

## Humankapital und endogenes Wachstum\*

Von Stefan Homburg\*\*

### 1. Einleitung

Im letzten Jahrzehnt hat die Wachstumstheorie unzweifelhaft eine Renaissance erfahren, die ihren Impetus durch die Rückkehr zu einer alten Frage erhielt, der Frage nämlich, wodurch Wirtschaftswachstum *verursacht* wird. Genau dieses Problem war, so ironisch das klingen mag, nicht oder kaum Gegenstand jener Veröffentlichungsflut gewesen, die sich an Solows (1956) bahnbrechende Arbeit für die Dauer von etwa zwei Jahrzehnten anschloß und für die man die Bezeichnung *Neoklassische Wachstumstheorie* fand. Das Generalthema der Neoklassischen Wachstumstheorie lautete, ob und wie bei gegebenen Wachstumsursachen eine gleichgewichtige Entwicklung der makroökonomischen Schlüsselgrößen vorstellbar sei. Als *exogene* Motoren des Wachstums fungierten die Bevölkerung und das technische Wissen.

Beginnend mit den Arbeiten von Romer (1986) und Lucas (1988) hat sich nun eine Forschungsrichtung aufgetan, die als *endogene Wachstumstheorie* apostrophiert wird. Das gemeinsame Ziel dieser Arbeiten besteht darin, Wirtschaftswachstum *ohne* Rekurs auf exogene Wachstumsursachen zu erklären. Ein solches Programm muß jedem Ökonomen attraktiv erscheinen – und doch scheint es manchmal, als würde der Ansatz nicht recht vorankommen und die Neoklassische Wachstumstheorie das Feld erfolgreicher verteidigen denn je.

Dies hat mehrere Ursachen. Erstens hat die besondere Stärke der Neoklassischen Wachstumstheorie stets in ihrem *empirischen* Bezug gelegen, während die endogene Wachstumstheorie bisher nicht viel empirisch brauchbares zu Tage gefördert hat. Im jüngsten Symposium des *Journal of Economic Perspectives* mokiert sich Pack (1994) hierüber schon im Titel seines Beitrages „Endogenous Growth Theory: Intellectual Appeal and Empirical Shortcomings“. Aber die Ansätze bergen auch *theoretische* Probleme, die nachfolgend kurz erörtert werden. Außer Betracht

---

\* Verantwortlicher Herausgeber/editor in charge: B.F.

\*\* Ich danke drei anonymen Gutachtern für sehr hilfreiche Kommentare. Da ich nicht alle Anregungen aufgegriffen habe, liegt die Haftung für verbliebene Sachmängel allein bei mir.

bleiben in dieser Arbeit alle Versuche, das Bevölkerungswachstum endogen zu erklären. Dies ist eine Aufgabe von hohem Rang, bei der auch erste Fortschritte erzielt worden sind (Becker, Murphy und Tamura 1990). Das Prinzip der Arbeitsteilung legt jedoch eine Konzentration auf das Wachstum des Pro-Kopf-Einkommens nahe, so daß die Bevölkerungsentwicklung in dieser Arbeit durchgängig als exogen betrachtet wird. Ebenfalls bleiben, ohne daß hiermit ein Werturteil verbunden wäre, jene Modelle unerörtert, die sich auf Produktentwicklung konzentrieren (Grossman und Helpman, 1991) sowie die Neo-Schumpeter Modelle, bei denen die „schöpferische Zerstörung“ in den Mittelpunkt gestellt wird (Aghion und Howitt, 1992).

Ein erster Ansatz zum endogenen Wachstum ist mit dem Begriff *steigender Skalenerträge* verbunden, vgl. Romer (1986) und Lucas (1988). Hierbei kommt es nicht eigentlich auf steigende Skalenerträge an, sondern vielmehr auf konstante Grenzerträge eines reproduzierbaren Inputs. Bei diesem Input kann es sich um Wissen (Romer) oder Humankapital (Lucas) handeln. Als Beispiel sei die Produktionsfunktion  $Y = N^\alpha \cdot K^{1-\alpha} \cdot K^\beta$  betrachtet. Hierbei symbolisiert  $N$  die Beschäftigung und  $K$  den Kapitalbestand. Mit Koeffizienten  $\alpha, \beta > 0$  weist die Funktion steigende Skalenerträge auf. Um die Existenz von Wettbewerbsgleichgewichten zu sichern, wird  $K^\beta$  als *externer Effekt* des aggregierten Kapitalbestands modelliert, so daß aus Sicht des einzelnen Produzenten, der den aggregierten Kapitalbestand als unabhängig von seinen eigenen Entscheidungen betrachtet, konstante Skalenerträge vorliegen.

*Endogenes Wachstum* mit einer konstanten Rate läßt das Modell zu, wenn  $1 - \alpha + \beta = 1$  oder kurz  $\beta = \alpha$  gilt. Bei gegebener Bevölkerung lautet die Produktionsfunktion in diesem Fall  $Y = A \cdot K$  und kombiniert mit der Keynesianischen Sparhypothese  $\dot{K} = s \cdot Y$  ergibt sich endogenes Wachstum mit der Rate  $\dot{Y} = A \cdot s$ , wie man durch Einsetzen leicht nachprüft. Diese Modellierung wirkt zunächst verblüffend gekonnt, ist aber gravierenden Einwänden ausgesetzt: *Erstens* mögen Externalitäten in der Forschung ein Element des Wirtschaftswachstums sein. Aber soll das heißen, in einer Welt *ohne* Externalitäten gäbe es *kein* Wachstum? Eine solche Annahme, mit der Externalitäten zum Motor des Wachstums schlechthin erklärt werden, erscheint weit hergeholt. *Zweitens* lassen sich internationale Unterschiede in den Wachstumsraten nur durch die artifizielle Annahme rechtfertigen, daß die Externalitäten auf das jeweilige Staatsgebiet beschränkt sind. Dann aber müßten größere Staaten regelmäßig schneller wachsen, was offensichtlich nicht stimmt.

Und *drittens* bezieht sich das ganze Argument auf eine Nullmenge von Ökonomien. Denn der Koeffizient  $\alpha$  ist technisch bestimmt, während  $\beta$

die Stärke eines „spill-over“ von Wissen symbolisiert. Beide Größen sind unabhängig voneinander, und wenn Gott würfelt, tritt  $\alpha = \beta$  mit Wahrscheinlichkeit Null auf. Die *exakte* Übereinstimmung dieser beiden Parameter ist aber eine *kritische* Modellannahme. Bei  $\alpha > \beta$  liegen abnehmende Grenzerträge des Kapitals vor, und das Inlandsprodukt pro Kopf konvergiert gegen einen stationären Wert, was exakt dem Neoklassischen Resultat entspricht. Im Fall  $\alpha < \beta$  hingegen geht der Kapitalbestand in *endlicher* Zeit gegen *Unendlich*. Solow (1994, S. 50) hat gezeigt, daß mit  $Y = A \cdot K^{1,05}$  und bei Wahl plausibler Parameter der Kapitalbestand Deutschlands oder Frankreichs innerhalb von 200 Jahren jede reelle Zahl übersteigt. Zudem zeigt sich ein (kontrafaktisches) Wachstum mit ständig zunehmender Rate.

Eine zweite Gruppe der Ansätze zum endogenen Wachstum bilden jene *konvexen Modelle*, bei denen konstante Skalenerträge und von unten beschränkte Grenzerträge des Kapitals unterstellt werden (Jones und Manuelli 1990). Ein einfaches Beispiel hierfür bildet die Produktionsfunktion  $Y = a \cdot N + b \cdot K$  mit positiven Koeffizienten  $a, b$ . Verallgemeinert wäre  $Y = F(N, K) + b \cdot K$  mit einer Inada Produktionsfunktion  $F$  und positivem Koeffizienten  $b$ . Kombiniert man die einfachere Produktionsfunktion bei Vernachlässigung von Abschreibungen mit der Nutzenfunktion  $U = \sum \beta^t \cdot c_t^{1-\sigma}$ , ergibt sich bei Optimierung über einen unendlichen Zeithorizont die Lösung  $c_{t+1} = (\beta \cdot b)^{1/\sigma} \cdot c_t$ . Im Fall  $b > 1/\beta$  (Grenzproduktivität größer Diskontsatz) entsteht endogenes Wachstum, die Folge  $c_t$  wächst streng monoton mit konstanter Rate.

Im Wachstumsprozeß bleibt allerdings der *Reallohn* konstant, und die *Lohnquote* konvergiert gegen Null, was in offenkundigem Widerspruch zu zwei der am besten dokumentierten Charakteristika des Wachstums steht. Außerdem ist die obige Modellierung nicht *robust*, da sie in einem Modell mit überlappenden Generationen (anstelle des über einen unendlichen Horizont maximierenden Individuums) überhaupt kein Wachstum erzeugt. Im Marktgleichgewicht gilt mit  $Y = a \cdot N + b \cdot K$  nämlich  $w = a$  und  $r = b$ . Demnach sind der Reallohn und der Realzins konstant. Da sich jede Generation mit den gleichen Faktorpreisen konfrontiert sieht, will auch jede Generation den gleichen Kapitalbestand halten, das heißt, die Wirtschaft befindet sich von Anfang an in einem stationären Zustand.

Wohl in Reaktion auf die hier angesprochenen Schwierigkeiten scheint sich gegenwärtig die Auffassung zu verbreiten, daß es sich bei der endogenen Wachstumstheorie um ein insofern problematisches Konzept handelt, als der Ansatz zu viele Freiheitsgrade bei der Erklärung des Wachstums läßt und kaum empirische Erträge abwirft. Umgekehrt greift eine „Neoklassische Restauration“ Platz, mit der versucht wird, die altbe-

kannten Probleme des herrschenden Paradigmas durch Modellerweiterungen zu beheben; ein stark beachtetes Beispiel hierfür stellt die Arbeit von Mankiw, Romer und Weil (1992) dar.

Das Ziel des vorliegenden Aufsatzes besteht in der Entwicklung eines endogenen Wachstumsmodells, das den obigen Angriffspunkten nicht ausgesetzt ist. Dieses *Humankapitalmodell*, wie es kurz genannt werden soll, ist vorwiegend empirisch fundiert und in bezug auf die Annahmen sparsam und einfach – einfacher sogar als das Solow-Modell. Es kommt *ohne* Externalitäten, *ohne* steigende Skalenerträge und *ohne* von unten beschränkte Grenzerträge aus. Freilich ist die theoretische Grundstruktur des Modells alles andere als neu, denn es gehört zur Klasse der „AK-Modelle“, bei denen endogenes Wachstum durch nicht-abnehmende Grenzerträge akkumulierbarer Faktoren erzeugt wird (vgl. Rebelo, 1991). Im Unterschied zur anderen Ansätzen dieser Art wird der Faktor  $K$  nicht als Mixtum von physischem und Humankapital modelliert, sondern es wird eine explizite Unterscheidung zwischen diesen beiden Kapitalarten gemacht, die scharfe empirische Implikationen hat.

In Abschnitt 2 wird zunächst an die empirischen Anhaltspunkte des Humankapitalmodells angeknüpft, wobei gleichzeitig demonstriert werden soll, daß die empirischen Probleme des Neoklassischen Wachstumsmodells schwer auszuräumen sind. Abschnitt 3 zeigt die reduzierte Form des Modells, bei der ähnlich wie im Neoklassischen Grundmodell ein bestimmtes Sparverhalten einfach unterstellt wird. Die empirischen Implikationen des Humankapitalmodells werden in Abschnitt 4 entwickelt, wobei sich eine im Vergleich zur Neoklassik viel weitergehende Übereinstimmung mit unbestrittenen empirischen Grundtatsachen zeigt. Weitere Folgerungen, die einige Paradoxa der Nationalökonomie betreffen, werden in Abschnitt 5 gezogen. In Abschnitt 6 erfolgt ein einfacher empirischer Test des Modells gegenüber dem Neoklassischen Ansatz. Abschnitt 7 enthält eine entscheidungstheoretische Fundierung des Humankapitalmodells mit überlappenden Generationen. Schlußbemerkungen zur generellen Einschätzung des Humankapitalmodells sowie zu weiterem Forschungsbedarf enthält der Abschnitt 8.

## 2. Die stilisierten Fakten des Wirtschaftswachstums

Nach dem hier vertretenen methodischen Standpunkt muß an jedes Wachstumsmodell die Mindestanforderung gestellt werden, daß es mit wesentlichen stilisierten Fakten des Wirtschaftswachstums übereinstimmt; diese bilden das *explanandum* der Wachstumstheorie. Offensichtlich ist die hiermit gestellte Aufgabe umso schwieriger zu lösen, je umfangreicher das Menü der für erklärungsbedürftig gehaltenen Fakten

wird; und umgekehrt besteht eine einfache Verteidigungsstrategie darin, dieses Menü auf wenige Bestandteile einzuengen. Als Beispiel hierfür sei die Arbeit von Mankiw, Romer und Weil (1992) genannt, in der eine einzige Implikation des Neoklassischen Wachstumsmodells erfolgreich getestet wird. Es sollte aber unbestritten sein, daß eine Wachstumstheorie nur als befriedigend gelten kann, wenn *alle* daraus logisch ableitbaren Implikationen den empirischen Test bestehen.

Konfrontiert man die herrschende Lehre nun mit dem folgenden Katalog stilisierter Fakten des Wirtschaftswachstums, so ergibt sich ein ungünstiges Bild.

#### A. Stilisierte Längsschnittfakten

1. Die Spar- bzw. Investitionsquote hat keinen Trend (d.h. hier und im folgenden: der Trend ist nicht erkennbar von Null verschieden),
2. der Reallohn hat einen steigenden Trend,
3. die Kapitalintensität hat einen steigenden Trend,
4. der Output wächst schneller als die mit den Einkommensanteilen gewogenen Inputs „Arbeitsstunden“ und „Kapital“,
5. der Realzins hat keinen Trend,
6. der Kapitalkoeffizient hat keinen Trend,
7. die funktionelle Einkommensverteilung hat keinen Trend.

#### B. Stilisierte Querschnittfakten

8. Das Pro-Kopf-Wachstum und das Bevölkerungswachstum sind negativ korreliert,
9. die Reallöhne differieren international sehr stark,
10. die Realzinsen differieren international kaum,
11. es besteht kein klarer Zusammenhang zwischen der Wachstumsrate und dem Niveau des Pro-Kopf-Einkommens,
12. es fließt kaum Kapital von entwickelten Ländern zu Entwicklungsländern, obwohl Arbeit dort billig ist,
13. es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Wachstumsrate des Inlandsprodukts und der Investitionsquote.

*Fakt 1* wird im Neoklassischen Wachstumsmodell unterstellt. Zur „Erklärung“ der *Fakten 2 bis 4* wird exogener technischer Fortschritt gefordert. Sollen unter dieser Annahme die *Fakten 5 und 6* gleichzeitig Bestand haben, dann muß der technische Fortschritt *Harrod-neutral* bzw. *arbeitsvermehrend* sein. Warum exogener technischer Fortschritt

ausgerechnet von dieser Form (und nicht vielleicht Hicks- oder Solow-neutral) sein sollte, dafür hat bisher noch niemand einen Grund angeben können. *Fakt 7* stimmt mit der Modellaussage für den Steady State überein, gilt im Anpassungsprozeß aber nur bei einer Cobb-Douglas Produktionsfunktion.

*Fakt 8* steht in glattem Widerspruch zum Modell. Rascheres Bevölkerungswachstum senkt zwar das *Niveau* des Pro-Kopf-Einkommens, nicht aber dessen *Wachstumsrate*, die im Steady State der Rate des technischen Fortschritts entspricht. *Fakt 9* ist bei Kapitalmobilität und international einheitlicher Faktorpreisgrenze mit dem Modell offensichtlich unvereinbar. Auch bei mangelnder Kapitalmarktintegration können die Reallöhne unter den Annahmen des Heckscher-Ohlin Modells nicht langfristig verschieden sein (Faktorpreisausgleichstheorem). Und selbst unter der kontrafaktischen Annahme, daß entwickelte Länder und Entwicklungsländer nicht einmal Güterhandel treiben, müßten bei gegebener Faktorpreisgrenze die Realzinsen in den Entwicklungsländern viel höher sein, was *Fakt 10* widerspricht. *Fakt 11* steht im Widerspruch zu der Modellimplikation, daß Länder mit unterdurchschnittlicher Kapitalintensität und folglich unterdurchschnittlichem Pro-Kopf-Einkommen überdurchschnittlich rasch wachsen müssen, weil sich die Kapitalintensität in Richtung auf das Steady State Niveau bewegt. Überhaupt sind die quantitativen Aussagen des Modells zum Anpassungsprozeß an den Steady State nicht in Einklang mit Beobachtbarem zu bringen, wie King und Rebelo (1993) eindrucksvoll zeigen. *Fakt 12* ist ebenfalls nicht aus dem Neoklassischen Modell heraus erklärbar. Dasselbe gilt für *Fakt 13*: Die Wachstumsrate des Inlandsprodukts entspricht der Summe der exogenen Wachstumsraten des technischen Wissens und der Bevölkerung, sie ist unabhängig von der Sparquote.

Zusammengefaßt kann das Neoklassische Wachstumsmodell nur mühevoll zur Deckung mit den Längsschnittfakten 1 - 7 gebracht werden. Beim Versuch, die Querschnittfakten 8 - 13 zu erklären, versagt der Ansatz völlig.

### 3. Das Humankapitalmodell

Die dem Humankapital zugrunde liegenden Ideen sind nicht neu. Sie gehen vor allem auf Arbeiten von Theodore W. Schultz aus den 60er Jahren zurück, die überblicksartig in Schultz (1986) zusammengefaßt sind. Allerdings hat Schultz seine Überzeugung, das Humankapital sei ein *wesentlicher* Motor des Wirtschaftswachstums, nie im Rahmen eines gesamtwirtschaftlichen Modells formalisiert. Das hiesige Humankapitalmodell hat mit Romer (1989), Lucas (1988) sowie Jones und Manuelli (1990) gemein, daß es endogenes Wirtschaftswachstum in Abwesenheit

von Bevölkerungswachstum und technischem Fortschritt zuläßt. Allerdings werden weder externe Effekte des Kapitals (Romer), noch externe Effekte des Humankapitals (Lucas), noch konstante oder von unten beschränkte Grenzerträge des Kapitals (Jones und Manuelli) gefordert. Vielmehr besitzt das Modell eine Inada-Produktionsfunktion und kommt ohne Externalitäten aus.

Wie erstmals in dem wegweisenden Beitrag von Uzawa (1965) wird „technischer Fortschritt“ als Zunahme des Humankapitals pro Kopf begriffen, wobei Humankapital das an Personen gebundene Wissen bezeichnet, das sowohl *rival* als auch *ausschließbar* ist und sich hierdurch vom als öffentliches Gut verstandenen „technischen Wissen“ unterscheidet. Anders als bei Uzawa und den Nachfolgearbeiten von Lucas (1988) oder King und Rebelo (1990) gibt es jedoch keine spezielle Technologie für die Humankapitalproduktion. Vielmehr wird mit Mankiw, Romer und Weil (1992) angenommen, daß der Output alternativ für den Konsum, die Kapitalproduktion oder die Humankapitalproduktion verwendet werden kann. Dies entspricht der Annahme, daß die Humankapitalproduktion und die Kapitalproduktion gleiche Faktorintensitäten aufweisen oder daß etwaig verschiedene Faktorintensitäten zumindest nicht *wichtig* für das Verständnis des Wirtschaftswachstums sind.

Der wesentliche Unterschied zu den bisher genannten Beiträgen besteht darin, daß beide Bestandteile des Begriffs *Human-Kapital* ernst genommen und die hieraus resultierenden Konsequenzen systematisch entwickelt werden: Erstens ist Humankapital *human*, also von endlicher Lebensdauer und an Menschen gebunden. Im Gegensatz zu Mankiw, Romer und Weil (1992) geht das Humankapital  $H$  deshalb nicht als separater, von der Zahl der Arbeitskräfte unabhängiger Input in die Produktionsfunktion ein, sondern ist an die Zahl der Erwerbstätigen gekoppelt.

Zweitens, und wichtiger, ist das Humankapital *Kapital*. Deshalb werden die Entscheidungen über Kapital- und Humankapitalbildung nicht *unabhängig* voneinander getroffen, sondern *simultan*. Die Ausnutzung der hierdurch implizierten Arbitragebeziehung ist der Schlüssel zu einer wesentlichen Vereinfachung der Wachstumstheorie. Die bisherigen Ausführungen lassen sich in einem makroökonomischen Kontext zu drei Hypothesen verdichten. Jede der drei Hypothesen wurde im Rahmen der zitierten Arbeiten mindestens einmal formuliert, neu ist nur ihre Kombination.

*Hypothese 1:* Das Nettoinlandsprodukt  $Y$  wird nicht durch Zusammenwirken von Arbeitsstunden und Kapital erzeugt, sondern durch Zusammenwirken von Humankapital und Kapital. Mit  $K$  als dem Kapitalbe-

stand,  $h$  als dem *Humankapital pro Erwerbstätigem* und  $N$  als der Anzahl der Erwerbstätigen gilt

$$(1) \quad Y_{t+1} = F(N_t \cdot h_t, K_t) = F(H_t, K_t) := G(H_t, K_t) - \delta \cdot K_t,$$

wobei  $H_t$  den *aggregierten Humankapitalbestand* bezeichnet. Die Funktion  $G$  ist Neoklassisch (linear-homogen, streng monoton wachsend, streng quasikonkav, zweimal stetig differenzierbar und Inada).  $F$  ist die aus  $G$  abgeleitete Nettoproduktionsfunktion, wobei  $\delta$  die Abschreibungsrate des Kapitals bezeichnet. Die *Bevölkerung* bleibt exogen, kann jedoch einem beliebigen Pfad folgen, ohne daß die folgenden Ergebnisse berührt werden.

*Hypothese 2:* Das Inlandsprodukt kann 1:1 in Konsumgüter, Kapitalgüter oder Humankapital umgeformt werden. Demnach repräsentiert  $H_t + K_t$  das in Gütereinheiten gemessene gesamtwirtschaftliche *Vermögen*. In diesem ersten Ansatz wird ein konstantes Verhältnis zwischen dem gewünschten Vermögen und dem Inlandsprodukt angenommen:

$$(2) \quad H_t + K_t = s \cdot Y_t, \quad s > 0.$$

In einem Neoklassischen Wachstumsmodell à la Diamond (1965) ist das gewünschte Vermögen ein konstantes Vielfaches des Einkommens, wenn der Alterskonsum einheitselastisch in bezug auf das Einkommen ist (weder Gegenwarts- noch Zukunftskonsum sind relativ superior) und zusätzlich entweder der Zins konstant oder die Zinselastizität der Ersparnis Null ist. Im Rahmen des entscheidungstheoretischen Ansatzes aus Abschnitt 7 zeigt sich, daß (2) aus der Annahme einer homothetischen Nutzenfunktion resultiert.

*Hypothese 3:* Die Akkumulation von Humankapital einerseits und Sachkapital andererseits folgt einem bewußten Kalkül, mit dem eine effiziente Aufteilung des Vermögens angestrebt wird. *Intertemporale Effizienz* verlangt eine Maximierung von

$$(3) \quad C_{t+1} + H_{t+1} + K_{t+1} = F(H_t, K_t) + K_t$$

unter der Nebenbedingung (2). Jede Verfehlung dieses Programms impliziert offensichtlich die Existenz anderer Zeitpfade für  $C_t$ ,  $H_t$  und  $K_t$ , die mehr Konsum in einer Periode und mindestens gleich viel Konsum in jeder Periode erbringen. Die notwendige Bedingung für effizientes Wachstum lautet demnach:

$$(4) \quad \frac{\partial F}{\partial H_t} = 1 + \frac{\partial F}{\partial K_t}.$$



Bei Annahme einer mehrperiodigen Abschreibung des Humankapitals könnte diese Gleichung modifiziert werden, ohne daß sich die Modellergebnisse verändern. Der Grund für die Annahme einer einperiodigen Abschreibung liegt in der späteren Einbettung des Ansatzes in ein Generationenmodell, bei dem die Individuen eine Periode lang erwerbstätig sind. Da die linke Seite von (4) streng monoton in  $K_t/H_t$  wächst und die rechte Seite streng monoton fällt, folgt aus Gleichung (4) unmittelbar ein wichtiges Zwischenergebnis, von dem alles weitere abhängt: Unter der Annahme einer *effizienten Akkumulation von Humankapital* bleibt das Faktoreinsatzverhältnis konstant:

$$(5) \quad K_t/H_t =: x = \text{const.}$$

Das effiziente Faktoreinsatzverhältnis  $x$  ist die zentrale Variable des Modells; sie übernimmt analytisch die Rolle der Kapitalintensität im Neoklassischen Modell. Eine Vereinfachung des folgenden Rasonnements ergibt sich, wenn man die Produktionsfunktion (1) in Intensitäten schreibt:

$$(6) \quad f(x) := F(1, x) = F(H_t, K_t)/H_t.$$

Der Wert  $f(x)$  entspricht dem Nettoinlandsprodukt pro Humankapitaleinheit. Mittels der Definitionen (5) und (6) lassen sich die Gleichungen (1) und (2) umschreiben zu

$$(7) \quad Y_{t+1} = f(x) \cdot H_t,$$

$$(8) \quad H_t = \frac{s}{1+x} \cdot Y_t,$$

und durch Einsetzen ergibt sich die *Bewegungsgleichung* des Modells:

$$(9) \quad \frac{Y_{t+1}}{Y_t} = \frac{s \cdot f(x)}{1+x}.$$

Das Inlandsprodukt wächst endogen mit einem konstanten Faktor, der von der Produktionsfunktion und der gewünschten Vermögenshaltung abhängt. Aus (8) ersieht man sofort, daß der Humankapitalbestand mit derselben Rate wächst; dasselbe gilt aufgrund des konstanten Faktoreinsatzverhältnisses auch für den Sachkapitalbestand.

Virtuell handelt es sich hier um ein „AK-Modell“, da sowohl der physische als auch der Humankapitalbestand reproduzierbar sind; und wie bei allen Modellen dieser Klasse gibt es keine Anpassungsdynamik in

Richtung auf den Steady State; vielmehr bleibt die Wachstumsrate von Anfang an konstant.

#### 4. Empirische Implikationen des Humankapitalmodells

In diesem Abschnitt wird die erste Version des soeben entwickelten Humankapitalmodells in Beziehung zu den stilisierten Fakten des Wirtschaftswachstums aus Abschnitt 2 gesetzt. Hierbei zeigt sich, daß das Modell mit *allen 13 Fakten* in Übereinstimmung steht.

*Fakt 1:* Aus den Gleichungen (5) und (7) bzw. (5) und (8) folgt zunächst

$$(10) \quad \frac{K_t}{Y_{t+1}} = \frac{K_t}{H_t} \cdot \frac{H_t}{Y_{t+1}} = \frac{x}{f(x)},$$

$$(11) \quad \frac{K_{t+1}}{Y_{t+1}} = \frac{K_{t+1}}{H_{t+1}} \cdot \frac{H_{t+1}}{Y_{t+1}} = \frac{s \cdot x}{1 + x}.$$

Setzt man diese beiden Ausdrücke in die Definitionsgleichung der Investitionsquote ein (Anteil der Nettoinvestitionen am Nettoinlandsprodukt), so ergibt sich

$$(12) \quad \frac{I_{t+1}}{Y_{t+1}} = \frac{K_{t+1} - K_t}{Y_{t+1}} = \frac{x}{f(x)} \left[ \frac{s \cdot f(x)}{1 + x} - 1 \right].$$

Demnach hängt die Investitionsquote nur von der gewünschten Vermögenshaltung  $s$  und technischen Parametern ab. Bei gegebener Vermögenshaltung und gegebener Produktionsfunktion bleibt die Investitionsquote konstant.

*Fakt 2:* Der Reallohn pro Humankapitaleinheit entspricht der Grenzproduktivität des Humankapitals,  $w = f(x) - x \cdot f'(x)$ , er ist konstant. Den realen Pro-Kopf-Lohn gewinnt man hieraus durch Multiplikation mit dem Humankapitalbestand pro Kopf:

$$(13) \quad \tilde{w}_t = w \cdot h_t = [f(x) - x \cdot f'(x)] \cdot h_t.$$

Bei konstanter Bevölkerung wächst  $h_t$  mit derselben Rate wie  $H_t$  bzw.  $Y_t$ , der Pro-Kopf-Lohn wächst demnach mit derselben Rate wie das Inlandsprodukt.

*Fakt 3:* Die Kapitalintensität  $K_t/N = x \cdot h_t$  wächst bei konstanter Bevölkerung mit derselben Rate wie das Humankapital pro Kopf, weil das Faktoreinsatzverhältnis konstant ist.

*Fakt 4:* Bei wachsendem Humankapitalbestand pro Kopf wächst das Humankapital schneller als die Bevölkerung, es gilt also  $\hat{H} > \hat{N}$  und deshalb auch

$$(14) \quad \hat{Y} = \alpha \cdot \hat{H} + (1 - \alpha) \cdot \hat{K} > \alpha \cdot \hat{N} + (1 - \alpha) \cdot \hat{K},$$

wobei  $\alpha$  die Lohnquote und  $(1 - \alpha)$  die Kapitaleinkommensquote bezeichnet. Der empirische Befund (14) hat hier offensichtlich nichts mit exogenem technischen Fortschritt zu tun.

*Fakt 5:* Der Realzins ist konstant gleich  $r = f'(x)$ . Ärmere Länder weisen nicht nur einen geringen Kapitalbestand, sondern auch einen geringeren Humankapitalbestand auf; deshalb ist die Grenzproduktivität des Kapital dort nicht höher.

*Fakt 6:* Für den Kapitalkoeffizienten  $K_t/Y_{t+1}$  ergab sich schon in (10) der konstante Wert  $x/f(x)$ .

*Fakt 7:* Die Kapitaleinkommensquote  $r \cdot K/Y$  entspricht dem Produkt von Realzins und Kapitalkoeffizient und ist nach dem bisher Gesagten konstant.

*Fakt 8:* Die Bewegungsgleichung (9) zeigt, daß die Wachstumsrate des Inlandsprodukts nur von der Vermögens- bzw. Sparquote und einer technologischen Konstanten abhängt. Hieraus ergibt sich ein umgekehrt proportionaler Zusammenhang zwischen den Wachstumsraten der Bevölkerung und des Pro-Kopf-Einkommens.

*Fakt 9:* Gemäß (13) entspricht der Reallohn pro Kopf dem Produkt aus einer international einheitlichen Konstanten und dem landesspezifischen Humankapital pro Kopf. Sofern keine Konvergenz des Humankapitals pro Kopf besteht, können die Reallöhne auf Dauer beliebig verschieden sein.

*Fakt 10:* Bei weltweit einheitlicher Technologie und Abschreibungsrate beträgt der Zins überall  $r = f'(x)$ .

*Fakt 11:* Die Wachstumsrate des Inlandsprodukts ist laut (9) unabhängig vom Niveau. Dasselbe gilt bei exogenem Bevölkerungswachstum für die Pro-Kopf-Größen.

*Fakt 12:* Auch bei international verschiedenen Sparquoten kommt es nicht zu internationalen Kapitalbewegungen, wenn in jedem Land Humankapital und Sachkapital effizient akkumuliert werden. Hieraus folgt, daß beobachtbare Kapitalströme Ausdruck einer zumindest zeitweilig ineffizienten Allokation sind. Humankapital ist in Entwicklungsländern nicht billiger, sondern genauso teuer wie sonstwo, nämlich  $f(x) - x \cdot f'(x)$  pro Einheit.

*Fakt 13:* Setzt man den Wachstumsfaktor (9) in die Investitionsquote (12) ein und löst nach der Wachstumsrate  $\hat{Y} = Y_{t+1}/Y_t - 1$  auf, so ergibt sich

$$(15) \quad \hat{Y} = \frac{f(x)}{x} \cdot \frac{I}{Y}.$$

Anders als im Neoklassischen Modell besteht demnach ein *direkt proportionaler Zusammenhang zwischen Wachstumsrate und Investitionsquote*. Als Proportionalitätsfaktor fungiert der im effizienten Fall einheitliche Kapitalkoeffizient.

## 5. Weitere Ergebnisse

Im vorigen Abschnitt wurde gezeigt, daß das Humankapitalmodell mit den bekannten stilisierten Fakten des Wachstums übereinstimmt, obwohl es ohne immunisierende Annahmen bezüglich prinzipiell nicht beobachtbarer Variablen auskommt. Jedoch hat das Modell weitere Implikationen, die auf manch bekanntes „Paradox“ ein neues Licht werfen.

*Das Feldstein-Horioka-Paradox:* Nach einer Untersuchung von Feldstein und Horioka (1980) fließt Kapital nicht systematisch von kapitalreichen Ländern in Richtung kapitalarmer Länder. Gängige Hypothesen zur Erklärung dieses Umstandes verweisen auf politische Unsicherheit oder die Notwendigkeit einer gewissen Mindest-Eigenkapitalquote; es geht also um die Frage, ob die Kapitalmärkte international hinreichend integriert sind. Aus Sicht des Humankapitalmodells hingegen hätte der von Feldstein und Horioka aufgezeigte Sachverhalt auch in einer Welt der Sicherheit und allseitiger politischer Stabilität Bestand, also auch bei *vollständig integrierten Kapitalmärkten*: Kapitalreiche Länder sind auch humankapitalreich, deshalb hat das Kapital dort dieselbe Grenzproduktivität wie in einem kapitalarmen und zugleich humankapitalarmen Land; es besteht mithin kein Grund für internationale Kapitalbewegungen. Insofern handelt es sich beim Feldstein-Horioka Schluß von mangelnden Kapitalbewegungen auf mangelnde Kapitalmarktintegration um ein *non sequitur*.

*Das Migrations-Paradox:* Nach einer anderen empirischen Beobachtung folgt physisches Kapital dem Humankapital, wenn letzteres (etwa aus politischen Gründen) auswandert, während Kapitalflüsse von entwickelten hin zu Entwicklungsländer kaum zu beobachten sind. In bezug auf die Freihandelszeit vor dem ersten Weltkrieg faßt Krugman (1993, S. 20) empirische Ergebnisse von Nurkse und anderen folgendermaßen zusammen:

„Very little capital flowed from North to South; essentially it flowed from East to West, from Europe to the rapidly growing but already high-income ‚regions of recent settlement‘ where European immigration was producing rapid population growth. European investors were in effect willing to supply capital to meet the needs of rapidly growing, high-wage European immigrant populations overseas, but not willing to invest except to a very limited extent in low-wage economies.“

Im Humankapitalmodell bedeutet die Auswanderung qualifizierter Arbeitnehmer, daß das anfänglich effiziente Faktoreinsatzverhältnis  $x = K/H$  zunimmt. Entsprechend sinkt die Grenzproduktivität des Kapitals, und Kapital fließt ab. Im neuen Gleichgewicht muß sich der Kapitalbestand proportional zum Humankapitalbestand verringert haben.

*Das Leontief-Paradox:* Bekanntlich stiftete Leontiefs Entdeckung, die USA würden tendenziell arbeitsintensive Produkte exportieren und kapitalintensive Produkte importieren, einige Verwirrung. Aus Sicht des hiesigen Ansatzes wurde in Wirklichkeit der Export *humankapitalintensiver* Produkte aufgezeigt (diese Vermutung war bereits Gegenstand zahlreicher empirischer Veröffentlichungen in den 60er Jahren). Es besteht kein Grund, warum entwickeltere Volkswirtschaften tendenziell Güter exportieren sollten, bei denen der Faktor Kapital im Verhältnis zum Faktor Humankapital stärker eingesetzt wird.

## 6. Neoklassisches versus Humankapitalmodell: Ein Test

Der wohl gravierendste Unterschied zwischen dem obigen Humankapitalmodell und dem Neoklassischen Wachstumsmodell besteht darin, daß die Wachstumsrate des Inlandsprodukts im ersten Fall unabhängig vom Bevölkerungswachstum ist, aber abhängig von der Sparquote, während nach Neoklassischer Logik ein positiver Zusammenhang zwischen dem Wachstum des Inlandsprodukts und dem Bevölkerungswachstum besteht, aber kein Zusammenhang zwischen Wachstum und Investitionsquote. Aufgrund dieser Tatsache läßt sich ein empirischer Test konstruieren, der zwischen den beiden Modellen diskriminiert und insofern robust und sparsam ist, als er keine Informationen über die Produktionsfunktion voraussetzt.

Die zentrale Aussage des *Neoklassischen Wachstumsmodells* lautet, daß das Inlandsprodukt im Steady State mit einer Rate wächst, die der Summe des technischen Fortschritts und des Bevölkerungswachstums entspricht:

$$(16) \quad \hat{Y}_i = \hat{A} + \hat{N}_i$$

Hierbei wurden die Wachstumsrate des Inlandsprodukts und die Wachstumsrate der Bevölkerung mit einem Länderindex  $i$  versehen. Die Rate des technischen Fortschritts wird allgemein als international einheitlich angesehen, was nicht ausschließt, daß die Produktionsfunktion eine länderspezifische Niveauvariable enthalten kann. Die Annahme länderspezifischer Fortschrittsraten  $\hat{A}$ , die ja nicht unabhängig beobachtbar sind, würde das Modell gegen jeden Test immunisieren.

Die Gleichung (16) wurde anhand von Daten aus OECD (1994a) für die Menge der OECD-Länder getestet, für die zuverlässiges Datenmaterial zur Verfügung steht. Die Stichprobe umfaßt 24 Länder.  $\hat{Y}$  wurde spezifiziert als die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate des Inlandsprodukts in konstanten Preisen über den Zeitraum 1960 - 1990.  $\hat{N}$  ist die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter über denselben Zeitraum; die Werte wurden der Penn World Table, Version 5.5 entnommen (Summers und Heston, 1991). Das Ergebnis der Schätzung von (16) lautet:

$$(17) \quad \hat{Y}_i = 3,22 + 0,25 \cdot \hat{N}_i, \quad R^2 = 0,031, \quad F = 0,69.$$

(8,3)                      (0,8)

Die in Klammern angegebenen  $t$ -Werte zeigen, daß das Bevölkerungswachstum nicht signifikant ist, dasselbe gilt für die Schätzung insgesamt. Mit einem Determinationskoeffizienten von 0.031 erklärt das Bevölkerungswachstum nur einen verschwindend geringen Teil der Streuung der Wachstumsraten.

Gegen diese Testmethodik könnte man zweierlei einwenden. Erstens ist das *Bevölkerungswachstum* möglicherweise nicht exogen, sondern selbst von ökonomischen Variablen abhängig. Die Erfahrung lehrt, daß Länder mit geringem Pro-Kopf-Einkommen tendenziell höhere Geburtenraten aufweisen. Im Neoklassischen Modell sind Länder mit geringem Pro-Kopf-Einkommen solche mit geringer Kapitalintensität, bei denen das Inlandsprodukt mit einer Rate  $\hat{Y} > \hat{A} + \hat{N}$  wächst. Die Schätzung des zweiten Koeffizienten in (17) wäre demnach nicht erwartungstreu, sondern nach oben verzerrt. Es müßte sich ein Koeffizient *größer Eins* ergeben, was dem Ergebnis widerspricht.

Andererseits bezieht sich die Implikation des Humankapitalmodells, daß der zweite Koeffizient nicht signifikant von Null verschieden sein darf, eigentlich nur auf die *Geburtenrate*. Bei höherer Geburtenrate verlangt Effizienz eine langsamere Akkumulation von Humankapital pro Kopf und eine geringere Wachstumsrate des Pro-Kopf-Einkommens bei unveränderter Wachstumsrate des Inlandsprodukts. Wächst die inländi-

sche Bevölkerung aber aufgrund von *Zuwanderung* und bringen die Einwanderer Humankapital mit, dann wäre empirisch eine positive Korrelation zwischen dem Wachstum der inländischen Bevölkerung und dem Wachstum des Inlandsprodukts zu erwarten. Vielleicht ist der zweite Koeffizient in (17) aus diesem Grund positiv.

Hingegen ist der von Humankapitalmodell prognostizierte Zusammenhang zwischen Wachstumsrate und Investitionsquote empirisch gut belegt. Schon Rostow, Lewis oder Leibenstein erkannten in der Steigerung der Investitionsquote die wesentliche Voraussetzung für wirtschaftliche Entwicklung. Levine und Renelt (1992) stellten in einer umfangreichen Sensitivitätsanalyse fest, daß die Investitionsquote als *einzigste* Variable in einer robusten Beziehung zum Wachstum steht. Grossman und Heckman (1994, S. 30) demonstrieren einen positiven Zusammenhang zwischen dem Wachstum der totalen Faktorproduktivität ( $\hat{A}$ ) und der Investitionsquote für 22 OECD Länder im Zeitraum 1970 - 88 und verweisen auf weitere Literatur.

Ein zweiter Test knüpft an eine bekannte Identität an, die unabhängig von der zugrundeliegenden Theorie gilt:

$$(18a) \quad \frac{K}{Y} = \frac{I/Y}{\hat{K}} = \frac{I/Y}{\hat{Y}}$$

$$(18b) \quad \text{oder } \ln K/Y = \ln I/Y - \ln \hat{Y}$$

Im Steady State ( $\hat{K} = \hat{Y}$ ) stimmt der Kapitalkoeffizient mit dem Verhältnis von Investitionsquote (oder Sparquote) und Wachstumsrate überein. Die *Neoklassische Theorie* sieht die Investitionsquote und die Wachstumsrate als exogen an, während sich der Kapitalkoeffizient als zentrale Modellvariable entsprechend anpaßt. Volkswirtschaften mit höherer Investitionsquote haben einen höheren Kapitalkoeffizienten, Volkswirtschaften mit höherer Wachstumsrate einen geringeren Kapitalkoeffizienten. Andererseits bedingt eine höhere Investitionsquote kein rascheres Wachstum, sofern nicht  $I/Y$  und  $\hat{N}$  ihrerseits korreliert sind.

Im *Humankapitalmodell* hingegen ist der Kapitalkoeffizient bei effizienter Akkumulation *unabhängig* von Investitionsquote und Wachstumsrate. Ganz im Gegenteil bedingt eine Zunahme der Investitionsquote, daß die Wachstumsrate entsprechend steigt. Somit wirft (18) die empirisch testbare Frage auf: *Ist die Investitionsquote positiv mit dem Kapitalkoeffizienten korreliert, oder ist sie positiv mit der Wachstumsrate korreliert?* Diese Aussage wurde wiederum für die OECD-Länder über den Zeitraum 1960 - 1992 getestet. Das Datenmaterial ist im Anhang zu

diesem Aufsatz beschrieben. Innerhalb der Stichprobe waren Bevölkerungswachstum  $\hat{N}$  und Investitionsquoten  $I/Y$  nicht miteinander korreliert ( $\rho = 0,019$ ). Die Schätzung von (18b) führte zu folgendem Ergebnis:

$$(19) \quad \ln(K/Y)_i = 0,74 + 0,34 \ln(I/Y)_i - 0,35 \ln \hat{Y}_i$$

(1,7)      (1,6)                      (2,2)

Mit  $R^2 = 0,19$  und  $F = 2,48$  ist die Schätzung insgesamt auf dem 5%-Niveau nicht signifikant; die Hypothese, alle Koeffizienten seien gleich Null, kann nicht verworfen werden. Demgegenüber sind die Variablen  $I/Y$  und  $\hat{Y}$  untereinander stark korreliert. Konkret ergibt eine Schätzung von (15):

$$(20) \quad \hat{Y}_i = 0,58 + 0,22 \frac{I}{Y}, \quad R^2 = 0,43, \quad F = 16,76.$$

(0,8)      (4,1)

Der erste Koeffizient ist, wie in (15), nicht signifikant von Null verschieden, während der zweite Koeffizient und die Schätzung insgesamt bis zum 1%-Niveau signifikant sind. Die Streuung der Nettoinvestitionsquoten erklärt beachtliche 43% der Streuung der Wachstumsraten der OECD-Länder. Die These der Neoklassischen Wachstumstheorie, zwischen diesen beiden Größen bestünde kein Zusammenhang, wird sowohl durch dieses Resultat als auch die oben zitierte empirische Literatur widerlegt.

## 7. Eine entscheidungstheoretische Fundierung

Für die in Abschnitt 3 dargestellte reduzierte Form des Humankapitalmodells soll jetzt eine entscheidungstheoretische Fundierung nachgeliefert werden, die zeigt, wie sich die reduzierte Form als Lösung eines *Wettbewerbsgleichgewichts* ergibt, bei dem Unternehmen ihren Gewinn maximieren und Konsumenten ihren Nutzen. Hierbei wird eine konstante *Bevölkerung*  $N$  angenommen; alle Aussagen über die *aggregierten Variablen* des Modells bleiben jedoch unverändert, wenn man statt dessen eine beliebige Funktion  $N(t) > 0$  unterstellt.

Der entscheidungstheoretische Ansatz lehnt sich eng an das bekannte Diamond (1965) Modell mit überlappenden Generationen an. Alle Unternehmen und Konsumenten sind untereinander identisch, so daß ihr Verhalten durch jeweils einen repräsentativen Agenten dargestellt werden kann. *Die Unternehmen*, deren Zahl bei konstanten Skalenerträgen keine Rolle spielt, verkaufen Output und kaufen Humankapital („Arbeit“) und Sachkapital. Das Entscheidungsproblem



$$(22) \quad \max! \pi_{t+1} = F(H_t, K_t) - w_{t+1} \cdot H_t - r_{t+1} \cdot K_t$$

führt auf die bekannten Grenzproduktivitätsbedingungen

$$(23) \quad \frac{\partial F}{\partial H_t} = w_{t+1} \quad \text{und} \quad \frac{\partial F}{\partial K_t} = r_{t+1}.$$

Man mag eine Asymmetrie zwischen Human- und Sachkapital darin sehen, daß die Unternehmen über die Variable  $K_t$  bereits in Periode  $t$  entscheiden müssen, über  $H_t$  aber erst in der folgenden Periode. Im Rahmen eines Modells mit vollständiger Voraussicht und erfüllten Erwartungen macht dies jedoch keinen Unterschied. Der Zeitindex beider Kapitalarten bezieht sich auf die Periode der Kapitalbildung.

Bei den *Konsumenten* muß das Diamond-Modell ein wenig erweitert werden. Bekanntlich leben die Konsumenten im Diamond-Modell zwei Perioden lang, von denen die erste als *Erwerbsphase*, die zweite als *Altersphase* bezeichnet wird. Bei endogener Humankapitalbildung muß eine dritte, die *Kindheitsphase*, vorgeschaltet werden. In der hiesigen Modellierung werden die Kinder in der ersten Lebensphase von ihren Eltern mit Humankapital ausgestattet und hierdurch befähigt, in der zweiten Lebensphase Arbeitseinkommen zu erzielen. Definiert man den Humankapitalbegriff so umfassend wie beispielsweise Schultz (1986), der nicht nur die Bildung und Ausbildung hierzu zählt, sondern auch Ausgaben für die Gesundheit und Ernährung, dann sind fast alle Leistungen der Eltern für ihre Kinder Humankapitalbildung. Ansonsten kann man den Konsum der Kinder als Teil des Konsums ihrer Eltern ansehen, wie dies Samuelson (1958) vorgeschlagen hat, so daß sich eine spezielle Konsumvariable für die Kinder erübrigt. Hierdurch vereinfacht sich das Modell, ohne daß ein makroökonomisch wichtiger Aspekt verlorenginge.

Für die *Nutzenfunktion* der Konsumenten wird ein dynastisches Familienmodell à la Barro (1974) gewählt:

$$(24) \quad U_t = U(c_t^1, c_{t+1}^2) + \rho \cdot U_{t+1}, \quad 0 < \rho < 1.$$

Hierbei bezeichnet  $U_t$  den Nutzen der Generation  $t$ . Er hängt ab vom Konsum während der Erwerbsphase,  $c_t^1$ , vom Konsum während der Altersphase,  $c_{t+1}^2$  sowie vom diskontierten Nutzen der Kinder (bei konstanter Bevölkerung hat jeder Konsument genau ein Kind). Die beiden Budgetbeschränkungen des Konsumenten lauten:

$$(25.1) \quad c_t^1 + s_t + h_t = w_t \cdot h_{t-1} + e_t,$$

$$(25.2) \quad c_{t+1}^2 + e_{t+1} = (1 + r_{t+1}) \cdot s_t.$$

Die meisten Variablen bedürfen keiner Erklärung, da sie der Standardmodellierung entsprechen.  $e_t$  ist das Erbe des Konsumenten in Periode  $t$ , das er bekommt, wenn seine Eltern gerade gestorben sind, und  $e_{t+1}$  die Hinterlassenschaft des Konsumenten an seine Kinder. Zur Vereinfachung des Arguments werden die Größen  $e_t$  nicht auf den positiven Bereich beschränkt. Das Arbeitseinkommen des Konsumenten hängt von seinem Humankapital  $h_{t-1}$  ab, das in der Vorperiode gebildet wurde. Während der Erwerbsphase investiert der Konsument seinerseits in das Humankapital  $h_t$  seiner Kinder. Eine Rekursion der Nutzenfunktion (24) und eine Zusammenfassung der Budgetbeschränkungen (25) führt auf folgenden Lagrange-Ansatz, der das *Entscheidungsproblem der Generation 1* abbildet (bei der gewählten Nutzenfunktion gibt es kein Konsistenzproblem: spätere Generationen weichen nicht von den Festlegungen der ersten Generation ab, die Existenz einer Generation 0 wird zur Vereinfachung ausgeschlossen).

$$(26) \quad L = \sum \rho^{t-1} U(c_t^1, c_{t+1}^2) + \sum \lambda_t \left[ c_t^1 + \frac{c_{t+1}^2 + e_{t+1}}{1 + r_{t+1}} + h_t - w_t h_{t-1} - e_t \right]$$

Durch Differentiation nach den Entscheidungsvariablen  $c_t^1$ ,  $c_{t+1}^2$ ,  $h_t$  und  $e_{t+1}$  für  $t = 1, 2, \dots$  erhält man die Bedingungen erster Ordnung für die Lösung des Optimierungsproblems zu gegebenem  $h_0$  und  $e_1$ :

$$(27.1) \quad \rho^{t-1} \cdot \frac{\partial U}{\partial c_t^1} + \lambda_t = 0,$$

$$(27.2) \quad \rho^{t-1} \cdot \frac{\partial U}{\partial c_{t+1}^2} + \lambda_t / (1 + r_{t+1}) = 0,$$

$$(27.3) \quad \lambda_t - \lambda_{t+1} \cdot w_{t+1} = 0,$$

$$(27.4) \quad \lambda_t / (1 + r_{t+1}) - \lambda_{t+1} = 0.$$

Das Hauptergebnis resultiert aus den letzten beiden Gleichungen: *Der Lohn pro Humankapitaleinheit entspricht dem Zinsfaktor*. Da durch die Produktionsfunktion eine Faktorpreisgrenze  $w = \Phi(r)$  mit  $\Phi' < 0$  definiert wird, ist diese Gleichgewichtsbedingung für genau ein Lohn/Zins-Verhältnis erfüllt. Damit aber bleiben Lohn und Zins entlang des Wachstumspfadens konstant:

$$(28) \quad \frac{\lambda_t}{\lambda_{t+1}} = w = 1 + r = \text{const.}$$

Die Übereinstimmung von Lohn und Zinsfaktor hat eine einfache Intuition: Die Eltern können entweder sparen, um ihren Kindern eine Erbschaft zu hinterlassen oder in das Humankapital der Kinder investieren. Im ersten Fall erhöht sich der Gegenwartswert des Einkommens der Kinder genau um den hierfür gesparten Betrag, im zweiten Fall nimmt der Gegenwartswert des Arbeitseinkommens der Kinder um  $w_{t+1}/(1+r_{t+1})$  pro gebildeter Humankapitaleinheit zu. Weil der relative Preis des Humankapitals per Wahl der Einheiten gleich Eins ist, müssen die Erträge dieser beiden Alternativen übereinstimmen, das heißt, es muß  $w = (1+r)$  gelten. Weiterhin ergibt sich aus (27.1) und (27.2) das vertraute Resultat

$$(29) \quad \frac{\partial U / \partial c_t^1}{\partial U / \partial c_{t+1}^2} = (1+r).$$

Bei einer *homothetischen Nutzenfunktion* hängt die Grenzrate der Substitution allein vom Verhältnis  $c^2/c^1$  ab. Die Konstanz der Grenzrate der Substitution impliziert demnach, daß  $c^1$  und  $c^2$  mit derselben Rate wachsen. In diesem Fall wachsen alle Mengengrößen aus (25) mit derselben Rate, und das im Gleichgewicht gehaltene Vermögen ist ein konstantes Vielfaches des Einkommens. Dies entspricht der reduzierten Form des Modells aus Abschnitt 3.

Durch Anwendung von (27.1) auf  $t$  und  $t+1$  folgt in Kombination mit (28) ein ebenfalls bekannter Satz der Wachstumstheorie:

$$(30) \quad \frac{\partial U / \partial c_t^1}{\partial U / \partial c_{t+1}^1} = \rho \cdot (1+r).$$

Die Wachstumsrate des Konsums und damit die Wachstumsrate überhaupt hängt bei dynastischer Optimierung vom Produkt des subjektiven Diskontfaktors  $\rho$  und des Zinsfaktors  $(1+r)$  ab. Bei starker „Kinderliebe“, also bei  $\rho$  nahe Eins gilt  $\rho \cdot (1+r) > 1$ , und es resultiert streng monotonen Wachstum. Umgekehrt ausgedrückt gibt es zu jeder Produktionsfunktion  $F$  und Nutzenfunktion  $U$  eine genügend geringe „Kinderliebe“, so daß sich der Konsum im Zeitablauf vermindert. Im vorliegenden Fall ist das klar, weil die Kinder hinsichtlich ihrer Anfangsausstattung mit Gütern ( $e$ ) und Humankapital ( $h$ ) vollkommen auf das Wohlwollen der Eltern angewiesen sind. Im Grenzfall  $\rho = 0$  wählt die erste Generation  $h_1 = 0$  und  $e_2 = 0$ , und die Ökonomie geht nach einer Periode unter.

Zusammenfassend ist das *Wachstumsgleichgewicht* durch einen konstanten Reallohn pro Humankapitaleinheit und einen damit übereinstimmenden Zinsfaktor gekennzeichnet. Die beiden Faktorpreise implizieren bei gegebener Produktionsfunktion ein bestimmtes Faktoreinsatzverhältnis, und dieses stimmt mit dem Verhältnis der von den Konsumenten angebotenen Faktormengen überein. Bei gegebener Bevölkerung  $N$  gilt

$$(31) \quad \frac{K_t}{H_t} = \frac{N \cdot s_t}{N \cdot h_t}.$$

Aus den Bedingungen (23) für ein Gewinnmaximum ( $\partial F/\partial H = w$  und  $\partial F/\partial K = r$ ) sowie der Bedingung (28) für ein Nutzenmaximum ( $w = 1 + r$ ) folgt schließlich  $\partial F/\partial H = 1 + \partial F/\partial K$ . Die grundlegende Bedingung (4) für *effizientes Wachstum* ist demnach im Wettbewerbsgleichgewicht erfüllt. Die folgenden beiden Beispiele illustrieren das Wachstumsverhalten bei Annahme konkreter Nutzenfunktionen.

*Beispiel 1: Cobb-Douglas.* Aus  $U_t = (1 - \alpha) \cdot \ln c_t^1 + \alpha \cdot \ln c_{t+1}^2 + \rho \cdot U_{t+1}$  erhält man durch Einsetzen in (30)

$$(32) \quad \frac{c_{t+1}^1}{c_t^1} = \rho \cdot (1 + r).$$

Demnach wächst der Konsum während der Erwerbsphase mit einer konstanten Rate, ebenso der Alterskonsum.

*Beispiel 2: Stone-Geary.* Mit der Nutzenfunktion  $U_t = (1 - \alpha) \cdot \ln(c_t^1 - \bar{c}) + \alpha \cdot \ln(c_{t+1}^2 - \bar{c}) + \rho U_{t+1}$ , wobei  $\bar{c}$  ein Existenzminimum darstellt, erhält man durch Einsetzen in (30)

$$(33) \quad \frac{c_{t+1}^1}{c_t^1} = \rho \cdot (1 + r) + [1 - \rho \cdot (1 + r)] \cdot \frac{\bar{c}}{c_t^1}.$$

Im instabilen Gleichgewicht  $c_t^1 = \bar{c}$ , der *Entwicklungsfalle*, verharrt der Konsum stationär auf dem Niveau  $\bar{c}$ . Der reale Pro-Kopf-Lohn ist gering, der Lohn pro Humankapitaleinheit und der Realzins aber haben dieselben Werte wie anderswo. Nimmt  $c_t^1$  aufgrund einer einmaligen Störung zu, dann stellt sich ein *Take-Off* ein, und die Ökonomie wächst mit einem abnehmenden, gegen  $\rho \cdot (1 + r)$  konvergenten Faktor. Weil die Wachstumsrate abnimmt, zeigt sich für mehrere Ökonomien, die sich in verschiedenen Entwicklungsstadien befinden, eine gewisse Konvergenz.

Man mag das hier entwickelte dynastische Wachstumsmodell für zu optimistisch halten. In der Tat gibt es begründete Einwände gegen das völlig altruistische Verhalten der Eltern. Aber für das Humankapitalmodell ist diese Annahme nicht wesentlich; ganz im Gegenteil kann die

reduzierte Form des Modells auch durch die polar entgegengesetzte Annahme substantiiert werden, daß die Eltern ihre Kinder als *Investitionsgüter* begreifen und in deren Humankapital aus rein egoistischen Beweggründen investieren. In der Bevölkerungswissenschaft wird die Auffassung, Kinder seien aus Sicht ihrer Eltern Investitionsgüter, zumindest in bezug auf wenig entwickelte Volkswirtschaften vertreten (vgl. etwa Felderer 1990). Eine Motivation hierfür besteht in der früher in Europa und heute anderenorts beobachtbaren Kinderarbeit, deren Umstände nicht so geartet sind, daß man hier übertriebenen Altruismus auf Seiten der Eltern vermutet. Deshalb sei nun alternativ angenommen, daß die Nutzenfunktion der Eltern sich allein auf den *eigenen* Konsum erstreckt und daß sie in Kinder nur deshalb investieren, weil sie auf eine Unterstützung in der Altersphase rechnen, die Ergebnis einer gesellschaftlichen Konvention ist:

$$(34) \quad U = U(c_t^1, c_{t+1}^2).$$

Bezeichnet  $b$  den konstanten Prozentsatz des Arbeitseinkommens, mit dem die Erwerbstätigen ihre Eltern unterstützen, dann lauten die beiden Budgetbeschränkungen:

$$(35.1) \quad c_t^1 + s_t + h_t = (1 - b) \cdot w_t \cdot h_{t-1},$$

$$(35.2) \quad c_{t+1}^2 = (1 + r_{t+1}) \cdot s_t + b \cdot w_{t+1} \cdot h_t.$$

Bei optimaler Wahl von  $h_t$  und  $s_t$  für  $t = 1, 2, \dots$  ergibt sich hieraus die Arbitragebeziehung

$$(36) \quad w \cdot b = (1 + r),$$

wobei die Konstanz des Reallohns und des Realzinses sofort aus der Konstanz von  $b$  und der Faktorpreisgrenze folgt. Auch das Faktoreinsatzverhältnis  $x = h_t/s_t$  muß demnach zeitlich unverändert bleiben. Unterstellt man eine *homothetische* Nutzenfunktion, so daß die Ausgabenanteile für den Konsum während der Erwerbsphase und den Konsum während der Altersphase aufgrund der Konstanz des Zinses unverändert bleiben, dann wachsen das Humankapital pro Kopf und alle anderen Mengenvariablen mit einer konstanten Rate.

*Beispiel: Cobb-Douglas:* Bei einer Cobb-Douglas Nutzenfunktion  $U = (1 - \alpha) \cdot \ln c_t^1 + \alpha \cdot \ln c_{t+1}^2$  beträgt die Ersparnis der Generation  $t$ :  $s_t + h_t = \alpha \cdot (1 - b) \cdot w \cdot h_{t-1}$ , wie man leicht nachrechnet. Bei Division durch  $h_t$  und Ausnutzung der Konstanz von  $x = s_t/h_t$  ergibt sich hieraus die Bewegungsgleichung

$$(37) \quad \frac{h_t}{h_{t-1}} = \alpha \cdot (1 - b) \cdot \frac{w}{1 + x}.$$

Der Bruch rechts hängt nur von der Produktionsfunktion ab. Demnach ist der Wachstumsfaktor direkt proportional zum Ausgabenanteil für den Alterkonsum und zum Anteil des Arbeitseinkommens, den die Erwerbstätigen behalten können.

Insgesamt ist das Arrangement (35), das eine Besteuerung der Kinder durch die Eltern zuläßt, *gesellschaftlich ineffizient*. Aus der Bedingung für individuell rationales Verhalten (36) folgt nämlich durch Kombination mit den Grenzproduktivitätsbedingungen (23)

$$(38) \quad b \cdot \frac{\partial F}{\partial H_t} = 1 + \frac{\partial F}{\partial K_t}.$$

Bei  $b = 1$  geht die Ökonomie unmittelbar unter, bei  $b < 1$  aber übersteigt die Grenzproduktivität des Humankapitals die Grenzproduktivität des Sachkapitals (plus Eins), das bedeutet, die notwendige Bedingung (4) für effiziente Akkumulation wird verletzt. Es wird, gemessen am gesellschaftlichen Optimum, zuviel Sachkapital und zuwenig Humankapital gebildet, und zwar deshalb, weil sich die Eltern gemäß (35) die Erträge ihrer Sachinvestition vollständig aneignen können, von den Humankapitalinvestitionen in ihre Kinder aber nur einen Teil zurückerhalten.

## 8. Schlußbemerkungen

Aufgrund seiner einfachen logischen Struktur erlaubt das oben vorgestellte Humankapitalmodell naheliegende Erweiterungen, auf die hier nur aus Platzgründen verzichtet wurde. Die Vernachlässigung von technischem Fortschritt einerseits und natürlichen Ressourcen andererseits soll nicht besagen, daß derartige Dinge für beobachtbare Wachstums- und Entwicklungsprozesse unwichtig sind. Es macht aber einen Unterschied, ob eine Theorie einen beträchtlichen Teil des beobachtbaren Wachstums endogen zu erklären vermag und Raum für ein „ε“ technischen Fortschritts läßt – oder ob fast das gesamte Wachstum exogenen Ursachen zugeschrieben wird, wie im Fall der Neoklassischen Wachstumstheorie.

So betrachtet handelt es sich bei den begrenzt verfügbaren natürlichen Ressourcen und dem technischen Fortschritt um zwei kleinere, zudem entgegengesetzt wirkende Einflüsse, die sich mehr oder weniger aufheben. Und was den nicht bestreitbaren Wissenszuwachs angeht, mag vielleicht Solows Überzeugung, man solle hier keine ökonomische Erklärung versuchen, sachgerecht sein. Für das Wirtschaftswachstum kommt es

dem Humankapitalmodell zufolge nicht auf *abstrakt* vorhandenes Wissen in Büchern usw. an, sondern auf *konkrete Fähigkeiten*, die an Menschen gebunden sind. Man kann nicht erwarten, daß die Entdeckung der Doppelhelixstruktur und ihre Veröffentlichung irgendeinem Entwicklungsland nutzen, sofern niemand der dort Tätigen diese Entdeckung selbst versteht und nutzbar machen kann. Um einen derartigen Sachverhalt aber zu verstehen, sind enorme jahrelange Vorleistungen erforderlich, die viele Züge der Kapitalakkumulation tragen.

Vermutlich wird das Wachstum des Humankapitals in empirischen Studien systematisch unterschätzt, was erklären würde, warum diesem Faktor bei der Analyse der Wachstumsursachen generell keine überragende Bedeutung zugesprochen wird. Maddison (1987), dessen einflußreiche Arbeit auf diesem Gebiet hier stellvertretend für viele genannt sei, mißt das Humankapital durch die Jahre formaler schulischer Erziehung. Abgesehen davon, daß die Humankapitalforschung den Begriff normalerweise erheblich weiter faßt, impliziert diese Art der Messung eine systematische Verzerrung, weil *Qualitätsunterschiede* unberücksichtigt bleiben – eine Schulstunde beim guten Lehrer Welsch vor hundert Jahren zählt wie eine Schulstunde heute, mit einem ganz anders ausgebildeten Lehrer und 30 PCs im Klassenzimmer. Bei der Messung des Kapitalbestands werden Qualitätsverbesserungen dagegen sehr wohl berücksichtigt. Ein zur Behandlung des Humankapitalbestands analoger Umgang mit dem Sachkapital würde darin bestehen, daß man dessen *Gewicht* (in Tonnen!) als „Proxi“ für den Kapitalbestand nimmt. Nach Schätzungen von Schultz oder Kendrick (1976) macht der Humankapitalbestand ungefähr die Hälfte des Gesamtkapitalbestands aus. Wenn dieser Anteil zumindest keinen fallenden Trend hat, dann muß der Humankapitalbestand mit mindestens derselben Rate wachsen wie das reale Inlandsprodukt, und nicht mit jener viel geringeren Rate, mit der in entwickelten Ländern die Ausbildungszeiten zunehmen.

Es sollte nicht unerwähnt bleiben, daß der Humankapitalansatz *wirtschaftspolitische Implikationen* birgt, die sich stark von denen der Neoklassischen Wachstumstheorie unterscheiden, aber ebenso von denen anderer Ansätze der endogenen Wachstumstheorie. Dies gilt vor allem bevölkerungspolitisch. Jede Zunahme der Wachstumsrate der Bevölkerung bewirkt im Humankapitalmodell eine Verminderung der Wachstumsrate des Pro-Kopf-Einkommens. Im Neoklassischen Modell besteht zwischen dem Bevölkerungswachstum und dem Pro-Kopf-Wachstum keinerlei Beziehung, während sich bei externen Effekten und steigenden Skalenerträgen sogar ein *positiver* Zusammenhang zeigt, der besonders im Modell von Arrow (1962) deutlich wird. Das Humankapitalmodell ist insofern bevölkerungspessimistisch, und mit Grund: Während Theodore

Schultz stets hervorgehoben hat, daß die Bevölkerungsqualität durch Investitionen in Humankapital verbessert und das Entwicklungsdilemma hierdurch behoben werden kann, betont das Humankapitalmodell den Umstand, daß jeder Generation nur *begrenzte Kapitalmittel* zur Verfügung stehen. Werden diese in eine höhere Bevölkerungszahl investiert, dann folgt zwangsläufig eine entsprechende Verminderung der Bevölkerungsqualität. Bei gegebenen Gesamtmitteln können Bevölkerungsquantität und Bevölkerungsqualität nicht gleichzeitig erhöht werden. Die Bestimmungsgründe der Wahl zwischen Kinderzahl und Kinderqualität aufzudecken, ist aus Sicht des Humankapitalmodells dringender denn je. Eine Analyse dieses Problems bleibt freilich anderen Arbeiten vorbehalten.

### Anhang

In diesem Anhang sind die Daten für den zweiten Test aus Abschnitt 6 beschrieben. Für diesen wurden Angaben über nationale Kapitalbestände benötigt. Direkte Schätzungen der Kapitalbestände werden von der OECD (1994a) für relativ wenige OECD-Länder veröffentlicht; zudem sind die Angaben nicht direkt vergleichbar, da manche Länder den staatlichen Kapitalbestand mitrechnen, andere den Wohnungskapitalbestand, wieder andere beide dieser Größen oder keine. Die Berechnungsmethoden sind in OECD (1994c) beschrieben. Die Lektüre dieser Veröffentlichung macht deutlich, daß für homogene Kapitalgütergruppen durchaus unterschiedliche Abschreibungssätze verwendet werden, so daß die Kapitalbestände auch aus diesem Grund nicht direkt vergleichbar sind. Beispielsweise werden Maschinen in der Druckindustrie in Großbritannien über 32 Jahre abgeschrieben, in Frankreich über 21 Jahre und in Belgien über 15 Jahre (OECD 1994c, Table 2). Es ist unwahrscheinlich, daß derart unterschiedliche Abschreibungsdauern entsprechende Unterschiede in den tatsächlichen Nutzungsdauern reflektieren. Ursache dürften eher verschiedene nationale Bilanzpraktiken oder Differenzen im jeweiligen Steuerrecht sein.

Für die hiesigen Zwecke wurden deshalb *standardisierte* Schätzungen der nationalen Kapitalbestände verwendet, die auf der *perpetual inventory method* beruhen. Der Kapitalbestand ergibt sich hierbei definitorisch als

$$(A1) \quad K_t = (1 - \delta) \cdot K_{t-1} + I_t^b,$$

wobei  $\delta$  den einheitlichen Abschreibungssatz bezeichnet und  $I_t^b$  die *Bruttoinvestition* in konstanten Preisen. Aus der somit konstruierten Zeitreihe lassen sich die Nettoinvestitionen und Nettoinlandsprodukte in konstanten Preisen gemäß



$$(A2) \quad I_t = I_t^b - \delta \cdot K_{t-1} \text{ und } Y_t = BIP_t - \delta \cdot K_{t-1}$$

ableiten. Der Anfangskapitalbestand  $K_0$  wurde aus der Identität  $D_0 = \delta \cdot K_0$  berechnet, wobei  $D_0$  die auf Preise des Basisjahres (1985) umgerechnete Abschreibung bezeichnet. Die Anfangskapitalbestände sind demnach nicht standardisiert. Der Abschreibungssatz wurde mit  $\delta = 3,6\%$  p.a. so gewählt, daß die aus (A2) erhältlichen Nettoinvestitionsquoten im Durchschnitt aller Länder und Jahre mit jenen Nettoinvestitionsquoten übereinstimmen, die in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen ausgewiesen werden. Demnach entspricht  $\delta = 3,6\%$  der standardisierten durchschnittlichen Abschreibung im OECD-Raum.

Die Abschreibungen, die Bruttoinvestitionen in konstanten Preisen, die Preisindizes für Investitionsgüter sowie die Bruttoinlandsprodukte in konstanten Preisen wurden der Veröffentlichung OECD (1994a) bzw. der zugehörigen Diskettenversion entnommen. Der im Text dargestellte Ansatz (18) wurde nun wie folgt operationalisiert: Die Gleichung

$$(A3) \quad \ln K_t / Y_{t+1} = \ln I_{t+1} / Y_{t+1} - \ln \hat{Y}_{t+1}$$

gilt im Steady State definatorisch. Setzt man  $K/Y$  als das *geometrische Mittel* der  $K_t/Y_{t+1}$  und analog  $I/Y$  und  $\hat{Y}$  als *geometrische Mittel* der Nettoinvestitionsquoten bzw. Wachstumsraten, so folgt unmittelbar (18b). In der folgenden Tabelle sind die geometrischen Mittel der Kapitalkoeffizienten, Wachstumsraten und Nettoinvestitionsquoten dargestellt.

	K/Y	$\hat{Y}$	I/Y
Australien	4.0	3.7	14.5
Österreich	3.7	3.3	14.7
Belgien	3.3	3.2	10.3
Kanada	2.7	3.9	11.5
Dänemark	3.0	2.6	11.6
Finnland	4.1	3.1	15.2
Frankreich	3.0	3.4	13.2
Deutschland	3.4	3.0	12.9
Griechenland	2.7	4.2	14.5
Island	3.3	4.3	13.5
Irland	2.5	4.1	12.8

Fortsetzung auf Seite 364

Fortsetzung von Seite 363

	K / Y	$\hat{Y}$	I / Y
Australien	4.0	3.7	14.5
Italien	3.7	3.7	13.9
Japan	2.9	5.9	21.3
Luxemburg	5.1	3.3	12.5
Niederlande	3.4	3.1	12.6
Neuseeland	3.4	2.1	14.0
Norwegen	4.0	3.6	14.9
Portugal	3.3	4.2	19.9
Spanien	3.1	4.4	14.1
Schweden	3.5	2.5	10.7
Schweiz	3.6	2.3	13.4
Türkei	2.5	5.2	14.7
Großbritannien	2.9	2.1	8.9
USA	3.2	2.9	9.2

### Literatur

- Aghion, P./Howitt, P.* (1992) A Model of Growth through Creative Destruction, *Econometrica* 60, 323 - 351.
- Arrow, K. J.* (1962) The Economics of Learning by Doing, *Review of Economic Studies* 29, 155 - 173.
- Barro, R. J.* (1974) Are Government Bonds Net Wealth? *Journal of Political Economy* 82, 1095 - 1117.
- Becker, G. S./Murphy, K. M./Tamura, R.* (1990) Human Capital, Fertility, and Economy Growth, *Journal of Political Economy* 98, S12-S37.
- Diamond, P.* (1965) National Debt in a Neoclassical Growth Model, *American Economic Review* 55, 1126 - 1150.
- Felderer, B.* (1990) Neoclassical Growth with Microfoundations, *Journal of Economics* 51, 273 - 285.
- Feldstein, M. S./Horioka, C.* (1980) Domestic Saving and International Capital Flows, *Economic Journal* 90, 314 - 329.
- Grossman, G. M./Helpman, E.* (1991) Innovation and Growth in the Global Economy, Massachusetts.
- /— (1994) Endogenous Innovation in the Theory of Growth, *Journal of Economic Perspectives* 8, 23 - 44.

- Jones, L. E./Manuelli, R.* (1990) A Convex Model of Equilibrium Growth: Theory and Policy Implications, *Journal of Political Economy* 98, 1008 - 1038.
- Kendrick, J. W.* (1976) *The Formation of Stocks of Total Capital*, New York.
- King, R. G./Rebelo, S. T.* (1993) Transitional Dynamics and Economic Growth in the Neoclassical Model, *American Economic Review* 83, 908 - 931.
- Krugman, P.* (1993) International Finance and Economic Development, in: A. Giovannini (Ed.) *Finance and Development: Issues and Experience*, Cambridge.
- Levine R./Renelt, D.* (1992) A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions, *American Economic Review* 82, 942 - 963.
- Lucas, R. E. Jr.* (1988) On the Mechanics of Economic Development, *Journal of Monetary Economics* 22, 3 - 42.
- Maddison, A.* (1983) A Comparison of Levels of GDP Per Capita in Developed and Developing Countries, 1700 - 1980, *Journal of Economic History* 43, 27 - 41.
- (1987) Growth and Slowdown in Advanced Capitalist Economies: Techniques of Quantitative Assessment, *Journal of Economic Literature* 25, 649 - 698.
- Mankiw, N. G./Romer, D./Weil, D. N.* (1992) A Contribution to the Empirics of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics* 107, 407 - 437.
- OECD* (1994a) *Flows and Stocks of Fixed Capital 1967 - 92*, Paris.
- (1994b) *National Accounts. Main Aggregates 1960 - 92*, Paris.
- (1994c) *Methods Used by OECD Countries to Measure Stocks of Fixed Capital*, Paris.
- Pack, H.* (1994) Endogenous Growth Theory: Intellectual Appeal and Empirical Shortcomings, *Journal of Economic Perspectives* 8, 55 - 72.
- Rebelo, S.* (1991) Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth, *Journal of Political Economy* 99, 500 - 521.
- Romer, P. M.* (1986) Increasing Returns and Long-Run Growth, *Journal of Political Economy* 94, 1002 - 1035.
- (1989) Capital Accumulation in the Theory of Long-Run Growth, in: Barro, R. J. (Hrsg.) *Modern Business Cycle Theory*, Cambridge.
- Samuelson, P. A.* (1958) An Exact Consumption-Loan Model of Interest with or without the Social Contrivance of Money, *Journal of Political Economy* 66, 467 - 482.
- Schultz, T. W.* (1986) *In Menschen investieren*, Tübingen.
- Solow, R. M.* (1956) A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics* 70, 65 - 94.
- (1994) Perspectives on Growth Theory, *Journal of Economic Perspectives* 8, 45 - 54.
- Summers, R./Heston, A.* (1991) The Penn World Table (Mark 5): An Expanded Set of International Comparisons, 1950 - 1988, *Quarterly Journal of Economics* 106, 327 - 368.

### **Zusammenfassung**

In der Arbeit wird ein endogenes Wachstumsmodell entwickelt. Das endogene Wachstum beruht auf der simultanen effizienten Akkumulation von physischem Kapital und Humankapital. Anders als in verwandten Ansätzen wird unterstellt, daß der Output Eins zu Eins in physisches oder Humankapital umgeformt werden kann. Hierdurch ergibt sich ein Modell mit besonders einfacher Struktur, das scharfe testbare Implikationen hat. Der Ansatz wird sodann zahlreichen empirischen Vergleichen mit dem Neoklassischen Modell unterworfen.

### **Abstract**

In the paper a growth model is developed which admits endogenous growth. Endogenous growth is due to simultaneous efficient accumulation of physical as well as human capital. In contrast to similar growth models, we assume that output can be transformed into either physical or human capital according to a linear transformation technology. The resulting model is particularly simple and entails sharp empirical predictions. Various empirical tests of that approach and the neoclassical growth model are performed.

*JEL-Klassifikation: O 10.*