INDUSTRIE-EVOLUTION

Uwe Cantner und Horst Hanusch

Universität Augsburg
Institut für Volkswirtschaftslehre
Universitätsstraße 16, D-86135 Augsburg

Tel.: +49 821 598 4179, Fax: +49 821 598 4229
e-mail: uwe.cantner@wiso.uni-augsburg.de
horst.hanusch@wiso.uni-augsburg.de

März 1998

I. Einleitung und Überblick

Fragt man nach den wesentlichen treibenden Kräften der wirtschaftlichen Entwicklung und des wirtschaftlichen Wachstums von Volkswirtschaften, so wird man in aller Regel als Antwort den Hinweis auf die Wirkung des technologischen Fortschritts erhalten. Dessen Einfluß wird auch eng mit dem Begriff des *modernen Wirtschaftswachstums* in Verbindung gebracht - ein *terminus technicus*, der auf Simon Kuznets zurückgeht: Man versteht hierunter ein Wachstum der individuellen Wohlfahrt, die approximativ mit Hilfe des Bruttosozialprodukts pro Kopf gemessen werden kann. Ein derartige Entwicklung läßt sich für die heutige westliche industrialisierte Welt seit der industriellen Revolution Anfang des 19. Jahrhunderts feststellen - selbstverständlich nicht für alle Länder parallel verlaufend und auch nicht immer mit den gleichen, diese Entwicklung anführenden Ländern. Seit dieser Zeit zeigen sich wirtschaftliche Entwicklung und technologischer Fortschritt in einer eng verzahnten gegenseitigen Abhängigkeit, im Sinne von Anschubwirkung einerseits, aber andererseits auch im Sinne von Beschränkungen. Und trotz weiterer wichtiger Wachstumsfaktoren, wie Kapitalakkumulation (Solow-Wachstum)[1] oder Arbeitsteilung (Smith-Wachstum)[2], nehmen die technologische Entwicklung und damit die Innovationstätigkeit in diesem Reigen eine überragende und dominante Stellung ein. Man spricht hier auch vom sogenannten *Schumpeter-Wachstum*.

Während man sich über die Wirkungen des technologischen Fortschritts auf der aggregierten, volkswirtschaftlichen Ebene bereits seit längerem erfolgreich Gedanken gemacht hat, mit der Erklärung der Quellen des technologischen Fortschritts tat man sich weitaus schwerer. Es war lange Zeit sogar gute Übung, den technologischen Fortschritt als eine exogene Größe zu behandeln, welche die ökonomischen Akteure nur noch rein adaptiv in ein ökonomisches Resultat umsetzen - die Wirkungsrichtung verläuft hier klar von der technologischen hin zur ökonomischen Sphäre einer Volkswirtschaft. Beginnend mit *Joseph Alois Schumpeter* (1912, 1942) wurde dann aber eine konzeptionelle Richtung auf den Weg gebracht, die nicht mehr an der Exogenität des Fortschritts festmacht, sondern vielmehr eine *Theorie des endogenen Fort-*

---

[1] In Anlehnung an Robert Solow (1956).
[2] In Anlehnung an Adam Smith (1776).

schritts beabsichtigt. In diesem Sinne befinden sich dann ökonomische Bedingungen und technologischer Fortschritt in einem interdependenten, wechselseitigen Verhältnis.

Diese Interdependenz zeigt sich deutlich im Werke Schumpeters im sogenannten *dynamischen Unternehmer* (1912) und vor allem auch in den mit Forschungs- und Entwicklungsabteilungen ausgestatteten *Großunternehmen* (1942). Bei beiden handelt es sich um ökonomische Akteure, die versuchen, technologische Neuerungen am Markt einzuführen und durchzusetzen. Die Betrachtung des technologischen Fortschritts innerhalb von Volkswirtschaften verlagert sich auf diese Weise von der reinen *Wirkungsanalyse* auf der makroökonomischen Ebene auf eine *Ursachenanalyse*, die mikroökonomisch orientiert ist. Der Schritt hin zu einer Sichtweise, die auf die *Entwicklung von Industrien* abstellt, ist dann nicht weit, denn diese konstituieren sich aus Unternehmen und Akteuren, die sich auf einem Markt im gegenseitigen Wettbewerb befinden. *Industrieentwicklung* und *Innovationstätigkeit* treten somit offenbar in eine sehr enge Beziehung zueinander.

In unserem Beitrag möchten wir uns mit diesem Beziehungszusammenhang näher befassen und hierzu konzeptionelle Ansätze, empirisch-fundierte Untersuchungen und formal-analytische Analysen vorstellen. Dabei wird es uns keinesfalls gelingen, die vorhandene reichhaltige Literatur in ihrer ganzen Breite und Tiefe zu berücksichtigen. Vielmehr möchten wir uns auf zwei wichtige Problembereiche beschränken. Zum ersten, werden wir uns insbesondere auf den Untersuchungsgegenstand „industrielle Dynamik" konzentrieren. Denn an ihm entfacht sich heute eine fundamentale wissenschaftliche Kontroverse, die leidenschaftlich von der neoklassisch geprägten Schulökonomik und dem Ansatz der evolutorischen Ökonomik geführt wird. Diese Diskussion zeigt klar auf, mit welchen schwerwiegenden konzeptionellen Problemen eine Analyse der innovationsinduzierten Industrieentwicklung zu kämpfen hat. Hierauf aufbauend möchten wir, zum zweiten, den Aspekt der Evolution von Industrien noch weiter in den Vordergrund stellen und hierzu die wichtigsten Beiträge vorstellen, die einerseits die empirisch-deskriptive und andererseits die formal-analytische Diskussion bestimmen. Das Schwergewicht in unserer Darstellung wird demnach auf Ansätzen der evolutorischen Ökonomik liegen. Bevor wir aber damit beginnen, wollen wir kurz die Bedeutung der Industrie-Evolution für die wirtschaftliche Entwicklung von Volkswirtschaften beleuchten. Denn hieraus lassen sich wesentliche Erkenntnisse gewinnen, auf denen nachfolgend die Abhandlung der beiden zentralen Problembereiche unseres Beitrages aufbauen kann.

II. Industrie-Evolution und wirtschaftliche Entwicklung

Welche spezifische Bedeutung hat die Industrie für die wirtschaftliche Entwicklung? Ohne Zweifel stellt der gesamte industrielle Sektor eine wesentliche, wenn nicht sogar die bedeutendste Quelle für wirtschaftlichen Fortschritt dar. Wie schon angesprochen, seit der industriellen Revolution hat sich dessen Anteil an der gesamtwirtschaftlichen Produktion kontinuierlich erhöht. Heute beträgt der Anteil des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland um die 30 % am gesamten BSP, in den USA 18% und in Japan 26 %. Im Hinblick auf die Beschäftigung läßt sich festhalten, daß Anfang des 19. Jahrhunderts noch ungefähr 90 Prozent der arbeitenden Bevölkerung vom landwirtschaftlichen Sektor beansprucht wurden und diese Zahl heute auf unter 5 Prozent gefallen ist. Mitte der 90er Jahre entfallen auf das verarbeitende Gewerbe in Deutschland ungefähr 30% der Beschäftigten, in den USA 18% und in Japan 24%.

Aber und vor allem hinsichtlich der Innovationstätigkeit nimmt der industrielle Sektor eine dominante Stellung ein. So wurden 1991 beispielsweise in Deutschland 95% aller F&E-Ausgaben vom verarbeitenden Gewerbe bestritten, in den USA 75 % und in Japan 94%.

Vor diesem empirischen Hintergrund erscheinen aus analytischer Sicht drei Fragenkomplexe von besonderem Interesse zu sein, die man wohl prinzipiell im Rahmen einer mikroökonomischen Ursachen-, einer mesoökonomischen Ursachen- und Wirkungs-, sowie einer makroökonomischen Wirkungsanalyse abhandeln kann. Beginnen wir mit der *mikroökonomischen* Ebene.

Innovationstätigkeit und deren Einfluß auf die Industrie-Evolution sollte man, zum einen, sowohl im wettbewerblichen Kontext von Unternehmen als auch, zum anderen, mit Blick auf deren technologische und vor allem nicht-marktliche Beziehungen untersuchen. Die Struktur und die Strukturdynamik innerhalb von Sektoren, und in diesem Sinne die Entwicklung der technologischen und ökonomischen Bedingungen, erhalten auf diese Weise einen zentralen analytischen Stellenwert. Sie stehen - so vermutet man - in gegenseitiger Abhängigkeit und tragen gemeinsam zur Intensität und Richtung des technologischen Fortschritts und, davon induziert, des ökonomischen Erfolgs bei - welcher dann wiederum die Basis für Wachstumseffekte darstellt. Die neoklassisch fundierte *New Industrial Economics* sowie der *evolutorische Ansatz zur Industrial Dynamics* befassen sich mit diesen Zusammenhängen.

Eine isolierte Betrachtung einzelner Industriesektoren und deren Entwicklung wird jedoch deren Beitrag zur gesamten wirtschaftlichen Entwicklung nicht gerecht. Dies hat einerseits mit dem Zusammenwirken verschiedener Sektoren und andererseits mit der spezifischen technologischen und ökonomischen Bedeutung der jeweiligen Sektoren zu tun. Eine weitergehende Analyse hat demnach auch auf die *mesoökonomische* Ebene abzustellen. Sie hat dabei insbesondere zu berücksichtigen, daß einzelne Sektoren nicht nur über ökonomische Beziehungen (Vorleistungen, Investitionen) zueinander in einer interdependenten Beziehung stehen, sondern daß auch zwischen ihnen eine Vielzahl von formellen sowie informellen technologischen Beziehungen besteht. Vor allem Synergieeffekte spielen hier für die technologische Entwicklung eine herausragende Rolle. Sie ergeben sich aus einem sogenannten *kollektiven Innovationsprozeß* und scheinen auch für das Wirtschaftswachstum von enormer Bedeutung zu sein. Um diesen Zusammenhang kümmert man sich besonders innerhalb der Diskussion von *nationalen Innovationssystemen* wie auch im Rahmen der *Technologiestromanalyse*.

Hinsichtlich der makroökonomischen Entwicklung und damit der Wirkungsebene einer Volkswirtschaft gilt es nicht zuletzt auf wirtschaftshistorische Untersuchungen hinzuweisen. Sie haben für die sehr lange Frist seit der industriellen Revolution, im Rahmen der *Theorie der langen Wellen*, bis heute fünf Zyklen aufgedeckt. Diese sind aus technologischer wie auch ökonomischer Sicht von jeweils unterschiedlichen Sektoren dominiert und können daher auch als *Schlüsselsektoren* bezeichnet werden.

Tabelle 1 zeigt, daß sich im Zeitablauf ein stetiger Wechsel in der Bedeutung von einzelnen Industrien vollzogen hat, also ein interindustrieller Strukturwandel zu beobachten ist. Die hier aufgezeigte Vielfalt der industriellen Entwicklung hat sich nun in zahlreichen Bemühungen niedergeschlagen, die grundlegenden Mechanismen und Wirkungszusammenhänge aufzudekken und besser zu verstehen, die sich dahinter verbergen. In den folgenden Abschnitten möchten wir aus der reichhaltigen Literatur hierzu einige wichtige konzeptionelle Darlegungen sowie zentrale Ergebnisse deskriptiv-empirischer und formal-analytischer Art vorstellen und diskutieren. Dabei werden wir uns hauptsächlich auf der intra-sektoralen, mikroökonomischen Ebene bewegen - dort haben auch die meisten Forschungsinitiativen angesetzt. Abschließend wollen wir aber auch noch einige Probleme und Konsequenzen für die meso-und die makroökonomische Analyse ansprechen.

Zyklus	Bezeichnung des Kondratieff	Periode	Schlüsselsektoren
1	frühe Mechanisierung	1770/80-1830/40	Textilindustrie Eisen- und Stahlindustrie
2	Dampfmaschinen und Eisenbahn	1830/40-1880/90	Maschinenbau Stahlindustrie Schiffbau
3	Elektrizität und Schwerindustrie	1880/90-1930/40	Elektroindustrie Maschinenbau (elektr.) Chemie (syn. Farben)
4	Massenproduktion	1930/40-1980/90	Automobilindustrie Konsumgüterindustrie Kunststoffe Chemie
5	Information und Kommunikation	1980/90-?	Computerindustrie Elektronikindustrie Telekommunikation Optik/Feinmechanik

Tabelle 1: Schlüsselsektoren und lange Wellen (nach Freeman/Perez (1988))

III. Stilisierte Fakten zu Struktur und Strukturwandel und konzeptionelle Grundlagen einer Analyse

Wenden wir uns nun der Analyse von Industrie-Evolution zu, und damit hauptsächlich der Frage, wie es zu Innovationstätigkeit kommt und welche Wirkungen man davon zu erwarten hat. Dieser Problemkreis ist von verschiedener Seite mit jeweils unterschiedlicher analytischer Ausrichtung angegangen worden. Trotz dieser Unterschiede, auf die wir unten noch explizit eingehen werden, haben sich die konkurrierenden Ansätze an einigen sogenannten stilisierten Fakten der Entwicklung von Industrien orientiert, wenn auch nicht alle in ihr Theoriegebäude aufgenommen wurden. Wir wollen auf diese im nächsten Abschnitt eingehen, um dann darauf aufbauend die unterschiedlichen theoretischen Konzeptionen vorzustellen.

1. Stilisierte Fakten zur Industrie-Evolution

Die empirische Wirtschaftsforschung hat eine Reihe von Fakten zu Tage gefördert, die man bereits als *stilisierte dynamische Fakten* der industriellen Entwicklung bezeichnen darf. Diese beziehen sich auf die Unterschiedlichkeit oder *Heterogenität* von Unternehmen innerhalb eines Sektors, um darauf aufbauend dessen charakteristische Entwicklungsmuster zu identifizieren. Mit Bezug auf die feststellbare Heterogenität kann man entsprechende Parameter dahingehend einteilen, ob sie an bestimmten *Strukturgrößen* (Größe, Produktivität, Innovationserfolg), an Parameter der *ökonomischen Leistungsfähigkeit* (Profit, Wachstum, Marktanteil) oder an der Natur und Ausprägung des *technologischen* (und organisatorischen) *Lernens* (Art der Innovationstätigkeit, Art des Wissenspools, Bedeutung von Produkt- und Prozeßfortschritt) ansetzen.

Bei der Analyse der spezifischen Merkmale *industrieller Strukturen* kann man dann zuvörderst auf folgende charakteristischen Beobachtungen hinweisen:

(1) Zum ersten läßt sich eine erstaunliche *Heterogenität* zwischen den einzelnen Akteuren beziehungsweise den Unternehmen innerhalb einer Industrie identifizieren. Diese Unterschiede beziehen sich einerseits auf ganz offensichtliche Eigenschaften wie etwa Alter, Größe, Profit, Marktanteil, u.a.m. Daneben findet man sie aber auch in nicht so einfach beobachtbaren, firmen-spezifischen Faktoren wieder, wie etwa innovative Fähigkeiten, technologisches Wissen, techno-ökonomische Kompetenzen, organisatorische Gegebenheiten etc.[3]

(2) In diesem Zusammenhang beobachtet man dann auch, daß die Heterogenität über einen gewissen Zeitraum hinweg eine gewisse *Persistenz* aufweist. Dies gilt zum einen für die Innovationserfolgswahrscheinlichkeit verschiedener Unternehmen,[4] zum anderen aber auch für persistente Produktivitätsunterschiede und daraus abgeleitete Technologieführerschaften[5]. Neben diesen technologischen Komponenten finden sich dauerhafte Unterschiede auch in ökonomischen Größen, wie etwa Profiten[6] oder Marktanteilen[7].

(3) Neben derartigen Phasen der „Ruhe“ lassen sich aber auch Perioden der *Turbulenz* in Bezug auf Markteintritt und -austritt[8], aber auch in Bezug auf Marktanteile[9] und technologische Leistungsfähigkeit beobachten.

(4) Trotz der Abfolge von Phasen der Persistenz und Turbulenz lassen sich auch zeitlich gänzlich *invariante Strukturcharakteristika* identifizieren, wobei die schiefe Verteilung von Unternehmens- und Betriebsgröße den prominentesten Platz (Gibrats-Law) einnimmt.[10]

Aufbauend auf diesem Ausschnitt der wichtigsten strukturellen Fakten kann man in einem zweiten Schritt hinterfragen, wie derartige Strukturen entstehen und welche weiteren Entwicklungen für einen Sektor zu erwarten sind. Man versucht also, eine Charakterisierung der *strukturellen Dynamik*[11] vorzunehmen, wobei sicherlich industrie-spezifische Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu beachten sind. Die Analyse der Innovationstätigkeit als wesentliche treibende Kraft nimmt dabei eine zentrale Stellung ein.

Mit diesen Fragestellungen möchten wird uns im folgenden intensiver beschäftigen. Dabei gehen wir zunächst auf alternative analytische Konzeptionen ein, mit deren Hilfe man eine Erklärung für das Entstehen industrieller Strukturen und deren Entwicklung zu finden versucht.

---

3 Vergleiche beispielsweise Nelson (1991), Eliasson (1990), Teece et al. (1994).

4 Siehe hierzu beispielsweise die Untersuchungen von Griliches (1986), Pavitt/Patel (1991), Malerba *et al.* (1997).

5 Siehe Baily/Chakrabarty (1985), Cantner (1996), Cantner/Hanusch (1997), Cantner/Westermann (1998).

6 Siehe beispielsweise Geroski/Jacquemin (1988), Mueller (1990).

7 Siehe etwa Klein (1977), Klepper (1996).

8 Siehe zum Beispiel Dunne *et al.* (1988), Audretsch (1997), Malerba/Orsenigo (1997).

9 Siehe beispielsweise Klein (1977), Klepper (1996).

10 Siehe zum Beispiel die Untersuchungen von Simon/Bonini (1958), Ijiri/Simon (1977), Mueller (1990).

11 Siehe Malerba/Orsenigo (1996, 53-54).

2. Alternative Konzeptionen einer Theorie der Entwicklung von Industrien

Die angesprochenen Beobachtungen zur Struktur und zur strukturellen Entwicklung von Industrien entsprechen nun in keiner Weise der Vorstellung eines *kompetitiven Gleichgewichts*, wie man dies auf der Basis der neoklassischen Gleichgewichtstheorie erwarten würde, sondern hier sind vielmehr oligopolistische Strukturen kennzeichnend. Dies akzeptierend konzentrieren drei unterschiedliche Forschungsansätze ihre Anstrengungen darauf, die Determinanten und Konsequenzen dieser Strukturen aufzudecken und zu analysieren: der *strukturalistische Ansatz*, der Ansatz der *Neuen Industrieökonomik* und der *evolutorische Ansatz*.

(a) Der *strukturalistische Ansatz*
Der *strukturalistische Ansatz* umfaßt eine Reihe von unterschiedlichen Analysen[12], die sich mit den strukturellen Bedingungen und Umständen für eine persistente Asymmetrie zwischen Unternehmen befassen.[13] Diese Asymmetrie kann nun zwischen Unternehmen innerhalb eines Sektors, aber auch zwischen etablierten Unternehmen und potentiellen neuen Konkurrenten auftreten. Als wichtigste Determinante von Wettbewerbsvorteilen werden hier absolute Kostenvorteile identifiziert, die u.a. vor allem auf Größeneffekten und unterschiedlichen Produktionstechnologien beruhen. Aus den vorgefundenen strukturellen Bedingungen will man Aussagen über den Oligopol-Grad und die Oligopol-Macht gewinnen, mit allen Konsequenzen für den ökonomischen Erfolg und dessen Verteilung über die Unternehmen hinweg. Mit Hilfe dieses Ansatzes wird also versucht, aus den strukturellen Gegebenheiten zu einem bestimmten Zeitpunkt Prognosen für die zukünftige Entwicklung von Industrien abzuleiten.[14] Der Frage hingegen, wie es zu solchen Strukturen kommen kann, wird innerhalb dieses Theoriegebäudes nicht weiter nachgegangen. Daneben ist es in diesem Rahmen nicht notwendig, explizit das Verhalten der Akteure (ob vollkommen oder beschränkt rational) in die Analyse einzubeziehen.

(b) Vom *structure-conduct-performance*-Ansatz zur *New Industrial Economics*
Dieser letzte Gesichtspunkt wurde allgemein sehr kritisch aufgenommen und das Fehlen einer mikroökonomischen Fundierung reklamiert. Der *structure-conduct-performance*-Ansatz der Industrieökonomik trägt diesem Kritikpunkt Rechnung und stellt einen analytischen Rahmen vor, in welchem das Modul *conduct* (Marktverhalten) in Form der Verhaltensannahme der Profitmaximierung eingeht. Auf diese Weise gelingt es, aus bestimmten gegebenen (beobachteten) Strukturen, die Leistungsfähigkeit (*performance*) von Akteuren aus einem Optimalkalkül abzuleiten.[15]

In gewisser Weise hierauf aufbauend wendet sich die *New Industrial Economics* dem Phänomen der Innovationstätigkeit zu und versucht, deren ökonomische Determinanten und Konsequenzen aufzudecken.[16] Die zentrale Fragestellung ist dabei die folgende: Welche Größen bestimmen die Intensität, mit der Innovatoren bekannte und begrenzte technologische Möglichkeiten ausschöpfen? Strukturelle Gegebenheiten, und hier vor allem die Marktstruktur, stellen den Ausgangspunkt der Analyse dar. In einem seminalen Beitrag untersucht Arrow (1962) die sogenannten *Schumpeter-Hypothesen* und geht damit der Frage nach, ob monopolistische oder

---

12 Vergleiche hierzu beispielsweise Bain (1956), Mason (1939), Sylos-Labini (1967).

13 Eine Diskussion dieses Ansatzes sowie dessen Beziehung zu sogenannten behaviouristisch-evolutionären Ansätzen findet sich in Dosi (1984, 107 ff).

14 Die Wirkungen (exogenen) technologischen Fortschritts innerhalb dieser Modellierungsphilosophie werden in Dosi (1984, 111 ff.) sowie in Dosi/Pavitt/Soete (1990, 114 ff.) diskutiert.

15 Einen guten Überblick hierzu findet sich in Scherer (1980).

16 Eine ausführliche Diskussion dieser Ansätze mit Bezug auf Struktur und Strukturentwicklung findet sich in Cantner (1996).

vollkommene Märkte eine höhere Innovationsintensität der Unternehmen hervorrufen. Beginnend mit Dasgupta und Stiglitz (1980) wird dann auf die gegenseitige Abhängigkeit von Marktstruktur und Innovationstätigkeit hingewiesen. Mit Hilfe von sogenannten *non-tournament*-Modellen werden diese Interdependenz und die damit zusätzlich aufgeworfenen Probleme von technologischen Spillovers, Forschungskooperationen etc. im Rahmen eines optimalen *conduct* untersucht.[17] Die Unterschiedlichkeit von Akteuren wird innerhalb dieser Forschungsrichtung in den Hintergrund gedrückt und einer Modellierung von symmetrischen, mit *Hyper-Rationalität*[18] ausgestatteten Akteuren, Platz gemacht - mit dem angenehmen Nebeneffekt einer relativ leichten analytischen Lösbarkeit von Gleichgewichtsmodellen. Dementsprechend ist die Rate und die Richtung des technischen Fortschritts allein von ökonomischen Anreizen bestimmt. Innovationstätigkeit wird äquivalent zu Investitionstätigkeit behandelt, mit dem einzigen, aber sehr wichtigen Unterschied, daß bei ersterer technologische Spillovereffekte auftreten, die sich aus dem Wesen von Know-how als öffentlichem Gut ableiten.[19]

Parallel hierzu hat sich eine weitere Analyserichtung entwickelt, die auf den Einfluß potentiellen Markteintritts sowie technologischer Unterschiede zwischen Akteuren auf die Marktstrukturentwicklung eingeht, sogenannte *tournament*-Modelle[20], wie etwa Patentrennen.[21] Die Annahme der *Hyper-Rationalität* wird weiterhin aufrecht erhalten und sie erlaubt es sogar, für die Zukunft und über mehrere Patentrennen hinweg optimale Innovationsstrategien zu berechnen. Entsprechend sind auch hier allein ökonomische Anreize für die Intensität[22] des Fortschritts verantwortlich.

Tournament- wie auch non-tournament-Modelle werden aufgrund ihrer Ähnlichkeit zu Investitionsmodellen auch als *entscheidungsorientierte Ansätze* der Innovationsökonomik bezeichnet. Technologischer Fortschritt ist hier das Ergebnis optimaler Entscheidungen und keinesfalls durch unvollkommene Kenntnisse und Fähigkeiten von Innovatoren beschränkt.

(c) Der *evolutorische Ansatz*

Die vorangegangene Diskussion hat gezeigt, daß sich der *structure-conduct-performance*-Ansatz und seine Weiterentwicklung zur *New Industrial Economics* zentral mit der Frage optimaler Entscheidungen vollkommen rationaler Akteure befaßt, wobei die Berücksichtigung einer Heterogenität unter den Akteuren diesem Ziel im großen und ganzen geopfert und damit eine gewisse Realitätsferne akzeptiert wird. Der *strukturalistische Ansatz* wiederum, obwohl aus empirischer Sicht weitaus plausibler, läßt eine Mikrofundierung vermissen und macht außerdem keinerlei Aussagen darüber, wie Strukturen zustande kommen.

---

17 Siehe etwa Spence (1984), Levin/Reiss (1984, 1988), D'Aspremont/Jacquemin (1988), Suzumura (1992).

18 Die Akteure besitzen hier vollständige Information nicht nur über ihre Nebenbedingungen und Strategien ihrer Konkurrenten, sondern auch über alle (technologischen und) ökonomischen Konsequenzen innovativen Erfolgs.

19 Vergleiche hierzu Cantner (1996).

20 Vergleiche hierzu beispielsweise Loury (1979), Lee/Wilde (1980), Dasgupta/Stiglitz (1980), Reinganum (1985), Vickers (1986), Harris/Vickers (1987), Beath/Katsoulacos/Ulph (1988).

21 *Tournament*-Modelle beruhen auf der Modellierung eines stochastischen Innovationsprozesses. Abzugrenzen hiervon sind sogenannte *contest*-Modelle, die deterministisch und als eine Auktion zu interpretieren sind. Vergleiche hierzu Reinganum (1989).

22 Mit Intensität ist im Zusammenhang mit Patentrennen zumeist die Schnelligkeit gemeint, mit der eine Innovation auftritt - und nicht das Ausmaß der Kostenreduktion oder Qualitätsverbesserung.

Diese beiden Kritikpunkte werden vor allem von einer noch recht jungen Forschungsrichtung vorgebracht, der *evolutorischen Ökonomik*. Deren Erklärungsansatz stellt

(1) die Dynamik und die dabei auftretende Neuigkeit, also eine *evolutorische Dynamik*, in das Zentrum seiner Analyse, wobei
(2) die treibenden Kräfte derartiger Entwicklungen *beschränkt rationale Akteure* sind, die also weder alle Kenntnisse und Informationen noch unbeschränkte Fähigkeiten zur Problemlösung besitzen.

Was hat man sich nun konkret unter diesen beiden Kernelementen vorzustellen und welche Konsequenzen hat dies für die Analyse? Gehen wir zuerst auf die evolutorische Dynamik ein.

Ganz allgemein definiert sich die evolutorische Dynamik als ein *Prozeß der Selbsttransformation eines Systems im Zeitablauf*.[23] Veränderungen werden dabei endogen generiert, sie betreffen sowohl qualitative wie auch quantitative Ausprägungen, und sie ziehen Strukturwandel nach sich. In Anlehnung an Konzepte aus der Biologie kann man zwei grundsätzlich verschiedene Konzeptionen eines evolutorischen Prozesses unterscheiden, die beide auch für wirtschaftliche Zusammenhänge und Entwicklungen von Bedeutung sind - auch wenn man biologische Konzeptionen nicht ungefiltert auf ökonomische Sachverhalte übertragen kann und sollte.

Eine erste Konzeption orientiert sich direkt am lateinischen Ursprung des Begriffes „Evolution“, das von „evolvere“ abstammt, welches wiederum „vorwärts rollen“ bedeutet. Diese Vorstellung entspricht dem Ausrollen eines Stück Papiers, wobei dann alles das, was in diesem Papier enthalten ist, nach und nach zum Vorschein kommt. Analysen der Industrieentwicklung mit Hilfe der Konzeptionen „Produktlebenszyklus“ oder „Industrielebenszyklus“ beruhen auf dieser Sicht eines evolutorischen Prozesses.

Eine gänzlich andere Vorstellung wird mit „Evolution“ verbunden, wenn man auf die Konzeption von Charles Darwin zurückgeht. In seiner Terminologie bedeutet Evolution das kombinierte Wirken von *Mutation* (*Veränderung*) und *Selektion* (*Wettbewerb*).[24] Dabei enthält die Mutation eine ausgeprägt stochastische Komponente. Dieses Evolutionskonzept ist nun offensichtlich auch auf die Industrieentwicklung übertragbar: In Industrien werden immer wieder Innovationen hervorgebracht, die sich dann im Wettbewerb mit bestehenden Produkten oder Verfahren bewähren müssen und möglicherweise auch durchsetzen.

Das zweite Kernelement, die Annahme beschränkter Rationalität der Akteure, hat zur Konsequenz, daß - im Gegensatz zur traditionellen neoklassischen Analyse der *New Industrial Economics* - die (auch empirisch beobachtbare) Heterogenität unter den Akteuren als *analytisch relevant* erachtet wird. Daneben wird die entscheidungsorientierte Konzeption ersetzt und zu einem *behaviouristischen* und *wissensbasierten Ansatz* umgewandelt, der die Experimentier- und Suchanstrengungen der Akteure als wesentliche Verhaltensweisen ansieht. Aufgrund ihrer beschränkten Rationalität und aufgrund der hohen Komplexität und Unübersehbarkeit von Entscheidungsproblemen wie etwa bei Innovationsentscheidungen (substantielle Unsicherheit[25]) kann für die untersuchten Akteure nicht unterstellt werden, daß sie in der Lage (prozessuale Unsicherheit[26]) sind, gleichgewichtsorientierte Strategien - wie in der *New Industrial Econo-*

---

23 Vergleiche hierzu Witt (1993).
24 Herbert Spencer machte für diese Entwicklungsdynamik den Begriff „Evolution“ populär.
25 Vergleiche hierzu Simon (1976).
26 Vergleiche hierzu Simon (1976).

mics - zu berechnen. Marktergebnisse sind dann aber nicht mehr als optimale *ex-ante* Koordinationslösungen zu interpretieren, sondern als oftmals nicht-optimales Resultat eines *ex-post* Selektionswettbewerbs zu verstehen.

Diese beiden Elemente zusammengenommen sind natürlich nicht unkritisiert geblieben, wobei die implizite Annahme agnostischen Verhaltens der Akteure als nicht adäquat für menschliches Verhalten besonders angegriffen wird. Dem ist allerdings entgegenzuhalten, daß die Evolutorische Ökonomik nicht direkt die Darwinsche Konzeption übernimmt, sondern zwei zusätzliche Eigenschaften für eine *kulturelle* oder ökonomische *Evolution* formuliert. Die erste betrifft das *Lernen*, die *Anpassung* und die *Imitation*, die man auch als Elemente einer *Lamarckschen Evolution*[27] bezeichnen kann. Damit läßt sich der allgemeine Vorwurf entkräften, man würde das Darwinsche Konzept auf ökonomische Sachverhalte übertragen, indem man rein routinegeleitete und nicht reaktiv handelnde Akteure unterstellt. Das zweite Element schließt sich hier direkt an: Für *kulturelle evolutionäre Prozesse* gilt, daß man sie im Rahmen einer bewußten oder unbewußten *Interaktion* der Individuen verstehen kann. Man spricht dann von einem kollektiven evolutorischen Prozeß.[28] Gerade der Prozeß der Schaffung und Verbreitung von neuem Wissen, mit allen Möglichkeiten des Lernens, aber vor allem auch mit Möglichkeiten der Rekombination sind hier angesprochen.

Die Bedeutung beschränkten Wissens und beschränkter Fähigkeiten einerseits sowie die Betonung von Lernprozessen andererseits hat diesem Ansatz die Bezeichnung *wissensorientierter Ansatz der Innovationsökonomik* eingebracht. Dies soll natürlich keinesfalls bedeuten, daß ökonomische Anreize hier keine Rolle mehr spielen, doch stehen sie zum einen mehr im Hintergrund und zum anderen können auch sie in vielen Fällen nicht in ein optimales Ergebnis umgesetzt werden.

So realitätsnah dieser konzeptionelle Zugang des evolutorischen Ansatzes auch sein mag, für eine analytische Durchdringung der Problematik, vor allem auf formale Art, sind einige Hürden zu bewältigen. In unserem Zusammenhang geht es vor allem um folgende Fragen: Wie läßt sich die Heterogenität der Akteure und ihr Zusammenspiel formal beschreiben? Wie geht man mit Neuigkeit und damit den Innovationen um, nach denen die Akteure suchen?

Um zu zeigen, wie die Evolutorische Ökonomik diese Fragen behandelt, möchten wir nach diesen konzeptionellen Vorbemerkungen einige Forschungsergebnisse zur Industrie-Evolution vorstellen. Unser Schwergewicht liegt dabei eindeutig bei Ergebnissen wie sie die evolutorische Analyse, sowohl deskriptiv-empirisch als auch formal-analytisch, hervorgebracht hat.

IV. Die Analyse evolutorischer Entwicklung von Industrien

Wir möchten die Einteilung der relevanten Arbeiten danach vornehmen, wie sie sich mit dem Problembereich der Innovation einerseits und dem Zusammenspiel von Innovation und Wettbewerb andererseits auseinandersetzen. Die Hauptfragen, die man sich hier stellt, betreffen

(1) die Art, Richtung und Intensität des technischen Fortschritts,
(2) die Eigenschaften der Unternehmen, die diesen Wandel durchführen und
(3) die sich daraus ergebenden Muster der Industrie-Evolution.

---

27 Diese Konzeption geht auf Jean Baptist de Lamarck zurück.
28 Vergleiche hierzu zum Beispiel Allen (1983), Silverberg (1990), Storper (1996).

Gehen wir zunächst auf den ersten Fragenbereich ein.

1. Determinanten, Erscheinungs- und Entwicklungsformen der Innovationstätigkeit

Innerhalb der Innovationsforschung besteht bekanntlich eine grundlegende Schwierigkeit darin, daß sie sich auch mit der Problematik der Enstehung von Neuerungen auseinanderzusetzen hat. Diese können an sich nicht vorausgesagt werden, ansonsten wären es eben keine Neuerungen mehr.[29] Es läge nun durchaus nahe, hier einen rein stochastischen Prozeß zu unterstellen, der sich einer weiteren analytischen Durchdringung versagt. Doch die Beobachtung *persistenter* Unterschiede im Innovationserfolg, im Technologieniveau, u.a.m. zwischen Unternehmen ist mit dieser Vorstellung nur schwerlich vereinbar. Vielmehr scheint es bestimmte Faktoren zu geben, welche die Innovationserfolgswahrscheinlichkeit von Unternehmen nachhaltig beeinflussen. Lassen sich diese identifizieren, dann ist es trotz der Unvorhersehbarkeit einer Innovation möglich, qualifizierte Aussagen über den (zukünftigen) Innovationserfolg, die Innovationsrichtung und die Innovationsintensität von Unternehmen und von Sektoren zu treffen.

In diesem Sinne hat sich der evolutorische Ansatz darum bemüht, stilisierte Fakten für die Innovationstätigkeit und deren Entwicklung zu identifizieren. Am bekanntesten ist in diesem Zusammenhang die Analyse von Dosi (1982), dessen *Paradigma-Tajektorien Ansatz.*[30] Die Unsicherheit über Problemlösungsroutinen und Handlungskonsequenzen, die Abhängigkeit von wissenschaftlichem Fortschritt, die Planung von Such- und Experimentieraktivitäten, die Effekte des *learning-by-doing*, sowie der oft lokale, spezifische und kumulative Charakter der Know-how Akkumulation werden hier als wesentliche Determinanten und Elemente des Innovationsprozesses angesehen. Mit Hilfe dieser Kriterien kann, angewendet auf den industriellen Sektor, gezeigt werden, warum manche Unternehmen systematisch eine bessere technologische Leistungsfähigkeit aufweisen als die Konkurrenz. Innerhalb eines breiteren technologischen, meist industrie-spezifischen Rahmens (*technological paradigm*), werden von den Unternehmen selektiv bestimmte Entwicklungsrichtungen verfolgt (*technological trajectory*). Dabei akkumulieren sie technologisches Know-how, das allerdings nicht mehr als ein reines öffentliches Gut anzusehen ist, sondern zu einem guten Teil als unternehmensspezifisch und in vielen Fällen sogar als privat und damit appropriierbar gilt. Hinzu kommt, daß es oftmals als *tacit* oder ideosynkratisch charakterisiert werden kann. Dementsprechend - und geradezu konträr zu Vorstellungen der *New Industrial Economics* - sind technologische Unterschiede zwischen Unternehmen nicht als rein stochastisch bedingte Übergangserscheinungen zu verstehen. Vielmehr ergeben sie sich auch systematisch aus der unterschiedlichen technologischen Entwicklung der Unternehmen im kumulativen Sinne, mit der Konsequenz, daß einerseits die zukünftige Innovationserfolgswahrscheinlichkeit hiervon positiv abhängt und andererseits selbst die Imitation ein Ressourcen beanspruchendes Unterfangen darstellt.

Selbstverständlich ist diese Extrapolation einer vergangenen Entwicklung in die Zukunft nicht geeignet, mit sogenanntem *radikalen* technologischen Fortschritt umzugehen, der oft auch mit *Paradigmenwechseln* in Verbindung gebracht wird. Für Aussagen zum *inkrementellen* Fortschritt entlang technologischer Trajektorien hat sich diese Vorgehensweise jedoch bewährt.

---

29 Es handelt sich hierbei um den sogenannten epistemologischen Vorbehalt.

30 Vergleiche hierzu Dosi (1982, 1988). Es gibt noch eine Reihe von strukturähnlichen Konzeptionen wie etwa von Rosenberg (1976), Sahal (1981, 1985), Nelson/Winter (1982), etc. Hierauf soll jedoch nicht weiter eingegangen werden.

Die in diesem Sinne ableitbaren prinzipiellen Entwicklungsmuster dürfen nun keinesfalls unabhängig von der ökonomischen Entwicklung gesehen werden, sondern man hat vielmehr die interdependente Beziehung zwischen beiden zu berücksichtigen. Diesem Gesichtspunkt tragen die folgenden Abschnitte Rechnung.

2. Technologischer Wandel und sektorale Entwicklung - deskriptiv-empirische Analytik

Die Frage nach der Interdependenz zwischen technologischer und ökonomischer Entwicklung wurde zunächst einmal im Rahmen einer deskriptiv-empirischen Analyse durchgeführt. Dies hat zu einer Reihe von Klassifikationsversuchen geführt, die an verschiedenen strukturellen Faktoren festmachen, aber darüberhinaus auch auf industrie-, sektor- oder sogar länderspezifische Erscheinungsformen hinweisen.

Eine grundlegende, fast schon als klassisch zu bezeichnende Studie zur Klassifikation der Innovationstätigkeit geht auf Pavitt (1984) zurück, der die Sektoren gemäß gemeinsamer Charakteristika im Innovationsprozeß einteilt und die entsprechenden wesentlichen Charakteristika der *innovierenden Unternehmen* identifiziert. Seine Analyse führt zu vier unterschiedlichen Arten von Unternehmen, die als *science-based*, *scale-intensive*, *specialised supplier* und *supplier-dominated* bezeichnet werden. Diese Einteilung ergibt sich aus den Merkmalen Unternehmensgröße der Innovatoren, der hauptsächlichen Innovationsart, den Quellen der Technologie und des technologischen Know-hows sowie aus den Appropriationsbedingungen. Mit Hilfe der hier vorgestellten Unternehmenskategorien hat Pavitt eine Sektorzuweisung wie in Tabelle 2 vorgeschlagen.

Unternehmenstyp	Typische Sektoren
science-based	Elektronik, Chemie
scale-intensive	Stahl, Glas, Gebrauchsgüter, Automobil
specialised supplier	Maschinenbau, Feinmechanik/Optik
supplier-dominated	trad. verarbeitendes Gewerbe (Textil), Landwirtschaft, Baugewerbe

Tabelle 2: Sektorklassifikation nach Pavitt (1984)

Ein zweite wichtige Klassifikation jüngeren Datums geht auf Malerba und Orsenigo (1997) zurück, deren Untersuchung an der klassischen Diskussion zu den *Schumpeter-Hypothesen* ansetzt. Sie analysieren die unterschiedlichen Sektoren einer Volkswirtschaft in Hinblick auf folgende Charakteristika von Innovationsaktivitäten:

(i) Konzentration und Asymmetrien zwischen innovativen Unternehmen;
(ii) Größe der innovativen Unternehmen;
(iii) Veränderungen in der Rangfolge der Innovatoren;
(iv) die Bedeutung neuer gegenüber etablierten Innovatoren.

Die Kenngrößen (i) und (ii) setzen an der Frage an, ob die Innovationstätigkeit eher auf wenige Unternehmen beschränkt ist, oder ob sie sich eher gleichmäßig über eine größere Anzahl von Unternehmen verteilt und ob eher große oder eher kleine Unternehmen die hauptsächliche Quelle von Innovationen darstellen. Der Zusammenhang zu den (unter III. 2(b) angesprochenen) Schumpeter-Hypothesen ist hier unmittelbar ersichtlich. Die Kategorien (iii) und (iv) weisen wiederum auf charakteristische Entwicklungsmuster hin, die entweder durch Stabilität und kreative Akkumulation von Know-how oder alternativ durch hohe Dynamik und Turbulenz sowie kreative Zerstörung gekennzeichnet sind.

Entsprechend diesen Kriterien teilen Malerba und Orsenigo die Sektoren in zwei Gruppen ein, die mit *Schumpeter I* und *Schumpeter II* bezeichnet werden. Diese Bezeichungen gehen auf die Werke von Schumpeter zurück. In der *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung* (1912) hat Schumpeter auf die kreative Zerstörung hingewiesen, die von neuen, jungen Unternehmen und Entrepreneuren ausgeht, wodurch Instabilität entsteht - *Schumpeter Mark I. Schumpeter Mark II* wiederum bezieht sich auf *Socialism, Capitalism and Democracy* (1942). Hier hebt Schumpeter die Bedeutung des etablierten Großunternehmens mit eigener Forschungsabteilung für den technologischen Fortschritt hervor, woraus sich eine relative stabile Entwicklung verbunden mit einer kontinuierlichen Akkumulation von Know-how ableitet.

Mit Hilfe der Kriterien (i)-(iv) lassen sich die verschiedenen industriellen Sektoren und Technologieklassen in die beiden Innovationstypen *Schumpeter I* und *Schumpeter II* klassifizieren. Für eine Erklärung und Interpretation der gefundenen Ergebnisse verweisen Malerba und Orsenigo dann auf sogenannte *technologische Regime*, eine Konzeption, die bei Nelson und Winter (1982) entlehnt ist. Ein technologisches Regime wird beschrieben mit Hilfe der folgenden Kriterien:

(i) technologische Möglichkeiten;
(ii) Appropriationsbedingungen;
(iii) Grad der Kumulativität des Know-how;
(iv) Eigenschaften der relevanten Wissensbasis.

So kann ein reines Innovationsverhalten vom Typus *Schumpeter I* mit hohen technologischen Möglichkeiten, niedrigen Appropriationsbedingungen und geringer Kumulativität beschrieben werden, das sogenannte *entrepreneurial regime*. Kleine und neue Unternehmen haben hier also durchaus Erfolgschancen und Marktturbulenzen sind zu erwarten. *Schumpeter II* hingegen weist hohe technologische Möglichkeiten, gute Appropriationsbedingungen und einen hohen Grad der Kumulativität des technologischen Know-hows auf. Dementsprechend sind in diesem sogenannten *routinized regime* etablierte Unternehmen im Vorteil und eine Persistenz von Strukturen stellt sich ein.

Mit Hilfe dieser Kriterien und deren Anwendung und Untersuchung für ausgewählte Sektoren (Halbleiter-Industrie, Biotechnologie, Computer-Industrie) gelingt es Malerba und Orsenigo (1993), grundlegende *Technologiestrategien* von Unternehmen abzuleiten.[31] Diese beziehen sich auf die Erforschung neuer Technologien, die Nutzung bekannter Technologien, die Stärkung der Appropriationsbedingungen und letztendlich auch die Imitation. In Malerba und Orsenigo (1997) werden zusätzlich Ergebnisse über Markteintritt und -austritt, über die geographische Ausbreitung der Innovationsaktivitäten sowie über die intersektorale Einbindung der jeweiligen Sektoren vorgestellt. Aufgrund dieser Vorgehensweise ist es möglich, auch ohne die

[31] Siehe auch Malerba/Orsenigo (1997, 60 ff).

Kenntnis der Innovationen selbst, Prognosen über das innovative Verhalten von Unternehmen sowie über die Entwicklung einer Industrie aufzustellen.

Die Frage nach der Entwicklung von Industrien und die Beschreibung des Innovationsverhaltens von Unternehmen - wie sie von Malerba und Orsenigo (1993, 1997) vorgestellt wird - findet eine interessante Erweiterung und Ergänzung, wenn man sich die verschiedenen Phasen der zeitlichen Entwicklung betrachtet, wie sie durch den *Industrielebenszyklus* repräsentiert werden. Es handelt sich hierbei um die bisher einzige stilisierte Beschreibung der strukturellen Dynamik von Industriestrukturen.[32] Man identifiziert drei Phasen der Evolution von Technologien. In Phase 1 wird durch eine radikale Innovation eine Folge von Produktinnovationen induziert; der Wettbewerb ist intensiv, die Markteintrittsbarrieren sind niedrig und die Marktentwicklung ist turbulent. In der Terminologie von Malerba und Orsenigo (1993, 1997) könnte diese Phase auch als Innovationsphase des Typus *Schumpeter I* bezeichnet werden. Im weiteren Verlauf findet in Phase 2 eine Standardisierung der Technologie statt. Dies prägt und beschränkt auch in gewisser Weise die weitere technologische Entwicklung: Prozeßinnovationen werden stärker verfolgt, die Unternehmensgröße nimmt zu und die Wettbewerbsintensität sinkt, da die Markteintrittsbarrieren wachsen. In der letzten Phase nimmt die Innovationsdynamik ab, man beobachtet nur noch einige inkrementale Prozeßinnovationen, die Marktkonzentration ist hoch und die Anzahl möglicher Unternehmenszusammenschlüsse steigt. Diese beiden letzten Phasen stehen dann eher in Verbindung mit einem Innovationsverhalten, das dem Typus *Schumpeter II* entspricht.

Die Konzeption des *Industrielebenszyklus* ist in einer Reihe von Studien einer empirischen Analyse unterzogen worden. Es zeigt sich hier allerdings, daß nicht alle Industrien dieser stilisierten Entwicklung entsprechen.[33] So findet sich zwar eine recht gute Evidenz für einige Sektoren innerhalb der Konsumgebrauchsgüterindustrie[34], eine Generalisierung jedoch ist nicht möglich.

Zu guter letzt können auch die *technologischen Beziehungen* zwischen Unternehmen einen nachhaltigen Einfluß auf die strukturelle Dynamik ausüben. In diesem Zusammenhang sei auf *technologische Spillovereffekte* im Rahmen von Innovator-Imitator-Beziehungen hingewiesen. Cantner (1996, 1997a) und Bernard/Cantner (1998) analysieren für ausgewählte Sektoren des deutschen beziehungsweise französischen verarbeitenden Gewerbes, wie aus dem Zusammenspiel von absorptiven Fähigkeiten, technologische Opportunitäten und Technologieunterschieden charakteristische Entwicklungsmuster des *catching-up* und *falling-behind* sowie Strukturstabilität und damit konstante technologische Lücken entstehen. Diese Effekte können vor allem in den *science-based*-Sektoren nach der Klassifikation von Pavitt signifikant nachgewiesen werden, während sie in Sektoren, die als *specialized-supplier* bezeichnet werden, nicht wirksam sind.

Nach diesem kurzen Ausflug in die empirische Analyse der Industrie-Evolution soll im nächsten Abschnitt eine formal-analytische Diskussion der Zusammenhänge vorgestellt werden. Dabei werden wir wieder auf einige der oben beschriebenen Strukturelemente und charakteristische Entwicklungsmuster zurückgreifen können.

---

32 Diese Konzeption geht zurück auf Arbeiten von Abernathy/Utterback (1978), Utterback/Suarez (1993), Gort/Klepper (1982), Klepper/Graddy (1990).

33 Siehe beispielsweise Klepper (1996), Malerba/Orsenigo (1996).

34 Siehe zum Beispiel Klepper/Simons (1997).

3. Das Zusammenspiel von Innovation und Wettbewerb - Ansätze zu einer formalen Analytik

Das Zusammenspiel von Innovation und Wettbewerb wird innerhalb des evolutorischen Ansatzes als grundlegend für die Strukturbildung, die Strukturentwicklung und den Strukturwandel angesehen. Entsprechend der oben getroffenen definitorischen Abgrenzung evolutorischer Prozesse können auf formal-theoretischer Ebene zwei Modellklassen unterschieden werden. Zum einen handelt es sich innerhalb des Mutations/Selektions-Paradigmas um Modellansätze der Replikatordynamik; andererseits sind innerhalb des „evolvere“-Paradigmas die Ansätze des Produktlebenszyklus oder des Industrielebenszyklus angesprochen. Man muß hier allerdings festhalten, daß diese idealisierende Einteilung so trennscharf nicht eingehalten werden kann, denn bei Replikatormodellierungen lassen sich ebenso entprechende Phasen eines Produktlebenszykluses berücksichtigen, wie auch bei Ansätzen zum Produktlebenszyklus die Effekte eines selektiven Innovationswettbewerbs zum Tragen kommen. Letztendlich soll diese Einteilung nur darauf hinweisen, wo man das jeweilige Schwergewicht der Analyse legt.

Oben haben wir bereits die Frage aufgeworfen, wie es möglich ist, die Heterogenität der Akteure und ihrer Verhaltensweisen analytisch in den Griff zu bekommen. Der evolutorische Ansatz greift zu diesem Zweck auf die sogenannte *Replikatordynamik* zurück, die auf Fischer (1930) zurückgeht, und in formaler Weise das Darwinsche Prinzip des *survival of the fittest* repräsentiert. Mit ihr wird in einer heterogenen Population der Wettbewerb zwischen den Akteuren abgebildet.

Die Replikatordynamik ist in einer Reihe von Modellen zur dynamischen Entwicklung von einzelnen Sektoren oder ganzen Ökonomien verwendet worden. In aller Regel können diese Modelle aufgrund ihrer Komplexität analytisch nicht mehr gelöst werden und man ist gezwungen, Simulationen durchzuführen.[35] Dies gilt insbesondere, wenn man die Innovationstätigkeit explizit als ein Such- und Experimentierverhalten modelliert[36] und darin stochastische Effekte berücksichtigt. Im folgenden möchten wir zur Darstellung der grundlegenden Mechanismen ein sehr einfaches deterministisches Industriemodell vorstellen. Es sollen damit die prinzipiellen Beziehungsmechanismen aufgezeigt werden, wie sie in den angesprochenen Simulationsmodellen in komplexerer und zumeist indirekter Form zu finden sind.

3.1 Selektion oder Wettbewerb

Die Replikatordynamik läßt sich formal auf einfache Art und Weise darstellen: Wir betrachten N konstante Größen oder Replikatoren i, $i \in N$, deren relative Häufigkeit (Anteil an der Gesamtpopulation N) s_i sich im Zeitablauf verändert. Diese Veränderung ist abhängig von der Fitness f_i gegenüber der durchschnittlichen gewichteten Fitness $\bar{f}$ der Gesamtpopulation. Die Fitness ist ganz allgemein abhängig vom Vektor $\boldsymbol{s}$, der die relativen Häufigkeiten aller Replikatoren enthält.[37] Die entsprechende Dynamik wird durch die folgende Differentialgleichung beschrieben:

---

[35] Siehe zum Beispiel Kwasnicki/Kwasnicka (1992), Kwasnicki (1996), Saviotti/Mani (1995).

[36] Siehe hierzu vor allem Nelson/Winter (1982), Silverberg/Lehnert (1994, 1996), Silverberg/Verspagen (1994), Kwasnicki/Kwasnicka (1992).

[37] In dieser allgemeinen Formulierung ist die Möglichkeit frequenz-abhängiger Fitness bereits enthalten.

$$\dot{s}_i = s_i\,(f_i(\mathbf{s}) - \bar{f}(\mathbf{s})), \qquad \bar{f}(\mathbf{s}) = \sum_N s_i f_i(\mathbf{s}). \tag{1}$$

Für die Analyse der Industrie-Evolution kann diese Wettbewerbsdynamik - im Sinne einer Selektionsdynamik - auf zwei verschiedene Art und Weisen interpretiert werden. Zum einen mögen die Replikatoren i als verschiedene Unternehmen eines Sektors betrachtet werden, die einen jeweiligen Marktanteil s_i besitzen. Deren Fitness f_i kann sich dann beispielsweise in der Höhe der Stückkosten c_i widerspiegeln, genaugenommen $-c_i$.[38] Entsprechend sagt die Replikatordynamik für konstante Fitnessfunktionen f_i aus, daß ein Unternehmen i seinen Marktanteil ausweitet (vermindert), wenn seine Stückkosten unter (über) den durchschnittlichen gewichteten Stückkosten in der Branche liegen. Der Selektionswettbewerb sorgt auf diese Weise dafür, daß diejenigen Unternehmen mit den vergleichsweise höchsten Stückkosten aus dem Markt getrieben werden. Letztendlich erringt das Unternehmen mit den niedrigsten Stückkosten eine Monopolposition. Es kann dabei gezeigt werden, daß sich die durchschnittliche Fitness, hier die Stückkosten, proportional zur Varianz der Stückkosten verringert:

$$\frac{\partial\,\bar{c}}{\partial\,t} = \mathrm{var}(c) \leq 0 \tag{2}$$

Bei dieser Interpretation ist allerdings kritisch anzumerken, daß in der Formulierung (1) die einzelnen Unternehmen keinen Einfluß auf die Selektionsdynamik besitzen, d.h. die einmal eingeschlagene Routine mit Stückkosten c_i zu produzieren wird nicht verlassen. Zumindest für reale Akteure mit einem Selektionsnachteil ($c_i > \bar{c}$) würde man hier jedoch eine Reaktion erwarten. Wir werden auf diesen Kritikpunkt später zurückkommen. Wenden wir uns zunächst der zweiten Interpretation zu.

Alternativ kann man die Replikatoren i aber auch als ein bestimmtes Produkt unter N miteinander konkurrierenden Gütern ansehen. Bezeichnet f_i dann die jeweilige Produktqualität wird dessen Marktanteil s_i in dem Maße zunehmen (abnehmen), wie f_i über (unter) der durchschnittlichen Produktqualität im Sektor liegt. Man kann dies als eine Diffusion des qualitativ am höchsten stehenden Gutes in dem Sektor auffassen, wodurch alle (hier nicht näher spezifizierten) Unternehmen dieses Sektors die Produktion des Gutes aufnehmen werden. Entsprechend der Kritik von oben wäre hier allerdings anzumerken, daß jedes Unternehmen die Übernahme der Produktion des besten Produktes friktionslos bewerkstelligen kann. Dies läßt sich aber nur schwer mit der Annahme beschränkter Rationalität der Akteure in Einklang bringen, was wiederum nahelegt, nach einem entsprechenden Lernmechanismus zu fragen.

3.2 Mutation oder Innovation

Wenden wir uns nun der Innovationstätigkeit zu und fragen wir, wie sie sich im vorgezeichneten Rahmen berücksichtigen läßt? Unsere Ausführungen zu den deskriptiv-empirischen Studien haben gezeigt, daß man sich durchaus verschiedene Rückkopplungseffekte von der ökonomischen auf die technologisch-innovative Ebene vorstellen kann. Ganz allgemein läßt sich dies mit Hilfe einer Abhängigkeit der Fitness f_i vom ökonomischen Erfolg e_i berücksichtigen.

---

[38] Vergleiche hierzu Metcalfe (1994), Mazzucato/Semmler (1998), Cantner (1997b).

Bei der Spezifizierung dieser Abhängigkeit kann man sich nun verschiedene Möglichkeiten vorstellen. So diskutiert Metcalfe (1994) *statische Skalenerträge*, indem die Fitness als vom jeweiligen Erfolg s_i abhängig angenommen wird, also $f_i=f_i(s_i)$ gilt. Entsprechend lassen sich hierbei steigende und fallende Skalenerträge feststellen. Wendet man dies auf die sektorale Analyse an, so findet man im ersten Fall eine Monopolisierung (Dominanz eines Unternehmens) beziehungsweise Homogenisierung (bezüglich des produzierten Gutes) des Sektors. Im zweiten Fall hingegen führt die Selektionsdynamik zu einer Koexistenz von Unternehmen beziehungsweise von Gütern.

Im Rahmen der Innovationsökonomik interessanter sind hingegen *dynamische Skalenerträge*. Diese implizieren, daß die *Veränderung der Fitness* vom Erfolg abhängt. Prinzipiell findet sich dann folgende Formulierung:

$$\dot{s}_i = s_i\,(f_i(e_i) - \bar{f}), \qquad \bar{f} = \sum_N s_i\, f_i(e_i). \tag{3}$$

$$\dot{f}_i = g(e_i) \tag{4}$$

Übersetzt in das Sektorenmodell kann man sich fragen, auf welche Weise der ökonomische Erfolg e_i hier nun Eingang finden soll. In einer sehr einfachen Formulierung könnte dies lauten, daß der Marktanteil s_i den ökonomischen Erfolg angeben soll. Darin spiegeln sich einerseits Faktoren wie Unternehmensgröße und andererseits auch die F&E-Finanzierungsstärke wider, die wiederum im Hinblick auf die Innovationsfähigkeit eines Unternehmens gänzlich unterschiedlich interpretiert werden können. In einem ersten Fall impliziert dies eine Formulierung mit *steigenden dynamischen Skalenerträgen* und eine Orientierung am Prinzip des *success-breeds-success*[39]; eine Interpretation, daß sich große Unternehmen innovativ erfolgreicher zeigen und eine Orientierung am Regime *Schumpeter II* sind hier äquivalent. Im zweiten Fall könnte man argumentieren, daß kleine Unternehmen flexibler und damit innovativer seien; damit ist eine Orientierung am Regime *Schumpeter I* angesprochen und eine Formulierung mit *sinkenden dynamischen Skalenerträgen* bietet sich dementsprechend an.[40]

Beide Alternativen finden sich in Mazzucatto/Semmler (1997) und in Cantner (1997) diskutiert. Für den Wettbewerb zwischen Unternehmen und bei Innovationen, die den Produktionsprozeß verbessern und damit die Stückkosten senken, gilt dann entsprechend folgendes Modell:

$$\dot{s}_i = s_i\,(\bar{c} - c_i), \qquad \bar{f} = \sum_N s_i\, c_i\,. \tag{5}$$

$$\dot{c}_i = -\nu\, g(s_i) \tag{6}$$

Die Funktion $g(s_i)$ gibt hier den Zusammenhang zwischen der Stückkostenreduktion und dem Markterfolg wider: Dabei können, wie gesagt, steigende und sinkende dynamische Skalenerträge auftreten, wobei die Rate und nicht die Richtung der Stückkostenveränderung beeinflußt wird; bei letzterer handelt es sich stets um eine Reduktion. ν ist ein Parameter, der für das Ausmaß der ökonomischen Rückkopplung steht.

---

39 Eine erste empirische Studie zu diesem Sachverhalt findet sich in Phillips (1971).
40 Siehe hierzu Malerba/Orsenigo (1993, 1997).

Analysiert man zuerst den Fall *Schumpeter II*, dann wird hier ein Prozeß des *success-breeds-success* modelliert. Der Selektionswettbewerb wie auch der skalen- oder größenabhängige Innovationserfolg führen zu einer zunehmenden ökonomischen und technologischen Dominanz des technologisch führenden Unternehmens mit der Konsequenz der Monopolisierung.[41] Simulationsergebnisse bestätigen dies, wie Abbildung 1 dies für zwei technologisch unterschiedliche Unternehmen, U1 und U2, am Verlauf der Marktanteilsdynamik aufzeigt.

Beide Unternehmen teilen sich im Zeitpunkt 0 den Markt gleichmäßig auf. Das technologisch führende Unternehmen U1 weitet aufgrund von Selektionsvorteilen und, darauf aufbauend, von *Skalenvorteilen* sehr schnell seinen Marktanteil aus und verdrängt damit Unternehmen U2 aus dem Markt. Innovations- und Wettbewerbsdynamik wirken hier gemeinsam in Richtung einer Monopolisierung des Marktes.

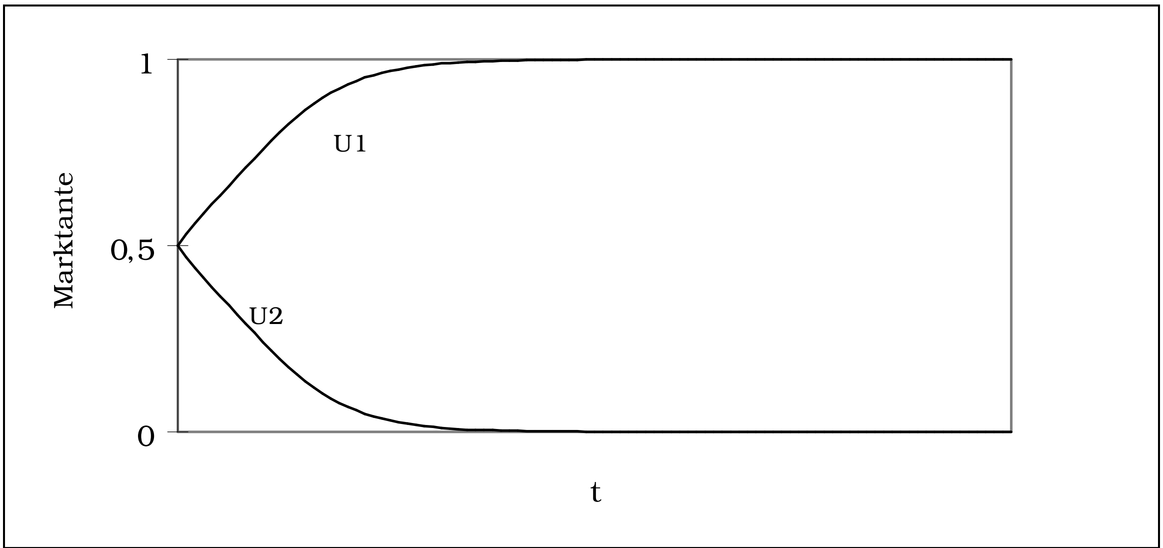

Abbildung 1: Entwicklung der Marktanteile bei steigenden Skalenerträgen der Innovation

Die Konstellation *Schumpeter I* hingegen zeichnet sich durch sinkende Skalenerträge in der Innovationstätigkeit aus. Dementsprechend wird über die Selektionsdynamik der Marktanteil des Unternehmens mit den geringsten Stückkosten anwachsen, da die Innovationsdynamik gerade bei Unternehmen mit kleinem Marktanteil groß ist. Selektionswettbewerb und Innovationsdynamik sind also zwei einander entgegengesetzte Kräfte. Für geeignete Parameterkonstellationen kann gezeigt werden, daß in der Marktanteilsentwicklung sowie in der Entwicklung technologischer Lücken erhebliche Turbulenzen auftreten können. Abbildung 2 zeigt und bestätigt diesen Fall für die Entwicklung des Marktanteils der beiden Unternehmen U1 und U2.

41 Siehe Mazzucatto/Semmler (1998), Cantner (1997b).

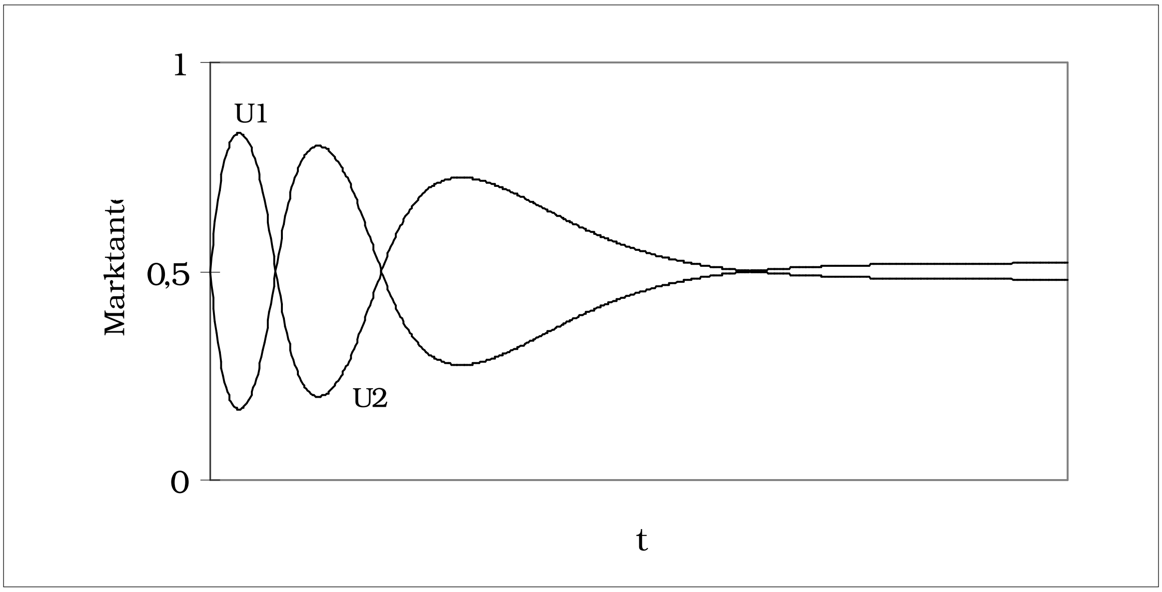

Abbildung 2: Entwicklung der Marktanteile bei sinkenden Skalenerträgen der Innovation

Im Zeitpunkt 0 teilen sich die zwei technologisch unterschiedlichen Unternehmen den Markt gleichmäßig auf. Die Innovations- und die Selektionsdynamik setzen ein, wobei zuerst das technologisch führende Unternehmen U1 Marktanteile hinzugewinnt. Hierdurch läßt dessen Innovationsdynamik nach, worauf das rückständige Unternehmen U2 aufholen kann und letztendlich sogar U1 überholt, sowohl technologisch als auch ökonomisch. Mit umgekehrten Vorzeichen kann sich dieser Prozeß dann noch mehrere Male wiederholen.[42] In dem Maße wie die technologischen Möglichkeiten ausgeschöpft sind, werden die Turbulenzen jedoch schwächer, sowohl Innovations- wie auch Selektionsdynamik lassen nach, und es entsteht eine technologisch homogene Struktur mit unterschiedlichen Marktanteilen.

3.3 Lernen und Imitation

In Abschnitt 2.1 haben wir bereits auf die Kritik an der Modellierung nicht lernender Akteure hingewiesen. Wollte man diesen Aspekt voll berücksichtigen, würde man sehr schnell in eine relative komplexe Modellstruktur hineingeraten. Um jedoch die prinzipiellen Wirkungszusammenhänge aufzuzeigen, kann folgende einfache Ergänzung in unser Modell eingebaut werden:[43]

Der relative technologische Abstand G_i zwischen dem Unternehmen i mit c_i und dem Technoligieführer mit c_{min} betrage $ln(c_i/c_{min})$. Dem Unternehmen i sei es möglich, aus diesem Unterschied zu lernen, also die Technologie vom Technologieführer zu imitieren, und zwar bis zu einem Grad α, $0 \leq \alpha \leq 1$.[44] Die Dynamik des Sektors ist dann wie folgt beschrieben:

$$\dot{s}_i = s_i(\bar{c} - c_i), \qquad \bar{f} = \sum_N s_i\, c_i\,. \tag{7}$$

$$\dot{c}_i = -\nu\, g(s_i) - \alpha\, G_i \tag{8}$$

---

[42] Die Anzahl der Überholprozesse hängt von der Wahl der Parameter für die Innovations- und die Selektionsdynamik ab.

[43] Vergleiche hierzu Cantner (1997b). Dort findet sich auch eine Erweiterung um sogenannte „absorptive Fähigkeiten“ der Akteure.

[44] α steht für die Leichtigkeit, mit der externes technologisches Wissen übernommen werden kann.

Vergleicht man die Ergebnisse der Dynamik aus (7) und (8) mit denjenigen aus (5) und (6), so zeigt sich, daß das gegenseitige voneinander Lernen bei steigenden Skalenerträgen die Tendenz zur Monopolisierung abschwächt und die Unternehmen mit einer nahezu konstanten technologischen Lücke koexistieren können. Im Fall sinkender Skalenerträge in der Innovation wird die turbulente Marktanteilsdynamik erheblich gemildert und schon früh setzt eine Koexistenz bei konstanter technologischer Lücke und nahezu konstanten Marktanteilen ein.

Mit Hilfe des oben beschriebenen Modells ließen sich nun eine Reihe weiterer Struktureffekte und Entwicklungsdynamiken beschreiben und analysieren. Die Kombination von sinkenden und steigenden Skalenerträgen könnte das Entwicklungsmuster des Industrielebenszyklus nachzeichnen. Ebenso sind Markteintritt und -austritt in diesen Modellrahmen integrierbar. Die Komplexität der entsprechenden Modelle würde hierdurch sofort ansteigen und eine leichte analytische Durchdringung der Zusammenhänge, wie oben, wäre dann nicht mehr gewährleistet. Wir wollen daher auf solche Erweiterungen nicht weiter eingehen und verweisen auf die einleitend in Kapitel IV.3. zitierte Literatur hierzu.

V. Weitere Ansätze und offene Fragen

Die Vorstellung der Ergebnisse zur Industrie-Evolution unter Abschnitt IV konnte nur einen Ausschnitt aus dem breiten Forschungsspektrum vorstellen. Dabei wurde auf einige neuere Entwicklungen nicht explizit eingegangen, die sich in gewisser Weise zwischen einer rein evolutorischen und einer rein neoklassischen Modellierung bewegen. Im Rahmen der Industrielebenszyklus-Diskussion hat Klepper (1996) ein formal-analytisches Modell vorgestellt, das zu einem gewissen Grad Heterogenität der Akteure in Bezug auf deren innovative Fähigkeiten zuläßt. Daneben wird für die Akteure angenommen, daß sie statisch optimale Entscheidungen bezüglich ihrer Innovationstätigkeit und ihrer Marktstrategie fällen können. Letztere Annahme wird auch als *myopisches Optimieren* bezeichnet. Letztendlich werden für die F&E-Aktivitäten steigende Skalenerträge unterstellt, eine Formulierung, die wir als *Schumpeter II* kennengelernt haben. Mit Hilfe dieser Annahmen zeigt Klepper, wie sich Markteintritt und Marktaustritt sowie die Aufteilung der F&E-Tätigkeiten auf Prozeß- und Produktfortschritt im Laufe eines Industrielebenszyklus entwickeln. Es ergeben sich hier teilweise ähnliche Ergebnisse, wie man sie mit Hilfe von Simulationsmodellen auf Basis der Replikatordynamik (im Rahmen der *Schumpeter II* Modellierung) erhält.

Bei der Beschreibung und Analyse der Entwicklung von Industrien wird in vielen Fällen eine industrie-spezifisch isolierte Sicht eingenommen. Dies läßt die interindustriellen Abhängigkeiten technologischer und ökonomischer Art außer Betracht. Während sich empirische Untersuchungen im Rahmen von Technologiestrom-Analysen diesem Fragenkreis schon seit längerem zuwenden, sind formale Ansätze hierzu noch wenig entwickelt. Eine wichtige Fragestellung innerhalb dieses Problemkreises bezieht sich darauf, wie Akteure voneinander lernen können und wie sich dabei unterschiedliche Technologien gegenseitig befruchten. Es geht hier also nicht um Innovator-Imitator Beziehungen (wie oben in Abschnitt IV), sondern um *cross-fertilization* Effekte und damit um *Rekombinationsmöglichkeiten*, sowie die dazu notwendigen absorptiven Fähigkeiten der Akteure. Einige Ideen hierzu finden sich im Rahmen einer Lotka-Volterra Formulierung in Cantner (1996) sowie in einem synergetischen Modell in Cantner/Pyka (1998a), das zeigt, wie intra-industrielle Strukturen durch die Nutzung inter-industrieller Spillovers geprägt werden können. Daneben werden diese Effekte auch im Rahmen einer Simulationsstudie zur evolutorischen Industrieentwicklung von Cantner/Hanusch/Pyka (1998) und Cantner/Pyka (1998b) untersucht, die in ihrer Modellierungsphilosophie sehr nahe an diejenige in Klepper (1996) herankommt. Hier werden Akteure unterstellt, die ihre Marktstrategien myopisch optimieren; die F&E-Strategien allerdings werden in Form eines Suchprozesses formuliert. Es zeigt sich, daß in vielen Fällen eine an *cross-fertilization* Effekten und Rekombination orientierte Innovationsstrategie den vergleichsweise größten Erfolg verspricht.

Welche offenen Fragestellungen werden die weitere Forschungsagenda bestimmen? Die Liste hierzu ist nahezu endlos, denn bei allen hier vorgestellten Forschungsbeiträgen sind sowohl auf theoretischer wie auf empirisch-konzeptioneller Ebene noch viele Fragen offen. Die Definition und Abgrenzung von Industrie, die Berücksichtigung von Kompetenzen, Spezialisierungen, Organisationsstrukturen, etc. auf der Unternehmensebene, User-Producer-Beziehungen, der institutionelle Wandel, u.v.a.m sind einige, vor allem in bezug auf die Entwicklung von Industrien noch wenig verstandene Problembereiche. Untersuchungen hierzu sind ein weiterer wichtiger Schritt hin zu einer Theorie der *strukturellen Evolution*. Eine solche geht über die hier vorgestellten Analysen der strukturellen Dynamik in dem Sinne hinaus, daß vor allem die Quellen der Innovationstätigkeit stärker hinterfragt werden. Es geht dann insbesondere um Erklärungsansätze, die sich mit dem Entstehen neuer Sektoren, mit der Generierung neuer Technologien, mit der Entwicklung und der Veränderung von spezifischen Fähigkeiten und Kenntnissen, mit dem Phänomen von Netzwerken sowie auch mit der Bedeutung von institutionellem Wandel für die industrielle Entwicklung beschäftigen und darauf eine zufriedenstellende Antwort geben können.

Neben Fragen direkt die strukturelle Entwicklung und Evolution betreffend, sind natürlich auch die sich indirekt ergebenden Konsequenzen für andere ökonomische Problemstellungen von Interesse. Von besonderer Bedeutung scheinen uns hier die makroökonomische Wachstumsentwicklung und die Beschäftigungsproblematik zu sein. Auf der *Makroebene* gilt es vor allem einige konzeptionelle Probleme zu lösen, da bei besonderer Berücksichtigung der Heterogenität der Akteure eine einfache Aggregation von der Mikroebene zur Meso- und dann zur Makroebene nicht mehr möglich ist. Modellansätze, die sich auf einen repräsentativen Akteur berufen, wie etwa in der Neuen Wachstumstheorie, tun sich hier weitaus leichter. Der dafür zu zahlende Preis ist unserer Ansicht nach aber sehr hoch: Man ist gezwungen, die strukturelle Dynamik aus der Analyse zu verbannen.

Der Problemkreis *Beschäftigungsentwicklung* im Zusammenhang mit strukturellem Wandel ist ebenfalls noch wenig verstanden. Vor allem fehlt es hier noch an gut strukturierten empirischen Erhebungen, die auf klassifizierende Art und Weise Innovationsverhalten, Struktureffekte und Strukturdynamik zueinander in Beziehung setzen. Eine besondere Rolle spielt dabei wohl die Beziehung zwischen der Ausbildung von Arbeitskräften und den Anforderungen der Unternehmen an das Know-how und die Kompetenzen der Mitarbeiter. Erst wenn diese Zusammenhänge auf breiter empirischer Basis zugänglich sind, können sich hierzu theoretische Analyse und Modellbetrachtung fruchtbar entwickeln.

Ein letzter Punkt weist auf eine grundlegende Problematik innerhalb der Theorie der Industrie-Evolution hin - die formal-analytische Fundierung der vermuteten Zusammenhänge. In diesem Bereich zeigt der evolutorische Ansatz noch viele Lücken. Diese zu schließen sollte sicherlich ein Hauptanliegen zukünftiger Forschungsarbeiten sein. Wenn aber die entsprechenden Modelle *history-friendly* - wie sich Malerba, Nelson, Orsenigo und Winter (1996) ausdrücken - konzipiert sein sollen, dann müssen auch die empirischen Ansätze in Form des sogenannten *appreciative theorizing*[45] vorangetrieben werden.

---

[45] Siehe hierzu Nelson/Winter (1982).

Literatur:

Abernathy W.J., J.M. Utterback (1978), A dynamic model of product and process innovation, *Omega* 3(6), 1978

Allen R.C. (1983), Collective invention, *Journal of Economic Behaviour and Organisation* 4, 1983, 1-24

Arrow K.J. (1962), Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention, in: Nelson R.R. (ed.) (1962), *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton: Princeton University Press, 1962, 609-25

Audretsch D. (1997), Technological regimes, industrial demography and the evolution of industrial structures, *Industrial and Corporate Change* 6(1), 1997, 49-82

Baily M., A.K. Chakrabarty (1985), Innovation and productivity in the US industry, *Brooking Papers on Economic Activity* 2, 1985, 609-32

Bain J.S. (1956), *Barriers to new competition*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1956

Beath J., Y. Katsoulacos, D. Ulph (1988), Strategic innovation, in: Dempster M.A.H. (ed.), *Mathematical models in economics*, Oxford: Oxford University Press, 1988

Bernard J., U. Cantner (1998), Retombées technologiques, effects de rattrapage et dynamique intra-sectoriell, in: Bernard J., M. Catin (eds), *Les Conditions Économiques du Changement Technologique*, Paris, Montreal: L`Harmattan, 1998, 95-116.

Cantner U. (1996), Heterogenität und technologische Spillovers - Grundelemente der ökonomischen Theorie des technologischen Fortschritts, Habilitationsschrift, Universität Augsburg, 1996

Cantner U. (1997a), Industrial Dynamics and Structural Development - R&D, Spillovers and Absorptive Capacity, Research Seminar on „Evolutionary Theory and Empirical Research“, Stockholm School of Economics, Stockholm, 10.-11. Oktober 1997.

Cantner U. (1997b), Evolutionäre Dynamik und Sektorale Strukturentwicklung, mimeo, Universität Augsburg, 1997

Cantner U., H. Hanusch (1997), Intrasektorale technologische Dynamik, in: Helmstädter E., G. Poser, H.J. Ramser (Hrsg.), *Beiträge zur angewandten Wirtschaftsforschung*, Festschrift K.H. Oppenländer, Berlin: Duncker&Humblot, 1997, 187-216

Cantner U., H. Hanusch, A. Pyka (1998), Innovation strategies - comparative performances in a simulation study, in: Lesourne J. (ed.), *Selforganization and evolutionary economics: new developments*, erscheint demnächst

Cantner U., A. Pyka (1998a), Technological evolution - an analysis within the knowledge based approach, *Structural Change and Economic Dynamics*, 1998, erscheint demnächst

Cantner U., A. Pyka (1998b), Performance Économique et Technologique Comparée des Stratéges d'Innovation: Un Modèle de Simulation Dynamique de Concurrence Monopolistique, in: Bernard, J., M. Catin, M., (eds.), *Les Conditions Économiques du Changement Technologique*, Paris, Montreal: L`Harmattan, 1998, 63-94.

Cantner U., G. Westermann (1998), Localized technological progress and industrial dynamics - an empirical approach, *Economics of Innovation and New Technology* 6, 1998

D'Aspremont C., A. Jacquemin (1988), Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers, *American Economic Review* 78, 1988, 1133-37

Dasgupta P., J.E. Stiglitz (1980), Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity, *Economic Journal* 90, 1980, 266-93

Dosi G. (1984), *Technical change and industrial transformation*, London: Macmillan, 1984

Dosi G. (1982), Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change, *Research Policy* 2(3), 1982, 147-62

Dosi G. (1988), The nature of the innovative process, in: Dosi G., C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete, *Technical Change and Economic Theory*, London: Pinter Publishers, 1988, 221-38

Dosi G., K. Pavitt, L. Soete (1990), *The economics of technical change and international trade*, New York et al.: Harvester Wheatsheaf

Dunne T., M.J. Roberts, L. Samuelson (1988), Patterns of firm entry and exit in US manufacturing industry, *Rand Journal of Economics* 19, 1988, 495-515

Eliasson G. (1990), The firm as a competent team, *Journal of Economic Behaviour and Organization* 13, 1990, 273-98

Fisher R.A. (1930), *The genetical theory of natural selection*, Oxford: Clarendon Press, 1930

Freeman C., C. Perez (1988), Structural crisis of adjustment: business cycles and investment behaviour, in: Dosi G., C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete, *Technical Change and Economic Theory*, London: Pinter Publishers, 1988, 38-66

Geroski P.A., A. Jacquemin (1988), The persistence of profits, *Economic Journal* 98, 1988, 375-90

Gort M., S. Klepper (1982), Time paths in the diffusion of product innovations, *Economic Journal* 92, 1982, 630-53

Griliches Z. (1986), Productivity, R&D and basic research at the firm level, *American Economic Review* 76, 1986, 141-54

Harris C.J., J. Vickers (1987), Racing with uncertainty, *Review of Economic Studies* 49, 1987, 372-87

Ijiri Y., H. Simon (1977), *Skew distributions and sizes of business firms*, Amsterdam: North Holland, 1977

Klein B. (1977), *Dynamic economics*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1977

Klepper S. (1996), Exit, entry, growth, and innovation over the product-life-cycle, *American Economic Review* 86(3), 1996, 562-83

Klepper S., E. Graddy (1990), The evolution of new industries and the determinants of market structure, *Rand Journal of Economics* 21, 1990, 2-44

Klepper S., K.L. Simons (1997), Technological extinctions of industrial firms: an inquiry into their nature and causes, *Industrial and Corporate Change* 6(2), 1997, 379-460

Kwasnicki W. (1996), *Knowledge, innovation and economy: an evolutionary exploration*, Aldershot: Edward Elgar, 1996

Kwasnicki W., H. Kwasnicka (1992), Market, innovation, competition: an evolutionary model of industrial dynamics, *Journal of Economic Behaviour and Dynamics* 19, 1992, 343-68

Lee T., L.L. Wilde (1980), Market structure and innovation: a reformulation, *Quarterly Journal of Economics* 94, 1980, 429-36

Levin R.C., P.C. Reiss (1988), Cost-reducing and demand creating R&D with spillovers, *RAND Journal of Economics* 19/4, 1988, 538-56

Levin R.C., P.C. Reiss (1984), Tests of a Schumpeterian model of R&D and market structure, in: Griliches Z. (ed.), *R&D, patents, and productivity*, Chicago, London: University of Chicago Press, 1984

Loury G.C. (1979), Market structure and innovation, *Quarterly Journal of Econmics* 93, 1979, 395-410

Malerba F., L. Orsenigo (1997), Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities, *Industrial and Corporate Change* 6(1), 1997, 83-118

Malerba F., L. Orsenigo (1993), Technological regimes and firm behaviour, *Industrial and Corporate Change* 2(1), 1993, 45-72

Malerba F., L. Orsenigo (1996), The dynamics and evolution of industries, *Industrial and Corporate Change* 5(1), 1996, 51-88

Malerba F., L. Orsenigo, P. Peretto (1997), Persistence of innovative activities, sectoral patterns of innovation and international technological spillovers, *International Journal of Industrial Organization*, 1997

Malerba F., R. Nelson, L. Orsenigo, S. Winter (1996), A model of the computer industry, Bocconi University, Milan, mimeo

Mason E.S. (1939), Price and production policies of large enterprises, *American Economic Review*, 1939, 61-74

Mazzucato M., W. Semmler (1998), Market share instability and financial dynamics during the industry life cycle: the US automobile industry, erscheint demnächst in: S. Klepper, U. Cantner, H. Hanusch (eds), *Special Issue des Journal of Evolutionary Economics*, 1998.

Metcalfe S. (1994), Competition, Fisher's Principle and increasing returns in the selection-process, *Journal of Evolutionary Economics* 4, 1994, 321-46

Mueller D. (1990), The dynamics of company profits, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1990

Nelson R.R. (1991), Why do firms differ, and how does it matter?, *Strategic Management Journal* 12, 1991, 61-74

Neson R., S. Winter (1982), *An evolutionary theory of economic change*, Cambridge, Mass.: The Belknap Press of Harvard University Press, 1982

Pavitt K. (1984), Sectoral patterns of technical change: towards a taxanomy and a theory, *Research Policy* 13(6), 1984, 343-73

Pavitt K., P. Patel (1991), Europe's technological performance, in: Freeman C., M. Sharp, W. walker (eds), *Technology and the future of Europe*, London: Francis Pinter, 1991

Phillips A. (1971), *Technology and Market Structure: A Study of the Aircraft Industry, Lexington*, Mass.: Heath, Lexington Books, 1971

Reinganum J. (1985), Innovation and industry evolution, *Quarterly Journal of Economics*, 100, 1985, 81-99

Reinganum J. (1989), The timing of innovation: research, development, and diffusion, in: Schmalensee R., R.D. Willig (eds), *Handbook of Industrial Organization* Volume I, Elsevier Science Publishers B.V., 1989, 849-908

Rosenberg N. (1976), *Perspectives on technology*, Cambridge: Cambridge University Press, 1976

Sahal D. (1981), *Patterns of technological innovation*, New York: Addison Wesley, 1981

Sahal D. (1985), Technology guide-posts and innovation avenues, *Research Policy* 14(2), 1985, 61-82

Saviotti P., G.S. Mani (1995), Competition, variety and technological evolution: a replicator dynamics model, *Journal of Evolutionary Economics* 5, 1995, 369-92

Scherer F.M. (1980), *Industrial market structure and economic performance*, Chicago: Rand McNally, 1980, (2nd edition)

Schmalensee R., R.D. Willig (eds) (1989), *Handbook of Industrial Organization*, Amsterdam: North-Holland, 1989

Schumpeter J.A. (1942), *Socialism, capitalism and democracy*, London: Unwin, (1942) 1987, reprint

Schumpeter J.A. (1912), *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*, Berlin: Duncker&Humblot, (1912) 1935, 5.Auflage

Silverberg G. (1990), Adoption and diffusion of technology as a collective evolutionary process, in: Freeman C., L. Soete (eds), *New explorations in the economics of technical change*, 1990

Silverberg G., B. Verspagen (1994), Learning, innovation and economic growth: a long-run model of industrial dynamics, *Industrial and Corporate Change* 3, 1994, 199-223

Silverberg G., D. Lehnert (1996), Evolutionary chaos: growth fluctuations in a Schumpeterian model of creative destruction, in: Barnett W.A., A. Kirman, M. Salmon (eds), *Nonlinear dynamics in economics*, Cambridge: Cambridge University Press, 1996

Silverberg G., D. Lehnert (1994), Growth fluctuations in an evolutionary model of creative destruction, in: Silverberg G., L. Soete (eds), *The economics of growth and technical change*, Aldershot: Edward Elgar, 1994

Simon H., C.P. Bonini (1958), The size distribution of business firms, *American Economic Review* 48(4), 1958, 607-17

Smith A. (1776), *The Wealth of Nations*, Chicago, 1776

Solow R.M. (1956), A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics* 70, 1956, 65-94

Spence M. (1984), Cost Reduction, Competition, and Industry Performance, *Econometrica* 52/1, 1994, 101-21

Storper M. (1996), Innovation as collective action: conventions, products and technologies, *Industrial and Corporate Change* 5(3), 1996, 761-90

Suzumura K. (1992), Cooperative and non-cooperative R&D in duopoly with spillover, *American Economic Review* 82, 1992, 1307-20

Sylos-Labini P. (1967), *Oligopoly and technical progress*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1967, 2nd edition

Teece D., R. Rumelt, G. Dosi, S. Winter (1994), Towards a Theory of Corporate Coherence, *Journal of Economic Behaviour and Organization* 15, 1994

Utterback J.M., F. Suarez (1993), Innovation, competition and industry structure, *Research Policy* 22, 1993

Vickers J. (1986), The Evolution of market structure when there is a sequence of innovations, *Journal of Industrial Economics* XXXV, 1986, 1-12

Witt U. (1993), Introduction, in: Witt U. (ed.), *Evolutionary Economics*, London:Aldershot, 1993, xiii-xxvii