
INSTITUT FÜR VOLKSWIRTSCHAFTSLEHRE

der

UNIVERSITÄT AUGSBURG



**Unvollkommener Wettbewerb,
Innovationen und endogenes Wachstum**

von

Manfred Stadler

Beitrag Nr. 75

Mai 1992

01

**QC
072
V922
-75**

Volkswirtschaftliche Diskussionsreihe

01/~~QC34C S 777 U 6~~

QC 072 V 922-75

Institut für Volkswirtschaftslehre

Universität Augsburg

Memminger Straße 14

8900 Augsburg

Tel.-Nr. (08 21) 5 98-(1)

Telex 5 3 830 uniaug

Telefax (08 21) 5 98-55 05

Unvollkommener Wettbewerb,

Innovationen und endogenes Wachstum

von

Manfred Stadler

Beitrag Nr. 75

Mai 1992

<08026987550023

<08026987550023

UB Augsburg

Unvollkommener Wettbewerb, Innovationen und endogenes Wachstum

von

Manfred Stadler *

Zusammenfassung

Dieser Beitrag präsentiert ein gesamtwirtschaftliches Gleichgewichtsmodell, mit dem endogenes Wachstum in einer disaggregierten Volkswirtschaft erklärt werden kann. Die Antriebskraft für ein anhaltendes Wirtschaftswachstum resultiert aus technologischem Wandel, der durch gezielte Innovationsentscheidungen rationaler Unternehmen in unvollkommenen Märkten in Gang gehalten wird. Der gewählte Ansatz ermöglicht aufgrund seiner recht allgemeinen Formulierung eine einheitliche Analyse horizontaler und vertikaler Produktinnovationen sowie drastischer und nichtdrastischer Prozeßinnovationen. Einige wichtige Einflußfaktoren auf die Innovationsrate in einzelnen Märkten und damit auch auf die endogene Wachstumsrate der Volkswirtschaft werden identifiziert und auf ihre Wirkungsrichtungen hin untersucht.

Abstract

This paper presents a general-equilibrium approach of endogenous growth in a disaggregated economy. Sustained long-run growth is driven by technological change that arises from intentional R&D decisions made by private rational firms in imperfect markets. The used approach enables us to deal with special issues like horizontal and vertical product innovations as well as drastic and non-drastic process innovations in a unified treatment. We identify and analyze some important factors determining the rate of innovation in specific markets and, hence, the endogenous rate of real output growth in the economy.

* Vortrag gehalten auf dem 5. DFG-Schwerpunktseminar "Marktstruktur und gesamtwirtschaftliche Entwicklung" vom 14. bis 16. Mai 1992 in Konstanz. Für wertvolle Hinweise und Kritik danke ich vor allem Axel Börsch-Supan, Ernst Helmstädter, Hans-Jürgen Ramser, Wolfram Richter, Monika Ruschinski und Konrad Stahl. Für die finanzielle Unterstützung danke ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Bonn.

1. Einleitung

Im Rahmen der "neuen Wachstumstheorie" wurden in den letzten Jahren einige recht vielversprechende Ansätze vorgestellt, mit denen sich die unterschiedlichen Wachstumsraten in den einzelnen Ländern endogen erklären lassen. Dabei wurde das neoklassische Standardmodell in der Tradition von Ramsey, Solow, Cass und Koopmans insbesondere um verschiedene Varianten steigender Skalenerträge in der Produktionsfunktion sowie um die Integration verschiedener Formen des unvollkommenen Wettbewerbs in Teilmärkten erweitert. Neben dem Bevölkerungswachstum wird dabei vor allem auf akkumulierbare Produktionsfaktoren wie Humankapital und technologisches Wissen als entscheidende Impulsgeber für ein anhaltendes und zwischen den Ländern variierendes Wirtschaftswachstum abgestellt (Sala-i-Martin 1990a,b).

Der vorliegende Beitrag konzentriert sich ganz auf den Innovationsprozeß und den damit einhergehenden technologischen Wandel als zentralen Wachstumsmechanismus. Gemäß einem Schumpeterianischen Paradigma entwickeln dynamische Unternehmen auf unvollkommenen Märkten neue Produkte und neue Produktionsverfahren, um einen temporären Wettbewerbsvorsprung vor den Konkurrenten zu erzielen. Die Durchsetzung dieser Innovationen auf der Marktebene schlägt sich gesamtwirtschaftlich als mehr oder weniger stabiler Wachstumstrend nieder. Erst eine integrative Verwendung industrieökonomischer und makroökonomischer Konzepte erlaubt es daher, sowohl die unternehmerischen Motive als auch die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen der privaten Innovationstätigkeit konsistent aus einem einheitlichen Ansatz heraus abzuleiten. Dieser zunächst recht allgemein formulierte Ansatz ermöglicht es, mehrere Aspekte, die bislang lediglich in einigen recht heterogenen Einzelmodellen thematisiert wurden, in integrativer Weise als Varianten eines Grundmodells zu erfassen. Dazu wird im 2. Abschnitt zunächst ein allgemeines Wachstumsmodell dargestellt, das sich von den Ansätzen klassischer Tradition insofern unterscheidet, als neben den Standard-Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital ein über Zwischenprodukte wirksamer Technologieparameter berücksichtigt wird. Dessen evolutive Entwicklung wird anschließend in konsistenter Weise durch unternehmerische Innovationsentscheidungen auf unvollkommenen Märkten endogen erklärt. Die jeweils zugrundeliegenden industrieökonomischen Szenarien werden nacheinander im Abschnitt 3 für horizontale Produktinnovationen, im Abschnitt 4 für vertikale Produktinnovationen und im Abschnitt 5 für drastische und nicht-drastische Prozeßinnovationen abgehandelt. Einige wohlfahrtstheoretische Überlegungen werden im Abschnitt 6 angestellt. Eine kritische Einschätzung des gewählten Ansatzes rundet im 7. Abschnitt den Beitrag ab.

2. Das wachstumstheoretische Grundmodell

Den Ausgangspunkt aller Überlegungen bildet eine geschlossene Volkswirtschaft ohne Staat mit konstanter Bevölkerungszahl. Jedes Individuum besitzt als Haushalt eine vom Konsum C abhängige Nutzenfunktion. Es verhält sich als Glied einer nicht aussterbenden Dynastie, wobei das Wohl aller Nachfahren entsprechend dem eigenen Wohl in seine Nutzenfunktion eingeht (Barro 1974). Die Haushalte maximieren ihren intertemporalen Nutzen

$$(1) \quad U(C) = \int_t^{\infty} u(C)e^{-\rho(\tau-t)} d\tau$$

mit der konstanten Zeitpräferenzrate ρ und der momentanen Nutzenfunktion

$$(2) \quad u(C) = \begin{cases} (C^{1-\sigma}-1)/(1-\sigma), & \sigma \in [0, \infty), \sigma \neq 1; \\ \ln C, & \sigma = 1 \end{cases}$$

unter Beachtung der ihnen auferlegten intertemporalen Budgetrestriktion. Die Einkommen der Haushalte setzen sich aus ihrem Lohn für einfache und qualifizierte Arbeit, ihrem Zinseinkommen sowie ihren Aktienerträgen zusammen. Unter Vernachlässigung aller nachfrageseitigen Koordinationsprobleme folgt daraus die Eulergleichung

$$(3) \quad \dot{C}/C = [r - g_{PY} - \rho] / \sigma$$

für den optimalen Konsumpfad. Unterstellt wird ein vollkommener Kapitalmarkt, auf dem der nominale Kreditzinssatz r für festverzinsliche Wertpapiere jeweils genau der erwarteten nominalen Rendite einer Aktienanlage entspricht. Da aus später ersichtlichen Gründen nicht wie üblich der Preis des Konsumgutes, sondern der Lohnsatz für qualifizierte Arbeit als Numeraire herangezogen wird, ist die Preisänderungsrate g_{PY} des Konsumgutes Bestandteil der Eulergleichung (3). Sämtliche Preisänderungen sind grundsätzlich als relativ gegenüber dem zeitlich konstanten Numeraire aufzufassen.¹ Der konstante Parameter σ symbolisiert die Elastizität des Grenznutzens, sein Kehrwert die intertemporale Substitutionselastizität des Konsums. Je größer der Wert von σ , desto ausgeprägter ist der Wunsch der Haushalte nach einer intertemporalen "Konsumglättung" aufgrund des mit steigendem Konsum immer weiter abnehmenden Grenznutzens.

¹ Da im Modell kein expliziter Geldmarkt berücksichtigt wird, ist die Wahl des Numeraires beliebig, d.h. sie hat keinen Einfluß auf die Entwicklung der realen Größen und der relativen Preise.

Auf der Produktionsseite wird ein vertikal strukturiertes Dreisektorenmodell zugrundegelegt, das sich aus einer im Hinblick auf Erweiterungen besonders geeignet erscheinenden Kombination verschiedener Elemente aus den Modellen von Romer (1990a), Grossman, Helpman (1991c) und Aghion, Howitt (1992) ergibt: In einem Forschungssektor entwickeln innovative Unternehmen (bzw. deren F&E-Abteilungen) unter Einsatz von qualifiziertem F&E-Personal Designs oder Konstruktionspläne für neue Produkte und Produktionsverfahren. In einem Zwischenproduktsektor stellen die erfolgreichen Unternehmen auf der Basis ihrer patentierten Konstruktionspläne wieder unter qualifiziertem Arbeitseinsatz - diesmal aber von spezialisierten Ingenieuren - die neuen Komponenten her und verkaufen sie schließlich an die Endprodukthersteller. Dort finden die technologieintensiven innovativen Zwischenprodukte neben physischem Kapital und einfachen Arbeitskräften quasi als Vorleistungsinput Verwendung in der Endproduktion des einen homogenen Gutes Y, das gleichermaßen zu Konsum- oder Investitionszwecken herangezogen werden kann. Während die Herstellung der Endprodukte wie im klassischen Modell unter vollkommenen Wettbewerbsbedingungen erfolgt, besitzen die Komponentenhersteller im Zwischenproduktsektor als Anbieter aufgrund ihrer patentgeschützten Produktion Marktmacht.

Die Herstellung des Endproduktes erfolgt gemäß der Cobb-Douglas-Produktionsfunktion

$$(4) \quad Y = A K^{\beta} F^{\eta} L^{1-\beta-\eta}, \quad \beta, \eta, \beta+\eta \in (0,1),$$

mit konstanten Skalenerträgen unter Einsatz von einfacher Arbeit L, physischem Kapital K sowie einem Bündel technologisch hochwertiger Zwischenprodukte F (Fließbandproduktion). A dient als konstante Niveaugröße. Bei unelastischem Angebot an einfacher Arbeit folgt aus (4) die Wachstumszerlegung

$$(5) \quad g_Y = \eta g_F + \beta g_K,$$

die sich im hier interessierenden Steady-state-Wachstum mit $g_Y = g_K$ zu

$$(6) \quad g_Y = \eta g_F / (1-\beta)$$

vereinfacht. Ohne technologische Impulse über Innovationen in der Zwischengüterproduktion würde die Ökonomie mit zunehmendem "capital deepening" einem stationären Endzustand zustreben. Demgegenüber induziert ein andauernder Innovationsprozeß eine begleitende Kapitalakkumulation im Sinne eines "capital widening". Da etwa im Gegensatz zu Rebelo (1990) eine sinkende Grenzproduktivität des Kapitals unterstellt wird, kommt der Kapitalakkumulation hier nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Wie in der einschlägigen

Literatur gemeinhin üblich, konzentriert sich die Analyse daher von vornherein auf den approximativen Steady-state-Wachstumspfad. Die außerordentlich komplexen - und für komparativ-statische Zwecke unergiebig - Anpassungsprozesse an diesen "balanced growth"-Pfad bleiben aus der Analyse ausgeblendet.

Nach der Dualitätstheorie läßt sich die Technologie (4) unter Vernachlässigung des Kapitalverschleißes äquivalent durch die duale Cobb-Douglas Kostenfunktion

$$(7) \quad G_Y = \tilde{A} r_K^\beta p_F^\eta w_L^{1-\beta-\eta} Y; \quad \tilde{A} = [A \beta^\beta \eta^\eta (1-\beta-\eta)^{1-\beta-\eta}]^{-1} \equiv 1$$

mit dem Kapitalnutzungspreis $r_K \equiv p_Y(r - g_{PY})$, dem Preisindex für den Zwischengüterinput p_F , dem Lohnsatz für einfache Arbeit w_L und der auf 1 normierten dualen Niveaukonstanten $\tilde{A}$ darstellen. Bei vollkommener Konkurrenz auf dem Konsumgütermarkt entspricht der Preis für die Konsumgüter p_Y gerade den Grenzkosten ihrer Herstellung $\partial G_Y / \partial Y$, d.h.

$$(8) \quad p_Y = r_K^\beta p_F^\eta w_L^{1-\beta-\eta}.$$

Für die Preisänderungsrate folgt daraus bei konstantem Lohnsatz im Steady-state dual zu (6)

$$(9) \quad g_{PY} = \eta g_{PF} / (1-\beta).$$

Durch Anwendung von Shephards Lemma erhält man aus der Kostenfunktion (7) die konditionale Nachfrage nach dem physischen Kapitalstock als

$$(10) \quad K = \beta p_Y Y / r_K.$$

Da sich der reale Kapitalnutzungspreis im Steady-state wegen (3) als $r_K/p_Y = \sigma g_Y + \rho$ darstellen läßt, folgen aus (10) der auf dem Steady-state-Pfad konstante Kapitalkoeffizient

$$(11) \quad K/Y = \beta / (\sigma g_Y + \rho)$$

sowie die ebenfalls konstante Investitionsquote

$$(12) \quad \dot{K}/Y = \beta g_Y / (\sigma g_Y + \rho).$$

Beide Kennziffern nehmen mit der partiellen Produktionselastizität des Kapitals β und der intertemporalen Substitutionselastizität des Konsums σ zu und mit der Zeitpräferenzrate ρ ab.

Die zu endogenisierende Wachstumsrate der Ökonomie g_y übt einen negativen Effekt auf den Kapitalkoeffizienten, dagegen einen positiven Effekt auf die Investitionsquote aus.

Die für ein andauerndes Wachstum entscheidende Rolle kommt dem Technologieparameter F zu. Er repräsentiert eine Reihe aufeinander abgestimmter Zwischenprodukte, die - zu einer Einheit verschmolzen - als technologischer Vorleistungsinput in die Endgüterproduktion eingehen (Grossman, Helpman 1991c, Kap. 5). Die Erstellung dieses Vorleistungs- bzw. Technologieinputs wird durch die CES-Produktionsfunktion

$$(13) \quad F = \left\{ \int_0^n [q(j)x(j)]^\alpha dj \right\}^{1/\alpha}; \quad \alpha \in (0,1)$$

charakterisiert. Dabei wird der Einfachheit halber von einem Kontinuum $[0,n]$ an Zwischenprodukten j ausgegangen, deren Einsatzmengen x jeweils mit einem Qualitätsindex q multipliziert als Produktionsfaktoren in die Technologiefunktion eingehen. Die CES-Form wurde ursprünglich ohne Qualitätsindizes und in diskreter Formulierung im Hinblick auf Nutzenfunktionen bei n heterogenen Konsumgütern von Dixit, Stiglitz (1977) analysiert und später von Ethier (1982) zu einer Produktionsfunktion uminterpretiert. Vor allem zwei Eigenschaften zeichnen (13) als für unsere Zwecke besonders geeignet aus. Zum einen wird bei jeweils gegebenem Sortiment an Zwischenprodukten das Aggregationsproblem durch die Eigenschaft konstanter Skalenerträge vermieden (Chambers 1988, Kap. 5). Zum anderen erhöht sich bei zunehmender Spezialisierung durch die Einführung zusätzlicher Komponenten die Faktorproduktivität aller Komponenten, so daß dynamisch steigende Skalenerträge im Zwischengütersektor resultieren, die für den einzelnen Anbieter allerdings externe Effekte darstellen (Romer 1987, 1990a,b). Die Technologie der Komponentenproduktion läßt sich völlig äquivalent in Form der dualen CES-Kostenfunktion

$$(14) \quad G_F = \left\{ \int_0^n [p(j)/q(j)]^{-\alpha/(1-\alpha)} dj \right\}^{-(1-\alpha)/\alpha} F$$

mit dem Vorleistungs- oder Technologiepreisindex

$$(15) \quad p_F = \left\{ \int_0^n [p(j)/q(j)]^{-\alpha/(1-\alpha)} dj \right\}^{-(1-\alpha)/\alpha}$$

darstellen. Durch Anwendung von Shephards Lemma erhält man aus der Kostenfunktion (14) die konditionalen Faktornachfragen nach den einzelnen Zwischenprodukten

$$(16) \quad x(j) = \left\{ \int_0^n [p(j)/q(j)]^{-\alpha/(1-\alpha)} dj \right\}^{-1/\alpha} p(j)^{-1/(1-\alpha)} q(j)^{\alpha/(1-\alpha)} F.$$

Diesen Faktornachfragen stehen nun die spezialisierten Anbieter im Zwischenproduktsektor in unvollkommener Konkurrenz gegenüber. Die verschiedenen Transmissionsmechanismen innovativer Neuerungen auf das gesamtwirtschaftliche Wachstum kommen in (13) bzw. (14) klar zum Ausdruck: Durch horizontale Produktinnovationen verbreitert sich die Palette an verfügbaren Zwischenprodukten n . Die damit verbundene zunehmende Spezialisierung im Produktionsprozeß induziert ein Wachstum. Durch vertikale Produktinnovationen werden bestehende Zwischenprodukte auf höhere Qualitätsniveaus q angehoben, wodurch ebenfalls Wachstum generiert wird. Nach (14) kann schließlich eine Qualitätsverbesserung modelltechnisch völlig äquivalent zu einer Preissenkung des Vorleistungsparameters, d.h. einer Prozeßinnovation, angesehen werden. Alle drei Varianten dieses innovationsinduzierten Wachstumsprozesses werden nun sukzessive ausformuliert. Trotz oder gerade wegen ihrer unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen sollten diese Varianten nicht als substitutive, sondern als komplementäre Erklärungsmuster für endogenes Wachstum angesehen werden.

3. Horizontale Produktinnovationen

Um den Effekt zunehmender Spezialisierung in der Produktionsweise isoliert betrachten zu können, wird für den Fall horizontaler Produktinnovationen eine technologische Gleichwertigkeit aller alten und neuen Komponenten unterstellt. Der technologische Fortschritt äußert sich dann lediglich in einer wachsenden Zahl n an horizontal differenzierten Zwischenprodukten (Romer 1990a,b und Grossman, Helpman 1989, 1990).

Die Produktion neuer Komponenten erfolgt mittels Humankapital in Form qualifizierter Ingenieurarbeit auf der Grundlage eines im F&E-Bereich entwickelten Konstruktionsplans. Jedes Unternehmen, das im Besitz eines entsprechenden Patentes ist, kann in linearer Technologie mittels Humankapital x sein Zwischenprodukt herstellen. Der Lohnsatz w für qualifizierte Arbeit, der als Numeraire definiert wurde, bleibt im Zeitablauf konstant. Sämtliche Komponentenanbieter befinden sich in einer Wettbewerbssituation der dynamischen monopolistischen Konkurrenz. Das Adjektiv "dynamisch" soll dabei verdeutlichen, daß die Gewinnerwartungen eines einzelnen monopolistischen Anbieters positiv und nicht wie im statischen Gleichgewicht gleich Null sind (Judd 1985). Dadurch wird im Zeitablauf eine Folge von horizontalen Produktinnovationen, verbunden mit der Erschließung immer neuer Märkte, induziert. Bei einer hinreichend großen Zahl von Anbietern können die Kreuzpreiseffekte zwischen den konkurrierenden Zwischenprodukten vernachlässigt werden, so daß aus

(16) eine Substitutionselastizität von $\xi = 1/(1-\alpha)$ zwischen je zwei Zwischenprodukten abgeleitet werden kann, die gleichzeitig auch den negativen Eigenpreiselastizitäten der Komponentennachfragen entspricht. Der Anbieter eines jeden Zwischenproduktes j kann einen laufenden Bruttogewinn (vor Abzug der F&E-Kosten) in Höhe von

$$(17) \quad \pi(j) = \max_{x(j)} [p(j)x(j) - wx(j)]$$

realisieren. Daraus läßt sich bei Kenntnis der Eigenpreiselastizität der Nachfrage $-\xi$ ein für alle symmetrischen Komponenten gleicher optimaler Preis

$$(18) \quad p = w/\alpha$$

mit einem Markup-Faktor in Höhe von $1/\alpha$ ableiten. Je geringer die Substitutionselastizität zwischen den einzelnen Komponenten, desto größer ist auch das Lernerische Maß $(1-\alpha)$ für die Marktmacht eines einzelnen Anbieters. Mit der symmetrischen Preissetzung (18) und der Normierung $q(j)=1$ für alle j erhält man für die Technologieproduktionsfunktion (13)

$$(19) \quad F = n^\mu X \quad \text{mit}$$

$$(20) \quad \mu \equiv (1-\alpha)/\alpha \quad \text{und}$$

$$(21) \quad X \equiv nx.$$

Dabei bezeichnet X die von allen Konkurrenten im Zwischenproduktsektor insgesamt eingesetzten Ressourcen an Humankapital, die im Steady-state konstant bleiben. Gleichzeitig ergibt sich für den Preisindex (15)

$$(22) \quad p_F = n^{-\mu} p.$$

Für das Steady-state ergeben sich aus (19) und (22) die dualen Wachstumsraten

$$(23) \quad g_F = \mu g_n \quad \text{und}$$

$$(24) \quad g_{PF} = -\mu g_n.$$

Eingesetzt in (17) folgt aus der Preissetzung (18) mit der Definition (21) ein für alle Komponentenhersteller gleichgroßer Gewinn

$$(25) \quad \pi = \mu w X / n .$$

Da von einer technologischen Veralterung der Produkte abgesehen wird, bleibt jeder Komponentenhersteller dauerhaft im Markt. Durch den Zutritt immer weiterer monopolistischer Konkurrenten wird sein Absatz und sein Gewinn allerdings zunehmend schrumpfen. Der Gewinngegenwartswert (Kurs) eines monopolistischen Unternehmens lautet

$$(26) \quad V(t) = \int_t^{\infty} \pi(\tau) e^{-r(\tau-t)} d\tau$$

und ändert sich im Zeitablauf gemäß der Differentialgleichung

$$(27) \quad \dot{V} = -\pi + rV .$$

Wie kommen nun die Produktinnovationen und die damit einhergehenden Markterschließungen zustande? Die Entwicklung neuer Zwischenprodukte erfolgt in den F&E-Abteilungen der Unternehmen durch den Einsatz von Humankapital und Know-how. Einem Vorschlag von Romer (1990a,b) folgend wird der aktuelle Stand des technologischen Wissens durch die gerade verfügbare Zahl an differenzierten Zwischenprodukten gemessen. Entsprechend wird eine Wissensproduktionsfunktion

$$(28) \quad \dot{n} = \theta R n$$

unterstellt, in der neben einem Produktivitätsparameter θ die beiden Faktoren Humankapital in Form von F&E-Personal R und Know-how n deterministisch die Zahl neuer Produkte bestimmen.² Für den einzelnen Innovator bedeutet dies, daß das in anderen Märkten aufgebaute Wissen über positive Spillover-Effekte seine F&E-Produktivität erhöht. Damit ist technologisches Wissen analog zu den "learning-by-doing"-Ansätzen von Arrow (1962) und Romer (1986) zwar (durch Patente) ausschließbar, aber dennoch nicht-rivalisierend, da alle zukünftigen Innovatoren von den einmal akkumulierten Investitionen (in Wissen) profitieren.

Selbstverständlich wird in F&E nur dann investiert, wenn die abdiskontierten Innovationsrenten aus den neuen Produkten die F&E-Kosten zumindest decken. Ansonsten stagniert der Spezialisierungsprozeß und damit auch der Wissensfortschritt. Da jedes neue Zwischenprodukt den Gegenwartsgewinn (26) einbringt, lautet die Bedingung für F&E-Aktivitäten

² Etwas allgemeiner kann man die Wissensproduktion auch als einen stochastischen Wiener-Prozeß modellieren, in dem (28) nur den deterministischen Teil wiedergibt (vgl. Neumann 1989, 1990, Kap.7, Neumann, Haid 1990 sowie Stadler 1992b). Da aber keine Anpassungskosten unterstellt sind, würde auch eine positive Varianz des Prozesses die Innovationsentscheidungen der Unternehmen nicht beeinflussen.

$$(29) \quad \theta R n v \geq w R .$$

Wegen der hinsichtlich des steuerbaren Produktionsfaktors R konstanten Skalenerträge in der Wissensproduktion ist die Zahl der in F&E beschäftigten Personen zunächst unbestimmt. Sie ergibt sich sozusagen indirekt aus dem gesamtwirtschaftlichen Gleichgewicht. Damit ein Vollbeschäftigungsgleichgewicht für Humankapital erfüllt ist, müssen alle qualifizierten Arbeitskräfte entweder als Forscher im F&E-Bereich oder als Ingenieure in der Komponentenherstellung beschäftigt sein. Bei konstantem Bestand an Humankapital ergibt sich deshalb die Ressourcenrestriktion³

$$(30) \quad H = R + X .$$

Die aus (28) zu ermittelnde Produktinnovationsrate $g_n = \dot{n}/n$ hängt nur von der Stärke des F&E-Personals R ab, d.h. nur von dem Teil der qualifizierten Arbeitskräfte H, der nicht in der Zwischengüterproduktion X absorbiert wird. Mit (30) folgt daraus

$$(31) \quad g_n = \theta [H - X] .$$

Sind die Innovationsrenten größer als die F&E-Kosten, würden alle Humankapitalressourcen in den F&E-Bereich fließen, so daß keine Kapazitäten für die Zwischenproduktherstellung mehr zur Verfügung stünden. Bei rationalen Erwartungen muß daher im Steady-state-Wachstum die im Vergleich zu (29) restriktivere Bedingung

$$(32) \quad v = w / (\theta n)$$

einschließlich der daraus folgenden Differentialgleichung

$$(33) \quad \dot{v} = - g_n v$$

erfüllt sein. Substituiert man v und $\dot{v}$ in (27) durch (32) und (33), ergibt sich eine Rendite

$$(34) \quad r = \mu \theta X - g_n .$$

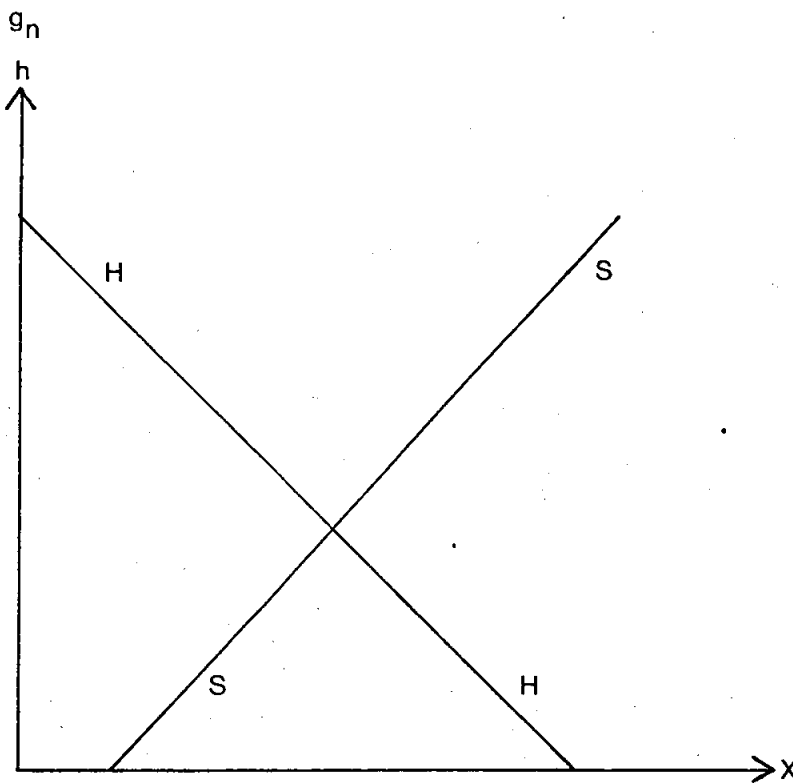
Setzt man nun die Gleichungen (23) und (24) in (6) und (9) und die resultierenden Ausdrücke zusammen mit (34) in den optimalen Konsumpfad (3) der Konsumenten ein, erhält man für die Innovationsrate

³ Nicht thematisiert wird die Möglichkeit einer Akkumulation des Humankapitals durch Investitionen in schulische Erziehung und Ausbildung (vgl. Stokey 1991), nebenberufliche Weiterbildung (vgl. Lucas 1988) oder einfaches Learning by doing (vgl. Stokey 1988). Der in diesen Fällen generierte personengebundene Wissensfortschritt stellt natürlich einen weiteren eigenständigen Wachstumsmechanismus dar.

$$(35) \quad g_n = [\mu \theta X - \rho] / [1 + \Phi] \quad \text{mit}$$

$$(36) \quad \Phi \equiv (\sigma-1) \eta \mu / (1-\beta),$$

wobei $1+\Phi>1$ angenommen wird. Je größer die Zwischengüterproduktion X , desto größer ist bei konstantem Markup-Faktor der Gewinn und somit der Innovationsanreiz jedes Unternehmens. Diese positive Abhängigkeit der Innovationsrate von der Zwischengüterproduktion ist in Figur 1 durch die SS-Kurve graphisch dargestellt. Man könnte sie in Anlehnung an Helpman (1992, 247) als eine (gegenüber Helpmans Version verallgemeinerte) "Schumpeter-Linie" bezeichnen, da sie das vollständige Ausschöpfen sämtlicher Gewinnchancen durch dynamische Unternehmen wiedergibt. Alle Punkte oberhalb der SS-Kurve würden wegen einer zu hohen Innovationsrate eine im Vergleich zum Marktzins zu geringe Innovationsrendite der etablierten Konkurrenten implizieren, alle Punkte unterhalb dagegen wegen einer zu niedrigen Innovationsrate eine zu hohe Innovationsrendite.



Figur 1

Gleichzeitig gilt es die in (31) enthaltene Ressourcenrestriktion für Humankapital zu beachten, die in Figur 1 als HH-Kurve eingezeichnet ist. Je mehr Ressourcen in die Zwischengüterproduktion fließen, desto weniger Ressourcen bleiben für die F&E-Anstrengungen übrig und desto geringer ist folglich auch die Innovationsrate.

Der Schnittpunkt beider Kurven beschreibt den Steady-state-Wert der endogenen Innovationsrate. Analytisch ergibt er sich durch Substitution von X aus (31) in (35) als

$$(37) \quad g_n = [\mu \theta H - \rho] / [\mu + 1 + \Phi] .$$

Unter Beachtung der Definitionen (20) und (36) lassen sich aus (37) in komparativ-statischer Analyse zwischen verschiedenen Ländern die folgenden Wirkungsrichtungen gesamtwirtschaftlicher und marktstruktureller Einflußfaktoren auf die Produktinnovationsrate ableiten:

- (a) $\partial g_n / \partial H > 0$: Die Innovationsrate hängt positiv vom gesamten Ressourcenbestand an Humankapital der Volkswirtschaft ab. Je mehr qualifizierte Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, desto größer ihr Einsatz nicht nur im Zwischengütersektor, sondern auch im F&E-Sektor (Rechtsverschiebung der HH-Kurve).
- (b) $\partial g_n / \partial \theta > 0$: Die Innovationsrate hängt positiv von der Produktivität im F&E-Sektor ab (Rechtsverschiebung der HH-Kurve).
- (c) $\partial g_n / \partial \rho < 0$: Die Innovationsrate hängt negativ von der Zeitpräferenzrate ab. Je größer die Gegenwartsvorliebe der Konsumenten, desto geringer sind die Investitionen in die Zukunft⁴ (Rechtsverschiebung der SS-Kurve).
- (d) $\partial g_n / \partial (1/\sigma) > 0$: Die Innovationsrate hängt positiv von der intertemporalen Substitutionsbereitschaft der Konsumenten ab (Linksverschiebung der SS-Kurve).
- (e) $\partial g_n / \partial (1/\alpha) > 0$: Die Innovationsrate hängt ganz im Schumpeterschen Sinne positiv von der im Falle einer horizontalen Produktinnovation zu erwartenden Marktmacht für ein innovatives Unternehmen ab (Linksverschiebung der SS-Kurve).

Generelle Voraussetzung für eine positive Innovationsrate ist $\mu \theta H > \rho$. Dies bedeutet zum einen, daß eine hinreichend große Effektivausstattung eines Landes mit Humankapital und eine hinreichend geringe Zeitpräferenz vorliegen muß, um überhaupt den Innovationsprozeß in Gang zu setzen. Zweifelsohne sind diese Kriterien nur in mehr oder weniger hoch-industrialisierten Ländern erfüllt. Die unterentwickelten Länder können sich dagegen in einer "Keine-Innovationen-Falle" befinden, die kein Pro-Kopf-Wachstum via Innovationen mehr zuläßt. Über den Marktstrukturparameter μ beinhaltet die Innovationsbedingung zusätzlich die insbesondere von Schumpeter (1942) pronouncierte Hypothese, wonach ein gewisser Grad an Marktmacht notwendige Voraussetzung für die Durchführung von Innovationen ist. Tatsächlich würde unter vollkommenem Wettbewerb ($\alpha=1$ bzw. $\mu=0$) kein Innovations- und damit auch kein Wachstumsprozeß in Gang kommen.

⁴ In Kombination mit der Annahme einer periodisch schwankenden Zeitpräferenzrate (Neumann 1990, 1991) ließen sich damit auch die langen Wellen in der wirtschaftlichen Entwicklung der industrialisierten Länder erklären.

Mit der endogenen Produktinnovationsrate (37) ist das Modell gelöst. Durch sukzessives Einsetzen in (23) und (6) erhält man die endogene Wachstumsrate der Volkswirtschaft als

$$(38) \quad g_Y = \eta \mu [\mu \theta H - \rho] / [(\mu + 1 + \Phi) (1 - \beta)] .$$

Alle Effekte (a) bis (e) beeinflussen die Wachstumsrate gleichermaßen wie die Innovationsrate. Analog zu (38), jedoch mit umgekehrtem Vorzeichen, bestimmt sich auch die Änderungsrate des Outputpreises g_{py} . Der Reallohn und die relativen Zwischengüterpreise wachsen daher ebenfalls mit der Rate g_Y . Durch Einsetzen von (38) in (12) zeigt sich ferner, daß auch die Investitionsquote von den Innovationsdeterminanten positiv beeinflusst wird. Damit ist nicht nur eine Beziehung zwischen der Marktstruktur und der Innovationstätigkeit hergestellt, sondern auch ein Kausalzusammenhang zwischen den Innovationen und den Investitionen, wie er etwa von Lach, Schankerman (1989) empirisch nachgewiesen wurde.

Das beschriebene Modell horizontaler Produktinnovationen zeigt recht anschaulich, wie die in der Realität festzustellende zunehmende Diversifizierung und Spezialisierung in einzelnen Märkten ein gesamtwirtschaftliches Wachstum induziert. Die cet. par. sinkenden Grenzerträge bei der Einführung immer neuer Produkte werden durch den dabei entstehenden externen Wissenszuwachs wieder ausgeglichen. Ohne diese Spillover-Effekte würde das Anwachsen der Zwischengüterpalette allmählich abnehmen und die Wachstumsrate gegen Null konvergieren. Die Frage, ob der Zuwachs an technologisch gleichwertigen Gütern unterproportional verläuft, ist empirisch schwer festzustellen, da neue Produkte in aller Regel auch irgendwelche Verbesserungen gegenüber bestehenden aufweisen, wodurch Substitutionseffekte zwischen alten und neuen Produkten ausgelöst werden. Zweifel am dauerhaften Charakter des durch horizontale Produktinnovationen induzierten Wachstumsmechanismus erscheinen jedenfalls gerechtfertigt. Ganz offensichtlich ist demgegenüber eine ständige Verbesserung bestehender Produkte. Vertikale Produktinnovationen führen immer wieder zu einer Ablösung technologisch alternder Produkte durch neue höherwertige Produkte. Im Gegensatz zu horizontal gleichwertigen Produkten, die natürlich alle in beliebiger Reihenfolge entdeckt werden können, muß die Folge vertikaler Produktinnovationen sinnvollerweise als Prozeß gerichteter Qualitätsverbesserungen bestehender Produkte aufgefaßt werden. Daraus folgt aber, daß die bei horizontalen Differenzierungen vielleicht noch legitime Symmetrievorstellung bei vertikalen Differenzierungen sicher nicht mehr haltbar ist. Damit nicht genug: eine asymmetrische technologische Entwicklung in den einzelnen Zwischenproduktmärkten erfordert eine explizite Modellierung des stochastischen Charakters von Innovationen, will man nicht von vornherein spezifische (evtl. chaotische) Entwicklungsgesetze vorgeben. Der evolutionär ablaufende Wachstumsprozeß bei einer stochastischen Abfolge vertikaler Verbesserungsinnovationen ist Gegenstand des folgenden Abschnitts.

4. Vertikale Produktinnovationen

Um auch den analytisch komplexeren Aspekt asymmetrischer qualitativer Verbesserungen einzelner Komponenten in seiner "Reinform" erfassen zu können, werden gegenüber dem vorigen Abschnitt folgende Annahmen gelockert bzw. verschärft:

- Da die Zahl horizontal differenzierter Produkte hier nicht näher interessiert, wird eine Indexierung des Kontinuums an Zwischenprodukten auf 100% ($n=1$) vorgenommen.
- Die Normierung der Qualitätsindizes $q(j)$ auf 1 einschließlich der damit implizierten Symmetrievorstellung wird aufgehoben. Mit jeder Verbesserungsinnovation steigt die Qualität eines Zwischenproduktes an. Zur einfacheren Handhabung wird jedoch unterstellt, daß die Qualitätsfortschritte immer nur in diskreten Sprüngen gleicher Weite vorkommen. Bildlich gesprochen folgt die technologische Entwicklung eines Zwischenproduktes damit dem Erklimmen einer Qualitätsleiter mit gleichem Sprossenabstand (Grossman, Helpman 1991a,b).
- Ein nur trickreich zu überwindendes Problem liegt in der komplexen Wettbewerbssituation, in der sich ein einzelner Komponentenanbieter nunmehr befindet. Auf der einen Seite steht er in direktem Preiswettbewerb zu seinen Konkurrenten auf dem gleichen Markt, die sich allerdings auf unterschiedlichen Qualitätsstufen befinden, auf der anderen Seite steht er in indirekter Konkurrenz mit den Herstellern der anderen Komponenten. Um diese Konstellation zu vereinfachen, wird eine Substitutionselastizität $\xi = 1$ unterstellt, wie sie sich für verschwindend kleine α ergibt. Der Fall monopolistischer Konkurrenz ist dann nicht weiter bindend, da der daraus resultierende unendlich große Preisaufschlag aufgrund Bertrandscher Preiskonkurrenz im jeweils eigenen Markt nie mehr realisiert werden kann.

Letztere Variation macht für alle Variablen $z = \{F, q(j)x(j)\}$ in (13) eine Übergangstransformation $\lim_{\alpha \rightarrow 0} (z^\alpha - 1)/\alpha = \ln z$ erforderlich, woraus sich die Produktionsfunktion

$$(39) \quad F = \exp \left\{ \int_0^1 \ln [q(j) x(j)] dj \right\}$$

bzw. die dazu duale Kostenfunktion

$$(40) \quad G_F = \exp \left\{ \int_0^1 \ln [p(j) / q(j)] dj \right\} F$$

mit dem Preisindex

$$(41) \quad p_F = \exp \left\{ \int_0^1 \ln [p(j) / q(j)] dj \right\}$$

als Spezialfall unserer allgemeinen Spezifizierung ergeben. Die konditionalen Faktornachfragen lauten jetzt

$$(42) \quad x(j) = \exp \left\{ \int_0^1 \ln [p(j) / q(j)] dj \right\} p(j)^{-1} F,$$

wobei sich der Index j nun jeweils auf das Zwischenprodukt eines Marktes mit dem besten Preis-Qualitätsverhältnis bezieht. Dies muß nicht von vornherein das technologisch hochwertigste Produkt sein. Unter der Annahme eines Bertrandischen Preiswettbewerbs ist aber tatsächlich nur der Qualitätsführer im Markt in der Lage, ohne Verluste für sein Spitzenprodukt das günstigste Preis-Leistungsverhältnis zu wählen. Er wird dabei seinen Preis so setzen, daß der resultierende Preis-Qualitätsquotient gerade eine marginale Einheit unter dem des technologisch nächstbesten Konkurrenten liegt. Der minimale Angebotspreis dieses Verfolgers entspricht (bei einem Nullgewinn) gerade dessen Grenzkosten in der Zwischen-güterproduktion, also dem Lohnsatz w für qualifizierte Arbeitskräfte. Unter der Annahme $q_m(j) = \lambda q_{m-1}(j)$, $\lambda > 1$, und der Normierung $q_0(j) = 1$ ergibt sich dann der optimale Preis

$$(43) \quad p = \lambda w$$

für die Komponenten aller technologischen Spitzenreiter im jeweiligen Markt. Das Ausmaß der Qualitätssprünge λ ("Neuigkeitsgrad") übernimmt somit die Funktion von $(1/\alpha)$ bei horizontalen Produktinnovationen als Marktmachtindikator. Je größer das Ausmaß der technologischen Fortschritte, desto höher ist der erzielbare Preis für das innovative Produkt. Die Preissetzung (43) und damit auch die Faktornachfragen (42) sind trotz unterschiedlicher Qualitätsniveaus für alle Komponenten gleich, hängen aber gemeinsam vom Stand der Technologie in allen Märkten ab. Für (39) erhält man deshalb

$$(44) \quad F = \lambda^M X \quad \text{mit}$$

$$(45) \quad M = \int_0^1 m(j) dj \quad \text{und}$$

$$(46) \quad X \equiv x.$$

Wegen der Normierung des Zwischenproduktkontinuums auf 100% steht nun X für die insgesamt im Zwischenproduktsektor eingesetzte Menge an Humankapital. Gleichzeitig ergibt sich für den Preisindex (41)

$$(47) \quad p_F = \lambda^{-M} p.$$

Aus der Preissetzung (43) folgt schließlich der laufende Gewinn

$$(48) \quad \pi = (1 - 1/\lambda) p X = (\lambda - 1) w X.$$

Die Durchsetzung der vertikalen Qualitätsverbesserungen erfordert wie bei horizontalen Produktinnovationen den Einsatz von Humankapital im F&E-Bereich. Das Erklimmen jeder einzelnen Sprosse der Qualitätsleiter wird als ein Patentrennen zwischen innovationsaktiven Unternehmen modelliert, deren F&E-Abteilungen unabhängig voneinander nach den in ihren ökonomischen Konsequenzen bekannten Produktinnovationen suchen. Die ursprünglich im sog. "entscheidungstheoretischen" Innovationsansatz insbesondere von Kamien, Schwartz (1982) durchgeführten Analysen der dynamischen Steuerung unternehmerischer F&E-Projekte haben ein breites Anwendungsfeld im Rahmen der industrieökonomischen Partialmarktanalyse gefunden (Reinganum 1989, Stadler 1992a). In recht fruchtbarer Weise gelang es Segerstrom, Anant, Dinopoulos (1990) und später auch Grossman, Helpman (1991a,b), den Patentrennenansatz konsistent in ein dynamisches allgemeines Gleichgewichtsmodell zu integrieren.

Den grundlegenden industrieökonomischen Ansätzen von Loury (1979) und Lee, Wilde (1980) folgend wird dabei der potentielle Innovationszeitpunkt eines forschenden Unternehmens i durch die exponentielle Verteilungsfunktion

$$(49) \quad P(t) = 1 - e^{-h_i t}$$

beschrieben. Die Hazardrate $h_i = \dot{P}(t)/(1-P(t))$ gibt dabei die bedingte Wahrscheinlichkeit für den Innovationserfolg eines Unternehmens im infinitesimal kleinen Zeitintervall $[t; t+dt]$ an, unter der Voraussetzung, daß ihm bis dahin die Innovation noch nicht gelungen ist. Für den frühesten Innovationszeitpunkt aller am Rennen teilnehmenden Konkurrenten ergibt sich daraus die Verteilungsfunktion

$$(50) \quad \tilde{P}(t) = 1 - e^{-ht} \quad \text{mit} \quad h = \sum_i h_i.$$

Zur Vermeidung von Aggregationsproblemen wird unterstellt, daß die Innovations-Hazardraten in allen Märkten linear durch F&E-Personal beeinflußt werden können

$$(51) \quad h = \theta R,$$

wobei θ wieder die Produktivität im F&E-Bereich angibt. Die Unsicherheit im Innovationsprozeß bezieht sich damit nicht auf den Neuigkeitsgrad von Innovationen, sondern auf den genauen Zeitpunkt ihrer Verwirklichung. Je größer die Innovations-Hazardraten, desto kürzer ist der Produktlebenszyklus und desto geringer sind die Innovationserträge der jeweiligen temporären Spitzenunternehmen. Wie noch gezeigt wird, können aufgrund einer gleichen Gewinnverteilung in allen Märkten und der Normierung $n=1$ die Parameter M und $m(j)$ sowie h und $h(j)$ bedeutungsgleich verwendet werden.

Ein im Vergleich zur Partialmarktanalyse neuer Aspekt besteht zunächst darin, daß sich bei gleichen Innovationsrenten in den einzelnen Märkten nur Außenseiter, nicht aber die technologischen Marktführer am nächsten Patentwettbewerb im jeweiligen Markt engagieren. Durch Einsetzen von (43) in (42) wird ersichtlich, daß der Umsatz der technologisch führenden Unternehmen in allen Märkten der gleiche ist. Beteiligt sich nun ein Unternehmen am Patentrennen in einem fremden Markt, so beträgt gemäß (48) sein laufender Gewinnzuwachs im Erfolgsfalle $(1-1/\lambda)px$. Auf dem eigenen Markt würde demgegenüber ein weiterer Innovationserfolg einen Vorsprung von zwei Qualitätsstufen bewirken, woraus sich ein Gewinnzuwachs von nur $(1-1/\lambda^2)px - (1-1/\lambda)px = (1-1/\lambda)px/\lambda$ ergäbe. Folglich werden sich bei "fairen" Patentrennen mit gleichen Startvoraussetzungen immer nur marktfremde Unternehmen um eine Ablösung des technologischen Marktführers bemühen. Der Vorsprung des Marktführers beträgt deshalb immer genau eine Qualitätsstufe. Durch einen ständigen Wechsel in der Führungsposition halten die Innovationen einen ständigen Prozeß "schöpferischer Zerstörung" in Gang, der über ständige Qualitätsverbesserungen der Zwischenprodukte zu einem anhaltenden gesamtwirtschaftlichen Wachstum führt.⁵

In stochastischer Terminologie bilden die Zeitpunkte $T_m = 0, t_1, t_2, \dots$ der in einem Markt nacheinander erfolgenden Neuerungen eine Folge von Zufallsvariablen, die einen Erneuerungsprozeß mit der Erneuerungsverteilung $\tilde{P}(t)$ darstellen. Die Verteilungsfunktion des Erneuerungsprozesses T_m , die sich aus der m -fachen Faltung der Erneuerungsverteilung $\tilde{P}(t)$ mit sich selbst ergibt, ist dann m -stufig Erlang-verteilt

$$(52) \quad \tilde{P}^{(m)}(t) = 1 - e^{-ht} \sum_{k=0}^{m-1} (ht)^k / k!.$$

⁵ Ausgeschlossen wird der Einfachheit halber die Möglichkeit einer Diffusion durch kostenlose Imitation bei unvollkommenem Patentschutz (vgl. Futia 1980) sowie eine F&E-Einsatz erfordernde Imitation durch aktive Herausforderer (vgl. Segerstrom 1991). Unbeachtet bleibt ferner ein zeitliches Auseinanderklaffen von Invention und Innovation, wodurch spezielle Nachfrageerwartungen zu einer Bündelung von Innovationen mit der Folge von Innovationszyklen führen könnten (vgl. Shleifer 1986).

Dem Erneuerungsprozeß T_m läßt sich nun der Zählprozeß $\mathcal{M}(t) = 1, 2, \dots$ zuordnen, der die Zahl der Innovationen bis zum Zeitpunkt t angibt. Die Wahrscheinlichkeit für genau m Innovationen bis zum Zeitpunkt t berechnet sich aus (52) als

$$(53) \quad \Pr(\mathcal{M}=m) = \tilde{P}^{(m)}(t) - \tilde{P}^{(m+1)}(t) = e^{-ht} (ht)^m / m!$$

und folgt damit einer Poisson-Verteilung, die sich vor allem wegen ihrer "Gedächtnislosigkeit" hervorragend für formale Analysezwecke eignet. Die zu erwartende Zahl an Innovationen bis zum Zeitpunkt t ergibt sich als

$$(54) \quad M = e^{-ht} \sum_{m=1}^{\infty} m (ht)^m / m! = e^{-ht} ht \sum_{m=0}^{\infty} (ht)^m / m! = ht.$$

Diese Eigenschaft des Poisson-Prozesses ermöglicht nun eine einfache Aggregierung der Zahl der Innovationserfolge über alle Zwischenproduktmärkte hinweg, wobei sich die Häufigkeit von Innovationen gleichmäßig über diese Märkte verteilt. Mit einem im Steady-state konstanten Anteil von Humankapital im F&E-Sektor ist nach (51) auch die Hazardrate h konstant, so daß die erwartete Zahl von Innovationen linear mit der Zeit zunimmt. Eingesetzt in (44) und (47) erhält man die dualen Erwartungswerte für die Wachstumsraten

$$(55) \quad g_F = h \ln \lambda \quad \text{bzw.}$$

$$(56) \quad g_{PF} = -h \ln \lambda,$$

die positiv bzw. negativ von der Hazardrate und vom Neuigkeitsgrad abhängen. Gleichzeitig läßt sich auch die aufgrund der stochastischen Modellformulierung positive Varianz des Wirtschaftswachstums mit diesen beiden Parametern erklären.

$$(57) \quad \text{Var}_F = h (\ln \lambda)^2.$$

Offensichtlich nehmen sowohl die durchschnittlichen Wachstumsraten als auch die Schwankungen um den Wachstumstrend mit der noch zu endogenisierenden Innovations-Hazardrate zu. Innovationsdynamik, Wirtschaftswachstum und technologiebedingte konjunkturelle Ausschläge werden demnach simultan von den noch abzuleitenden Determinanten der Hazardraten bestimmt. Die Zeitpfade des Technologieparameters F und des Outputs Y folgen bei positiven Hazardraten einem nicht-stationären Prozeß. Beobachtet man die Entwicklung der logarithmierten Outputvariablen in gleichmäßigen diskreten

Zeitabständen, impliziert das Modell einen Random Walk mit positiver Drift (Nelson, Plosser 1982 und Campbell, Mankiw 1987).⁶

Zur Endogenisierung der Hazardrate im allgemeinen Gleichgewicht wird wieder von den Gewinngegenwartswerten (Kursen) der etablierten Unternehmen ausgegangen. Die aufgrund ihres transitorischen Charakters als "Quasirenten" (Scherer, Ross 1990, 630) zu bezeichnenden Innovationsgewinne betragen in abdiskontierter Form für alle technologischen Marktführer

$$(58) \quad v = \int_t^{\infty} \left\{ \pi e^{-r(\tau-t)} (1-P(\tau)) \right\} d\tau = \int_t^{\infty} \left\{ \pi e^{-(r+h)(\tau-t)} \right\} d\tau$$

und ändern sich im Zeitablauf gemäß

$$(59) \quad \dot{v} = -\pi + (r+h) v.$$

Die Hazardrate wirkt wie eine Abdiskontierung zukünftiger Erträge. Dieser Effekt beruht auf der immer gegenwärtigen Wahrscheinlichkeit einer Ablösung des technologischen Spitzenreiters durch einen Außenseiter. Diese herausfordernden Unternehmen werden immer dann in F&E investieren, wenn die erwarteten Quasirenten aus den Verbesserungsinnovationen die F&E-Kosten zumindest decken. Allgemein lautet die Wertfunktion eines am Patentrennen teilnehmenden Unternehmens

$$(60) \quad J_i^m = \max_{h_i^m} \int_t^{\infty} e^{-(r+h_i^m+\hat{h}_i^m)(\tau-t)} [J_i^{m+1}(1) h_i^m + J_i^{m+1}(0) \hat{h}_i^m - w h_i^m / \theta] d\tau.$$

mit h_i^m als Hazardrate des Unternehmens i auf der m -ten Qualitätsstufe und $\hat{h}_i^m = h_i^m - h_i^{m-1}$. Bei freiem Marktzutritt im F&E-Sektor folgen aus der dynamischen Nullgewinn-Bedingung die jeweils am Ende eines Rennens berechneten Wertfunktionen $J_i^{m+1}(0) = 0$ für die erfolglos gebliebenen Unternehmen und $J_i^{m+1}(1) = v$ für die jeweils siegreichen Unternehmen. Die Interdependenzen zwischen den Wertfunktionen auf den einzelnen Qualitätsstufen werden unter diesen Bedingungen also aufgelöst und das Maximierungsproblem (60) vereinfacht sich (unter Vernachlässigung der Forschungsstufenindizes) zu

⁶ Diese empirische Beobachtung stellt die Grundlage für die Theorie realer Konjunkturzyklen dar, die zumindest in ihrer ersten Modellgeneration von rein exogenen Technologieschocks ausging (vgl. etwa Plosser 1989). Weiterführende Endogenisierungsansätze wie der von King, Plosser, Rebelo 1988 deuten auf Verknüpfungsmöglichkeiten zu den hier diskutierten Ansätzen mit unvollkommenem Wettbewerb hin, die schließlich zu einer allgemeineren Theorie führen könnten, in der Konjunktur- und Wachstumsprozesse endogen aus einem einheitlichen Schumpeterianischen Paradigma heraus ableitbar sind.

$$(61) \quad J_i = \max_{h_i} \int_t^{\infty} e^{-(r+h_i+\hat{h}_i)(\tau-t)} [v h_i - w h_i / \theta] d\tau = \max_{h_i} \frac{(v - w/\theta)h_i}{r + h_i + \hat{h}_i}.$$

Analog zu (32) im Fall horizontaler Produktinnovationen erhält man auch aus (61) die Steady-state-Bedingung

$$(62) \quad v = w / \theta$$

für ein anhaltendes Wirtschaftswachstum. Da aber nun die Zahl der horizontal differenzierten Zwischenprodukte mit $n=1$ konstant ist, ergibt sich anstelle von (33)

$$(63) \quad \dot{v} = 0.$$

Substituiert man (48), (62) und (63) in (59), erhält man für die Rendite

$$(64) \quad r = (\lambda - 1) \theta X - h.$$

Setzt man weiter die Gleichungen (55) und (56) in (6) und (9) und die resultierenden Ausdrücke zusammen mit (64) in den optimalen Konsumpfad (3) der Konsumenten ein, erhält man für die Hazardrate

$$(65) \quad h = [(\lambda - 1) \theta X - \rho] / [1 + \tilde{\Phi}] \quad \text{mit}$$

$$(66) \quad \tilde{\Phi} \equiv [(\sigma-1) \eta \ln \lambda] / (1-\beta),$$

wobei $1+\tilde{\Phi}>1$ angenommen wird. Der positive Zusammenhang zwischen der Zwischengüterproduktion X und der Innovations-Hazardrate entspricht sinngemäß wieder der "Schumpeter-Linie" SS in Figur 1. Auch hier steigt der Gewinn der etablierten Unternehmen mit zunehmender Zwischengüterproduktion wegen eines konstanten Markup-Terms an. Gerade diese Gewinnaussichten forcieren die Innovationsanstrengungen der Herausforderer. Aus der auch hier gültigen Ressourcenrestriktion (30) für Humankapital folgt wieder eine HH-Kurve in Figur 1, nun bezogen auf die Hazardrate

$$(67) \quad h = \theta [H - X].$$

Durch Substitution von X aus (67) in (65) erhält man die endogen bestimmte Hazardrate vertikaler Verbesserungsinnovationen als

$$(68) \quad h = [(\lambda - 1) \theta H - \rho] / [\lambda + \tilde{\Phi}].$$

Vergleicht man die Lösungsgleichungen (37) für die Innovationsrate aus dem vorigen Abschnitt mit der Lösungsgleichung (68) für die Hazardrate, so stellt man eine erstaunliche Ähnlichkeit der Resultate fest. Das Ausmaß der Technologiesprünge λ übernimmt die Rolle von $1/\alpha$ als Marktmachtindikator. Alle sonstigen qualitativ unbedeutenden Unterschiede beider Lösungsgleichungen verschwinden sogar völlig, wenn man wie Grossman, Helpman (1991c) eine intertemporale Substitutionselastizität von 1 (mit $\Phi = \tilde{\Phi} = 0$) unterstellt. Sowohl die notwendigen Innovationsbedingungen als auch die komparativ-statischen Resultate (a) bis (d) aus der vorherigen Modellversion können bedeutungsgleich für die Hazardraten übernommen werden. An die Stelle von (e) tritt die äquivalente Aussage

- (e)' $\partial h / \partial \lambda > 0$: Die Innovations-Hazardrate hängt positiv von der im Falle einer vertikalen Produktinnovation zu erwartenden Marktmacht λ für ein innovatives Unternehmen ab.

Setzt man (68) sukzessive in (55) und dann in (6) ein, erhält man eine gesamtwirtschaftliche Wachstumsrate

$$(69) \quad g_Y = \eta \ln \lambda [(\lambda - 1) \theta H - \rho] / [(\lambda + \tilde{\Phi}) (1 - \beta)]$$

mit den aus dem vorigen Abschnitt bekannten Wirkungszusammenhängen. Auch in dieser Modellvariante würde der Innovations- und Wachstumsprozeß ohne Marktmacht im Zwischenproduktsektor ($\lambda=1$) gar nicht erst in Gang gesetzt. Marktunvollkommenheiten im Zwischenproduktsektor sind geradezu eine notwendige Voraussetzung für unternehmerische F&E-Aktivitäten und damit für die oben dargelegten Wachstums- und Konjunkturentwicklungen.

Wie die beiden Varianten mit horizontalen und vertikalen Produktinnovationen eindrucksvoll zeigen, sind die gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse trotz ganz unterschiedlicher industrieökonomischer Szenarien erstaunlich ähnlich. Trifft dies vielleicht auch für kostenreduzierende Prozeßinnovationen zu? Wie aus der Kostenfunktion (14) hervorgeht, lassen sich komponentenspezifische Kostensenkungen tatsächlich ganz analog zum Fall qualitativer Verbesserungsinnovationen modellieren. Man braucht dazu nur den Kehrwert der Qualitätsindizes als im Zeitablauf fallende Kostenindizes umzuinterpretieren. Ein etwas anderer Aspekt mit entsprechend neuen Implikationen kommt aber zur Geltung, wenn man von drastischen Basisinnovationen ausgeht, die die Produktionsweise in beinahe allen Märkten des Zwischenproduktsektors gleichzeitig revolutionieren. Die Einzüge der Dampfmaschine oder der Mikroelektronik in nahezu alle Produktionsbereiche mögen als historische Beispiele dienen. Eine speziell hierauf zugeschnittene Modellvariante wird im folgenden Abschnitt präsentiert.



5. Prozeßinnovationen

Um den universellen Charakter der revolutionierend wirkenden Basisinnovationen hervorzuheben, wird im folgenden unterstellt, daß die Erfindung eines Unternehmens im F&E-Sektor die Technologie in sämtlichen Märkten des Zwischenproduktsektors gleichermaßen verändert. Der erfolgreiche Innovator kann dann seine patentierten Konstruktionspläne entweder selbst zur Komponentenherstellung nutzen oder sie an andere Unternehmen in diesem Sektor verkaufen, wobei er ihnen die gesamten erwarteten Quasirenten im voraus abschöpfen kann. Da der abschöpfbare Gewinn durch den Wettbewerb zwischen den einzelnen Komponentenherstellern - von der Möglichkeit einer tacit collusion einmal abgesehen - nur geschmälert werden kann, wäre es für den Innovator natürlich optimal, seine Patente nur an einen universellen Zwischenprodukthersteller zu verkaufen. Ohne weitere Einschränkung wird deshalb im folgenden von einem einzigen Komponentenanbieter ausgegangen, der in einer absoluten, aber wieder nur temporären Monopolsituation den Endproduktherstellern gegenübersteht. Im Gegensatz zu den bisher behandelten Marktstrukturen ist der Monopolist nun sehr wohl in der Lage, die Gesamtnachfrage F des Endproduktsektors direkt zu beeinflussen. Ein derartiges Szenario präferieren Aghion, Howitt (1992), die in ihrer Modellspezifizierung von ganz ähnlichen Annahmen in der Produktionstechnologie ausgehen, physisches Kapital und intertemporale Konsumglättung der Haushalte jedoch unterschlagen ($\beta = \sigma = 0$).

Eine an unser Grundmodell angepaßte Erweiterung ist schnell charakterisiert: Der technologische Input in der Endproduktion wird vom jeweils etablierten monopolistischen Mehrproduktunternehmen ohne Konkurrenz erstellt. Die Substitutionselastizität zwischen den einzelnen Komponenten spielt bei der unterstellten großen Zahl von Zwischenprodukten aufgrund der dadurch induzierten Nachfrageunabhängigkeit im Sinne von Tirole (1988, 70) für die Preissetzung keine Rolle mehr. Die Marktmacht des Monopolisten ergibt sich damit direkt aus der Produktionstechnologie des kompetitiven Endproduktsektors. Für dessen Nachfrage nach Zwischenprodukten erhält man analog zur Kapitalgüternachfrage (10) durch Anwendung von Shephards Lemma aus der Kostenfunktion (7)

$$(70) \quad F = \eta p_Y Y / p_F.$$

Aufgrund der konstruktionsbedingten Identität $p_F F = p_X$ folgt daraus die (inverse) Zwischenproduktnachfrage

$$(71) \quad p = \eta p_Y Y / x.$$

Eingesetzt in die Gewinnfunktion (17) für den etablierten Monopolisten folgt daraus bei

drastischen Basisinnovationen⁷ die Preissetzungsgleichung

$$(72) \quad p = w/\eta$$

mit einem erneut konstanten Markup-Term $1/\eta$. Offensichtlich übernimmt nun die partielle Produktionselastizität des Fortschrittsparameters die Rolle von α aus dem Modell horizontaler Produktinnovationen bei monopolistischem Wettbewerb. In entsprechend großer formaler Ähnlichkeit zu (25) folgt aus (72) ein laufender Gewinn

$$(73) \quad \pi = \tilde{\mu} w X \quad \text{mit}$$

$$(74) \quad \tilde{\mu} \equiv (1-\eta)/\eta.$$

Die Steady-state-Wachstumsraten für den Technologieparameter F bzw. seinen Preisindex entsprechen den Gleichungen (55) und (56) aus dem Modell vertikaler Produktinnovationen. Alle Komponenten des "fusionierten" Zwischenproduktsektors befinden sich nun allerdings immer auf gleichem Niveau und werden nur in einer perfekt synchronisierten Abfolge von Basisinnovationen gleichzeitig abgelöst. Da sich bei konstanten Skalenerträgen in der Hazardfunktion (51) im Gegensatz zum Partialmarktmodell mit sinkenden Skalenerträgen von Reinganum (1985) aufgrund des "replacement"-Effektes immer nur Außenseiter am nächsten Rennen beteiligen, muß mit einer ständigen Ablösung des etablierten Monopolisten gerechnet werden. Die "große empirische Evidenz, nach der fast alle revolutionären Erfindungen von neuen Unternehmen oder von Außenseitern in die Volkswirtschaft eingeführt worden sind" (Kaufer 1988, 126), findet damit eine theoretische Erklärung.

Nach dem bekannten Lösungsmuster aus dem Modell vertikaler Produktinnovationen, lediglich mit dem Gewinn (73) anstelle von (48), ergibt sich die endogene Hazardrate für drastische Prozeßinnovationen gewissermaßen als Kombination der beiden Lösungsgleichungen (35) für horizontale und (68) für vertikale Produktinnovationen

$$(75) \quad h = [\tilde{\mu} \theta H - \rho] / [1 + \tilde{\mu} + \tilde{\Phi}]$$

mit $\tilde{\mu}$ aus (74) und $\tilde{\Phi}$ aus (66). Die komparativ-statisch abgeleiteten Ergebnisse (a) bis (d) gelten deshalb nach wie vor. An die Stelle von (e) bzw. (e)' tritt die äquivalente Aussage:

⁷ "Drastisch" ist eine Prozeßinnovation immer dann, wenn ihr Einsatz trotz zu bezahlendem Monopolpreis lukrativer ist als der Einsatz der alten Technologie, selbst wenn diese zu Grenzkosten (hier w) bezogen werden könnte. Aus (47) und (72) läßt sich leicht berechnen, daß die Prozeßinnovationen für alle $\lambda > 1/\eta$ drastisch sind. Für nichtdrastische Innovationen stellt sich genau wie im vorigen Abschnitt Bertrandischer Preiswettbewerb im Zwischengütermarkt mit der Preissetzungsgleichung (43) ein.

- (e)" $\partial h / \partial (1/\eta) > 0$: Die Innovations-Hazardrate hängt positiv von der im Falle einer drastischen Prozeßinnovation zu erwartenden Marktmacht ($1/\eta$) für ein innovatives Unternehmen ab.

In anderer Interpretation als in (e)' kommt zusätzlich allerdings noch die Höhe der Technologiesprünge ins Spiel:

- (f)" $\partial h / \partial \lambda \gtrless 0$ für $\sigma \lessgtr 1$: Der Einfluß des Neuigkeitsgrades auf die Innovations-Hazardrate hängt von der intertemporalen Substitutionsbereitschaft ab. Bei einer großen Substitutionselastizität ($\sigma < 1$) steigt die Hazardrate mit dem Neuigkeitsgrad, bei niedriger Substitutionselastizität ($\sigma > 1$) sinkt sie dagegen.

Letzterer Effekt beruht auf einer starken Reduktion des Grenznutzens des Konsums nach jeder Basisinnovation, die in diesem Fall den positiven Konsumsteigerungseffekt dominiert. In dem von Aghion, Howitt (1992) analysierten Spezialfall mit $\sigma = 0$ bleibt dieser Effekt natürlich ausgeblendet.

Die durch drastische Prozeßinnovationen generierte gesamtwirtschaftliche Wachstumsrate erhält man schließlich durch sukzessives Einsetzen von (75) in (55) und (6) als

$$(76) \quad g_Y = \eta \ln \lambda \left[\tilde{\mu} \theta H - \rho \right] / \left[(1 + \tilde{\mu} + \tilde{\Phi}) (1 - \beta) \right],$$

wobei alle interessierenden Effekte im Vergleich zu den Modellvarianten mit Produktinnovationen qualitativ unverändert bleiben. Auch der Neuigkeitsgrad λ hat hier einen eindeutig positiven Einfluß. Wie in den vorigen Modellen beschleunigt die Marktmacht des etablierten Monopolisten bzw. die Aussicht auf diese Marktmacht für die Herausforderer den Innovations- und Wachstumsprozeß, wobei gleichzeitig die technologiebedingten konjunkturellen Ausschläge an Stärke zunehmen.

Damit ist die Analyse des dezentralisiert ablaufenden Wettbewerbsprozesses abgeschlossen. Festzustellen war vor allem eine außerordentliche Robustheit der Ergebnisse trotz ganz unterschiedlichen industrieökonomischen Konzepten des monopolistischen Wettbewerbs, des Bertrand-Wettbewerbs und des absoluten Monopolfalls. In allen Szenarien treten durch Marktunvollkommenheiten und durch den Innovationsprozeß statische und dynamische externe Effekte auf. Im folgenden Abschnitt soll daher anhand einer Wohlfahrtsanalyse der Frage nachgegangen werden, ob und gegebenenfalls in welcher Richtung die gesellschaftlich optimalen Innovations- bzw. Hazardraten von den im Wettbewerbsprozeß zu erwartenden Raten abweichen.

6. Wohlfahrtsanalyse und wirtschaftspolitische Schlußfolgerungen

Um die notwendigen Bedingungen für das Wohlfahrtsoptimum abzuleiten, muß die intertemporale Nutzenfunktion (1) unter Beachtung der Kapital- und der Wissensakkumulation maximiert werden. Im Modell horizontaler Produktinnovationen erhält man die Gegenwarts-Hamiltonfunktion

$$(77) \quad \mathcal{H} = (C^{1-\sigma}-1)/(1-\sigma) + \psi_1 [A K^\beta (n^\mu X)^\eta L^{1-\beta-\eta} - C] + \psi_2 \theta [H - X] n.$$

Die notwendigen Optimalitätsbedingungen erster Ordnung lauten

$$(78) \quad \partial \mathcal{H} / \partial C = 0 \quad \text{und} \quad \partial \mathcal{H} / \partial X = 0$$

für die beiden Kontrollvariablen Konsum und Humankapitaleinsatz in der Zwischengüterproduktion sowie

$$(79) \quad \partial \mathcal{H} / \partial K = \rho \psi_1 - \dot{\psi}_1 \quad \text{und} \quad \partial \mathcal{H} / \partial n = \rho \psi_2 - \dot{\psi}_2$$

für die beiden Zustandsvariablen physisches Kapital und Zahl der Zwischenprodukte. Nach Einsetzen und Umformen ergibt sich unter Beachtung der Ressourcenrestriktion (30) die gesellschaftlich optimale Produktinnovationsrate

$$(80) \quad g_n^* = [\mu \theta H - \rho] / [\mu + \Phi].$$

Dividiert man man die unter Wettbewerbsbedingungen sich einstellende Innovationsrate (37) durch diese gesellschaftlich optimale Rate, so zeigt sich, daß die unter Wettbewerbsbedingungen zu erwartende Innovationsrate und damit auch das gesamtwirtschaftliche Wachstum aufgrund der positiven Spillover-Effekte des technologischen Wissens zu gering sind:

$$(81) \quad g_n / g_n^* = [\mu + \Phi] / [\mu + 1 + \Phi] < 1.$$

Ein etwas anderes Bild ergibt sich allerdings in den aus gesellschaftlicher Sicht identischen Fällen vertikaler Produkt- und Prozeßinnovationen mit der Gegenwarts-Hamiltonfunktion

$$(82) \quad \mathcal{H} = (C^{1-\sigma}-1)/(1-\sigma) + \psi_1 [A K^\beta (\lambda^M X)^\eta L^{1-\beta-\eta} - C] + \psi_2 \theta [H - X].$$

Die notwendigen Optimalitätsbedingungen erster Ordnung lauten nun

Literatur

- Aghion, P., Howitt, P. (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. (1974), Are Government Bonds Net Wealth? *Journal of Political Economy* 82, 1095 - 1117.
- Campbell, J., Mankiw, N.G. (1987), Are Output Fluctuations Transitory? *Quarterly Journal of Economics* 102, 857 - 880.
- Chambers, R.G. (1988), *Applied Production Analysis. A Dual Approach.* Cambridge.
- Dixit, A., Stiglitz, J.E. (1977), Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *American Economic Review* 67, 297 - 308.
- Ethier, W.J. (1982), National and International Returns to Scale in the Modern Theory of International Trade. *American Economic Review* 72, 389 - 405.
- Futia, C.A. (1980), Schumpeterian Competition. *Quarterly Journal of Economics* 94, 675 - 695.
- Grossman, G.M., Helpman, E. (1989), Product Development and International Trade. *Journal of Political Economy* 97, 1261 - 1283.
- Grossman, G.M., Helpman, E. (1990), Comparative Advantage and Long-Run Growth. *American Economic Review* 80, 796 - 815.
- Grossman, G.M., Helpman, E. (1991a), Quality Ladders in the Theory of Growth. *Review of Economic Studies* 58, 43 - 61.
- Grossman, G.M., Helpman, E. (1991b), Quality Ladders and Product Cycles. *Quarterly Journal of Economics* 106, 557 - 586.
- Grossman, G.M., Helpman, E. (1991c), *Innovation and Growth in the Global Economy,* Cambridge.
- Helpman, E. (1992), Endogenous Macroeconomic Growth Theory. *European Economic Review* 36, 237 - 267.
- Judd, K. (1985), On the Performance of Patents. *Econometrica* 53, 567 - 585.
- Kamien, M.I., Schwartz, N.L. (1982), *Market Structure and Innovation.* Cambridge.
- Kaufer, E. (1988), Alternative Ansätze der Industrieökonomik. Theoretische Grundlagen und empirische Bewährung, in: Freimann, K.D., Ott, A.E. (Hrsg.), *Theorie und Empirie in der Wirtschaftsforschung.* Tübingen, 115 - 132.
- King, R.G., Plosser, Ch., Rebelo, S. (1988), Production, Growth and Business Cycles II. New Directions. *Journal of Monetary Economics* 21, 309 - 341.
- Lach, S., Schankerman, M. (1989), Dynamics of R&D and Investment in the Scientific Sector. *Journal of Political Economy* 97, 880 - 904.

- Lee, T.K., Wilde, L.L. (1980), Market Structure and Innovation: A Reformulation. *Quarterly Journal of Economics* 94, 429 - 436.
- Loury, G.C. (1979), Market Structure and Innovation. *Quarterly Journal of Economics* 93, 395 - 410.
- Lucas, R.E. (1988), On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics* 22, 3 - 42.
- Nelson, Ch.R., Plosser, Ch. (1982), Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series: Some Evidence and Implications. *Journal of Monetary Economics* 10, 139 - 162.
- Neumann, M. (1989), Market Size, Monopoly Power, and Innovations under Uncertainty, in: Audretsch, D.B., Sleuwagen, L., Yamawaki, H. (Hrsg.), *The Convergence of International and Domestic Markets*. Amsterdam, 295 - 314.
- Neumann, M. (1990), Zukunftsperspektiven im Wandel. *Lange Wellen in Wirtschaft und Politik*. Tübingen.
- Neumann, M. (1991), Innovationen, Wettbewerb und Wettbewerbspolitik in den langen Wellen wirtschaftlicher Entwicklung, in: Gahlen, B., Hesse, H., Ramser, H.J. (Hrsg.), *Wachstumstheorie und Wachstumspolitik: Ein neuer Anlauf*. Schriftenreihe des Wirtschaftswissenschaftlichen Seminars Ottobeuren 20. Tübingen, 279 - 292.
- Neumann, M., Haid, A. (1990), Innovationen als Ergebnis stochastischer Optimierung, in: Gahlen, B. (Hrsg.), *Marktstruktur und gesamtwirtschaftliche Entwicklung*. Berlin, 209 - 223.
- Plosser, Ch. (1989), Understanding Real Business Cycles. *Journal of Economic Perspectives* 3, 51 - 77.
- Ramser, H.J. (1990), *Wachstumstheorie nach Keynes*. Mimeo. Konstanz.
- Ramser, H.J. (1991), Industriepolitik und Wachstumstheorie, in: Gahlen, B., Hesse, H., Ramser, H.J. (Hrsg.), *Wachstumstheorie und Wachstumspolitik: Ein neuer Anlauf*. Schriftenreihe des Wirtschaftswissenschaftlichen Seminars Ottobeuren 20. Tübingen, 305 - 327.
- Rebelo, S. (1990), Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy* 99, 500 - 521.
- Reinganum, J.F. (1985), Innovation and Industry Evolution. *Quarterly Journal of Economics* 100, 81-99.
- Reinganum, J.F. (1989), The Timing of Innovation: Research, Development, and Diffusion, in: Schmalensee, R., Willig, R.D. (Hrsg.), *Handbook of Industrial Organization*. Amsterdam, Vol I, 849 - 908.
- Romer, P.M. (1986), Increasing returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy* 94, 1002 - 1037.
- Romer, P.M. (1987), Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization. *American Economic Review* 77, P&P, 56 - 62.
- Romer, P.M. (1990a), Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy* 98, 71 - 102.

- Romer, P.M. (1990b), Capital, Labor, and Productivity. Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics, 337 - 420.
- Sala-i-Martin, X. (1990a), Lecture Notes on Economic Growth (I): Introduction to the Literature and Neoclassical Models. NBER Working Paper Nr. 3563.
- Sala-i-Martin, X. (1990b), Lecture Notes on Economic Growth (II): Five Prototype Models of Endogenous Growth. NBER Working Paper Nr. 3564.
- Scherer, F.M., Ross, D. (1990), Industrial Market Structure and Economic Performance. 3. Aufl., Chicago.
- Schumpeter, J.A. (1942), Capitalism, Socialism and Democracy. New York.
- Segerstrom, P.S. (1991), Innovation, Imitation and Economic Growth. Journal of Political Economy 99, 807 - 827.
- Segerstrom, P.S., Anant, T.C.A., Dinopoulos, E. (1990), A Schumpeterian Model of the Product Life Cycle. American Economic Review 80, 1077 - 1091.
- Shleifer, A. (1986), Implementation Cycles. Journal of Political Economy 94, 1163 - 1190.
- Stadler, M. (1992a), Die Bedeutung der Marktstruktur im Innovationsprozeß. Eine spieltheoretische Analyse des Schumpeterschen Wettbewerbs, in: Gahlen, B. (Hrsg.), Strukturtheorie und Strukturforschung. Tübingen, 187 - 237.
- Stadler, M. (1992b), Determinants of Innovative Activity in Oligopolistic Markets. Journal of Economics, erscheint demnächst.
- Stokey, N.L. (1988), Learning by Doing and the Introduction of New Goods. Journal of Political Economy 96, 701 - 717.
- Stokey, N.L. (1991), Human Capital, Product Quality, and Growth. Quarterly Journal of Economics 99, 587 - 616.
- Tirole, J. (1988), The Theory of Industrial Organization. Cambridge.



Bisher erschienen unter der Fachgruppe Makroökonomie

Beitrag Nr.	1:	Bernhard Gahlen	Neuere Entwicklungstendenzen und Schätzmethoden in der Produktionstheorie
Beitrag Nr.	2:	Ulrich Schittko	Euler- und Pontrjagin-Wachstums-pfade
Beitrag Nr.	3:	Rainer Feuerstack	Umfang und Struktur geburtenregelnder Maßnahmen
Beitrag Nr.	4:	Reinhard Blum	Der Preiswettbewerb im § 16 GWB und seine Konsequenzen für ein "Neues Wettbewerbskonzept"
Beitrag Nr.	5:	Martin Pfaff	Measurement Of Subjective Welfare And Satisfaction
Beitrag Nr.	6:	Arthur Strassl	Die Bedingungen gleichgewichtigen Wachstums

Bisher erschienen unter dem Institut für Volkswirtschaftslehre

Beitrag Nr.	7:	Reinhard Blum	Thesen zum neuen wettbewerbspolitischen Leitbild der Bundesrepublik Deutschland
Beitrag Nr.	8:	Horst Hanusch	Tendencies In Fiscal Federalism
Beitrag Nr.	9:	Reinhard Blum	Die Gefahren der Privatisierung öffentlicher Dienstleistungen
Beitrag Nr.	10:	Reinhard Blum	Ansätze zu einer rationalen Strukturpolitik im Rahmen der marktwirtschaftlichen Ordnung
Beitrag Nr.	11:	Heinz Lampert	Wachstum und Konjunktur in der Wirtschaftsregion Augsburg
Beitrag Nr.	12:	Fritz Rahmeyer	Reallohn und Beschäftigungsgrad in der Gleichgewichts- und Ungleichgewichtstheorie
Beitrag Nr.	13:	Alfred E. Ott	Möglichkeiten und Grenzen einer Regionalisierung der Konjunkturpolitik

Beitrag Nr.	14:	Reinhard Blum	Wettbewerb als Freiheitsnorm und Organisationsprinzip
Beitrag Nr.	15:	Hans K. Schneider	Die Interdependenz zwischen Energieversorgung und Gesamtwirtschaft als wirtschaftspolitisches Problem
Beitrag Nr.	16:	Eberhard Marwede Roland Götz	Durchschnittliche Dauer und zeitliche Verteilung von Großinvestitionen in deutschen Unternehmen
Beitrag Nr.	17:	Reinhard Blum	Soziale Marktwirtschaft als weltwirtschaftliche Strategie
Beitrag Nr.	18:	Klaus Hüttinger Ekkehard von Knorring Peter Welzel	Unternehmensgröße und Beschäftigungsverhalten - Ein Beitrag zur empirischen Überprüfung der sog. Mittelstands- bzw. Konzentrationshypothese -
Beitrag Nr.	19:	Reinhard Blum	Was denken wir, wenn wir wirtschaftlich denken?
Beitrag Nr.	20:	Eberhard Marwede	Die Abgrenzungsproblematik mittelständischer Unternehmen - Eine Literaturanalyse -
Beitrag Nr.	21:	Fritz Rahmeyer Rolf Grönberg	Preis- und Mengenanpassung in den Konjunkturzyklen der Bundesrepublik Deutschland 1963 - 1981
Beitrag Nr.	22:	Peter Hurler Anita B. Pfaff Theo Riss Anna Maria Theis	Die Ausweitung des Systems der sozialen Sicherung und ihre Auswirkungen auf die Ersparnisbildung
Beitrag Nr.	23:	Bernhard Gahlen	Strukturpolitik für die 80er Jahre
Beitrag Nr.	24:	Fritz Rahmeyer	Marktstruktur und industrielle Preisentwicklung
Beitrag Nr.	25:	Bernhard Gahlen Andrew J. Buck Stefan Arz	Ökonomische Indikatoren in Verbindung mit der Konzentration. Eine empirische Untersuchung für die Bundesrepublik Deutschland
Beitrag Nr.	26A:	Christian Herrmann	Die Auslandsproduktion der deutschen Industrie. Versuch einer Quantifizierung

Beitrag Nr.	26B:	Gebhard Flaig	Ein Modell der Elektrizitätsnachfrage privater Haushalte mit indirekt beobachteten Variablen
Beitrag Nr.	27A:	Reinhard Blum	Akzeptanz des technischen Fortschritts - Wissenschafts- und Politikversagen -
Beitrag Nr.	27B:	Anita B. Pfaff Martin Pfaff	Distributive Effects of Alternative Health-Care Financing Mechanisms: Cost-Sharing and Risk-Equivalent Contributions
Beitrag Nr.	28A:	László Kassai	Wirtschaftliche Stellung deutscher Unternehmen in Chile. Ergebnisse einer empirischen Analyse (erschieden zusammen mit Mesa Redonda Nr. 9)
Beitrag Nr.	28B:	Gebhard Flaig Manfred Stadler	Beschäftigungseffekte privater F&E-Aufwendungen - Eine Paneldaten-Analyse
Beitrag Nr.	29:	Gebhard Flaig Viktor Steiner	Stability and Dynamic Properties of Labour Demand in West-German Manufacturing
Beitrag Nr.	30:	Viktor Steiner	Determinanten der Betroffenheit von erneuter Arbeitslosigkeit - Eine empirische Analyse mittels Individualdaten
Beitrag Nr.	31:	Viktor Steiner	Berufswechsel und Erwerbsstatus von Lehrabsolventen - Ein bivariates Probit-Modell
Beitrag Nr.	32:	Georg Licht Viktor Steiner	Workers and Hours in a Dynamic Model of Labour Demand - West German Manufacturing Industries 1962 - 1985
Beitrag Nr.	33:	Heinz Lampert	Notwendigkeit, Aufgaben und Grundzüge einer Theorie der Sozialpolitik
Beitrag Nr.	34:	Fritz Rahmeyer	Strukturkrise in der eisenschaffenden Industrie - Markttheoretische Analyse und wirtschaftspolitische Strategien

Beitrag Nr.	35	Manfred Stadler	Die Bedeutung der Marktstruktur im Innovationsprozeß - Eine spieltheoretische Analyse des Schumpeterischen Wettbewerbs
Beitrag Nr.	36	Peter Welzel	Die Harmonisierung nationaler Produktionssubventionen in einem Zwei-Länder-Modell
Beitrag Nr.	37	Richard Spies	Kostenvorteile als Determinanten des Marktanteils kleiner und mittlerer Unternehmen
Beitrag Nr.	38A	Viktor Steiner	Langzeitarbeitslosigkeit, Heterogenität und "State Dependence": Eine mikroökonomische Analyse
Beitrag Nr.	38B	Peter Welzel	A Note on the Time Consistency of Strategic Trade Policy
Beitrag Nr.	39	Günter Lang	Ein dynamisches Marktmodell am Beispiel der Papiererzeugenden Industrie
Beitrag Nr.	40	Gebhard Flaig Viktor Steiner	Markup Differentials, Cost Flexibility, and Capacity Utilization in West-German Manufacturing
Beitrag Nr.	41	Georg Licht Viktor Steiner	Abgang aus der Arbeitslosigkeit, Individualeffekte und Hysteresis. Eine Panelanalyse für die Bundesrepublik
Beitrag Nr.	42	Thomas Kuhn	Zur Theorie der Zuweisungen im kommunalen Finanzausgleich
Beitrag Nr.	43	Uwe Cantner	Produkt- und Prozeßinnovation in einem Ricardo-Außenhandelsmodell
Beitrag Nr.	44	Thomas Kuhn	Zuweisungen und Allokation im kommunalen Finanzausgleich
Beitrag Nr.	45	Gebhard Flaig Viktor Steiner	Searching for the Productivity Slowdown: Some Surprising Findings from West German Manufacturing
Beitrag Nr.	46	Manfred Stadler	F&E-Verhalten und Gewinnentwicklung im dynamischen Wettbewerb. Ein Beitrag zur Chaos-Theorie
Beitrag Nr.	47	Alfred Greiner	A Dynamic Theory of the Firm with Engogenous Technical Change

Beitrag Nr.	48	Horst Hanusch Markus Hierl	Productivity, Profitability and Innovative Behavior in West-German Industries
Beitrag Nr.	49	Karl Morasch	F&E-Erfolgswahrscheinlichkeit und Kooperationsanreize
Beitrag Nr.	50	Manfred Stadler	Determinanten der Innovationsaktivitäten in oligopolistischen Märkten
Beitrag Nr.	51	Uwe Cantner Horst Hanusch	On the Renaissance of Schumpeterian Economics
Beitrag Nr.	52	Fritz Rahmeyer	Evolutorische Ökonomik, technischer Wandel und sektorales Produktivitätswachstum
Beitrag Nr.	53	Uwe Cantner Horst Hanusch	The Transition of Planning Economies to Market Economies: Some Schumpeterian Ideas to Unveil a Great Puzzle
Beitrag Nr.	54	Reinhard Blum	Theorie und Praxis des Übergangs zur marktwirtschaftlichen Ordnung in den ehemals sozialistischen Ländern
Beitrag Nr.	55	Georg Licht Viktor Steiner	Individuelle Einkommensdynamik und Humankapitaleffekte nach Erwerbsunterbrechungen
Beitrag Nr.	56	Thomas Kuhn	Zur theoretischen Fundierung des kommunalen Finanzbedarfs in Zuweisungssystemen
Beitrag Nr.	57	Thomas Kuhn	Der kommunale Finanzausgleich - Vorbild für die neuen Bundesländer?
Beitrag Nr.	58	Günter Lang	Faktorsubstitution in der Papierindustrie bei Einführung von Maschinen und Energiesteuern
Beitrag Nr.	59	Peter Welzel	Strategische Interaktion nationaler Handelspolitiken. Freies Spiel der Kräfte oder internationale Organisation?
Beitrag Nr.	60	Alfred Greiner	A Dynamic Model of the Firm with Cyclical Innovations and Production: Towards a Schumpeterian Theory of the Firm
Beitrag Nr.	61	Uwe Cantner Thomas Kuhn	Technischer Fortschritt in Bürokratien

Beitrag Nr.	62	Klaus Deimer	Wohlfahrtsverbände und Selbsthilfe - Plädoyer für eine Kooperation bei der Leistungserstellung
Beitrag Nr.	63	Günter Lang Peter Welzel	Budgetdefizite, Wahlzyklen und Geldpolitik: Empirische Ergebnisse für die Bundesrepublik Deutschland, 1962-1989
Beitrag Nr.	64	Uwe Cantner Horst Hanusch	New Developments in the Economics of Technology and Innovation
Beitrag Nr.	65	Georg Licht Victor Steiner	Male-Female Wage Differentials, Labor Force Attachment, and Human- Capital Accumulation in Germany
Beitrag Nr.	66	Heinz Lampert	The Development and the Present Situation of Social Policy in the Fede- ral Republic of Germany (FRG) within the Social-Market-Economy
Beitrag Nr.	67	Manfred Stadler	Marktkonzentration, Unsicherheit und Kapitalakkumulation
Beitrag Nr.	68	Andrew J. Buck and Manfred Stadler	R&D Activity in a Dynamic Factor Demand Model: A Panel Data Analysis of Small and Medium Size German Firms
Beitrag Nr.	69	Karl Morasch	Wahl von Kooperationsformen bei Moral Hazard
Beitrag Nr.	70	Horst Hanusch und Uwe Cantner	Thesen zur Systemtransformation als Schumpeterianischem Prozeß
Beitrag Nr.	71	Peter Welzel	Commitment by Delegation Or: What's 'Strategic' about Strategic Alliances?
Beitrag Nr.	72	Friedrich Kugler und Horst Hanusch	Theorie spekulativer Blasen: Rationaler Erwartungsansatz versus Ansatz der Quartischen-Modalwert-Erwartungen
Beitrag Nr.	73	Uwe Cantner	Product and Process Innovations in a Three-Country-Model of International Trade Theory - A Ricardian Analysis
Beitrag Nr.	74	Alfred Greiner und Horst Hanusch	A Dynamic Model of the Firm Inclu- ding Keynesian and Schumpeterian Ele- ments

