

„Evolution in Geschichte und Wirtschaft“*

**History Friendly Models in der
Evolutorischen Ökonomik**

Seminararbeit am Lehrstuhl für
Volkswirtschaftslehre, insbesondere Managerial Economics,
der technischen Universität Dresden
Prof. Dr. Marco Lehmann-Waffenschmidt

Hauptseminar SS 2004

Eingereicht von:

Simone K. Stahl
Matrikelnummer: 2998434

Bastian Ristau
Matrikelnummer: 1234567

Dresden, den 15. Juni 2004

Inhaltsverzeichnis

1	Bedeutung von History Friendly Models in der ökonomischen Evolution..	1
2	Modellbildung	2
2.1	Annahmen und Voraussetzungen	2
2.2	Strukturen wirtschaftlicher Evolution	3
2.3	Simulation von History Friendly Models	9
3	Umsetzung von History Friendly Models in verschiedenen Industrien.....	10
3.1	Computerindustrie	10
3.1.1	Evolution der Computerindustrie.....	10
3.1.2	Modellbeschreibung	12
3.1.3	Simulation	16
3.2	Pharmazeutische Industrie	25
3.2.1	Evolution der pharmazeutischen Industrie.....	25
3.2.2	Modellbeschreibung	26
3.2.3	Simulation	30
4	Kritische Betrachtung von History Friendly Models und Ausblick	41
	Abbildungsverzeichnis.....	II
	Literaturverzeichnis	III

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aktualisierungsprozess eines Prozesssystems	5
Abbildung 2: Systemübergänge und Pfadabhängigkeit	7
Abbildung 3: Technologische Grenzen	13
Abbildung 4: Indifferenzkurven der unterschiedlichen Käufergruppen	13
Abbildung 5: Simulationsergebnis nach 30 Perioden	17
Abbildung 6: Simulationsergebnis nach 70 Perioden	18
Abbildung 7: Simulationsergebnis nach 130 Perioden	19
Abbildung 8: Herfindahl Index	19
Abbildung 9: Anzahl der Firmen im Mainframe Markt	20
Abbildung 10: Anzahl der Firmen im PC Markt	21
Abbildung 11: Herfindahl Index	22
Abbildung 12: Anteil der diversifizierenden Firmen im PC Markt	23
Abbildung 13: Anteil der diversifizierenden Firmen	24
Abbildung 14: "History Friendly" Modell der Pharmaindustrie	27
Abbildung 15: Herfindahl Index – Durchschnittliche Konzentration in jedem TA ...	32
Abbildung 16: Herfindahl Index	32
Abbildung 17: Marktanteil der Innovationsfirmen	33
Abbildung 18: Durchschnittliche Anzahl der therapeutischen Bereiche, die von jeder Firma abgedeckt werden	33
Abbildung 19: Performance Index (% der gesamten Qualität)	34
Abbildung 20: Herfindahl Index (Durchschnittliche Konzentration in jedem therapeutischen Bereich)	35
Abbildung 21: Herfindahl Index	36
Abbildung 22: Marktanteil der Innovationsfirmen	36
Abbildung 23: Durchschnittliche Anzahl der therapeutischen Bereiche, die von jeder Firma abgedeckt werden	37
Abbildung 24: Performance Index (% der gesamten Qualität)	37
Abbildung 25: Durchschnittliche Konzentration in jedem therapeutischen Bereich (Herfindahl Index)	38
Abbildung 26: Herfindahl Index	39
Abbildung 27: Marktanteil der Innovationsfirmen	39
Abbildung 28: Anzahl der therapeutischen Bereiche, die von jeder Firma abgedeckt werden	40
Abbildung 29: Performance Index (% der gesamten Qualität)	40

Literaturverzeichnis

- Andersen, E. S.:** Evolutionary Economics: Post-Schumpeterian Contributions, London (1996).
- Antonelli, C.; Petit, P., Tahar G.:** The Diffusion of Interdependent Innovations in the Textile Industry, in: Structural Change and Economic Dynamic, (1991), Nr. 2.
- Brenner, T., Murmann, J. P.:** The Use of Simulations in Developing Robust Knowledge about Causal Processes: Methodological Considerations and an Application to Industrial Evolution, in: Papers on Economics & Evolution Nr. 0303, Max Planck Institut, Jena (2003).
- Dopfer, K.:** History-Friendly Theories in Economics: Reconciling Universality and Context in Evolutionary Analysis, in: Frontiers of Evolutionary Economics – Competition, Self-Organization and Innovation Policy, (2003), pp. 160-187.
- Dosi, G.; Marengo, L.:** Some Elements of an Evolutionary Theory of Organizational Competence, in: Evolutionary Concepts on Contemporary Economics, University of Michigan Press, Ann Arbor (1993).
- Hodgson, G. M.:** Economics and Evolution: Bringing Life Back into Economics, Cambridge (1993).
- Malerba, F.; Nelson, R.; Orsenigo, L.; Winter, S.:** “History Friendly” Models of Industry Revolution: The Computer Industry, in: CESPRI, (1999a), Working Paper Nr. 3.
- Malerba, F.; Nelson, R.; Orsenigo, L.; Winter, S.:** Product Diversification in a “History Friendly” Model of the Evolution of the Computer Industry, in: Reginald H. Jones Center, (1999b), Working Paper Nr. 99-09.
- Malerba, F.; Nelson, R.; Orsenigo, L.; Winter, S.:** History-Friendly Models: An Overview of the Case of the Computer Industry, in: Journal of Artificial Societies and Social Simulation, Vol. 4 (2001), Nr. 3.
- Malerba, F.; Orsenigo, L.:** Towards a History Friendly Model of Innovation, Market Structure and Regulation in the Dynamics of the Pharmaceutical Industry: The Age of Random Screening, in CESPRI, (2001), Working Paper Nr. 124.
- Nelson, R.; Winter, S.:** An Evolutionary Theory of Economic Change, in: Harvard University Press, Cambridge, MA (1982).

Teece, D. J.; Pisano, G.; Shuen, A.: Dynamic Capabilities and Strategic Management, Working Paper (1992).

Teece, D. J.; Rumelt, R.; Dosi, G.; Winter, S.: Understanding Corporate Coherence: Theory and Evidence, in: Journal of Economic Behavior and Organization, Vol. 23 (1996), pp. 1-130.

Whitehead, A. N.: Process and Reality, An Essay in Cosmology, Macmillan, London (1978).

1 Bedeutung von History Friendly Models in der ökonomischen Evolution

Ursprünglich argumentierten Wissenschaftler in der Wirtschaft fast ausschließlich mit verbalen Modellen. Eine kritische Betrachtung dieser Modelle veranlasst Wissenschaftler seit einigen Jahren, die Gültigkeit dieser in Bezug auf die ökonomische Evolution zu überprüfen und voranzubringen, indem sie so genannte „History Friendly“ Modelle kreieren. Es handelt sich hierbei um formale Modelle, die untersuchen sollen, welche Faktoren und dynamischen Prozesse für die unterschiedlichen Entwicklungen der Industrien sowie den industriellen Wandel ausschlaggebend waren (vgl. Malerba/Orsenigo, 2001). Diese Herangehensweise ist einerseits mit der kontinuierlich fortschreitenden Entwicklung der Wissenschaft zu erklären, zum anderen sind altbekannte mathematische Instrumente für diesen Zweck erst seit den sechziger Jahren Einsatz (vgl. Nelson/Winter 1982).

Legt man die drei historischen ökonomischen Stadien von Andersen (1996) und Hodgson (1993) zugrunde, dann sind „History Friendly“ Modelle dem letzten Stadium, der so genannten „New evolutionary Economics“, zuzuordnen. Grundlegende Erkenntnisse in diesem neuen wissenschaftlichen Bereich gehen unter anderem auf Smith (1982), mit seinen Überlegungen zur Evolution und Spieltheorie, und Nelson/Winter (1982), mit ihrer evolutorischen Theorie vom ökonomischen Wandel, zurück. Vorgänger dieser Modelle werden in der Literatur als „First Generation“ Modelle bezeichnet. Sie versuchen ökonomische Prozesse und deren Logik, wie beispielsweise Wachstum, Marktdynamik, Beziehungen von Marktstruktur und Innovation sowie Diffusionsprozesse verbal zu erklären. Die Kausaltheorie, die ausgehend von empirischen Daten beobachtete Muster und ökonomische Phänomene reflektiert, zählt ebenfalls zu den „First Generation“ Modellen.

Im Gegensatz zu den „First Generation“ Modellen sind „History Friendly“ Modelle eher abstrakt und schwächer mit der Empirie verbunden. Sie bedienen sich dennoch der Erkenntnisse der „First Generation“ Modelle, indem sie wesentliche Aussagen dieser festhalten und weiterverarbeiten, um logische Zusammenhänge in der Evolution zu erkunden (vgl. Malerba u.a. 1998). Dabei können „History Friendly“

Modelle unterschiedliche Ereignisse, die Einfluss auf die ökonomische Evolution hatten und haben, auf verschiedenem Wege beleuchten. Beispielsweise kann analysiert werden, welchen Einfluss staatliche Eingriffe auf die technologische Evolution und die Industrie haben oder auch, wie sich eine schnelle Adaptionsfähigkeit an eine neue Technologie auf den Erfolg eines Unternehmens auswirkt. Weiter können solche Modelle auch Faktoren wie Markentreue oder Ausgaben für Forschung und Entwicklung untersuchen, um nur einige Beispiele zu nennen. Wichtig ist dabei immer, dass ökonomische Ereignisse im Kausalzusammenhang betrachtet werden.

Im Folgenden soll zunächst beschrieben werden, wie „History Friendly“ Modelle gebildet werden und wie eine Simulation durchzuführen ist. Im Anschluss daran werden beispielhaft zwei vereinfachte „History Friendly“ Modelle unterschiedlicher Industrien vorgestellt. Anhand von Simulationen wird aufgezeigt, in welchem Umfang und mit welcher Qualität diese Modelle die Vergangenheit nachbilden können und welche Auswirkung veränderte Variablen, wie beispielsweise eine höhere Nachfrage oder eine gesteigerte technologische Anpassungsfähigkeit, auf die ökonomische Evolution gehabt hätten. Zum Abschluss erfolgt eine kritische Würdigung der „History Friendly“ Modelle, wobei auch zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten und Trends aufgezeigt werden.

2 Modellbildung

2.1 Annahmen und Voraussetzungen

Klassisch werden wirtschaftliche Prozesse als statisch angenommen. Sie betrachten einzelne punktuelle Phänomene losgelöst von den zugrunde liegenden Rahmenbedingungen wie beispielsweise des politoökonomischen Systems. Auch bei der Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaftszweigen wurden nur vereinzelt Versuche unternommen, weitere Rahmenbedingungen in die Modelle zu integrieren. Stattdessen wurde vielfach versucht, das Rationalitätsprinzip auf andere Bereiche wie z.B. die Biologie zu übertragen. Wirtschaftliche Prozesse unterliegen jedoch einer Dynamik, die in die Modellbildung mit einbezogen werden muss. History

Friendly Models versuchen daher, den räumlichen und zeitlichen Kontext in das Modell mit einzubeziehen. Dadurch sollen langfristige Phänomene und Entwicklungen erklärt und kausale Zusammenhänge zwischen Kontext und Evolution aufgedeckt werden. Dass diese Idee nicht neu ist, zeigt die Arbeit von T.B. Veblen von 1898. Dopfer (2001) hat diese wirtschaftlicher Evolution zugrunde liegenden Strukturen untersucht und Erkenntnisse mehrerer Wissenschaftler zusammengetragen.

2.2 Strukturen wirtschaftlicher Evolution

Dopfer nennt seine Herangehensweise, den Kontext in die Modellbildung mit einzubeziehen, historisch. Hierbei steht histo für historisch und nomisch für theoretisch oder auch zukunftsgerichtet. Dies soll zum Ausdruck bringen, dass Vergangenheit und Zukunft gleich gewichtet werden.

Der Kontext beinhaltet wie schon erwähnt sowohl eine zeitliche als auch eine räumliche Dimension. Zeitlich wird das System hierbei diskret unterteilt. Dies ist gerechtfertigt durch die Tatsache, dass Phänomene in der Geschichte von jeher durch einzeln eintretende Ereignisse erklärt werden. Diese diskrete Einteilung der Zeit erlaubt zudem die Lösung von der objektiven Zeit und die Hinwendung zu einer internen Zeit bezüglich eines Prozesses. Die Länge eines Prozesses wird hierbei nicht anhand der tatsächlichen objektiven Länge gemessen, sondern anhand der Anzahl der diesen Prozess beeinflussenden punktuellen Ereignisse. Zur räumlichen Abgrenzung der Prozesse können zwei Kriterien herangezogen werden: politoökonomische Rahmenbedingungen und herrschendes System inklusive dessen Entwicklungscharakteristiken (ökonomisch, politisch, technologisch etc.). Diese sind z.B. ablesbar anhand von Indikatoren wie des BSP oder des Human Development Index der UN (UNDP). Diese Herangehensweise wirft jedoch ein Problem auf. Bei der Analyse müssen Spezialisten unterschiedlichster Fachrichtungen mit in die Theoriebildung einbezogen werden. Diese sind jedoch laut Dopfer in ihrem Blick zu

sehr auf ihr eigenes Forschungsgebiet fixiert, so dass sie den Blick für das Ganze verlieren. Dennoch lassen sich allgemeine Strukturen erkennen.

Entwicklungen wirtschaftlicher Prozesse werden im Wesentlichen von drei Faktoren beeinflusst: Anfangsbedingungen, punktuellen Interventionen und Zufall (Brenner, Murmann, 2003). Die stochastischen Prozesse bewirken dabei verschiedene Ausgänge / Trajektorien bei gleichen Startbedingungen. Aus diesen Annahmen folgt die Irreversibilität und Nicht-Wiederholbarkeit ökonomischer Prozesse. Diese Bedingung wird im Folgenden als gegeben vorausgesetzt. Dopfer unterteilt nun die Evolution wirtschaftlicher Prozesse in drei wesentliche Bestandteile: Prozesssystem, Systemübergang und Folge von Systemübergängen. Auf diese soll nun näher eingegangen werden.

Das Prozesssystem bildet die kleinste Einheit in der wirtschaftlichen Evolution. Dieses System ist ähnlich der biologischen Evolution aufgebaut. Die Adaption auf Unternehmen haben u.a. A. Chandler (1990), J. Mokyr (1991) und N.J. Foss (2001) untersucht. Übertragen auf wirtschaftliche Prozesse lässt es sich auffassen als Gerierung einer neuen Information, deren Verbreitung in dem speziellen Kontext und deren Adaption in der Praxis. Anhand dieser Beschreibung lässt sich das System in drei Phasen unterteilen: Ursprung, Entfaltung und Terminierung. Dieser Prozess wird als irreversibel angenommen. Bei der Untersuchung der einzelnen Phasen wird vom Individuum abstrahiert und die Auswirkung auf die gesamte Population betrachtet. Als Beispiele hierfür wären der Produktlebenszyklus oder die Änderung und Anpassung des Marktpreises zu nennen. Zur Beschreibung der einzelnen Phasen liefern Pierce und Whitehead (1978) ein abstraktes Grundgerüst basierend auf den zentralen Begriffen Ideen, Materie und Energie. Nach ihnen beinhaltet jedes System ein Potential. Grob zusammengefasst repräsentieren Ideen Potentiale, die durch Energie und Materie in Raum und Zeit aktualisiert werden. Dieses Potential entfaltet sich zeitlich geordnet solange, bis das Potential des Systems aufgebraucht ist.

Abbildung 1: Aktualisierungsprozess eines Prozesssystems

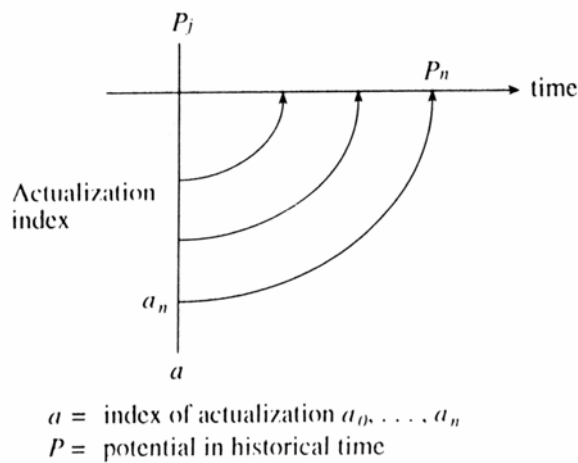


Figure 6.1 Evolutionary regime: actualization of potential

Quelle: Dopfer (2003, S. 167)

Dieses Konzept ist jedoch sehr theoretisch. Aufgabe zukünftiger Untersuchungen wird es sein, die partiellen Zusammenhänge von Innovation, Diffusion etc. zu identifizieren.

Größere Uneinigkeit herrscht jedoch über die Funktionsweise des Systemübergangs von einem in ein anderes Prozesssystem, obwohl oder gerade weil dies laut Dopfer der primus inter pares bei der Analyse evolutorischer Prozesse ist. Ein generelles Problem ist hierbei der geringe Erkenntnisstand. Hieraus resultierte in der Vergangenheit eine Vielzahl an Modellen. Einfache Modelle gehen von einem mechanischen beeinflussten Übergang aus. Der Evolution wird in diesen Modellen eine vorgegebene Richtung unterstellt, von der nur durch eine Störung abgewichen werden kann. Diese Annahme widerspricht jedoch durch Einbeziehung eines exogenen Schocks den Annahmen der History Friendly Models. Komplexere Modelle beziehen Unsicherheit bzw. Zufall explizit in die Modellierung ein. Allgemein wird hier von nicht-linearen Zusammenhängen und Modellen ausgegangen. Dennoch herrscht Uneinigkeit über weitere Strukturen. Einige Modelle sind zusätzlich erweitert um rekursive Funktionen und schließen die Chaostheorie mit ein, wohingegen andere nur einfache Übergangswahrscheinlichkeiten

einbeziehen. Des Weiteren existieren aus der Biologie und Physik nicht-lineare Modelle, die Änderungen der Trajektorien allein auf Änderungen der makroskopischen Umgebung, also des Kontexts, zurückführen. Lange Zeit galten qualitativ-generischer und quantitativ-physikalischer Ansatz als unvereinbar. Seit kurzem gibt es jedoch Bestrebungen, beide Ansätze zu kombinieren und in einem Gesamtmodell zu integrieren. Allen Modellen gemein ist hierbei die Annahme, dass die Transition von einem autonomen, systemeigenen Potential getrieben wird und abhängig von der Geschichte ist.

Um die Evolution wirtschaftlicher Prozesse vollständig erfassen zu können, genügt es jedoch nicht, sich nur mit einzelnen Systemübergängen zu beschäftigen. Erst die Analyse von Folgen von Systemübergängen kann Aufschluss über die Zusammenhänge geben. Diese Analyse ist jedoch in der Forschung aufgrund der bei einzelnen Systemübergängen herrschenden Unsicherheiten und der großen Komplexität relativ unbeliebt. Einen Einblick in die Grundstrukturen wagen jedoch Dopfer (2001) und Potts (2001) in einem Kommentar zu Dopfers Arbeit. Deren Modell baut auf Modellen zur Pfadabhängigkeit auf. Diese Konzepte werden verallgemeinert zu einem geschichtsabhängigen Modell. Dies schließt sowohl Vorwärts- als auch Rückwärtsabhängigkeit ein. Mit Vorwärtsabhängigkeit ist gemeint, dass, wie in der biologischen Evolution, am Ende eines Prozesssystems eine bestimmte Menge von möglichen Übergängen existiert. Dadurch ist der Ausgang des Prozesses offen und nicht vorhersagbar. Die Menge der Möglichkeiten wird dabei jeweils von der Menge der zu den jeweiligen Zeitpunkten vorhandenen Informationen bestimmt. Diese sind entweder durch das System selbst generiert oder von anderen Kontexten importiert. Rückwärtsabhängigkeit besteht darin, dass mit fortschreitender Zeit die Menge der möglichen Ausgänge durch die Wahl eines bestimmten Systemübergangs sukzessive verringert wird. Insgesamt kann die Evolution wirtschaftlicher Prozesse demnach als Netzwerk aufgefasst werden. Zur Veranschaulichung dient unten stehende Grafik. Die horizontale Achse spiegelt die Zeit wider und Knoten des Netzwerks stellen einzelne Prozesssysteme und die Kanten Systemübergänge dar.

Abbildung 2: Systemübergänge und Pfadabhängigkeit

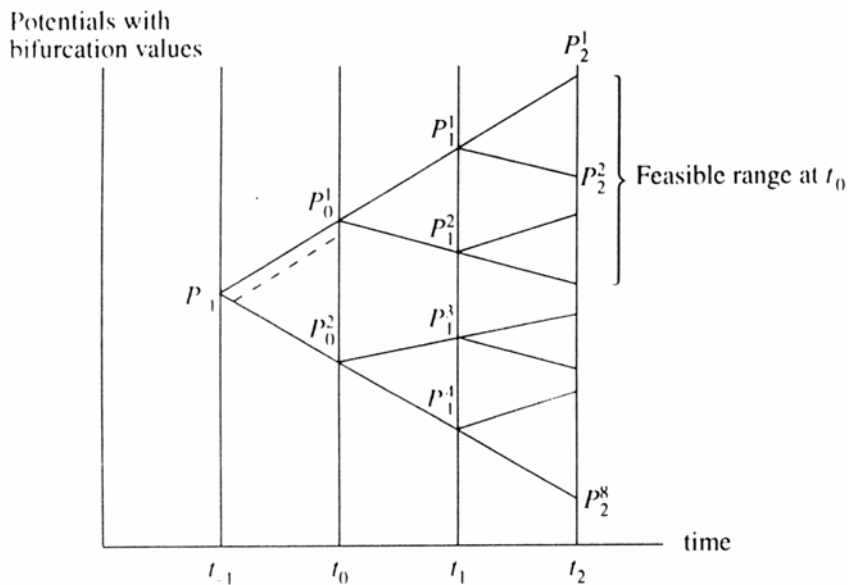


Figure 6.2 Transitions and the passage of time: historical dependence

Quelle: Dopfer (2003, S. 172)

Der oben erwähnte Import von Informationen aus anderen Kontexten bedeutet, dass Erfahrungen, die in anderen Kontexten gemacht wurden, von den Prozesssystemen als öffentliche Güter exportiert werden. Dies kann als Lernen aus der Geschichte aufgefasst werden. Ob diese öffentlichen Güter von einem anderen bestimmten Kontext importiert werden können, hängt jedoch von z.B. dem Entwicklungsstand oder dem zugrunde liegenden politoökonomischen System des jeweiligen Kontexts, also dem Kontext selbst ab. Dies bedeutet jedoch, dass das zugrunde liegende Netzwerk nicht statisch ist, sondern sich dynamisch über die Zeit erweitert, da neue Systemübergangsmöglichkeiten (Kanten) und Prozesssysteme (Knoten) hinzukommen. Zudem zieht Potts in Erwägung, dass einzelne Systeme Teilsysteme übergeordneter Systeme werden können. Als Beispiel ist der Computer zu nennen, der zunächst als allein stehendes Produkt entwickelt und konzipiert wurde, im Laufe der Zeit aber beispielsweise in Produktionsprozesse als Teilsystem eingebunden wurde. Das beides bedeutet, dass im Gegensatz zu Dopfers und Potts Behauptung, offen ist, ob sich die Anzahl der verbleibenden Systemausgänge im Laufe der Zeit

verringert oder nicht. Rückwärtsabhängigkeit ist somit nicht per se gegeben. Zudem bedeutet diese Erkenntnis, dass das Potential eines Systems nicht a priori gegeben ist, sondern durch das System bestimmt wird. Herausforderung der Forschung ist es nun, zu identifizieren, wie dieses Potential geschaffen wird und wie diese Modelle mathematisch zu modellieren sind. Mathematische Werkzeuge hierzu bieten die Algebra mit der Graphentheorie oder die Stochastik mit der Theorie der Markovketten.

Daraus ergibt sich Frage nach der Existenz einer universellen Ordnung, die sich in allen Raum-Zeit-Kontexten wiederholt. Wenn tatsächlich ein öffentlicher Gen-Pool existiert, die Systeme diesen nutzen und zusätzlich voneinander Lernen können und zudem dieses Wissen Einfluss auf das aktuelle Verhalten der Systeme und deren generelle Entwicklung haben, muss diese Frage bejaht werden. Vorausgesetzt, das zugrunde gelegte Modell von Dopfer entspricht der Realität. Unter Annahme dieser Bedingungen lassen sich nun verschiedene Entwicklungs- oder Wachstumsgenealogien ableiten. Dopfer unterscheidet zwischen Genealogie schrittweiser und Genealogie gleichzeitiger Sequenz.

Bei der Genealogie schrittweiser Sequenz entstehen Systemen schrittweise aus anderen. Verdeutlicht werden kann dies anhand folgender Beispiele: Feuer kam vor Dampfmaschine, Rad vor Postkutsche vor Eisenbahn. Für ein Beispiel speziell auf die Computerindustrie bezogen siehe Malerba et. Al. (1997). Bei schrittweiser Sequenz besteht per se eine zeitliche Abhängigkeit eines Systems von einem vorhergehenden. Daraus resultiert wiederum, dass die Systeme aufgrund des Wissenstransfers oder Kenntnis der Geschichte nicht wiederholbar sind. Es existiert demnach eine Vergangenheitsabhängigkeit. Hierbei exportiert die jeweils weiterentwickelte Population die bereits gewonnenen Erkenntnisse als öffentliche Güter. Die sich erst später entwickelte Population profitiert somit von diesen Erkenntnissen und optimiert seine Entscheidungen anhand der nun zur Verfügung stehenden Handlungsmöglichkeiten. Die Annahme gleichzeitiger Sequenzen unterscheidet sich von der Annahme schrittweiser Sequenzen dadurch, dass alles

historisch akkumulierte Wissen zu einem bestimmten Zeitpunkt verfügbar ist. Der Unterschied zur schrittweisen Sequenz besteht also darin, dass anstatt first and second movers early and late adopters existieren.

Abschließend bleibt überspitzt als Erkenntnis, dass wir selbst durch Modellbildung nicht erfahren können, wie unsere Zukunft aussehen wird.

2.3 Simulation von History Friendly Models

Simulationen werden in der Wissenschaft kontrovers diskutiert. Gegner wenden ein, dass mit Simulationen alles bestätigt oder widerlegt werden kann. Simulationen sind jedoch aufgrund der natürlichen Grenzen des menschlichen Gehirns die einzige Möglichkeit, komplexe kausale Zusammenhänge zu untersuchen. Es ist also der einzige Weg zu prüfen, ob verbal erklärte Zusammenhänge logisch sind. Zudem liefern Simulationen die Möglichkeit, Datenpunkte über die gesamte Spanne von Variablen zu füllen und somit Informationen über die Beziehung zweier Variablen zu generieren, die anders nicht gegeben wäre. Dies ermöglicht gleichzeitig, sowohl Geschichte zu replizieren als auch andere Szenarien zu untersuchen. Das zentrale Problem bei der Simulation von History Friendly Models besteht jedoch darin, dass aufgrund der hohen Komplexität gerade in den Sozialwissenschaften sehr wenig Wissen über die kausalen Zusammenhänge besteht. Daher muss das erste Ziel bei der Untersuchung sein, zunächst stilisierte Modelle zu entwerfen, die die Zusammenhänge der Hauptfaktoren aufzeigen und wie Systeme sich über die Zeit ändern. Hierbei ist es wichtig, zwischen Anfangsbedingungen, Entwicklungen, die durch punktuelle Interventionen verursacht werden, und Entwicklungen, die zufällig beeinflusst sind, zu unterscheiden.

Brenner und Murmann (2003) haben diesen Versuch der Modellierung unternommen und ein Simulationsmodell entworfen. Sie unterteilen den Aufbau der Simulation in vier Phasen: Bestimmung der relevanten Parameter, Unterteilung der Simulationen in Gruppen, Betrachtung der kausalen Zusammenhänge und statistische Analyse der Ergebnisse. Zunächst werden alle relevanten Parameter identifiziert. Für diese

existieren entweder aus der Geschichte konkrete Werte oder durch empirische Befunde eine Spanne, in der sich die Werte befinden. Eine Gruppe entsteht nun dadurch, dass für alle Parameterwerte, die nicht konkret bestimmt sind, ein Bernoulli-Experiment durchgeführt wird, d.h. die Werte zufällig bestimmt werden. Nun für jede Gruppe der gleiche zu untersuchende Parameter ausgewählt und variiert. Für jeden Wert dieses variierten Parameters werden nun Simulationen durchgeführt. Dies erlaubt einen Schluss auf die kausalen Zusammenhänge des variierten mit den anderen, fixen Parametern. Abschließend werden die entdeckten kausalen Zusammenhänge statistisch analysiert und verifiziert. Ein Problem dieser Methode ist jedoch die hohe Rechenintensität. Je mehr Gruppen in die Simulation mit einbezogen werden und je kleiner die Schritte bei der Variation des Parameters sind, desto besser lassen sich Aussagen über die kausalen Zusammenhänge treffen. Jedoch steigt hierbei der Rechenaufwand immens. So belief sich der Aufwand der Untersuchungen bei Brenner und Murmann, die die Färberindustrie um die Jahrtausendwende untersuchten auf 12.000 Simulationen pro variierten Parameter (100 Gruppen, 6 Variationen, 20 Simulationen pro variierten Parameterwert).

3 Umsetzung von History Friendly Models in verschiedenen Industrien

3.1 Computerindustrie

3.1.1 Evolution der Computerindustrie

Die Evolution der Computerindustrie ist von kontinuierlichen technologischen Veränderungen und neu auftretenden Technologien geprägt. Sie kann in vier Ären eingeteilt werden. Die erste Ära ist durch die Entwicklung von sogenannten **Mainframe Computern** gekennzeichnet. Hierbei handelt es sich um Computeranlagen mit erheblich größerem Platzbedarf im Vergleich zu modernen Personal Computern (PCs). Während und nach dem zweiten Weltkrieg haben Regierungen unterschiedlicher Länder Projekte gefördert, die zum Ziel hatten Computer für Regierungszwecke zu entwickeln. In den späten 1940er Jahren und 1950er Jahren bemühten sich zusätzlich zahlreiche Unternehmen in den USA und in

Europa darum, Computer zu entwickeln, welche auch für Firmen, Banken, Verwaltungen, etc. interessant sein könnten. Bis in die 1980er Jahre hinein waren Großrechner die am weitesten verbreiteten Computersysteme, und sie finden sich auch heute noch in Rechenzentren von Firmen, Verwaltungen, usw. Bis in die 1980er Jahre hinein spielte IBM eine dominierende Rolle im Bereich der Großrechner und hat auch heute noch eine herausragende Stellung in diesem Marktsegment (vgl. Malerba u.a. 1999b).

Die zweite Ära begann mit der Entwicklung von **Minicomputern**. Eine neu eingeführte Technologie (integrated circuits = Integrierte Schaltkreise) ermöglichte eine signifikante Verbesserung der Leistung bei Mainframe Rechnern und führte gleichzeitig zu einer Verringerung der Herstellungskosten. Mit den Minicomputern wurde nun auch eine andere Zielgruppe angesprochen, wie beispielsweise klein- und mittelständische Unternehmen. IBM, die bis dahin den amerikanischen sowie den europäischen und den japanischen Markt dominiert haben, bekamen Konkurrenz aus dem eigenen Land, die sich teilweise signifikant am Markt durchsetzen konnte. Trotz bestehender Möglichkeiten haben es Europa und Japan nicht geschafft, sich in der eigenen Region zu etablieren und somit konnten sich amerikanische Firmen auch auf diesen Auslandsmärkten eine Marktführerschaft sichern (vgl. Malerba u.a. 1999a).

In der dritten Ära ermöglichte die Erfindung des Mikroprozessors eine kostengünstige Herstellung von für den Privatgebrauch tauglichen **Personal Computern**. 1980 begann IBM mit der Entwicklung eines Personal Computers, um den damals noch kleinen Firmen wie Apple oder Commodore dieses Segment nicht kampflos zu überlassen. Bei der Verbreitung des PCs konnte IBM Standards setzen, verlor aber zunehmend Marktanteile an andere PC-Hersteller, da IBM seine Aktivitäten weiterhin auf Großrechner konzentrierte. Anders als IBM, das sowohl Komponenten als auch Software selbst entwickelte, kauften die neuen Firmen zum größten Teil die für die PC Herstellung benötigten Komponenten am freien Markt und ließen die benötigte Software von externen Spezialisten entwickeln (vgl. Malerba 1999b).

Mittlerweile ist die vierte Ära angebrochen, die von **Netzwerk Computern** und vermehrter Internetnutzung geprägt ist. Verschiedene Firmen haben sich mittlerweile

spezialisiert und konkurrieren in unterschiedlichen Marktsegmenten wie beispielsweise Druckern, Betriebssystemen und Anwendungssoftware miteinander. Trotz einstiger Marktführerschaft in der ersten Ära konnte IBM in keiner der darauffolgenden Ären keine dominante Marktposition mehr einnehmen (vgl. Malerba 1999b).

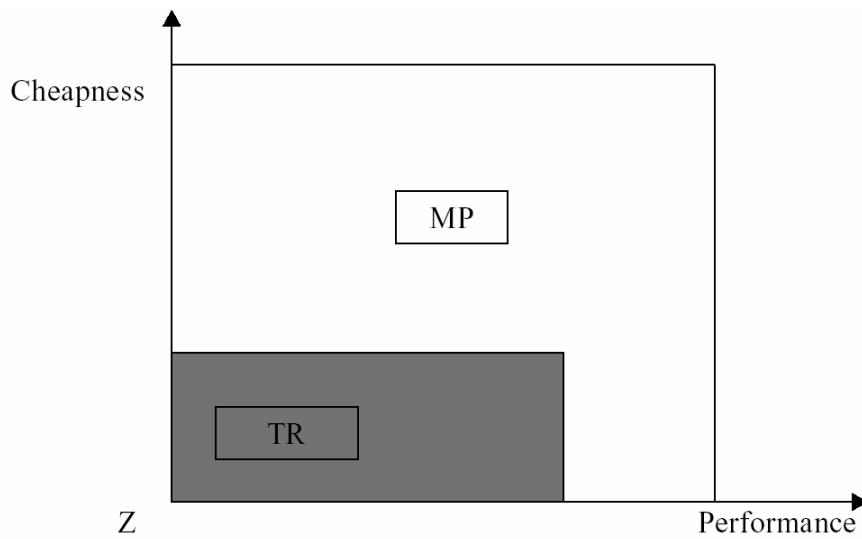
3.1.2 Modellbeschreibung

Im Folgenden wird das „History Friendly“ Modell von Malerba u.a. (1999a) in vereinfachter Form beschrieben. Es konzentriert sich darauf, Charakteristika und strukturelle Veränderungen zu erklären, wobei hier insbesondere die Einführung neuer Technologien und die damit neu entstandenen Märkte gemeint sind. Anhand des Modells soll, wie bereits in Kapitel 3.1.1 beschrieben, präsentiert werden, wie es dazu kam, dass IBM im Mainframe Markt seine Position als Marktführer halten konnte, aber nie die Marktführerschaft in den neuen Marktsegmenten erreichte.

Für die Modellbildung werden folgende Prämissen angenommen:

Zu Beginn der ersten Ära existiert nur eine Technologie, nämlich die „Transistor“ Technologie und erst später tritt die sogenannte Mikroprozessors Technologie auf. Potentielle Kunden bewerten den Computer anhand der Leistung und des Preises. Je höher die Leistung und je niedriger der Preis ist, desto attraktiver ist der Computer für den Kunden. Abbildung 3 stellt die technologischen Grenzen der beiden Technologien dar. Die Abbildung gibt Aufschluss darüber, dass durch den Einsatz der Mikroprozessortechnologie, bei gleichzeitiger Preisoptimierung für den Kunden, eine bessere Leistung der Maschinen erzielt werden kann. Dies ist allerdings nur mit Investitionen im Forschungs- und Entwicklungsbereich und der positiven Ausnutzung von Lerneffekten möglich (vgl. o.V. 2001).

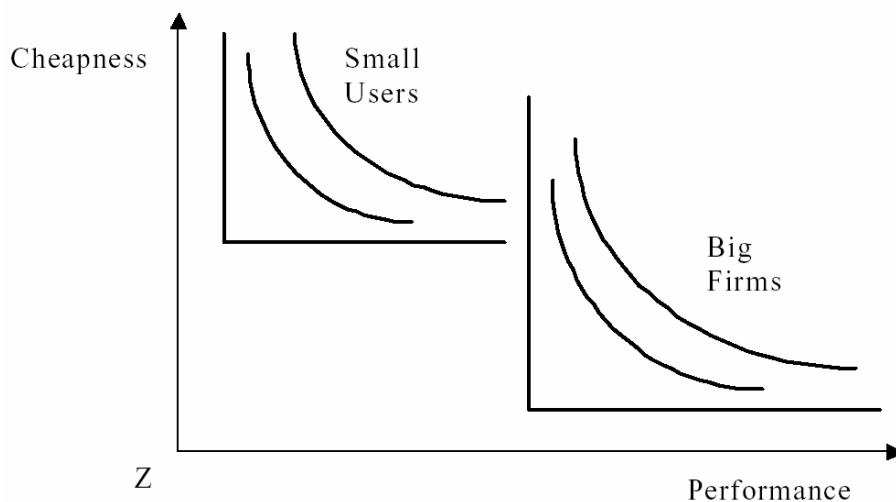
Abbildung 3: Technologische Grenzen



Quelle: Malerba u.a. (1999a, S. 11)

In Abbildung 4 werden Indifferenzkurven von den unterschiedlichen Nachfragergruppen abgebildet. Legt man die zwei vorgestellten Graphiken gedanklich übereinander, so lässt sich feststellen, dass die äußerste Grenze der Transistor Technologie den Ansprüchen von kleinen Firmen oder privaten Nutzern nicht gerecht werden kann, da die Transistortechnologie nicht günstig genug angeboten werden kann.

Abbildung 4: Indifferenzkurven der unterschiedlichen Käufergruppen



Quelle: Malerba u.a. (1999a, S. 11)

In Bezug auf **Innovationen** wird davon ausgegangen, dass sich Firmen als Folge von Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen und auf Grund der Nutzung einer neuen Technologie in einem permanenten Lernprozess befinden. Das Modell soll dabei die wichtigsten Elemente der „Dynamic Competence Theory“, die von Winter (1987), Dosi/Marengo (1993) und Teece u.a. (1992, 1996) entwickelt wurde, berücksichtigen. Weiterhin wird die Annahme zugrunde gelegt, dass Firmen eine gewisse Zeit benötigen, um mit einer neuen Technologie vertraut zu werden, bevor sie ein marktfähiges Produkt verkaufen können. Außerdem werden bei Einführung der Transistorentechnologie sämtliche Forschungs- und Entwicklungskosten von Risikokapitalgebern finanziert, wobei diese Kosten in allen Perioden konstant sind. Weiter verbessern alle Unternehmen ihr Leistungs-/Kostenverhältnis von Periode zu Periode. Diese Verbesserung erfolgt nach folgender Gleichung:

$$\text{change } X_i = a_0(R_i)^{a1}(T_i)^{a2}(L_i - X_i)^{a3}e$$

R: Ausgaben einer Firma für R&D

I=1: Leistung

I=2: Preisniveau

T: Anzahl der Perioden, mit der sich eine Firma bereits mit der Technologie (hier: Transistorentechnologie) beschäftigt

$(L_i - X_i)$: Entfernung zum technologischen Grenze

e: Zufälliges Element, das Auskunft über das Potential einer Firma gibt

In bezug auf die **Marktdynamik** soll gemessen werden, wie viele Computer die Kunden kaufen, gesetzt den Fall, dass dieser Computer der einzige ist, der den Ansprüchen in beiden Dimensionen (X1 Cheapness und X2 Performance) gerecht wird.

Die Anzahl M der gekauften Computer errechnet sich wie folgt:

$$M = b_0(X_1 - X_{1min})^{b1}(X_2 - X_{2min})^{b2}$$

Angenommen es existieren mehrere Computer einem Markt, die den Ansprüchen der Kundschaft gerecht werden, dann müssen zusätzliche Variablen mit einbezogen werden. Der Markt wird aus diesem Grund in eine große Anzahl Untermärkte aufgeteilt. Die Wahrscheinlichkeit P_i , dass ein bestimmter Käufer oder eine Käufergruppe einen bestimmten Computer i kaufen, ist wie folgt:

$$P_i = c_0(M_i)^{c_1}(m_i+d_1)^{c_2}(A_i+d_2)^{c_3}$$

$c(0)$: Gegeben, damit die Summe der Wahrscheinlichkeiten =1 ergibt

M: „Merit“ (Vorzug) des Computers

m: Marktanteil

$d(1)$: Versichert, dass die Computer den Markt erstmalig betreten

A: Ausgaben für Werbung

$d(2)$: wie $d(1)$; versichert, dass noch keine Ausgaben für Werbung getätigt wurden

Kunden entscheiden sich beim Kauf eines Computers für das Modell, dessen „Merit“ am größten ist. Ein anderes wird nur dann gekauft, wenn der favorisierte Computer ausverkauft ist oder ein anderer aufgrund intensiver Marketing Kampagnen in den Vordergrund gerückt wird.

Hinsichtlich des Wettbewerbs, der unter den verschiedenen Technologien herrscht, und der Übergangsdynamik von einer Technologie zur anderen wird im Modell berücksichtigt, dass Firmen zwischen den Technologien wechseln können und dass Firmen die Möglichkeit haben in unterschiedlichen Märkten zu diversifizieren. Dies kann jedoch sehr zeitaufwendig und mit hohen Kosten verbunden sein. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Transistor Firma auf Mikroprozessortechnologie umstellen wird, ist eine Funktion bestehend aus zwei Variablen. Die erste gibt an, wie lange Mikroprozessor Computer schon auf dem Vormarsch sind, und die zweite Variable gibt an, wie weit die Transistor Firma von der technologischen Grenze der Transistor Technologie entfernt ist. Entscheidet sich eine Transistor Firma zur neuen Technologie zu wechseln, dann liegt der größte Vorteil darin, dass die Firma meist über eine hohes Forschungs- und Entwicklungsbudget verfügt. Neben hohen Umstellungskosten und dem hohen Zeitaufwand ist der größte Nachteil, dass die über die Jahre hinweg erlangte Kompetenz im Bereich der Transistor Technologie,

wenn überhaupt, nur wenig zu gebrauchen ist. Die Transistorfirmen starten aus dem soeben genannten Grund nahezu bei null und hinken den Firmen hinterher, die schon früher in die Mikroprozessor Technologie eingestiegen sind.

3.1.3 Simulation

Im Rahmen der Simulationen versuchen Malerba u.a. (1999a) zum einen die Evolution der Computertechnologie und der Computerindustrie zu replizieren, und zum anderen führen sie einige Simulationsläufe durch, bei denen jeweils ein Schlüsselparameter geändert wird (History-Divergent-Simulations), um herauszufinden, wie sich die Evolutionsmuster verändern.

Die Simulation der realen Evolution zeigt, dass sich eine Firma (IBM) relativ schnell im Mainframe Markt etablieren konnte und auch nach dem Eintritt von Mikroprozessor Firmen in diesen Markt die Marktführerschaft beibehalten konnte. IBMs Diversifizierungsstrategie in den PC Markt ging einher mit einem beträchtlichen Anstieg des Marktanteils in diesem Markt, allerdings war es IBM nicht möglich dort eine dominierende Stellung einnehmen. IBM reagierte ebenfalls relativ zügig auf die Verfügbarkeit der neuen Technologie, wechselte allerdings erst nachdem die ersten Mikroprozessor Firmen in den Mainframe Markt eingedrungen sind, zur Mikroprozessor Technologie. Ein großes Forschungs- und Entwicklungsbudget ermöglichte es IBM jedoch mit den neuen Firmen im PC Markt schnell Fuß zu fassen.

Bei den History-Divergent-Simulations wird in einer der Simulationen angenommen, dass Mikroprozessor Firmen den Mainframe Markt bereits betreten, bevor sich eine dominante Firma etablieren konnte. Weiter ist es für Transistor Firmen kostspielig, die neue Mikroprozessor Technologie zu adaptieren, und gleichzeitig verläuft dieser Prozess eher schleppend. In einer anderen Simulation soll die Nachfrage im PC Markt stark auf die Werbemaßnahmen und weniger auf die Computerqualität reagieren.

Die nachfolgenden Grafiken bilden die Ergebnisse der Simulation ab, die versucht die tatsächliche Evolution der Computertechnologie und der Computerindustrie zu replizieren.

Abbildung 5: Simulationsergebnis nach 30 Perioden

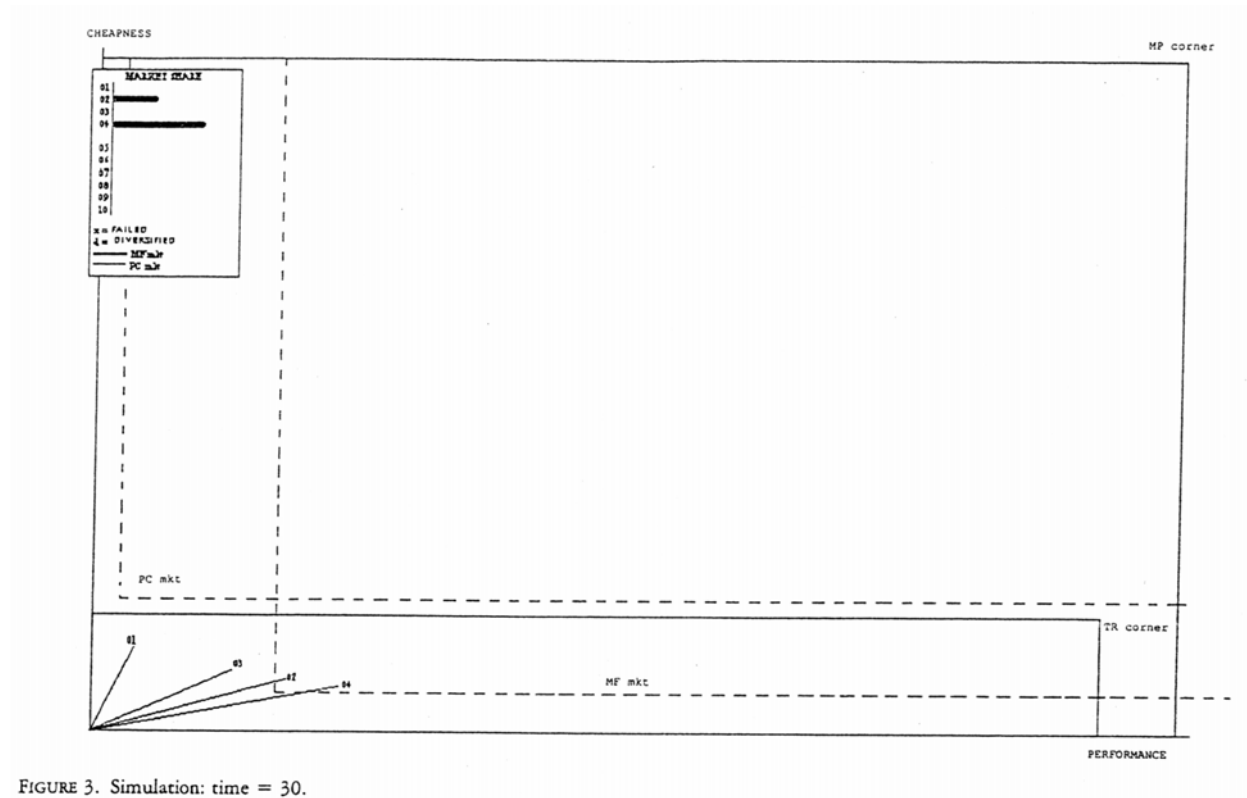


FIGURE 3. Simulation: time = 30.

Quelle: Malerba u.a. (1999a, S. 28)

Abbildung 6: Simulationsergebnis nach 70 Perioden

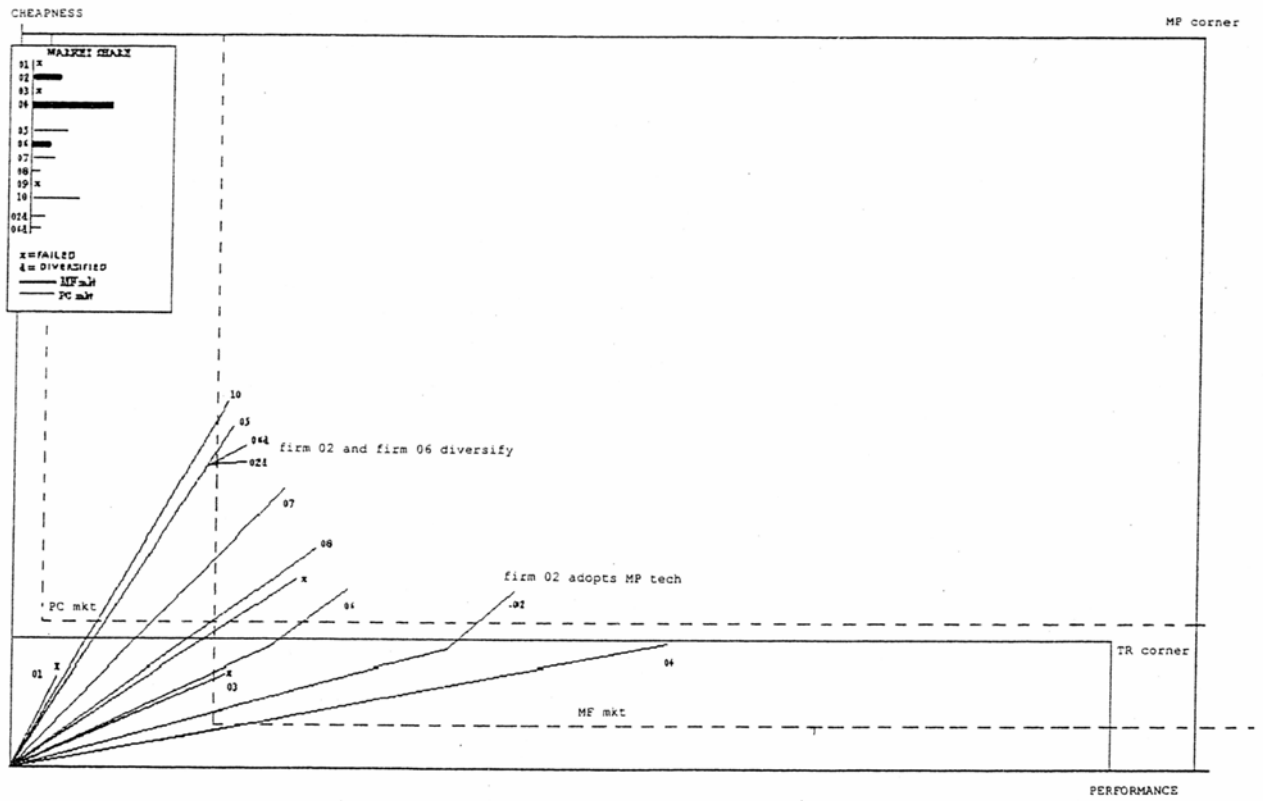


FIGURE 4. Simulation: time = 70.

Quelle: Malerba u.a. (1999a, S. 29)

Abbildung 7: Simulationsergebnis nach 130 Perioden

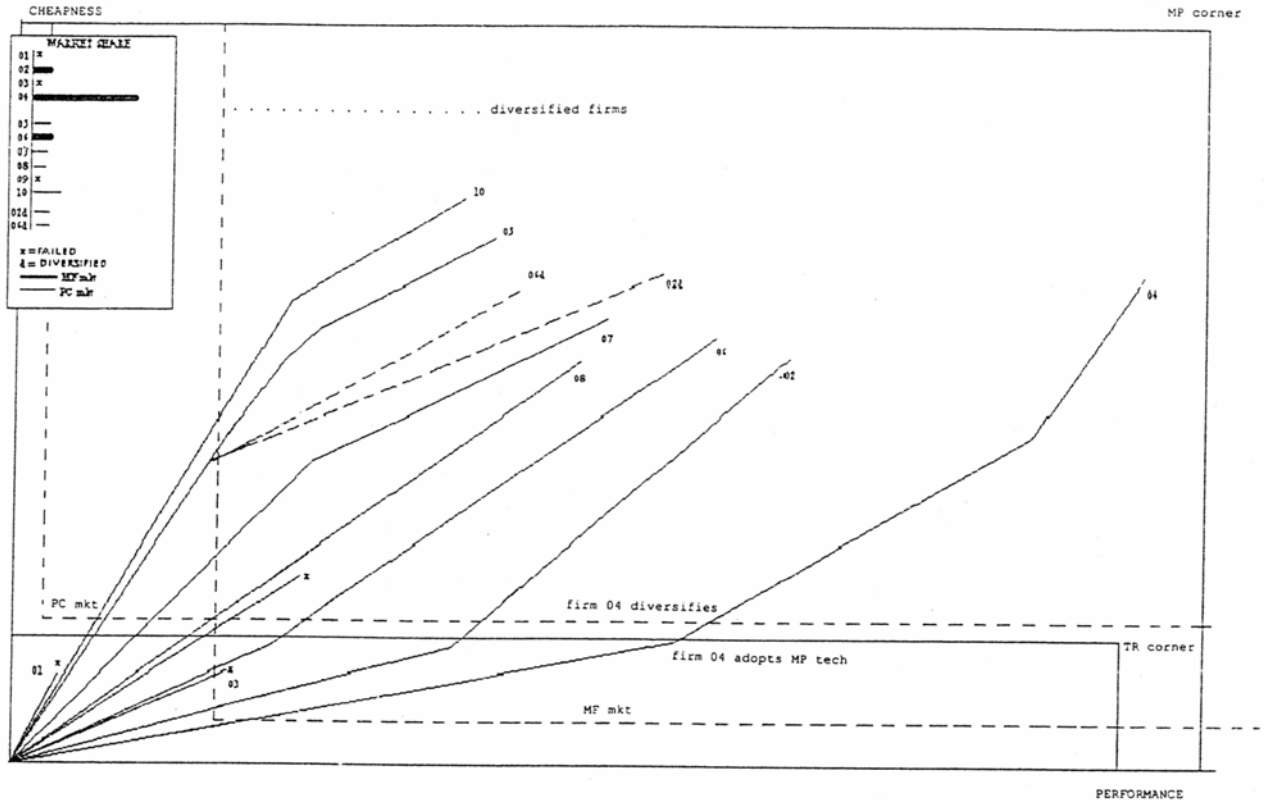


FIGURE 5. Simulation: time = 130.

Quelle: Malerba u.a. (1999a, S. 30)

Abbildung 8: Herfindahl Index

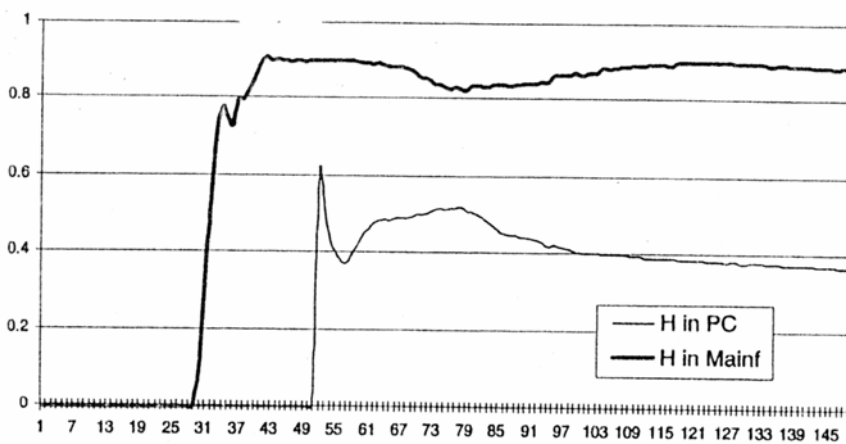


FIGURE 6. Herfindahl in PC and mainframe markets (standard set).

Quelle: Malerba u.a. (1999a, S. 31)

Abbildung 8 spiegelt die durchschnittliche Marktkonzentration des Mainframe Marktes nach 50 Läufen wider. Um die Periode 30 steigen Firmen erstmalig in den Mainframe Markt ein, wobei sich eine Firma herauskristallisiert. In der Periode 50 betreten Mikroprozessor Firmen als neue Konkurrenten den Mainframe Markt. Die Graphik zeigt, dass dieses Geschehen ein kurzzeitiges Abfallen des Herfindahl Index im Mainframe Markt mit sich bringt, das allerdings nur einige Perioden anhält. Dies spiegelt die schnelle Adaption der neuen Mikroprozessor Technologie bei IBM wider. Die niedrigere Marktkonzentration im PC Markt ist damit zu erklären, dass wesentlich mehr neue Mikroprozessor Firmen sich auf diesen Markt gestürzt haben (vgl. Malerba u.a 1999a; Malerba 1999b).

Abbildung 9: Anzahl der Firmen im Mainframe Markt

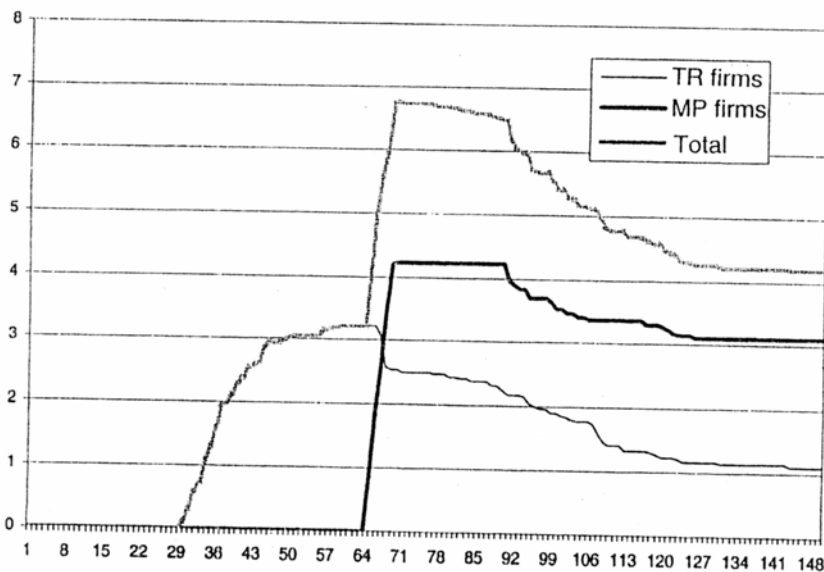


FIGURE 7. Number of firms in mainframe market (standard set).

Quelle: Malerba u.a. (1999a, S. 31)

Abbildung 9 zeigt, dass sich auf lange Sicht nur drei Mikroprozessor Firmen, die den Markt um Periode 60 betreten haben, am Mainframe Markt überleben.

Abbildung 10: Anzahl der Firmen im PC Markt

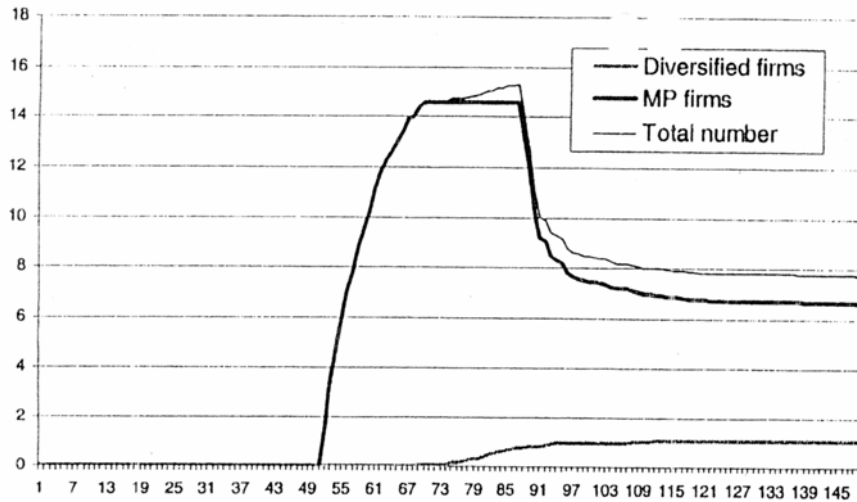


FIGURE 8. Number of firms in PC market (standard set).

Quelle: Malerba u.a. (1999a, S. 32)

Abbildung 10 stellt im Vergleich die Anzahl der Firmen im PC Markt dar. Die um die Periode 80 entsprungene Kurve Diversified Firms spiegelt die Diversifikationsstrategie von IBM wider, die zu diesem Zeitpunkt zur neuen Mikroprozessor Technologie wechseln und daraufhin auch im PC Markt Fuß fassen können. Allerdings ist deutlich zu erkennen, dass es IBM nicht möglich ist, eine vergleichbar starke Marktposition wie im Mainframe Markt zu erlangen.

Abbildung 11: Herfindahl Index

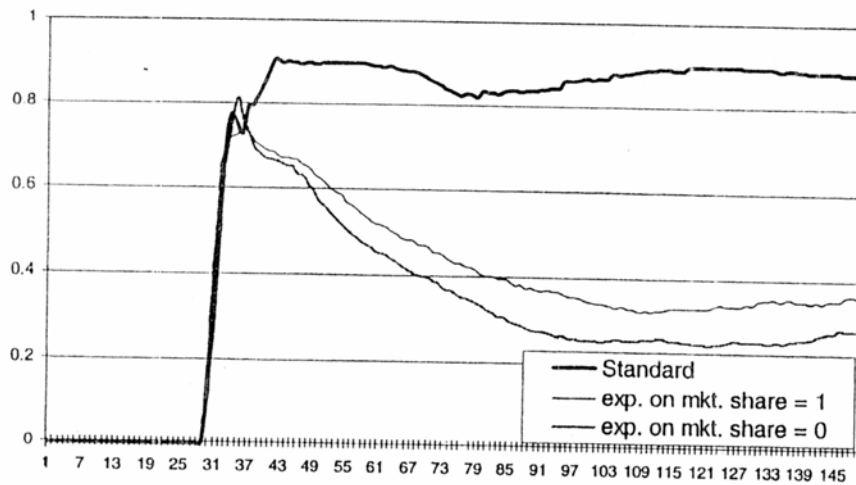


FIGURE 11. Herfindahl index in mainframe market: early entry of microprocessor firms and high difficulty in adoption.

Quelle: Malerba u.a. (1999a, S. 34)

Die Abbildung 11 präsentiert den Herfindahl Index unter der Annahme, dass Mikroprozessor Firmen in den Mainframe Markt eintreten, bevor eine Firma die Möglichkeit hatte diesen Markt zu dominieren. Ferner wird angenommen, dass ein Wechsel von der Transistor Technologie zur neuen Mikroprozessor Technologie schwierig ist. Das Ergebnis zeigt, dass in beiden simulierten Fällen der Herfindahl Index stark abnimmt. Daraus lässt sich folgern, dass je höher der Schwierigkeitsgrad ist eine neue Technologie zu adaptieren, desto kleiner wird die Marktkonzentration laut der Simulation.

Abbildung 12: Anteil der diversifizierenden Firmen im PC Markt

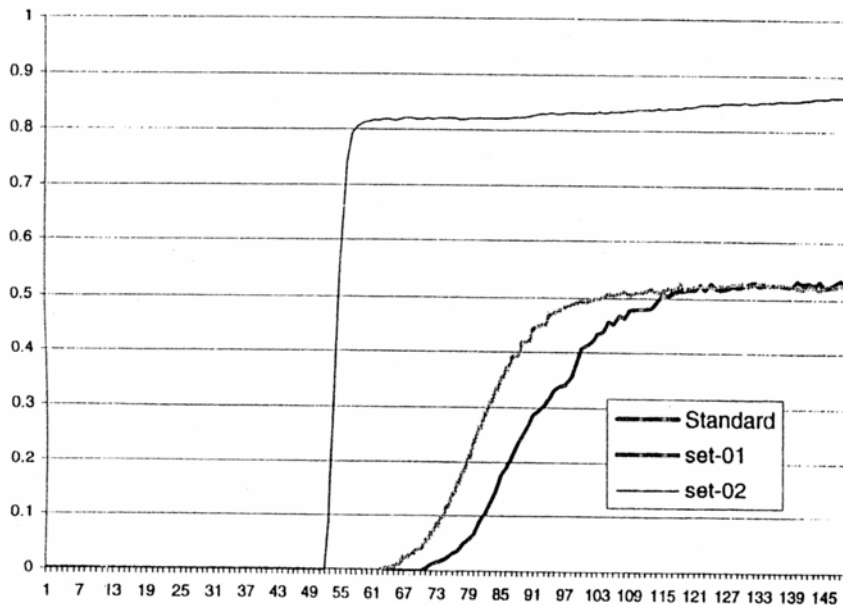


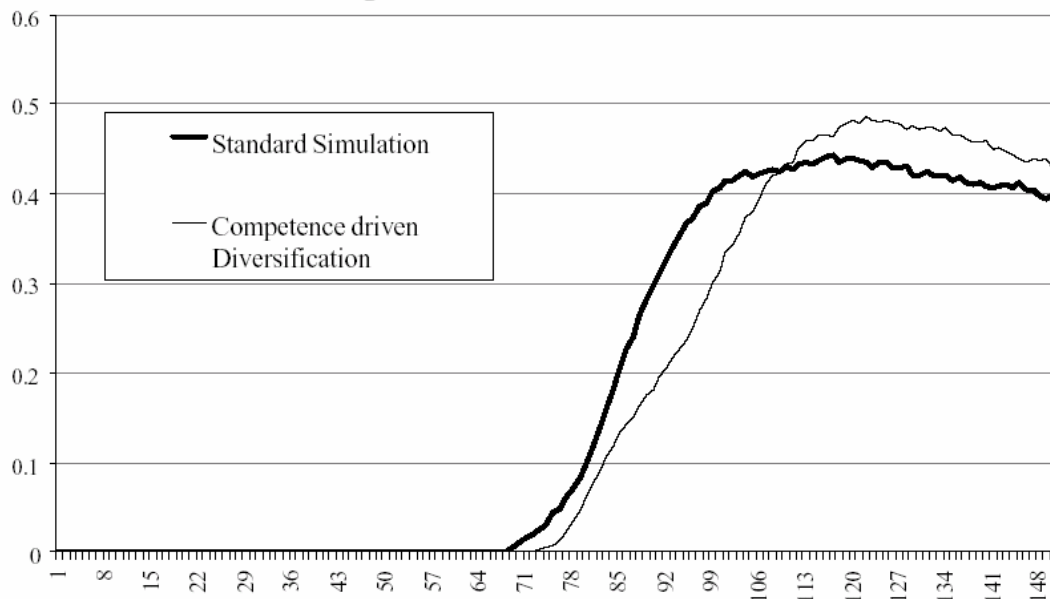
FIGURE 13. Share of diversified firms in PC market.

Quelle: Malerba u.a. (1999a, S. 36)

In Abbildung 12 wird simuliert, was passiert wäre, wenn IBM einen größeren Teil der verfügbaren Ressourcen in Forschung und Entwicklung und in Marketingmaßnahmen investiert hätte und diese Aktivitäten erfolgreicher gewesen wären. Set 01 simuliert in diesem Zusammenhang höhere Ausgaben für Forschung und Entwicklung, eine Verringerung der Perioden, mit der sich IBM bereits mit der einer Technologie beschäftigt, und höhere Ausgaben für Marketingaktivitäten. In Set 02 wird zusätzlich zu den in Set 01 geänderten Parametern angenommen, dass IBM das Marketing Budget problemlos vom Mainframe Sektor auf den PC Sektor transferieren kann und dass die Diversifikationsstrategie kostengünstig ist. Die Graphen zeigen im Fall von Set 01, dass diversifizierenden Firmen um einige Perioden früher im PC Markt auftauchen, auf lange Sicht sich der Anteil der Firmen aber nicht ändert.

Abbildung 13: Anteil der diversifizierenden Firmen

Figure 5: Share of the diversified firm



Quelle: Malerba u.a. (1999b, S. 36)

In einer anderen Simulation wird simuliert, wie sich alternative Diversifikationsstrategien auf die Evolution ausgewirkt hätten. Um das herauszufinden nehmen Malerba u.a. (1999b) ein abweichendes Diversifikationsverhalten der Firmen an, das hier als „Competence-Driven“ bezeichnet wird. In diesem Fall können Firmen ihre Kompetenzen im Mainframe Markt gut auf den PC Markt übertragen. Für diese Simulation werden die Parameter wie folgt geändert: die technologisch erreichbare Grenze nach Einführung des Mikroprozessors wird weiter nach außen verschoben, wodurch sich der Rahmen für die Erreichung eines günstigeren Preisniveaus relativ zur Leistung vergrößert. Die Abbildung 13 zeigt, dass die ursprüngliche IBM Strategie anfangs zu einem schnelleren Wachstum des Marktanteiles führt als die „Competence-Driven“ Strategie. Auf lange Sicht erweist sich die „Competence-Driven“ Strategie dennoch als die Bessere, da sie am Ende zu einem marginal höheren Marktanteil führt.

3.2 Pharmazeutische Industrie

3.2.1 Evolution der pharmazeutischen Industrie

Während in der Computerindustrie eine permanente technologische Weiterentwicklung stattfand, waren die Innovationsprozesse in der Pharmaindustrie durch ein so genanntes „random screening“ gekennzeichnet, d.h. Arzneimittel wurden zum größten Teil „durch Ausprobieren“ entdeckt. Dies bedeutet, dass der Erfolg eines Produktes in einem Markt nicht automatisch eine zukünftige Erfolgswahrscheinlichkeit für andere Produkte mit sich bringt. Adaptionsprozesse an technologische Veränderungen gekoppelt mit institutionellen „Schocks“ prägten die Evolution der Pharmaindustrie (Malerba/Orsenigo, 2001). Zahlreiche institutionelle Faktoren wie Preisregulierung, Schutz des geistigen Eigentums oder auch langwierige Prozesse bei der Medikamenten-Genehmigung hatten und haben immer noch Einfluss auf die Marktstruktur und Innovationsdynamik der Pharmaindustrie. Während Ausgaben für Forschung in Europa auf nationaler Ebene getätigt wurden, wurde die Forschung in den USA sehr stark staatlich gefördert und lag hinter den Forschungsausgaben für Verteidigung auf dem zweiten Platz (Malerba/Orsenigo, 2001). Relativ straffe Patentgesetze sowohl in den USA als auch in den meisten europäischen Ländern, sorgten für einen Schutz vor Imitation. Im Gegensatz dazu existierte bis 1976 in Japan und Italien ausschließlich eine Prozesspatentierung, jedoch konnte kein Patent für ein bestimmtes Produkt erworben werden. Als Folge wurden in diesen Ländern weniger Gelder für Forschung und Entwicklung aufgewandt. Stattdessen wurde die Suche nach neuen Prozessen für die Herstellung bekannter Moleküle vorangetrieben. Aufwendige Produktgenehmigungsverfahren in einigen Ländern waren weitere Innovationshemmnisse (Malerba/Orsenigo, 2001).

Die Evolution der Pharmaindustrie kann grob in drei Phasen untergliedert werden. Die erste Ära beschränkt sich ungefähr auf die Zeit von 1850-1945. In dieser Zeit hatte die Pharmaindustrie ihren Ursprung in der Färbeindustrie. Firmen wie Ciba, Höchst und Bayer entwickelten in dieser Zeit mit Hilfe ihrer technischen Kompetenzen erstmals Medikamente, deren Wirkstoffe aus natürlichen Stoffen

gewonnen wurde. Aufgrund der eher primitiven Forschung wurden jedoch nur wenige Medikamente entwickelt.

Eine drastische Neuerung brachte die Entwicklung von Penizillin während des zweiten Weltkrieges mit sich, womit die zweite Ära der Pharmaindustrie eingeleitet wurde. Aufgrund des hohen Bedarfs an Antibiotika und der intensiven staatlichen Förderung der Gesundheitsforschung, sind die Ausgaben für Forschung und Entwicklung drastisch gestiegen und viele neue Medikamente, unter anderem auch einige Antibiotika, wurden entwickelt und auf den Markt gebracht. Diese Ära war in der Anfangsphase hauptsächlich durch die oben genannte „random-screening“ Methode geprägt. Hierbei wurden natürliche und chemische Komponenten willkürlich miteinander verbunden und ihre therapeutische Wirkung zumeist an Tieren getestet. Während einige Firmen verstärkt Forschung und Entwicklung betrieben, um neue Medikamente zu entwickeln, konzentrierten sich andere darauf, bereits existierende Arzneimittel zu imitieren, um diese nach Ablauf des Patentschutzes zu vermarkten (Malerba/Orsenigo, 2001).

Die dritte Ära beginnt Anfang der siebziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts. In dieser Phase wurde die Forschung nun aufgrund des Fortschreitens der Biochemie, Physiologie, Pharmakologie und der Enzymologie systematischer betrieben, da man jetzt über weitaus mehr Hintergrundinformationen zu vielen Krankheiten verfügte. Der vermehrte Einsatz von so genannten „guided search“ und „design“ Techniken war die Folge. Das erste biotechnologische Produkt, menschliches Insulin, wurde 1982 genehmigt (Malerba/Orsenigo, 2001).

3.2.2 Modellbeschreibung

Malerba/Orsenigo (2001) konzentrieren sich bei ihrer Modellbildung ausschließlich auf die Ära des „random screenings“ und bedienen sich stark vereinfachter Annahmen. Die Autoren gehen von folgender Situation aus:

Einige Firmen konkurrieren miteinander um die Entdeckung, Entwicklung und Vermarktung neuer Medikamente für eine Vielzahl von Krankheiten. Wie bereits in

Kapitel 3.2.1 beschrieben, verläuft die Suche nach brauchbaren Komponenten willkürlich und die wissenschaftliche Vorgehensweise spielt eine untergeordnete Rolle. Wird ein eventuell brauchbares Molekül entdeckt, so wird dieses patentiert. In Bezug auf die darauf folgende Produktentwicklung ist unklar, welche Kosten entstehen werden, wie viel Zeit benötigt wird und wie die Qualität des Produktes sein wird. Marketing Aktivitäten erlauben es, die Anzahl der angesprochenen Patienten zu erhöhen. Aufgrund des Patentschutzes hat er Erfinder eines Medikamentes anfangs einen First-Mover-Advantage, dieser verschwindet aber, wenn Imitatoren und andere Konkurrenten in den Markt eintreten (Malerba/Orsenigo, 2001). Ein strenger Patentschutz wirkt sich in dem Modell förderlich auf die Innovationsbereitschaft der Unternehmen aus, und stringente Produktgenehmigungsverfahren führen zu qualitativ hochwertigeren Produkten.

Die Struktur des Modells beschreiben die Autoren wie folgt:

Abbildung 14: "History Friendly" Modell der Pharmaindustrie

Topography:

TA	Therapeutische Bereiche
n	Anzahl der therapeutischen Bereiche
V	Ökonomische Dimension (potentielle Kunden) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Normal verteilte zufällige Variable ▪ Exogen gegeben ▪ Den Firmen bekannt ▪ Wachstum: 1. Periode 0-4% ; 2. Periode 0-8%
M	Moleküle
Q	Qualität eines Moleküls M (0 = nicht brauchbar) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Normal verteilte zufällige Variable ▪ Tatsächlicher Wert von Q ist Firmen nicht bekannt ▪ Entwicklung von Arzneimitteln, wenn $Q > 0$ für ein bestimmtes Molekül M
Patent	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz für eine bestimmte Zeitspanne ▪ Patente können auf Produkte mit ähnlicher Molekülstruktur ausgedehnt werden
PQ	Wert eines Produktes $PQ = Q \pm a * Q$

a	→ a ist eine normalverteilte zufällige Variable in einem Intervall von $[-0.25, 0.25]$
---	--

Firmen:

Bud	Budget
Hauptaktivitäten	Suche, Forschung und Marketing
Prop.marketing	Neigung zu Marketingaktivitäten → normalverteilte zufällige Variable in einem Intervall von $[0.2, 0.8]$
BudRres	Ressourcen für Suche und Forschung: $BudRes = (1 - \text{prop.marketing}) * Bud$
BudA	Ressourcen für Marketing: $BudA = (\text{prp.marketing}) * Bud$

Erfinder und Imitatoren:

Erfinder	Wenn $(1 - \text{prop.to.marketing}) > w$ → w ist eine normalverteilte zufällige Variable in einem Intervall von $[0, 1]$; kann sich im Laufe der Zeit ändern
Imitator	Wenn $(1 - \text{prop.to.marketing}) < w$
Imitations-Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Suche nach Molekülen nach Ablauf eines Patents ▪ Wahrscheinlichkeit ein bestimmtes Molekül auszuwählen ist proportional zu R → $R = Q + b * Q$ → b ist eine normalverteilte zufällige Variable in einem Intervall von $[-0.25, 0.25]$
Innovations-Aktivitäten	Annahme: Eine Firma beschäftigt sich jeweils nur mit einem Forschungsprojekt <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausgaben für die Suche → $SC = s * BudRes$ → s ist eine normalverteilte zufällige Variable in einem Intervall von $[-0.05, 0.15]$ ▪ Patentierte Moleküle → Entsprechend zu SC wird eine bestimmte Anzahl von TAs bearbeitet → Patente werden für Moleküle beantragt, bei denen $Q > 0$ ist → Zuerst wird mit den Molekülen des TAs geforscht, der am meisten wert ist
Forschungsaktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innovatoren und Imitatoren betreiben Forschung ▪ Annäherung an Q ist zufällig ▪ BTR: Periode ▪ CR: Unitarity Kosten für jeden Forschungsschritt

	<ul style="list-style-type: none"> → $CR = (CuR * \sum_{i=1}^{BTR} i) / BTR$ → CuR sind die Kosten für einen einzelnen Forschungsschritt unter der Annahme $BTR=1$ → CuR beträgt für imitierende Firmen 1/4 der CuR von Innovationsfirmen → CuR ist 1% des Budgets ▪ Ein Projekt scheitert, wenn Q zu groß für BudRes ist ▪ Ein Projekt scheitert, wenn Q unter einem bestimmten Schwellenwert liegt
Marketingaktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ressourcen für Marketing werden durch eine festgelegte Zahl x (für alle Firmen gleich) geteilt → $BudA * x$: einmalige Marketing Investition A_j für eine Produkteinführung des Produktes j (bis zum Zeitpunkt eA) → Es gibt Spillover Effekte von früheren Produkten $k \neq j$ → $BudA * (1-x)$: jährliche Marketing Ausgaben AM (gesamt) ➔ $A_{jt} = A_j * (1-eA) + \text{spillover } \sum A_k$ ➔ $AM = (1-x) * BudA / T$
Nutzen, Nachfrage und Marktanteil	<ul style="list-style-type: none"> ▪ U_j: Nutzen/Vorzug eines Medikaments oder Produktes j → $U_j = QP_j^a * (1/m)^b * A_j^c * AM_j^d$ → m: gewünschte rate of return <ul style="list-style-type: none"> ○ In der Simulation wird festgelegt: ○ für neue Produkte: $m=0,2$ ○ für imitierte Produkte: $m=0,1$ → A_j: Marketing Investition für ein Produkt → AM_j: jährlichen Ausgaben für Marketing Aktivitäten → A, b, c sind TA spezifisch <ul style="list-style-type: none"> ○ In der Simulation wird festgelegt: ○ $a=0.3, b=1, c=0.2, d=0.1$ ▪ MS_{ij}: Marktanteil des Produktes j der Firma i → $MS_{ij} = U_{ij} / \sum U_{TA}$

Budget und Rechnungswesen

Einnahmen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einnahmen der Firma i aus Produkt j <ul style="list-style-type: none"> ○ $\pi_{ij} = MS_{ij} * V_{TA}$ ▪ Einnahmen der Firma i aus allen Produkten j <ul style="list-style-type: none"> ○ $\pi_{itot} = \sum \pi_{ij}$
-----------	---

Quelle: In Anlehnung an Malerba/Orsenigo (2001)

Eigene Darstellung

3.2.3 Simulation

Die Marktstruktur und die Innovationsdynamik für die nachfolgende Simulation beschreiben Malerba/Orsenigo (2001) wie folgt: 50 Firmen starten mit gleichem Anfangsbudget ihre Innovations- und Imitationsaktivitäten. Sie betreiben in unterschiedlichem Masse Marketing- und Forschungsaktivitäten und machen keine einheitlichen Fortschritte. Insgesamt bewegen sich die Firmen in 100 therapeutischen Bereichen, die jeweils 150 Moleküle besitzen. Entdeckt eine Firma ein Molekül mit $Q > 0$, dann wird ein Patent mit einer Laufzeit von 20 Perioden angemeldet. Das Patent schützt zugleich weitere 10 ähnliche Molekularstrukturen. Die Testläufe werden in einer Zeitspanne von 190 Perioden durchgeführt. Die nachfolgenden Abbildungen stellen die Durchschnittswerte von 100 Läufen dar.

Zuerst wird in einem Standard Lauf, ein der Realität entsprechendes Wachstum der TA Bereiche simuliert. Anschließend werden verschiedene Alternativläufe durchgeführt, wobei einmal unterstellt wird, dass die Nachfrage stagniert und sich die technologischen Möglichkeiten nicht verbessern. In einem anderen Alternativlauf wird eine Patentlaufzeit von 50 Perioden statt wie im Standardlauf 20 Perioden angenommen. Der letzte Alternativlauf simuliert einen Anstieg der Kosten aufgrund der geänderten Anforderungen des regulierenden Regimes und der höheren Forschungskosten.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse der jeweiligen Simulationsläufe.

Wachstum der Nachfrage und technologische Möglichkeiten:

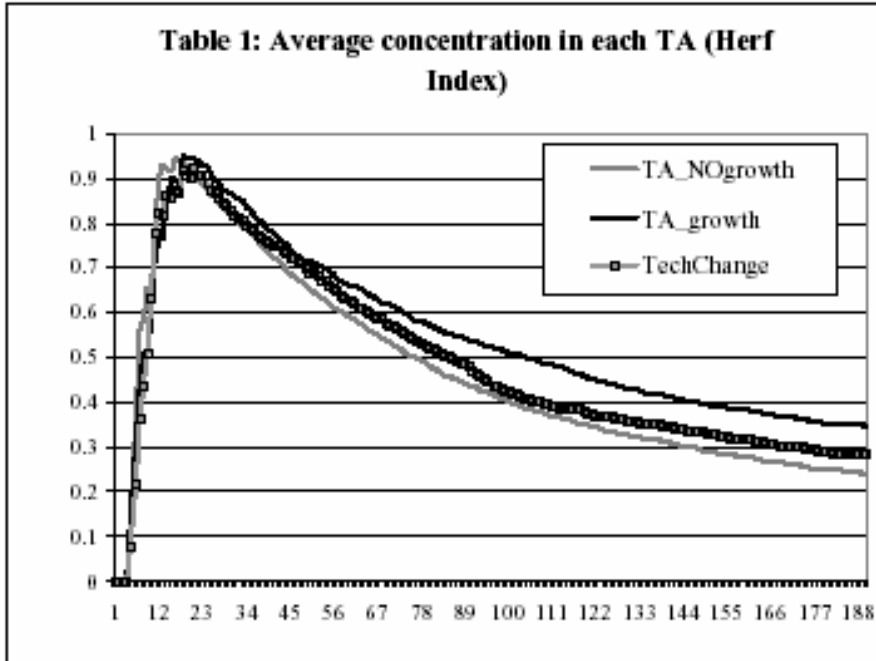
Die Abbildungen 15 und 16 zeigen eine ähnliche Entwicklung der Konzentration in einem therapeutischen Bereich und der allgemeinen Marktkonzentration. In beiden Graphen ist nach einem anfänglichen Aufwärtstrend eine schnelle Abnahme des

Herfindahl Indexes zu sehen. Dieses Phänomen hängt damit zusammen, dass immer mehr Firmen mehr Moleküle in den unterschiedlichen therapeutischen Bereichen entdecken (siehe auch Abb. 18). Des Weiteren verlassen einige Firmen den Markt und die Anzahl der Firmen und Produkte in einem therapeutischen Bereich nimmt zu. Abb. 17 verdeutlicht, dass zu Beginn der Marktanteil von Innovationsfirmen sehr hoch ist, im Laufe der Zeit aber geringer wird, wenn Imitatoren und andere Konkurrenten in den Markt eintreten. In Bezug auf die Qualität enthüllen die Simulationsläufe, dass nur 40% der potentiellen gesamten Pharmaindustrie erreicht werden (vgl. Abb. 19). Das Modell von Malerba/Orsenigo (2001) spiegelt das Ergebnis der Evolution der Pharmaindustrie unter der Prämisse einer starken Vereinfachung des Modells gut wider. Allerdings prägten gerade in der Pharmaindustrie einige Faktoren, wie beispielsweise Fusionen und Akquisitionen die Evolution sehr stark, die hier allerdings nicht berücksichtigt werden.

Wie bereits in Kapitel 3.2.1 erwähnt, ist seit Beginn des zweiten Weltkrieges die Nachfrage nach Medikamenten stark angestiegen, was die Entwicklung der Pharmaindustrie beeinflusste. Malerba/Orsenigo (2000) simulieren mit ihrem Modell eine Situation mit stagnierender Nachfrage. Die Abbildungen 15 bis 19 zeigen für diesen Fall jeweils niedrigere Werte als im Standard Fall. Für die Situation der Firmen lässt sich daraus folgern, dass Imitatoren von dieser Situation profitieren würden, da sie einen größeren Marktanteil erlangen würden.

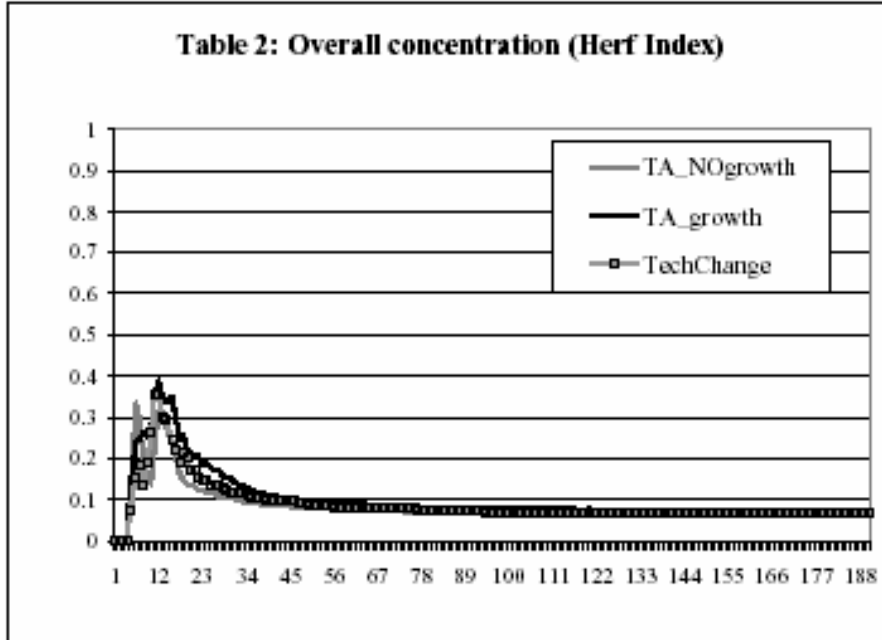
Die Autoren simulieren zugleich, ob eine Verbesserung der technologischen Möglichkeiten die Effekte der stagnierenden Nachfrage kompensiert hätten. Wie die Ergebnisse zeigen hat dies eine positive Auswirkung auf den Anteil der Innovationsfirmen auf dem Markt, die Anzahl der therapeutischen Bereiche und die Qualität, führen aber nicht zu einer Erhöhung der Konzentration. Aus diesen Ergebnissen lässt sich schließen, dass sowohl eine Erhöhung der Nachfrage, als auch besser technologische Möglichkeiten Innovationsfirmen begünstigen.

Abbildung 15: Herfindahl Index – Durchschnittliche Konzentration in jedem TA



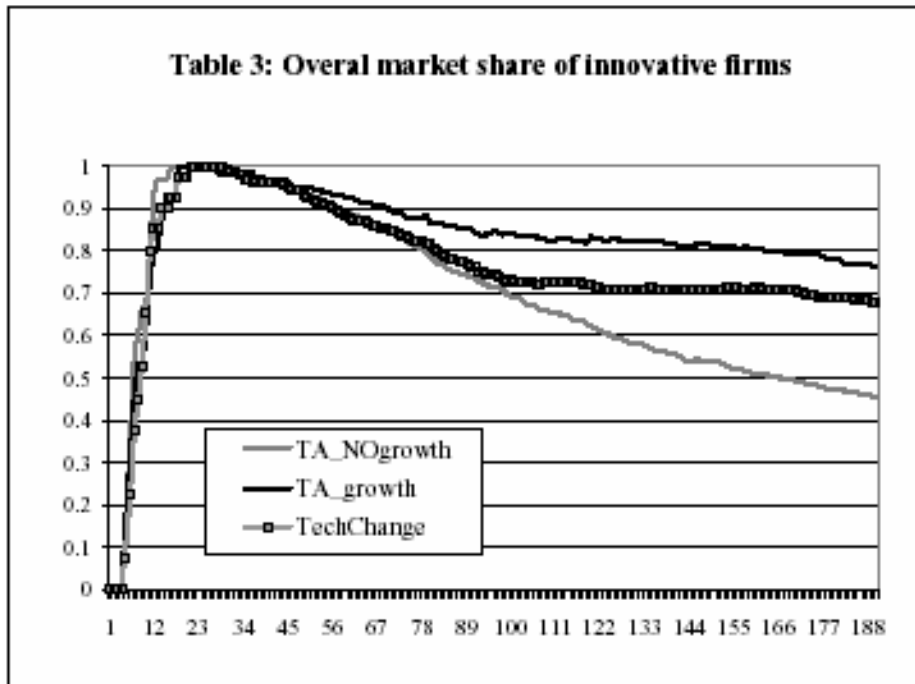
Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 29)

Abbildung 16: Herfindahl Index



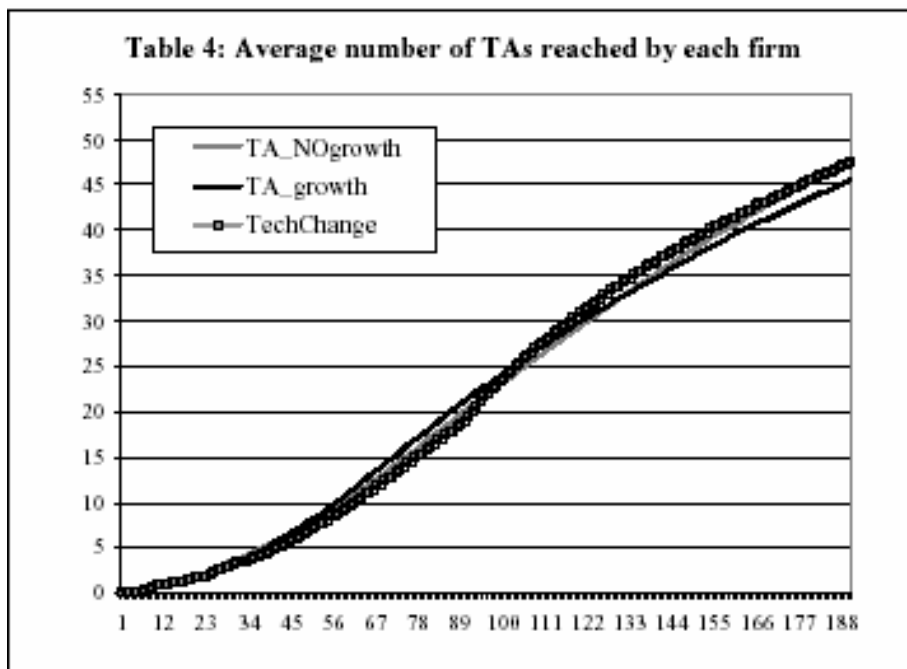
Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 29)

Abbildung 17: Marktanteil der Innovationsfirmen



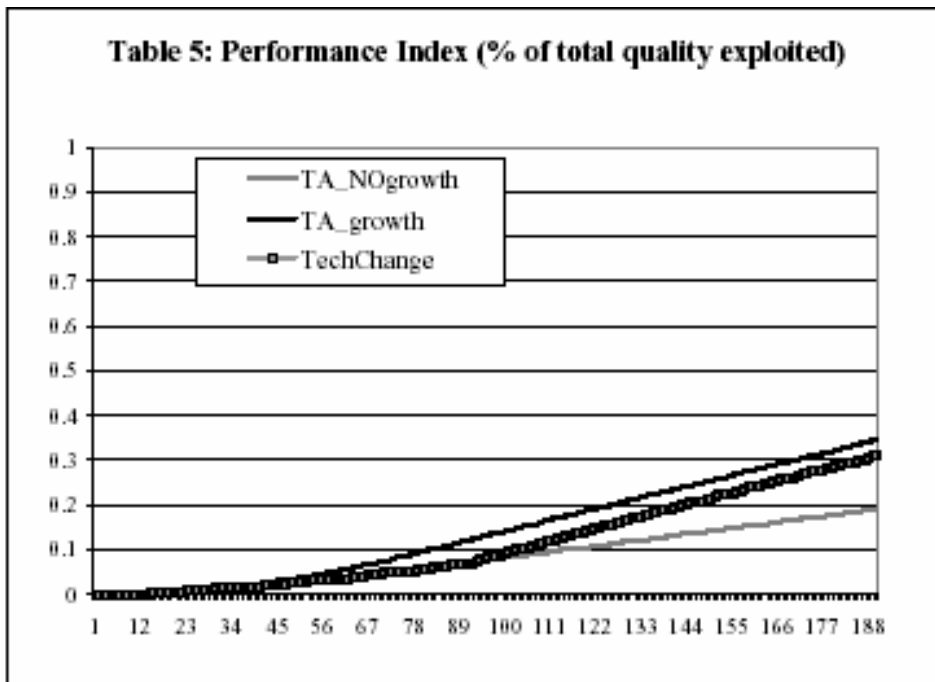
Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 30)

Abbildung 18: Durchschnittliche Anzahl der therapeutischen Bereiche, die von jeder Firma abgedeckt werden



Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 30)

Abbildung 19: Performance Index (% der gesamten Qualität)



Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 31)

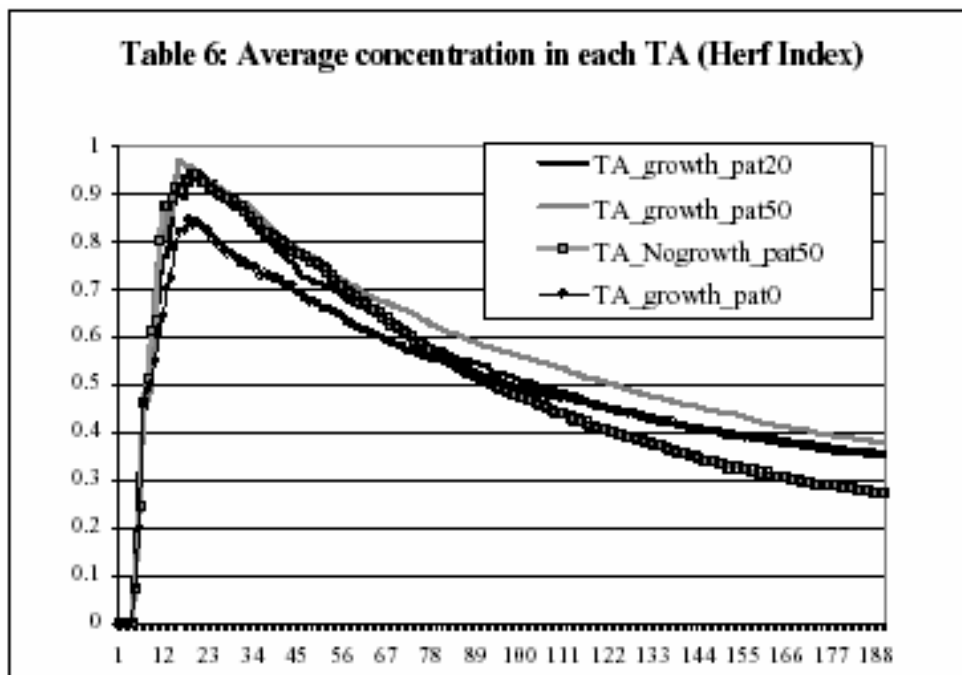
Patentlaufzeit:

Ein Patentschutz wirkt sich positiv auf die Innovationsbereitschaft von Unternehmen aus. Jedoch ist nicht klar, welche Patentlaufzeit optimal ist (Malerba/Orsenigo, 2001). Malerba/Orsenigo (2001) haben in einer Simulation die Patentlaufzeit von 20 auf 50 Perioden erhöht, um herauszufinden, wie sich die Ergebnisse verändern. Wie die Abbildungen 20 bis 24 zeigen verringert eine längere Patentlaufzeit die Anzahl der überlebenden Firmen, erhöht die Anzahl der Innovationsfirmen und die Konzentration in den therapeutischen Bereichen. Des Weiteren verkleinert sich die Anzahl der neu entdeckten therapeutischen Bereiche, wobei die Qualität der bereits bestehenden Produkte sich -trotz verlängerter Patentlaufzeit- auf etwa gleichem Niveau hält. Eine längere Patentlaufzeit führt demnach zu einer gewissen Trägheit bei den Firmen, da der Anreiz fehlt Forschung zu betreiben und zu diversifizieren.

Malerba/Orsenigo (2001) simulierten weiter eine verlängerte Patentlaufzeit unter der Prämisse, dass sich die Nachfrage nicht ändert. Interessant ist zu beobachten, dass

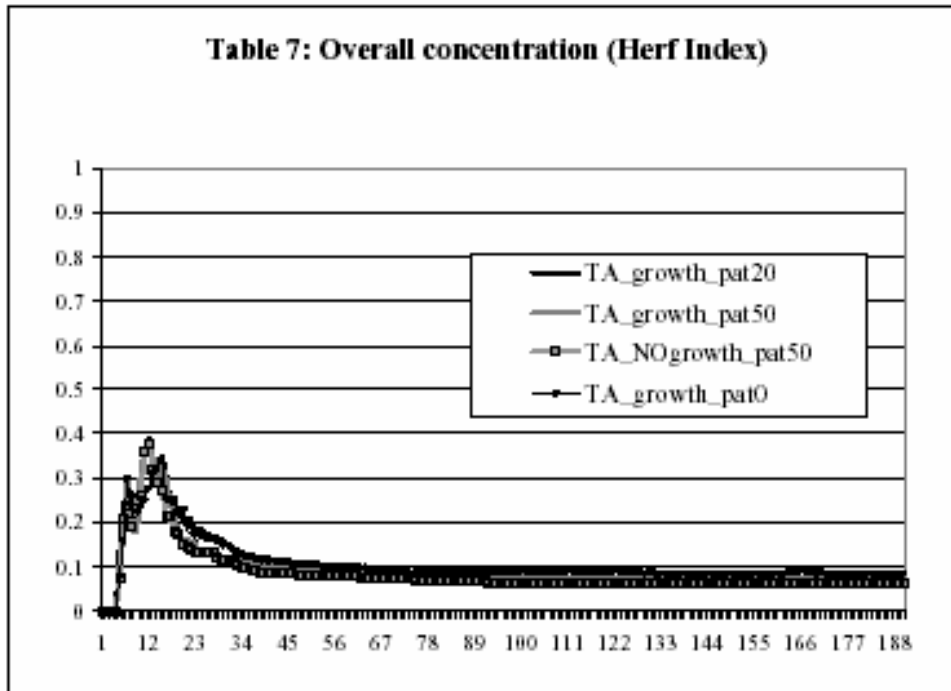
auf lange Sicht eine längere Patentlaufzeit die Effekte einer stagnierenden Nachfrage nicht kompensieren kann. Eine optimale Patentlaufzeit ist folglich nicht ohne weiteres festlegbar, da weitere Faktoren, wie beispielsweise die Nachfrage, Einfluss auf den Erfolg eines Produktes haben.

Abbildung 20: Herfindahl Index (Durchschnittliche Konzentration in jedem therapeutischen Bereich)



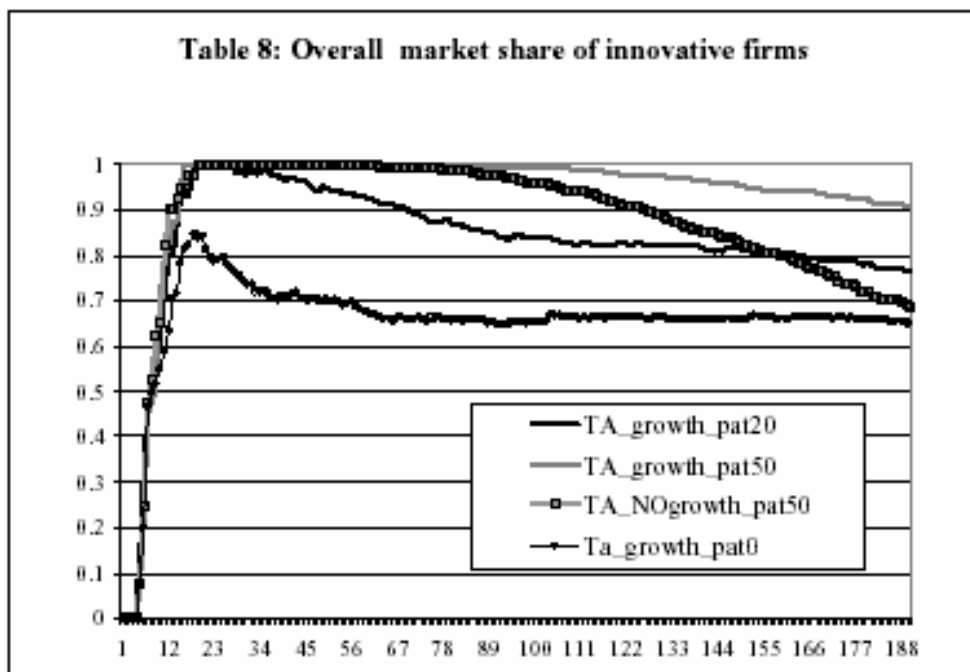
Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 31)

Abbildung 21: Herfindahl Index



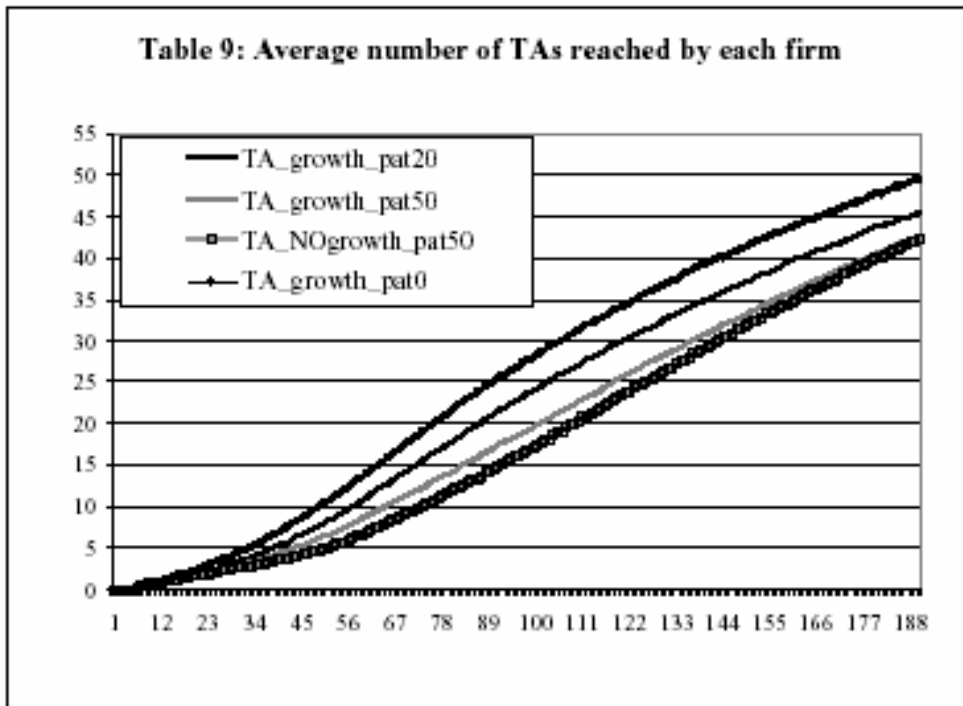
Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 32)

Abbildung 22: Marktanteil der Innovationsfirmen



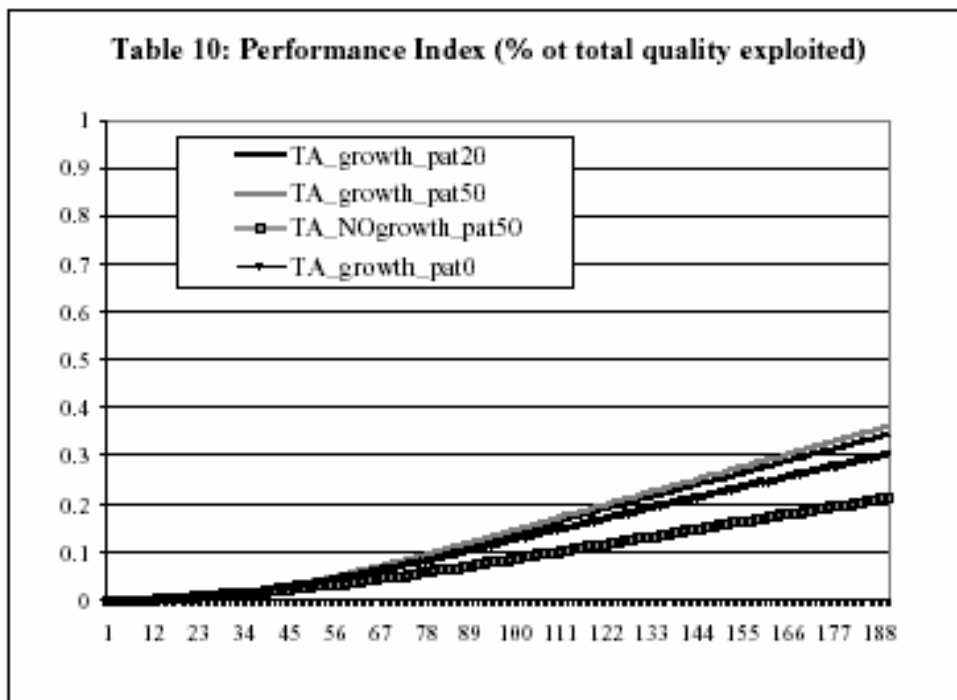
Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 32)

Abbildung 23: Durchschnittliche Anzahl der therapeutischen Bereiche, die von jeder Firma abgedeckt werden



Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 33)

Abbildung 24: Performance Index (% der gesamten Qualität)



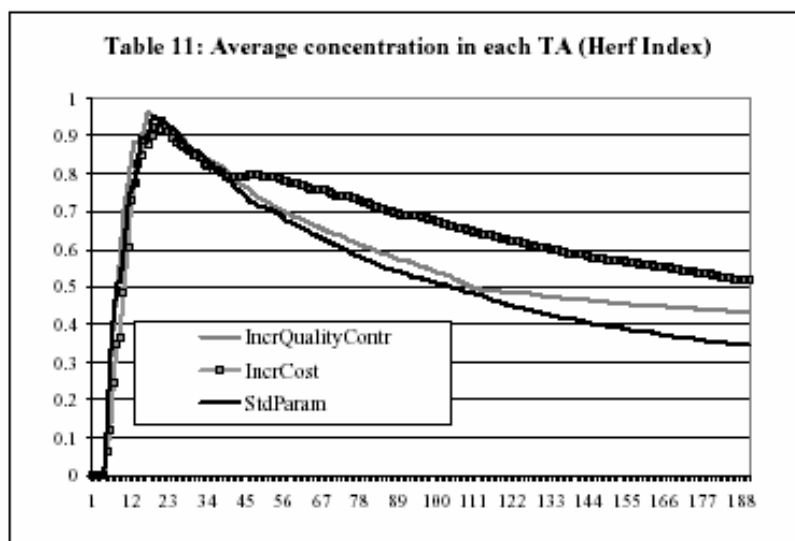
Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 33)

Anstieg der Kosten aufgrund der geänderten Anforderungen des regulierenden Regimes und der höheren Forschungskosten:

Im letzten Alternativlauf simulieren Malerba/Orsenigo (2001) ein Ansteigen der Kosten aufgrund einer Verteuerung der Forschung und der strengeren Zulassungsverfahren für Arzneimittel. In dem Modell steigen die Kosten ab Periode 40 kontinuierlich an. Die Ergebnisse in den Abbildungen 25 bis 29 zeigen, dass wesentlich weniger Firmen am Markt überleben und die Konzentration in den einzelnen therapeutischen Bereichen ansteigt. Darüber hinaus erhöht sich die Anzahl der Innovationsfirmen, wobei dennoch weniger neue therapeutische Bereiche entdeckt werden. Auffällig ist in diesem Zusammenhang, dass der Performance Index sinkt.

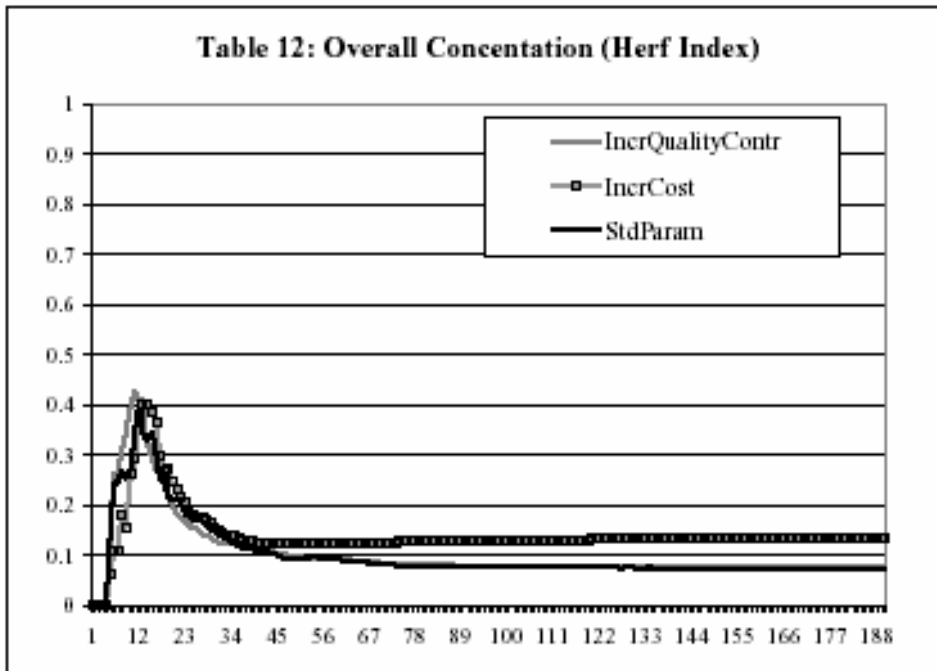
Um die Periode 90 wird die Einführung eines strengeren Zulassungsverfahrens angenommen wobei die Prüfung von 25 auf 35 Zeiteinheiten erhöht wird. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass sich der Anteil an Innovationsfirmen nicht ändert und auch die Konzentration gleich bleibt. Erstaunlicherweise sinkt aber auch die Anzahl der neu entdeckten therapeutischen Bereiche sowie der Performance Index.

Abbildung 25: Durchschnittliche Konzentration in jedem therapeutischen Bereich (Herfindahl Index)



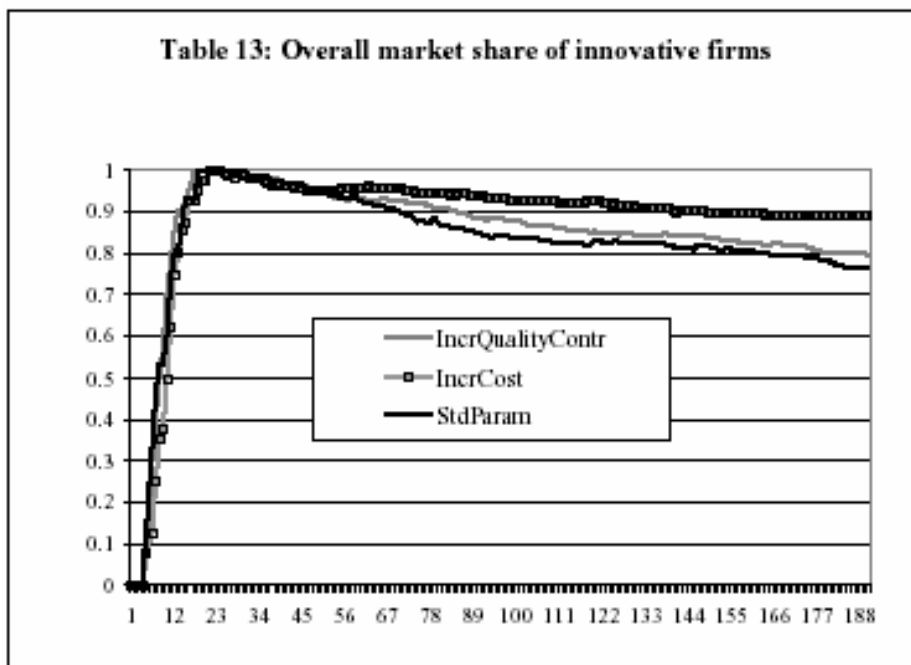
Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 34)

Abbildung 26: Herfindahl Index



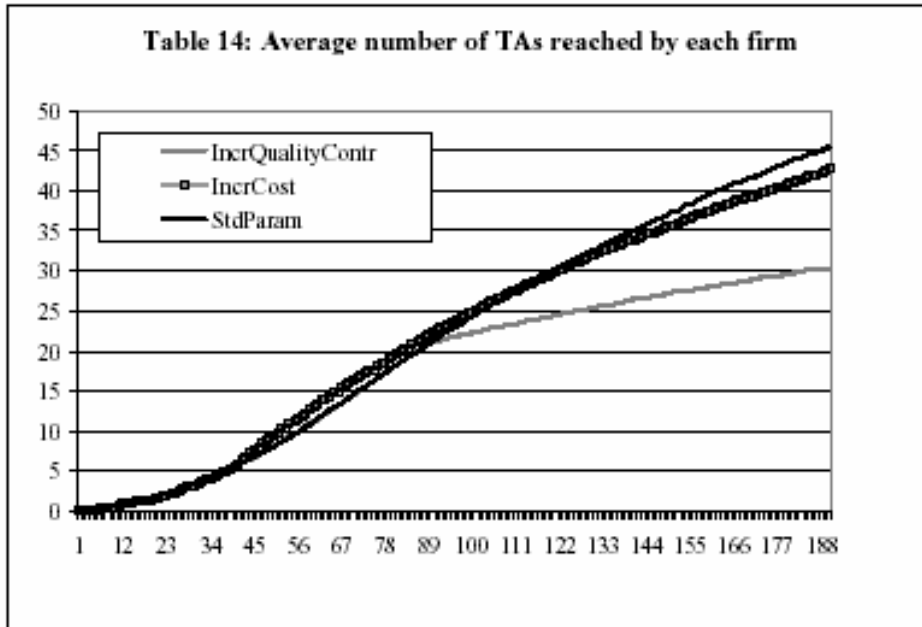
Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 34)

Abbildung 27: Marktanteil der Innovationsfirmen



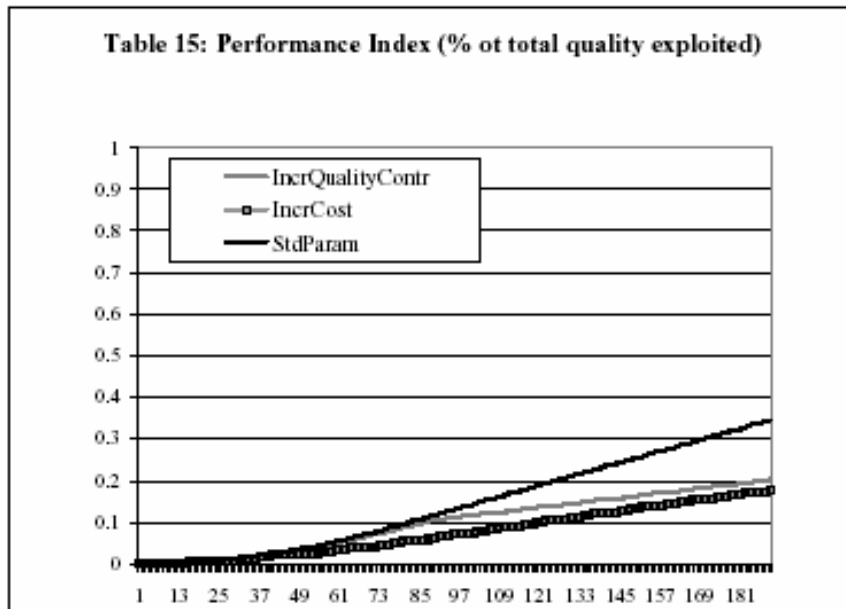
Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 35)

Abbildung 28: Anzahl der therapeutischen Bereiche, die von jeder Firma abgedeckt werden



Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 35)

Abbildung 29: Performance Index (% der gesamten Qualität)



Quelle: Malerba/Orsenigo (2001, S. 36)

4 Kritische Betrachtung von History Friendly Models und Ausblick

Obwohl Simulationen derzeit die einzige Möglichkeit zu sein scheinen, komplexe kausale Zusammenhänge aufzudecken, bergen sie jedoch die Gefahr, zufällig richtig zu sein. Da in der Geschichte nur eine konkrete Trajektorie zu beobachten ist, kann man gerade bei stochastischen Prozessen kaum eine Aussage über die zugrunde liegenden Zusammenhänge treffen. Sollte diese Trajektorie zufällig durch ein falsches zugrunde liegendes Modell beschrieben werden, bedeutet dies für die aufgedeckten kausalen Zusammenhänge, dass diese falsch sein können. Zudem besteht wie schon in Punkt 2 erwähnt das Problem, dass derzeit noch sehr wenig über die kausalen Zusammenhänge in den Sozialwissenschaften bekannt ist. Die momentan existierenden Modelle für einzelne Branchen wie für die Computer- oder Pharmaindustrie sind daher noch sehr vereinfacht dargestellt. Dadurch wird nicht mehr der gesamte Kontext in das Modell einbezogen, sondern nur die a priori als ausschlaggebend angenommenen Parameter. Diese unterscheiden sich von Modell zu Modell, wodurch der Rückschluss auf ein universell zugrunde liegendes Modell nicht möglich ist. Als weitere Konsequenz der unerforschten kausalen Zusammenhänge resultiert zudem eine Betrachtung relativ kurzer Zeitspannen in der Evolution einzelner Branchen.

Eine Möglichkeit und nächster Schritt der Forschung, um diese Probleme zu lösen, bietet die exakte mathematische Modellierung der verbal in Punkt 2 erläuterten Strukturen wirtschaftlicher Evolution. Die vielleicht nicht zu bewältigende Herausforderung hierbei ist die Schaffung eines komplexen, allgemeingültigen Rahmenmodells. Zeitgleich bedarf es weiterer empirischer Untersuchung geschichtlicher Prozesse, um das herausgearbeitete Modell mit konkreten Daten zu hinterlegen. Dies setzt jedoch eine enge Zusammenarbeit von Geschichts-, Wirtschaftswissenschaftler und Mathematiker voraus. Eine Verifikation dieser Modelle wäre denkbar durch Simulationen, die heute die Zukunft simulieren und morgen mit der Geschichte abgeglichen werden.