

Darmstadt Discussion Papers in Economics

**Wissen und Neue Wachstumstheorie:
Die Rolle von fachspezifischem Humankapital**

Günther Rehme

Nr. 189

Arbeitspapiere
des Instituts für Volkswirtschaftslehre
Technische Universität Darmstadt

ISSN: 1438-2733



E^{conomic}
T^{heory}

Wissen und Neue Wachstumstheorie: Die Rolle von fachspezifischem Humankapital

Günther Rehme*

Technische Universität Darmstadt
und

Humboldt-Universität zu Berlin[†]

8. November 2007

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird ein Überblick über einige Kernaussagen der "Neuen Wachstumstheorie" über den Zusammenhang von Wissen und wirtschaftlicher Entwicklung gegeben. Ausgehend von der "neoklassischen" Wachstumstheorie wird die Bedeutung von Wissen in Prototypen endogenen Wachstums der "Neuen Wachstumstheorie" aufgezeigt. Die Rolle von Wissen und Humankapital ist dabei von zentraler Bedeutung. Die Formen des Wissens sind allgemein in fachspezifischem Humankapital inkorporiert. Anhand von UNESCO Daten für OECD Länder wird die Bedeutung von fachspezifischen Wissensindikatoren empirisch beleuchtet. Im Gegensatz zu aktuellen Debatten zeigt sich, dass nicht nur technisches und naturwissenschaftliches Wissen, sondern auch z.B. geisteswissenschaftliches Wissen einen wichtigen positiven Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung nimmt. Dies scheint Komplementaritätseigenschaften verschiedener Formen fachspezifischen Humankapitals in der Produktion geschuldet.

KEYWORDS: Growth, Innovation, Human Capital Composition

JEL classification: O4, D3, C2

*Ich danke Volker Caspari für viele hilfreiche Diskussionen zu dem Thema dieses Aufsatzes und Ulrike Trautmann für wichtige Hilfe bei der Erstellung der Daten sowie wertvolle Diskussionen. Weiterhin danke ich Bertram Schefold, Martin Heidenreich, Hariolf Grupp, Klaus Matthes und Marianne Paasi für konstruktive Kommentare und insbesondere Birgit Blättel-Mink für weiterführende Anregungen. Diese Arbeit profitierte ferner von interdisziplinären Diskussionen auf der Konferenz "Europäische Wissensgesellschaft - Leitbild europäischer Forschungs- und Innovationspolitik?" zu "Der Beitrag der Neuen Wachstumstheorie zur Erklärung der Koevolution von Wissenskultur und technischem Fortschritt" an der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main, im Rahmen des SFB-435-Teilprojekts D7 "Wissenskultur und gesellschaftlicher Wandel" im Juli 2007.

[†]*Korrespondenz:* Humboldt-Universität zu Berlin, Faculty of Economics and Business Administration, Institute of Economic Policy I (Macroeconomics), Spandauer Str. 1, D-10178 Berlin, Germany. *phone:* +49-30-2093-5927; *fax:* +49-30-2093-5934; *E-mail:* guenther.rehme@wiwi.hu-berlin.de

1 Einleitung

Wirtschaftswachstum bezeichnet die quantitative Zunahme des Güterbergs einer Volkswirtschaft. Zur Berechnung des Wirtschaftswachstums verwenden Ökonomen meistens Daten zum Bruttoinlandsprodukt (BIP). Dieses bezeichnet den Wert aller Endprodukte und Dienstleistungen, die innerhalb einer bestimmten Periode in einem Land von Inländern und Ausländern erwirtschaftet werden. Man unterscheidet "extensives" Wachstum, welches die Zunahme des gesamten Güterbergs darstellt, von "intensivem" Wachstum, das die Zunahme des Güterbergs pro Kopf, d.h. des Pro-Kopf-Einkommens bezeichnet. "Intensives" Wachstum wird von vielen Ökonomen implizit auch als Wohlfahrtsmaß verstanden.¹

Die Wachstumstheorie beschäftigt sich fast ausschließlich mit der Erklärung von "intensivem" Wachstum. Da es jedoch z.B. für die Steigerung von "intensivem" Wachstum und bei einer nicht schrumpfenden Bevölkerung eine Zunahme des gesamten Güterberges geben, also "extensives" Wachstum vorliegen muss, wird in den nachfolgenden Ausführungen nicht immer zwischen diesen Konzepten scharf unterschieden. Wir werden einfach von Wirtschaftswachstum sprechen und, wenn nötig, klarstellen, welches Konzept betroffen ist, wenn Aussagen sich nicht auch auf beide beziehen.²

Es ist in der Wachstumsforschung Standard geworden, wichtige empirische Regularitäten zu erklären. Diese sind von Kaldor (1961) erarbeitet worden. Sie werden als "stilisierte Fakten" (*stylized facts*) bezeichnet.³ Im Zusammenhang von Wissen und Wirtschaftswachstum sind zwei Fakten von besonderer Bedeutung: Erstens, die durchschnittliche Arbeitsproduktivität, d.h. das Verhältnis von Output zu eingesetzter Arbeit nimmt in der Zeit kontinuierlich zu. Zweitens, die Arbeitsproduktivität

¹Das liegt daran, dass eine der Hauptideen in der Ökonomik für einen repräsentativen Haushalt postuliert, dass ein Mehr von einem Gut immer vorgezogen wird. Eine aktuelle kritische Untersuchung zu diesem Zusammenhang findet sich z.B. in Easterlin and Angelescu (2007).

²In der Presse sind die Konzepte nicht immer klar dargestellt. Wenn die Wirtschaft Deutschlands mit vier Prozent, aber die Bevölkerung auch mit vier Prozent wüchse, dann hätten wir ein "extensives" Wachstum in Deutschland von vier Prozent, aber ein "intensives" Wachstum von null Prozent.

³Es gibt weitere solcher Fakten, die aber für die Diskussion zunächst ausgeblendet werden.

variiert im Ländervergleich sehr.

In dieser Arbeit soll von diesen Konzepten und Überlegungen ausgegangen werden. Zunächst wird ein kurzer Rückblick auf die Kernaussagen der so genannten Neoklassischen Wachstumstheorie gegeben, die die Forschung von Ende der 50er Jahre bis Mitte der 80er Jahre dominierte. Hinsichtlich der langfristigen Entwicklung ist eine ihrer Kernaussagen, dass der technische Fortschritt die entscheidende Determinante ist. Die Möglichkeiten des Sparens und der Akkumulation sind in der langen Frist durch die Technik begrenzt. Deshalb führen nur Verbesserungen der Produktionstechniken zu mehr Wachstum. Allerdings gehen die Proponenten der neoklassischen Wachstumstheorie davon aus, dass der technische Fortschritt exogen und nicht durch ökonomische Faktoren bestimmt wird.

Die Neue Wachstumstheorie setzt genau hier an. Sie macht den technischen Fortschritt abhängig von ökonomischen Entscheidungen. Deshalb spricht man auch von "endogener" Wachstumstheorie im Unterschied zur neoklassischen, "exogenen" Wachstumstheorie. Entscheidend ist für den technischen Fortschritt das Wissen. Es lassen sich dann zwei Prototypen von Theorien unterscheiden, wenn wir Wissen als ein "Gut" ansehen. Nach der ersten Auffassung ist Wissen ein "öffentliches Gut". Ein solches kann von jedermann genutzt werden und generiert positive Externalitäten für andere Wirtschaftssubjekte. Der technische Fortschritt findet nach dieser Auffassung *pari passu* mit neuem Wissen von Firmen statt, wenn letzteres in die gesamte Ökonomie diffundiert. Nach der zweiten Auffassung ist Wissen ein "privates Gut", das nur einer Firma für eine Zeit zusteht. Aus diesem Wissen lassen sich technologische und wirtschaftliche Vormachtstellungen schaffen, die temporäre Monopolrenten für die Besitzer des Wissens generieren. Beispielsweise kann eine neue Erfindung patentiert werden und damit steht dem Patentbesitzer für einige Zeit das exklusive Nutzungsrecht einer neuen Technologie zu. Neue Erfindungen lohnen sich dann. Deshalb ist es sinnvoll, Ressourcen für das Auffinden neuer Ideen aufzuwenden. Forschung und Entwicklung dienen diesem Auffinden neuer Ideen. Als Begleitpro-

zess immer neuer Ideen können Konkurrenten vom Markt verdrängt werden. Das wird nach Schumpeter (1934) als Prozess "kreativer Zerstörung" bezeichnet.

Für neue Ideen braucht man Menschen, die etwas mit den Ideen anfangen können. In einer Form von endogenen Wachstumsmodellen spielt deshalb die Bildung und das Humankapital eine herausragende Rolle. Wissen ist in den meisten Fällen in den Menschen, die es gebrauchen, gebunden. Aus diesem Grund spielt Ausbildung eine zentrale Rolle im Verständnis der modernen Wachstumstheorie und wahrscheinlich der gesamten Ökonomie überhaupt. Die meisten Beiträge zeigen, dass Humankapital positiv mit dem Wirtschaftswachstum verbunden ist.

In diesem Zusammenhang wird in wirtschafts- und hochschulpolitischen Diskussionen in den meisten Ländern aber oft nur auf die bedeutende Rolle der technischen und naturwissenschaftlichen Fächer hingewiesen. Die Mittelzuteilung an Fachbereiche im Hochschulbereich spiegelt das häufig wider. Diese Tatsache ist der Ausgangspunkt einer einfachen empirischen Analyse in dieser Arbeit. Es wird untersucht, ob und wie die Humankapitalkomposition hinsichtlich der studierten Fächer mit dem Wirtschaftswachstum verbunden ist.

Ausgehend von UNESCO Daten zu den Hochschulabsolventen (pro Jahr relativ zur Gesamtbevölkerung) in den großen Kategorien Lehrerausbildung, Geistes-, Sozial- sowie Naturwissenschaften und der Medizin in 24 OECD Ländern wird mittels einer einfachen Querschnittsuntersuchung analysiert, wie die Zusammensetzung des Humankapitals auf das Wachstum wirkt. Die Absolventenzahlen dienen hierbei als Indikatoren (potentiell) neuen Wissens. Es zeigt sich, dass es große Unterschiede zwischen den OECD Ländern gibt. Zum Beispiel ergibt ein einfacher Vergleich, dass Deutschlands Absolventenanteil in den Geisteswissenschaften nur halb so groß ist wie in den U.S.A. Dafür gibt es aber relativ mehr Naturwissenschaftler in Deutschland. Ein Vergleich mit Frankreich hinsichtlich der Geisteswissenschaften ist noch überraschender.

Es zeigt sich ferner, dass die relativen Geistes-, Natur- und Sozialwissenschaftsab-

solventenzahlen relativ stark positiv miteinander korrelieren. Für die *lange* Periode scheint dann folgende Interpretation sinnvoll: Studierende wählen ihr Studienfach nicht nur nach Interesse, sondern auch im Hinblick auf spätere Berufsmöglichkeiten.⁴ Wenn wir annehmen, dass in der langen Frist auf dem Arbeitsmarkt ungefähr die Nachfrage dem Angebot für Hochqualifizierte entspricht, dann spiegelt über die Nachfrage in einer Wirtschaft mit gewinnmaximierenden Unternehmen die Fachkomposition auch die Produktionsgegebenheiten wider. Die positive Korrelation legt dann nahe, dass die einzelnen Fächer aus produktionstechnischer Sicht Komplemente und damit sich ergänzende Inputfaktoren sind.

In einer vereinfachenden Untersuchung, die die Diskussion zu dem Zusammenhang anregen möchte und keinen Anspruch auf eine allumfassende Analyse bietet, wird mittels Wachstumsregressionen gezeigt, dass *alle* Fachgebiete positiv mit dem Wachstum verbunden sind. Das impliziert eine genauere Diskussion zur Förderung von Wissensbereichen aus ökonomischer Sicht. Die alleinige Konzentration auf technische und naturwissenschaftliche Fächer sollte vielleicht überdacht werden. Ferner legen die Ergebnisse nahe, dass es auch wichtig ist, weniger über die Rolle einzelner Fächer als über eine gute Wissenskultur (als Kombination aus unterschiedlichen Wissensbereichen) in einer Ökonomie und Gesellschaft im Hinblick auf Wirtschaftswachstum, Innovation und Wettbewerbsfähigkeit nachzudenken.

Die Arbeit gliedert sich in folgende Teile: In Abschnitt 2 werden die Kernaussagen der neoklassischen Wachstumstheorie herausgearbeitet. Wichtige Prototypen der Neuen Wachstumstheorie werden in Abschnitt 3 vorgestellt. Die empirische Untersuchung zu dem Zusammenhang von Wirtschaftswachstum und fachspezifischem Humankapital findet sich in Abschnitt 4. Abschließend findet sich eine kurze Zu-

⁴In Befragungen zum Zeitpunkt t zu den Präferenzen des Studienwunsches im Zeitpunkt t und dessen voraussichtlicher Realisierung als Beruf in $t + 1$ werden häufig Angaben gemacht, die einen Mismatch nachher, $t + 2$, auf dem Arbeitsmarkt - z.B. in Form von Arbeitslosigkeit - induzieren können. Dabei ist der im Text angenommene Zusammenhang in der *langen* Periode, $t+n$ und $n > 2$, jedoch sinnvoll. Das gilt insbesondere in einem Zustand, in dem alle Erwartungen - auch über das materielle Überleben - letztendlich in einem langfristigen Gleichgewichtszustand erfüllt sind. Dabei ist zu betonen, dass Wirtschaftswachstum sich vor allem auf die *lange* Periode bezieht. Wir sprechen damit über die *langfristigen* Nachfrage- und Angebotsstrukturen auf dem Arbeitsmarkt.

sammenfassung der Arbeit in Abschnitt 6.

2 Neoklassische Wachstumstheorie und technischer Fortschritt

Die neoklassische Wachstumstheorie stellt den Ausgangspunkt der neuen Wachstumstheorie dar und geht auf die Beiträge von Solow (1956) und Swan (1956) zurück. Wichtige Bausteine für diese Theorie sind die Annahmen, dass die Preise flexibel sind, die Märkte effizient (und ungestört⁵) arbeiten, das Say'sche Theorem gilt, nach der das Angebot sich seine Nachfrage schafft, und die Produktionskapazitäten voll ausgelastet sind. Die entscheidende Annahme ist jedoch, dass die aggregierte Produktion mittels einer Produktionsfunktion dargestellt werden kann. Diese stellt einen funktionalen Bezug zwischen den in der Produktion eingesetzten Produktionsfaktoren und dem aggregierten Output her. Da die klassischen Produktionsfaktoren in der Ökonomie Arbeit und Kapital sind, lautet eine einfache Formulierung wie folgt:

$$Y_t = F(A_t, K_t, L_t), \quad (1)$$

wobei Y_t den gesamten Output der Ökonomie, K_t einen Index des gesamten Kapitals⁶ und L_t die eingesetzte Menge an Arbeit (Arbeitsstunden oder Anzahl der Arbeitnehmer) zum Zeitpunkt t darstellt. Die Arbeit ist dabei ein Faktor, der nicht beliebig ausgedehnt werden kann. Wir sagen, er ist nicht akkumulierbar.⁷ Der Index A_t ist hier von besonderer Bedeutung, denn er stellt das Technologieniveau zum Zeitpunkt t dar. Dieses hängt vom technischen und auch vom allgemeinen Wissen

⁵Wir abstrahieren also von staatlichen Aktivitäten.

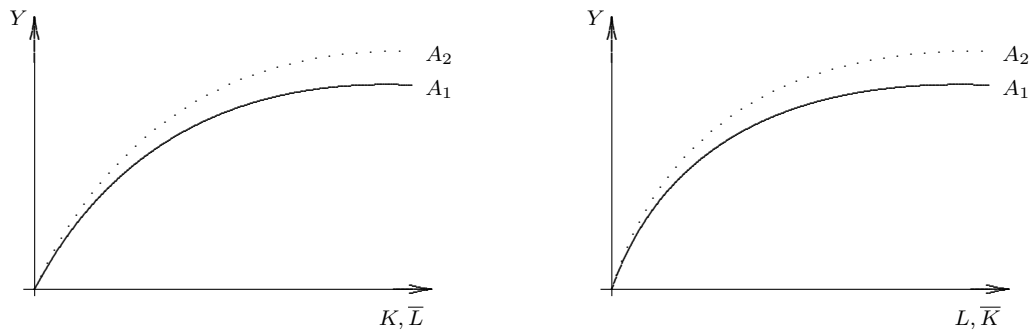
⁶Das Konzept der aggregierten Produktionsfunktion ist nicht ohne Probleme. Eine aktuelle Darstellung der Problematik findet sich z.B. in Schefold (2006).

⁷Der Tag hat höchstens 24 Stunden und einige davon braucht man für Schlaf und Essen. Der Rest wäre das Maximum, das an einem Tag für die Arbeit zur Verfügung stünde. Mehr kann nicht 'akkumuliert' werden.

ab.

Annahmegemäß ist jeder Inputfaktor essentiell. Wenn einer der Faktoren A_t, K_t oder L_t nicht vorhanden ist, gibt es keine Produktion, $Y_t = 0$. Ferner wird angenommen, dass die Funktion positive Grenzerträge in Kapital und Arbeit aufweist. Damit führen marginale Steigerungen in den Inputfaktoren Arbeit und Kapital zu höherem Output. Die Grenzerträge sind für Kapital und Arbeit jedoch fallend, so dass die Steigerungen im Output mit zunehmendem Faktoreinsatz kleiner werden. Siehe Abbildung 2. Ein höheres Technologieniveau (z.B. $A_2 > A_1$) erhöht die Produktionsmöglichkeiten, so dass mit gleichem Faktoreinsatz von Arbeit und Kapital mehr Output produziert werden kann.

Abbildung 1: Neoklassische Aggregierte Produktionsfunktion ($A_2 > A_1$)



Eine weitere wichtige Annahme ist, dass konstante Skalenerträge in den Faktoren Arbeit und Kapital vorherrschen. Das bedeutet, dass z.B. eine Verdoppelung von Arbeit und Kapital für ein gegebenes Technologieniveau den Output verdoppelt. Dies impliziert, dass langfristig keine Kapazitätsbeschränkungen (Limitationen) in Arbeit und Kapital vorliegen.

Aus der Formulierung der Produktionsfunktion ergibt sich, dass das Wirtschaftswachstum (Veränderungen von Y_t) sich aus drei Quellen speist:

1. Veränderungen der Technologie d.h. durch Innovationen (Veränderungen von A_t),
2. Akkumulation (Veränderungen von K_t durch Sparen und Investieren) und

3. Änderungen der eingesetzten Arbeitsmengen L_t .

Die ersten beiden Kanäle sind dominante Themenblöcke in der Wachstumstheorie. Man spricht von *akkumulationsgetriebenen* oder *innovationsgetriebenen* Wachstumsmodellen. Erstere entwickeln also Theorien zur Innovation und deren Einfluss auf das Wachstum, die letzteren konzentrieren sich auf den Zusammenhang von Sparen, Investieren und Wachstum.

Die Modelle von Solow und Swan sind akkumulationsgetriebene Wachstumsmodelle. Wir schauen uns kurz die Hauptaussagen dieser Modelle an, um ein besseres Verständnis für die anderen Theorien zu bekommen.

Zunächst schränken wir, wie in der Literatur oft geschehen, die möglichen Produktionsfunktionen auf den Typ der so genannten Cobb-Douglas-Funktion ein. Dieser lautet z.B.

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha}, \quad \text{wobei } 0 \leq \alpha \leq 1. \quad (2)$$

Man kann leicht die o.g. neoklassischen Eigenschaften nachvollziehen. Sie sind von dieser Funktion alle erfüllt. Von besonderer Bedeutung ist der Ausdruck $A_t L_t$. Er setzt das Technologieniveau in Beziehung zur eingesetzten Arbeit. Wir sprechen auch von "Arbeit in Effizienzeinheiten". Sie drückt aus, was z.B. eine Stunde Arbeit (eine Einheit von L_t) gekoppelt mit Technologie (A_t) zum Output Y_t beiträgt.

Nehmen wir an, es würde nur Korn produziert. Dazu könnten wir die Technologie des Grabstocks (A_t^1) oder des schweren Pfluges (A_t^2) benutzen. Wir wissen $A_t^1 < A_t^2$, d.h. die Technologie des schweren Pfluges ist effizienter. Wenn wir jeweils eine Stunde Arbeit einsetzen, dann führt die Verwendung der Technologie des schweren Pfluges, A_t^2 , zu höherem Output als die Verwendung von Grabstöcken A_t^1 . Wir müssen dabei beachten, dass A_t 'nur' das "Wissen" um die *Verwendung* der Technologie darstellt. Die *Anzahl* der Grabstöcke oder der schweren Pflüge ist Kapital und in K_t enthalten.⁸

⁸Diese spezielle Art, Technologie nur mit Arbeit zu koppeln, ist in neoklassischen Modellen aus vor allem technischen Aspekten heraus vonnöten. Man spricht auch von "arbeitssparendem" oder

Wenn man nun die Produktionsfunktion (2) logarithmiert und nach der Zeit ableitet, erhält man

$$\gamma_Y = \alpha\gamma_K + (1 - \alpha)\gamma_L + (1 - \alpha)\gamma_A, \quad (3)$$

wobei γ_i die Wachstumsrate der Variable i darstellt. Diese Zerlegung ist immer gültig und wird Wachstumsbuchhaltung (*growth accounting*) nach Solow (1957) genannt. Gleichung (3) stellt "extensives Wachstum" dar.

Wie man sieht, hängt das Wachstum des (gesamten) Output (BIP), γ_Y , von den Wachstumsraten der Inputfaktoren (γ_K, γ_L) und von der Veränderung des Technologieniveaus (γ_A) ab. Je nach Theorie werden jeweils diese und damit die des Outputs Y_t erklärt und bestimmt.

Die neoklassische Wachstumstheorie ist vor allem eine Theorie über die Akkumulation von Kapital. Damit beschäftigt sie sich mit der Wachstumsrate des Kapitalstocks K und ist somit eine Theorie über γ_K .

Als *exogen* bestimmt, d.h. nicht theoretisch erklärt, setzen wir demnach die Wachstumsrate des technischen Fortschritts γ_A und des Arbeitsinputs, γ_L . Ferner nehmen wir stark vereinfachend an, die ganze (erwachsene) Bevölkerung N sei beschäftigt, so dass $N = L$. Diese wachse mit der konstanten Rate n , so dass $\gamma_L = n$, wobei auch hier keine Theorie der Bestimmung von n angeboten wird. Ferner wachse die Technologie mit konstanter Rate γ_A .

Wenn wir $y_t \equiv Y_t/L_t$ als das Pro-Kopf-Einkommen und $k_t \equiv K_t/L_t$ als die Kapitalintensität (Kapital-Arbeits-Verhältnis) und ferner $\tilde{y}_t \equiv Y_t/(A_t L_t)$ als Einkommen pro Arbeit in Effizienzeinheiten ($A_t L_t$) und $\tilde{k}_t \equiv K_t/(A_t L_t)$ als Kapital pro Arbeit in Effizienzeinheiten definieren, wissen wir⁹, dass $\gamma_y = \gamma_Y - \gamma_L$ und $\gamma_k = \gamma_K - \gamma_L$ sowie $\gamma_{\tilde{y}} = \gamma_Y - \gamma_A - \gamma_L$ und $\gamma_{\tilde{k}} = \gamma_K - \gamma_A - \gamma_L$. Damit können wir Gleichung (3) so

"Harrod-neutralem" technischen Fortschritt, der in (2) ausgedrückt wird. Konzeptionell gibt es auch "kapital-" oder "faktorsparenden" technischen Fortschritt. Die letzteren Fortschrittskonzepte sind aber nicht mit einem langfristigen Gleichgewicht in neoklassischen Wachstumsmodellen kompatibel.

⁹Wiederum logarithmieren wir die entsprechende Pro-Kopf-Größe und leiten dann nach der Zeit ab.

umformen, dass wir die Rate des "intensiven Wachstums" (für Größen in effizienter Arbeit) erhalten.

$$\gamma_{\tilde{y}} = \alpha\gamma_{\tilde{k}}. \quad (4)$$

Damit die Ökonomie langfristig im Gleichgewicht ist, müssen die ökonomischen Variablen gleichschrittig wachsen. Dann sprechen wir von *balanced growth*. Wenn die Ökonomie dann in einen langfristigen, gleichgewichtigen Ruhezustand kommt, befindet sie sich im so genannten *steady state*.

Die uns hier interessierenden ökonomischen Variablen sind \tilde{y} und \tilde{k} . Aus Gleichung (4) erkennen wir, dass gleichschrittiges Wachstum nur möglich ist, wenn beide Variablen mit der Rate Null wachsen, d.h. die Gleichung ist nur erfüllt, wenn $\gamma_{\tilde{y}} = \gamma_{\tilde{k}} = 0$. Damit müssen also der Output und der Kapitalstock, jeweils ausgedrückt, in Arbeit in Effizienzeinheiten langfristig konstant sein.

Um diese Bedingung zu erfüllen, muss ein ökonomischer Prozess dorthin führen. Diesen gilt es mit Theorie zu erklären. Die neoklassische Wachstumstheorie entwickelt ihre Theorie ausgehend von der Spar- und Investitionsentscheidung. Höhere Ersparnisse führen zu höheren realen Investitionen. Diese werden für den Ersatz des Kapitals durch Abnutzung und der Rest für die Erhöhung des Kapitalstocks verwendet. Ausschlaggebend für die Spar- und Investitionsentscheidung ist die Höhe des Realzinses. Ein höherer Realzins erhöht die Gewinne auf das eingesetzte Kapital und macht Sparen lohnenswert. Zusammengefasst lässt sich das folgendermaßen ausdrücken als

$$\gamma_{\tilde{k}} = \Theta^a[r - c] \quad , \quad \Theta^a[0] = 0, \quad (5)$$

wobei r den Realzins und c eine Konstante darstellen.¹⁰ Letztere beinhaltet wichtige, nicht modellierte Fundamentaldaten der Ökonomie, die sich annahmegemäß kaum

¹⁰Die Funktion Θ^a gibt demnach die Theorie der 'alten' Wachstumstheorie (mit Superskript a) in kondensierter Form wieder.

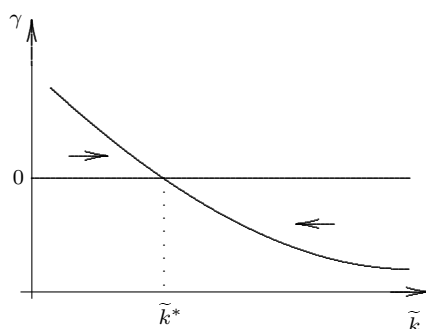
in der Zeit ändern. Die Theorie besagt, dass ein höherer Realzins r zu mehr Ersparnissen und damit zu mehr Investitionen führt. Dies wiederum führt zu höherem Wachstum des Kapitalstocks (in effizienter Arbeit). Damit ist $\gamma_{\tilde{k}}$ steigend in r , d.h. $\frac{d\Theta^a}{dr} > 0$. Aber der Realzins muss ein Mindestniveau haben, damit Investitionen zu mehr Kapital führen. Wenn $r < c$, dann ist der Realzins zu niedrig und es wird Kapital abgebaut: $\Theta^a[r < c] < 0$. Wenn $r > c$, dann lohnen sich Investitionen und der Kapitalstock wächst: $\Theta^a[r > c] > 0$.

Nun muss noch der Realzins bestimmt werden. Hier wird angenommen, dass der Realzins gleich dem Grenzprodukt des Kapitals ist. Gewinnmaximierende Firmen werden Kapital auf dem Kapitalmarkt für ihre Produktion nachfragen, bis die Kosten für diesen Input gleich dem Grenzbeitrag zum Gewinn entsprechen. Ausgehend von unserer Produktionsfunktion in (2) muss dann gelten $r = \frac{\partial Y}{\partial K}$ und somit

$$r = \frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = \alpha K_t^{\alpha-1} (A_t L_t)^{1-\alpha} = \alpha \left(\frac{K_t}{A_t L_t} \right)^{\alpha-1} = \alpha (\tilde{k}_t)^{\alpha-1}. \quad (6)$$

Damit richtet sich der gleichgewichtige Realzins nach dem Grenzprodukt des Kapitals. Man sieht, dass das Grenzprodukt fallend in \tilde{k} ist.¹¹

Abbildung 2: Wachstumsrate



Wenn also das anfängliche \tilde{k} sehr niedrig ist, dann ist r hoch und so $r > c$. Dann

¹¹Der Exponent ist $\alpha - 1$ und negativ, da $0 \leq \alpha \leq 1$.

wird der Kapitalstock wachsen und r wird fallen. Wenn \tilde{k} sehr hoch ist, dann ist r niedrig und $r < c$. Dann wird Kapital abgebaut und r wird steigen. Insgesamt lässt sich daran erkennen, dass es nur einen Gleichgewichtszustand geben kann, der mit $r = c$ gekennzeichnet ist. Nur ein \tilde{k} ist damit vereinbar und durch c bestimmt. In diesem Zustand mit \tilde{k}^* jedoch gilt, dass der Kapitalstock pro Arbeit in Effizienzeinheiten dann nicht mehr wächst, $\gamma_{\tilde{k}} = 0$. Damit haben wir das Gleichgewicht für den *steady state* mit *balanced growth* gefunden und ökonomisch erklärt. Es ist gekennzeichnet durch

$$\gamma_{\tilde{y}} = \gamma_{\tilde{k}} = 0,$$

d.h. im langfristigen Gleichgewicht wachsen der Output und der Kapitalstock pro Arbeit in Effizienzeinheiten *nicht*.

Arbeit in Effizienzeinheiten ist nicht einfach zu messen. Wir können aber aus der Eigenschaft des langfristigen Gleichgewichts herausfinden, wie das Pro-Kopf-Einkommen ($y = Y/L$) und die Kapitalintensität ($k = K/L$) wachsen. Wir wissen $\gamma_{\tilde{y}} = \gamma_Y - \gamma_L - \gamma_A = \gamma_y - \gamma_A$. Damit folgt:

$$\gamma_{\tilde{y}} = 0 \Leftrightarrow \gamma_y - \gamma_A = 0 \Leftrightarrow \gamma_y = \gamma_A. \quad (7)$$

Das bedeutet, dass im langfristigen Gleichgewicht das Pro-Kopf-Einkommen mit der Rate des technischen Fortschritts wächst. Letztere war als exogen angenommen. Deshalb werden diese Modelle auch als *exogene* Wachstumstheorien bezeichnet.

Kritisch anzumerken ist, dass die Solow-Swan-Modelle eigentlich keine Erklärung des Wachstums anbieten. Sie analysieren eher die Bedingungen, die erfüllt sein müssen, damit es langfristige Gleichgewichte gibt. Ferner zeigen sie, dass eine neoklassische Welt dynamisch stabil ist. Die Bewegungen des Realzinses sorgen dafür, dass eine Ökonomie immer langfristig zu seinem Gleichgewichtszustand (*steady state*) gelangt.

Proposition 1 *In den Standardmodellen der neoklassischen Wachstumstheorie hängt die langfristige Wachstumsrate des Pro-Kopf-Einkommens von der exogen vorgegebenen Wachstumsrate des technischen Fortschritts ab. Dieser wird nicht erklärt. Man spricht deshalb auch von exogener Wachstumstheorie.*

Wichtig fest zu halten, ist jedoch, erstens, dass, obwohl als exogen angenommen, der technische Fortschritt und somit neues Wissen eine entscheidende Rolle für die Bestimmung des langfristigen Wirtschaftswachstums darstellt und, zweitens, dass ungestörte Märkte zu diesem Ergebnis führen.

3 Neue Wachstumstheorie und Wissen

Die neue Wachstumstheorie geht auf die Beiträge von Romer (1986), Lucas (1988), Romer (1990) und Aghion and Howitt (1992) zurück.¹² Ihnen gemeinsam ist die Endogenisierung des technischen Fortschritts. Ausgangspunkt dafür stellt die neoklassische Wachstumstheorie dar. In Bezug zu dem vorherigen Abschnitt können wir vereinfachend sagen, dass wir jetzt nicht mehr annehmen, das Technologieniveau A und seine Wachstumsrate γ_A seien exogen, sondern in den Modellen der Neuen Wachstumstheorie wird das Technologieniveau A endogenisiert, indem es von ökonomischen Variablen und Entscheidungen x abhängig gemacht wird. Nachfolgend finden sich einige Prototypen zu Modellen mit $A(x)$.

Zunächst muss man sich aber Klarheit darüber verschaffen, dass sich Ökonomen das Technologieniveau und das Wissen im allgemeinen in diesem Theoriegebäude als ein "Gut" vorstellen. In den folgenden Darstellungen wird die Unterscheidung zwischen *privaten* und *öffentlichen* Gütern eine entscheidende Rolle spielen. Wissen ist in diesem Zusammenhang interessant, weil es ein intangibles Gut ist, über das man sich diese Gedanken machen muss. Definitionen zu den Gutseigenschaften sind

¹²Eine Vorwegnahme der Arbeit von Romer (1986) findet sich schon in Frankel (1962). Aber der akademische Markt war wohl damals noch nicht reif genug, um die Bedeutung von Frankels Arbeit zu würdigen. Das kann vielleicht damit erklärt werden, dass endogene Wachstumstheorien auch immer gleichzeitig die wohlfahrtsoptimale Funktion der Märkte in Frage stellt. Letzteres kann wohl als eine Art Dogma der Profession in den 60er und 70er Jahren angesehen werden.

dabei in der Ökonomie, wie in anderen Wissenschaften auch, etwas anders als der "common sense" vermuten lässt.

In der Ökonomie spricht man von privaten und öffentlichen Gütern. Ein *privates* Gut ist dadurch charakterisiert, dass seine Verwendung durch eine Wirtschaftseinheit andere Wirtschaftseinheiten von der Verwendung ausschließt. Bezüglich eines *öffentlichen* Gutes gilt dieses *Ausschlussprinzip* nicht. Ein öffentliches Gut kann gleichzeitig von mehreren Wirtschaftseinheiten genutzt werden, ohne dass seine Menge spürbar abnimmt. Typische Beispiele für private Güter sind Nahrung und Kleidung und für öffentliche Güter Landesverteidigung, Rechtssicherheit oder Impfschutz. Es ist dabei wichtig zu bemerken, dass öffentliche Güter zunächst nichts mit deren, auch allgemein verfügbaren, Bereitstellung zu tun haben. Beispielsweise kann der Staat Nahrung und Landesverteidigung bereitstellen, aber von der Landesverteidigung kann man niemanden ausschließen, von der Nahrungsmittelzuteilung jedoch schon. Damit gibt die Unterscheidung zwischen privaten und öffentlichen Gütern nur inhärente Eigenschaften über den Gebrauchsausschluss wieder.

In den folgenden Abschnitten werden wir sehen, dass Wissen ökonomisch mal diese oder jene Eigenschaft haben kann. Dazu schauen wir uns zunächst zwei Prototypen von Modellen an.

3.1 A(k): Technologie als öffentliches Gut

Wir betrachten zu Beginn eine kurze Version des Romer (1986) Modells. Der Analyserahmen ist der gleiche wie in der neoklassischen Wachstumstheorie. Damit gehen wir von der gleichen Produktionsfunktion wie in (2) aus. Auch die Spar- und Investitionsentscheidungen sind im Prinzip gleich. Die entscheidende neue Annahme ist, dass das Technologieniveau A von den Entscheidungen der ökonomischen Agenten abhängt. Nehmen wir an, das Wissen um die Produktionsmöglichkeiten einer einzelnen Firma kann nicht verborgen bleiben. Diese Annahme mag in der langen Periode Sinn machen. Wie eine Firma ihr Produkt herstellt, bleibt nicht geheim und kann

damit von anderen Firmen genutzt werden. Damit ist das Wissen um die Produktion ein *öffentliches* Gut. Erfindet eine Firma eine neue Technik, so steht sie nach dieser Annahme sofort allen anderen Firmen zur Verfügung.¹³ Gegeben die Erfahrungen der anderen Firmen kann eine Firma mit Hilfe von *learning by doing* (siehe Arrow (1962)) Neues erdenken und anwenden. Das wiederum hat Auswirkungen auf die anderen Firmen. Wichtig ist dabei die Annahme, dass die einzelne Firma nichts gegen (oder für) diesen Zusammenhang machen kann. Sie nimmt das gerade herrschende Technologieniveau als Datum und ignoriert ihren eigenen Einfluss darauf.

Romer (1986) nimmt nun an, dass die Entwicklung von technischem Wissen sich im Mechanisierungsgrad widerspiegelt. Dieser sei z.B. gekennzeichnet von der Kapitalintensität $k = K/L$. Somit ist das Technologieniveau (positiv) abhängig von der Kapitalintensität, $A = A(k)$.

Nehmen wir nun den gleichen Modellrahmen an, der die neoklassische Wachstumstheorie kennzeichnet. Wir haben also eine Produktionsfunktion wie in (2). Wieder brauchen wir nach der Wachstumsbuchhaltung in (3) eine Beziehung wie in (4)

$$\begin{aligned}\gamma_y - \gamma_A &= \alpha\gamma_k - \alpha\gamma_A \\ \gamma_{\tilde{y}} &= \alpha\gamma_{\tilde{k}}.\end{aligned}$$

Die Theorie zur Spar- und Investitionsentscheidung sei ähnlich der in Gleichung (8).¹⁴ Gewinnmaximierende Unternehmen setzen nun wieder den Realzins gleich dem Grenzprodukt des Kapitals, aber sie ignorieren ihren Einfluss auf das Technologieniveau A . Dann gilt wie in (6)

$$r = \frac{\partial Y_t}{\partial K_t|_A} = \alpha K_t^{\alpha-1} (A_t L_t)^{1-\alpha} = \alpha \left(\frac{K_t}{A_t L_t} \right)^{\alpha-1}.$$

¹³Ein Beispiel hierzu mag der Spargelanbau sein. Die Idee, Plastikfolie über die Felder zu legen, damit das Wachstum des Spargels besser vonstatten geht, ist inhärent ein öffentliches Gut. Jeder Spargelbauer kann es beobachten und nachmachen. (Eine einfache Art von *reverse engineering*.) Deshalb war derjenige nicht erfolgreich, der versuchte, aus dem öffentlichen Gut der Spargelproduktionstechnik mit Plastikfolie mittels Patent ein privates Gut zu machen.

¹⁴Wie dort sei $\gamma_{\tilde{k}} = \Theta^n[r - c]$, $\Theta^n[0] = 0$, mit den bekannten Eigenschaften auch für die neue Theorie $\Theta^n[\cdot]$, nämlich $\Theta^n[0] = 0$, $\frac{d\Theta^n}{dr} > 0$, $\Theta[r < c] < 0$ und $\Theta[r > c] > 0$.

Nun hängt das Technologieniveau A aber vom Mechanisierungsgrad und damit der Kapitalintensität k ab. Wir nehmen einfachheitshalber an, A hänge linear von $k = K/L$ ab, so dass

$$A_t = dk_t, \quad (8)$$

wobei d eine Konstante darstellt. Wenn wir diesen Ausdruck nun in die Bestimmung von r einsetzen, erhalten wir

$$r = \alpha \left(\frac{K_t}{A_t L_t} \right)^{\alpha-1} = \alpha \left(\frac{K_t}{dk_t L_t} \right)^{\alpha-1} = \alpha d^{1-\alpha},$$

da $A_t L_t = dk_t L_t = d \frac{K_t}{L_t} L_t = dK_t$ und $\alpha(1/d)^{\alpha-1} = \alpha d^{1-\alpha}$. Damit hängt aber r nur noch von Konstanten ab. Änderungen in der Kapitalintensität haben dann keinen Einfluss auf den Realzins. Wir haben demnach kein fallendes Grenzprodukt mehr. Dies liegt an der positiven Externalität, die ein höheres k auf die Technologie ausübt. Für ein gegebenes Technologieniveau A ist der Realzins fallend in k . Aber es gibt einen Gegeneffekt. Höheres k führt zu einem höheren Technologieniveau A und damit zu einem höheren Realzins r . In unserem Beispiel konterkarieren sich diese beiden Effekte und darum ist der Realzins konstant.

Wenn ferner d hinreichend groß ist, dann folgt, dass $r = \alpha d^{1-\alpha} > c$ und $\gamma_{\bar{k}} > 0$ wie in Gleichung (5). Das nehmen wir nun an. Aus Gleichung (8) folgt, $\gamma_A = \gamma_k$. Für die Wachstumsratenzusammenhänge in (8) ergibt sich dann unter der Beachtung, dass $\gamma_A = \gamma_k$,

$$\begin{aligned} \gamma_y - \gamma_A &= \alpha \gamma_k - \alpha \gamma_A \\ \gamma_y &= \alpha \gamma_k + (1 - \alpha) \gamma_A \\ \gamma_y &= \alpha \gamma_k + (1 - \alpha) \gamma_k = \gamma_k > 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Damit entspricht das Wachstum des Pro-Kopf-Einkommens im Gleichgewicht der

Wachstumsrate der Kapitalintensität. Letztere ist aber positiv im Gleichgewicht! Dieses Ergebnis ist sehr anders als das für die neoklassische Wachstumstheorie, welche erforderte, dass $\gamma_k = 0$ im langfristigen Gleichgewicht ist.

Der Grund für das positive Wachstum der Kapitalintensität und damit des Pro-Kopf-Einkommens ist die positive Externalität, die die Akkumulation von k auf A bewirkt. Die Firmen sind sich der Externalität nicht bewusst oder zu klein, um sie in ihren Entscheidungen zu berücksichtigen. Ungestörte Märkte führen dann aber zu einer suboptimalen Wohlfahrtssituation. Ein Planer hätte zuerst die Information über die Externalität verwandt und dann den Realzins bestimmt, der dann höher wäre. Wichtig ist, dass über die Externalität in $A(k)$ das Wachstum *endogen* bestimmt ist. Die Entscheidungen der Akteure beeinflusst das Technologieniveau und damit indirekt das Wachstum. Der technische Fortschritt ist damit nicht mehr exogen, sondern endogen. Deshalb spricht man auch von *endogener* Wachstumstheorie. Ein wichtiges Merkmal der meisten dieser Modelle ist, dass es keine fallenden Grenzproduktivitäten gibt.

3.2 A(R&D): Technologie als privates Gut

Im Modell von Romer (1986) ist die Technologie ein *öffentliches* Gut. In der wirtschaftlichen Realität, insbesondere der reicheren Länder, spielt jedoch die Forschung und Entwicklung (*research and development (R&D)*) auf Firmenebene eine entscheidende Rolle. Firmen investieren in die Entwicklung neuer Technologien oder Produkte und erwarten, dass Technologien, die ihnen einen technischen Vorsprung gegenüber den Konkurrenten geben, zusätzliche Gewinne erbringen. Dafür lassen sie sich die neuen Techniken oft patentieren. Mit der neuen Technik haben sie dann temporär, z.B. für die Laufzeit des Patents oder durch die erreichte technische Überlegenheit, eine Monopolstellung hinsichtlich der Verwendung der Technologie und der daraus folgenden Wettbewerbsposition. Demnach wären Innovationen und deren wirtschaftliche Nutzung *private* Güter.

Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen dienen dazu die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Erfindung zu erhöhen. Dazu gibt es viele verschiedene Forschungsmethoden. Man denke nur an die *screening*-Methode in der pharmazeutischen Industrie, nach der einfach die Möglichkeiten von Substanzkombinationen ausgetestet werden. Dazu braucht man lange Versuchsreihen, und das erfordert u.U. erhebliche Mittel. Die aus einer erfolgreichen Innovation resultierende (temporäre) Monopolrente stellt dann für den Innovator, aber auch für die Mitwettbewerber Anreize dar, selbst R&D-Kosten zu bestreiten, um eine technologische Führerschaft zu halten oder zu gewinnen. Oft verdrängt ein Innovator denjenigen Mitbewerber, der gerade die Führungsposition inne hat. Dies wird nach Schumpeter (1934) auch als "kreative Zerstörung" bezeichnet.

Im Model von Romer (1990) führt Innovation zu einer breiteren Produktpalette. Es handelt sich um horizontale Produktinnovationen (z.B. einfacher Joghurt und dann Erdbeer-, Himbeer- und anderer Früchtejoghurt). Eine größere Produktvielfalt impliziert höheren Output und somit Wachstum.

In den Modellen von Aghion and Howitt (1992) oder auch Grossman and Helpman (1991) führt Innovation zu einer Verbesserung der Input- oder Konsumgüter. Dann handelt es sich um vertikale Produktinnovationen (z.B. Grammophon, dann Plattenspieler, dann CD-Spieler). Hier führen die Verbesserungen der Input- oder Konsumgüter zu besseren Produktionsmöglichkeiten und somit zu höherem Wachstum.

Die Hypothese, dass Innovationen zu privaten Gütern werden und zu "kreativer Zerstörung" führen, hat z.B. wichtige wettbewerbsrechtliche Implikationen. Nach der Schumpeter'schen Hypothese führen größere Firmen eher Innovationen durch. Demnach sollten Konzentrationstendenzen in Industrien förderlich für das Wachstum sein, weil dann mehr Innovationen getätigt werden. In diesem Zusammenhang finden allerdings Aghion, Bloom, Blundell, Griffith, and Howitt (2005), dass es einen invertiert U-förmigen Zusammenhang zwischen Wettbewerbsgrad und Innovationen

gibt. Ihre Studie bezieht sich auf britische Daten. Bertscheck and Entorf (1996) finden für Belgien, Frankreich und Deutschland, dass Innovationen und Firmengröße U-förmig verbunden sind.

Wettbewerbsgrad in Industrien und Innovationen als private Güter sind demnach von hoher politischer Bedeutung, gerade auch im Hinblick auf die Auswirkungen auf das Wirtschaftswachstum und die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften.

3.3 A(H): Die Rolle von Humankapital und Wissen

Das Wissen allgemein und das technische Wissen im Speziellen sind normalerweise an Medien gebunden. Es ist in Büchern, in Bibliotheken oder auf anderen Datenträgern kodifiziert. Aber dieses Wissen kann niemals aktiviert werden, wenn es nicht auch in Menschen vorhanden ist. Außerdem gibt es eine Fülle (vielleicht sogar der überwiegende Teil) von Wissen, das direkt in Menschen inkorporiert ist. Menschen, die Wissen haben, besitzen nach den Vorstellungen von Ökonomen "Humankapital". Der Begriff ist deshalb für Ökonomen einsichtlich, weil Lernen Investieren ähnelt und Wissen einen Stockcharakter ähnlich wie physisches Kapital hat. Vergessen gleicht der Abnutzung von Maschinen etc. Auch wenn schwer messbar, folgen Ökonomen Becker (1964) und arbeiten seit den 60er Jahren mit diesem Konzept. "Humankapital" hat dabei eine absolut positive Konnotation in der Ökonomik.¹⁵

In dem wichtigen Beitrag von Lucas (1988) werden physisches Kapital und Humankapital in der Produktion gekoppelt. Beide Faktoren sind dabei akkumulierbar. Wenn die Produktion wieder neoklassisch ist und beide Faktoren positive, aber fallende Grenzerträge aufweisen, gibt es Komplementaritäten zwischen diesen beiden Inputfaktoren. Während mehr Akkumulation in physisches Kapital den Ertrag von

¹⁵"Humankapital" zum 'Unwort des Jahres' zu wählen, wie vor einiger Zeit in Deutschland geschehen, macht wahrscheinlich für Ökonomen so viel Sinn, wie "Druck" zum 'Unwort' zu wählen. "Druck" ist ein Begriff, den Physiker und Ingenieure öfter benutzen. Auch wenn der Druck so hoch ist, dass ein Kessel platzt, hat der Begriff in den dortigen Wissenschaften keine sofortige negative Konnotation, sondern ist einfach ein Phänomen.

physischem Kapital immer weniger steigert (fallender Grenzertrag des physischen Kapitals), so sorgt die Akkumulation von Humankapital zu Steigerungen des Ertrags auf physisches Kapital. Gleiches gilt umgekehrt für den Ertrag von Humankapital. Das bedeutet, der jeweils andere Faktor stoppt das Fallen der Grenzerträge. Damit wären die Returns auf beide Kapitalarten konstant. Wenn sie im Gleichgewicht dann gleich sind, gibt es ein konstantes Verhältnis von Human- zu physischem Kapital. Es ist dann möglich, dass, wie im Romer (1986) Modell, positives Wachstum des Pro-Kopf-Einkommens endogen durch die Wechselwirkungen von Human- zu physischem Kapital bestimmt wird.

Wir schauen uns nun das Lucas Modell in einer sehr einfachen Formulierung an. Wir nehmen an, das Technologieniveau A hänge von dem Bestand vom Humankapital pro Person h ab, d.h. $A(h)$. Einfachheitshalber gehen wir wieder vom linearen Fall aus:

$$A = h. \tag{10}$$

Der Modellrahmen ist ähnlich wie der der neoklassischen Wachstumstheorie. Wir nehmen an, dass keine Externalität vorliegt, d.h. die Individuen wissen, dass $A = h$. Dann ist unsere aggregierte Produktionsfunktion

$$Y_t = K^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha} = K_t^\alpha H_t^{1-\alpha}, \quad \text{wobei } H_t = h_t L_t. \tag{11}$$

Wir nehmen ferner einfachheitshalber an, die Bevölkerung wachse nicht und setzen $L_t = 1$ für alle Zeitpunkte t .

Wenn nun ein repräsentatives Individuum Humankapital oder physisches Kapital akkumulieren kann, wird es sich nach den Erträgen der beiden 'Anlageformen' richten. Im Gleichgewicht müssen diese Erträge gleich sein, denn sonst wird nur in Humankapital oder nur in physisches Kapital investiert. Die Ertragsraten der beiden 'Anlageformen' entsprechen dann in einer neoklassischen Welt wieder den

Grenzprodukten für Humankapital und physisches Kapital. Im Gleichgewicht sind diese beiden gleich und das erfordert ein bestimmtes Verhältnis von Humankapital zu physischem Kapital. Dieses ist konstant. Damit aber sind im Gleichgewicht auch die Ertragsraten konstant. Wenn sie größer als ein bestimmter Wert c sind, dann wächst diese Ökonomie im langfristigen Gleichgewicht mit einer konstanten, positiven Rate.¹⁶

Das bedeutet, dass fallende Grenzerträge durch die Akkumulation der jeweils anderen 'Anlageform' konterkariert wird. Damit wird Wissen, das in den Menschen in Form von Humankapital inkorporiert ist, zu einer positiven Externalität und damit zu einem wachstumsfördernden Faktor.

4 Fachspezifisches Humankapital und Wachstum

Die einfache Form des Modells von Lucas (1988) im Abschnitt 3.3 ist hoch aggregiert. Alle möglichen Formen des Wissens sind in einem Index h zusammengefasst und in Bezug zu dem Technologieindex A gesetzt. Diese heroische Annahme erlaubt es, die Bedeutung von Wissen für den Wachstumsprozess herauszuarbeiten, aber in der Realität müssen wir wissen, welches Wissen von Bedeutung ist.

In diesem Zusammenhang wird oft auf die große Bedeutung von natur- und ingenieurwissenschaftlichem Wissen hingewiesen. Dies erscheint logisch, wenn man unterstellt, dass hauptsächlich technisches Wissen für die Produktion entscheidend ist. Es ist klar, dass für viele Prozesse genug Naturwissenschaftler und Ingenieure vorhanden sein müssen, um bestehendes Wissen in der Produktion anzuwenden oder neues Wissen für eine Erweiterung der Produktionsmöglichkeiten zu generieren. Deshalb schauen viele Länder auf Indikatoren, die die Ausstattung einer Volkswirtschaft mit Qualifizierten in diesen Bereichen widerspiegeln. Man hört oft in diesem Zusammenhang, dass ein Mangel an qualifizierten Naturwissenschaftlern oder Ingenieuren in einer Volkswirtschaft einen Wettbewerbsnachteil im Technologiewettlauf

¹⁶Eine formale Analyse dazu findet sich in Appendix B.1.

einer globalisierten Welt darstellt.

Das wird auch in der Hochschulpolitik so diskutiert. Häufig weisen Bildungspolitiker mit Stolz auf die Leistungen der technisch-naturwissenschaftlichen Fachbereiche von Hochschulen hin und argumentieren, dass ein Ausbau und damit eine größere Mittelausstattung insbesondere dieser Fachbereiche angemessen sei. Über z.B. geisteswissenschaftliche Leistungen wird weniger euphorisch berichtet und es ist bekannt, dass die Mittelausstattung in diesen Fachbereichen meist weniger 'generös' ausfällt.

Ziel der folgenden Analyse ist es, einen Einblick in den Zusammenhang von fachspezifischem Humankapital und dem Wirtschaftswachstum zu bekommen. Zunächst muss klargestellt werden, dass Humankapital schwer zu messen ist. International üblich ist es, Maßzahlen zur Ausbildungsdauer (bspw. *years of schooling*) oder von Ausbildungsabschlüssen zu verwenden. Beide haben Vor- und Nachteile. Die Ausbildungsdauer ist schon deshalb ein problematischer Indikator, weil sie nichts über den Inhalt und die Intensität der Ausbildung aussagt. Abschlüsse zu zählen, ist problematisch, weil auch Vergleiche von Abschlüssen keine genaue Information über den Inhalt und die Dauer der Ausbildung bereitstellt. Dennoch werde ich im Folgenden Indikatoren zu Abschlüssen verwenden. Abschlüsse erreicht man in der primären (Grundschule), sekundären (mehr als 6 Schuljahre) und tertiären (Universität oder Fachhochschule) Ausbildung. Untersuchungen über den Zusammenhang dieser Bildungsstufen und dem Wirtschaftswachstum haben ergeben, dass für Entwicklungsländer primäre und sekundäre Ausbildung wichtig sind. Für Industrienationen hingegen spielen vor allem die sekundäre und tertiäre Ausbildung eine besondere Rolle. Für Wissen und insbesondere *neues* Wissen und somit für Innovationen, seien sie technologische oder nichttechnologisch, spielen tertiär Ausgebildete sicher die Hauptrolle. Die meisten Berufe im Forschungs- und Entwicklungsbereich und natürlich die Hochschulen selbst als Wissensgeneratoren erfordern von Beschäftigten einen tertiären Bildungsabschluss in Form eines Bachelors, Diploms, Magisters oder

einer Promotion.

Nachfolgend gehen wir von einem Modellzusammenhang aus, nach dem die aggregierte Produktion eine Funktion von Kapital und verschiedenen Formen von Humankapitalstocks $H_j, j = 1, \dots, N$ ist,

$$Y = F(K, H_1, \dots, H_N).$$

Diese Funktion lassen wir zunächst unbeschränkt. Das heißt, wir legen zunächst nur fest, dass es einen Zusammenhang zum Wachstum gibt, der sich mit

$$\gamma_y = f(h_1, \dots, h_N) \tag{12}$$

darstellen lässt, wobei wir annehmen, dass $h_j, j = 1, \dots, N$ Humankapitalanteile darstellen.

Für die weitere Analyse werden wir diese Anteile als Anteile neuer Graduierte insgesamt oder für ein bestimmtes Fachgebiet in Bezug zur Gesamtbevölkerung anschauen.¹⁷ In der folgenden empirischen Untersuchung werden nun die Eigenschaften von den einzelnen Humankapitalanteilen auf die Wachstumsrate des Pro-Kopf-Einkommens γ_y analysiert. Von besonderem Interesse sind dann die Eigenschaften von $f(\cdot)$. Wir schauen, ob z.B. $\frac{\partial \gamma_y}{\partial h_j} > (<) 0$, d.h. ob verschiedene Formen von Humankapital positiv oder negativ mit der Wachstumsrate verbunden sind. Weitere Eigenschaften werden in der empirischen Untersuchung angesprochen und analysiert.

¹⁷Graduierte werden hier somit als potentielle Generatoren neuer Ideen gesehen. Neue Ideen führen dann zu Innovationen. Diese Prozesse erfordern Zeit. In der Untersuchung wird ein jährlicher Strom von Absolventen betrachtet, der annahmegemäß im Jahresrhythmus neue Ideen (Wissen) für die Innovationskraft aufrecht erhält.

5 Eine empirische Analyse

Ausgehend von vorhandenen international verfügbaren Daten soll im Folgenden ein Blick auf den Zusammenhang zwischen der fachspezifischen Humankapitalentwicklung von OECD Ländern und der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit, gemessen anhand der Wachstumsrate des Pro-Kopf-Einkommens, gegeben werden.

5.1 Die Daten

Die UNESCO veröffentlicht in ihren statistischen Jahrbüchern (*UNESCO Statistical Yearbook*) Informationen zu Bildung, Forschung und Entwicklung. Hierbei liefert sie auch Informationen zu der Zusammensetzung des Humankapitals in den Tabellen "Education at the third level: Graduates by ISCED level of programme and field of study". Das bedeutet, die neuen Graduierten (Absolventen pro Jahr) von Bildungseinrichtungen der tertiären Ausbildungsphasen (Hochschule, Fachhochschule) werden nach den Fachdisziplinen gegliedert. Die UNESCO bedient sich dabei eines standardisierten Klassifikationsschemas, das einen Vergleich von Bildungsstatistiken und Indikatoren auf der Basis von einheitlichen und international anerkannten Definitionen ermöglicht. Ab 1976 veröffentlicht sie die *International Standard Classification of Education*, abgekürzt ISCED. Dieser dient einerseits zur Untergliederung in Primär-, Sekundär- und Tertiärausbildung, andererseits dient er zur Differenzierung auch innerhalb dieser drei Gruppen. Insgesamt gibt es neun Kategorien.

Der tertiäre Sektor besteht dabei aus drei Bereichen (Level 5-7). Level 5 klassifiziert Abschlüsse im Bereich der oberen sekundären und der unteren tertiären Ausbildung, erfasst jedoch noch keine ersten universitären Abschlüsse. Diese sind im Level 6 erfasst und geben die Gruppe mit bacheloräquivalenten Abschlüssen wie z.B. dem Vordiplom wieder. Level 7 erfasst dann die Master- und Doktoratsabschlüsse.

Aufgrund der ISECD Klassifizierung liegen konsistent Daten ab 1976 vor. Da vor allem Level 6 kontinuierlich erfasst ist, wird im Folgenden diese Gruppe mit erstem universitären Abschluss (Bachelor) verwendet. Für diese Arbeit liegen Daten aus

den jeweiligen (*UNESCO Statistical Yearbooks*) von 1976 bis 1992 vor, die angeben, wie viele Absolventen in welchen Fachdisziplinen in einem Land pro Jahr vorhanden sind.¹⁸

Die UNESCO nimmt dabei folgende Aufteilung vor:

Tabelle 1: UNESCO-Gliederung der Absolventenzahlen nach Fachgebieten

- Education Science and Teacher Training	- Humanities, Religion and Theology
- Fine Arts and Applied Arts	- Law
- Social and Behavioural Science	- Commercial and Business Administration
- Mass Communication and Documentation	- Home Economics
- Service Trade	- Natural Science
- Mathematics and Computer Science	- Medical and Health Related School
- Engineering	- Architecture and Town Planning
- Trade, Craft and Industrial Programs	- Transport and Communication
- Agriculture, Forestry and Fisheries	- Other and Not Specified

Diese Aufteilung ist mit achtzehn Kategorien relativ ausdifferenziert. Sie entspricht nicht unbedingt den gängigen Klassifikationen, wie sie, ausgehend von Fakultätsbezeichnungen (juristische, philosophische, naturwissenschaftliche etc. Fakultät), normalerweise üblich sind und in anderen Studien vorgenommen wurden. Deshalb habe ich die o.a. Fachgliederung in fünf grobere Kategorien eingeteilt, die auch mit der Klassifikation der UNESCO vor dem Jahr 1976 kompatibel ist und eher einer klassischen Fakultäts- oder Fachbereichs- und einer inhaltlichen Gliederung entspricht.

¹⁸Für diesen Zeitraum ist die Wiedervereinigung Deutschlands kein Problem in den Daten, da diese sich bis zu dem Zeitpunkt 1992 auf Daten für Westdeutschland bezieht.

Tabelle 2: Zusammenfassung der einzelnen Fächer zu großen, zuordnungsbaeren Fachgebieten

Education:	Education Science and Teacher Training
Humanities:	Humanities; Religion and Theology; Fine and Applied Arts
Social Science:	Law; Social and Behavioural Sciences; Commercial and Business Administration; Mass Communication and Documentation; Home Economics; Service Trade
Natural Science:	Natural Science; Engineering; Mathematics and Computer Science; Architecture and Town Planning; Transport and Communication; Trade, Craft and Industrial Programs; Agriculture; Forestry and Fisheries
Medical Science:	Medical and Health Related School
Other:	Other Sciences and Not Specified

Der erste Bereich (*Education*) umfasst die Lehrerausbildung und Pädagogik. Bei den Geisteswissenschaften (*Humanities*) sind auch Theologie und Kunstausbildung zusammengefasst. Die Sozialwissenschaften (*Social Sciences*) beinhalten nach der Klassifikation auch Jura, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre, Psychologie, Marketing etc. Die Naturwissenschaften (*Natural Sciences*) bestehen demnach aus den klassischen Fächern wie Physik, Chemie und Biologie, aber auch aus den Ingenieur- und Agrarwissenschaften und Architektur. Die Mediziner sind eine eigene Gruppe (*Medical Science*). Die anderen Wissenschaften (*Other*) können nicht eindeutig eingeordnet werden. Das liegt daran, dass es z.B. Doppelstudien gibt, die entweder jeweils den Fachgebieten eindeutig zugerechnet werden, aber von manchen Ländern als nicht zuordnungsbar gemeldet werden.

Mit dieser Einteilung sind in dieser Untersuchung folgende Variablen verbunden: GTP misst den Durchschnitt über den Zeitraum 1976-92 der *Gesamtanzahl* der Absolventen (in den klassischen Bereichen) pro Jahr in einem Land im Verhältnis zur *Gesamtbevölkerung* des Landes.¹⁹ Hierbei ist zu beachten, dass GTP eine Fluss- und

¹⁹GxP steht für "Graduierte" im Fach $x = T, E, H, SS, NS, MS$, wobei T für die Gesamtzahl der

keine Bestandsvariable ist. GTP misst demnach *neues* Humankapital und nicht den Bestand an tertiär Ausgebildeten. Natürlich sind in der Gesamtbevölkerung auch die in den Jahren zuvor Graduierten enthalten. GTP, wie die anderen Humankapitalindikatoren auch, ist damit auch ein Maß von (potentiell) neuen Ideen, die mit dem (ersten) Abschluss einer tertiären Ausbildung verbunden ist. In den meisten Wissenschaften ist es notwendig, mindestens eine Abschlussarbeit anzufertigen, die normalerweise mit mindestens einer neuen Idee verknüpft sein sollte. Die Annahme treffen wir hier. Damit scheint eine Variable zu den Absolventen eine Möglichkeit neues Wissen zu messen.²⁰

GEP setzt dann, ähnlich wie GTP, die Anzahl der Absolventen im Bereich "Education" zur Bevölkerung in Beziehung. GHP misst die relative Anzahl der Geisteswissenschaftler, GSSP die der Sozialwissenschaftler, GNSP die der Naturwissenschaftler und GMSP die der Ärzte.

Für die Untersuchung werden nur Daten von UNESCO (1976-92) für 24 hochentwickelte OECD Länder verwendet.²¹ Die Humankapitalkomposition wird in Beziehung zu der langfristigen Wachstumsrate für den Zeitraum 1976-92 und dem Anfangseinkommen pro Kopf im Jahr 1975 für jedes Land gesetzt. Die Daten dazu entstammen den oft verwendeten Penn World Tables (Mark 5.6A) von Summers and Heston (1991). Dabei bezeichnet GR die langfristige Wachstumsrate und LNY75 die logarithmierten Werte für das Pro-Kopf-Einkommen. Der daraus resultierende Datensatz ist in Anhang 8 aufgeführt.

Für die 24 OECD Länder ergibt sich dann folgendes Bild aus dem Sample.

Graduierten der klassischen Bereiche, *E* für die Lehrerausbildung, *H* für die Geisteswissenschaftler, *SS* für die Sozialwissenschaftler, *NS* für die Naturwissenschaftler und *MS* für die Mediziner steht. Das *P* steht für Population, d.h. die Gesamtbevölkerung. GTP ist dabei die Summe der klassischen Bereiche, d.h. die Summe aus GEP, GHP, GSSP, GNSP und GMSP. Die anderen und nicht spezifizierten Bereiche (*OTHER*) werden in der Untersuchung nicht weiter betrachtet.

²⁰Wie dieses neue Wissen dann genau wirtschaftlich nutzbar wird, kann in dieser Arbeit nicht weiter untersucht werden. Es wird einfach angenommen, dass es einen Link zwischen neuen, fachspezifischen Ideen und wirtschaftlicher Nutzbarkeit gibt.

²¹Die Länder sind: Australien, Österreich, Belgien, Kanada, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland (West), Griechenland, Irland, Italien, Japan, Korea, Mexiko, Niederlande, Neuseeland, Norwegen, Portugal, Spanien, Schweden, Schweiz, Türkei, Vereinigtes Königreich, Vereinigte Staaten von Amerika.

Tabelle 3: Deskriptive Statistiken

Variable	Anzahl	Mittelwert	Std. Abw.	Min.	Max.
GR	24	1,804	0,752	0,420	3,690
LNY75	24	8.993	0.465	7,750	9,520
GTP	24	0,211	0,086	0,095	0,397
GEP	24	0,035	0,040	0,005	0,199
GHP	24	0,035	0,022	0,002	0,074
GSSP	24	0,065	0,036	0,028	0,175
GNSP	24	0,054	0,020	0,025	0,089
GMSP	24	0,022	0,010	0,006	0,045

GR und GxP, $x = T, E, H, SS, NS, MS$ in Prozentpunkten.

Das "durchschnittliche" Land hat über den Zeitraum 1976-92 eine Wachstumsrate des Pro-Kopf-Einkommens von 1,8 Prozentpunkten im Jahr mit einer Standardabweichung von 0,75 Prozentpunkten. Das niedrigste Wachstum weist Neuseeland mit 0,42 Prozentpunkten, das höchste weist Portugal mit 3,69 Prozentpunkten auf.²²

Die durchschnittliche Absolventenzahl pro Jahr (relativ zur Gesamtbevölkerung) beträgt 0,21 Prozentpunkte. Es gibt eine durchaus große Variabilität in der Absolventenzahl, ausgedrückt in der Standardabweichung von 0,08 Prozentpunkten. Die Abschlüsse relativ zu Gesamtbevölkerung sind in den Ausbildungsprogrammen für Lehrtätigkeiten (*Education*) 0,035 Prozent, in den Geisteswissenschaften 0,035 Prozent, in den Sozialwissenschaften 0,065, in den Naturwissenschaften 0,054 und im Bereich der Medizin 0,022 Prozent.

Auch hier gibt es relativ große Unterschiede zwischen den Ländern, die sich z.B. in den hohen Standardabweichungen ausdrücken.

Eine aufschlussreiche Darstellung dieser Unterschiede ergibt sich, wenn wir die Verhältnisse der Absolventen der einzelnen Fächer zur Gesamtgraduieretenzahl bilden. Es sei $PERT_y = GyP/GTP$, wobei $y = E, H, SS, NS, MS$.

²²Von nun an wird nicht mehr explizit von Prozentpunkten, sondern zur Vereinfachung nur noch von Prozent gesprochen, wenn die Bedeutung klar ist.

Tabelle 4: Relative Absolventenzahlen nach Fachgebieten

Länder	PERTE	PERTH	PERTSS	PERTNS	PERTMS
AUSTRALIA	0,14	0,24	0,24	0,28	0,09
AUSTRIA	0,05	0,22	0,33	0,23	0,18
BELGIUM	0,07	0,15	0,32	0,29	0,16
CANADA	0,20	0,14	0,38	0,19	0,08
DENMARK	0,23	0,10	0,25	0,24	0,18
FINNLAND	0,17	0,15	0,26	0,33	0,10
FRANCE	0,11	0,30	0,29	0,28	0,02
GERMANY, (West)	0,23	0,07	0,31	0,30	0,09
GREECE	0,14	0,17	0,33	0,26	0,11
IRELAND	0,08	0,31	0,23	0,30	0,08
ITALY	0,04	0,17	0,28	0,30	0,21
JAPAN	0,07	0,17	0,43	0,27	0,05
KOREA	0,15	0,24	0,24	0,31	0,05
MEXICO	0,12	0,01	0,37	0,33	0,17
NETHERLANDS	0,25	0,10	0,28	0,21	0,15
NEWZEALAND	0,05	0,29	0,30	0,31	0,06
NORWAY	0,54	0,05	0,16	0,12	0,12
PORTUGAL	0,16	0,22	0,23	0,24	0,15
SPAIN	0,20	0,12	0,32	0,19	0,17
SWEDEN	0,22	0,08	0,30	0,24	0,17
SWITZERLAND	0,05	0,14	0,37	0,28	0,16
TURKEY	0,17	0,09	0,33	0,30	0,11
UK	0,07	0,22	0,27	0,37	0,07
USA	0,12	0,14	0,44	0,22	0,07
AVERAGE	0,15	0,16	0,30	0,27	0,12
STD	0,11	0,08	0,06	0,06	0,05

Anteile der Abschlüsse in dem jeweiligen Fach an den Gesamtabschlüssen.

Tabelle 4 zeigt, dass im Durchschnitt der OECD Länder über den betrachteten Zeitraum 15 bzw. 16 Prozent der Graduierten ihren Abschluss im Bereich Lehrerausbildung und den Geisteswissenschaften erhalten. Von den Gesamtabsolventen erlangen 30 Prozent ihren Abschluss in den Sozialwissenschaften, 27 Prozent in den Naturwissenschaften und 12 Prozent im Bereich der Medizin.

Wie man sieht, gibt es jedoch große Unterschiede zwischen den Ländern, was die fachspezifische Humankapitalkomposition betrifft. Ein Vergleich zwischen Deutsch-

land und den U.S.A. ist dabei aufschlussreich. Während in Deutschland z.B. 23 Prozent der Absolventen für den Lehrerberuf vorliegen, sind das in den U.S.A. 12 Prozent. In den Geisteswissenschaften schließen nur 7 Prozent in Deutschland, aber 14 Prozent in den U.S.A. ab. Damit gibt es relativ betrachtet nur die Hälfte der Absolventenzahlen in Geisteswissenschaften in Deutschland im Vergleich zu den Vereinigten Staaten. Deutschland liegt dabei auch unter dem Durchschnitt der OECD Länder, der für die Geisteswissenschaften 16 Prozent beträgt. Das ist etwas überraschend. In den Sozialwissenschaften schließen in den U.S.A. 44 Prozent ab, in Deutschland 31 Prozent. Einen signifikanten Unterschied gibt es auch in den Naturwissenschaften. Während 22 Prozent in dem Bereich in den U.S.A. einen Abschluss erhalten, sind es in Deutschland 30 Prozent. Damit hat Deutschland im Vergleich zu den Vereinigten Staaten relativ mehr Naturwissenschaftler. In Medizin sind die Abschlusszahlen annähernd gleich (Deutschland: 9 Prozent; U.S.A.: 7 Prozent).

Dieser Vergleich legt nahe, dass die Produktions- und somit die Arbeitsmarktbedingungen für Tertiärausgebildete in diesen beiden Ländern sehr verschieden sind. Die Fächerwahl der Studierenden spiegelt in gewissem Sinn nicht nur die Interessen, sondern auch in hohem Maße die späteren Berufsaussichten wider. Für die aktuelle wirtschafts- und hochschulpolitische Diskussion ist das von Belang. Wenn man diese Daten als produktionsrelevant interpretiert, scheint Deutschland relativ und im Vergleich zu den U.S.A. mehr im Bereich Naturwissenschaften und relativ weniger im Bereich Geisteswissenschaften tätig zu sein.²³

Um den Zusammenhang zwischen der ökonomischen Leistungsfähigkeit, gemessen durch das Wirtschaftswachstum, und der fachspezifischen Humankapitalkomposition zu analysieren, schauen wir uns folgende einfache Korrelationen an:

²³Für Deutschland, dem Land der "Dichter und Denker", scheint es demnach auf dem Arbeitsmarkt nicht viel Platz für Geisteswissenschaftler zu geben. Auch ein Vergleich mit Frankreich ist hier sehr aufschlussreich. Dort ist der Anteil der Geisteswissenschaftler ("hommes de lettres") noch höher als in den U.S.A. Allerdings ist ein Vergleich nur anhand der Klassifizierung der UNESCO erlaubt. Es ist sicher auch möglich, dass ein großer Teil derjenigen, die einen Abschluss in der Lehrerbildung erreichen, auch geisteswissenschaftliche Fächer belegen. Aber selbst wenn man die Anteile PERTE und PERTH als Abschlussanteile für vorwiegend geisteswissenschaftliche Fächer zusammennähme, bliebe der Unterschied zu Frankreich erheblich, aber der zu den U.S.A. würde praktisch entfallen. In dieser Arbeit wird jedoch der UNESCO-Klassifikation stringent gefolgt.

Tabelle 5: Korrelationen

	GR	LNY75	GTP	GEP	GHP	GSSP	GNSP
LNY75	-0.2489	1.0000					
GTP	0.0535	0.3562	1.0000				
GEP	0.0857	0.1906	0.6248	1.0000			
GHP	0.0679	0.1004	0.5840	-0.0616	1.0000		
GSSP	0.0020	0.3656	0.8403	0.2322	0.5021	1.0000	
GNSP	-0.0231	0.1978	0.7533	0.0706	0.7874	0.7254	1.0000
GMSP	0.0140	0.4035	0.3483	0.6429	-0.3365	0.1617	-0.1530

Zunächst stellen wir fest, dass die relative Gesamtanzahl der Graduierten positiv mit dem Wachstum und dem Anfangseinkommen verbunden ist, da die Korrelationen von GTP mit GR und LNY75 positiv sind. Das legt nahe, dass Länder, die 1975 reicher waren, mehr Tertiärausgebildete haben. Ferner scheinen mehr Absolventen mit Hochschulabschluss gut für das Wachstum zu sein. Dieser Zusammenhang scheint mit einem Wert von 0,05 jedoch nicht stark zu sein.

Für die Fachkomposition ergibt sich, dass alle Fachabschlüsse, außer in den Naturwissenschaften, positiv, aber unterschiedlich stark mit der Wachstumsrate GR korrelieren. Die Korrelation zwischen GNSP und GR ist jedoch -0,0231 und damit negativ. Das scheint überraschend.

Zwischen den Fächern sind die Korrelationen häufig positiv. Sie sind jedoch negativ für GHP und GEP (-0,06), GMSP und GHP (-0,34) und GMSP und GNSP (-0,15). Die anderen Fächerkombinationen sind positiv korreliert. Ferner ist festzuhalten, dass die Korrelation zwischen den Naturwissenschaften, GNSP, und den Geisteswissenschaften, GHP, mit 0,79 und die zwischen den Naturwissenschaften und den Sozialwissenschaften, GSSP, mit 0,73 hoch ist.

In diesem Zusammenhang kann man folgende Überlegung anstellen: Nehmen wir an, die Absolventenzahlen geben das Angebot in den jeweiligen Fachrichtungen auf dem Arbeitsmarkt wieder. Da wir einen längeren Zeitpunkt betrachten, nehmen wir ferner an, dass die Absolventenzahlen auch ungefähr der Arbeitsnachfrage von ge-

winnmaximierenden Unternehmen entsprechen.²⁴ Wenn dies der Fall ist, reflektieren die Absolventenzahlen auch produktionstechnische Gegebenheiten. Dann aber bedeuten negative Korrelationen zwischen Absolventenzahlen, dass diese Fächer wohl in einer *substitutiven* Beziehung in der gesamtwirtschaftlichen Produktion stehen. Sind die Korrelationen hingegen positiv, dann kann man von *komplementären* Beziehungen ausgehen.²⁵

Demnach wären im "typischen" Land der OECD Medizin und Naturwissenschaften, Geisteswissenschaften und Lehrerausbildung sowie Medizin und Geisteswissenschaften Substitute. Ein Absolvent in einem der Fächer kann als in der gesamtwirtschaftlichen Produktion ersetzend (substitutibel) in dem jeweils anderen Fach interpretiert werden. Diese Interpretation ist natürlich gewagt, ergibt sich jedoch aus den Daten für eine ökonomische Interpretation hinsichtlich der gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen der Aufteilung von Humankapital in den betrachteten OECD Ländern.²⁶

Komplementäre Beziehungen finden sich dagegen zwischen den anderen Fächerpaaren. Produktionsinterpretatorisch wäre damit z.B. für eine Erhöhung der Absolventen im Bereich Geisteswissenschaften mit einer höheren Absolventenzahl im Bereich Sozialwissenschaften einhergehend. Von besonderem Interesse für die Untersuchung ist die relativ starke komplementäre Beziehung zwischen den Geistes- und Naturwissenschaften (Korrelation: 0,79) einerseits und zwischen den Natur-

²⁴In der kurzen Periode kann es einen Mismatch geben, so dass Arbeitslosigkeit herrscht. Es ist wohl bekannt, dass z.B. in Deutschland Geisteswissenschaftler oft von höherem Arbeitslosigkeitsrisiko betroffen sind als Absolventen der anderen Fachdisziplinen. Oft finden jene Absolventen jedoch nach einiger Zeit Beschäftigung vor allem im Dienstleistungssektor. Der o.a. Zusammenhang wird aber hier für die lange Frist postuliert. Dann sind die Erwartungen auf der Arbeitsangebots- und Nachfrageseite eher kompatibel und die Möglichkeit eines Gleichgewichts gegeben.

²⁵Technische Substitution ist ein wichtiges Grundkonzept in der Ökonomie. Wenn zwei Faktoren Substitute sind, dann ist es möglich, einen Faktor x mit einem Faktor y in der Produktion zu ersetzen. Beispielsweise braucht man Butter und/oder Margarine beim Kuchenbacken. Bei Komplementarität hingegen braucht man für eine zusätzliche Einheit des Faktors x auch eine zusätzliche Einheit des Faktors y . Beispielsweise braucht man einen rechten Schuh (x) und einen linken Schuh (y) bei der 'Produktion' des Gehens.

²⁶Natürlich kann z.B. man nicht einfach einen Arzt durch einen Germanisten hinsichtlich der Aufgabengebiete ersetzen. Aber in wirtschaftlicher Hinsicht kann es durchaus sinnvoll sein, einen Germanisten mehr und einen Arzt weniger zu haben, wenn damit insgesamt, bei ausreichender ärztlicher Versorgung in der Gesellschaft, das Wissen eines zusätzlichen Germanisten marginal genauso zum Output beiträgt wie das Wissen eines weiteren Arztes.

und Sozialwissenschaften (Korrelation: 0,73) andererseits. Das legt nahe, dass diese Bereiche sich in der Produktion relativ stark ergänzen.²⁷ Diese Beobachtung wird für die folgenden Ausführungen eine besondere Rolle spielen.

5.2 Ein Wachstumsregressionsansatz

Einfache Korrelationen ergeben nur ein grobes Bild über den Zusammenhang zwischen bestimmten Einflussfaktoren und der Wachstumsrate. Es ist klar, dass in der Realität viele Dinge gleichzeitig Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung nehmen.

Eine oft verwendete Analyseform des simultanen Zusammenhangs zwischen dem Wirtschaftswachstum und dessen Determinanten sind daher Wachstumsregressionen. Sie gehen insbesondere auf Barro (1991) zurück.²⁸ Mit ihrer Hilfe können ländervergleichende Studien, auch im Zeitlängsschnitt, durchgeführt werden. Die archetypische Wachstumsregression hat die Form:

$$\gamma_y = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \beta_{i+1} \ln y_0 + \epsilon, \quad (13)$$

wobei γ_y die durchschnittliche Wachstumsrate des Pro-Kopf-Einkommens für einen betrachteten Zeitraum $t = 0, 1, \dots, T$ in den Ländern wiedergibt, x_i wachstumsbeeinflussende Faktoren, üblicherweise evaluiert zum Zeitpunkt 0 oder als Durchschnitt über den betrachteten Zeitraum, und $\ln y_0$ den logarithmierten Wert des Anfangseinkommens angibt. Die β 's sind die Koeffizienten einer zu schätzenden Regression und ϵ repräsentiert einen Störterm, der die nichtsystematischen Effekte, d.h. Effekte, die nicht in den x_i enthalten sind, misst.

²⁷Hinsichtlich der aktuellen wirtschafts- und hochschulpolitischen Diskussionen in vielen OECD Ländern ist die Rolle der Geisteswissenschaften dabei sicherlich überraschend. Angemerkt sei, dass das Humankapital in den Geisteswissenschaften auch anders ökonomisch messbar ist. Ein Indikator mag dabei die Forschungsförderung für Geisteswissenschaftler sein, die ein indirekter Indikator der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit in diesen Bereichen widerspiegelt.

²⁸Wachstumsregressionen können jedoch wegen einer Vielzahl von Gründen kritisiert werden. Allerdings werden sie immer noch in vielen wirtschaftlichen Institutionen verwendet. Ihr Vorteil ist, dass Informationen zu Unterschieden in den Ländern ermöglicht werden. Methodologisch gibt es jedoch eine Reihe von Problemen, die die Ergebnisse solcher Regressionen als nicht immer robust erscheinen lassen. Ich folge jedoch hier der ökonomischen Literatur seit den 90er Jahren, die diese Methode sehr ausgiebig verwendet hat.

Ausgehend vom Solow-Wachstumsmodell, welches Stabilität hin zum einem langfristigen Gleichgewicht impliziert, wird oft gezeigt, dass der geschätzte Wert für β_{i+1} *negativ* ist.²⁹ Dies wird in der Ökonomie als Bestätigung der *Konvergenzhypothese* betrachtet, nach der Länder, die anfangs ein niedrigeres Pro-Kopf-Einkommen haben, dann ein relativ höheres Wachstum aufzeigen als Länder, die anfangs reicher sind. Die Einbeziehung von $\ln y_0$ wird technisch auch als Kontrollvariable bezeichnet. Das bedeutet, dass die Einflüsse der anderen Variablen x_i auf das Wachstum von dem Einfluss des Anfangseinkommens $\ln y_0$ bereinigt werden.

Für unsere Analyse untersuchen wir den Einfluss der Humankapitalkomposition auf die langfristige Wachstumsrate. Dabei untersuchen wir zuerst, welchen Einfluss jedes Fach für sich allein genommen auf die Wachstumsrate hat, wenn wir in einer Regression den Einfluss des Anfangseinkommens (statistisch) kontrollieren. Dafür kann man zunächst $n = 0$ in Gleichung (13) setzen und schätzt dann

$$GR = \alpha + \beta_{i+1}LNY75 + u. \quad (14)$$

Nachdem diese Gleichung geschätzt wurde, erhält man die geschätzten Abweichungen u . Diese geben den *nicht* vom Anfangseinkommen LNY75 erklärten Anteil der Wachstumsrate GR an. Dieser nicht erklärte Anteil kann dann in Beziehung zu den einzelnen Humankapitalkompositionen gesetzt werden, und man erhält den Einfluss der Fächer auf den um das Anfangseinkommen bereinigten Erklärungsanteil der einzelnen Fächer an der Wachstumsrate. Die um das Anfangseinkommen bereinigte Wachstumsrate des Pro-Kopf-Einkommens nennen wir nun ADJGR (*adjusted growth rate*). Der potentielle Einfluss jedes *einzelnen* Fachs ergibt sich dann aus folgenden Korrelationen.

²⁹Dies wird von fast allen Studien für homogenere Ländergruppen wie OECD, EU, Bundesstaaten der U.S.A. etc. bestätigt und ist eines der robustesten Ergebnisse in der empirischen Wachstumsforschung für solche Ländergruppen.

Tabelle 6: Korrelationen mit dem unerklärten Teil der Wachstumsrate

	GTP	GEP	GHP	GSSP	GNSP	GMSP
ADJGR	0.1468	0.1375	0.0959	0.0960	0.0270	0.1182

Wenn man also die Wachstumsrate um den Einfluss einer robusten Kontrollvariable, nämlich des Anfangseinkommens korrigiert zeigt sich, dass jedes Fach *positiv* mit dem unerklärten Teil der Wachstumsrate verbunden ist. Man sieht, dass der Einfluss anderer Variablen die bedingten Korrelationen verschieden von den einfachen Korrelationen werden lassen kann. Insbesondere ist nun auch der Zusammenhang zwischen ADJGR und den Naturwissenschaften *positiv* und nicht negativ wie bei den einfachen Korrelationen in Tabelle 5.

Als nächstes formulieren wir die Schätzgleichung, die die Wachstumsrate zur Gesamtheit der Humankapitalkomposition in Beziehung setzt,

$$\begin{aligned}
 GR = \alpha &+ \beta_1 GEP + \beta_2 GHP + \beta_3 GSSP \\
 &+ \beta_4 GNSP + \beta_5 GMSP + \beta_6 LNY75 + u.
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Für eine Schätzung mit der Methode der kleinsten Quadrate (*ordinary least squares, OLS*) sollten einige wichtige Annahmen erfüllt sein. Eine davon ist, dass für eine unverzerrte Schätzung der β -Koeffizienten die Regressoren statistisch unkorreliert sein sollten.

Als Faustregel hat sich dabei etabliert, dass die Variablen auf der rechten Seite der Gleichung (15) als hoch korreliert anzusehen sind, wenn die Korrelation zwischen ihnen einen Wert von 0,8 und größer annimmt. Wenn das der Fall ist, dann tritt das Problem der Multikollinearität auf. Das bedeutet, die geschätzten Koeffizienten sind verzerrt und können einen "wahren" linearen Zusammenhang zwischen der abhängigen und den unabhängigen Variablen nicht mehr erfassen.³⁰

³⁰Technisch gesehen ergeben sich folgende Probleme: a) Kleine Änderungen in den Daten führen zu großen Änderungen in den geschätzten Koeffizienten. b) Die Koeffizienten können sehr große

Für unsere Daten ist die Korrelation zwischen GNSP und GHP mit 0,79 sowie die zwischen GNSP und GSSP mit 0,73 hoch und könnte zu einem Multikollinearitätsproblem führen. Eine oft verwendete Lösung des Problems fordert die Eliminierung der problematischen Variablen von der Regression. Diese Methode wird in den folgenden Regressionen angewandt.

Tabelle 7: Wachstumsregressionen

	(1)	(2)	(3)	(4)
Konst.	6,587 (3,643)	6,020 (3,387)	6,295 (3,480)	6,298 (3,360)
GEP	1,115 (5,964)	1,545 (5,738)	1,378 (5,652)	0,887 (5,659)
GHP	10,641 (13,740)	-	-	5,753 (8,570)
GSSP	2,793 (7,575)	-	1,906 (4,969)	-
GNSP	-10,500 (18,078)	1,823 (9,120)	-	-
GMSP	12,772 (29,913)	7,755 (26,890)	7,031 (25,191)	14,636 (28,058)
LN75	-0,565 (0,435)	-0,504 (0,411)	-0,535 (0,416)	-0,561 (0,404)
R^2	0,122	0,085	0,090	0,104
F-statistic	0,39	0,44	0,47	0,55

Abhängige Variable: GR; Standardabweichungen in Klammern.

Beobachtungen: 24

Wir konzentrieren uns bei der Interpretation der Schätzergebnisse der Tabelle 7 vor allem auf die geschätzten Koeffizienten. Obwohl es Standard in der empirischen Forschung ist, die Wahrscheinlichkeit der Werte von bestimmten Größen detailliert zu untersuchen und so Ergebnisse mit "statistischer Signifikanz" zu etablieren, kann dieser Ansatz kritisiert werden. Siehe dazu McCloskey (1985) und McCloskey and Ziliak (1996). Wir nehmen damit an, dass die geschätzten Koeffizienten die Hauptinformationen für "ökonomische Signifikanz" enthält und gehen nur kurz auf Probleme bei der "statistischen Signifikanz" der Ergebnisse ein.

In der ersten Spalte der Tabelle (7) finden wir das Modell, in dem alle Humankapitalkompositionsvariablen enthalten sind. Überraschenderweise scheinen die Na-

Standardfehler und niedrige statistische Signifikanzniveaus aufweisen. c) Die Koeffizienten können ein "falsches" Vorzeichen oder implausible Werte annehmen. Vgl. dazu auch Greene (2003), Kap. 6.

turwissenschaften negativ mit dem Wachstum verbunden zu sein. Der Grund dafür ist aber eher auf die Multikollinearität mit GHP und GSSP zurückzuführen. Wenn wir jeweils die problematischen, hoch korrelierten Regressoren eliminieren, finden wir, dass alle Fächer mit dem Wachstum *positiv*, allerdings unterschiedlich stark, verbunden sind.

Die Modelle (1) bis (4) in Tabelle (7) sind allerdings nicht von hoher Güte, wie z.B. das jeweils niedrige Bestimmtheitsmaß R^2 anzeigt. Im Idealfall sollte es eins betragen. Das bedeutet, dass die hier betrachteten linearen Modelle keine robusten Ergebnisse liefern. Dennoch legen die Punktschätzungen der Koeffizienten einen positiven Verbund verschiedener Formen des Humankapitals mit dem Wachstum nahe. Diese Bemerkungen beziehen sich allerdings auch nur auf die geschätzten Koeffizienten β_i . Diese haben alle sehr starke Standardabweichungen und gewöhnliche statistische Argumente würden ergeben, dass die Hypothese, die Variablen hätten keinen statistisch signifikanten Effekt, sowohl einzeln, als auch gemeinsam, nicht verworfen werden kann.³¹

Für eine rigorosere Untersuchung, die den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, kann jedoch auch die Zeitachse für die Daten verwendet werden. Dann können auch andere Kontrollvariablen in eine Regression wie (15) mit einbezogen werden. Die Hypothese, die sich jedoch aus den geschätzten Koeffizienten ergibt, scheint zu sein, dass alle Formen des Wissens (strikt) positiv mit dem Wachstum verknüpft sind.

Das würde jedoch die Hypothese dieser Arbeit bestätigen, nach der die großen Gruppen von Wissen in der gesamtwirtschaftlichen Produktion als Komplemente und somit als sich wechselseitig unterstützend zeigen.

³¹Das geht z.B. aus den niedrigen Werten für die F-Statistik für die Modelle (1)-(4) hervor, die angibt in welchem Maße alle Koeffizienten in dem jeweiligen Modell gemeinsam den Wert Null annehmen. Diese Hypothese ist in den Modellen nicht auszuschließen.

6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird ein Überblick über einige der Kernaussagen der "Neuen Wachstumstheorie" und über den Zusammenhang von Wissen und wirtschaftlicher Entwicklung gegeben. Ausgehend von der "neoklassischen" Wachstumstheorie wird die Bedeutung von Wissen in Prototypen endogenen Wachstums der "Neuen Wachstumstheorie" aufgezeigt. Dabei ist von großer Bedeutung, ob Wissen als privates oder öffentliches Gut betrachtet wird. Ferner ist die Rolle von Wissen und Humankapital dabei von zentraler Bedeutung.

Die Formen des Wissens sind meistens in fachspezifischem Humankapital inkorporiert. Anhand von UNESCO Daten für OECD Länder wird die Bedeutung von fachspezifischen Wissensindikatoren empirisch beleuchtet. Im Gegensatz zu allgegenwärtigen aktuellen Debatten zeigt sich anhand der einfachen, deskriptiven Analyse dieser Arbeit, dass nicht nur technisches und naturwissenschaftliches Wissen, sondern auch z.B. geisteswissenschaftliches Wissen einen wichtigen positiven Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung zu nehmen scheint. Dies scheint Komplementaritätseigenschaften von verschiedenen Formen von fachspezifischem Humankapital in der Produktion geschuldet.

Die Resultate legen nahe, dass es wirtschafts- und hochschulpolitisch überdenkenswert scheint, wenn nur die technischen und naturwissenschaftlichen Bereiche im Hinblick auf Innovation, Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftswachstum besonders gefördert werden sollen. Eine Wissenskultur, die hohen Wert auf heterogene Bestandteile des Wissenskanons fördert, scheint ökonomisch günstig zu sein.

A Daten Appendix

Tabelle 8: Daten

Länder	GTP	GEP	GHP	GSSP	GNSP	GMSP	LN75	GR
AUSTRALIA	0,265	0,038	0,065	0,065	0,073	0,024	9,35	1,30
AUSTRIA	0,110	0,005	0,024	0,036	0,025	0,019	9,10	2,03
BELGIUM	0,185	0,013	0,029	0,060	0,054	0,029	9,17	1,77
CANADA	0,391	0,079	0,056	0,150	0,076	0,031	9,42	1,47
DENMARK	0,213	0,049	0,020	0,054	0,051	0,039	9,23	1,59
FINNLAND	0,221	0,037	0,033	0,057	0,072	0,021	9,17	1,51
FRANCE	0,248	0,027	0,074	0,072	0,069	0,006	9,24	1,64
GERMANY, (West)	0,187	0,043	0,013	0,058	0,056	0,017	9,22	1,98
GREECE	0,175	0,024	0,030	0,057	0,045	0,019	8,56	1,50
IRELAND	0,234	0,02	0,072	0,054	0,069	0,018	8,67	3,13
ITALY	0,134	0,005	0,022	0,038	0,040	0,029	9,02	2,30
JAPAN	0,314	0,022	0,054	0,136	0,085	0,016	9,03	3,46
KOREA	0,242	0,036	0,059	0,059	0,076	0,011	7,75	1,50
MEXICO	0,134	0,016	0,002	0,050	0,044	0,023	8,50	1,43
NETHERLANDS	0,173	0,043	0,018	0,049	0,037	0,027	9,24	1,35
NEW ZEALAND	0,208	0,009	0,059	0,062	0,064	0,013	9,26	0,42
NORWAY	0,366	0,199	0,018	0,06	0,043	0,045	9,19	2,48
PORTUGAL	0,119	0,019	0,026	0,028	0,029	0,018	8,37	3,69
SPAIN	0,175	0,036	0,021	0,055	0,033	0,030	8,89	1,77
SWEDEN	0,169	0,037	0,013	0,050	0,040	0,028	9,39	0,95
SWITZERLAND	0,105	0,005	0,015	0,038	0,030	0,017	9,47	1,33
TURKEY	0,095	0,016	0,008	0,032	0,029	0,010	7,95	1,47
UK	0,20	0,013	0,044	0,055	0,074	0,014	9,14	1,79
USA	0,397	0,048	0,056	0,175	0,089	0,029	9,52	1,43
AVERAGE	0,211	0,035	0,035	0,065	0,054	0,022	8,99	1,80
STD	0,086	0,039	0,022	0,036	0,020	0,009	0,47	0,75

GxP: Anteil der Graduierten (G) in Fachgebiet x an der Gesamtbevölkerung (P) pro Jahr (in Prozentpunkten) im

Durchschnitt über die Jahre 1976-1992. ($x=t$ - Anteil aller Graduierten)

GR: Durchschnittliche Wachstumsrate des BIP pro Kopf im Zeitraum 1976-1992 (in Prozentpunkten).

LN75: Logarithmierter Wert des Anfangseinkommens pro Kopf im Jahr 1975.

B Technischer Appendix

B.1 Humankapital und Wachstum

Die aggregierte Produktionsfunktion im vereinfachten Lucas (1988) Modell ist

$$Y_t = K^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha} = K_t^\alpha H_t^{1-\alpha}, \quad \text{wobei } H_t = h_t L_t. \quad (\text{B1})$$

Wir nehmen einfachheitshalber an, die Bevölkerung wachse nicht und normieren, so dass $L_t = 1$ für alle Zeitpunkte t . Die Inputs K_t und h_t werden so akkumuliert, dass die Returns r_K und r_h im Gleichgewicht gleich sind und den Grenzerträgen entsprechen. Dann folgt,

$$r_K = \frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = \alpha K_t^{\alpha-1} h_t^{1-\alpha} \quad \text{und} \quad r_h = \frac{\partial Y_t}{\partial h_t} = (1-\alpha) K_t^\alpha h_t^{-\alpha}, \quad (\text{B2})$$

und $r_K = r_h$ impliziert $\alpha K_t^{\alpha-1} h_t^{1-\alpha} = (1-\alpha) K_t^\alpha h_t^{-\alpha}$. Im Gleichgewicht gilt dann

$$\frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{K_t}{h_t}. \quad (\text{B3})$$

Das bedeutet, das Verhältnis von physischem zu Humankapital ist im Gleichgewicht konstant, da α konstant ist. Folglich ist $r_K = r_h = \alpha \cdot \left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right)^\alpha$ konstant.

Wenn wiederum der theoretische Wachstumszusammenhang $\gamma = \Theta^h[r - c]$ lautet, ist es möglich, dass α so ist, dass im langfristigen Gleichgewicht $r_K = r_h > c$ und somit die langfristige Gleichgewichtswachstumsrate γ positiv ist.

Literatur

- AGHION, P., N. BLOOM, R. BLUNDELL, R. GRIFFITH, AND P. HOWITT (2005): "Competition and Innovation: An Inverted-U Relationship," *Quarterly Journal of Economics*, 120, 701–728.
- AGHION, P., AND P. HOWITT (1992): "A Model of Growth through Creative Destruction," *Econometrica*, 60, 323–351.
- ARROW, K. J. (1962): "The Economic Implications of Learning by Doing," *Review of Economic Studies*, 29, 155–173.
- BARRO, R. J. (1991): "Economic Growth in a Cross Section of Countries," *Quarterly Journal of Economics*, 106, 407–444.
- BECKER, G. S. (1964): *Human Capital*. Columbia University Press, New York.
- BERTSCHECK, I., AND H. ENTORF (1996): "On Nonparametric Estimation of the Schumpeterian Link Between Innovation and Firm Size: Evidence from Belgium, France and Germany," *Empirical Economics*, 21, 401–426.
- EASTERLIN, R. A., AND L. ANGELESCU (2007): "Modern Economic Growth and Quality of Life: Cross Sectional and Time Series Evidence," Discussion Paper 2755, IZA, Bonn.
- FRANKEL, M. (1962): "The Production Function in Allocation and Growth: A Synthesis," *American Economic Review*, 52, 995–1022.
- GREENE, W. H. (2003): *Econometric Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 5th edn.
- GROSSMAN, G. M., AND E. HELPMAN (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- KALDOR, N. (1961): "Capital Accumulation and Economic Growth," in *The Theory of Capital*, ed. by F. A. Lutz, and D. C. Hague. Macmillan, London.
- LUCAS, R. E. (1988): "On the Mechanics of Economic Development," *Journal of Monetary Economics*, 22, 3–42.
- MCCLOSKEY, D. N. (1985): "The Loss Function Has Been Mislaid: The Rhetoric of Significance Tests," *American Economic Review*, 75, 201–205.
- MCCLOSKEY, D. N., AND S. T. ZILIAK (1996): "The Standard Error of Regressions," *Journal of Economic Literature*, 34, 97–114.
- ROMER, P. M. (1986): "Increasing Returns and Long-Run Growth," *Journal of Political Economy*, 94, 1002–1037.
- (1990): "Endogenous Technological Change," *Journal of Political Economy*, 98, S71–S103.
- SCHEFOLD, B. (2006): "C.E.S. Production Function in the Light of the Cambridge Critique," Conference Contribution, forthcoming, J.W. Goethe-Universität, Frankfurt.
- SCHUMPETER, J. A. (1934): *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.

- SOLOW, R. M. (1956): "A Contribution to the Theory of Economic Growth," *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94.
- (1957): "Technical Change and the Aggregate Production Function," *Review of Economics and Statistics*, 39, 312–320.
- SUMMERS, R., AND A. HESTON (1991): "The Penn World Table (Mark 5): An Expanded Set of International Comparisons, 1950-1988," *Quarterly Journal of Economics*, 106, 327–368.
- SWAN, T. W. (1956): "Economic Growth and Capital Accumulation," *The Economic Record*, 32, 334–361.
- UNESCO (1976-92): "Statistical Yearbook," various years, Paris.