bezüglich der Robustheit der Schätzungen, die mit dem Patentrechtsindex gewonnen worden sind.

6. Zusammenfassung

Hochentwickelte Industriestaaten bedürfen permanenter Innovation, um weiterhin wachsen zu können. Nur dadurch ist es möglich, auf dem Weltmarkt Preise zu erzielen, die günstige Terms of Trade und ein hohes Lohnniveau ermöglichen. Die Förderung von Innovation wird damit zu einer zentralen Aufgabe der Wirtschaftspolitik. Dem Staat stehen sowohl aktive wie passive Möglichkeiten zur Verfügung. Da es sich bei neuem technischem Wissen um ein Gut handelt, das nur teilweise ausschliessbar ist, wird der freie Markt nur dann hinreichende Investitionen gewährleisten, wenn der Staat das Geistige Eigentum schützt. Alternativ kann er die Forschung aktiv mit Steuermitteln subventionieren. Schliesslich beeinflusst er über die Bildungspolitik das Angebot an potenziellen Forschern.

Die durchgeführten Regressionen haben gezeigt, dass sowohl Patente wie auch staatliche Forschungsausgaben dazu führen, dass die Industrie ihre Investitionen in Forschung und Entwicklung erhöht. Die verbreitete Argumentation eines abnehmenden Grenznutzens einer weiteren Ausdehnung des Patentrechts konnte durch die Regressionen nicht bestätigt werden – eher das Gegenteil scheint der Fall zu sein: Länder, die bereits einen gut ausgebauten Patentschutz gewähren, können durch dessen weiteren Ausbau tendenziell mehr zusätzliche Forschungsausgaben auslösen als Länder mit schwachem Patentschutz.

Forschung und Entwicklung ist heute auf einige wenige Staaten konzentriert, die auch in bezug auf den Erfindungsschutz führend sind. Dazu gehören einerseits grosse Industriestaaten wie die USA, Japan, Deutschland und Frankreich, die bei einem gemeinsamen Bevölkerungsanteil von weniger als 50 Prozent im Jahr 2000 rund 80 Prozent aller Forschungsausgaben der OECD getätigt haben. Andererseits investieren auch einige kleine Länder wie Schweden, Finnland, Dänemark oder die Schweiz einen hohen Anteil ihres Bruttoinlandprodukts in Forschung. In diesen F&E-intensiven Ländern entfaltet der Patentschutz eine grosse Wirkung. Kleinere Länder sind auf eine Innovationspolitik in einem besonderen Masse angewiesen, denn die Regressionsgleichungen zeigen, dass in kleineren Volkswirtschaften *ceteris paribus* weniger private Forschungsausgaben getätigt werden.

Erstaunlicherweise konnte die Bedeutung der Bildungspolitik in den durchgeführten Regressionen nicht nachgewiesen werden. Es ist kaum zu erwarten, dass die Bildungspolitik für die Innovation irrelevant ist. Eher ist zu vermuten, dass die gewählten Indikatoren den Ausbildungsstand der Bevölkerung ungenügend wiedergeben. Mit besseren Indikatoren dürfte auch der Effekt einer gut ausgebildeten Bevölkerung nachweisbar sein. Die aufgezeigte hohe

Signifikanz der Bruttosparquote zeigt schliesslich, dass auch eine Wirtschaftspolitik, die das Sparen fördert, zusätzliche F&E-Investitionen auslösen wird, nicht zuletzt wohl deshalb, weil dann mehr Risikokapital zu günstigeren Konditionen zur Verfügung steht.

Mit dem gewählten ökonometrischen Ansatz kann gezeigt werden, ob und in welchem Ausmass die staatlichen Instrumente Forschung effektiv begünstigen. Es lässt sich damit aber nicht evaluieren, wie effizient die Instrumente sind, da deren Kosten nicht erfasst werden. Im Falle von Subventionen wäre dabei zu denken an die Kosten der Steuererhebung (inkl. deren verzerrender Wirkung), die Kosten der Projektevaluation sowie die Gefahr von *rent seeking*. Zu den Kosten des Patentsystems zählen institutionelle Kosten (Patentamt, Patentanwälte, Gerichte), die Unsicherheit durch die Gefahr von Klagen auf Patentverletzung sowie die durch den Monopolpreis entstehenden Wohlfahrtsverluste. Andererseits ist zu erwarten, dass die Mittel in einer auf dezentraler Entscheidungsfindung, wie sie das Patentsystem ermöglicht, effizienter eingesetzt werden, als wenn dies zentral beim Staat geschieht.

Um konkrete Handlungsempfehlungen zu erhalten, ist eine stärker mikroökonomisch orientierte Analyse unumgänglich. Schliesslich kann weder der beliebige Ausbau des Patentsystems noch die unkritische Erhöhung von staatlichen Forschungsausgaben Ziel der Wirtschaftspolitik sein. Unter der allgemeinen Erkenntnis, dass mehr Patentschutz sowie stärkeres finanzielles Engagement des Staates erfolgsversprechend sein kann, muss vielmehr auf mikroökonomischer Ebene gezeigt werden, in welcher Weise der Patentschutz erweitert werden sollte, um den Innovationsanreiz maximal zu erhöhen. Eine innovationsfreundliche Politik erfordert die Anpassung des Patentrechts an die technologische Entwicklung, beispielsweise in den Bereichen Informations- sowie Biotechnologie. Eine Strategie der Verwässerung des Patentschutzes scheint dagegen nicht erfolgsversprechend – jedenfalls nicht für stark auf Innovation basierende hochentwickelte Industriestaaten.

Viele auf dem Gebiet der Patentökonomie forschenden Wissenschaftler pflegen am Ende ihrer Ausführungen die Erkenntnis von Penrose (1951, 40) zu zitieren: «If national patent laws did not exist, it would be difficult to make a conclusive case for introducing them; but the fact that they do exist shifts the burden of proof and it is equally difficult to make a really conclusive case for abolishing them.» Wie eine Welt ohne Geistigen Eigentumsschutz aussähe, lässt sich allenfalls als Gedankenexperiment durchspielen. Die vorliegende Analyse – wie im übrigen die historische Perspektive – gibt allerdings kaum Anlass, am Erfolg des Geistigen Eigentums für eine innovative Wirtschaft zu zweifeln. Das Patentsystem hat wohl eine grössere Bedeutung für die Finanzierung von Forschungsinvestitionen, als das berühmte Zitat glauben macht.

Literaturverzeichnis

- Abrahamsen, Yngve et al. (2003): «The Swiss Disease: Facts and Artefacts», Arbeitspapiere KOF-ETHZ, Nr. 71.
- Aghion, Philippe and Peter Howitt (1992): «A Model of Growth Through Creative Destruction», *Econometrica*, 60, 323–351.
- Arrow, Kenneth J. (1962a): «Economic Welfare and the Allocation of Resources for Inventions», in Richard R. Nelson (ed.): *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton: University Press.
- Arrow, Kenneth J. (1962b): «The Economic Implications of Learning by Doing», *Review of Economic Studies*, 29, 155–173.
- Barro, Robert J. and Jong-Wha Lee (2000): «International Data on Educational Attainment: Updates and Implications», CID Working Paper no. 42.
<http://www.cid.harvard.edu/cidwp/042.htm>
- Barro, Robert J. and Xavier Sala-i-Martin (1995): *Economic Growth*. New York: McGraw-Hill.
- Baumol, William J. (2002): *The Free-Market Innovation Machine. Analyzing the Growth Miracle of Capitalism*. Princeton: University Press.
- Berger, Brett D. (2001): «Convergence in Neoclassical Vintage Capital Growth Models», Board of Governors of the Federal Reserve System, International Finance Discussion Papers, No. 713.
- Bessen, James and Eric Maskin (2000): «Sequential Innovation, Patents, and Imitation», MIT Working Paper, 00/01.
- Bianchi, Milo and Magnus Henrekson (2005): «Is Neoclassical Economics Still Entrepreneurless?», *Kyklos*, 58, 353–377.
- Boldrin, Michele and David Levine (2002): «The Case Against Intellectual Property», *American Economic Review*, 92, 209–212.
- Breschi, Stefano and Francesco Lissoni (2001): «Knowledge Spillovers and Local Innovation Systems: A Critical Survey», *Industrial and Corporate Change*, 10, 975–1005.
- Buse, A[dolf] (1973): «Goodness of Fit in Generalized Least Squares Estimation», *American Statistician*, 27, 106–108.
- Coase, Ronald H. (1960): «The Problem of Social Cost», *Journal of Law and Economics*, 3, 1–44.
- Cohen, Wesley M., Richard R. Nelson and John P. Walsh (2000): «Protecting Their Intellectual Assets: Appropriability Conditions and Why U.S. Manufacturing Firms Patent (or Not)», NBER Working Paper No. 7552.
- Dasgupta, Partha S. and Joseph Stiglitz (1980): «Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity», *Economic Journal*, 90, 266–293.
- David, Paul A.; Bronwyn H. Hall; Brian Kahin and W. Edward Steinmueller (2003): «A Critique of the Rapporteur's Explanatory Statement Accompanying the JURI Report to the European Parliament on the proposed Directive on the Patentability of Computer-Implemented Inventions».
- Deardorff, Alan V. (1992): «Welfare Effects of Global Patent Protection», *Economica*, 59, 35–51.
- Dinopoulos, Elias and Peter Thompson (1998): «Schumpeterian Growth without Scale Effects», *Journal of Economic Growth*, 3, 313–335.
- Domar, Evsey D. (1946): «Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment», *Econometrica*, 14, 137–147.
- Eaton, Jonathan and Samuel Kortum (1999): «International Technology Diffusion: Theory and Measurement», *International Economic Review*, 40, 537–570.
- Eaton, Jonathan and Samuel Kortum (2001): «Technology, Trade, and Growth: A United Framework», *European Economic Review*, 45, 742–755.
- Eaton, Jonathan and Samuel Kortum (2002): «Technology, Geography, and Trade», *Econometrica*, 70, 1741–1779.
- Ethier, Wilfred (1982): «National and International Returns to Scale in the Modern Theory of International Trade», *American Economic Review*, 72, 389–405.
- Frey, René L. und Thomas Isenmann (1993): «Energie und Verkehr», in René L. Frey et al. (Hrsg.): *Mit Ökonomie zur Ökologie*. 2. Aufl. Basel: Helbing & Lichtenhahn, 233–254.

- Ginarte, Juan C. and Walter G. Park (1997): «Determinants of Patent Rights: A Cross-National Study», *Research Policy*, 26, 283–301.
- Grossman, Gene M. and Elhanan Helpman (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Grossman, Gene M. and Edwin L.-C. Lai (2002): «International Protection of Intellectual Property Law», *American Economic Review*, 94, 1633–1653.
- Hayek, Friedrich A. von (1969): «Der Wettbewerb als Entdeckungsverfahren», in: *Freiburger Studien*. Tübingen: Mohr.
- Heller, Michael A. and Rebecca S. Eisenberg (1998): «Can Patents Deter Innovation? The Anticommons in Biomedical Research», *Science*, 280 (No. 5364), 698–701.
- Hill, Peter (1999): «Tangibles, Intangibles and Services: A New Taxonomy for the Classification of Output», *Canadian Journal of Economics*, 32(2), 426–446.
- Inada, Ken-Ichi (1963): «On a Two-Sector Model of Economic Growth: Comments and a Generalization», *Review of Economic Studies*, 30, 119–127.
- Jaffe, Adam B. (2000): «The U.S. Patent System in Transition: Policy Innovation and the Innovation Process», *Research Policy*, 29, 531–557.
- Jones, Charles I. (1999): «Growth: With or Without Scale Effects?» *American Economic Review*, Papers and Proceedings, 89, 139–144.
- Jones, Larry E. and Rody Manuelli (1990): «A Convex Model of Equilibrium Growth: Theory and Policy Implications», *Journal of Political Economy*, 98, 1008–1038.
- Kanwar, Sunil and Robert E. Evenson (2003): «Does Intellectual Property Protection Spur Technological Change?» *Oxford Economic Papers*, 55, 235–264.
- Kehoe, Timothy J. and Edward C. Prescott (2002): «Great Depressions of the 20th Century», *Review of Economic Dynamics*, 5, 1–18.
- Keller, Wolfgang (2004): «International Technology Diffusion», *Journal of Economic Literature*, 42, 752–782.
- Kilchenmann, Christoph (2004): «Von der Imitation zur Innovation: Zur Rolle des Patentrechts für die Entwicklung der Basler Wirtschaft», in Christoph A. und Stefan C. Schaltegger (Hrsg.): *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*. Zürich: vdf Hochschulverlag, 343–360.
- King, Robert G. and Sergio Rebelo (1990): «Public Policy and Economic Growth: Developing Neoclassical Implications», *Journal of Political Economy*, 98, 126–150.
- Kitch, Edmund W. (1977): «The Nature and Function of the Patent System», *Journal of Law and Economics*, 20, 265–290.
- Kónya, Lázló (1994): «Introduction into the Theory of Vintage Models», La Trobe University Discussion Paper No. A.94.12.
- Kortum, Samuel (1997): «Research, Patenting, and Technological Change», *Econometrica*, 65, 1380–1419.
- Kremer, Michael (1998): «Patent Buyouts: A Mechanism for Encouraging Innovation». *Quarterly Journal of Economics*, 133, 1137–1167.
- Kurz, Heinz D. and Neri Salvadori (2003): «Theories of Economic Growth – Old and New», in Neri Salvadori (Hrsg.): *The Theory of Economic Growth. A «Classical» Perspective*. Cheltenham. Edgar Elgar, 1–22.
- Lambelet, Jean-Christian and Alexander Mihailov (1999): «A Note on Switzerland's Economy: Did the Swiss Economy Really Stagnate in the 1990s, and Is Switzerland All That Rich?» *Analyses et prévisions*, printemps 1999.
- Levin, Richard C., Alvin K. Klevorick, Richard R. Nelson and Sidney G. Winter (1987): «Appropriating the Returns from Industrial Research and Development», *Brookings Papers on Economic Activity*, 3, 783–820.
- Levine, Ross and David Renelt (1992): «A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions», *American Economic Review*, 82, 942–963.
- Long, Ngo Van and Kar-yju Wong (1997): «Endogenous Growth and International Trade», Working Paper.

- Lucas, Robert E., Jr. (1988): «On the Mechanics of Economic Development», *Journal of Monetary Economics*, 22, 3–42.
- Mankiw, N. Gregory, David Romer and D.N. Weil (1992): «A Contribution to the Empirics of Economic Growth», *Quarterly Journal of Economics*, 107, 407–437.
- Maskus, Keith and Mohan Penubarti (1995): «How Trade-Related Are Intellectual Property Rights?» *Journal of International Economics*, 39, 227–248.
- Mazzoleni, Roberto and Richard R. Nelson (1998): «Economic Theories about the Benefits and Costs of Patents», *Journal of Economic Issues*, 32, 1031–1052.
- McCalman, Phillip (2001): «Reaping What You Sow: An Empirical Analysis of International Patent Harmonization», *Journal of International Economics*, 55, 161–185.
- Nelson, Richard R. (1959), «The Simple Economics of Basic Scientific Research», *Journal of Political Economy*, 67, 297–306.
- Nelson, Richard R. and Sidney G. Winter (1974): «Neoclassical vs. Evolutionary Theories of Economic Growth: Critique and Prospectus», *Economic Journal*, 84, 886–905.
- Nordhaus, William D. (1969): *Invention, Growth, and Welfare. A Theoretical Treatment of Technological Change*. Cambridge: MIT Press.
- OECD (2005a): *Economic Outlook*, Vol. 77, Annex Table 10.
- OECD (2005b): *Main Science and Technology Indicators*, Vol. 2005 release 01 (Source OECD Science and Technology Statistics: <http://www.sourceoecd.org>)
- Park, Walter G. and Juan Carlos Ginarte (1997): «Property Rights and Economic Growth», *Contemporary Economic Policy*, 15, 51–61.
- Park, Walter G. and Smit Wagh (2002): «Index of Patent Rights», ch. 2 of *Economic Freedom of the World: 2002 Annual Report*, 33–41.
- Park, Walter G. (2001): «Intellectual Property and Patent Regimes», ch. 4 of *Economic Freedom of the World: 2001 Annual Report*, 101–118.
- Penrose, Edith T. (1951): *The Economics of the International Patent System*. Baltimore: Johns Hopkins Press. (Johns Hopkins University studies in historical and political science. Extra volume No. 30)
- Pitchford, John D. (1960): «Growth and the Elasticity of Factor Substitution», *Economic Record*, 36, 491–504.
- Rapp, Richard T. and Rozek, Richard P. (1990): «Benefits and Costs of Intellectual Property Protection in Developing Countries», *Journal of World Trade*, 24, 76–102.
- Rebelo, Sergio (1991): «Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth», *Journal of Political Economy*, 99, 500–521.
- Romer, Paul M. (1986): «Increasing Returns and Long-Run Growth», *Journal of Political Economy*, 94, 1002–1037.
- Romer, Paul M. (1990): «Endogenous Technological Change», *Journal of Political Economy*, 98, Part 2: The Problem of Development: A Conference of the Institute for the Study of Free Enterprise Systems, S71–S102.
- Saint-Paul, Gilles (2004): «To What Extent Should Less Developed Countries Enforce Intellectual Property?» AEI-Brooking Joint Center for Regulatory Studies, 04-21.
- Sakakibara, Mariko and Lee Branstetter (2001): «Do Stronger Patents Induce More Innovation? Evidence from the 1988 Japanese Patent Law Reforms», *RAND Journal of Economics*, 32, 77–100.
- Scitovsky, Tibor (1954): «Two Concepts of External Economies», *Journal of Political Economy*, 62, 143–151.
- Scotchmer, S. (1991): «Standing on the Shoulders of Giants: Cumulative Research and the Patent Law», *Journal of Economic Perspectives*, 5, 29–41.
- Segerstrom, Paul; T.C.A. Anant and Elias Dinopoulos (1990): «A Schumpeterian Model of the Product Life Cycle», *American Economic Review*, 80, 1077–1092.
- Shavell, Steven and Tanguy van Ypersele (2001): «Rewards versus Intellectual Property Rights», *Journal of Law and Economics*, 44, 525–547.
- Solow, Robert M. (1956): «A Contribution to the Theory of Growth», *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65–94.

- Spence, Michael (1976): «Product Selection, Fixed Costs, and Monopolistic Competition», *Review of Economic Studies*, 43, 217–236.
- Swan, Trevor W. (1956): «Economic Growth and Capital Accumulation», *Economic Record*, 32, 334–361.
- Thierstein, Alain; Knut Blind und Christof Abegg (2001): «Normung: Wirkungen auf Aussenwirtschaft und Innovation», *Aussenwirtschaft*, 55, 503–526.
- Trajtenberg, Manuel (1990): «A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations», *RAND Journal of Economics*, 20, 172-187.
- Uzawa, Hirofumi (1965): «Optimal Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth», *International Economic Review*, 6, 18-31.
- Vernon, Raymond (1966): «International Investment and International Trade in the Product Cycle», *Quarterly Journal of Economics*, 80, 190-207.
- Weder, Rolf and Herbert G. Grubel (1993): «The New Growth Theory and Coasean Economics: Institutions to Capture Externalities», *Weltwirtschaftliches Archiv*, 129, 488-513.
- Weizsäcker, Carl Christian von (1966): *Zur ökonomischen Theorie des technischen Fortschritts*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- The World Competitiveness Report* (1989–1995). Lausanne: IMD International; Geneva: World Economic Forum (Vol. 9–15).
- The World Competitiveness Yearbook* (1999 und 2000). Lausanne: IMD International.
- Zachariadis, Marios (2003): «R&D, Innovation, and Technological Progress: A Test of the Schumpeterian Framework without Scale Effects», *Canadian Journal of Economics*, 36, 566–586.