
INSTITUT FÜR VOLKSWIRTSCHAFTSLEHRE

der

UNIVERSITÄT AUGSBURG



Absorptive Fähigkeiten und technologische Spillovers -

Eine evolutionstheoretische Simulationsanalyse

von

Uwe Cantner

Andreas Pyka

Beitrag Nr. 133

März 1995

01

QC
072
V922
-133

olkswirtschaftliche Diskussionsreihe

Absorptive Fähigkeiten und technologische Spillovers -

Eine evolutionstheoretische Simulationsanalyse

von

Uwe Cantner

Andreas Pyka

Beitrag Nr. 133

März 1995

Absorptive Fähigkeiten und technologische Spillovers - Eine evolutionstheoretische Simulationsanalyse

von

Uwe Cantner und Andreas Pyka

1. Einleitung

Seit der industriellen und der wissenschaftlichen Revolution ist das ökonomische Wachstum von Volkswirtschaften in immer stärkerem Maße von den Früchten des technologischen Fortschritts bestimmt worden. Simon Kuznets bezeichnet dieses Wirtschaftswachstum auch als modernes Wirtschaftswachstum. Neben anderen hat sich auch die Theorie der Langen Wellen dieser Problematik angenommen und die sogenannten Kondratieff-Zyklen werden immer mehr im Licht der technologischen Entwicklung gesehen. Freeman/Perez (1988) weisen dabei den einzelnen Kondratieff-Zyklen ganz bestimmte technologische Grundbedingungen zu. Die Dampfmaschine, die Elektrizität und auch die Chemie erhalten so ihre spezifische Bedeutung für die Langen Wellen wirtschaftlicher Entwicklung. In diesem Zusammenhang prognostizieren Freeman/Perez auch, daß ein neuer Kondratieff-Zyklus wohl als "information and communication-Kondratieff" zu bezeichnen ist. Die energieintensiven, mit großen Stückzahlen verbundenen Massenproduktionen - in großen Unternehmen organisiert - werden dabei zunehmend von mikroprozessorgesteuerten, integrierten Produktionsformen verdrängt. Von derartigen Veränderungen ist selbstverständlich auch die Organisation der unternehmerischen hmpvationstätigkeit betroffen. Letztendlich kann man ein weitaus höheres Fortschrittstempo und einen insgesamt gestiegenen Informationsbedarf sowohl der produktiven Tätigkeiten als auch der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit feststellen.

Von der dominierenden neoklassischen Theorie wurden diese Entwicklungen lange Zeit vernachlässigt, da man der Auffassung war, daß eine intensive außerökonomische Auseinandersetzung mit der Struktur und der Entwicklung des technischen Fortschritts nicht erforderlich sei. Man konnte diese Aspekte getrost in eine sogenannte "black box" verbannen. Erst in jüngerer Zeit hat sich diesbezüglich eine kritische Richtung, die evolutorische Ökonomik herausgebildet. In ihrem Forschungsmittelpunkt stehen Fragen nach der Erzeugung und Ausbreitung von Neuerungen sowie die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die wirtschaftliche Ent-

wicklung. "Im Bereich der Ökonomik und in Übereinstimmung mit ihrer Orientierung auf das Verhalten der wirtschaftlichen Akteure ist Neuigkeit das Ergebnis menschlicher Kreativität und der Entdeckung neuer Handlungsmöglichkeiten. In die Tat umgesetzt werden diese zu Innovationen."¹ Der evolutionäre Ansatz in der Ökonomie beschäftigt sich daher in erster Linie mit den Quellen des Innovationsprozesses, den branchenmäßigen Charakteristika, den Prozeß der Innovationstätigkeit und mit den zwischen den Unternehmen ablaufenden Zusammenhängen und Feedbacks. Auf diese Art und Weise versucht man ein Verständnis für die wirtschaftlichen Selektions- und kollektiven Lernprozesse zu gewinnen.²

Ein wichtiges Merkmal des evolutorischen Ansatzes ist die Betonung eines kumulativen Fortschrittsprozesses, bei dem Entscheidungen der Vergangenheit irreversibel auf Entwicklungen in der Gegenwart und in der Zukunft Einfluß nehmen. "Many technologies evolve in a cumulative fashion, with today*s round of R&D activities building on yesterday's, which in tum build on the days before's."³ Für die F&E-betreibenden Unternehmen bedeutet dies, daß sie sich entlang einzelner Technologiepfade bewegen. Hierbei gilt es als unbestritten, daß sich das Entwicklungspotential einzelner Technologien mit zunehmendem Fortschritt reduziert. In der ökonomischen und historischen Wirklichkeit (Technikgenese) ist allerdings ein zwar schwankender, aber kontinuierlicher Fortschrittsprozeß zu beobachten. Dies muß dahingehend interpretiert werden, daß einzelnen Technologien immer wieder neue Impulse aus der Umwelt zugutekommen, die dann einen positiven Einfluß auf ihr spezifisches Entwicklungspotential nehmen.

Eine wichtige Quelle derartiger Impulse stellen sogenannte technologische Spillovers dar. Diese können von anderen Unternehmen, aber auch von Universitäten und sonstigen Forschungseinrichtungen ausgehen. Technologische Spillovers stellen für die traditionelle ökonomische Forschung nun nichts Neues dar. Sie werden als positive externe Effekte bezeichnet, die allerdings den unternehmerischen Anreiz, F&E-Aktivitäten durchzuführen, herabsetzen. Insgesamt führen sie dazu, daß aus wohlfahrtstheoretischer Sicht F&E-Aktivitäten auf einem suboptimalen Niveau durchgeführt werden. Unser Ansatz möchte diese Sichtweise in zweierlei Hinsicht modifizieren. Zunächst betrachten wir technologische Spillovers nicht in erster Linie als anreizvermindernd, sondern wir betonen ihren ideenschaffenden Charakter. Zum zweiten möchten wir der Tatsache Rechnung tragen, daß technologische Spillovereffekte - im Gegensatz zu einigen Ansätzen traditioneller Ausrichtung - nicht ohne weiteres von Imitatoren übernommen werden können, sondern daß diese ganz bestimmte Vorleistungen erbringen und Kenntnisse

¹ S. Witt (1994).

² Vgl. Dosi/Malerba/Orsenigo (1994).

³ S. Teece (1992).

aufweisen müssen. In dieser Hinsicht sind die sogenannten absorptiven Fähigkeiten von herausragender Bedeutung, die es einem Unternehmen ermöglichen, technologisches Wissen von anderen aufzunehmen und zu verstehen.

Vor diesem theoretischen Hintergrund hat sich unser Beitrag zum Ziel gesetzt, unterschiedliche Strategien zum Aufbau von absorptiven Fähigkeiten miteinander zu vergleichen. Dabei zeigt sich, daß es mittel- und langfristig für ein Unternehmen vorteilhafter ist, kontinuierlich in seine *absorptive capacity* zu investieren, anstatt nur punktuell auf die Möglichkeiten zurückzugreifen, die ihnen durch Spillovereffekte zur Verfügung gestellt werden.

Unsere Analyse geht dabei wie folgt vor: In Kapitel 2 diskutieren wir die theoretischen Grundlagen unserer Analyse und gehen dabei explizit auf die Rolle von absorptiven Fähigkeiten ein. In Kapitel 3 werden die Annahmen und die Ergebnisse der verschiedenen Simulationsläufe vorgestellt. Unser Beitrag schließt mit einigen Schlußfolgerungen in Kapitel 4.

2. Das Zusammenspiel von technologischen Möglichkeiten und Spillovers

Die wirtschaftswissenschaftliche Forschung hat den technologischen Fortschritt lange Zeit als ein Phänomen verstanden, dessen Dynamik und Richtung sich fast ausschließlich mit Hilfe von ökonomischen Faktoren erklären ließ. Der "strengere" demand-pull-Ansatz weist dabei auf eine Verschiebung der Nachfrageseite einer Volkswirtschaft hin, der "erweiterte" demand-pull-Ansatz betont zusätzlich die Rolle von relativen Faktorpreisänderungen (Dosi (1984)). Fragen nach den speziellen Eigenschaften von Technologie und technologischem Fortschritt wurden als - im ökonomischen Sinne - irrelevant bezeichnet und traditionell in eine "black box" gesperrt. Das Bild von unbegrenzten technologischen Möglichkeiten und von einem rein reaktiven Verhalten der Innovatoren, so wie es dieses Theoriegebäude vorzeichnet, konnte natürlich nicht befriedigen. Zwei wichtige Weiterentwicklungen scheinen uns von besonderer Bedeutung zu sein:

Zum ersten wurde der rein reaktive Innovator durch einen aktiven Entrepreneur ersetzt, der sich das technologische Wissen für neue Prozesse und neue Produkte nur dann verschaffen kann, wenn er Ressourcen für sogenannte F&E-Aktivitäten einsetzt. Das wichtigste Problem in diesem Zusammenhang ist dann wohl die Frage danach, wer sich die Erträge dieser F&E-Anstrengungen aneignen kann. Denn nur wenn der Innovator einen entsprechend großen Anteil

der Innovationserträge für sich beanspruchen kann, wird er bereit sein, die anfänglichen F&E-Ausgaben aufzubringen. Diese sogenannten Aneignungs- oder Appropriationsbedingungen stellen also eine wesentliche Grundvoraussetzung für den technologischen Fortschritt dar. Wir werden darauf weiter unten noch einmal eingehen.

Eine zweite Weiterentwicklung im Rahmen der Theorie des technischen Fortschritts setzt am Konzept der "black box" an. Ungefähr seit Anfang der 80er Jahre trägt man auch in der ökonomischen Diskussion der Tatsache Rechnung, daß die technologischen Möglichkeiten eben nicht unbegrenzt sind, sondern daß der technologische Fortschritt eine gewisse Eigendynamik entwickelt, einem eigenen Strukturwandel unterliegt und sich bestimmten physikalischen und chemischen Gesetzmäßigkeiten und Beschränkungen nicht entziehen kann. Diese neue Sicht technologischer Opportunitäten stellt die zweite wichtige Erweiterung der Theorie des technologischen Fortschritts dar.

Aneignungsbedingungen sowie die technologischen Opportunitäten sind angebotsseitige Strukturfaktoren, die in einer ganz bestimmten Art und Weise sowohl das unternehmerische Innovationsverhalten als auch das Innovationsergebnis selbst beeinflussen können (Abb. 1).

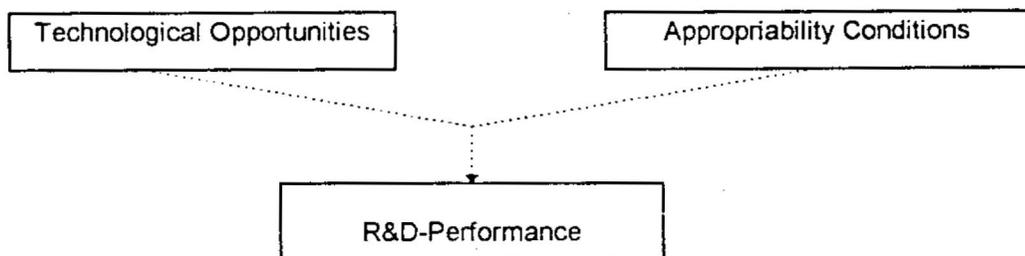


Abb. 1: Angebotsseitige Strukturfaktoren und das F&E-Ergebnis

Sie stehen nun aber nicht unverbunden nebeneinander. Auf welche Art und Weise sie zusammenspielen und welche Konsequenzen sich daraus für die Innovationsprozesse im allgemeinen ergeben, möchten wir im folgenden darstellen. Wir beginnen mit einer Diskussion der technologischen Opportunitäten:

2.1. Technologische Opportunitäten

Der Begriff "technologischer Opportunitäten" steht in einem engen Zusammenhang mit dem, aus der Epistemologie entnommenen und in der neueren Innovationsforschung häufig verwendeten Konzept des technologischen Paradigmas⁴. Demnach vollzieht sich der "normale" technische Fortschritt inkrementalistisch und kumulativ entlang einzelner Technologiepfade innerhalb des vom Paradigma vorgegebenen Rahmens. Jeder dieser Technologiepfade (auch Fortschrittslinien oder Trajektorien genannt) verkörpert nun bestimmte technologische Möglichkeiten, die durch das technologische Potential und den Reifegrad der Technologielinie bestimmt sind. Sie geben damit Auskunft darüber, mit welcher "Leichtigkeit" zukünftige Innovationen durchgeführt werden können oder, mit anderen Worten, "... which may be thought of as how costly it is for the firm to achieve technical advance in a given industry."³

Als ein wichtiges Merkmal der technologischen Möglichkeiten entlang einer Trajektorie gilt es festzuhalten, daß sie im allgemeinen im Zeitablauf abnehmen, d.h. mit zunehmendem technischen Fortschritt entlang dieses Pfades wird es immer schwieriger, weitere Verbesserungen zu entwickeln. Naturwissenschaftliche Gesetze setzen der Weiterentwicklung einzelner technologischer Charakteristika enge Grenzen. In dem Maße, wie man die Technologiepotentiale ausschöpft, werden Forschungserfolge in diesem Bereich immer schwieriger erreichbar.⁶ Dieser Zusammenhang wird in der Literatur allgemein unter dem Begriff "Wolfsches Gesetz" diskutiert. Beispielhaft seien die Versuche zur Steigerung der Fluggeschwindigkeit genannt. "It was once assumed that aircraft flight speeds would increase more or less smoothly as engine power was increased. Not so. Again a discontinuity was found. Near the speed of sound (Mach 1) turbulence increases sharply, and the power required to exceed sonic speed rises in a sharply non-linear fashion."⁷

Für den Fall, daß die physikalischen Grenzen der betrachteten Technologielinie noch in weiter Ferne liegen, kann man in der Terminologie von Coombs (1988) von "*intensive technological opportunities*" sprechen. Sind noch nicht alle Möglichkeiten entsprechend des Wolfschen Gesetzes ausgeschöpft, liegen intensive technologische Möglichkeiten vor. Beispielsweise verhindern naturwissenschaftliche Gesetze eine weitere Verkleinerung bei einer gleichzeitigen Be-

⁴ Dosi beschreibt ein technologisches Paradigma folgendermaßen: "Both scientific and technological paradigms embody an outlook, a definition of relevant problems, a pattern of inquiry. A technological paradigm defines contextually the scientific principles utilized for the task, the material technology to be used." Vgl. Dosi (1988, S. 1127),

³ Vgl. Cohen/Levinthal (1989, S. 572).

⁶ Vgl. Mensch (1975).

⁷ Vgl. Ayres (1988, S. 96).

schleunigung von Mikroprozessoren, da ein gewisser Abstand aus quantenmechanischen Gründen zwischen den einzelnen Bauelementen verbleiben muß. Sind diese Größen und Geschwindigkeitsbereiche erreicht, dann sind die intensiven technologischen Möglichkeiten dieses Technologiepfades ausgeschöpft.

Die einzelnen Technologielinien mit ihren technologischen Möglichkeiten existieren allerdings nicht beziehungslos nebeneinander her, sondern es bestehen zahlreiche gegenseitige Beeinflussungen, Nebenwirkungen und Rückkopplungen. Z.B. können die Weiterentwicklungen in einem Technologiefeld für ein anderes gänzlich neue Verwendungsgebiete erschließen, oder es eröffnen sich dadurch sogar völlig neue technologische Möglichkeiten. Weitere Impulse für nahezu ausgeschöpfte Technologielinien können aus anderen Innovationsfeldern kommen. Das obige Beispiel von Mikroprozessoren beibehaltend, handelt es sich bei einer Umstellung von der elektronischen zur optischen Datenübertragung um die Einbeziehung eines solchen neuen Technologiepfades. Auch zu Beginn der industriellen Revolution konnten zahlreiche Erfindungen, obwohl längst verfügbar, erst kommerziell verwendet werden, nachdem Fortschritte in der Eisen- und Stahlerzeugung eine Massenproduktion möglich machten.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit der Erschließung neuer technologischer Potentiale durch die schlichte Rekombination von bestimmten, bereits existierenden Produkten und Prozessen. "This process can lead to a new product by means of the combination of parts of existing products. E.g. the Wright brothers built an airplane by combining bicycle wheels, airfoils, and petrol engine."* Mit der auf den Mikroprozessor und der Optoelektronik basierenden Informations- und Kommunikationstechnologie, der Biotechnologie, den neuen Werkstoffen, den neuen physikalischen und chemischen Technologien (Laser, etc.) sind gegenwärtig vielfach miteinander verbundene Innovationsfelder vorhanden, von denen gewaltige Synergieeffekte und gemeinsame Potentiale erwartet werden können.

Im Gegensatz zu den intensiven technologischen Möglichkeiten innerhalb einer Technologielinie bezeichnet man mit "*extensive technological opportunities*" solche technologischen Möglichkeiten, die sich aus der gegenseitigen "Befruchtung" (cross-fertilization) unterschiedlicher Technologielinien ergeben.

Externe Impulse für ein bestimmtes Technologiefeld können aus unterschiedlichen Quellen stammen: Neue Ideen und Erkenntnisse aus dem Hochschulbereich sowie aus anderen staatli-

⁸ Vgl. Kaufmann (1988).

chen Forschungseinrichtungen; die vielschichtigen Auswirkungen der industriellen F&E-Anstrengungen zwischen vor- und nachgelagerten Produktionsstufen (customer - bzw. supplier-oriented), innerhalb von Branchen, wie auch zwischen einzelnen Industrien; Veränderungen in den umweltlichen Rahmenbedingungen.

Diese von der neueren Innovationsforschung besonders hervorgehobenen Quellen externen technologischen Wissens entfalten ihre Wirkung über sogenannte technologische Spillovers (bzw. technologische externe Effekte). Unter technologischen Spillovers versteht man dabei im allgemeinen das technologische Wissen, welches sich ein Unternehmen aneignen kann, ohne sich an den, für die Generierung des Wissens erforderlichen F&E-Kosten zu beteiligen. Diese Effekte sind immer dann möglich, wenn das entsprechende technologische Wissen bis zu einem gewissen Grad (und in unterschiedlichem Ausmaß) die Eigenschaften eines öffentlichen Gutes aufweist, d.h. Nichtrivalität in der Verwendung und Nichtausschlußfähigkeit durch den Preis vorliegen. Unter welchen Umständen diese Eigenschaften erfüllt sind, ist Gegenstand der nächsten beiden Abschnitte.

2.2. Aneignungsbedingungen

Mit der Frage nach den Bedingungen für technologische Spillovers ist die Brücke zu unserem zweiten, eingangs angeführten Strukturfaktor des Innovationsprozesses geschlagen, den Aneignungsbedingungen. Aneignungsbedingungen und technologische Externalitäten stehen in einer trade-off-Beziehung zueinander: Liegen große (kleine) Spillovermöglichkeiten vor, dann kann ein Unternehmen einen kleinen (großen) Teil der Innovationsrente appropriieren. Während vom Standpunkt der Neoklassik durch Spillovers vor allem die Innovationsanreize herabgesetzt werden, wodurch aus wohlfahrtstheoretischer Sicht ein zu geringes Innovationsniveau induziert wird⁹ (die privaten Wohlfahrtseffekte sind niedriger als die gesellschaftlichen), werden sie in der neueren Innovationsforschung im Hinblick auf die Vernetztheit der Innovationsprozesse als positive externe Effekte apostrophiert, die es u. U. sogar noch zu fördern gilt.¹⁰ Der negative Effekt auf die Investitionsanreize in F&E kann hier durch die Möglichkeit (über-)kompensiert werden, aus dem technologischen Know-how der Wettbewerber Nutzen für die eigenen Belange herauszuschlagen." Grundlage für dieses Argument ist die Vorstellung, daß

⁹ Vgl. Arrow (1962).

¹⁰ Vgl. Hanusch/Cantner (1992, S. 20).

¹¹ Dieser Aspekt wird von einigen neueren spieltheoretischen Modellen unterstützt. Diese Modelle stellen auf die Innovationsanreize verstärkenden Wirkungen technologischer Spillovers ab. Vgl. hierzu d'Aspremont/Jacquemin (1988) und Katz/Ordover (1990).

sich innovatives Handeln nicht nach einem optimalen, allgemein gültigen Prinzip vollzieht, sondern als ein individuell unterschiedlicher "trial-and-error" Prozeß zu verstehen ist, bei dem spezifische kumulative Erfahrungen, Kenntnisse und Fähigkeiten, sowie historische Umstände und Zufälligkeiten eine wichtige und bestimmende Rolle einnehmen. Die sich hieraus ergebende Heterogenität der Innovatoren (und Imitatoren) bedingt, daß die F&E-Anstrengungen der Unternehmen einer Branche nicht alle einem einzigen technologischen Pfad folgen, d.h., daß die einzelnen F&E-Projekte nicht ausschließlich substitutiv sind, sondern oft sogar Komplementaritäten vorliegen. Durch Wissenstransfer oder Spillovers zwischen den Unternehmen können - für jeden spezifisch - neue technologische Potentiale eröffnet werden. Vor diesem Hintergrund wird auch klar, warum die Unternehmen bisweilen sogar ganz bewußt technologische Spillovers initiieren: Um an den Erkenntnissen anderer Firmen teilzuhaben, müssen sie sich selbst bezüglich des Wissenstransfers kooperativ verhalten¹². U. U. kann es aus strategischen Gründen sogar von Vorteil sein, den Mitbewerbern F&E-Erkenntnisse zu offenbaren.¹³ Obwohl dadurch offensichtlich die Erfolgswahrscheinlichkeit der F&E-Bemühungen der Konkurrenz erhöht wird, werden die eigenen Erfolgsaussichten ebenfalls höher sein.

Zusätzliche Argumente für unseren Ansatz finden sich, wenn man nochmals auf die Unterscheidung zwischen "intensive" und "extensive technological opportunities" zurückgreift. Technologische Externalitäten können sowohl innerhalb einer Industrie (intra-industriell) als auch zwischen unterschiedlichen Branchen (inter-industriell) auftreten, wobei sie dementsprechend unterschiedlich Einfluß auf das Innovationsgeschehen nehmen. Im Zusammenhang mit der Ausschöpfung von "intensive technological opportunities" - also den Verbesserungen einer bestimmten Technologie - ist in erster Linie an intra-industrielle Spillovers zu denken. Diese wirken sich nur dann -im obigen Sinne- negativ auf die Innovationstätigkeit innerhalb eines Sektors aus, wenn die technologischen Unterschiede zwischen den Firmen relativ' gering sind. Wir haben darauf bereits hingewiesen. Im Zusammenhang mit den "extensive technological opportunities" erhalten vor allem inter-industrielle Spillovers ihre Bedeutung. Hier sind all diejenigen Effekte relevant, welche oben bei den technologischen Möglichkeiten im Zusammenhang mit den wechselseitigen Beeinflussungen, Nebenwirkungen und Rückkopplungen zwischen einzelnen Technologielinien diskutiert wurden. Die Problematik der Auswirkungen auf die Innovationsanreize ist hier nur von geringer Relevanz, da Unternehmen aus unterschiedlichen Sektoren in keiner wettbewerblichen Beziehungen zueinander stehen.¹⁴

¹² Vgl. von Hippel (1990).

¹³ Vgl. De Fraja (1993).

¹⁴ Anders verhält sich der Sachverhalt allerdings, wenn große Unternehmen in verschiedenen Branchen zugleich tätig sind.

Diese kurze Diskussion der Aneignungsbedingungen von technologischem Wissen hat gezeigt, daß technologische Spillovereffekte immer dann einen innovationsmindenden Effekt haben, wenn verschiedene Unternehmen die gleiche technologische Ausrichtung besitzen. Je mehr sich jedoch Unternehmen in dieser Hinsicht unterscheiden, desto unproblematischer ist die Übertragung von bestimmten unternehmensspezifischen Wissensstücken. Dies gilt insbesondere dann, wenn sich Unternehmen in unterschiedlichen (ökonomischen) Sektoren befinden. Diese Verkehrung des neoklassischen Arguments könnte nun zur Schlußfolgerung führen, daß technologische Spillovereffekte keinerlei Probleme mit sich bringen. Eine derartige Argumentation würde jedoch einen wichtigen Aspekt übersehen. Damit nämlich technologische Spillovers ihre Wirkung entfalten können, müssen auch bestimmte Anforderungen vom Empfänger dieser Wissensstücke erfüllt werden.

Die neoklassische Diskussion technologischer Spillovereffekte hat auf eine Vielzahl von Regelungen und Effekten hingewiesen, die eine sofortige Übernahme von technologischem Know-how durch Imitatoren verhindern. Einerseits ist hierbei an rechtliche Regelungen, wie z.B. dem Patentschutz, Copyright, Trade-marks, etc. zu denken, andererseits werden aber auch bestimmte "first-mover advantages" diskutiert, die ebenfalls für einen zeitlichen Vorsprung des Innovators und damit auch für eine vollständige, wenn auch zeitlich befristete Appropriierbarkeit der Innovationserträge sorgen. Letzteres Argument möchten wir hier aufgreifen und dahingehend interpretieren, daß Imitatoren neues technologisches Wissen nicht sofort verstehen und anwenden können. Sie müssen daher selbst Aufwendungen tätigen, die es ihnen erlauben, neue Erkenntnisse für ihre eigenen Zwecke nutzbar zu machen, oder mit anderen Worten, auch die Imitationstätigkeit kann nicht kostenlos erfolgen.

Dieser 'neoklassische' Schutzmechanismus (der 'first mover advantage') für Innovatoren muß bei unserer Vorstellung des Innovationsprozesses eine gänzlich andere Behandlung erfahren. Dies möchten wir im folgenden mit Hilfe des Begriffs absorptive Fähigkeiten darlegen.

2.3 Absorptive Fähigkeiten

Wie bereits angesprochen, darf man nicht annehmen, daß technologische Spillovers ohne jeden Eigenbeitrag in den Wissensstand eines Unternehmens eingehen können. Auf die Bedeutung dieser Eigenbeiträge weisen Cohen/Levinthal (1990, S. 128) hin: "The ability to exploit external knowledge is ... a critical component of innovative activity." Welche theoretische Fundierung kann man einer derartigen Aussage zugrundelegen?

Oben haben wir bereits auf ein wichtiges Merkmal technologischen Wissens, dessen Spezifität hingewiesen. Während sich generelles Wissen durch eine sofortige allgemeine Verwendbarkeit auszeichnet (öffentliches Gut-Charakter), ist spezifisches Wissen nicht ohne Einschränkungen übernehmbar.¹⁵ Man kann in diesem Zusammenhang auch von einem "latenten öffentlichen Gut"¹⁶ bzw. in der Terminologie der Institutionenökonomik von idiosynkratischem Wissen sprechen. "Industrial techniques that operate effectively in a given establishment can be transferred to another only with considerable cost, even if the original operator is open and helpful. Efficient operation of complex techniques in many cases is as much a matter of experience with particular products, machinery and organization, and practice fine-tuned to these through a large number of tacit adjustments, as if it is of general understanding plus access to "blueprints" and documentation. In such cases "technology transfer" may be as expensive and time-consuming as independent R&D."¹⁷

Um sich derartiges spezifisches Wissen für eigene Zwecke nutzbar machen zu können, müssen Unternehmen bereits Erfahrungen auf verwandten Gebieten gesammelt bzw. sich Fähigkeiten erworben haben, potentiell nutzbare technische Entwicklungen früh zu antizipieren und rechtzeitig anzueignen. Auf diesen Aspekt legen Cohen/Levinthal (1989, 1990) besonderen Wert: "... we argue that while R&D obviously generates innovations, it also develops the firm's ability to identify, assimilate, and exploit knowledge from the environment - what we call a firm's "learning" or "absorptive" capacity. ..., "absorptive capacity" also includes the firm's ability to exploit outside knowledge of a more intermediate sort..."¹⁸

Um also das mittels technologischer Spillovers verfügbar gemachte Wissen auch für die eigenen Belange nutzbar machen zu können, müssen die Unternehmen in ihre absorptiven Fähigkeiten

¹⁵ Technisches Wissen kann sowohl unternehmens- als auch technologiespezifisch sein.

¹⁶ Vgl. Nelson (1990).

¹⁷ Vgl. Nelson (1990b, S. 197).

¹⁸ Vgl. Cohen/Levinthal (1989, S. 569).

ten investieren. Man kann sich nun natürlich vorstellen, daß durch Investitionen in eigene F&E-Aktivitäten die *absorptive capacity* gleichfalls als eine Art Nebenprodukt aufgebaut wird. Die Erfahrungen und Fertigkeiten der beteiligten Forscher machen hier eine vergleichsweise schnellere Imitation von Innovationen der unmittelbaren Konkurrenten möglich, die den gleichen Technologiepfad beschreiten. Untemehmeneigene Forschungslabors sorgen für eine Ausweitung der Forschungsmöglichkeiten und -projekte, welche sich ohne diese Tätigkeiten nicht ergeben würden.¹⁹ Unternehmen investieren aber auch direkt in ihre *absorptive capacity*. "When a firm wishes to acquire and use new knowledge that is unrelated to its ongoing activity, then the firm must dedicate effort exclusively to creating "absorptive capacity" (i.e. "absorptive capacity" is not a by-product)".²⁰ Der Aufbau der *absorptive capacity* ist dann jedoch nichts anderes als eine normale Investitionstätigkeit: es handelt sich ebenfalls um einen zeit- und kostenaufwendigen Prozeß. Demzufolge stellen F&E-Budgets nicht mehr ausschließlich Ressourcen für quasi eindimensionale Verbesserungen innerhalb des eigenen Technologiepfades zur Verfügung, sondern ein gewisser Anteil wird auch für die Beobachtung der allgemeinen technischen Entwicklung aufgewendet. Dies ermöglicht erst den Unternehmen, sich neue technologische Möglichkeiten zu erschließen und dabei nicht auf die potentielle Wirkung der technologischen Spillovers von anderen Unternehmen zu verzichten.

Werden absorptive Fähigkeiten von Unternehmen kontinuierlich im Zeitablauf aufgebaut, dann spielen auch hier Erfahrungen und Lerneffekte eine Rolle. Analog zum Aufbau von Erfahrungswissen in der Produktion kann hier von "learning-by-interacting" gesprochen werden, da das Wissen aus einem Netzwerk von Beziehungen zu Unternehmen und Institutionen innerhalb und außerhalb der eigenen Branche gewonnen wird.²¹ Durch die Akkumulation über die Zeit schafft sich die *absorptive capacity* eine immer breitere Basis. Die Fähigkeit, die *intensive technological opportunities* besser auszunutzen, wird dadurch sicherlich positiv beeinflusst. Viel wichtiger jedoch ist die Wirkung der *absorptive capacity* auf die Ausschöpfung der extensiven technologischen Möglichkeiten. Gerade hier erleichtert ein größerer Wissensbestand das Entdecken neuer Zusammenhänge und Verbindungen, welche sich durch Spillovereffekte erschließen lassen.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die *absorptive capacity* als Bindeglied zwischen den technologischen Möglichkeiten und den Aneignungsbedingungen dar (vgl. Abb. 2). Sie schafft die

¹⁹ Vgl. Mowery (1983).

²⁰ Vgl. Cohen/Levinthal (1990, S. 129).

²¹ Vgl. Lundvall (1988). Stiglitz (1987, S. 130) drückt sich in diesem Zusammenhang wie folgt aus: "Just as experience in production increases ones productivity in producing, so experience in learning may increase ones productivity in learning."

Voraussetzungen dafür, daß die über technologische Spillovers im Fortschrittsprozeß eröffneten technologischen Opportunitäten auch ausgeschöpft werden können.

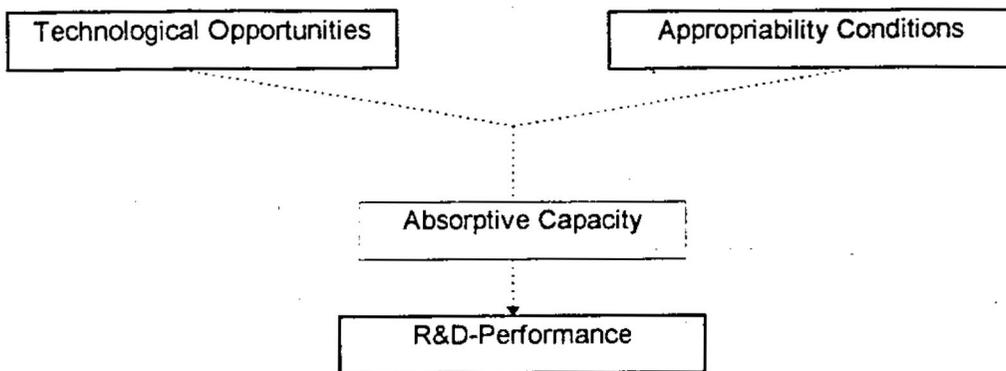


Abb. 2: Die absorptive Kapazität als Bindeglied zwischen den angebotsseitigen Strukturfaktoren

Für Unternehmen, welche es versäumen, in ihre absorptiven Fähigkeiten zu investieren, werden natürlich die positiven Effekte der technologischen Spillovers nicht ausgeschlossen. Doch werden sie für die Nutzung dieser externen Effekte tendenziell mehr Mittel aufwenden müssen, da sie auf kumulative Lerneffekte verzichten. "... the lack of early investment in "absorptive capacity" makes it more costly to develop a given level of it in a subsequent period."²² Neben diesem Kostenvorteil können auch zeitliche Vorteile eine Rolle spielen. Unternehmen, die nicht in ihre *absorptive capacity* investieren, werden zeitlich wohl erst später in der Lage sein, sich neue technologische Opportunitäten zu erschließen bzw. die Notwendigkeit der Suche nach neuen technologischen Möglichkeiten verspüren. Diesen zeit- und kostenmäßigen Nachteil müssen allerdings diejenigen Ressourcen gegenübergestellt werden, die in die absorptiven Fähigkeiten investiert werden. Diese hätten alternativ zu höheren F&E-Erfolgen führen können, da dann das gesamte F&E-Budget direkt in die Forschung und Entwicklung investiert wird. In dynamischer Sicht hingegen können sich diese anfänglichen Nachteile eines Unternehmens, das in *absorptive capacity* investiert, zu späteren Zeitpunkten jedoch ausgleichen und sogar dafür sorgen, daß dieses Unternehmen langfristig höhere Innovationserfolge zu verzeichnen hat als ein Unternehmen, das auf den Aufbau von absorptiven Fähigkeiten vollständig verzichtet.

3. Die modellmäßige Erfassung der absorptiven Kapazität

Die absorptive Kapazität wurde im voranstehenden Abschnitt als eine wichtige Determinante der technologischen Entwicklung von Unternehmen identifiziert. Dabei wurde auch darauf

²² Vgl. Cohen/Levinthal (1990, S. 136).

hingewiesen, daß Investitionen in die absorptive Kapazität statisch zwar ineffizient, jedoch im dynamischen Sinne effizient sein können. Dieses Ergebnis ließe sich in einem Modellrahmen auch bestätigen, der sich vor allem durch die vollkommene Voraussicht der beteiligten Akteure auszeichnen müßte. Wir wollen eine derartige Modellformulierung hier jedoch nicht wählen, sondern uns auf ein Simulationsmodell beschränken, das einige der wesentlichen Eigenschaften einer evolutionären technologischen Entwicklung repräsentiert. Hierbei soll die *absorptive capacity* von Unternehmen im Mittelpunkt der Analyse stehen, wobei alternative F&E-Unternehmenspolitiken hinsichtlich ihrer Wirksamkeit für die technologische Entwicklung untersucht werden. Ausgehend von einer sehr restriktiven und stark simplifizierenden Modellstruktur werden wir Schritt für Schritt einige der restriktiven Annahmen teilweise aufheben, um so einige annahmenunabhängige "stylized facts" herauszuarbeiten.

3.1 Der theoretische Modellrahmen

In dem folgenden dynamischen Modell werden ausschließlich die Wirkungen alternativer unternehmerischer F&E-Politiken betrachtet, wobei wettbewerbliche Einflüsse keine Rolle spielen sollen. Die einzelnen Unternehmungen besetzen spezifische technologische Nischen, wobei sie sich am Markt nur behaupten können, wenn sie ständig mit Neuerungen aufwarten. Aus diesem Grund unterhalten die Firmen eigene F&E-Abteilungen, in denen an der Weiterentwicklung der verwendeten Verfahren und der produzierten Outputs gearbeitet wird (kontinuierliche Verbesserungsinnovationen). Die technologische Entwicklung eines bestimmten Unternehmens ist dabei durch die vorherrschenden technologischen Möglichkeiten, durch Spillovereffekte und durch die unternehmerische absorptive Fähigkeit determiniert.

(a) Technologische Möglichkeiten und das Niveau des technologischen Wissens

Ein Unternehmen soll in einem noch zu bestimmenden Zeitintervall t einen ganz bestimmten Technologiepfad k verfolgen, welcher dem Unternehmen die entsprechenden technologischen Möglichkeiten eröffnet. Der kumulative Charakter des technischen Fortschritts wird in der Art und Weise berücksichtigt, daß ein bestimmter Stand der technischen Entwicklung erst dann erreicht werden kann, wenn die vorhergehenden Stufen des Fortschrittsprozesses durchschritten worden sind. Die technologischen Möglichkeiten sollen sich allerdings im Zeitablauf erschöpfen, was sich in abnehmenden Innovationserfolgen widerspiegelt. Obwohl von einer Un-

ternehmung pro Periode der konstante Betrag \bar{B} in F&E investiert wird, nimmt der dadurch realisierte Innovationserfolg kontinuierlich ab (vgl. Abb. 3).

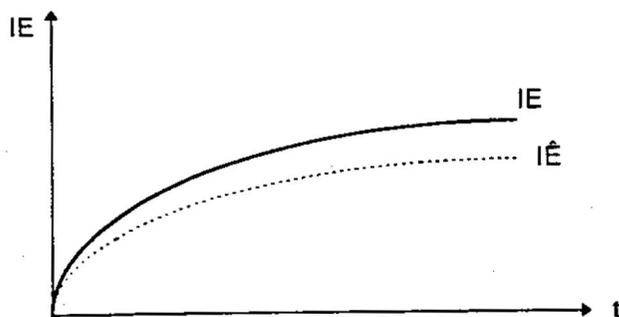


Abb.3: Die Entwicklung des technologischen Niveaus

Das Niveau des technologischen Wissens innerhalb einer bestimmten Technologie k , IE , zum Zeitpunkt t hängt demnach von den kumulierten F&E-Ausgaben $\bar{B} \cdot t$ ab, $IE_t = f(\bar{B}, t)$. Hierbei treten zwar positive Innovationserträge auf, $IE' > 0$, diese weisen allerdings einen sinkenden Verlauf auf, $IE'' < 0$.

Die Innovationserträge der F&E-Tätigkeit (IE') stehen dabei für den Grad der Ausschöpfung der jeweiligen "technological opportunities". Niedrige Erträge bedeuten somit weitgehend erschöpfte technologische Möglichkeiten auf diesem speziellen Technologiepfad, so daß Investitionen in entsprechende Forschungsanstrengungen immer unattraktiver werden (vgl. Abb. 4).

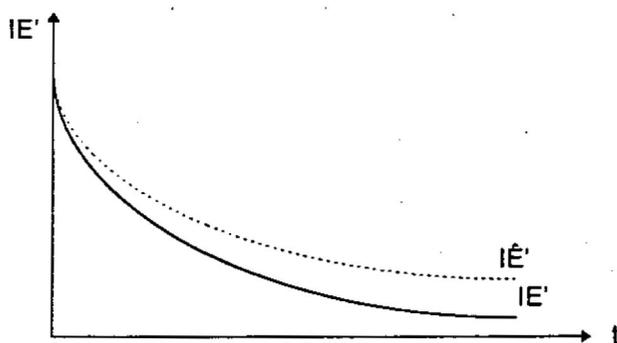


Abb.4: Abnehmende technologische Möglichkeiten, ausgedrückt durch abnehmende Innovationserfolge

Niedrigerwerdende F&E-Erfolge werden das Unternehmen letztendlich zwingen, sich nach neuen technologischen Möglichkeiten umzusehen. Im vorliegenden Modell können neue technologische Opportunitäten dann wieder mit einer Funktion IE modelliert werden. Die Abfolge von immer wieder neuen technologischen Möglichkeiten wird dabei mit dem Index k , $k=1, \dots$

gekennzeichnet. Das gesamte akkumulierte technologische Niveau IE_T ergibt sich dann aus der Summe über k ($\sum_k \sum_t IE_t^k$). Im folgenden bezeichnet t diejenigen Zeitperioden, innerhalb derer sich ein Unternehmen in einer Technologie k engagiert. T hingegen gibt die Gesamtzahl der Perioden über alle nacheinanderfolgenden Technologien hinweg an.

(b) Spillovereffekte

Neue technologische Möglichkeiten sollen nun nicht wie "Manna vom Himmel fallen", sondern ergeben sich aus der Kombination von unternehmensspezifischem Wissen in einer Technologie k und technologischen Spillovereffekten aus externen Wissensquellen. Im Modell nehmen wir dabei einen exogenen, nahezu unerschöpflichen "Spilloverpool" an, aus dem die Unternehmen unter bestimmten Voraussetzungen die notwendigen Informationen schöpfen können. Dieser Spilloverpool soll ständig durch neue Entdeckungen in der Grundlagen- und der angewandten Forschung gefüllt werden, wobei er allerdings aufgrund der Pfadabhängigkeit des technischen Fortschritts nur inkrementalistisch und selektiv ausgeschöpft wird. Nicht naturwissenschaftliche oder technische Engpässe beschneiden die unternehmerische Innovationstätigkeit, sondern der historische Entwicklungspfad ihrer Forschungsanstrengungen, inklusive ihrer absorptiven Fähigkeiten. Erst wenn ein Unternehmen eine technologiespezifische absorptive Kapazität aufgebaut hat, ist es ihm auch möglich, die diesbezüglichen Spillovereffekte aus dem Spilloverpool zu nutzen - d.h. auf einer niedrigeren Entwicklungsstufe wäre diese Option für die Unternehmung noch nicht zu erkennen. Aus diesem Grund können die Unternehmen nicht ständig Spillovers rekurrieren und so im Bereich unausgeschöpfter Opportunitäten operieren. Für die neuen technologischen Opportunitäten einer Technologie $k+1$ möchten wir stark vereinfachend annehmen, daß sie genau den technologischen Opportunitäten der Vorgängertechnologie k entsprechen. Wir werden diese sehr restriktive Annahme in der weiteren Diskussion noch aufheben.

(c) Absorptive Fähigkeiten

Der Aufbau von absorptiver Kapazität und damit der Rückgriff auf technologische Spillovers ist nicht kostenlos, sondern verlangt einen gewissen Ressourceneinsatz. Diese Mittel stehen dann für die direkte Innovationstätigkeit nicht mehr zur Verfügung. Ist allerdings ein Unternehmen schließlich in der Lage, Spillovers zu nutzen, d.h. kann es aufgrund seiner absorptiven

Kapazität die in den Spillovers gebundene Information für sich verwenden, so eröffnet sich eine neue Technologielinie mit noch völlig unausgeschöpften technologischen Möglichkeiten. Um das Modell möglichst einfach zu gestalten, wird die Schwelle, ab der ein Spillovereffekt genutzt werden kann, exogen in Höhe der periodischen F&E-Ausgaben \bar{B} vorgegeben.²³

Wann wird sich ein Unternehmen entschließen, die eigenen direkten Forschungsanstrengungen zugunsten von Investitionen in die absorptive Kapazität zu beschränken? Für die Beantwortung dieser Frage wollen wir zwei unterschiedliche Strategien betrachten. Die Strategie I bezeichnen wir dabei als konservative Strategie. Hier verzichtet das Unternehmen auf den kontinuierlichen Aufbau absorptiver Fähigkeiten. Erst wenn seine technologischen Möglichkeiten soweit ausgeschöpft sind, daß es sich lohnt, Spillovereffekte zu nutzen, wird es dies tun und dafür den Betrag \bar{B} ad hoc investieren. Für das entsprechende Entscheidungskalkül wollen wir unterstellen, daß das Unternehmen myopisch handelt, d.h. es besitzt keine vollkommene Voraussicht über zukünftige Innovationserfolge, sondern es kann diese höchstens für zwei Perioden abschätzen.

Das Entscheidungskalkül kann mit Hilfe der folgenden Abb. 5 nachvollzogen werden. Die Abszisse ist hierbei die Zeitachse, auf der Ordinate wird das erreichte bzw. erreichbare Technologieniveau abgetragen. In Abb. 5a entwickelt sich das technologische Niveau eines Unternehmens auf der Funktion IE_k . An jedem Periodenende überlegt der Unternehmer, ob er für eine Periode auf weiteren Fortschritt verzichtet und dafür dann in der übernächsten über die Nutzung von Spillovereffekten in den Genuß höherer technologischer Möglichkeiten kommt. Stellt er diese Überlegungen zum Zeitpunkt t_1 an, dann bedeutet der einperiodige Verzicht auf die eigenen F&E-Anstrengungen und das neue technologische Potential $k+1$ eine Periode später insgesamt einen Fortschrittsverzicht gegenüber der kontinuierlichen F&E-Investition innerhalb der Technologie k .

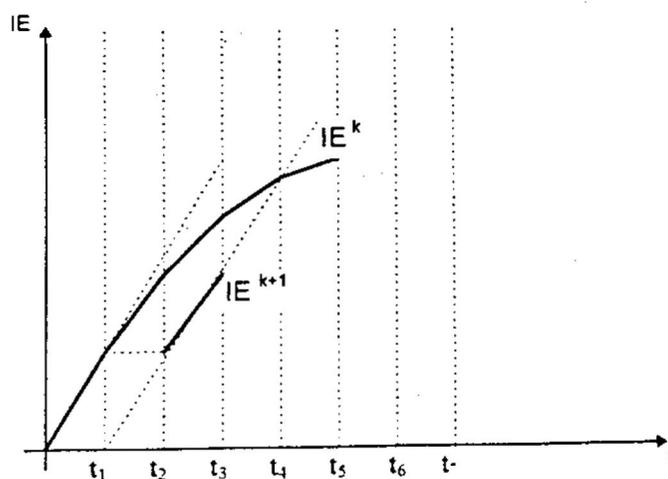


Abb. 5a

²³ Die qualitativen Eigenschaften des Modells werden durch diese Annahme nicht verändert.

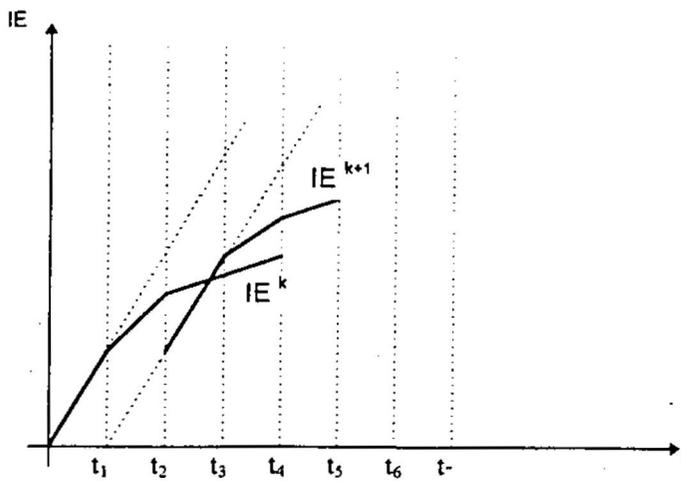


Abb. 5b

Im Fall der Abb. 5b zeigt die gleiche Überlegung, daß der Verzicht auf Innovationserfolge in der Technologie k in Periode t_2 durch die gesteigerten technologischen Möglichkeiten der Technologie $k+1$ eine Periode später überkompensiert wird. Hier wird das Unternehmen die Investition in die absorptive Kapazität ad hoc vornehmen.

Allgemein stellt sich das Entscheidungskalkül folgendermaßen dar: Der einperiodige Verzicht auf F&E wird mit dem entgangenen Innovationserfolg $f^k(t)$ bewertet. Desweiteren muß der ursprüngliche Innovationserfolg der nächsten Periode $f^k(t+1)$ berücksichtigt werden. Diesen entgangenen Innovationserfolg wird das neue Innovationspotential der Technologie $k+1$ gegenübergestellt, welches annahmegemäß dem Grenzertrag der Anfangsperiode $f^{k+1}(0)$ entspricht.²⁴ Immer dann, wenn letzterer größer als der entgangene Innovationserfolg in k ist, entscheidet sich das betrachtete Unternehmen für die Nutzung des technologischen Spillovers und investiert ad hoc in seine absorptive Kapazität.

Alternativ zur konservativen Strategie I untersuchen wir auch die absorptive Strategie II, bei der eine Unternehmung kontinuierlich einen Anteil γ , $\gamma \in \{0;1\}$, des Forschungsbudgets \bar{B} in ihre absorptiven Fähigkeiten investiert. Auf diese Weise realisiert sie zwar nur geringere Innovationserfolge (\bar{IE} und \bar{IE}' in Abb.3 und 4), kann aber Lerneffekte beim Aufbau ihrer absorptiven Kapazität nutzen. Diese Lerneffekte werden im Modell durch die Verzinsung der Investitionen in die absorptiven Fähigkeiten AC mit einem exogen vorgegebenem Lernfaktor l abgebildet. Es gilt dabei:

²⁴ Formal läßt sich das Entscheidungskalkül darstellen als $f^{k+1}(0) > 2f^k(t+1) + f^k(t+1)$, was bei einer Taylor-Reihen-Approximation 1. Ordnung der Funktion IE^k entspricht.

$$(1) \quad AC_t^k = \gamma \sum_0^t \bar{B} * \frac{(1+l)^t - 1}{l}$$

Mit dieser F&E-Politik, die ja anfangs auf die vollen Innovationserfolge durch die niedrigeren Investitionen in F&E verzichtet, entsteht im Zeitablauf die Fähigkeit, die in den technologischen Spillovers gebundene Information auf die Verwertbarkeit für eigene Forschungsanstrengungen zu untersuchen. Wurde bei der Strategie I erst nach dem Erreichen gewisser Schwellenwerte in den eigenen technologischen Opportunitäten k der Rückgriff auf externe Wissensquellen unternommen - mit der Konsequenz, das ganze Forschungsbudget für die Dauer einer Periode in den Aufbau der absorptiven Kapazität investieren zu müssen - werden nun die in einem kumulativen Lernprozeß anfallenden Skalenerträge genutzt. Geht man davon aus, daß auch hier eine exogene Schwelle in Höhe von \bar{B} für die Nutzung von Spillovers notwendig ist, dann erschließen sich dem Unternehmen mit der kontinuierlichen Politik neue technologische Möglichkeiten, wenn gilt $AC_t^k \geq \bar{B}$. Diese F&E-Strategie kann zu einer früheren und häufigeren Erschließung neuer Opportunitäten führen, so daß der anfängliche Verzicht auf den vollen Innovationserfolg im Zeitablauf kompensiert oder sogar überkompensiert werden kann. Dadurch könnte sich das Unternehmen mit den kontinuierlichen Investitionen in die absorptive Kapazität gegenüber dem konservativen Unternehmen mit der ad hoc-Politik langfristig gesehen besserstellen. Dieser Frage soll im folgenden nachgegangen werden.

3.2 Die Simulation des Modells

Will man die beiden alternativen F&E-Strategien miteinander vergleichen, ist die Funktion des technologischen Niveaus IE genauer zu spezifizieren. Hat man schließlich eine Funktion mit den gewünschten Eigenschaften gefunden, dann ist ein Vergleich der beiden Strategien mit Hilfe eines Simulationslaufs²⁵ möglich.

Für den Verlauf der Funktion IE wollen wir entsprechend den abnehmenden technologischen Opportunitäten positive, aber abnehmende Innovationserträge annehmen, in denen sich die Erschöpfung des betrachteten Technologiepotentials ausdrücken soll. Diesen Anforderungen wird beispielsweise eine Logarithmusfunktion gerecht²⁶, die für den Fall der ad hoc-Politik die folgende Form besitzt:

²⁵ Als Simulationssoftware wurde PROFESSIONAL DYNAMO PLUS von Pugh Robert Associates verwendet.

²⁶ Eine andere Möglichkeit der Spezifikation wäre beispielsweise eine Wurzelfunktion, welche den gleichen Anforderungen genügt.

$$(2) \quad IE_T = \sum_{k=1}^n \alpha * \ln(\beta * t * \bar{B} + 1)$$

wobei für die Konstanten $\alpha, \beta > 0$ gilt. Der additive Zusatz dient der Normierung der Funktionswerte und sichert zusätzlich deren Nichtnegativität. Der Index k zählt die von den Unternehmen durchgeführten Technologiesprünge. Für das Unternehmen, das der Strategie II folgt, sieht die Funktion IE entsprechend modifiziert aus:

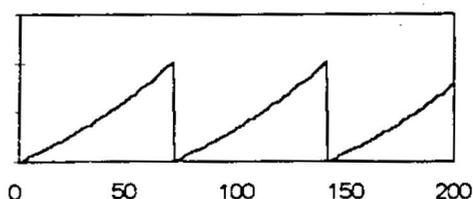
$$(3) \quad IE_T = \sum_{k=1}^n \alpha * \ln[\beta * t * (1 - \gamma) \bar{B} + 1]$$

Die absorptive Kapazität AC baut sich entsprechend der Bedingung (1) auf.

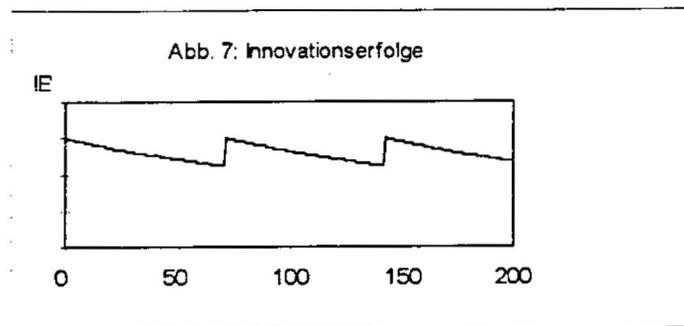
Bevor mit Hilfe der Gleichungen (1) - (3) Simulationen durchgeführt werden können, müssen zunächst noch einige Parameter spezifiziert werden. Der Wert β der Funktion IE kann als ein Maß für die Ergiebigkeit des technologischen Potentials interpretiert werden und wird mit 1.1 festgelegt, wodurch eine vergleichsweise starke Krümmung der Logarithmusfunktion erzeugt wird. Der Parameter α der IE-Funktion kann als Intensitätsparameter aufgefaßt werden, wodurch sich der Fortschrittsdruck der betrachteten Technologielinien ausdrückt. Er wird im folgenden neutral auf 1.0 gesetzt. Der konstante Wert des Forschungsbudgets \bar{B} wird pro Periode mit 0.1 festgelegt. Auf Finanzierungsaspekte des Forschungsbudgets wird im weiteren nicht eingegangen. Mit dieser Parameterkonstellation können die ersten Simulationsläufe durchgeführt werden.

Betrachten wir zuerst einen typischen zeitlichen Entwicklungsverlauf der *absorptive capacity*. In dem folgenden Beispiel wird eine vergleichsweise niedrige Lernrate von 1% pro Periode angenommen. Der entsprechende Verlauf findet sich in Abb. 6.

Abb. 6: Die absorptive Kapazität im Zeitablauf



Die *absorptive capacity* des Unternehmens wird hier bis zum kritischen Schellenwert \bar{B} akkumuliert. An diesem Punkt wird sie gleichsam aufgebraucht, oder mit anderen Worten, ein neues technologisches Potential wird durch die technologischen Spillovers erschlossen. Da mit dem Beschreiten des neuen Technologiepfades die alten absorptiven Fähigkeiten entwertet werden, ist von diesem Zeitpunkt an neu in die absorptiven Fähigkeiten zu investieren. Geradezu spiegelbildlich zu dem Verlauf der *absorptive capacity* verhalten sich die Innovationserträge, die in Abb. 7 dargestellt sind. Immer dann, wenn ein Unternehmen Spillovereffekte für seine Belange nutzbar machen kann, eröffnen sich ihm erneut die vollen technologischen Opportunitäten der neuen Technologie $k+1$. Im Fall kontinuierlicher Investition in die *absorptive capacity* ist dies immer dann der Fall, wenn der entsprechende akkumulierte Wert das Mindestniveau für die Nutzung technologischer Spillovereffekte erreicht hat.

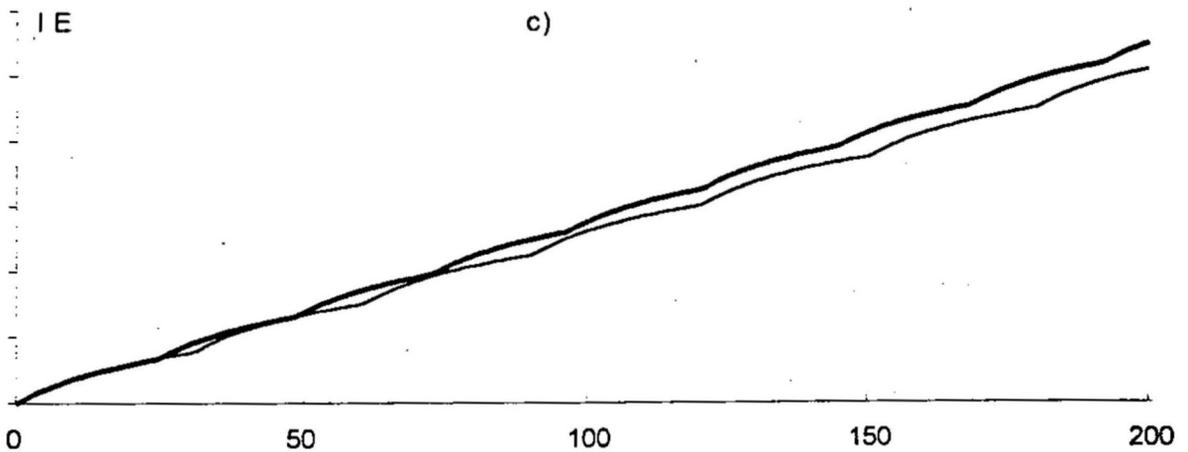
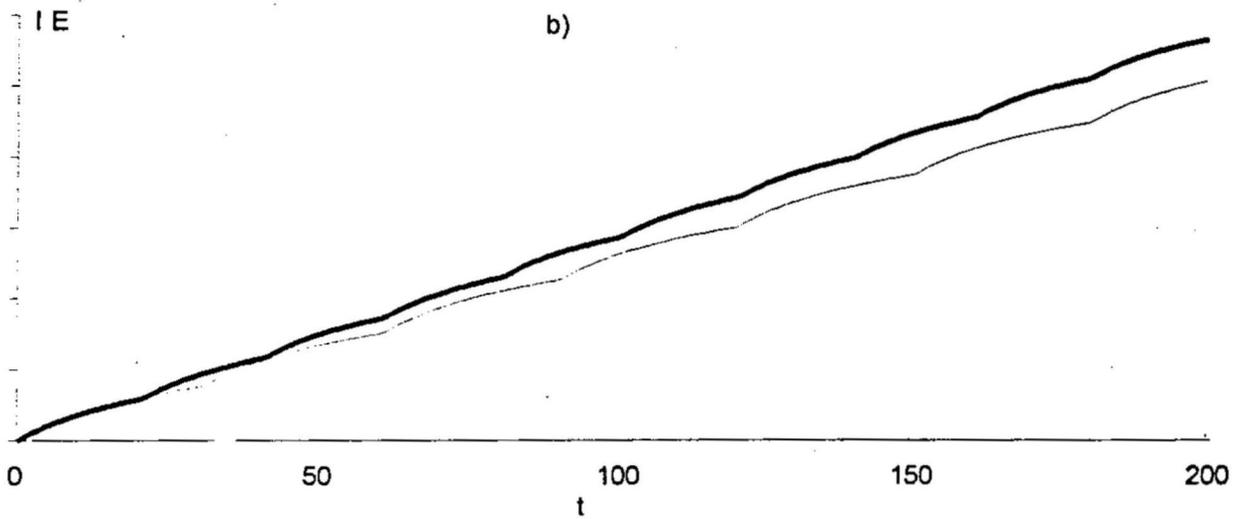
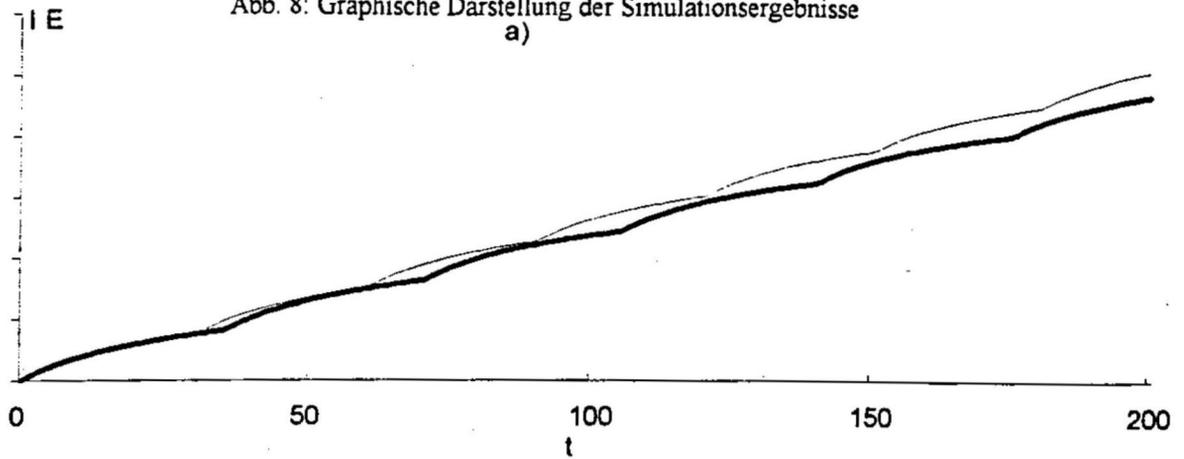


Bei der Betrachtung der F&E-Erträge ist allerdings zu beachten, daß sie auch für das Unternehmen mit der ad-hoc-Strategie I den dargestellten Verlauf nehmen. Aufgrund des unterschiedlichen Entscheidungskalküls ergeben sich jedoch andere Sprungzeitpunkte und andere Häufigkeiten als im Fall der Strategie II.

Bei der direkten Gegenüberstellung der beiden Strategien wird zunächst von einem sehr vorsichtigen Verhalten des Unternehmens mit Strategie II ausgegangen. Von dem gesamten Forschungsbudget werden nur 2.5 % in den Aufbau der absorptiven Fähigkeiten investiert. Die zugrundegelegte Lernrate ist ebenfalls relativ niedrig und beträgt 0.01. Das konservative Unternehmen behält die herkömmliche F&E-Investitionsstrategie bei und verwendet das ganze Forschungsbudget direkt für eigene Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Die Entwicklungslinien des von beiden Unternehmen jeweils ausgehenden technischen Fortschritts werden

in der Abb. 8a gezeigt. Die dicke Linie steht dabei für das Unternehmen mit der Strategie II, während die dünne Linie den Verlauf des konservativen Unternehmens wiedergibt.

Abb. 8: Graphische Darstellung der Simulationsergebnisse
a)



— absorptive capacity — ad hoc

	a)	b)	c)
F&E-Aufwand	0,975	0,95	0,975
absorptive capacity	0,025	0,05	0,025
Lernrate	0,01	0,01	0,05

Bei der hier verwendeten Parameterkonstellation liegt das Unternehmen mit der *absorptive capacity* von Anfang an hinter dem anderen Unternehmen, bzw. sein technologisches Niveau liegt dauernd unter demjenigen des konservativen Unternehmens. Während letzteres bereits nach 30 Perioden den ersten Technologiesprung durchführt, ist bei Strategie II erst nach 35 Perioden eine genügend große absorptive Kapazität entwickelt worden. Im weiteren Simulationsverlauf, der sich über 200 Perioden hinzieht, fällt das Unternehmen immer weiter ins Hintertreffen.

Um zu überprüfen, welche Faktoren das Zurückfallen des Unternehmens II verursachen, wird in einem weiteren Simulationslauf das für absorptive Fähigkeiten aufgewandte Budget vergrößert. Bei unveränderter Lemrate werden jetzt 5 % des F&E-Budgets in den Aufbau der absorptiven Fähigkeiten investiert. Die entsprechende Entwicklungsrate für diesen Simulationslauf finden sich in Abb. 8b. Jetzt erreicht das Unternehmen II bereits vor der 30. Periode und damit vor dem konservativen Unternehmen zum ersten Mal seinen kritischen Wert für die Inanspruchnahme von Spillovereffekten. Unternehmung I kann zwar zunächst durch den höheren direkten F&E-Aufwand den ersten Rückstand wieder aufholen (und schließt sogar noch einmal für kurze Zeit auf), gerät dann aber ganz deutlich nach dem dritten Sprung in das Hintertreffen. Für diesen Fall bestätigt sich also unsere eingangs getroffene Vermutung über die dynamische Effizienz der *absorptive capacity*.

Schließlich wird noch der Fall niedrigerer Investitionen in die *absorptive capacity* (2,5 %) aber einer höheren Lemrate von 0.05 untersucht. In der zugehörigen Abb. 8c zeigen sich ähnlich wie im vorherigen Fall recht schnell die Vorteile der Strategie II, wobei allerdings im betrachteten Zeitraum von 200 Perioden die Führung des Unternehmens II erst vergleichsweise spät eintritt.

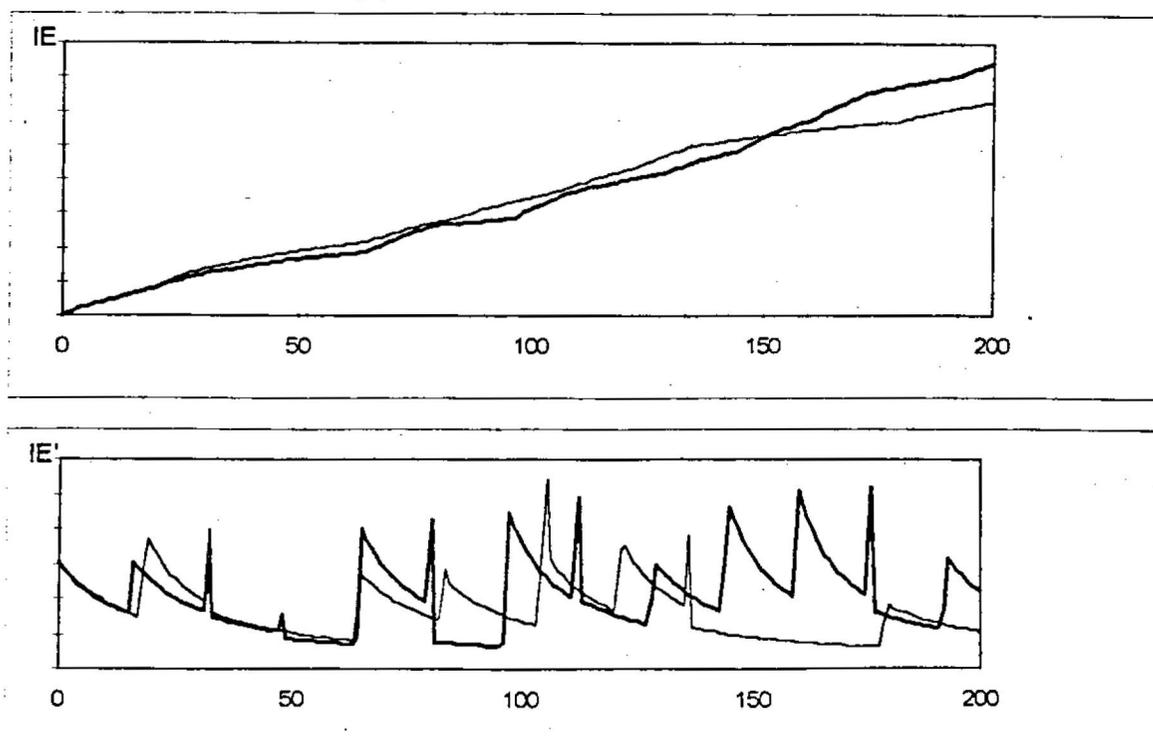
3.3 Modellmodifikationen

Nachdem aus den bisherigen Simulationsläufen durchaus eine gewisse Vorteilhaftigkeit der Politik II herausgelesen werden konnte, wird im folgenden versucht, einige der sehr restriktiven Annahmen aufzuheben.

(a) Stochastische Schwankungen in den technologischen Opportunitäten

Zunächst wird die restriktive Annahme gleicher Opportunitäten jedes Technologiepfades fallengelassen, indem bezüglich der Steigung der IE-Funktion eine stochastische Komponente eingebaut wird. Diese Vorgehensweise läßt sich damit begründen, daß das technologische Potential von einigen Technologien relativ groß ist, wie z.B. die Entwicklung kompatibler Standardsoftware mit zusammenarbeitenden Tabellenkalkulations-, Datenbankprogrammen, etc. Bei anderen Technologien sind hingegen die entsprechenden technologischen Möglichkeiten vergleichsweise geringer, so wie beispielsweise durch die Verbesserung der Eigenschaften eines Bohröls und der damit erhöhten Verwendbarkeit für einen breiteren Materialkreis nur vergleichsweise niedrigere Opportunitäten erschlossen werden. Dieser Aspekt findet in der stochastischen Bestimmung des Steigungsmaßes β Berücksichtigung. Vor jedem Technologiesprung wird der Parameter β mit der normalverteilten Zufallsvariablen ϕ_k multipliziert, so daß die Innovationserfolgsfunktion jetzt folgende Gestalt aufweist:

$$(4) \quad IE_T = \sum_{k=1}^n \alpha * \ln(\phi_k * \beta * t * \bar{B} + 1) \quad \phi_k := \text{normalverteilte Zufallsvariable}$$



$\alpha = 1.0 \quad \beta = 0.6 \quad \gamma = 0.05 \quad l = 0.05$

Abb. 9: Stochastische Schwankungen in den Opportunitäten

Abb.9 zeigt deutlich den Einfluß der Zufallskomponente auf die technologischen Möglichkeiten. Verließen die einzelnen Technologiepfade bisher gleichförmig, so sind jetzt beträchtliche Schwankungen beobachtbar. Für den Vergleich der beiden Unternehmensstrategien ist die jeweilige Position daher nicht mehr so eindeutig wie bisher. Lange Zeit liegt das Unternehmen mit der *absorptive capacity* unterhalb des konservativen Unternehmens. Auch wenn es immer wieder neu aufrücken kann, gelingt ein absoluter Vorsprung erst nach ca. 150 Perioden. Allerdings liegt es ab diesem Zeitpunkt dann eindeutig vorn, d.h. auch bei einer Verlängerung des betrachteten Zeithorizonts kann das konservative Unternehmen den Rückstand nicht mehr aufholen. Die Auswirkungen der stochastischen Komponente zeigen sich ebenfalls recht anschaulich bei der Betrachtung der Innovationserfolge, welche in einem sehr ausgeprägten Maße innerhalb der vorgegebenen Bandbreite schwanken (unterer Kurvenzug in Abb.9).

(b) Learning-By-Leapfrogging

Oben wurde bereits auf die unbefriedigende Annahme einer konstanten Lernrate während des gesamten Simulationslaufs eingegangen. Im folgenden soll es daher dem Unternehmen mit der *absorptive capacity* möglich sein, diesbezüglich im Zeitablauf zu lernen. Da die jeweiligen spezifischen absorptiven Fähigkeiten nach jedem Technologiesprung verfallen, erscheint es durchaus plausibel, daß das Unternehmen auf die in der Vergangenheit gesammelten Erfahrungen, z.B. bezüglich der Gestaltung einzelner Maßnahmen zurückgreifen kann.²⁷ Diese Art von Lernen soll nach jedem Technologiesprung zu einer Erhöhung der Lernrate der *absorptive capacity* führen. Aufgrund seines sprunghaften Auftretens wird dieser Effekt mit "learning-by-leapfrogging" bezeichnet. Formal läßt sich dies folgendermaßen darstellen: Die absorptiven Fähigkeiten werden wieder gemäß

$$(5) \quad AC_t^k = \gamma \sum_0^t \bar{B} * \frac{(1+l_k)^t - 1}{l_k}$$

aufgebaut, wobei sich die Lernrate fallweise folgendermaßen bestimmt:

$$(6) \quad l_k = \begin{cases} l_k & \text{für } AC_t^k < \bar{B} \\ l_k + \varphi_k & \text{für } AC_t^k = \bar{B}. \end{cases}$$

²⁷ In einem ähnlichen Zusammenhang schreiben Teece und Pisano (1994, S.545): "The capacity to reconfigure and to transform is itself a learned organizational skill. The more frequently practiced, the more easily accomplished."

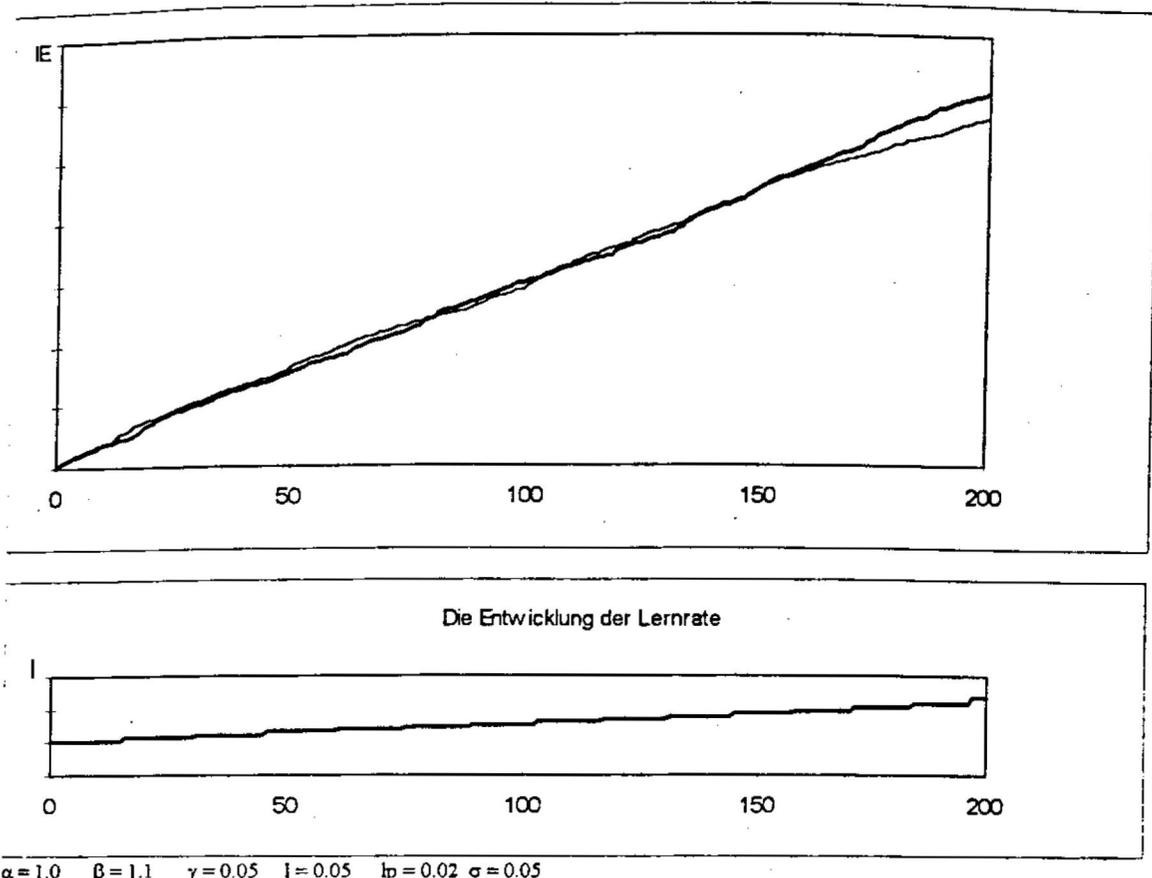


Abb.10: learning-by-leapfrogging

Innerhalb einer Technologielinie ist l_k konstant, überschreitet allerdings die absorptive Kapazität AC_t^k den exogen für die Spillovernutzung vorgegebenen Schwellenwert \bar{B} , d.h. kommt es zu einem Wechsel auf eine neue technologische Trajektorie, dann wächst die Lernrate um den Faktor φ_k . Es handelt sich hierbei um eine normalverteilte Variable mit dem Erwartungswert λ_p (leap-frogging-Konstante) und der Varianz σ . Die untere Kurve in Abb. 10 zeigt den stufenweisen, wenn auch schwankenden Zuwachs der Lernrate. Eine im Zeitablauf wachsende Lernrate sorgt für einen immer schnelleren Aufbau der absorptiven Fähigkeiten, wodurch die Sprungfrequenz für das Unternehmen II erhöht wird. Dadurch erreicht es gegenüber dem konservativen Unternehmen einen weiteren Vorteil, was wiederum den Sinn einer auf *absorptive capacity* setzenden F&E-Unternehmenspolitik unterstreicht - zumindest in diesem Zusammenhang.

(c) Verlust von technologischem Wissen

Der Umstieg auf einen neuen technologischen Pfad ist in den bisherigen Modellen völlig reibungslos möglich gewesen. Tatsächlich dürfte beim Einschlagen eines neuen Technologiepfades immer ein gewisser Verlust an technologischem Wissen zu beobachten sein. Dies kann

damit erklärt werden, daß gewisse Bestandteile des bisher akkumulierten Wissensbestandes für die weitere Entwicklung nutzlos sind oder durch neues technologisches Wissen komplett obsolet werden. Man kann diesen Verlust auch als Sprungkosten oder Umstellkosten bezeichnen.

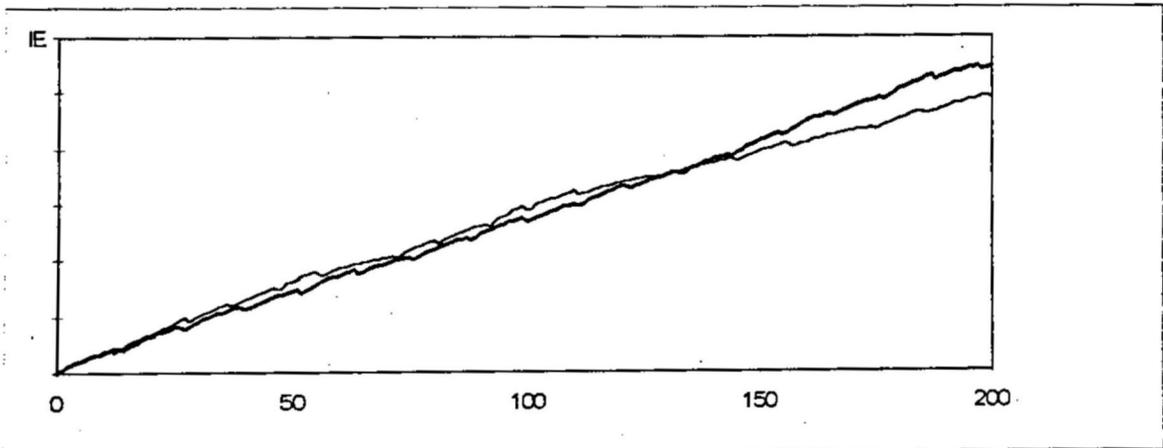
Zunächst wird der Fall eines konstanten Wissensverlusts \bar{C} bei jedem Technologiewechsel der beiden Unternehmen betrachtet. Die IE-Funktion hat hier für das Unternehmen mit der *absorptive capacity* die folgende Form:

$$(7) \quad IE_T = \sum_{k=1}^n \alpha * \ln[\beta * t^*(1-\gamma)\bar{B} + 1] - \bar{C}$$

wobei sich der Wert für \bar{C} entsprechend der Bedingung

$$(8) \quad \bar{C} = \begin{cases} 0 & \text{für } AC_i^k < \bar{B} \\ \text{const} (\neq 0) & \text{für } AC_i^k = \bar{B} \end{cases}$$

bestimmt.



$\alpha = 1.0 \quad \beta = 1.1 \quad \gamma = 0.05 \quad l = 0.1 \quad h_p = 0.005 \quad \sigma = 0.5 \quad \bar{C} = 0.15$

Abb. 11: Konstante Umstellungskosten

Die Funktion für das konservative Unternehmen ist entsprechend zu modifizieren. Die Abb. 11 zeigt den entsprechenden Simulationsverlauf unter Berücksichtigung konstanter "Sprungkosten" \bar{C} in Höhe von 0.15. Bei jedem Sprung auf einen neuen Technologiepfad erkennt man deutlich die kurzfristig auftretende Verschlechterung, welche anschließend durch die neu eröffneten technologischen Möglichkeiten erst wieder aufgeholt werden muß. Der ursprüngliche Vorteil früherer Wechsel wird nun zunächst von den entsprechend häufiger in Kauf zu nehmenden Sprungkosten zumindest teilweise aufgezehrt. Dennoch erreicht das Unterneh-

men mit der *absorptive capacity* zeitweilig bereits nach der Hälfte der betrachteten Zeit die Führung.

Nun stellen konstante "Umstellungskosten" gegenüber der Realität eine verzerrende Vereinfachung dar. Die Umstellungskosten sollen im folgenden in ihrer Höhe von den bestehenden technologischen Opportunitäten der vorhergehenden Technologie bestimmt sein. Sind deren Opportunitäten vergleichsweise hoch, so fallen entsprechend höhere "Umstellungskosten" C^{k+1} an. Diese genügen jetzt folgender Bedingung

$$(9) \quad C^{k+1} = \begin{cases} 0 & \text{für } AC^k, < \bar{B} \\ IE^{k, *} \mu & \text{für } AC^k, = \bar{B} \end{cases}$$

wobei μ konstant ist und dem Erwartungswert für die "Umstellungskosten" entspricht.

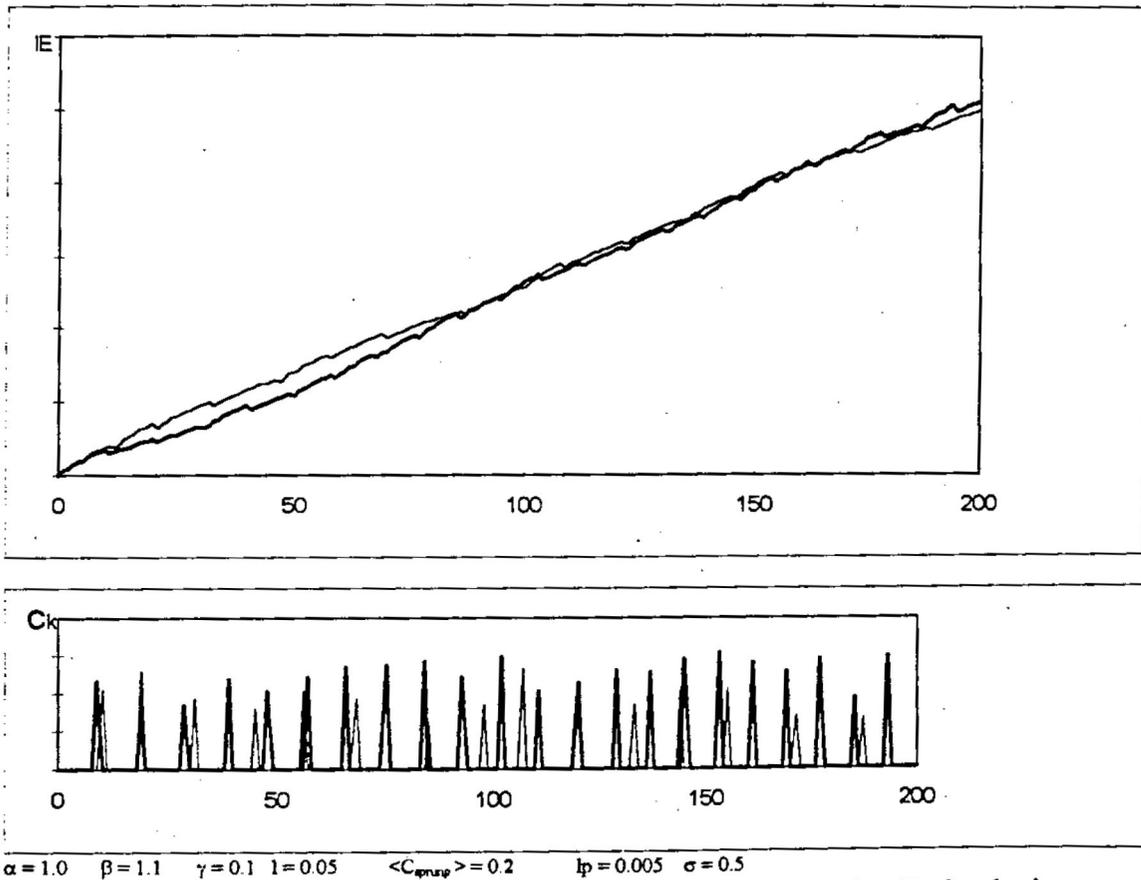


Abb. 12: Umstellungskosten in Abhängigkeit von der vorhergehenden Technologie

Der entsprechende Simulationslauf ist in Abb. 12 dargestellt, in der ähnlich wie in der vorhergehenden Situation sich das Unternehmen mit der *absorptive capacity* in der zweiten Hälfte

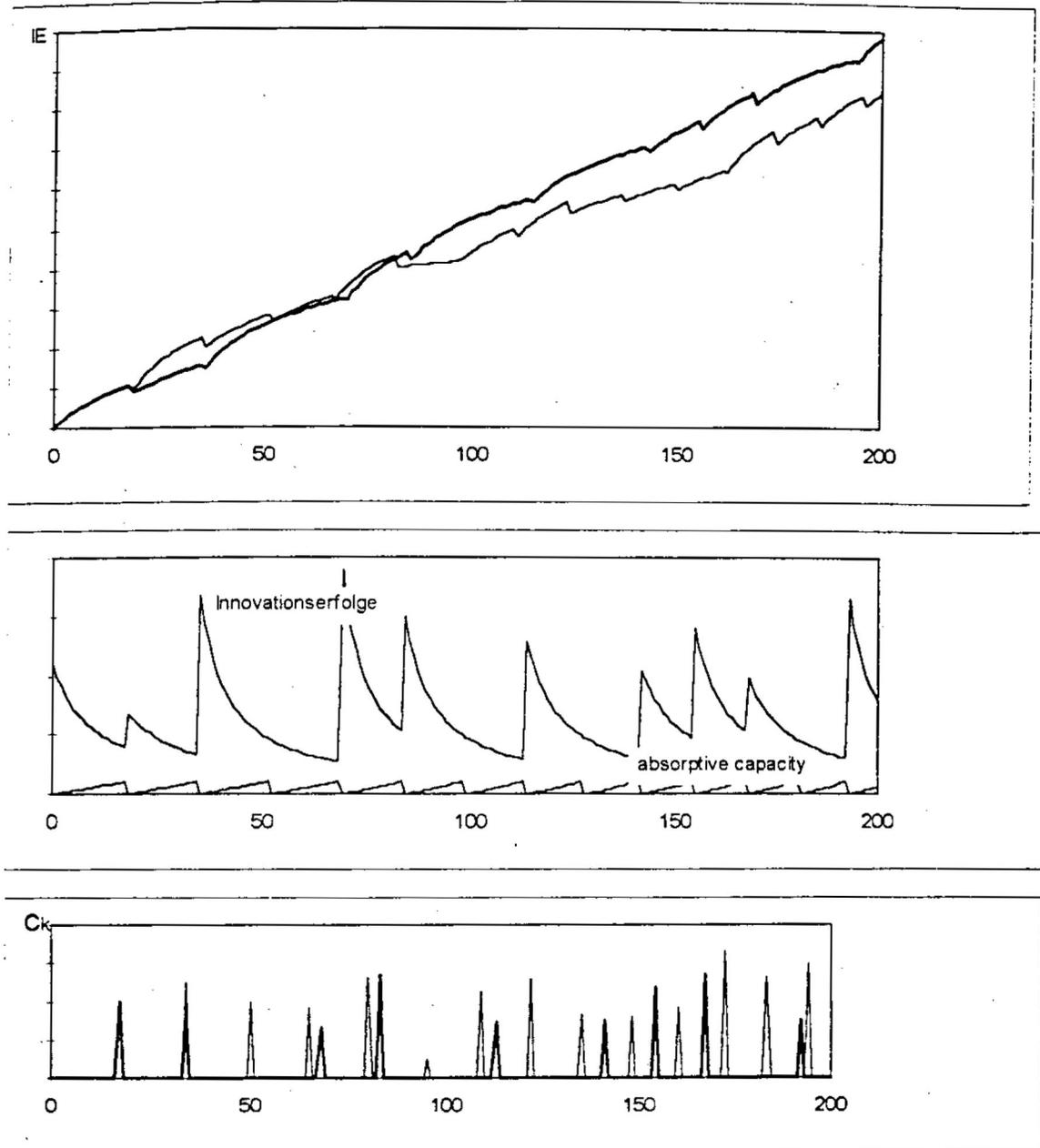
des betrachteten Zeithorizonts durchsetzen kann. Da bei diesem Simulationslauf die durchschnittlichen Umstellungskosten höher angesetzt sind als die konstanten Umstellungskosten im vorherigen Beispiel, ist der technologische Rückstand des konservativen Unternehmens am Ende der Zahl der Perioden etwas geringer. Die schwankenden, von den technologischen Opportunitäten abhängigen Umstellungskosten zeigt der untere Kurvenzug.

(d) Selektive Technologiesprünge

Nicht jeder Wechsel auf einen neuen Technologiepfad muß erfolgversprechend sein. Unter Umständen erweisen sich die neuen Opportunitäten im Vergleich zu den vorhergegangenen sogar als vergleichsweise ungünstiger, so daß es für das Unternehmen besser ist, auf der ursprünglichen Trajektorie zu verharren und auf weitere Entwicklungen im Spilloverpool zu warten²⁸. Diese Möglichkeit ist besonders bei der Berücksichtigung von Umstellkosten relevant, da hier, wie oben dargelegt, bei einem Technologiewechsel zunächst zusätzlich eine Verschlechterung auftritt. Da das konservative Unternehmen in allen bisher angeführten Simulationsläufen unterlegen war, werden im folgenden zwei Unternehmen, welche beide absorptive Fähigkeiten aufbauen, miteinander verglichen. Hierbei entspricht das erste Unternehmen dem der vorhergehenden Beispiele mit variablen Sprungkosten und vollzieht bei jedem Überschreiten des Schwellenwertes \bar{B} den Technologiesprung. Das andere Unternehmen geht selektiver vor: Ist der Innovationserfolg IE' der Technologie k größer als derjenige der Technologie $k+1$, dann verharrt das Unternehmen auf dem ursprünglichen Technologiepfad und entscheidet sich bezüglich der Schwerpunktsetzung der *absorptive capacity* für eine Neuausrichtung; d.h., obwohl das Unternehmen auf der alten Trajektorie bleibt, ist dennoch erneut eine *absorptive capacity* aufzubauen. Ist dagegen IE'_{k+1} größer oder gleich IE'_k , dann wechselt auch dieses Unternehmen auf die neue Technologie. Sein Entscheidungskalkül für einen Technologiesprung genügt folgenden Bedingungen, welche beide gleichzeitig erfüllt sein müssen:

$$(10) \quad \begin{array}{l} (a) \quad AC'_t = \bar{B} \\ (b) \quad IE'_t \leq IE'^{k+1} \end{array}$$

²⁸ Vgl. Rosenberg (1976).



$$\alpha=1.0 \quad \beta=1.1 \quad \gamma=0.05 \quad \lambda_p=0.01 \quad \lambda=0.025 \quad \sigma=0.5$$

Abb. 13: Wettlauf zweier Unternehmen mit 'absorptive capacity'

Das Unternehmen, welches unter allen Umständen zum Technologiesprung bereit ist, wird in der Abb. 13 durch die dünne Linie repräsentiert, das Unternehmen mit der selektiven Vorgehensweise durch die dicke Linie. Anfangs fällt das Unternehmen mit der selektiven Politik zurück, obwohl es sich ebenfalls für die ersten beiden Technologiesprünge entscheidet, was durch den stochastischen Prozeß der Generierung neuer Opportunitäten bedingt ist. Interessant ist, daß es für seine Entscheidung, den dritten Sprung auszulassen und auf der alten Trajektorie zu

verharren, zum anderen Unternehmen wieder aufschließen kann, zeitweise sogar überholt. Durch die Entscheidung, auf den Sprung, der etwa bei der Periode 100 möglich wäre, zu verzichten und erst wieder bei der Periode 130 einen neuen Technologiepfad einzuschlagen, erlangt das selektive Unternehmen endgültig die Führung. Die mittlere Abbildung zeigt den Verlauf der *absorptive capacity* und des Innovationserfolgs. Deutlich erkennbar ist, daß das Unternehmen mehrmals auf einen möglichen Technologiesprung verzichtet und erst nachdem erneut verwertbare Informationen erhältlich sind, sich für den Wechsel entscheidet. Ein weiterer Vorteil der selektiven Absorption ist der unteren Abbildung zu entnehmen. Durch den Verzicht des Wechsels auf einen neuen Technologiepfad werden vergleichsweise geringere kumulierte Umstellungskosten verursacht.

4. Schlußfolgerungen

Unser Beitrag hat sich mit alternativen Unternehmensstrategien beschäftigt, wobei die Fähigkeiten zur Nutzung von technologischen Spillovereffekten die zentrale Rolle einnehmen. Wir unterscheiden zwei Unternehmen, die gezwungen sind, in ihre absorptiven Fähigkeiten zu investieren, um die positiven Effekte von technologischen Spillovers zu nutzen. Eine Strategie I, die man als ad hoc-Strategie bezeichnen kann, investiert immer nur dann in die *absorptive capacity*, wenn die technologischen Möglichkeiten im verfolgten Technologiefeld auf ein gewisses Niveau abgesunken sind. Demgegenüber gestellt wird eine Strategie II, die kontinuierlich daran interessiert ist, *absorptive capacity* aufzubauen.

Neben diesen beiden strategischen Grundtypen berücksichtigen wir verschiedene Effekte, die unserer Ansicht nach wichtig für die Beschreibung des Innovationsprozesses sind. Hierzu zählen der stochastische Charakter der Innovationstätigkeit, Lerneffekte, der Verlust oder die Abschreibung von technologischem Wissen, sowie auch der mögliche Verzicht auf die Nutzung neuer technologischer Möglichkeiten. Mit Hilfe von Simulationsläufen können dann die verschiedenen Unternehmensstrategien miteinander verglichen werden.

Daß es sich bei dem Konzept der *absorptive capacity* nicht ausschließlich um ein theoretisches Konstrukt handelt, sondern vielmehr um eine Strategie, welche sich in der Unternehmensrealität, v.a. im High-Technology-Bereich tatsächlich als relevant erweist, zeigt eine neue empirische Untersuchung von Kumiko Miyazaki (1994) der japanischen und europäischen optoelektronischen Industrie. Dort wird von den Unternehmen üblicherweise vor dem Einschlagen spezifischer anwendungsorientierter Entwicklungslinien, zunächst recht ausführlich und auf

einer breiten Basis auf einer grundlagenbezogenen Ebene geforscht. „Thus firms search over a broader horizon initially and are able gradually to narrow down their search through a painstaking learning process. In other words in the early phase of competence building, firms explore a broad range of technical possibilities, since they are not sure how the technology might be useful to them.“²⁹

Als wichtigstes Ergebnis unserer Studie können wir festhalten, daß die Strategie, kontinuierlich in die absorptiven Fähigkeiten zu investieren, mit großer Wahrscheinlichkeit in der mittleren und längeren Frist die konservative Strategie dominieren wird. Dies wird umso deutlicher, wenn man die beiden Unternehmensstrategien auf eine einheitliche Entscheidungsbasis stellt. Hierbei vergleichen die beiden Akteure die neuen mit den alten technologischen Möglichkeiten. Unter bestimmten Umständen werden dann auch Spillovereffekte ungenutzt gelassen.

Trotz dieser relativ eindeutigen Ergebnisse läßt unsere Analyse jedoch auch einige Faktoren außen vor, die einen zusätzlichen Einfluß auf den Erfolg der jeweiligen Strategie haben können. Zum einen haben wir eine rein technologische Sicht unserer Unternehmen verfolgt, d.h. jegliche Rückkopplungseffekte vom Markt sind nicht berücksichtigt worden. Insbesondere auf der Finanzierungsseite von F&E-Ausgaben sowie Ausgaben für *absorptive capacity* können hier zusätzliche Effekte entstehen, die vom Markterfolg der einzelnen Unternehmen abhängen. Zum anderen, und eng verbunden mit unserem ersten Punkt, ist die Vernachlässigung von Wettbewerb zwischen den einzelnen Unternehmen. Gerade in oligopolistischen Märkten können zusätzliche strategische Überlegungen der Unternehmen relevant werden.

Diese beiden Kritikpunkte sollen in zukünftigen Forschungsarbeiten aufgenommen werden. Dabei wollen wir besonderen Wert auf die ökonomische Fundierung und Anbindung unserer bisherigen Ergebnisse Wert legen.

²⁹ Miyazaki (1994, S.653).

LITERATURVERZEICHNIS

- ANTONELLI, G., PETIT, P. und TAHAR G.** (1992), *The Economics of Industrial Modernization*, Academic Press, San Diego 1992.
- ARROW, J.K.** (1962), *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention*, in: **NELSON, R. R.** (Hrsg.): *The Rate and Direction of Economic Activity*, Princeton, Princeton University Press.
- AYRES, R.U.** (1988), *Barriers and Breakthroughs: An Expanding Frontiers Modell of The Technology-Industry Life Cycle*, *Technovation*, Vol. 7, pp87-115.
- COHEN, W. M., LEVINTHAL, D. A.** (1989), *Innovation and Learning: The two Faces of R&D*, *The Economic Journal*, Vol. 99, pp 569-596.
- COHEN, W.M., LEVINTHAL, D.A.** (1990), 'Absorptive Capacity': A New Perspective on Learning and Innovation, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, pp 128-158.
- COOMBS, R.** (1988), *Technological Opportunities and Industrial Organization*, in: **DOSI, G. et. al.**, (1988), a.a.O, pp 295-397.
- D'ASPREMONT, C., JACQUEMIN, A.** (1988), *Cooperative and Non-Cooperative R&D in Duopoly with Spillovers*, *American Economic Review*, Dec. 1988, pp. 1133-1137.
- DE FRAJA, G.** (1993), *Strategic Spillovers in Patent-Races*, *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 2, 1993, pp 139-146.
- DOSI, G.** (1988), *Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation*, *Journal of Economic Literature*, Vol. XXVI, pp 1120-1171.
- DOSI, G. et. al.** (1988), (ed.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publisher, London 1988.
- DOSI, G., MALERBA, F., ORSENIGO, L.** (1994), *Evolutionary Regimes and Industrial Dynamics*, in: **MAGNUSSON, L.** (ed.), *Evolutionary and Neo-Schumpeterian Approaches to Economics*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, 1994.
- HANUSCH, H., CANTNER, U.** (1992), *New Developments in the Theory of Innovation and Technological Change - Consequences for Technology Policies*, *Volkswirtschaftliche Diskussionsreihe der Universität Augsburg*, Bd.80.
- KATZ, M.L., ORDOVER, J.A.** (1990), *R&D Cooperation and Competition*, *Brooking Papers: Microeconomics 1990*, pp. 137-203.

- KAUFFMAN, S. A.** (1988), The Evolution of Economic Webs, in **ANDERSON, P.W., ARROW, K.J. and PINES, D.** (ed.), *The Economy as an Evolving Complex System*, Redwood City, Addison Wesley 1988.
- LUNDVALL, B.A.** (1988), Innovation as an interactive Process: From User-Producer Interaction to the National System of Innovation, in: **DOSI, G.** et al. (1988), a.a.O., pp 349-369.
- MENSCH, G.** (1975), *Das technologische Patt*, Frankfurt a. M.
- MOWERY, D. C.** (1983), The Relationships Between Intrafirm and Contractual Forms of Industrial Research in American Manufacturing, 1900-1940, *Explanations in Economic History*, Vol. 20, 1983, pp 351-374.
- MIYAZAKI, K.** (1994), Search, Learning and Accumulation of Technological Competences; The Case of Optoelectronics, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 3, Nr. 3, 1994, pp 631-654.
- NELSON, R. R.** (1990), What is Public and what is Privat about Technology?, CCC Working Paper #90-9, University of California at Berkeley, 1990.
- NELSON, R. R., WINTER, S.** (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Massachusetts, 1982.
- NELSON, R. R.** (1990), Capitalism as an Engine of Progress, *Research Policy*, Vol. 19, pp 193-214.
- PROFESSIONAL DYNAMO PLUS 3.1** von Pugh-Roberts-Associates 1986.
- ROSENBERG, N.** (1976), On Technological Expectations, *The Economic Journal*, Vol. 86, 1976, pp 523-535.
- TEECE, D.J.** (1983), Towards an Economic Theory of a Multiproduct Firm, *Journal of Economic Behaviour and Organizations*, Vol. 3, pp 39-63.
- TEECE, D.J.**, (1992), Technological Development and the Organisation of Industry, in: **OECD** (ed.), *Technology and the Economy, the Key Relationships*, Paris 1992.
- TEECE, D. J., PISANO, G.** (1994), The Dynamic Capabilities of Firms: an Introduction, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 3, Nr. 3, 1994, pp 537-556.
- VON HIPPEL, E.** (1990), Cooperation between Rivals: Informal Know-how Trading, in: **CARLSON, B.** (Hrsg.), *Industrial Dynamics*, Kluwer Academic Publisher, pp 157-176.
- WITT, U.** (1994), *Wirtschaft und Evolution - Einige neuere theoretische Entwicklungen*, *Wist* 10, 1994.

Beiträge in der Volkswirtschaftlichen Diskussionsreihe seit 1991

Im Jahr 1993 erschienen:

Beitrag Nr. 83:	Manfred Stadler	Innovation, Growth, and Unemployment. A Dynamic Model of Creative Destruction
Beitrag Nr. 84:	Alfred Greiner Horst Hanusch	Cyclic Product Innovation or: A Simple Model of the Product Life Cycle
Beitrag Nr. 85:	Peter Welzel	Zur zeitlichen Kausalität von öffentlichen Einnahmen und Ausgaben. Empirische Ergebnisse für Bund, Länder und Gemeinden in der Bundesrepublik Deutschland
Beitrag Nr. 86:	Gebhard Flaig Manfred Stadler	Dynamische Spillovers und Heterogenität im Innovationsprozeß. Eine mikroökonomische Analyse
Beitrag Nr. 87:	Manfred Stadler	Die Modellierung des Innovationsprozesses. Ein integrativer Mikro-Makro-Ansatz
Beitrag Nr. 88:	Christian Boucke Uwe Cantner Horst Hanusch	Networks as a Technology Policy Device - The Case of the "Wissenschaftsstadt Ulm"
Beitrag Nr. 89:	Alfred Greiner Friedrich Kugler	A Note on Competition Among Techniques in the Presence of Increasing Returns to Scale
Beitrag Nr. 90:	Fritz Rahmeyer	Konzepte privater und staatlicher Innovationsförderung
Beitrag Nr. 91:	Peter Welzel	Causality and Sustainability of Federal Fiscal Policy in the United States
Beitrag Nr. 92:	Friedrich Kugler Horst Hanusch	Stock Market Dynamics: A Psycho-Economic Approach to Speculative Bubbles
Beitrag Nr. 93:	Günter Lang	Neuordnung der energierechtlichen Rahmenbedingungen und Kommunalisierung der Elektrizitätsversorgung
Beitrag Nr. 94:	Alfred Greiner	A Note on the Boundedness of the Variables in Two Sector Models of Optimal Economic Growth with Learning by Doing
Beitrag Nr. 95:	Karl Morasch	Mehr Wettbewerb durch strategische Allianzen?
Beitrag Nr. 96:	Thomas Kuhn	Finanzausgleich im vereinten Deutschland: Desintegration durch regressive Effekte
Beitrag Nr. 97:	Thomas Kuhn	Zentralität und Effizienz der regionalen Güterallokation
Beitrag Nr. 98:	Wolfgang Becker	Universitärer Wissenstransfer und seine Bedeutung als regionaler Wirtschafts- bzw. Standortfaktor am Beispiel der Universität Augsburg
Beitrag Nr. 99:	Ekkehard von Knorring	Das Umweltproblem als externer Effekt? Kritische Fragen zu einem Paradigma -
Beitrag Nr. 100:	Ekkehard von Knorring	Systemanalytischer Traktat zur Umweltproblematik

Beitrag Nr. 101:	Gebhard Flaig Manfred Stadler	On the Dynamics of Product and Process Innovations A Bivariate Random Effects Probit Model
Beitrag Nr. 102:	Gebhard Flaig Horst Rottmann	Dynamische Interaktionen zwischen Innovationsplanung und -realisation
Beitrag Nr. 103:	Thomas Kuhn Andrea Maurer	Ökonomische Theorie der Zeit
Beitrag Nr. 104:	Alfred Greiner Horst Hanusch	Schumpeter's Circular Flow, Learning by Doing and Cyclical Growth
Beitrag Nr. 105:	Uwe Cantner Thomas Kuhn	A Note on Technical Progress in Regulated Firms
Beitrag Nr. 106:	Jean Bernard Uwe Cantner Georg Westermann	Technological Leadership and Variety A Data Envelopment Analysis for the French Machinery Industry
Beitrag Nr. 107:	Horst Hanusch Marcus Ruf	Technologische Förderung durch Staatsaufträge Das Beispiel Informationstechnik

Im Jahr 1994 erschienen:

Beitrag Nr. 108:	Manfred Stadler	Geographical Spillovers and Regional Quality Ladders
Beitrag Nr. 109:	Günter Lang Peter Welzel	Skalenerträge und Verbundvorteile im Bankensektor. Empirische Bestimmung für die bayerischen Genossen- schaftsbanken
Beitrag Nr. 110:	Peter Welzel	Strategic Trade Policy with Internationally Owned Firms
Beitrag Nr. 111:	Wolfgang Becker	Lebensstilbezogene Wohnungspolitik - Milieuschutz- satzungen zur Sicherung preiswerten Wohnraumes
Beitrag Nr. 112:	Alfred Greiner Horst Hanusch	Endogenous Growth Cycles - Arrow's Learning by Doing
Beitrag Nr. 113:	Hans Jürgen Ramser Manfred Stadler	Kreditmärkte und Innovationsaktivität
Beitrag Nr. 114:	Uwe Cantner Horst Hanusch Georg Westermann	Die DEA-Effizienz öffentlicher Stromversorger Ein Beitrag zur Deregulierungsdiskussion
Beitrag Nr. 115:	Uwe Cantner Thomas Kuhn	Optimal Regulation of Technical Progress In Natural Monopolies with Incomplete Information
Beitrag Nr. 116:	Horst Rottman	Neo-Schumpeter-Hypothesen und Spillovers im Innovationsprozeß - Eine empirische Untersuchung
Beitrag Nr. 117:	Günter Lang Peter Welzel	Efficiency and Technical Progress in Banking. Empirical Results for a Panel of German Co-operative Banks
Beitrag Nr. 118:	Günter Lang Peter Welzel	Strukturschwäche oder X-Ineffizienz? Cost-Frontier- Analyse der bayerischen Genossenschaftsbanken
Beitrag Nr. 119:	Friedrich Kugler Horst Hanusch	Preisbildung und interaktive Erwartungsaggregation
Beitrag Nr. 120:	Uwe Cantner Horst Hanusch Georg Westermann	Detecting Technological Performances and Variety An Empirical Approach to Technological Efficiency and Dynamics

Beitrag Nr. 121:	Jean Bernard Uwe Cantner Horst Hanusch Georg Westermann	Technology and Efficiency Patterns A Comparative Study on Selected Sectors from the French and German Industry
------------------	--	--

Bisher im Jahr 1995 erschienen:

Beitrag Nr. 122:	Gebhard Flaig	Die Modellierung des Einkommens- und Zinsrisikos in der Konsumfunktion: Ein empirischer Test verschiedener ARCH-M-Modelle
Beitrag Nr. 123:	Jörg Althammer Simone Wenzler	Intrafamiliale Zeitallokation, Haushaltsproduktion und Frauenerwerbstätigkeit
Beitrag Nr. 124:	Günter Lang	Price-Cap-Regulierung Ein Fortschritt in der Tarifpolitik?
Beitrag Nr. 125:	Manfred Stadler	Spieltheoretische Konzepte in der Markt- und Preistheorie Fortschritt oder Irrweg?
Beitrag Nr. 126:	Horst Hanusch	Die neue Qualität wirtschaftlichen Wachstums
Beitrag Nr. 127:	Wolfgang Becker	Zur Methodik der Wirkungsanalyse von Maßnahmen der Verkehrsaufklärung
Beitrag Nr. 128:	Ekkehard von Knorring	Quantifizierung des Umweltproblems durch Monetarisierung?
Beitrag Nr. 129:	Axel Olaf Kern	Die "optimale" Unternehmensgröße in der deutschen privaten Krankenversicherung - eine empirische Unter- suchung mit Hilfe der "Survivor-Analyse"
Beitrag Nr. 130:	Günter Lang Peter Welzel	Technology and Efficiency in Banking. A "Thick Frontier"-Analysis of the German Banking Industry
Beitrag Nr. 131:	Tina Emslander Karl Morasch	Verpackungsverordnung und Duales Entsorgungssystem Eine spieltheoretische Analyse
Beitrag Nr. 132:	Karl Morasch	Endogenous Formation of Strategic Alliances in Oligolistic Markets
Beitrag Nr. 133:	Uwe Cantner Andreas Pyka	Absorptive Fähigkeiten und technologische Spillovers - Eine evolutionstheoretische Simulationsanalyse