

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN**

Fakultät Wirtschaftswissenschaften  
Professur für Volkswirtschaftslehre,  
insbesondere Managerial Economics  
Prof. Dr. M. Lehmann-Waffenschmidt

Diplomarbeit

**Determinanten der Firmen- und  
Branchenentwicklung in evolutorischen  
Modellen,  
Analyse eines Simulationsmodells**

Bearbeiter: M. Bemmann  
Betreuer: N. Buschle

Hiermit versichere ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige bzw. nicht ausdrücklich in der Arbeit genannte fremde Hilfe verfaßt habe und daß alle wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommenen Stellen dieser Arbeit unter Quellenangabe einzeln kenntlich gemacht sind.

Dresden, 12. April 2000

.....  
Martin Bemmann, Matr.-Nr. 2428666

# Determinanten der Firmen- und Branchenentwicklung in evolutorischen Modellen, Analyse eines Simulationsmodells

<b>0.) EINLEITUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>1.) EVOLUTORISCHE ÖKONOMIK.....</b>	<b>5</b>
1.1.) HISTORISCHE ENTWICKLUNG UND MOTIVATION.....	5
1.2.) GRUNDZÜGE DER DARWINSCHEN THEORIE UND IHRE ANWENDBARKEIT AUF ÖKONOMISCHE FRAGESTELLUNGEN .....	5
1.3.) DEFINITION .....	9
<b>2.) DIE WAHL GEEIGNETER ANALYSEINSTRUMENTE.....</b>	<b>11</b>
2.1.) GRENZEN DER NEOKLASSISCHEN THEORIE .....	11
2.1.1.) RATIONALITÄT .....	12
2.1.2.) HANDLUNGSMÖGLICHKEITEN DER AKTEURE .....	15
2.1.3.) DAS NEOKLASSISCHE GLEICHGEWICHTSKONZEPT .....	16
2.1.4.) ZUSAMMENFASSUNG DER KRITIK .....	17
2.2.) KONZEPTE DER EVOLUTORISCHEN ÖKONOMIK .....	19
2.3.1.) DAS GLEICHGEWICHTSKONZEPT IN EVOLUTORISCHEN MODELLEN .....	19
2.3.2.) BESTIMMUNGSGRÜNDE INDIVIDUELLEN HANDELNS IN EVOLUTORISCHEN MODELLEN .....	21
2.3.3. ANWENDUNG DER DREI EVOLUTORISCHEN MECHANISMEN .....	24
<b>3.) EIN EVOLUTORISCHES SIMULATIONSMODELL VON NELSON UND WINTER.....</b>	<b>28</b>
3.1.) EINLEITUNG .....	28
3.2.) FORMALISIERUNG DER BEIDEN SCHUMPETERSCHEN WETTBEWERBSKONZEPTIONEN.....	28
3.3.) GRUNDSTRUKTUR DES MODELLS .....	31
3.4.) ÄNDERUNG DER PRODUKTIVITÄT.....	34
3.4.1.) IMITATIONEN .....	34
3.4.2.) INNOVATIONEN.....	35
3.5.) INVESTITIONEN.....	37
3.6.) EIN- UND AUSTRITTE.....	38
3.6.1.) MARKTEINTRITT DURCH IMITATOREN .....	39
3.6.2.) MARKTEINTRITT DURCH INNOVATOREN.....	40
3.6.3. MARKTAUSTRITTE .....	41
3.7.) VERHALTENSÄNDERUNGEN .....	44
3.7.1.) MODELLIERUNG VON ANPASSUNGSPROZESSEN.....	45
3.8.) GENO- UND PHÄNOTYPISCHE EBENEN IM NELSON-WINTER-MODELL.....	48
<b>4.) UMSETZUNG UND AUSWERTUNG DES SIMULATIONSMODELLS.....</b>	<b>49</b>
4.1.) BESCHREIBUNG DES PROGRAMMES UND VORSTELLUNG WEITERER VARIANTEN .....	49
4.1.1. MODI MIT ALTERNATIVEM AUSLÖSEMECHANISMUS .....	52
4.1.2. MODI MIT ENDOGENER EINTRITTSBARRIERE.....	55
4.2.) SIMULATIONSERGEBNISSE.....	58
4.2.1.) DATENREIHEN VON FIRMENGRÖßEN EINES MODELLDURCHLAUFES .....	58
4.2.2.) DATENREIHEN VON BRANCHENGRÖßEN EINZELNER MODELLDURCHLÄUFE .....	60
4.2.3. STATISTISCHER VERGLEICH DER MODELLE .....	62
4.2.3.1.) GESAMTKAPITALBESTAND.....	65
4.2.3.2.) MARKTPREISE.....	67
4.2.3.3.) BESTE UND KAPITALGEWICHTETE PRODUKTIVITÄT .....	69
4.2.3.4.) F&E-POLITIK.....	72
4.2.3.5.) MARKTEINTRITTE UND -AUSTRITTE .....	77
4.2.3.6.) RENDITEN UND INVESTITIONEN .....	83
4.2.3.7.) POLITIKÄNDERUNGEN.....	85
4.2.3.8.) QUELLEN VON INNOVATIONEN UND IMITATIONEN .....	87
4.3.) FAZIT .....	92
<b>ANHANG .....</b>	<b>93</b>
A1. BESTIMMUNG DES ‚GEWÜNSCHTEN AUFPREISFAKTORS‘ .....	93
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>96</b>
LITERATURVERZEICHNIS, ZITIERT .....	96
LITERATURVERZEICHNIS, NICHT ZITIERT .....	100
<b>QUELLCODE DES SIMULATIONSPROGRAMMES.....</b>	<b>105</b>

<b>Schaubild 1:</b>	Die drei evolutorischen Prinzipien; Eigene Darstellung.....	25
<b>Schaubild 2:</b>	Genotyp, Phänotyp und Selektionsgröße im WINTER-Modell; Eigene Darstellung .....	48
<b>Schaubild 3:</b>	Programmstruktur des Winter-Modells; Eigene Darstellung .....	49
<b>Abbildung 1:</b>	Mittelwerte aus 1000 Simulationsläufen; Linienzug: log-KQ-Regressionslinie ( $r^2 = 0,993$ )..	57
<b>Abbildung 2:</b>	Firmenwerte Kapitalbestand, 1 Simulationslauf unternehmerischer Modus .....	58
<b>Abbildung 3:</b>	Firmenwerte Produktivität, 1 Simulationslauf unternehmerischer Modus .....	58
<b>Abbildung 4:</b>	kapitalgewichtete Technologie und Latente Produktivität .....	60
<b>Abbildung 5:</b>	Legende .....	60
<b>Abbildung 6:</b>	Herfindahl-Index (reziprok, umsatzbezogen).....	61
<b>Abbildung 7:</b>	Mittelwerte Gesamtkapitalbestand .....	66
<b>Abbildung 8:</b>	Streuung Gesamtkapitalbestand .....	66
<b>Abbildung 9:</b>	Legende .....	66
<b>Abbildung 10:</b>	Mittelwerte Marktpreise .....	67
<b>Abbildung 11:</b>	Mittelwerte Marktpreise, logarithmische Skala.....	67
<b>Abbildung 12:</b>	Streuung Marktpreise .....	68
<b>Abbildung 13:</b>	Mittelwerte kapitalgewichtete Produktivität; Latente Produktivität.....	69
<b>Abbildung 14:</b>	Verhältnis kapitalgewichtete Produktivität zu Latenter Produktivität.....	69
<b>Abbildung 15:</b>	Streuung kapitalgewichtete Produktivität.....	70
<b>Abbildung 16:</b>	Verhältnis Streuung zu Mittelwerten der kapitalgewichteten Produktivität.....	70
<b>Abbildung 17:</b>	Verhältnis Beste Technologie zu Latenter Produktivität.....	71
<b>Abbildung 18:</b>	Verhältnis kapitalgewichtete zu Bester Produktivität.....	71
<b>Abbildung 19:</b>	Mittelwerte kapitalgewichtete Innovationsquote.....	73
<b>Abbildung 20:</b>	Streuung kapitalgewichtete Innovationsquote.....	74
<b>Abbildung 21:</b>	Mittelwerte der kapitalgewichteten Streuung der Innovationsquoten .....	74
<b>Abbildung 22:</b>	Mittelwerte kapitalgewichtete Imitationsquote .....	76
<b>Abbildung 23:</b>	Streuung kapitalgewichtete der Innovationsquote.....	76
<b>Abbildung 24:</b>	Mittelwerte der kapitalgewichteten Streuung der Imitationsquote .....	76
<b>Abbildung 25:</b>	Mittelwerte Markteintritte durch Innovatoren .....	77
<b>Abbildung 26:</b>	Mittelwerte Markteintritte durch Imitatoren.....	79
<b>Abbildung 27:</b>	Mittelwerte Marktaustritte je Periode.....	80
<b>Abbildung 28:</b>	Mittelwerte aggregierte Anzahl ausgeschiedener Firmen.....	80
<b>Abbildung 29:</b>	Mittelwerte Anzahl aktive Firmen.....	81
<b>Abbildung 30:</b>	Mittelwerte Herfindahl-Index (reziprok, umsatzbezogen) .....	81
<b>Abbildung 31:</b>	Mittelwerte Umsatzanteil größte Firma (in %).....	82
<b>Abbildung 32:</b>	Streuung Marktanteil größte Firma .....	82
<b>Abbildung 33:</b>	Mittelwerte Renditen .....	83
<b>Abbildung 34:</b>	Streuung Rendite .....	84
<b>Abbildung 35:</b>	Mittelwerte Investitionsquote .....	84
<b>Abbildung 36:</b>	Streuung Investitionsquote .....	84
<b>Abbildung 37:</b>	Mittelwerte Anzahl interne Politikänderungen.....	85
<b>Abbildung 38:</b>	Mittelwerte Politikänderungen je Firma.....	86
<b>Abbildung 39:</b>	Mittelwerte Anzahl erfolgreiche interne Innovationen.....	87
<b>Abbildung 40:</b>	Mittelwertverhältnis der Anzahl interner Innovationen im routinierten zum unternehmerischen Modus.....	87
<b>Abbildung 41:</b>	Mittelwerte erfolgreiche interne Imitationen.....	88
<b>Abbildung 42:</b>	Verhältnis Mittelwerte erfolgreiche interne Imitationen zu erfolgreichen internen Innovationen .....	88
<b>Abbildung 43:</b>	Verhältnis Mittelwerte externe Innovationen zu internen Innovationen.....	89
<b>Abbildung 44:</b>	Verhältnis Mittelwerte externe Imitationen zu interne Imitationen.....	91

## 0.) Einleitung

*„In a century of massive continuing change, there are nevertheless a few constants, [...]: (i) change is important, (ii) economic theorists generally neglect it.”<sup>1</sup>*

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, Bestimmungsgründe für die Entwicklung von Firmen sowie die Entstehung und Entwicklung von Branchen in einer marktwirtschaftlichen Umgebung zu identifizieren und deren Wirkung zu beschreiben. Ausgangspunkt ist dabei der Prozeß des ‚technischen Fortschritts‘, welcher durch die permanente Entstehung und Ausbreitung von ‚Neuerungen‘ gekennzeichnet ist: Firmen gelingt es fortwährend neue Produktionsverfahren aufzudecken und anzuwenden mit denen sie alte Produkte billiger oder ‚besser‘ oder mit denen sie neue Produkte herzustellen vermögen. Im weiteren soll aber eine Beschränkung der Analyse auf die Aspekte des technischen Fortschritts erfolgen, die sich auf die Entstehung und Ausbreitung von ‚Prozeßinnovationen‘ beziehen, also die Entstehung und Ausbreitung solcher Produktionsverfahren, mit denen alte Güter billiger produziert werden können.

Die Analyse der Firmen- und Branchenentwicklung wird dabei durch die Anwendung ‚evolutorischer‘ Methoden erfolgen. In Kapitel 1 wird beschrieben, was im folgenden darunter verstanden werden soll. In Kapitel 2 wird gezeigt, warum ein Abweichen von den Methoden der ‚Neoklassik‘ – dem derzeit dominanten Ansatz auf dem Gebiet der Volkswirtschaftslehre – für die Analyse der Firmen- und Branchenentwicklung erforderlich ist und daß evolutorische Ansätze hier die bessere Wahl sind.

In Kapitel 3 wird ein evolutorisches Simulationsmodell<sup>2</sup> vorgestellt, welches auf den Arbeiten von NELSON und WINTER (1982) basiert. Es ist das anspruchsvollste und umfangreichste Simulationsmodell dieser Autoren und findet, nicht zuletzt aufgrund seiner leichten Anpaßbarkeit und damit Übertragbarkeit auf eine Vielzahl von ökonomischen Fragestellungen, mit jeweils geringfügigen Adaptionen weiterhin Verwendung<sup>3</sup>.

In Kapitel 4 werden einige Modifikationen dieses Modelles eingeführt und Ergebnisse, die durch die Auswertung zahlreicher Simulationsläufe gewonnen wurden, vorgestellt und kommentiert.

---

<sup>1</sup> WINTER (1984, S. 288, Formatierung hinzugefügt)

<sup>2</sup> WINTER (1984)

<sup>3</sup> siehe z.B. IOSSO (1993); WERKER (1997); ANDERSEN (1996b) nennt hier: SILVERBERG, DOSI und ORSENIGO (1988), KWASNICKI (1992), CHIAROMONTE und DOSI (1993), SILVERBERG und VERSAPAGEN (1994)

## 1.) Evolutorische Ökonomik

### 1.1.) Historische Entwicklung und Motivation

Schon lange nehmen biologische Metaphern und Analogien in der Argumentation von Wirtschaftswissenschaftlern eine bedeutende Rolle ein, vor allem dann wenn es um die anschauliche Beschreibung komplexer Prozesse geht, deren Details zwar vorgeblich von minderm Interesse sind, deren Gesamtwirkung man aber hinreichend genau voraussagen zu können glaubt.<sup>4</sup>

Besonderer Beliebtheit erfreuen sich dabei Metaphern, die sich auf Aspekte der Darwinschen Evolutionstheorie beziehen. Gründe für diese Beliebtheit sind zum einen dem Umstand geschuldet, daß Darwins Theorie, die Zeit seines Lebens nicht nur aus weltanschaulichen Gründen heftigen Angriffen ausgesetzt war und sich infolgedessen zunächst kaum durchsetzen konnte, in den 50er Jahren unseres Jahrhunderts endgültige wissenschaftliche Bestätigung, durch die Entdeckung der DNS als Träger der Erbinformation, erfuhr.<sup>5</sup> Zum anderen sind die Grundprinzipien seiner Theorie ‚universal‘ und nicht etwa spezifisch biologisch und können deshalb, mit mehr oder weniger einschneidenden Einschränkungen, auf eine Vielzahl anderer Wissenschaftsgebieten angewendet werden.

Ein interessanter Anhaltspunkt für die Universalität seiner Theorie ist die Tatsache, daß DARWIN zu seinem auf dem Gebiet der Biowissenschaften bahnbrechenden Werk „On the Origins of Species [...]“ (1859) erst durch frühe evolutorische Theorien in den Wirtschaftswissenschaften, insbesondere durch MALTHUS (1798), angeregt wurde.<sup>6</sup>

Im folgenden Kapitel wird darum Darwins Theorie in ihren Grundzügen vorgestellt und es werden die universellen Grundprinzipien, auf denen seine Theorie fußt, herausgearbeitet.

### 1.2.) Grundzüge der Darwinschen Theorie und ihre Anwendbarkeit auf ökonomische Fragestellungen

Gemäß der Theorie DARWINS verfügt jedes Lebewesen über einen Phänotyp und einen Genotyp. Der Phänotyp bezeichnet dabei die Gesamtheit der morphologischen und funktionellen Eigenschaften des Individuums und bestimmt somit unter den aktuellen Umweltbedingungen weitgehend die Überlebens- und Fortpflanzungschancen dieses

---

<sup>4</sup> vgl. z.B. NELSON (1995, S. 49)

<sup>5</sup> vgl. FUTUYAMA (1986, S. 7ff; zitiert bei KELM 1997, S. 109ff). Die Gründe für den Mißkredit, in den Darwins Lehre darüber hinaus in den Sozialwissenschaften gefallen war, sieht KELM (1997, S. 110, eigene Übersetzung) in dem „Mißbrauch seiner Lehre durch ‚Sozialdarwinisten‘“.

<sup>6</sup> vgl. MEYER (1999, S.8); HODGSON (1993), FRIEDMAN (1998a, S. 17)

Individuums. Der Phänotyp wiederum wird weitgehend durch die Gesamtheit der Erbanlagen des Individuums, seinem Genotyp, bestimmt. Diese Erbanlagen erwirbt das Individuum von seinen Vorfahren und gibt sie an seine Nachfolger weiter.

Die zentralen Thesen der Darwinschen Evolutionstheorie lauten:<sup>7</sup>

- (1.) alle Lebewesen haben gemeinsame Vorfahren
- (2.) hauptsächlicher Veränderungsmechanismus der geno- und somit auch phänotypischen Eigenschaften von Populationen von Individuen (,Spezies') ist die ,natürliche Selektion' individueller ,Variationen'

Unter natürlicher Selektion, welche vereinfachend oft als „survival of the fittest“<sup>8</sup> bezeichnet wird, versteht man dabei „nicht mehr als ein statistisches Maß der Unterschiede in den Überlebens- oder Fortpflanzungsraten verschiedener Einheiten, die sich in einem oder mehreren Merkmalen unterscheiden. Selektion wird nicht durch differentielle Überlebens- oder Fortpflanzungsraten hervorgerufen, sie [die Selektion] *bedeutet* differentielle Überlebens- und Fortpflanzungsraten...“.<sup>9</sup>

Variationen im Genotyp werden durch ,Mutationen' hervorgerufen, die im wesentlichen dadurch zustande kommen, „daß bei der Reproduktion biochemische Veränderungen (,Kopierfehler') in der Genstruktur mit bestimmter Rate zufällig oder durch äußere Einflüsse auftreten.“<sup>10</sup> Derartige Variationen im Genotyp führen anschließend auch zu Variationen im Phänotyp und bewirken somit eine veränderte Angepaßtheit des Individuums an seine Umwelt.

Zusammenfassend läßt sich die biologische Evolution somit als ein Entwicklungsprozeß beschreiben, der durch die zufällige Variation vererbter Eigenschaften, gekoppelt mit einem Prozeß der natürlichen Auslese hervorgerufen wird.<sup>11</sup> Hervorzuheben ist dabei, daß die Auslese Kriterien im Zeitverlauf permanent endogenen und exogenen Einflüssen<sup>12</sup> ausgesetzt sind, so daß ,Fitneß' als Grad der Angepaßtheit eines Phäno- bzw. Genotyps an seine Umwelt

---

<sup>7</sup> vgl. FUTUYAMA (1986, S.6, zitiert bei KELM 1997, S. 109)

<sup>8</sup> siehe HEITKOETTER und BEASLEY (1999, Fr. 99, Eintrag ,Darwinism')

<sup>9</sup> zitiert bei (FUTUYAMA 1986, S.50; zitiert bei KELM 1997, S.117, eigene Übersetzung)

<sup>10</sup> zitiert bei WITT (1987, S. 84); als weitere Quellen der Variabilität nennt WITT (1987, S. 84) die genetische Drift, d.h. ,Stichprobenfehler' die bei der rekombinatorischen Fortpflanzung in stark dezimierten Populationen auftritt; bzw. den Genfluß für einen gegebenen Genpool. Hierbei „verändert sich der Gen-Pool im Wege der Zuwanderung genetisch andersartiger Individuen in der Population“.

<sup>11</sup> HEITKOETTER und BEASLEY (1999, Fr. 99, Eintrag ,Darwinism')

<sup>12</sup> Exogen sind hier solche Einflüsse, die von der Darwinschen Theorie nicht erklärt werden, sondern als gegeben und somit als von biologischen Prozessen unbeeinflusst angesehen werden. Beispiele hierfür sind der Einschlag von Meteoriten, unterschiedliche Phasen der Sonnenaktivität, tektonische Veränderungen der Erdoberfläche etc. Zumindest teilweise endogenen Einflüssen unterlagen aber beispielsweise der im Zeitverlauf stark schwankende O<sub>2</sub> bzw. CO<sub>2</sub>-Gehalt der Erdatmosphäre und damit einhergehende Auswirkungen auf den Wärmehaushalt der Erde.

notwendigerweise zeitbezogen ist. Folglich kann von einer Zielgerichtetheit und Zwangsläufigkeit des Evolutionsprozesses nicht ausgegangen werden.

Wie eben gezeigt, liegt der Erkenntnisgegenstand der Darwinschen Theorie auf biologischem Gebiet. Eine Übertragung ihrer Aussagen und zentralen Thesen auf andere Theoriegebiete kann aber nur dann in Betracht kommen, wenn es keine Unterschiede in den Erklärungsgegenständen hinsichtlich der für die Theorie relevanten Charakteristika gibt. Dies trifft aber auf eine Theorie deren Erkenntnisgegenstand die Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung von Branchen und Firmen im Zeitverlauf sein soll nicht zu. Relevante Unterschiede der genannten Art sind u. a.:

- Firmen können nur begrenzt als Pendant zu ‚Lebewesen‘ oder ‚Individuen‘ aufgefaßt werden. Während im Bereich der Biologie das Kriterium der physischen Kompaktheit eine eindeutige Trennung unterschiedlicher Individuen ermöglicht, ist eine objektive Abgrenzung einzelner Individuen im Bereich von Firmen oft nicht möglich.<sup>13</sup>
- Ebenfalls können Branchen nur begrenzt als Pendant zu ‚Spezies‘ aufgefaßt werden; das biologische Kriterium fortpflanzungsfähige Nachkommen zu erzeugen, kann aufgrund der Unterschiede im Fortpflanzungsmechanismus (siehe nächster Punkt) auf ökonomischem Gebiet nicht sinnvoll angewendet werden.
- Die Mechanismen der ‚Fortpflanzung‘ von Firmen unterscheiden sich grundsätzlich von denen bei Lebewesen. Fortpflanzung im Sinne von ‚Bewahrung‘ bestimmter phäno- oder genotypischer Eigenschaften bei Firmen bezeichnet typischerweise das Anwachsen eines bestehenden Organismus mit prinzipiell unbegrenzter Lebensdauer. Lebewesen hingegen pflanzen sich typischerweise zweigeschlechtlich durch die Erzeugung eines genetisch aus zwei Elternteilen, die nur über eine begrenzte Lebenserwartung verfügen, kombinierten neuen Organismus fort.<sup>14</sup>

Die Fusion verschiedener Unternehmen, bzw. die Neu- oder Ausgründung von Tochtergesellschaften sind ebenfalls Vorgänge der Fortpflanzung, denen auf biologischem Gebiet kein Äquivalent gegenübersteht.

- Eine strikte Trennung zwischen Phäno- und Genotyp ist im Bereich von Firmen nicht unproblematisch.<sup>15</sup> So wird von der Annahme der Unveränderlichkeit des individuellen Genotyps im Rahmen evolutorischer ökonomischer Modelle abgewichen.

---

<sup>13</sup> Ist beispielsweise ein formal-rechtlich selbständiges Tochterunternehmen stets als separates Individuum zu betrachten? Gilt dies auch für eine neue Werksniederlassung? etc.

<sup>14</sup> Abgesehen vom Aspekt der Verschiedenartigkeit von Geschlechtern entspricht diese Form der Fortpflanzung im ökonomischen Bereich am ehesten der Gründung eines Joint-Ventures zweier Firmen.

<sup>15</sup> siehe Kapitel 2.3

- Während im Bereich der biologischen Evolution die Entstehung von Variationen im Genotyp überwiegend das Ergebnis zufälliger Kopierfehler ist, können Variationen im Genotyp von Firmen zumindest teilweise endogenisiert werden.<sup>16</sup>

Die aufgeführten Beispiele sollten zeigen, daß die Darwinsche Theorie in ihrer reinen Form nicht geeignet ist, Phänomene und Gesetzmäßigkeiten auf ökonomischem Gebiet zu erklären. Es stellt sich jedoch die Frage: „Was bleibt von Darwins Theorie übrig, wenn man sie von allen spezifisch biologischen Aspekten entledigt?“<sup>17</sup> KELM (1997, S.111, eigene Übersetzung) führt hierzu aus: „Eine Darwinistische Theorie erklärt Veränderungen in der Verteilung von Eigenschaften innerhalb einer *Population* durch das Zusammenspiel folgender drei Mechanismen, die auf der Ebene des *Individuums*, welches der Population angehört, ansetzen :

- (1) ein Mechanismus der *Informationsspeicherung*, durch welchen einige relativ beständige Eigenschaften über die Zeit bewahrt werden,
- (2) ein Mechanismus des endogenen Wandels, durch welchen permanent neue Variationen erzeugt werden,
- (3) ein Mechanismus der selektiven Speicherung<sup>18</sup>, durch welchen die relative Häufigkeit einiger Variationen erhöht wird“

Punkt 2 dieser Definition muß hier jedoch kritisiert werden. Abgesehen von den durch die rekombinatorische Fortpflanzung hervorgerufenen Effekten wird das permanente Auftreten neuer Kombinationen im Genotyp von Darwins Evolutionstheorie keineswegs „endogenisiert“, sondern auf exogene Gründe, namentlich Kopierfehler bei der Replizierung des Erbmaterials, zurückgeführt.<sup>19</sup> Außerdem zeigt HODGSON (1997, S. 137f), daß eine derartig weit gefaßte Definition Darwinistischer Theorien auch eine Vielzahl anderer Theorien, nicht zuletzt die – auf dem Gebiet der Biowissenschaften widerlegte – Evolutionstheorie Lamarcks<sup>20</sup> (!) beinhalten würde. Dies ist zwar kein Widerspruch in sich, würde aber eine ergiebige Quelle von Mißverständnissen darstellen. Vor allem dieser Punkt

<sup>16</sup> siehe Kapitel 2.3.

<sup>17</sup> KELM (1997, S.111, eigene Übersetzung)

<sup>18</sup> im Original: „selective retention“ (KELM 1997, S.111)

<sup>19</sup> vgl. z.B. Hodgson (1997, S. 137f): „...it is widely accepted that in Darwinism the sources of variety and change can be *both* exogenous and endogenous“

<sup>20</sup> “Lamarckism: Theory of EVOLUTION which preceded Darwin’s. Lamarck believed that evolution came about through the inheritance of acquired characteristics. That is the skills or physical features which an INDIVIDUAL acquires during its lifetime can be passed on to its OFFSPRING. Although Lamarckian inheritance does not take place in nature, the idea has been usefully applied by some in EC. [Evolutionary Computation].” HEITKOETTER und BEASLEY (1999, Frage 99, Eintrag ‚Lamarckism‘)

ist ein wichtiger Anreiz dafür, daß in den folgenden Ausführungen kein Bezug auf Vertreter bestimmter biologischer Richtungen mehr genommen wird.

### 1.3.) Definition

Zwar heißt Evolution (lat. *evolutio*) nur ‚Entwicklung‘ im weitesten Sinne, im folgenden wird aber unter einer ‚evolutorischen ökonomischen Theorie‘ ausschließlich eine Theorie verstanden, die sich zur Erklärung ökonomischer Sachverhalte auf zurückliegende Fakten sowie der kausalen Verbindungen folgender drei Mechanismen bedient:<sup>21</sup>

- (1) ein Mechanismus der Bewahrung und Weitergabe (Vererbung)
- (2) ein Mechanismus der Erzeugung von Vielfalt (Variation)
- (3) ein Mechanismus der Auslese (Selektion)

Diese Definition ist sehr weit formuliert und umfaßt auch Theorien, die von zahlreichen zeitgenössischen Autoren als ‚nicht-evolutorisch‘ ausgeschlossen werden sollen: So fordert WITT (1987, S. 9) von einer evolutorischen Theorie explizit, daß ihr „das Konzept der irreversiblen, historischen Zeit zugrunde[liegt], d.h. sie bezieht sich auf Entwicklungen, die eine zeitlich nicht umkehrbare Richtung aufweisen.“ und fordert „Evolutorische Theorien müssen darauf verzichten, die Eigenschaften von Neuerungen [d.h. Variationen] festzulegen, die sie nicht ausschließen.“<sup>22</sup> WECKWERTH (1999, S. 61) wiederum verlangt: „Die ein evolutorisches System beschreibenden Strukturen und die diese Strukturen erzeugenden Herstellungszusammenhänge müssen unendlich komplex sein, so daß eine vollständige Beschreibung und damit auch umfassende Voraussagen unmöglich sind.“ und begründet dies wie folgt: „Denn ist die das System beschreibende Struktur vollständig beschreibbar, so ist das Auftreten von objektiv Neuem von vornherein ausgeschlossen.“

Derartige Definitionen werden als ungeeignet für die Zwecke dieser Diplomarbeit angesehen, da sie eine Behandlung des Themas mittels Computersimulation von vornherein verunmöglichen würden: „unendliche Komplexität“ oder „unvollständige Beschreibbarkeit von Zusammenhängen oder Strukturen“ stehen der Entwicklung eines ablauffähigen Computerprogrammes entgegen. Auch verweisen WITTS Kriterien (1987, S.9) „auf ihrerseits eigentlich erklärungsbedürftige Tatbestände: Warum und wann tritt Irreversibilität auf? Und sie fügen sich nicht gut in das allgemeine Verständnis des Evolutionsbegriffes ein [...]“.<sup>23</sup>

<sup>21</sup> vgl. ANDERSEN (1997a, Stichwort ‚Evolutionary Economics‘). ANDERSEN führt optional Punkt 4 auf: „a mechanism of segregation between different ‘populations’“; Diese Definition ist weitgehend identisch mit NELSON (1995, S. 56), der jedoch explizit fordert: „... the explanation involves [...] random elements which generate or renew some variation in the variables in question.“

<sup>22</sup> WITT (1987, S. 23)

<sup>23</sup> HERRMANN-PILATH (1992, S.201)

---

WECKWERTHS Forderung nach „unendlicher Komplexität“ ohne der „objektiv Neues“ nicht möglich ist, wird hier ein weniger weitreichender Anspruch an ‚Neues‘, bzw. ‚Neuerungen‘ entgegengehalten. Zum einem soll als Neuerung hier lediglich die „Einführung einer zuvor zumindest im betrachteten Zusammenhang von einem Individuum oder einer Gruppe von Individuen nicht angewendeten Handlungsmöglichkeit“<sup>24</sup> betrachtet werden, die „keineswegs auf einer wissenschaftlich neuen Entdeckung zu beruhen braucht.“<sup>25</sup> Zum anderem wird im Rahmen der Computersimulation auch gar nicht der Versuch unternommen, Neuerungen in all ihren Facetten zu charakterisieren. Aus den oben genannten Gründen muß aber gefordert werden, daß sich die für die Simulation relevanten Eigenschaften von Neuerungen vollständig beschreiben und somit in die Modellstruktur einfügen lassen können.

---

<sup>24</sup> WITT (1987, S. 18)

<sup>25</sup> SCHUMPETER (1931/1911, S. 100)

## 2.) Die Wahl geeigneter Analyseinstrumente

In diesem Kapitel soll gezeigt werden, warum der in den Wirtschaftswissenschaften dominante neoklassische Ansatz für die Analyse der thematischen Schwerpunkte dieser Arbeit nicht geeignet ist, und daß evolutorische Ansätze hier die bessere Wahl sind.

### 2.1.) Grenzen der Neoklassischen Theorie

Das Vorgehen gemäß des neoklassischen Paradigma läßt sich wie folgt beschreiben:<sup>26</sup>

- 1.) Es handeln *rationale* Akteure mit vollständigen und konsistenten Präferenzen, die typischerweise in Form von analytisch gut zugänglichen Nutzen- oder Auszahlungsfunktionen gegeben sind.
- 2.) Es liegen objektive Beschränkungen der *Handlungsmöglichkeiten* der Akteure vor, z.B. in Form von ‚Aktions- oder Strategieräumen‘, Produktionsfunktionen, Haushaltsbudgets, etc.
- 3.) Es werden *Gleichgewichtszuständen* identifiziert unter der Annahme, daß 1.) und 2.) Allgemeinwissen<sup>27</sup> sind. Für den Fall, daß genau ein derartiges Gleichgewicht existiert, wird gefolgert, daß dieses Gleichgewicht von den Akteuren *sofort* gewählt wird, d.h. jeder Akteur wählt umgehend die Handlung (bzw. im allgemeineren Fall ‚Strategie‘), die auch von ihm erwartet wird – eben weil sie seine optimale, d.h. rationale, Handlung ist, gegeben seine gleichermaßen motivierte und bestätigte Erwartung, daß auch alle anderen Akteure sich gemäß ihrer Gleichgewichtshandlung bzw. -strategie verhalten werden.

In den folgenden Unterkapiteln 2.1.1 - 2.1.3 sollen die grundlegende Defizite dieser Vorgehensweise insbesondere im Hinblick auf den Untersuchungsgegenstand dieser Diplomarbeit aufgezeigt werden. Im Kapitel 2.3. wird dargestellt, wie diesem Schwachpunkten durch evolutorische Ansätze begegnet werden kann.

---

<sup>26</sup> in Anlehnung an NELSON und WINTER (1982, S. 11)

<sup>27</sup> Jeder Akteur weiß die in 1.) und 2.) enthaltenen Informationen – oder kennt im Falle stochastischer Unsicherheit die Verteilungstypen und -parameter der unbekanntten Größen. Jeder weiß, daß sie jeder weiß (mit den eben genannten Einschränkungen). Jeder weiß, daß jeder weiß, daß sie jeder weiß...

### 2.1.1.) Rationalität

„[Die] Annahme eines Verhaltens, das der Beobachter als prompt und rationell begreifen kann, ist eine Fiktion auf alle Fälle. Aber sie bewährt sich dann, wenn und weil die Dinge Zeit haben sich in die Logik der Menschen zu hämmern. Wo das geschehen ist, und innerhalb der Grenzen, in denen das geschehen ist, kann man ruhig mit dieser Fiktion arbeiten und Theorien darauf bauen. [...] Aber nur dort gilt das, wo Präzedenzfälle ohne Zahl das Verhalten durch Jahrzehnte und in den Grundformen durch Jahrhunderte und Jahrtausende geformt und Unangepaßtes vernichtet haben. Außerhalb dieses Bezirkes [...] verliert unsere Fiktion die Nachbarschaft zur Wirklichkeit.“<sup>28</sup>

Strittig ist der Stellenwert, welcher der Rationalität im Theoriegebäude der Neoklassik zukommt. Während von zahlreichen Vertretern der Neoklassik die Annahme vertreten wird, daß Rationalität als maßgebliche und überprüfbare Determinante menschlichen Entscheidungsverhaltens angesehen werden kann,<sup>29</sup> wird Rationalität von anderen Exponenten der Neoklassik als eine „fruchtbare“, die Analyse ökonomischer Gesetzmäßigkeiten erleichternde Abstraktion menschlichen Entscheidungsverhaltens angesehen. Eine gute Theorie zeichne sich durch die Richtigkeit ihrer Schlußfolgerungen und nicht durch die exakte empirische Bestätigung ihrer Annahmen aus.<sup>30</sup>

Die erstere Auffassung, gemäß welcher Rationalität generell als Bestimmungsgrund menschlichen Handelns vorausgesetzt werden kann, ist insofern uninteressant als daß sie offenkundig falsch ist und oft genug widerlegt wurde. So konnte in zahlreichen Experimenten gezeigt werden, daß menschliche Probanden *systematisch* gegen elementare Voraussetzungen rationalen Handelns verstoßen. Als Beispiele seien hier genannt: unterschiedliches Verhalten in ‚strategisch äquivalenten‘ aber unterschiedlich präsentierten Entscheidungssituation, Beeinflußbarkeit von Entscheidungen durch ‚irrelevante Alternativen‘, die Wahl strikt dominierter Alternativen (allerdings nur dann, wenn diese Dominanz nicht „transparent“ genug hervortritt), Orientierung an relativen anstelle von absoluten Unterschieden, Überbewertung „scheinbar sicherer“ Auszahlungen, inkonsistentes Verhalten bei Vorliegen ‚versunkener Kosten‘ etc.<sup>31</sup> Ein Grund für die in den Experimenten beobachteten ‚irrationalen‘ Handlungsweisen menschlicher Akteure ist dabei naheliegend: „Das menschliche Gehirn verarbeitet Information – trotz seiner in der Natur einmaligen Kapazität –

<sup>28</sup> SCHUMPETER (1931/1911, S. 118, Formatierung hinzugefügt)

<sup>29</sup> “Most often, the assumption of rational utility maximization is seen as a substantive, refutable, assertion about economic behaviour. Particularly this has been so in the work of the so-called economic imperialists, who have extended the application of economic concepts to traditionally alien domains like crime and the family.” MATTHEWS (1984, S. 94)

<sup>30</sup> „Truly important and significant hypotheses will be found to have ‘assumptions’ that are widely inaccurate descriptive representations of reality, (...) A hypothesis is important if it ‘explains’ much by little, that is, if it abstracts the common and crucial elements from the mass of complex and detailed circumstances surrounding the phenomena to be explained and permits valid predictions on the basis of them alone [...]” FRIEDMAN (1953, S.14)

<sup>31</sup> siehe z.B. KAHNEMAN und TVERSKI (1979), THALER (1980)

nur unter einschneidenden Restriktionen hinsichtlich Aufmerksamkeit, kontextabhängiger Wahrnehmung, Gedächtnis, Folgerichtigkeit usw. Handlungsmöglichkeiten können infolge dessen nur beschränkt überschaut werden [...] Mangels Wissen fehlen hier die Voraussetzungen für eine Optimierung.“<sup>32</sup>

FRIEDMAN als prominentester Vertreter der neoklassischen Autoren, welche Rationalität als „fruchtbare Abstraktion“ menschlichen Entscheidungsverhaltens sehen, welche somit empirisch weder zu bestätigen noch zu widerlegen ist, beläßt es aber nicht dabei, sondern versucht die Berechtigung der für die Neoklassik grundlegenden Annahme rationalen Verhaltens mittels eines Mechanismus der Natürlichen Selektion aufzuzeigen: „...unless the behavior of businessmen in some way or other approximated behavior consistent with the maximization of returns, it seems unlikely that they would remain in business for long. Let the apparent immediate determinant of business behavior be anything at all – habitual reaction, random chance, or whatnot. Whenever this determinant happens to lead to behavior consistent with rational and informed maximization of returns, the business will prosper and acquire resources with which to expand, whenever it does not the business will tend to lose resources and can be kept in existence only by the addition of resources from outside. The process of ‘natural selection’ thus helps to validate the hypothesis [...]“<sup>33</sup>

Rationales Verhalten wird somit nicht mehr als intrinsische Eigenschaft der Handlungsträger vorausgesetzt, vielmehr wird ‚rationalitäts-konsistentes‘ bzw. ‚als-ob-rationales‘ Handeln als *Folge* der Interaktionen von Individuen untereinander und mit der Umwelt angesehen.

Eine Reihe von Einwänden steht jedoch der universellen Anwendbarkeit des FRIEDMANSchen Argument entgegen:

- Kann Rationalität nicht mehr *vorausgesetzt* werden, dann ist auch die Annahme nicht haltbar, daß alle Handlungsträger stets *sofort* ‚gleichgewichtig‘ handeln werden, denn dies setzt ja gerade rationales Kalkül voraus.
- Ex-ante-rationales Handeln ist bei stochastischer Unsicherheit anderen Verhaltensweisen ex-post nicht stets überlegen. ‚Im Durchschnitt‘ werden rationale bzw. als-ob-rationale Akteure allerdings trotzdem höhere Gewinne erzielen als alle anderen Akteure und somit Selektionsvorteile besitzen.<sup>34</sup> Durch das stochastische Element bei der Erfolgserzielung ist jedoch eine verminderte Konvergenzgeschwindigkeit individueller Verhaltensweisen hin zu rationalem bzw. als-ob-rationalem Verhalten zu erwarten.

---

<sup>32</sup> zitiert bei WITT (1987, S. 7)

<sup>33</sup> zitiert bei FRIEDMAN (1953, S. 22)

<sup>34</sup> siehe nächster Punkt

- Die Größe, die ein fiktiver, rational handelnder Akteur maximieren will, muß seine Überlebensfähigkeit bzw. die Überlebensfähigkeit seiner Handlungsweise positiv beeinflussen. Ist dieser Zusammenhang nicht gegeben, wie dies beispielsweise im Konsumbereich heutzutage in allen Industrieländern der Fall sein dürfte, kann auch langfristig kein Prozeß der Natürlichen Selektion irrationale, ineffiziente Handlungsträger bzw. -weisen beseitigen.<sup>35</sup> Ist der genannte Zusammenhang nur schwach ausgeprägt, ist zumindest kein schnell konvergierender Ausleseprozeß hin zu rationalem, bzw. als-ob-rationalem Verhalten zu erwarten.<sup>36</sup> Im Hinblick auf den Untersuchungsgegenstand dieser Diplomarbeit und im Einklang mit dem von FRIEDMAN vorgebrachten Beispiel kann dieser Einwand jedoch in den Hintergrund treten. Im folgenden sollen ausschließlich Marktprozesse in kapitalistischen Wirtschaftsumgebungen betrachtet werden – und hier kann, mit den später genannten Einschränkungen, tatsächlich von einer Identität von Maximierungs- und Selektionsgröße ausgegangen werden: beiden Funktionen wird der ‚Profit‘ gerecht.
- Jedes Unternehmen muß permanent Entscheidungen über die von ihm beeinflussbaren Handlungsparameter treffen, sei es bezüglich nachgefragter Faktormengen, Investitionen, Produktspezifikationen etc. Tut es dies aus „Gewohnheit, Zufall oder was auch immer“ und steht diese Entscheidung für eine bestimmte Periode tatsächlich im Einklang mit einem „gewinnmaximierenden, informierten Verhalten“, dann ist damit aber noch nichts über die absolute oder relative Höhe der Gewinne dieser Firma in den Folgeperioden gesagt. Damit sich aber bestimmte Verhaltensweisen über den erwähnten Mechanismus der Natürlichen Auslese durchsetzen können, müssen sie aber – zumindest bezüglich ihrer Erwartungswerte – beständig besser als alle anderen konkurrierenden Verhaltensweisen sein.
- Der Mechanismus der Natürlichen Selektion alleine kann nur auf den schon vorhandenen, nicht aber auf allen denkbaren Handlungen bzw. Handlungsweisen ansetzen.<sup>37</sup>
- Gewinnunterschiede müssen systematisch mit unterschiedlichen Finanzierungsmöglichkeiten verbunden sein und dürfen z.B. nicht durch verschiedene Ausschüttungspolitiken, Kredit- und Kapitalmarktkonditionen konterkariert werden.<sup>38</sup>

---

<sup>35</sup> vgl. MATTHEWS (1984, S. 101)

<sup>36</sup> “In the case of military or medical technologies [...] it can be argued that market forces are weak, and that the ‘selection environment’ is determined largely by professional judgements, and by political processes [...]. The analytical problem then, is to identify how these forces define ‘fitness’.” NELSON (1995, S. 66)

<sup>37</sup> “How a strategy fares in a series of plays of a game depends on the mix of strategies with which it competes. Thus what survives depends on what else is competing in the game.” (NELSON 1995, S. 58)

- Und schließlich: “...where foresight is uncertain, ‘profit maximization’ is *meaningless* as a guide to specifiable action.”<sup>39</sup> Liegt also Unsicherheit im eigentlichen Sinne<sup>40</sup> vor, wird damit zwar keineswegs ausgeschlossen, daß der Markt schließlich in einen Zustand, der „im Einklang mit einem gewinnmaximierenden, informierten Verhalten ist“, übergehen kann. Es wird aber ausgeschlossen, daß das Verhalten realer Akteure hier ausschließlich aus rationalen Erwägungen abgeleitet werden kann. Es sind somit andere Annahmen bezüglich des individuellen Verhaltens zu treffen – und es ist zu prüfen ob, und wie schnell die Interaktionen realer Akteure in einem solchen Kontext gegen ein im vorhinein unter vollständiger Information spezifizierbares, neoklassisches Gleichgewicht konvergieren.

### 2.1.2.) Handlungsmöglichkeiten der Akteure

Im Gegensatz zum stets unterstellten Rationalitätskalkül sind die explizit modellierten Handlungsmöglichkeiten der Akteure in der neoklassischen Theorie sehr kontextspezifisch. Da das Hauptaugenmerk dieser Arbeit auf der marktlichen Interaktion von Firmen und der sich daraus ergebenden Branchenentwicklung liegt, sollen hier auch nur entsprechende neoklassische Modelle betrachtet werden:

Firmen werden hier als Entitäten gesehen, die gemäß einer ‚Produktionsfunktion‘ Faktorinputs (Kapitalgüter, Arbeit, Boden, Vorprodukte etc.) in typischerweise homogene Warenoutputs umwandeln können. Firmen optimieren ihren Gewinn; Optimierungsparameter sind dabei Umfang und Zusammensetzung der nachgefragten Faktorinputs. Hieraus ergibt sich der individuelle Output; aus dem Output der gesamten Branche wiederum lassen sich der gleichgewichtige, markträumende Preis und somit letztlich die Gewinne aller Firmen errechnen. Je nach Modellspezifikation können auch noch weitere Optimierungsparameter zur Verfügung stehen, z.B. Maßnahmen der Preisgestaltung, Höhe der Werbeausgaben etc.

In Makromodellen wird dabei angenommen, daß sich sämtliche Firmen einer Branche mit derselben Produktionsfunktion konfrontiert sehen. Diese Produktionsfunktion muß folglich als objektive Grenze der Transformierbarkeit von Gütern verstanden werden. In mikroökonomischen Modellen wird von diesem Konzept zum Teil abgewichen. Hier können Firmen ihre individuellen Produktionsfunktionen z.B. durch F&E-Ausgaben oder Erfahrungswissen (‚Lernkurveneffekte‘ bezüglich der Produktionsdauer oder -menge)

---

<sup>38</sup> vgl. WITT 1987, S. 78ff; diese – zumindest plausible – Annahme wurde aber auch bei der Spezifizierung des hier vorgestellten evolutorischen Simulationsmodells zugrunde gelegt (siehe 3.5)

<sup>39</sup> ALCHIAN (1950, S. 211)

<sup>40</sup> vgl. Knight (1921)

beeinflussen. Die Veränderungsmechanismen der individuellen Produktionsfunktionen sind in diesen Modellen allseits bekannt, deterministisch oder stochastisch und erlauben somit weiterhin rationale Planungen. Typischerweise wird in diesen Modellen von einer exogen begrenzten Anzahl von Wettbewerbern und einem sehr kurzem Zeithorizont ausgegangen, meist nur 2 Perioden (!), nicht zuletzt deshalb, weil die analytischen Anforderungen für die Berechnung von Gleichgewichtszuständen, welche ja gerade die Handlungen der rationaler Akteure determinieren, erheblich anwachsen.

### 2.1.3.) Das neoklassische Gleichgewichtskonzept

*“[A market is] perpetually tending towards equilibrium without ever actually attaining it, because ... before the goal is reached, [the market] has to renew its efforts and start over again, all the basic data ... [including] the utilities of goods and services, [and] the technical coefficients ... having changed meanwhile ... For, just as a lake is, at times, stirred to its very depths by a storm, so also the market is sometimes thrown into violent confusion by crises, which are sudden and general disturbances of equilibrium.”<sup>41</sup>*

Zentraler Bestandteil des neoklassischen Theoriegebäudes ist das der Mechanik entlehnte Konzept des ‚allgemeinen Gleichgewichts‘. Als unverzichtbares analytisches Instrument stellt es dabei gleichzeitig Weg und Ziel dar. Ziel ist es, weil es bei gegebenen Präferenzen, Technologien, eventuellen sonstigen Rahmenbedingungen und der Rationalitätsannahme der Akteure den sofort zu erreichenden und auch tatsächlich erreichten Zustand perfekter Koordination repräsentiert.<sup>42,43</sup> Den Weg zu seiner Erreichung gibt es vor, weil das identifizierte Gleichgewicht auch die von *rationalen* Akteuren zu treffenden Handlungen determiniert.

Muß man jedoch aufgrund der unter 2.1.1. und 2.1.2 genannten Argumente von der – in der Definition dieser Gleichgewichte enthaltenen – Annahme der Rationalität der Akteure abgehen, kann das Gleichgewicht aber nicht mehr als ‚Weg‘ zu seiner Erreichung, d.h. als Determinante individuellen Verhaltens, dienen. Rationales und folglich sofortiges gleichgewichtiges individuelles Verhalten kann deshalb nicht mehr angenommen werden. Vielmehr müssen nun die Bestimmungsgründe und Auswirkungen tatsächlichen individuellen Verhaltens betrachtet werden, wobei die zentralen Fragestellungen lauten:

<sup>41</sup> WALRAS (1954/1874, S 380f.; zitiert bei KELM 1997, S. 101, Formatierung hinzugefügt)

<sup>42</sup> “The mainstream studies simple interactions of unboundedly clever agents, and assumes that the agents instantaneously achieve mutual consistency, as in competitive equilibrium or Nash equilibrium. The intent is to illuminate the fundamental role of tastes and technology in determining economic outcomes, and to reveal unsuspected consequences of policies that alter private opportunities and incentives...” FRIEDMAN (1998b, S. 423)

<sup>43</sup> Probleme die sich ergeben, wenn nicht genau ein derartiger Zustand existiert, werden hier nicht weiter thematisiert, da im folgenden neoklassische Gleichgewichtskonzepte entweder nicht verwendet werden, bzw. dort wo sie verwendet werden (z.B. im Nelson-WINTER-Modell bei der Modellierung des Absatzmarktes) dieses Problem nicht auftritt.

- Ist das im vorhinein identifizierte Rationalitätsgleichgewicht oder irgendein anderer Zustand *das* ‚Ziel‘ des realen Anpassungsprozesses, d.h. wird das Verhalten der Individuen bei ansonsten konstanten Umweltbedingungen gegen einen bestimmten Zustand konvergieren?
- Falls ja, wie sieht der Weg dorthin aus? Wie schnell ist der Konvergenzprozeß? Falls nein, können trotzdem nicht-triviale Aussagen über die Auswirkungen individuellen Verhaltens getroffen werden – und wenn ja: welche?

Naheliegender ist zunächst die Vermutung, daß die Eigendynamik evolutorischer Prozesse – wenigstens in einer Vielzahl von Anwendungsfällen – ein Erreichen oder zumindest eine Annäherung an derartige Zustände bewirkt.<sup>44</sup> Träfe diese Vermutung zu, wären damit dem Einsatzgebiet evolutorischer Theorien in der Ökonomie recht enge Grenzen gesetzt. Ihre Rolle müßte sich dann im wesentlichen darauf beschränken, die Lücken zu füllen, welche durch die komperativ-statische Betrachtungsweise des neoklassischen Ansatzes hinterlassen werden. Diese Ansicht soll im Kapitel 2.2.) widerlegt werden.

#### 2.1.4.) Zusammenfassung der Kritik

In der folgenden Arbeit soll bei der Analyse der Firmen- und Branchenentwicklung nicht auf Neoklassische Ansätze zurückgegriffen werden, da deren Beschränkungen, die im folgenden zusammengefaßt werden sollen, hier besonders gravierend zum Tragen kommen:

- Neoklassische Modelle beschränken sich bei der Analyse der Branchenentwicklung meist auf eine geringe, exogen gegebene Anzahl von Akteuren sowie einen kurzen Zeithorizont. Typischerweise konkurrieren hier identische Firmen im Rahmen von ‚Patentrennen‘ um die erstmalige Einführung und den anschließenden rechtlichen Schutz einer identischen<sup>45</sup> Innovation. Ursächlich für die aufgeführten Vereinfachungen sind die analytischen Anforderungen zur Bestimmung von ‚Gleichgewichtszuständen‘.
- Rationalität kann nicht als empirisch zutreffender *Bestimmungsgrund* individuellen Verhaltens vorausgesetzt werden. Dem stehen einerseits menschliche Beschränkungen hinsichtlich solcher Fähigkeiten wie Informationsaufnahme, -speicherung und -verarbeitung entgegen. Andererseits ist rationales Verhalten bei Vorliegen echter

<sup>44</sup> vgl. z.B.: “The most important of the uses we shall make of the concept of equilibrium is ... contingent on the existence of a tendency toward equilibrium.” (SCHUMPETER 1939, S. 70), oder “... the only justification [for our concern with the admittedly fictitious state of equilibrium] is the supposed existence of a tendency toward equilibrium.” (HAYEK 1937, S. 44; zitiert bei KELM 1997, S. 104).

<sup>45</sup> WITT (1987, S. 62) kritisiert hier: „Schon die implizit in der Konstruktion einer Wettlaufsituation enthaltene Annahme, das alle Unternehmen mittels F&E nach *derselben* Neuerung suchen, ist – da deren Eigenschaft(en) nicht bekannt sind – ein Widerspruch in sich.“

Unsicherheit weitgehend unbestimmt – selbst wenn keine der genannten Beschränkungen zu verzeichnen wären.<sup>46</sup> Sowohl das Auffinden als auch die Einführung von Neuerungen – namentlich in Produktionsverfahren und Gütereigenschaften – sind jedoch mit echter Unsicherheit verbunden<sup>47,48</sup> und können somit nicht ‚intrinsisch rationalisiert‘ werden. Auch kann die Zugrundelegung als-ob-rationalen Verhaltens als analytisches Hilfsinstrument im Zusammenhang mit der Auffindung und Einführung von Neuerungen nicht mit dem Verweis auf einen Mechanismus der Natürlichen Selektion gerechtfertigt werden, handelt es sich doch hier jeweils um historisch einmalige Prozesse<sup>49</sup>, die nicht solange wieder und wieder durchgespielt werden können, bis sie „Zeit haben, sich in die Logik der Menschen zu hämmern“<sup>50</sup>.

Da aber, wie im folgenden gezeigt werden soll, gerade das permanente Auftreten von Neuerungen als wesentliche Ursache für Veränderungsprozesse auf Firmen- und Branchenebene angesehen wird, scheint die Bearbeitung des Themas dieser Arbeit mittels neoklassischer Methoden als nicht angemessen.

---

<sup>46</sup> Im Falle von Firmen spricht ein weiterer Einwand gegen die ex-ante-Annahme rationalen, maximierenden Verhaltens. Firmen als Koalitionen von individuellen Entscheidungsträgern mit unterschiedlichen Interessen können i. A. über keine vollständige und konsistente Nutzenfunktion bzw. ‚Soziale Wohlfahrtsfunktion‘ verfügen, welche jedoch ihrerseits Vorbedingung für rationales Handeln ist. vgl. hierzu ‚Unmöglichkeitstheorem‘ von ARROW (1951) In diesem Zusammenhang sei auf ein evolutorisches Modell von BOYD und RICHARDSON (1980) verwiesen, in welchem der Konflikt zwischen individuellen und Firmeninteresse (‚Moralisches Risiko‘) durch einen Mechanismus der Gruppenselektion ‚gelöst‘ wird.

<sup>47</sup> „Activities directed to the increase of knowledge may be very productive, but it is too great a strain on the imagination to try to think of their results as being predictable in any particular case..“ (KNIGHT 1921, S. 172; zitiert bei GERIBADZE 1982, S. 44) KNIGHT fährt jedoch fort: „We have, however, an approach to predictability in large groups, in many fields research can even now be carried on more or less ‘intelligently’ where the scale of operations is sufficiently large.“ Zu beachten ist aber, daß “more or less intelligently” nicht mit ‚rational‘ im neoklassischen Sinne gleichgesetzt werden kann.

<sup>48</sup> „The point of special emphasis is that the really far-reaching effects of change are not the results of change itself, but of the uncertainty which is involved in a changing world... Hence, in particular, changes, if foreseeable, do not disturb the prerequisites of perfect competition for productive services, bringing about equivalence between costs and values with absence of profits.“ (zitiert bei GERIBADZE 1982, S. 40, Formatierung hinzugefügt) Dies bedeutet aber, daß es in den entsprechenden neoklassischen Modellen niemals der ‚technische Fortschritt‘ ist, welcher die Quelle von Gewinnen für die Unternehmen als Aggregat darstellt – sondern letztlich die ‚Marktmacht‘ einzelner Unternehmen, welche durch die exogene Beschränkung der Anzahl der Wettbewerber hervorgerufen wird.

<sup>49</sup> “Search ... inasmuch as it involves the acquisition of information, is intrinsically an irreversible process. The irreversibility is rooted in the familiar economic fact that the costs of retention and use of a given item of information are typically much lower than the costs of initial acquisition or production.” (NELSON und WINTER, 1980, S. 190)

<sup>50</sup> SCHUMPETER (1931/1911, S. 118), siehe auch Einleitung Kapitel 2

## 2.2.) Konzepte der evolutorischen Ökonomik

### 2.3.1.) Das Gleichgewichtskonzept in evolutorischen Modellen<sup>51</sup>

Da sie Rationalität als Bestimmungsgrund individuellen Handelns aus den bereits genannten Gründen ablehnen, müssen evolutorische Theorien auch darauf verzichten, gleichgewichtiges Handeln als Ausgangspunkt ihrer Analyse zu machen, da ja der Definition neoklassischer Gleichgewichte die Forderung nach individueller Nutzen*maximierung* – also Rationalität – zugrunde liegt. Evolutorische Theorien bemühen sich deshalb um eine realistische Beschreibung der Bestimmungsgründe individuellen Verhaltens um damit real ablaufende Veränderungs- und Anpassungsprozesse erklären zu können.

Ein wichtiges Verdienst evolutorischer Theorien hierbei ist die Aufdeckung der ‚Pfadabhängigkeit‘ vieler realer Prozesse.<sup>52</sup> Pfadabhängigkeit besagt, daß der Zustand in dem sich ein System (z.B. eine Walrasianische Volkswirtschaft) augenblicklich befindet, oder gegen den es strebt, sich häufig eben nicht ausschließlich aus bestimmten, objektiven Bedingungen (hier: Produktionsfunktionen, Präferenzen, Verteilung der Produktionsfaktoren) erklären läßt, sondern daß für die Erklärung, warum dieser und nicht ein anderer Zustand erreicht wurde auf die Art der Anpassungsprozesse und historische Fakten Bezug genommen werden muß. Zufällige Einflüsse in der Entwicklungsgeschichte des Systems beeinflussen hier das weitere Systemverhalten nicht nur temporär, z.B. durch die Auslösung abklingender Anpassungsvorgänge, sondern dauerhaft und können bewirken, daß das System schließlich gegen einen anderen Zustand strebt als es dies sonst getan hätte.<sup>53</sup> Im Extremfall kann dies bedeuten, daß ein System über unendlich viele derartige Gleichgewichtspunkte verfügt, so daß zu jedem Zeitpunkt nur eine Wahrscheinlichkeitsverteilung dafür angegeben werden kann, gegen welches dieser Gleichgewichte das System schließlich konvergieren wird.<sup>54</sup>

Aber auch in Konstellationen bei denen sich zeigen läßt, daß zufällige, d.h. exogene, Einflüsse nur temporäre Auswirkungen auf das Systemverhalten haben, weil das System schließlich wieder gegen einen im vorhinein spezifizierbaren und vom aktuellen

---

<sup>51</sup> vgl. NELSON und WINTER (1982, S. 163ff)

<sup>52</sup> “One of the most renowned claims of this path-dependent theory is that a winning technology may not be the best choice because small historical events can give an initial advantage to an inferior technology. The initial advantage creates a snowballing effect, based on learning by doing and learning-by-using and a rapidly expanding installed base that attracts investments in production, R&D marketing. The technology is locked in.” HULTÉN (1999, S.3); siehe z.B. DAVID (1985) zur Entstehungsgeschichte und Durchsetzung eines technisch anderen Lösungen unterlegenen Standards für die Belegung von Schreibmaschinentastaturen (QWERTY)

<sup>53</sup> „...As a consequence, there is no guarantee that a unique ab ovo-equilibrium identified in the static analysis given some initial endowment distribution will result from the adjustment process in the market starting from that distribution.” WITT (1985, 573f)

<sup>54</sup> siehe z.B. ARTHUR, ERMOLIEV und KANIOVSKI (1987)

Systemzustand unabhängigen Zustand konvergieren wird, kann eine ausschließliche Konzentration auf die Analyse dieses Gleichgewichtes zu kurz greifen. Die Gleichgewichtsanalyse ist nicht in der Lage zutreffende Erklärungen oder Prognosen über das Systemverhalten zu liefern, wenn Anpassungsvorgänge des Systems nur langsam – verglichen mit Frequenz und Schwere exogener Störungen – arbeiten und das System sich folglich selten oder nie im Gleichgewicht oder in der ‚Nähe‘ davon befindet.

Jedoch wird auch in evolutorischen Ansätzen die Verwendung neoklassischer Rationalitätsgleichgewichte nicht grundsätzlich abgelehnt. Oftmaliges Wiederholen der zugrunde liegenden Entscheidungssituation, stabile Selektionskriterien, prompte und eindeutig zuordenbare Rückkopplungen, ‚einfache‘ Entscheidungssituationen, etc. lassen – wo dies gegeben ist – schnelle und zielgerichtete Anpassungsvorgänge erwarten und die Fiktion rationalen Verhaltens als ein akzeptables analytisches Hilfsmittel erscheinen. Aus diesem Grund wird zum Beispiel in dem in Kapitel 3 vorgestellten evolutorischem Simulationsmodell bei der Modellierung des Gütermarktes oder bei der Bestimmung des gewünschten Marktanteils auf neoklassische Gleichgewichtskonzepte zurückgegriffen. Andererseits wird aber beispielsweise bei der Analyse der Branchenstruktur<sup>55</sup> eine detaillierte Abbildung realer Anpassungsprozesse vorgenommen, da deren Geschwindigkeit als zu gering und deren Abhängigkeit von permanent auftretenden exogenen Einflüssen als zu hoch angesehen werden, um durch eine ausschließliche Gleichgewichtsanalyse erklärt werden zu können. Gleichgewichte können hier bestenfalls als ‚Attraktoren‘ dienen, d.h. sie können Auskunft darüber geben, in welche Richtung sich die Systemvariablen tendenziell bewegen werden.<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> Anzahl und Größe der Firmen einer Branche

<sup>56</sup> Dies kann offensichtlich nur unter der Einschränkung gelten, daß es sich hierbei um stabile – nicht aber um indifferente oder instabile Gleichgewichte handelt.

### 2.3.2.) Bestimmungsgründe individuellen Handelns in evolutorischen Modellen

*“... the survivors may appear to be those having **adapted** themselves to the environment, whereas the truth may well be that the environment has **adopted** them.”<sup>57</sup>*

Weniger einheitlich als in der Ablehnung von Rationalität sind evolutorische Theorien, wenn es um die Benennung alternativer Bestimmungsgründe individuellen Handelns geht. Neben Modellen, in denen Akteure ein einmal gewähltes oder zugewiesenes (,ererbtes‘) Verhalten stets beibehalten kommt im Rahmen evolutorischer Modelle häufig das Konzept der ,gebundenen Rationalität‘<sup>58</sup> zur Anwendung:

Die neoklassische Dichotomie Verhaltensmotivation (Rationalität, Gewinnmaximierung) und Verhaltensmöglichkeit (objektive Produktionsfunktion) wird aufgehoben.<sup>59</sup> An ihre Stellen treten Entscheidungs- oder Handlungsregeln: „Routinen“<sup>60</sup> bzw. „Comps“<sup>61</sup>. Das Verhalten der Akteure (hier: Firmen) ergibt sich aus der Anwendung relativ einfacher Entscheidungs- bzw. Handlungsregeln; erzielt die Firma ,befriedigende‘ Ergebnisse durch die Anwendung ihrer aktuellen Regeln, dann behält sie diese bei. Sind die Ergebnisse hingegen ,unbefriedigend‘ dann bemüht sich die Firma ihr Verhalten, d.h. ihre Regeln, zu ändern.<sup>62</sup>

Die Gesamtheit aller Routinen eines Unternehmens können – mit den gleich genannten Einschränkungen – als Analogon zum biologischen Genotyp gesehen werden: Routinen determinieren gemeinsam mit den aktuellen ,Umweltbedingungen‘, die z.B. durch die Aktionen der Konkurrenten beeinflusst werden, das tatsächliche Verhalten (Phänotyp) der jeweiligen Firma, sie sind ,vererbbar‘<sup>63</sup> und sie sind – über die Fitneß, des zugehörigen Phänotyps – auch einem Selektionsdruck ausgesetzt.<sup>64</sup>

Zwangsläufig muß die Vererbung von Firmenroutinen erhebliche Unterschiede zum biologischen Konzept der rekombinatorischen Weitergabe von Genen einer Eltern- an ihre Nachfolgergeneration aufweisen. Vererbung wird hier im weitesten Sinne als ein Akt der

<sup>57</sup> ALCHIAN (1950, S. 214, fette Formatierung im Original kursiv; kursive Formatierung hinzugefügt)

<sup>58</sup> „bounded rationality“: siehe CYERT und MARCH (1963), SIMON (1955, 1959, 1965), NELSON und WINTER (1982, S. 35ff)

<sup>59</sup> “What determines a firm’s production set ... ARROW and HAHN [1971, S. 53] are quite explicit: ‘The production possibility set is a description of the state of the firm’s knowledge about the possibilities of transforming commodities’ ... not, for example, the ultimate limits imposed by physical law, or the limits imposed by the actual conditions of input availability.” (NELSON und WINTER 1982, S. 60)

<sup>60</sup> “Our general term for all regular and predictable behavioral patterns of firms is ‘routine’. We use this term to include characteristics of firms that range from well-specified technical routines for producing things, through procedures for hiring and firing, ordering new inventory, or stepping up production of items in high demand, to policies regarding investment, research and development (R&D) [...]” (NELSON und WINTER 1982, S. 14)

<sup>61</sup> MCKELVEY und ALDRICH (1983)

<sup>62</sup> siehe unten

<sup>63</sup> siehe nächsten Absatz

individuellen *Informationsbewahrung* über die Zeit gesehen werden: Das was ein Unternehmen tut und wie es dies tut, weist ein hohes Maß an Kontinuität auf,<sup>65</sup> Firmen behalten also ihre Routinen zunächst grundsätzlich bei – insbesondere auch dann, wenn sie ihre Kapazitäten erweitern oder Tochterunternehmen gründen etc.

Im Gegensatz aber zu biologischen Lebewesen, die an ihre Gene untrennbar gebunden sind,<sup>66</sup> können Firmen ihre Routinen jedoch anpassen. Gemäß dem Konzept der gebundenen Rationalität wird eine Firma von ihrem routinemäßigen Verhalten aber nur dann abgehen, wenn sie mit ihren aktuellen Routinen keinen befriedigenden Erfolg zu erzielen vermag. Fraglich ist aber, ob und wie derartige Anpassungsvorgänge allgemein charakterisiert werden können. Ständige marginale Adaptionen der eigenen Routinen im Rahmen eines Versuch-und-Irrtum-Prozesses werden in einem dynamischen Kontext bei einer Vielzahl von Entscheidungsparametern als keine gute Wahl angesehen:<sup>67</sup> die fehlende Möglichkeit Änderungen eindeutig als Erfolg oder Mißerfolg einzuschätzen und die Gefahr an lokalen Optima „hängenzubleiben“<sup>68</sup> lassen Geschwindigkeit und Ausmaß eventuell erzielbarer Verbesserungen des eigenen Erfolges und damit der Überlebensfähigkeit als ungenügend erscheinen. Dies gilt vor allem dort, wo die individuelle Überlebensfähigkeit nicht nur durch eigenes Handeln sondern auch durch die Aktionen konkurrierender Akteure beeinflusst wird: der Erfolg konkurrierender Firmen kann dauerhaft eben nicht ignoriert werden, sondern muß relativ schnell egalisiert werden, andernfalls riskiert die zurückliegende Firma vom Markt verdrängt zu werden. Als vorherrschender Anpassungsmechanismus des eigenen Genotyps wird in der Literatur daher das Imitieren erfolgreicher(er) Individuen bzw. deren Routinen, also ihres Genotyps, angenommen.<sup>69</sup> Als Mechanismen, die ein Kopieren erfolgreicherer Firmen im realen Wirtschaftsleben bewirken werden u. a. identifiziert:<sup>70</sup>

- Mitarbeiter erfolgreicher Unternehmen werden häufiger abgeworben und transferieren damit Comps, bzw. Routinen, in das abwerbende Unternehmen

---

<sup>64</sup> vgl. NELSON und WINTER (1982, S. 14)

<sup>65</sup> vgl. z.B. CANTWELL und FAI (1999)

<sup>66</sup> abgesehen von den Ergebnissen der modernen Gentechnik

<sup>67</sup> Dem Hinweis, daß bestimmte Anpassungsprozesse als ‚ungeeignet angesehen‘ und deshalb nicht in Betracht gezogen werden, liegt die implizite Argumentation zugrunde, daß alle ‚ungeeigneten‘ Anpassungsprozesse schon ausselektiert wurden und nur ‚geeignete‘ Anpassungsprozesse überlebt haben. WINTER (1984) z.B. führt derartige Anpassungsprozesse auf die Aktivierung und Ausführung „übergeordneter Routinen“ zurück – die zwischen allen Firmen identisch sein sollen; MCKELVEY und ALDRICH (1983) hingegen benennen explizit Mechanismen die zu einer Änderung individuellen Verhaltens auf der Ebene von Firmen führen (siehe unten)

<sup>68</sup> vgl. ALCHIAN (1950, S. 219, Formatierung hinzugefügt)

<sup>69</sup> vgl. ALCHIAN (1950, S. 219): “In general, uncertainty provides an excellent reason for imitation of observed success.”.

<sup>70</sup> MCKELVEY und ALDRICH (1983)

- Mitarbeiter erfolgreicher Unternehmen erhalten bessere Möglichkeiten ihr Wissen zu kommunizieren und ihnen wird größere Aufmerksamkeit geschenkt: z.B. auf Symposien und Seminaren oder bei der Forschungstätigkeit, z.B. im Rahmen universitärer Forschung oder bei der Forschung durch Unternehmensberatungen
- erfolgreiche Firmen sind bevorzugte Opfer von Industriespionage

Das Imitieren von Routinen erfolgreicherer Firmen erfolgt dabei nicht immer auf dem Wege einer vollständigen und sofortigen Übernahme durch die weniger erfolgreiche Firma. Vielmehr kommt es in Folge von Imitationsbemühungen typischerweise zunächst nur zu einer Annäherung der bisher praktizierten Routinen an die Routinen der erfolgreicheren Firma. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, daß komplexe Organisationen sich nicht völlig flexibel verhalten können, und das Erlernen neuer Routinen Zeit erfordert.<sup>71</sup>

Das Anpassen an erfolgreichere Comps wird zwar nicht als einziger Veränderungsmechanismus des individuellen Genotyps angesehen: bewußte und zielgerichtete Eingriffe in bestehende Routinen, z.B. durch das Management<sup>72</sup>, oder aber Kopierfehler – insbesondere bei schwer beobachtbaren<sup>73</sup> oder sehr firmenspezifischen Routinen<sup>74</sup> – werden ebenfalls angeführt: „The fact that not all business behavior follows regular and predictable patterns is accommodated in evolutionary theory by recognizing that there are stochastic elements both in the determination of decisions and the outcome of decisions.“<sup>75</sup> Hier liegt der wesentliche Unterschied, aber auch ein großer Nachteil evolutorischer Theorien zur Neoklassik: während in neoklassischen Modellen Änderungen individuellen Verhaltens im Zeitverlauf stets die Folge rationalen Kalküls sind und deshalb innerhalb der von den Modellen vorgezeichneten, und typischerweise stark vereinfachten Entscheidungsumgebung auch spezifiziert werden können, können die hier vorgestellten

<sup>71</sup> Ausmaß und Geschwindigkeit der Anpassung sind dabei natürlich auch von der Art der zu kopierenden Routine abhängig. Die Nachahmung eines Produktes vermittels einer ‚Blaupause‘ wird – jedenfalls wenn die zu ihrer Umsetzung nötigen technischen Gerätschaften und das technologische Wissen in der kopierenden Firma schon vorhanden sind – sehr schnell und ohne Abstriche vom Original gehen können, während die Übernahme neuartiger Managementkonzepte wie ‚Teamarbeit‘ oder ‚Just-in-time-Produktion‘ typischerweise weniger schnell und umfassend erfolgen wird.

<sup>72</sup> “High-level business executives do not spend humdrum days at the office applying the same solutions to the same problems that they were dealing with five years before.“ (NELSON und WINTER 1982, S. 15)

<sup>73</sup> “[It] often happens that a firm observes that some other firm is doing things that it would like to be able to do – specifically, making more money by producing a better product or producing a standard product more cheaply. The envious firm then attempts to duplicate this imperfectly observed success. [...The] imitator’s personnel cannot directly observe what goes in the imitatee’s plant. [reverse engineering]” (NELSON und WINTER 1982, S. 123)

<sup>74</sup> “At the other extreme, the target routine may involve so much idiosyncratic and ‘impacted’ tacit knowledge that even successful replication is highly problematic, let alone imitation from distance.” (NELSON und WINTER 1982, S. 124)

<sup>75</sup> zitiert bei NELSON und WINTER (1982, S. 15)

evolutorischen Modelle die Auswirkungen plausibler Überlegungen der Akteure nur als „Stochastisches Element“ integrieren.

### 2.3.3. Anwendung der drei evolutorischen Mechanismen

In diesem Kapitel soll der Bezug der eben aufgeführten Konzepte auf die drei evolutorischen Mechanismen<sup>76</sup> der Bewahrung, Vielfaltserzeugung und Auslese erfolgen und deren Wechselwirkungen skizziert werden.

#### (1) Mechanismus der Bewahrung und Weitergabe:

Routinen sind in Firmen verankert; werden von diesen beständig praktiziert und somit bewahrt. Routinen werden ebenfalls bewahrt bzw. weitergegeben, wenn eine Firma ihre Kapazitäten erweitert oder Tochtergesellschaften gründet.

#### (2) Mechanismus der Erzeugung von Vielfalt:

Neue Routinen entstehen, wenn Firmen erstmalig in die Branche eintreten oder wenn schon existierende Firmen ihre Routinen aufgrund unbefriedigender Ergebnisse ändern. Neue Routinen entstehen dabei durch rekombinatorische Effekte, also aufgrund der nur unvollständigen Anpassung bzw. Anpaßbarkeit der eigenen Routinen an die Routinen erfolgreicherer Unternehmen, sowie durch Kopierfehler bei der Wahrnehmung und Übernahme fremder Routinen.

#### (3) Mechanismus der Auslese:

Die Gesamtheit ihrer Routinen bestimmt unter den gegebenen Bedingungen wesentlich den Phänotyp der sie praktizierenden Firma. Der Phänotyp bezeichnet hier die Gesamtheit der morphologischen und funktionalen Eigenschaften der betreffenden Firma, wie z.B. Art und Umfang des aktuellen Kapitalbestandes, Ausbildungsstand und -motivation der Mitarbeiter etc. Ihr Phänotyp wiederum bestimmt wesentlich den Erfolg, d.h. den Gewinn, der jeweiligen Firma. Im Vergleich zu erfolglosen Firmen verbleiben erfolgreiche Firmen mit höherer Wahrscheinlichkeit am Markt und erweitern ihre Kapazitäten mit einer höheren Wahrscheinlichkeit bzw. in einem größerem Umfang.<sup>77</sup>

Dies führt zu einem Anwachsen bestimmter Routinen im ‚Genpool‘ der betrachteten Branche – aber nicht, bzw. nicht notwendigerweise, durch eine höhere Anzahl von

---

<sup>76</sup> siehe Definition unter 1.3.

<sup>77</sup> Dieser Punkt wird bei WINTER (1984) (siehe nächstes Kapitel) abgeschwächt. Firmen mit einem entsprechend hohem Marktanteil verzichten hier trotz positiver Gewinne auf Nettoinvestitionen, um die mit einem Rückgang der Absatzpreise verbundenen negativen Auswirkungen auf den eigenen Gewinn zu vermeiden.

Nachkommen – wie etwa im Bereich der biologischen Evolution – sondern durch *differentielle Wachstumsraten* der ‚Genträger‘ selbst.

Ebenfalls ohne biologisches Pendant ist das differentielle Wachstum des Anteils bestimmter Routinen im Genpool, welches durch die oben genannten Mechanismen bei der Imitation erfolgreicher Firmen durch vergleichsweise erfolglose Firmen erfolgt. Hier tritt allerdings keine identische Übernahme der erfolgreicherer Gene sondern nur eine ‚Annäherung‘ an diese ein.

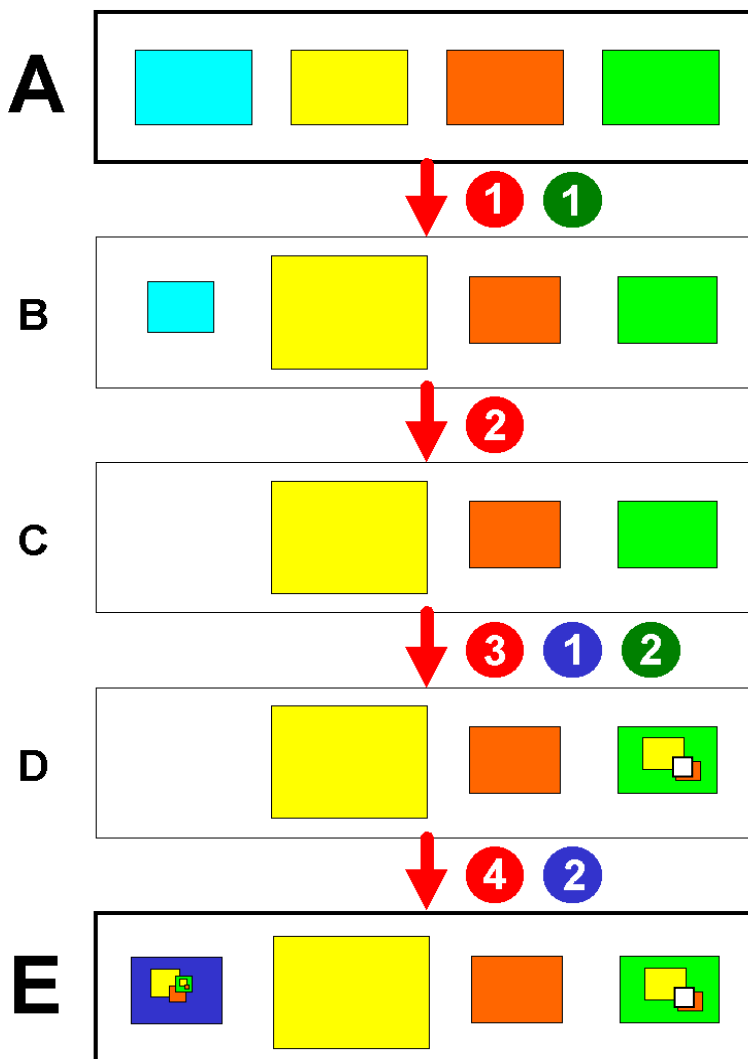


Schaubild 1 verdeutlicht die Entwicklung der Branchenstruktur im Zeitverlauf (Übergang von A nach E), welche durch die Wechselwirkung der drei evolutorischen Mechanismen hervorgerufen wird. ‚Branchenstruktur‘ bezeichnet hierbei die Gesamtheit der Genotypen und Phänotypen der Firmen einer Branche. Einzelne Phasen der Branchenentwicklung werden mit den Buchstaben A bis E bezeichnet, wobei der Übergang einer Phase in eine andere durch die Wirkung der evolutorischen Mechanismen ausgelöst wird. Die Reihenfolge sowie die strikte Trennung einzelner Phasen bzw.

**Schaubild 1:** Die drei evolutorischen Prinzipien; Eigene Darstellg. Phasenübergänge dienen ausschließlich der besseren grafischen Darstellbarkeit und sollen keine entsprechende Reihenfolge oder Trennbarkeit real ablaufender Prozesse implizieren.

Rechtecke symbolisieren die Firmen der Branche. Die Größe eines Rechteckes steht dabei für die Größe des Kapitalbestandes einer Firma; die Farbe des Rechteckes für den Genotyp der Firma. Die farbigen Kreise symbolisieren die einzelnen evolutorischen Mechanismen, rote Kreise stehen dabei für ‚Selektion‘, grüne für ‚Bewahrung‘ und blaue für ‚Erzeugung von

Vielfalt'. Die farbigen Kreise sind jeweils fortlaufend numeriert, wobei auch die Numerierung ausschließlich dazu dienen soll, die Übersichtlichkeit der Grafik zu erhöhen und keine zeitliche Reihenfolge impliziert.

Im folgenden werden die Phasenübergänge AB, BC, CD und DE benannt und erläutert:

A → B: *differentielles Wachstum von Firmen*

- Selektion 1: der Anteil einzelner Gene im Genpool der Branche verändert sich aufgrund unterschiedlicher Investitionsraten von Firmen; hohe Investitionsraten korrelieren positiv mit hohen Gewinnraten
- Bewahrung 1: Firmen behalten zunächst ihre Gene, d.h. ihre ‚Politik‘, bei

B → C *Marktaustritte*

- Selektion 2: bei dem Marktaustritt besonders erfolgloser Firmen werden deren Gene vollständig aus dem Genpool der Branche eliminiert

C → D *‚Politikänderung‘ erfolgloser Firmen:*

- Selektion 3: erfolglose Firmen bemühen sich um die Änderung ihrer Politik; die Gene erfolgreicherer Kandidaten werden imitiert und damit erhöht sich deren Verbreitungsgrad im Genpool der Branche (siehe gelbe und orange ‚Einsprengsel‘ im Genotyp der grünen Firma)
- Vielfalt 1:
  - rekombinatorischer Effekt: durch die teilweise Imitation erfolgreicherer Firmen treten neue Kombinationen von Genotypen auf (siehe gelbe und orange ‚Einsprengsel‘ im Genotyp der grünen Firma);
  - Kopierfehler: durch die ungenaue Wahrnehmung oder durch Fehler beim Kopieren der Routinen anderer Unternehmen treten neue Kombinationen von Genotypen auf (siehe weiße Einsprengsel im Genotyp der grünen Firma)
- Bewahrung 2: es erfolgt jedoch keine vollständige Imitation, d.h. die imitierende Firma behält einen Teil ihrer alten Routinen bei

D → E: *Marktzutritte*

- Variation 2: in den Markt eintretende Unternehmen bringen neue Gene in den Genpool der Branche ein (siehe dunkelblaue Grundfarbe der neuen Firma)
- Selektion 4: in den Markt eintretende Unternehmen versuchen die Gene erfolgreicher Unternehmen zu kopieren (siehe farbige Einsprengsel im Genotyp der neu eingetretenen Firma)

### 3.) Ein evolutorisches Simulationsmodell von NELSON und WINTER

#### 3.1.) Einleitung

Nachdem evolutorische Theorien im Laufe des letzten Jahrhunderts weitgehend aus den Wirtschaftswissenschaften verdrängt wurden, haben NELSON und WINTER mit ihren Arbeiten wesentlich dazu beigetragen, daß evolutorischen Ansätzen nunmehr wieder ein deutlich größerer Stellenwert in der ökonomischen Theorie eingeräumt wird.<sup>78</sup> Ausschlaggebend hierfür ist, daß es ihnen durch die in ihrem Standardwerk (1982) entwickelten Modellen erstmals gelingt, Wege für eine umfassende *formale* Behandlung ‚industriökonomischer‘ Fragestellungen mittels evolutorischer Methoden aufzuzeigen. Auch wenn sie auf stark vereinfachten Annahmen aufbauen, sind doch die meisten der dort vorgestellten Modelle zu komplex um noch ausschließlich analytisch zugänglich zu sein. Neben die analytische Auswertung muß hier vor allem auf die Computersimulation dieser Modelle und eine Auswertung mittels statistischer Methoden zurückgegriffen werden.

#### 3.2.) Formalisierung der beiden Schumpeterschen Wettbewerbskonzeptionen

*„At the time of his death, a citation index shows, that Joseph Schumpeter was the scholar most often cited in the whole field of economics.“<sup>79</sup>*

*„...his influence on the literature continues to be so great that for a theoretical model of technological competition to gain approbation today it needs first of all to be shown ‘Schumpeterian’...“<sup>80</sup>*

In seinen Frühwerken unternahm SCHUMPETER den überaus ambitionierten Versuch eine unikausale Erklärung für das Auftreten von Gewinnen, positiven Realzinsen, volkswirtschaftlichen Nettoersparnissen, die Bedeutung des Kreditwesens, das Auftreten von Konjunkturen und wirtschaftliches Wachstum in kapitalistischen Wirtschaftssystem zu finden.<sup>81,82,83</sup> Er führt all diese Phänomene auf das Wirken von „Unternehmern“ zurück,

<sup>78</sup> Vgl. z.B. ANDERSEN (1996b, abstract), „...the simulation models of Nelson and Winter have played a major role [in] the ‘take-off’ of evolutionary economics...“; ANDERSEN (1996b) bietet hier auch einen umfassenden Überblick über die zahlreichen Simulationsmodelle dieser Autoren

<sup>79</sup> SAMUELSON (1981 S.1; zitiert bei ANDERSEN 1992, S.2; Formatierung hinzugefügt)

<sup>80</sup> DASGUPTA (1988, S.67; zitiert bei STADLER 1989, S.2; Formatierung hinzugefügt)

<sup>81</sup> Abgesehen „vom sachlichen und persönlichen – namentlich Erlebensrisiko [...]“ (SCHUMPETER (1931/1911, S. 255) lehnt er das „psychische Geringersehen künftiger Genüsse als selbständiges Phänomen“ (SCHUMPETER 1931/1911, S. 242) zur Erklärung positiver Zinsen ab. Reale Zinsen sind, bzw. wirken wie, „eine Steuer auf den Unternehmergewinn“ (SCHUMPETER 1931/1911, S. 261), die von „Kapitalisten“ erhoben wird. „...gäbe es keinen Zins, so würden sie ihre Kaufkraft horten oder sich irgendwelche Güter dafür verschaffen“ (SCHUMPETER (1931/1911, S. 301). SCHUMPETER sieht den Zins somit als „Kind der kapitalistischen Entwicklung“ an und behauptet, „daß ihm in der außerkapitalistischen Wirtschaft nichts selbständiges entspricht“ (SCHUMPETER 1931/1911, S. 299)

<sup>82</sup> „Die Nichtkonsumption des Unternehmergewinns ist nicht Sparen in eigentlichem Sinne, nicht Entzug am gewohnten Befriedigungszustande. Und so können wir sagen, daß es die Tat der Unternehmer ist, die die

wobei er hierunter „Wirtschaftssubjekte, deren Funktion die Durchsetzung neuer Kombinationen ist und die dabei das aktive Element sind“ versteht.<sup>84</sup> Unter „neuen Kombinationen“ werden folgende Fälle zusammengefaßt:<sup>85</sup>

- 1.) die Herstellung neuer Güter
- 2.) die Einführung neuer Produktionsmethoden
- 3.) die Erschließung neuer Absatzmärkte
- 4.) die Erschließung neuer Beschaffungsmärkte
- 5.) die Durchführung organisationaler Änderungen („Schaffung oder Durchbrechen einer Monopolstellung“)

An Möglichkeiten für Neuerungen sieht SCHUMPETER keinen Mangel, sie sind praktisch unbegrenzt verfügbar,<sup>86</sup> und auch die Beschaffung der für ihre Durchsetzung benötigten Mittel stellt kein Problem für den, bzw. die, Unternehmer dar.<sup>87</sup> Grenzen für die Durchsetzung von Neuerungen sieht SCHUMPETER lediglich im Widerstand, den die Gesellschaft anfänglich jeder Art von Neuerungen entgegenbringt,<sup>88</sup> und den es zu überwinden gilt, sowie in der mangelnden „Unternehmereignung“ eines Großteils der

meisten Vermögen schafft.“ SCHUMPETER (1931/1911, S. 217) und „Für die kapitalistische Wirtschaft ist noch hinzuzufügen, daß es ohne Unternehmergeinn auch keine Vermögensbildung gäbe.“ (SCHUMPETER 1931/1911, S. 236)

<sup>83</sup> „Warum geht der Zug der Entwicklung nicht stetig seinen Weg, sondern ruckweise, so, daß der Aufwärtsbewegung eine Abwärtsbewegung folgt [...]: A u s s c h l i e ß l i c h deshalb, weil die Durchsetzung der neuen Kombinationen nicht, wie man nach allgemeinen Grundsätzen der Wahrscheinlichkeit erwarten sollte, in der Zeit gleichmäßig verteilt ist – [...] – sondern die neuen Kombinationen, wenn überhaupt, scharenweise auftreten. (SCHUMPETER 1931/1911, S. 334) und “But as soon as the success is before everyone’s eyes, everything is made very much easier by this very fact. It can now, with much-diminished difficulty, be copied, even improved upon, and a whole crowd invariably does copy it – which accounts for the leaps and bounds of progress as well as for the setbacks ...” (SCHUMPETER 1928, S. 384)

<sup>84</sup> SCHUMPETER (1931/1911, S. 111); Weder sind Selbständige, Freiberufler, Firmeninhaber, Manager oder Aktionäre automatisch „Unternehmer“ in diesem Sinne, noch muß die „Funktion des Unternehmers“ ausschließlich von solchen Personen ausgeübt werden. Unternehmer ist vielmehr jeder, der „neue Kombinationen“ durchsetzt – aber nur solange, wie er dies tut.

<sup>85</sup> SCHUMPETER (1931/1911, S. 100)

<sup>86</sup> „Neue Möglichkeiten werden von der Umwelt fortlaufend dargeboten, insbesondere neue Erfindungen dem Wissensvorrat der Zeit fortlaufend hinzugefügt.“ (SCHUMPETER 1931/1911, S. 117) und „Many inventors have become entrepreneurs and the relative frequency of this case is no doubt an interesting subject to investigate, but there is no necessary connection between the two functions. The inventor produces ideas, the entrepreneur ‘gets things done’, which may but need not embody anything that is scientifically new. (SCHUMPETER 1947, S. 152)

<sup>87</sup> „Die Unternehmerfunktion ist prinzipiell nicht an Vermögensbesitz geknüpft, [...], wengleich der akzidentielle Umstand des Vermögensbesitzes einen praktischen Vorteil bietet.“ (SCHUMPETER 1931/1911, S. 146) „...Er [der Kredit] macht den einzelnen bis zu einem gewissen Grad unabhängig vom ererbten Besitz [...] Das Talent im Wirtschaftsleben reitet auf seinen Schulden zum Erfolg“ (SCHUMPETER 1931/1911, S. 105)

<sup>88</sup> „Es ist nicht nur sachlich schwieriger und etwas Anderes, Neues zu tun, als das Gewohnte und Erprobte, sondern das Wirtschaftssubjekt widerstrebt ihm auch, würde ihm auch widerstreben, wenn die sachlichen Schwierigkeiten nicht vorhanden wären. Das ist auf allen Gebieten so.“ „[...] Gegendruck, mit dem die soziale Umwelt jedem begegnet, der überhaupt oder speziell wirtschaftlich etwas neues tun will.“ (SCHUMPETER 1931/1911, S. 124ff)

Bevölkerung.<sup>89</sup> Infolge dessen ist die Einführung von Neuerungen typischerweise das Werk von Außenseitern<sup>90</sup>, welche mit ihren neuen Kombinationen die alten verdrängen.<sup>91, 92</sup>

In seinen späteren Werken betont SCHUMPETER jedoch (plötzlich) die Bedeutung der technischen Voraussetzungen für Neuerungen. Neuerungen sind nun nicht mehr exogen gegeben und frei verfügbar, sondern müssen erst ‚erfunden‘ werden. Dabei unterstellt er jedoch ein hohes Maß an Planbarkeit im Erfindungsprozeß<sup>93</sup> und sieht hierbei insbesondere Großunternehmen im Vorteil.<sup>94, 95</sup> Innovationen sind nun typischerweise das Werk dieser etablierten, großen Unternehmen.

Im folgenden wird ein von WINTER (1984) weiterentwickeltes Modell vorgestellt, das sich von den Modellen von NELSON und WINTER (1982) vor allem dadurch unterscheidet, daß hier

<sup>89</sup> „Die Unternehmereignung ist etwas, was wie jede andere Eigenschaft in der ethnisch homogenen Gruppe nach dem Fehlergesetz verteilt ist [...]. Es können und werden [...] mit fortschreitender Erleichterung der Aufgabe jeweils immer mehr Leute Unternehmer werden...“ (SCHUMPETER 1931/1911, S. 340)

<sup>90</sup> Mit der Charakterisierung jener Unternehmerpersönlichkeiten setzt SCHUMPETER sich jedoch dem Vorwurf der „Heldenverehrung“ aus: „Mit dem Bild eines rationalen und hedonistischen Einzelegoismus ist sie [die Motivation des Führers] zweifellos nicht richtig erfaßt. Das, was innerhalb bestimmter sozialer Struktur und Produktionsverfassung und in gegebener Kulturwelt – und sozialer Gewohnheit und Sitte laufend zu tun ist, das erscheint dem Wirtschaftssubjekt vor allem unter dem Gesichtspunkt weitgehend objektiver Pflicht und nicht als nach individuellem, hedonistischem Egoismus rational gewählt.“ (SCHUMPETER 1931/1911, S. 132) „Sein ‚wirtschaftliches Motiv‘ – Streben nach Gütererwerb ist nicht verankert am Lustgefühl, das die Konsumtion der erworbenen Güter auslöst. [...] Solche Wirtschaftssubjekte leben freilich meist luxuriös. Aber sie leben luxuriös, weil sie die Mittel dazu haben, sie erwerben nicht, um luxuriös zu leben. [...] Er schafft rastlos, weil er nicht anders kann, er lebt nicht dazu, um sich des Erworbenen genießend zu erfreuen.“ (SCHUMPETER 1931/1911, S. 134)

<sup>91</sup> „[...] es kann ersten vorkommen, es gehört aber nicht zum Wesen der Sache, daß die neuen Kombinationen von denselben Leuten durchgesetzt werden, welche den Produktionsprozeß oder den kommerziellen Weg der Waren in jenen eingelebten alten Kombinationen beherrschen, die durch die neuen überholt und verdrängt werden. Vielmehr treten der Idee und auch der Regel nach die neuen Kombinationen, bzw. die sie verkörpernden Firmen, Produktionsstätten usw., nicht einfach an die Stelle, sondern zunächst neben die alten, die aus sich heraus meist gar nicht in der Lage wären, den großen neuen Schritt zu tun: es waren, um bei dem einmal gewählten Beispiel zu bleiben, im allgemeinen nicht die Postmeister, welche die Eisenbahnen gründeten.“ (SCHUMPETER 1931/1911, S. 101)

<sup>92</sup> In einem späteren Werk prägt SCHUMPETER hierfür den Begriff: „Prozeß der schöpferischen Zerstörung“ (SCHUMPETER 1950/1942, S. 138)

<sup>93</sup> „Progress becomes ‘automatised’, increasingly impersonal and decreasingly a matter of leadership and individual initiative“ (SCHUMPETER 1928, S. 385); „Das Erfinden selbst ist zu einer Routinesache geworden. Der technische Fortschritt wird in zunehmenden Maße zur Sache von geschulten Spezialistengruppen, die das, was man von ihnen verlangt, liefern und dafür sorgen, daß es auf die vorausgesagte Weise funktioniert.“ (SCHUMPETER 1950/1942, S. 215)

<sup>94</sup> „Sobald wir auf die Einzelheiten eingehen und die einzelnen Posten untersuchen, bei welchen der technische Fortschritt am deutlichsten geworden ist, führt uns die Spur nicht zu den Toren jener Firmen, die unter den Bedingungen einer verhältnismäßig freien Konkurrenz arbeiten, sondern ausgerechnet zu den Toren der großen Konzerne – die, wie im Fall der Agrarorganisation, auch zum Fortschritt im Konkurrenzsektor viel beigetragen haben -, und es dämmert uns der schreckliche Verdacht, daß die Großunternehmung vielleicht mehr mit der Erhöhung als mit der Niedrighaltung dieses Lebensstandards zu tun gehabt hat.“ (SCHUMPETER 1950/1942, S. 135)

<sup>95</sup> „Der Fortschritt selbst kann ebenso gut mechanisiert werden wie die Leitung einer stationären Wirtschaft, und diese Mechanisierung des Fortschritts kann das Unternehmertum und die kapitalistische Gesellschaft beinahe ebenso stark beeinflussen, wie es das Ende des wirtschaftlichen Fortschritts täte.“ (SCHUMPETER 1950/1942, S. 214)

künstliche Startbedingungen bei der Branchenentstehung weitgehend vermieden werden. Ziel dieses Modells ist die Analyse der Branchenentstehung und -entwicklung in unterschiedlichen ‚technologischen Regimen‘. In Anlehnung an die Früh- und Spätwerke SCHUMPETERS wird hier zwischen einem ‚unternehmerischen‘ und einem ‚routinierten‘ Modus unterschieden, welche sich hauptsächlich hinsichtlich der dominanten Quelle von ‚Innovationen‘ unterscheiden. Im ‚unternehmerischen‘ Modus sind Innovationen weitaus häufiger das Werk von Außenseitern, d.h. von zunächst branchenfremden Firmen, während im ‚routinierten‘ Modus Innovationen typischerweise infolge brancheninterner Forschungsbemühungen generiert werden.

Die Modelle von NELSON und WINTER unterstellen dabei eine stochastische Beschreibbarkeit sowohl der Prozesse, die zu ‚Innovationen‘ führen, als auch der (modellrelevanten) Eigenschaften von Innovationen selbst.<sup>96</sup> Gleichwohl sind diese stochastischen Zusammenhänge den im Markt operierenden Firmen, bzw. potentiellen Markteintretern, annahmegemäß nicht bekannt, so daß diese sich mit echter Unsicherheit konfrontiert sehen.

### **3.3.) Grundstruktur des Modells**

Alle Firmen produzieren Einheiten eines homogenen Gutes. Dieses Gut wird auf einem idealisierten (‚neoklassischen‘) Markt abgesetzt, welcher durch eine zeitlich konstante, einheitselastische Preis-Absatz-Funktion gekennzeichnet ist, die jedoch bei einem bestimmten Höchstpreis abgeschnitten ist. Dieser Höchstpreis entspricht dem Preis eines engen Substituts, das aber im folgenden nicht weiter betrachtet wird.

Es wird eine linear-limitationale Produktionsfunktion unterstellt. Die Produktionsfaktoren Kapital, Arbeit und sonstige Faktoren (Vorleistungen) müssen im Produktionsprozeß also stets in einem festen Verhältnis zueinander eingesetzt werden. Die einzelnen Faktoren sind also untereinander nicht substituierbar und es existieren keine Skaleneffekte im Produktionsprozeß selbst.

Die Kosten für die Produktionsfaktoren ändern sich im Zeitverlauf nicht und sind unabhängig von der Gesamtnachfrage der betrachteten Branche. Als Kosten werden im Einzelnen betrachtet: Kapitalentwertung, Kapitalbindungskosten, variable Kosten (Löhne und Vorleistungen) sowie Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (F&E), welche aus den zwei Komponenten ‚innovative F&E‘ und ‚imitative F&E‘ bestehen.

F&E-Kosten haben zwar ‚Fixkostencharakter‘ in dem Sinne, daß eine Erhöhung der Ausbringungsmenge keine Mehrkosten für Forschungen sachlich bedingt – annahmegemäß

---

<sup>96</sup> Andernfalls wäre eine formale Analyse, oder die Computersimulation dieser Modelle nicht möglich.

bestimmt sich aber die Höhe der von einer Firma aufgebrauchten F&E-Mittel aus einer kurzfristig konstanten, aber evolvierenden Verhaltensfunktion, welche die F&E-Aufwendungen in einem bestimmten Verhältnis zum Kapitalbestand der Firma festlegt.<sup>97</sup> Somit fallen aus Sicht jeder Firma alle betrachteten Kosten proportional zum eingesetzten Kapital an. Im folgenden werden deshalb meist nur die entsprechenden *Kostenquotienten*<sup>98</sup> betrachtet, wobei diese Quotienten jeweils – bis auf die F&E-Quotienten – für alle Firmen und Perioden identisch sind.

Neben ihrer ‚F&E-Politik‘ (der konkreten Ausgestaltung ihrer F&E-Quotienten) können sich die Firmen noch im Kapitalbestand sowie ihrer ‚Technologie‘ unterscheiden. Die verwendete Technologie läßt sich auf einen Zahlenwert reduzieren und gibt an, wieviel Einheiten des homogenen Outputs eine Firma pro Einheit Kapital und Periode produzieren kann.<sup>99</sup> Eine Firma kann ihre aktuelle Technologie stets auf ihren gesamten Kapitalbestand anwenden und alle Firmen produzieren auch stets unter vollständiger Auslastung ihrer Kapazitäten.

Die Technologie einer Firma kann sich niemals verschlechtern wohl aber verbessern. Eine Verbesserung tritt auf, wenn die Firma erfolgreich innovieren oder eine überlegene Technologie einer anderen Firma imitieren kann.

Eine Simulationsperiode entspricht einem Quartal; die Simulation läuft insgesamt über 160 Perioden was somit einer Dauer von 40 Jahren entspricht.

Bei einer gegebenen Menge von Firmen mit jeweils gegebenem Kapitalstock, Technologie und Forschungspolitik lassen sich somit die individuellen Kosten und Ausbringungsmengen aller Firmen errechnen. Daraus wiederum ergibt sich die Gesamtausbringungsmenge der

---

<sup>97</sup> NELSON und WINTER (1982, S. 251, Formatierung hinzugefügt) begründen diese Annahme wie folgt: „Several studies have documented that many firms have as a decision rule that R&D expenditures should be a roughly constant fraction of *sales*.“ Die im Modell unterstellte Verhaltensfunktion, welche die F&E-Ausgaben der Firmen als Quotienten zum *Kapital* bemißt, läßt sich damit aber nur eingeschränkt ableiten: Aufgrund der im Modell verwendeten einheitselastischen Nachfragefunktion ist der Gesamtumsatz der Branche im hier relevanten Bereich stets konstant. Zahlreiche Simulationsläufe haben ergeben, daß die Mittelwerte des Gesamtkapitalbestand der Branche rasch konvergieren und im Zeitverlauf konstant bleiben. Ist innerhalb der Branche das Verhältnis aus F&E-Aufwendungen und Umsätzen relativ konstant, so gilt für die Branche das gleiche für das Verhältnis aus F&E-Aufwendungen und Kapitalbestand.

Für einzelne Firmen gilt diese Beziehung jedoch nicht: aus einem individuell konstanten F&E/Umsatz-Quotienten kann nicht auf einen individuell konstanten F&E/Kapitalbestand-Quotienten geschlossen werden. Hohe individuelle Produktivitätsverbesserungen (vor allem relativ zu den Mitbewerbern) führen zu einem veränderten Verhältnis aus Umsätzen und Kapitalbestand – jedenfalls solange bis die Konkurrenz nachzieht und durch ebenfalls verbesserte Produktivität ihre Ausbringungsmenge steigert, dadurch den Marktpreis senkt und sich somit wieder das alte Verhältnis Kapitalbestand / Umsatz einstellt.

<sup>98</sup> absolute Kosten geteilt durch Kapitalbestand

<sup>99</sup> in GERIBADZE (1982) wird der Versuch unternommen, diesen Ansatz auf inhomogene Güter zu übertragen. Alle Unternehmen arbeiten hier stets mit gleicher Produktivität, stellen aber Output unterschiedlicher ‚Qualität‘ her. Im wesentlichen wird hier aber lediglich der Begriff ‚Produktivitätswert‘ durch den Begriff ‚Qualität‘ substituiert.

Branche und der markträumende Preis und somit wiederum die Umsätze und Gewinne aller Firmen:

- 1.)  $Q_{it} := A_{it}K_{it}$
- 2.)  $Q_t := \sum_i Q_{it} = \sum_i A_{it}K_{it}$
- 3.)  $P_t := D(Q_t)$
- 4.)  $S_{it} := P_t Q_{it}$
- 5a.)  $c := v + \delta + r_{nat}$
- 5b.)  $C_{it} := cK_{it}$
- 6.)  $R_{it}^n := r_{it}^n K_{it}$
- 7.)  $R_{it}^m := r_{it}^m K_{it}$
- 8.)  $Z_{it} := S_{it} - (C_{it} + R_{it}^m + R_{it}^n)$

$i$  Firmenindex

$t$  Periodenindex

$A_{it}$  Produktivität von Firma  $i$  in Periode  $t$

$K_{it}$  Kapitalbestand von Firma  $i$  in Periode  $t$

$Q_{it}, Q_t$  Output von Firma  $i$  in Periode  $t$ ; bzw. Branchenoutput in Periode  $t$

$P_t$  Marktpreis des Outputs in Periode  $t$

$S_{it}$  Umsatz von Firma  $i$  in Periode  $t$

$v$  variable Kostenrate, d.h. variable Kosten je Kapitaleinheit bei vollständiger Kapazitätsauslastung;  $v = 0,115 = 11,5\%$

$\delta$  Abschreibungsrate, d.h. Rate der physischen Entwertung;  $\delta = 0,03 = 3\%$

$r_{nat}$  ‚natürlicher Zins‘, Zinskosten für Fremdkapital bzw. kalkulatorische Kosten je Einheit Kapital und Periode;  $r_{nat} = 0,015 = 1,5\%$

$c$  Produktionskostenkoeffizient, Summe aus den Quotienten der variablen Produktionskosten, Kapitalentwertungs- und Kapitalbindungskosten; konstant im Zeitverlauf, identisch bei allen Firmen;  $c = 0,115 + 0,03 + 0,015 = 0,16 = 16\%$ <sup>100</sup>

$C_{it}$  Produktionskosten von Firma  $i$  in Periode  $t$

$R_{it}^n, r_{it}^n$  Innovationsausgaben von Firma  $i$  in Periode  $t$ ; absolut und je Einheit Kapital

$R_{it}^m, r_{it}^m$  Imitationsausgaben von Firma  $i$  in Periode  $t$ ; absolut und je Einheit Kapital

$Z_{it}$  Gewinn von Firma  $i$  in Periode  $t$ ; entspricht Gewinn im betriebswirtschaftlichen Sinne abzüglich kalkulatorischer Kosten für eingesetztes Eigenkapital

$D(\text{Parameter})...$  Nachfragefunktion; ordnet dem übergebenen Parameter (Outputmenge  $Q_t$ ) den markträumenden Preis  $P_t$  zu; einheitselastisch  $(-\partial D/D) / (\partial Q_t/Q_t) = 1$  und oben abgeschnitten:  $D(Q_t) = \min [64/Q_t; 1,2]$

<sup>100</sup> An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, daß eine Simulationsperiode einem Quartal der modellierten Branche entspricht. Auf Jahresbasis bezogen ergeben sich folgende Größen:  $v = 46,0\%$ ,  $\delta = 12,6\%$ ,  $r_{nat} = 6,1\% \rightarrow c = 64,7\%$

### 3.4.) Änderung der Produktivität

Firmen haben zwei Möglichkeiten ihre Produktivität zu verbessern: durch innovative oder durch imitative Forschung. Die innovative Forschung hat zum Ziel, die firmenspezifische Produktivität unter Ausnutzung eines branchenexternen Wissenspools zu verbessern. Bei der imitativen Forschung hingegen bemüht sich das Unternehmen, Einsicht in die Technologien seiner Mitbewerber zu erhalten. Falls dies gelingt und die beobachteten Technologien der eigenen überlegen sind, werden diese Technologien übernommen, d.h. ‚kopiert‘

Jede Firma kann pro Periode höchstens einmal innovieren oder imitieren. Die Wahrscheinlichkeit mit der sie dies tun kann ist abhängig von bestimmten Modellparametern, die sich in den beiden betrachteten technologischen Regimen unterscheiden, sowie den absoluten Ausgaben für innovative bzw. imitative F&E der entsprechenden Firmen. Aufgrund des stochastischen Charakters dieser Prozesse ist im folgenden von ‚Innovations- und Imitationslotterien‘ die Rede. Es liegen positive Skaleneffekte im F&E-Bereich vor, denn um die gleiche Innovations- oder Imitationswahrscheinlichkeit zu realisieren, müssen große Firmen *je Kapitaleinheit* weniger F&E-Mittel aufbringen als kleine Firmen.

#### 3.4.1.) Imitationen

Neue Technologien, also Technologien mit einem in der Branche bisher noch nicht vorhandenem Produktivitätsparameter, können nur durch Innovationen gefunden werden.<sup>101</sup>

Jede neue Technologie ist zunächst ‚unsichtbar‘, d.h. sie kann von keinem anderem Mitbewerber beobachtet und kopiert werden. Zu Beginn jeder folgenden Simulationsperiode werden bis dato unsichtbare Technologien jedoch mit einer Wahrscheinlichkeit von 1/8 sichtbar; sichtbare Technologien bleiben auch weiterhin sichtbar, vorausgesetzt daß es mindestens eine Firma gibt, welche diese Technologie noch praktiziert.

Erhält eine Firma einen Zug aus der Imitationslotterie, so bekommt sie Einblick in eine *sichtbare* Technologie, wobei die Wahrscheinlichkeit eine konkrete sichtbare Technologie zu beobachten direkt proportional zu dem Kapitaleinsatz der sie bereits praktizierenden Firmen ist.<sup>102</sup> Dies ermöglicht es vor allem kleinen Firmen innovative Technologien vergleichsweise

---

<sup>101</sup> siehe nächstes Kapitel

<sup>102</sup> In früheren Modellen von NELSON und WINTER (1982) waren stets alle Technologien sichtbar und bei einem Zug aus der Imitationslotterie konnte stets die beste vorhandene Technologie kopiert werden. Anwendungsbeispiel: Firma X erhält einen Imitationszug; es gibt drei sichtbare Technologien A, B und C auf welche 40, 60 und 80 Kapitaleinheiten angewendet werden. Die Wahrscheinlichkeit daß X A, B oder C zieht betragen somit: 22,2%, 33,3% und 44,4% – unabhängig vom Produktivitätswert der jeweiligen Technologien.

lange dem Zugriff durch Konkurrenten vorzuenthalten, während die sichtbaren Technologien großer Firmen bzw. Technologien, die schon von vielen Firmen der Branche praktiziert werden (und deshalb sichtbar sein müssen) eher das Opfer von Industriespionage werden.

Der imitierenden Firma steht die von ihr beobachtete Technologie ab der nächsten Periode uneingeschränkt zur Verfügung, d.h. sie kann sie unverzüglich, ohne Anpassungskosten oder sonstige Einschränkungen auf ihren vorhandenen Kapitalstock anwenden. Dies wird die Firma jedoch nur tun, wenn diese Technologie besser als die bisher praktizierte ist und sie in dieser Periode keine noch bessere Innovation verzeichnen kann.

### 3.4.2.) Innovationen

Unter Innovationen wird im NELSON-WINTER-Modell die Entdeckung und Einführung einer in der Branche vorher noch nicht praktizierten Technologie durch ein Unternehmen verstanden. Den Eigenschaften möglicher Innovationen werden durch die Modellannahmen jedoch enge Grenzen gesetzt: es werden nur Prozeß- aber keine Produktinnovationen zugelassen. Konkret bedeutet dies, daß sich durch Innovationen lediglich der Effizienzparameter einer Firma ändern kann – nicht aber beispielsweise qualitative Eigenschaften des Outputs oder die Struktur der linear-limitationalen Produktionsfunktion.<sup>103</sup>

Die eigentliche Quelle von Innovationen wird hier jedoch als exogen betrachtet. Sie ergibt sich aus branchenfremden Vorgängen<sup>104</sup> und wird durch die ‚Latente Produktivität‘, einem um 4% pro Jahr ansteigenden Produktivitätswert, abgebildet.

Durch Innovationen erhalten Firmen Zugriff auf diesen Produktivitätswert. Die Umsetzung im Simulationsmodell geschieht wie folgt: erhält eine Firma einen Zug aus der Innovationslotterie, so zieht sie eine log-normalverteilte Zufallszahl deren Erwartungswert die jeweilige latente Produktivität ist und deren Standardabweichung im Zeitverlauf konstant ist.

Im unternehmerischen Modus, der sich durch eine vergleichbar hohe ‚Abgeschlossenheit‘ von Innovationen auszeichnet, kann die innovierende Firma die gezogene Technologie unmittelbar übernehmen. Im routinierten Modus hingegen muß eine Anpassung der gefundenen Technologie an die bisher praktizierte vorgenommen werden. Im Modell wird dies so umgesetzt, daß die innovierende Firma nicht den gezogenen Wert – sondern nur das

---

<sup>103</sup> Die Schumpetersche Dichotomie von „Inventionen“ (Erfindungen) und „Innovationen“ (Neuerungen) kann im betrachteten Modell nicht sinnvoll angewendet werden, da sich Technologien hier lediglich in einem Parameter, d.h. ihrer „Effizienz“, unterscheiden. Da dieser Parameter den Firmen bekannt ist und keine Anpassungskosten des eigenen Kapitalbestandes an eine neue Technologie bestehen, ist es offensichtlich immer von Vorteil eine Technologie mit höherem Effizienzparameter einer Technologie mit niedrigerem Parameter vorzuziehen.

<sup>104</sup> „...events going on outside the industry – for example, advances in fundamental science occurring in universities” NELSON und WINTER (1982, S. 283)

geometrische Mittel aus dem gezogenem und ihrem bisher praktizierten Wert – als neue Produktivität übernehmen kann.

Aufgrund der gewählten Modellparameter treten Innovationen im routinierten Modus bei gleichen F&E-Ausgaben zehn mal häufiger auf, führen aber zu geringeren Produktivitätsfortschritten und lassen die technische Ausgangsposition der forschenden Firma nicht unbeachtet.

$$9.) \gamma_{it}^n := a^n R_{it}^n = a^n r_{it}^n K_{it}$$

10a.) unternehmerischer Modus:

$$\text{wenn } \theta_{\text{binär}}(\gamma_{it}^n) = \text{WAHR, dann } A_{it}^n := \theta_{\text{lognorm}}(\varphi(t), s^n) \text{ sonst } A_{it}^n := 0$$

10b.) routinierter Modus:

$$\text{wenn } \theta_{\text{binär}}(\gamma_{it}^n) = \text{WAHR, dann } A_{it}^n := (\theta_{\text{lognorm}}(\varphi(t), s^n) * A_{it}^n)^{1/2} \text{ sonst } A_{it}^n := 0$$

$$11.) \gamma_{it}^m := a^m R_{it}^m = a^m r_{it}^m K_{it}$$

12.) **wenn**  $\theta_{\text{binär}}(\gamma_{it}^m) = \text{WAHR,}$

$$\text{dann } A_{it}^m := \Theta(\text{sichtbare Technologien } 1_{t..#t}) \text{ sonst } A_{it}^m := 0$$

$$13.) A_{i,t+1} := \max [A_{it}, A_{it}^m, A_{it}^n]$$

$a^n$  Effizienzparameter für innovative F&E, konstant im Zeitverlauf, identisch zwischen den Firmen; im unternehmerischen Modus:  $a^n = 0,025$ ; im routinierten Modus:  $a^n = 0,25$

$\gamma_{it}^n$  Wahrscheinlichkeit für Firma i in Periode t einen Zug aus der Innovationslotterie zu erhalten; liegt im unternehmerischen Modus in der Größenordnung<sup>105</sup> von 0,5% je Firma und Periode, in der Branche werden durchschnittlich 0,05 Innovationen je Periode getätigt; im routinierten Modus entsprechend: 5% bzw. 0,5

$\varphi(t)$  latente Produktivität zum Zeitpunkt t, mit  $\varphi(t) = \varphi(1) * 1,04^{(t-1)/4}$ ; latente Produktivität wächst um 4% pro Jahr;  $\varphi(1) = 0,135$

$s^n$  Standardabweichung des Innovationsfehlers; mit  $s^n = 0,036$ <sup>106</sup>

$A_{it}^n, A_{it}^m$  Speichervariablen für Ergebnisse des Innovations- bzw. Imitationszuges

<sup>105</sup> Wenn nicht anders angegeben liegen allen Berechnungen folgende Annahmen zugrunde: Firmengröße: 40 Kapitaleinheiten, Branche: 400 Kapitaleinheiten,  $r_{it}^n = 0,005$ ,  $r_{it}^m = 0,002$  (wie beim Branchengründer, siehe 3.6.). Sowohl der individuelle Kapitalbestand als auch die F&E-Politik unterliegen evolutorischen Anpassungsprozessen; die berechneten Werte sind deshalb nur als Richtgrößen zu verstehen.

<sup>106</sup> Achtung: WINTER (1984, S. 308) gibt hier einen Wert von „0.1177 (corresponding to three years of latent productivity growth)“ an. Dies ist jedoch inkonsistent. In der Startphase der Branchensimulation erhöht sich die latente Produktivität in 3 Jahren um  $0,135 * (0,04) * 3 = 0,01620$ ; in der Endphase (nach 40 Jahren) um  $(0,135 * 1,04^{40}) * (0,04) * 3 \approx 0,07778$ . Das geometrische Mittel beider Größen beträgt 0,036. Dieser Wert wurde bei der Spezifizierung des Modelles zugrunde gelegt.

Der von WINTER für die Standardfehler der Innovationsergebnisse angegebene Wert entspricht ungefähr einem 10-jährigen Wachstum der latenten Produktivität, in der Anfangsphase der Simulation sogar einem über 20-jährigen Wachstum – was bei einer Simulationsdauer von insgesamt nur 40 Jahren als inakzeptabel erscheint. Bei der Analyse seiner, leider nur in grafischer Form vorliegenden, diesbezüglichen Ergebnisse (1984, Abb. 2a; mit Einschränkungen Abb. 2b, S. 310) konnte kein einziger Fall ausfindig gemacht werden, bei der eine Innovation die jeweilige Latente Produktivität um einen Betrag überschreiten konnte, der 0,1177, dem unterstellten Standardfehler, auch nur nahe kam. (Achtung: Skalierung der Ordinate beachten!)

$a^m$	Effizienzparameter für imitative F&E, konstant im Zeitverlauf, identisch zwischen den Firmen und den betrachteten Modellmodi; $a^m = 2,5$
$\gamma_{it}^m$	Wahrscheinlichkeit für Firma $i$ in Periode $t$ einen Zug in der Imitationslotterie zu erhalten; liegt in der Größenordnung von ca. 20% je Firma; in der Branche treten durchschnittlich 2 Imitationen je Periode auf
$\#_t$	Anzahl der sichtbaren Technologie in Periode $t$
$\Theta(\dots)$	Funktion, die aus allen derzeit praktizierten, sichtbaren Technologien genau eine Technologie auswählt; die Wahrscheinlichkeit mit der eine bestimmte sichtbare und praktizierte Technologie ausgewählt wird ist proportional zu dem auf sie verwendeten Kapitalbestand
$\theta_{\text{binär}}$ (Parameter)	binäre Wahrscheinlichkeitsfunktion; liefert den Wert WAHR mit der Wahrscheinlichkeit, die der Größe des übergebenen Parameters entspricht
$\theta_{\text{lognorm}}$ (Parameter 1;2)	Wahrscheinlichkeitsfunktion, log-normalverteilt; Parameter 1: Erwartungswert; Parameter 2: Standardabweichung

### 3.5.) Investitionen

Die von einer Firma ‚erwünschten Investitionen‘ ergeben sich aus einer Verhaltensfunktion. Diese Verhaltensfunktion berücksichtigt den Marktpreis, die Stückkosten sowie den Marktanteil der jeweiligen Firma. Tendenziell gilt dabei, daß eine Firma mit im Vergleich zum erzielbaren Marktpreis niedrigen Stückkosten viel investieren will, während ein hoher Marktanteil und damit eine große ‚Marktmacht‘ zu niedrigen erwünschten Investitionen führt. Läuft eine Firma infolge von Abnutzung ihres Kapitalbestandes Gefahr unter den mindestens erforderlichen Kapitalbestand zu fallen, so bemüht sie sich, diese Grenze nicht zu unterschreiten.

Anders als das Forschungsverhalten unterliegt das Investitionsverhalten gemäß der Modellannahmen keinem evolutorischem Anpassungsprozeß und ist im Zeitverlauf und zwischen den Firmen identisch.

Ob eine Firma jedoch ihre gewünschten Investitionen<sup>107</sup> auch tatsächlich tätigen kann, hängt von deren ‚Finanzierbarkeit‘ ab. Grenzen der Finanzierbarkeit sind durch die Verfügbarkeit interner und externer Finanzierungsmöglichkeiten gegeben. Als Quelle interner Finanzierung steht die Summe aus Abschreibungen und Gewinnen zur Verfügung.<sup>108</sup> Erzielt eine Firma

<sup>107</sup> siehe hierzu auch Anhang

<sup>108</sup> Dies entspricht nur ungefähr dem ‚Cash-Flow‘, weil der im Modell zugrunde gelegte Gewinnbegriff sich nicht mit dem buchhalterischen Gewinn deckt, da letzterer keine kalkulatorischen Eigenkapitalkosten beinhaltet. Nur bei vollständiger Fremdkapitalfinanzierung entsprechen sich hier Cash-Flow und interne Finanzierungsmöglichkeiten.

einen positiven Gewinn, so kann sie zusätzlich Kredite in doppelter Höhe dieser Summe aufnehmen.<sup>109</sup>

Das in den Firmen gebundene Kapital ist sehr spezifisch und kann bei einem Rückzug vom Markt nicht abgegolten werden. Dies bedeutet, daß Firmen – abgesehen vom vollständigen Markt – keine negativen *Nettoinvestitionen* tätigen können.

$$14.) \pi_{it} := Z_{it} / K_{it}$$

$$15a) \text{ wenn } \pi_{it} < 0 \text{ dann } I_{it}^{\text{finanzierbar}} := \delta + \pi_{it}$$

$$15b) \text{ wenn } \pi_{it} \geq 0 \text{ dann } I_{it}^{\text{finanzierbar}} := \delta + b * \pi_{it}; b \geq 1$$

$$16.) \mu_{it} := \min \left[ \frac{3-2s}{3-3s}; 0,95 * \frac{(1,2 + P_t) * A_{i(t+1)}}{2c} \right]$$

$$17.) \rho_{it} := P_t * A_{i,t+1} / c$$

$$18a) I_{it}^{\text{erwünscht}} := 1 + \delta - \mu_{it} / \rho_{it}$$

$$18b) \text{ wenn } (1 - \delta + I_{it}^{\text{erwünscht}}) * K_{it} < K^{\min} \text{ dann } I_{it}^{\text{erwünscht}} := K^{\min} / K_{it} - 1 + \delta$$

$$19.) I_{it} := \max [0, \min [I_{it}^{\text{finanzierbar}}, I_{it}^{\text{erwünscht}}]]$$

$$20.) K_{i,t+1} := (1 - \delta + I_{it}) * K_{it}$$

$\pi_{it} \dots$	Kapitalrendite von Firma i in Periode t
$I_{it}^{\text{finanzierbar}}$	finanzierbare Bruttoinvestitionsrate für Firma i in Periode t
$I_{it}^{\text{erwünscht}}$	erwünschte Bruttoinvestitionsrate von Firma i in Periode t
$I_{it}$	tatsächliche Bruttoinvestitionsrate von Firma i in Periode t
b	externer Finanzierungsfaktor
$\mu_{it}$	angestrebter ‚Aufpreisfaktor‘, d.h. Verhältnis aus Erlösen zu Kosten
$\rho_{it}$	realisierter Aufpreisfaktor

### 3.6.) Ein- und Austritte

Eine Besonderheit dieses Simulationsmodells der NELSON-und-WINTER-Reihe ist die weitgehende Endogenisierung der Branchenstruktur. Dies geschieht einerseits durch die bereits geschilderte Modellierung des Investitionsverhaltens sowie durch die Art der Abbildung von Ein- und Austritten von Unternehmen in den bzw. aus dem Markt:

Die Simulation beginnt zu dem Zeitpunkt in dem eine neue Branche entsteht und wird nach einer vorgegeben Zahl von Perioden, hier 160 Perioden á ¼ Jahr, beendet. Eine Branche entsteht dadurch, daß ein Unternehmen – der Branchengründer – ein neuartiges Produkt auf dem Markt anbietet. Um Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Simulationsläufen und

<sup>109</sup> WINTER (1984, S. 300) führt aus “Abandonment of that assumption would introduce into the model a substantial set of interrelated complexities, involving modeling of financial accounting, dividend policy, debt structure, and capital market functioning.” und verweist dabei auf SCHUETTE (1980)

Modifikationen sicherzustellen zeichnet sich der Branchengründer *zum Zeitpunkt der Branchengründung* stets durch identische Eigenschaften hinsichtlich der Größen Kapitalbestand, Produktivität und Forschungspolitik aus. Diese Größen sind so bemessen, daß der Branchengründer von Beginn an mit Gewinn arbeiten und expandieren kann.

Analog zu den Mechanismen bei der individuellen Produktivitätsverbesserung werden zwei Quellen des Markteintrittes weiterer Unternehmen während der Dauer der Simulation betrachtet: innovative und imitative branchenexterne Forschung: „It is assumed that there is some level of ‘background’ R&D activity that is relevant to the industry’s technology but is not funded by the industry itself.“ und „...no identified actor is making the expenditure.“<sup>110</sup>

Die Höhe der Ausgaben für beide Forschungskomponenten ist im Zeitverlauf konstant und zwischen den routinierten und unternehmerischen Modi verschieden. Da sich beide Modi jedoch auch hinsichtlich der Effizienzparameter von F&E unterscheiden<sup>111</sup> ist in beiden Modi die gleiche Anzahl externer Innovationen oder Imitationen zu verzeichnen. Diese Innovationen bzw. Imitationen werden zunächst durch ‚potentielle Markteintreter‘ durchgeführt. Ob aus potentiellen Eintritten aber auch tatsächliche Eintritte werden, hängt vor allem von den Gewinnerwartungen dieser Eintreter ab. Einzelheiten hierzu werden im folgenden erörtert.

### 3.6.1.) Markteintritt durch Imitatoren

Die Anzahl potentieller imitativer Marktzutritte ergibt sich aus der Realisierung einer poissonverteilten Zufallsvariable deren Erwartungswert das Produkt des branchenexternen imitativen Forschungsaufwandes und des Effizienzparameters für imitative F&E ist. Aufgrund der gewählten Modellspezifikationen ergibt sich ein Erwartungswert von 0,5 potentiellen imitativen Eintritten je Periode und somit 80 potentiellen Eintritten während der gesamten Simulationszeit.

Jeder potentielle Imitator erhält gemäß der in 3.4.1.) beschriebenen Mechanismen einen Produktivitätswert zugewiesen. Erlaubt ihm dieser Produktivitätswert bei dem aktuellen Marktpreis nicht nur ein profitables Operieren im Markt sondern auch das Überschreiten einer ‚Eintrittsbarriere‘, so wird aus dem potentiellen ein tatsächlicher Marktzutritt.

Die Eintrittsbarriere kann als überlebensnotwendige Bruttorendite verstanden werden und trägt dem Umstand Rechnung, daß ein dauerhaft profitables Verbleiben im Markt i.d.R. nur möglich sein kann, wenn der Imitator neben den unvermeidlichen Produktionskosten in Zukunft auch Ausgaben für F&E tätigt. Die Eintrittsbarriere ergibt sich jeweils als

---

<sup>110</sup> WINTER (1984, S. 303)

<sup>111</sup> siehe 3.4

Realisierung einer normalverteilten Zufallszahl deren Erwartungswert im Zeitverlauf konstant ist und dem F&E-Ausgabenniveau des Branchengründers zum Zeitpunkt der Branchenentstehung entspricht.

Erfolgt ein Marktzutritt, so bekommt der Imitator einen Startkapitalbestand sowie seine Forschungspolitik zugewiesen. Der Startkapitalbestand ist normalverteilt und nach unten – bei der ‚Mindestkapitalausstattung‘ – abgeschnitten. Die F&E-Parameter des Imitators ergeben sich dabei aus der Realisierung von normalverteilten<sup>112</sup> Zufallsvariablen deren Erwartungswert den jeweiligen (kapital-)gewichteten F&E-Parametern der schon im Markt operierenden Unternehmen entspricht. Kann das Unternehmen bei dem gegebenen Marktpreis, der ihm zugewiesenen Produktivität sowie seinen F&E-Parametern nicht profitabel arbeiten, so erfolgt eine proportionale Verringerung der F&E-Parameter bis profitables Agieren wieder möglich ist.<sup>113</sup> Beide F&E-Parameter werden jedoch höchstens bis auf 0 gesenkt.

### 3.6.2.) Markteintritt durch Innovatoren

Die Bestimmung der Anzahl innovativer Markteintritte erfolgt analog zu dem in 3.6.1. beschriebenen Mechanismus. Im routinierten Modus ist der Effizienzparameter jedoch 10 mal größer als im unternehmerischen Modus.<sup>114</sup> Um jedoch in beiden Modi den gleichen Erwartungswert der Anzahl potentieller innovativer Eintritte sicherzustellen, wird für den unternehmerischen Modus ein 10fach höheres Ausgabenniveau der branchenexternen innovativen Forschung angenommen. In beiden Modi liegt dieser Erwartungswert bei 0,05 Unternehmen pro Periode, d.h. im gesamten Simulationslauf sind im Durchschnitt 8 potentielle innovative Marktzugänge zu verzeichnen.

Die Zuweisung des Produktivitätsparameters des potentiellen Innovators erfolgt im unternehmerischen Modus analog zu 3.4.2. Da der Innovator aber erst in den Markt eintreten will, und somit noch nicht über eine schon bestehende Produktionstechnologie verfügt, tritt an

---

<sup>112</sup> Die Dichtefunktion der zugrundeliegenden Normalverteilung ist aus Plausibilitätsgründen bei Null nach unten abgeschnitten. Hiermit wird die Zuweisung negativer Forschungsaufwendungen verhindert.

<sup>113</sup> Obwohl vor der Zuweisung der F&E-Parameter schon geprüft wurde, ob mittels der zugewiesenen Produktivität eine Eintrittsbarriere überwunden werden konnte, welche ja gerade die Notwendigkeit F&E-Ausgaben zu tätigen widerspiegelt, *kann* dieser Fall trotzdem auftreten, nämlich dann wenn mindestens einer der folgenden Ereignisse eintritt:

- Die Summe der gewichteten F&E-Parameter der Firmen in der Branche hat im Zeitverlauf den Erwartungswert der Eintrittsbarriere, der den Startwerten des Branchengründers entspricht, überschritten.
- Aufgrund des stochastischen Charakters bei der Zuweisung der F&E-Parameter ist der Imitator mit überdurchschnittlichen und damit kostenträchtigen F&E-Parametern belastet.
- Aufgrund stochastischer Einflüsse bei der Bestimmung der Eintrittsbarriere hat sich der Imitator ‚verschätzt‘, d.h. ein Marktzutritt erfolgte, obwohl das Unternehmen mit seiner Technologie – selbst ohne F&E-Aufwendungen – tatsächlich keine positive Profitrate erzielen kann.

deren Stelle ein Produktivitätslevel der sich aus der Anwendung einer im Zeitverlauf konstanten, öffentlich zugänglichen Wissensbasis ergibt.<sup>115</sup> Dieser Level ist so bemessen, daß seine Anwendung zum Zeitpunkt der Branchengründung gerade verlustfreies Agieren im Markt ermöglicht.<sup>116</sup>

Die Entscheidung ob aus dem potentiellen ein tatsächlicher Marktzutritt wird, die Zuweisung der F&E-Parameter sowie des Kapitalbestands erfolgen analog zu 3.6.1.

### 3.6.3. Marktaustritte

Marktaustritte können sowohl freiwillig als auch unfreiwillig erfolgen. Aufgrund der hohen Spezifität des eingesetzten Kapitals kann eine Firma beim Rückzug vom Markt den Wert ihres Kapitalbestandes nicht wieder erlösen: er ist unveräußerlich, seine Kosten sind ‚versunken‘. Eine Firma mit ‚relativ niedrigen‘ Verlusten wird zwar ihre Bruttoinvestitionen verringern und ggf. völlig einstellen – ein sofortiger und vollständiger Rückzug vom Markt hingegen würde hier zu viel größeren Verlusten führen. Erst wenn die Firma ‚dauerhaft‘<sup>117</sup> nicht einmal mehr ihre variablen Kosten decken kann, lohnt es sich ‚freiwillig‘ aus dem Markt auszuscheiden.

Unfreiwillige Austritte erfolgen wenn der Kapitalbestand einer Firma aufgrund von Abnutzung und mangelnden Erneuerungsinvestitionen unter den Mindestkapitalbestand fällt. Der verbleibende Kapitalstock wird dann auf einen Schlag wertlos und die Firma scheidet aus den Markt aus. Um diesen Totalverlust zu vermeiden, versuchen die in Frage kommenden Unternehmen durch Investitionsbemühungen auch bei ungünstiger Ertragslage ein Abgleiten ihres Kapitalbestandes unter diese Mindestgrenze abzuwenden. Ihr Widerstand kann aber letztlich nur dann erfolgreich sein, wenn das vom Ausscheiden bedrohte Unternehmen Gewinne erzielt oder es ihm rasch gelingt, in die Gewinnzone zurückzukehren, da im Modell Unternehmen mit negativer Profitrate maximal Nettoinvestitionen in gleicher negativer (!) Höhe tätigen können.<sup>118</sup>

Dies bedeutet, daß dauerhafte Verluste langfristig stets zum Ausscheiden der betroffenen Firma führen - freiwillig oder unfreiwillig.

### **Branchengründung:**

---

<sup>114</sup> siehe 3.4.2.

<sup>115</sup> „a productivity level associated with ... a constant base level of public available knowledge“ (WINTER 1984, S. 308)

<sup>116</sup> Wäre dieser Level größer, dann wäre kaum vermittelbar, warum die Branche dann nicht schon viel früher gegründet wurde.

<sup>117</sup> zur Definition von ‚Dauerhaftigkeit‘ siehe 3.7.

<sup>118</sup> siehe Formeln 17a, 21

$$\begin{aligned}
21.) \{ \quad t &:= 1 \\
\varphi(1) &:= 0,135 \\
n &:= 1 \\
A_{n,t} &:= 0,150 \\
r_{n,t}^n &:= 0,005 \\
r_{n,t}^m &:= 0,002 \\
K_{n,t} &:= 25 \quad \}
\end{aligned}$$

**Zutritte durch Imitatoren:**

$$22.) \gamma_t^{me} := a^m R^{me}$$

$$23.) N_t^{me} := \theta_{\text{poisson}}(\gamma_t^{me})$$

24.) **wiederhole**  $N_t^{ne}$  **mal**

$$\begin{aligned}
&\{ A_e := \Theta(\text{sichtbare Technologien } 1_{t..#_t}) \\
&\quad \text{wenn } (P_t A_e - c > \pi^{emin} + u_{ne}) \text{ dann} \\
&\quad \{ A_{n+1,t+1} := A_e \\
&\quad \quad K_{n+1,t+1} := \theta_{\text{norm-untab}}(K^e, \sigma^k, K^{\min}) \\
&\quad \quad r_{n+1,t+1}^n := \theta_{\text{norm-untab}}(\underline{r}_t^n, \sigma^n, 0) \\
&\quad \quad r_{n+1,t+1}^m := \theta_{\text{norm-untab}}(\underline{r}_t^m, \sigma^m, 0) \\
&\quad \quad \pi^{er} := P_t A_{n+1,t+1} - c - r_{n+1,t+1}^n - r_{n+1,t+1}^m \\
&\quad \quad \Sigma_r := r_{n+1,t+1}^n + r_{n+1,t+1}^m \\
&\quad \quad \text{wenn } \pi^{er} < 0 \text{ dann} \\
&\quad \quad \{ r_{n+1,t+1}^n := \max [ 0; r_{n+1,t+1}^n * (1 + \pi^{er} / \Sigma_r) ] \\
&\quad \quad \quad r_{n+1,t+1}^m := \max [ 0; r_{n+1,t+1}^m * (1 + \pi^{er} / \Sigma_r) ] \quad \} \\
&\quad \quad X_{n+1,t} := \Delta; \\
&\quad \quad n := n + 1 \quad \} \}
\end{aligned}$$

**Zutritte durch Innovatoren:**

$$25.) \gamma_t^{ne} := a^n R^{ne}$$

$$26.) N_t^{ne} := \theta_{\text{poisson}}(\gamma_t^{ne})$$

27.) **wiederhole**  $N_t^{ne}$  **mal**

$$\begin{aligned}
&\{ \text{unternehmerischer Modus: } A_e := \theta_{\text{lognorm}}(\varphi(t), s^n) \\
&\quad \text{routinierter Modus: } A_e := (\theta_{\text{lognorm}}(\varphi(t), s^n) * A^{\text{öff}})^{1/2} \\
&\quad \text{wenn } (P_t A_e - c > \pi^{emin} + u_{ne}) \text{ dann} \\
&\quad \{ A_{n+1,t+1} := A_e \\
&\quad \quad K_{n+1,t+1} := \theta_{\text{norm-untab}}(K^e, \sigma^k, K^{\min}) \\
&\quad \quad r_{n+1,t+1}^n := \theta_{\text{norm-untab}}(\underline{r}_t^n, \sigma^n, 0) \\
&\quad \quad r_{n+1,t+1}^m := \theta_{\text{norm-untab}}(\underline{r}_t^m, \sigma^m, 0) \\
&\quad \quad \pi^{er} := P_t A_{n+1,t+1} - c - r_{n+1,t+1}^n - r_{n+1,t+1}^m \\
&\quad \quad \Sigma_r := r_{n+1,t+1}^n + r_{n+1,t+1}^m \\
&\quad \quad \text{wenn } \pi^{er} < 0 \text{ dann} \\
&\quad \quad \{ r_{n+1,t+1}^n := \max [ 0; r_{n+1,t+1}^n * (1 + \pi^{er} / \Sigma_r) ] \\
&\quad \quad \quad r_{n+1,t+1}^m := \max [ 0; r_{n+1,t+1}^m * (1 + \pi^{er} / \Sigma_r) ] \quad \} \\
&\quad \quad X_{n+1,t} := \Delta; \\
&\quad \quad n := n + 1 \quad \} \}
\end{aligned}$$

**Marktaustritt:**

28.) **wenn**  $(K_{i,t+1} < K^{\min})$  **oder**  $(X_{i,t} < X^{\min})$  **dann**

{ deaktiviere Firma i

$$n := n - 1 \quad \}$$

$R^{ne}$	branchenexterne innovative Forschungsaufwendungen, im unternehmerischen Modus: $R^{ne} = 2,0$ ; im routinierten Modus: $R^{ne} = 0,2$
$R^{me}$	branchenexterne imitative Forschungsaufwendungen, $R^{me} = 0,2$
$\gamma_t^{ne}$	Erwartungswert für Anzahl der in Periode t auftretenden innovativen Neueinsteiger, $\gamma_t^{ne} = 0,05$ für alle t und in beiden Modi
$\gamma_t^{me}$	Erwartungswert für Anzahl der in Periode t auftretenden imitativen Neueinsteiger, $\gamma_t^{me} = 0,5$ für alle t und in beiden Modi
$N_t^{ne}$	Anzahl der in Periode t auftretenden potentiellen innovativen Neueinsteiger
$N_t^{me}$	Anzahl der in Periode t auftretenden potentiellen imitativen Neueinsteiger
$A_e$	dem potentiellen Neueinsteiger zugewiesene Produktivität
$A^{off}$	öffentlich zugänglicher Produktivitätswert; $A^{off} = 0,1333$
$K^c$	Erwartungswert für Startkapitalbestand von Neueinsteigern; $K^c = 25$
$\sigma^k$	Standardabweichung für den Startkapitalbestand von Neueinsteigern; $\sigma^k = 7,5$
$K^{min}$	Mindestgrenze für den Kapitalbestand; $K^{min} = 10$
$\pi^{emin}$	Eintrittsbarriere, $\pi^{emin} = 0,007$ ; entspricht Summe der Startwerte der F&E-Quotienten des Branchengründers
$\pi^{er}$	Profitrate, welche die neueintretende Firma beim aktuellen Marktpreis und der zugewiesenen Technologie erzielen würde
$\Sigma_r$	Summe der F&E-Quotienten die der neueintretenden Firma zunächst zugewiesen wurden
$u_{ne}$	normalverteilte Zufallszahl: Erwartungswert = 0; Standardabweichung = 0,014
$X_{it}$	Erfolgsindikator für Firma i in Periode t; dient der Speicherung der zeitlich geglätteten Profitrate des jeweiligen Unternehmens <sup>119</sup>
$\Delta$	‚Vorschußlorbeeren‘; Initialisierungswert für $X_{it}$ <sup>120</sup>
$\bar{r}_t^n$	durchschnittliche kapitalgewichtete Innovationsquote der Branche zum Zeitpunkt t
$\bar{r}_t^m$	durchschnittliche kapitalgewichtete Imitationsquote der Branche zum Zeitpunkt t
$\sigma^n$	Standardabweichung bei Erstvergabe oder Anpassung des innovativen F&E-Quotienten; $\sigma^n = 0,002$ ; dies entspricht 40% des Startwertes für den innovativen F&E-Quotienten des Branchengründers
$\sigma^m$	Standardabweichung bei Erstvergabe oder Anpassung des imitativen F&E-Quotienten; $\sigma^m = 0,0004$ ; dies entspricht 20% des Startwertes für den imitativen F&E-Quotienten des Branchengründers
$\theta_{poisson}$ (Parameter)	Funktion, die eine poissonverteilte Zufallszahl erzeugt, deren Erwartungswert und Standardabweichung durch den übergebenen Parameter festgelegt wird
$\theta_{norm-untab}$ (Parameter 1..3)	Funktion, die eine normalverteilte, nach unten abgeschnittene Zufallszahl erzeugt; Parameter 1 und 2: Erwartungswert bzw.

<sup>119</sup> siehe auch Kapitel 3.7.

<sup>120</sup> siehe auch Kapitel 3.7.

Standardabweichung der zugrundeliegenden Normalverteilung,  
Parameter 3: untere Grenze

### 3.7.) Verhaltensänderungen

In der von NELSON und WINTER vorgegebenen Modellumgebung müssen die Unternehmen jede Periode eine Vielzahl von Handlungen treffen. Über einen eventuellen Markteintritt oder -austritt oder die Einführung neuer Technologien muß entschieden werden, die Höhe der Investitionen, der Auslastungsgrad der Kapazitäten und die Höhe der Forschungsausgaben sind zu bestimmen. Auch nach der Berücksichtigung der zahlreicher Modellrestriktionen, z.B. im Hinblick auf die Finanzierbarkeit von Investitionen oder die Verfügbarkeit neuer Technologien, verbleibt den Unternehmen i.d.R. ein erheblicher Entscheidungsspielraum. Rationales Handeln als Bestimmungsgrund für die Wahl konkreter Handlungen scheidet nicht zuletzt aufgrund der Unsicherheit mit der die sich die tatsächlichen und potentiellen Marktteilnehmer konfrontiert sehen aus. Die Auswahl konkreter Handlungen ergibt sich vielmehr aus der Befolgung von Verhaltensregeln. Bis auf das Forschungsverhalten, auf das gleich näher eingegangen wird, sind aber alle Verhaltensregeln zwischen den Firmen und im Zeitverlauf konstant und damit ‚resistent gegen evolutorischen Wandel‘. Dies bedeutet keineswegs, daß alle Firmen stets das gleiche tun, also z.B. stets die gleiche Investitionsrate wählen – es bedeutet ‚nur‘, daß Firmen unter gleichen Bedingungen (Marktpreis, Marktanteil, Produktivität, Kapitalbestand, F&E-Erfolg) stets das gleiche tun *würden*. Veränderte Bedingungen, seien sie nun auf endogene oder exogene Einflüsse zurückzuführen, führen somit i.d.R. auch zu veränderten Handlungen – auch wenn weiterhin die gleiche *Verhaltensregel* zur Anwendung kommt.

Einige der zugrunde gelegten Verhaltensregeln werden aus der Anwendung einfacher neoklassischer Optimierungsmodelle abgeleitet. Allerdings werden und können in diesen Optimierungsmodellen nicht alle relevanten Aspekte des Simulationsmodells Berücksichtigung finden. So bestimmt sich im Modell die erwünschte Investitionsquote als Quotient aus dem ‚gleichgewichtigen‘ und dem aktuellen Kapitalbestand einer Firma – allerdings unter der statischen Fiktion, daß alle Unternehmen ihre aktuelle Produktivität beibehalten.

Andere Verhaltensregeln ergeben sich aus der Anwendung einfacher Plausibilitätsüberlegungen. So ist es unter den durch das Modell beschriebenen Bedingungen

– abgesehen von extremen Ausnahmefällen – immer ‚plausibel‘ die eigenen Kapazitäten voll auszulasten oder neue Technologien sofort einzusetzen, wenn sie verfügbar sind.<sup>121</sup>

Die Anwendung solcher unveränderlicher Verhaltensregeln in evolutorischen Modellen läßt sich in befriedigender Weise natürlich weder mit ihrer ‚Offensichtlichkeit‘ noch mit dem Argument, daß ein abweichendes Verhalten vermutlich schnell ausselektiert werden würde verteidigen. Zum einen wird ja gerade davon ausgegangen, daß offensichtliches bzw. ‚maximierendes‘ Verhalten nicht *vorausgesetzt* werden kann, und zum anderen ist doch gerade die Analyse von Anpassungsprozessen Schwerpunkt evolutorischer Theorien.

Dem ist einerseits entgegenzuhalten, daß selbst bei der hier unterstellten Konstanz und interindividuellen Gleichheit von bestimmten Verhaltensregeln eine Vielfalt unterschiedlicher tatsächlichen *Handlungen* und Unternehmenskenngrößen (z.B. Kapitalbestand, Technologie), welche sich aus der Anwendung dieser Regeln ergeben, festgestellt werden kann. Die evolutorischen Prozesse der Vielfaltserzeugung, Bewahrung und Auslese greifen hier zwar nicht auf der Ebene der Verhaltensregeln, also der Ebene des Genotyps, wohl aber auf der Ebene des Phänotyps. Andererseits dient das teilweise Zurückgreifen auf unveränderbare Verhaltensregeln dazu, die zu simulierenden Modelle einfacher, überschaubarer und damit vermittelbarer zu gestalten.

Explizite evolutorische Anpassungsmechanismen werden aber bei *den* Verhaltensregeln betrachtet, welchen im Rahmen dieses Modelles eine entscheidende Bedeutung beigemessen wird und bei denen andererseits, aus individueller Sicht, kaum Anhaltspunkte für eine plausible ad-hoc-Spezifikation zur Verfügung stehen: der F&E-Politik der Unternehmen. Es werden hier die Komponenten innovative und imitative F&E betrachtet, deren Höhe durch zwei separate Verhaltensfunktionen festgelegt wird, welche die F&E-Ausgaben der Unternehmen in ein konstantes Verhältnis zum eigenen Kapitaleinsatz stellen.

### 3.7.1.) Modellierung von Anpassungsprozessen

Zwar wird im Modell *Gewinnoptimierung* als Bestimmungsgrund individuellen Handelns abgelehnt, es wird aber angenommen, daß die Erzielung von Gewinnen – und zwar möglichst hoher Gewinne – einziges Handlungsmotiv der betrachteten Firmen ist. Die einzige veränderliche Verhaltensgröße ist die Forschungspolitik und als einziger systematischer

---

<sup>121</sup> Ein derartiger Ausnahmefall wäre zum Beispiel folgender: ein Monopolist hat seinen Kapitalstock so ausgelegt, daß er bei gegebener Produktivität soviel Output erzeugt, daß er gerade noch den größtmöglichen Preis (1,2 Geldeinheiten) erzielen kann. Erhält dieser Monopolist nun eine deutlich bessere Technologie zugewiesen würde er bei vollständiger Kapazitätsauslastung selbst bei sofortiger Einstellung aller Investitionen in den Folgeperioden in den elastischen Bereich der Nachfragekurve wechseln. Gewinnoptimal würde er aber genau am Übergangsbereich zwischen dem elastischen und dem unelastischen Bereich der

Anpassungsmechanismus wird hier das Imitieren erfolgreicherer Firmen angesehen.<sup>122</sup> Organisationelle Trägheit, Fehler bei der Wahrnehmung der F&E-Politik anderer Unternehmen und Fehler bei der Umsetzung der eigenen F&E-Politik verhindern jedoch eine sofortige und vollständige Imitation. Änderungsprozesse der individuellen F&E-Politik werden im Modell ausschließlich durch *unterdurchschnittliche* Gewinnraten ausgelöst, da hier annahmegemäß ein Imitieren einzelner, besonders erfolgreicher Unternehmen nicht möglich ist (!) - sondern immer nur eine Orientierung an branchendurchschnittliche Größen, z.B. hinsichtlich des Ausgabenniveaus für innovative F&E, erfolgen kann.

Um den Umstand Rechnung zu tragen, daß die in einer bestimmten Periode erzielte Gewinnrate ( $\pi_{it}$ ) durch Zufallseinflüsse, wie z.B. sporadisch auftretende Innovationen oder Imitationen, verfälscht werden kann und somit nicht repräsentativ für die (relative) mittel- und langfristige Gewinnsituation der jeweiligen Firma ist, wird als Erfolgsindikator die sogenannte individuelle ‚Erfolgsgröße‘ ( $X_{it}$ ) herangezogen. Die aktuelle Erfolgsgröße ergibt sich als gewichtetes Mittel der vorherigen Erfolgsgröße und der aktuellen Gewinnrate, was auf eine zeitliche Wichtung der Gewinnraten hinausläuft.<sup>123</sup> Die Gewinnraten zurückliegenden Perioden beeinflussen dabei mit zunehmenden zeitlichen Abstand in immer geringerem Maße die zu bestimmende aktuelle Erfolgsgröße. Die so ermittelte individuelle Erfolgsgröße wird mit der kapitalgewichteten durchschnittlichen Gewinnrate der Branche verglichen.<sup>124</sup> Ist die individuelle Erfolgsgröße höher, so ist die Ertragslage der jeweiligen Firma befriedigend und die Firma sieht keinen Anlaß bzw. keine plausible Möglichkeit ihr Verhalten zu ändern. Ist die individuelle Erfolgsgröße jedoch kleiner, so ist die Ertragslage der betroffenen Firma unbefriedigend, was mit positiver Wahrscheinlichkeit Anpassungsprozesse auslöst, die eine Änderung der individuellen Verhaltensfunktion bewirken.

Um der neuen F&E-Politik eine Bewährungsfrist einzuräumen, wird die firmenspezifische Erfolgsgröße der aktuellen Periode um einen bestimmten Betrag  $\Delta$  erhöht. Dies bewirkt, daß die Erfolgsgröße der Firma auch in den Folgeperioden größer ist als deren zeitlich gewichtete Gewinnrate. Mit zunehmenden zeitlichen Abstand verringert sich die Wirkung dieses Eingriffes jedoch. Führen die vorgenommenen Änderungen der F&E-Politik zu keiner

---

Nachfragekurve operieren – also zumindest kurzfristig (d.h. bis sein Kapitalstock durch Abwertung auf den optimalen Wert geschrumpft ist) unter nur teilweiser Auslastung seines Kapitalstockes.

<sup>122</sup> siehe Kapitel 2.3.

<sup>123</sup> Einfluß auf die Höhe der aktuellen Erfolgsgröße hat auch dessen ‚Startwert‘ (die Höhe der Erfolgsgröße der Firma in der Periode ihres Markteintritts). Je länger die Firma sich aber schon im Markt befindet umso geringer wird jedoch der Einfluß dieses Startwertes. Siehe Formel 29a.)

<sup>124</sup> Auf individueller Ebene erfolgt eine Gewichtung der Gewinnraten über die Zeit – auf Branchenebene jedoch nicht. Hieraus resultierende Probleme und Möglichkeiten der Abhilfe werden in 4.1.1 thematisiert.

ausreichenden Erhöhung der relativen Gewinnrate, so kommt es schließlich zu weiteren Änderungen der F&E-Politik, bzw. zu einem Ausscheiden der Firma, wenn permanent negative absolute Gewinnraten zu verzeichnen sind.

29.)  $X_{it} := \phi * X_{i,t-1} + (1-\phi) * \pi_{it}$  und durch Umstellen:

$$29a.) X_{it} = \phi^{t-tgi} * X_{i,tgi} + (1-\phi) \sum_{v=0}^{t-tgi-1} \phi^v * \pi_{i,t-v}$$

30.) **wenn**  $X_{it} \geq \underline{r}_t$

$$\text{dann} \left\{ \begin{array}{l} r_{i,t+1}^n := r_{it}^n \\ r_{i,t+1}^m := r_{it}^m \end{array} \right\}$$

**sonst** { **wenn**  $\theta_{\text{binär}}(h_r) = \text{WAHR}$

$$\text{dann} \left\{ \begin{array}{l} r_{i,t+1}^n := \theta_{\text{norm-untab}}(\beta \underline{r}_t^n + (1-\beta) r_{it}^n, \sigma^n, 0) \\ r_{i,t+1}^m := \theta_{\text{norm-untab}}(\beta \underline{r}_t^m + (1-\beta) r_{it}^m, \sigma^m, 0) \\ X_{it} := X_{it} + \Delta \end{array} \right\}$$

$$\text{sonst} \left\{ \begin{array}{l} r_{i,t+1}^n := r_{it}^n \\ r_{i,t+1}^m := r_{it}^m \end{array} \right\}$$

$\underline{r}_t$  durchschnittliche kapitalgewichtete Kapitalrendite der Branche zum Zeitpunkt t

$\phi$  Glättungsparameter,  $1 \geq \phi \geq 0$ ; je größer  $\phi$  ist, desto stärker gehen ältere Kapitalrenditen in die Berechnung der Erfolgsgröße  $X_{it}$  ein;  $\phi = 0,75$

$\beta$  Anpassungsparameter,  $1 \geq \beta \geq 0$ ; je größer  $\beta$  ist, desto stärker ist die erwartete Annäherung der F&E-Parameter an den Branchendurchschnitt;  $\beta = 1/6$

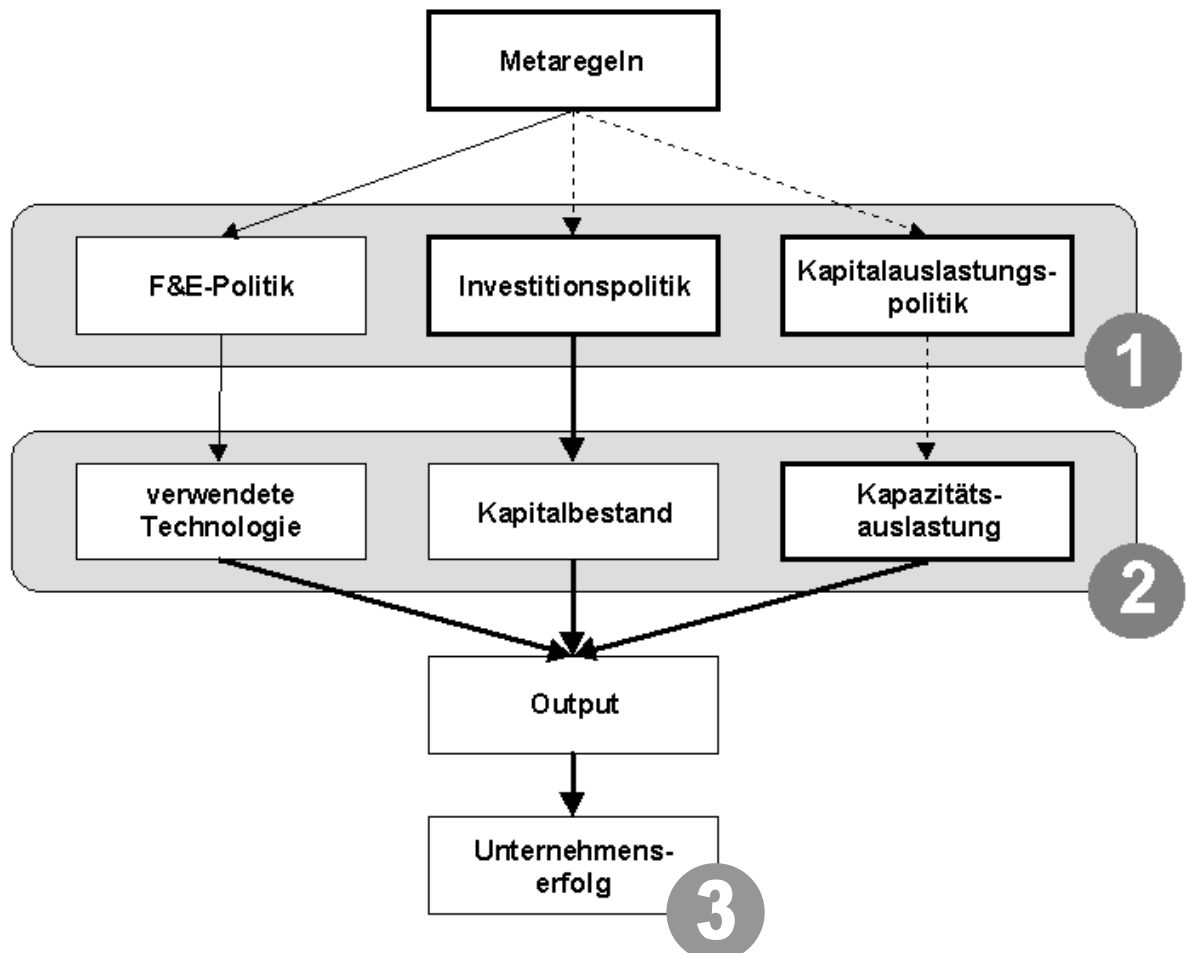
$h_r$  ‚Wechselfreude‘, d.h. Wahrscheinlichkeit mit der es zu einer Politikanpassung bei unbefriedigendem Unternehmenserfolg kommt;  $h_r = 50\%$

$tgi$  ‚Geburtsperiode‘ von Firma i;<sup>125</sup>  $X_{tgi} = \Delta$ ; durch Einsetzen in 31a.) erhält man entsprechend:  $X_{i,tgi} = X_{i,tgi}$  mit  $X_{i,tgi} = \Delta$  und  $X_{i,tgi+1} = \phi X_{i,tgi} + (1-\phi) * \pi_{i,tgi+1}$

<sup>125</sup> Markteintritte finden immer am Ende einer Periode statt

### 3.8.) Geno- und phänotypische Ebenen im NELSON-WINTER-Modell

Schaubild 2 verdeutlicht die Abhängig- und Zugehörigkeitsverhältnisse der einzelnen Firmengrößen. Die Elemente der Menge 1 bilden den Genotyp, die Elemente von Menge 2 den Phänotyp. Element 3 stellt die Selektionsgröße dar, welche gemäß der in 2.3.3.) vorgestellten Mechanismen die Zusammensetzung des Genpools der Branche beeinflusst.



**Schaubild 2:** Genotyp, Phänotyp und Selektionsgröße im WINTER-Modell; Eigene Darstellung

Änderungsvorgänge im Genotyp werden durch ‚Metaregeln‘ gesteuert.

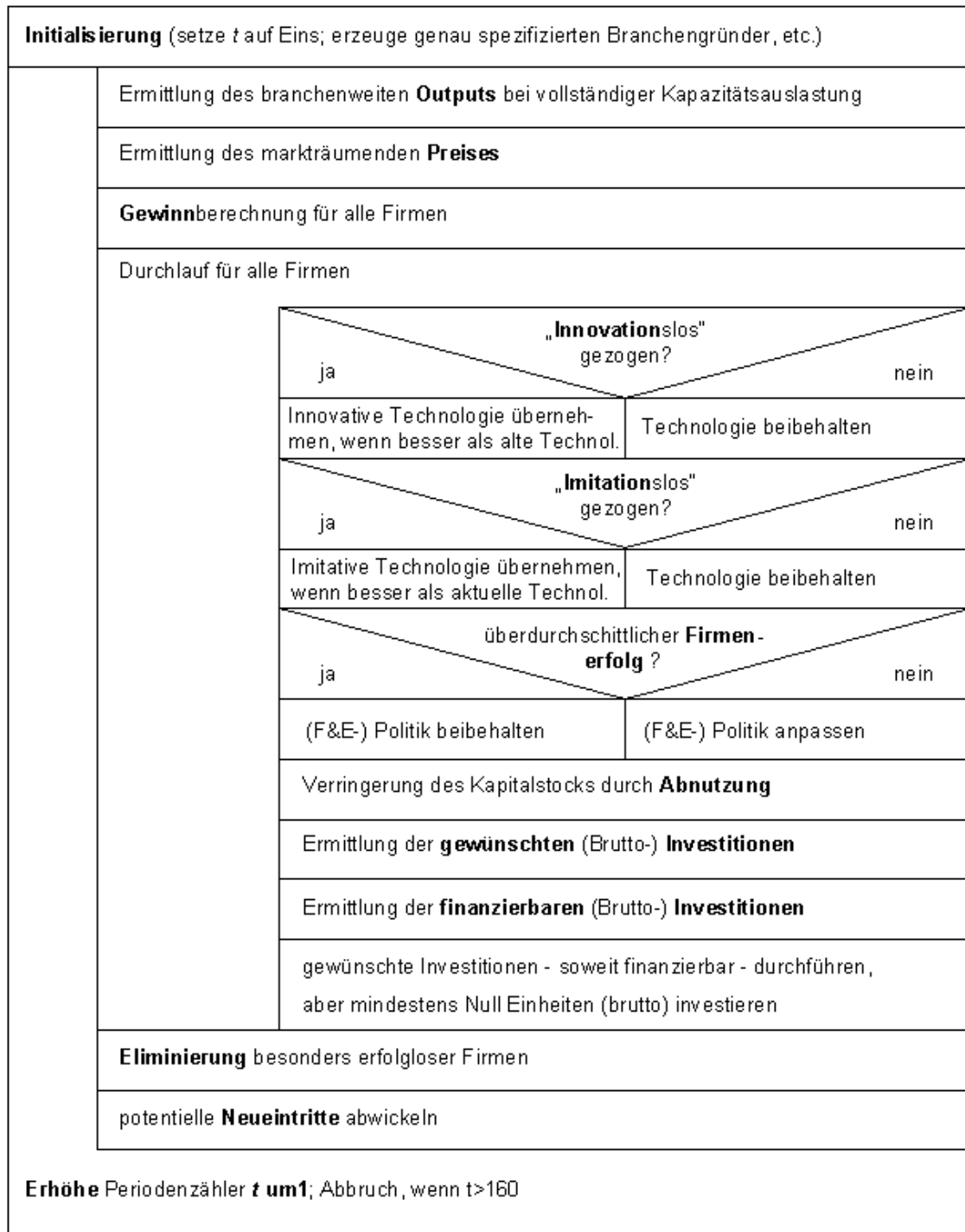
Fett umrandete Elemente sind im Zeitverlauf stabil und zwischen einzelnen Firmen identisch, d.h. die Modellspezifikationen schließen hier einen evolutorischen Wandel der entsprechenden Größen explizit aus. Dies trifft auf die Metaregeln sowie auf zwei der drei Elemente des Genotyps und auf eines der drei Elemente des Phänotyps zu.

Dünne Pfeile stehen für stochastische Zusammenhänge, fette Pfeile für deterministische Zusammenhänge, gestrichelte Pfeile stehen für ‚inaktive‘ Zusammenhänge und dienen ausschließlich der Verbindung fett umrandeter, d.h. unveränderbarer, Modellelemente.

## 4.) Umsetzung und Auswertung des Simulationsmodells

### 4.1.) Beschreibung des Programmes und Vorstellung weiterer Varianten

Das hier vorgestellte Simulationsmodell von NELSON und WINTER wurde unter Verwendung der Programmiersprache Borland PASCAL in ein lauffähiges Computerprogramm umgesetzt.



**Schaubild 3:** Programmstruktur des Winter-Modells; Eigene Darstellung

Der Quellcode kann dem Anhang entnommen werden. Schaubild 3 verdeutlicht den prinzipiellen Aufbau des Programmes. Die durchgehende Verwendung aussagekräftiger

Variablenamen sowie die umfangreiche Kommentierung des Quellcodes sollen auch Lesern mit geringen Programmierkenntnissen und/oder geringen Kenntnissen über das zugrundeliegende Simulationsmodell das Programm nachvollziehbar und verständlich gestalten. Im einzelnen ermöglicht dieses Programm:

- das Aufrufen einzelner Simulationsläufe, wobei eine Vielzahl von Firmen- und Branchengrößen sofort am Bildschirm dargestellt werden. Anschließend werden sämtliche Firmen- und Branchendaten in Speicherdateien exportiert und können somit mittels Statistik- oder Tabellenkalkulationsprogrammen weiteren Auswertungen unterzogen werden.
- die Ausführung von jeweils 100 Simulationsläufen aller Modellmodi. Aufgrund des erheblichen Umfangs der anfallenden Daten unterbleibt eine Bildschirmausgabe. Aus dem selben Grund wird auch auf die Speicherung der Firmendaten verzichtet<sup>126</sup>. Gespeichert werden hingegen sämtliche Branchendaten aller Perioden und Simulationsläufe.
- die Ausführung von jeweils 10.000 Simulationsläufen aller Modellmodi. Aus den oben genannten Gründen wird hier von einer Bildschirmausgabe und Speicherung der einzelnen Firmen- und Branchendaten abgesehen<sup>127</sup>. Gespeichert werden aber Mittelwerte und Standardabweichungen sämtlicher Branchendaten für alle Perioden und Modi.

Programmtechnisch umgesetzt werden zunächst die beiden Modellvarianten des unternehmerischen und des routinierter Modus. Im Gegensatz zu WINTER (1984), der die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Eigenschaften beider Modi anhand jeweils nur eines Simulationslaufes erörtert, kann hier mit den aus jeweils 10.000 Durchläufen gewonnen Daten auf eine deutlich bessere Informationsbasis zurückgegriffen werden. Dies ist auch erforderlich, da jeder Simulationslauf aufgrund der zahlreichen stochastischen Einflüsse anders ausfällt, und somit nur begrenzt repräsentativ für den jeweils simulierten Modellmodus sein kann.

Nach Auswertung der ersten Simulationsergebnisse zeigte sich, daß das WINTER-Modell in einigen Aspekten unplausible Ergebnisse liefert. Als Quellen hierfür wurden die Spezifikationen des Auslösemechanismus für Politikänderungen sowie die Modellierung der Eintrittsbarriere identifiziert. Im folgenden werden vier weitere Modellmodi eingeführt, davon jeweils zwei für den unternehmerischen und routinierten Modus. Ziel dieser Modifikationen ist einerseits die Behebung der genannten Mängel; andererseits sollen sie auch dazu dienen, die ‚Robustheit‘ des WINTER-Modells zu testen: ein wesentlich verschiedenes Verhalten der

---

<sup>126</sup> Während der 100 Simulationsläufe je Modus müßten andernfalls ca. 250 Megabyte an Firmendaten gespeichert werden.

<sup>127</sup> Hierbei würden sonst ca. 25 Gigabyte an Firmen- und ca. 1,5 Gigabyte an Branchendaten anfallen.

einzelnen Modellmodifikationen, jeweils getrennt nach unternehmerischem und routiniertem Modus, müßte dabei als ein schlechtes Zeichen für die Verallgemeinerbarkeit bzw. Allgemeingültigkeit, und damit den wissenschaftlichen Nutzen des WINTER-Modells, gelten.

Hervorzuheben ist, daß die im folgenden präsentierten Ergebnisse trotz der zahlreichen Zufallseinflüsse, welche im Modell abgebildet werden, jederzeit identisch reproduziert werden können. Der Grund hierfür ist die Verwendung von ‚Pseudozufallszahlen‘. Pseudozufallszahlen werden durch den Computer nicht durch die Auswertung stochastischer Ereignisse, z.B. das Werfen eines Würfels oder einer Münze, sondern durch die Anwendung deterministischer Regeln generiert.<sup>128</sup> Ausgehend von einem Startwert berechnet der Computer eine ‚Zufallszahl‘ und ausgehend von dieser ‚Zufallszahl‘ berechnet er die nächste ‚Zufallszahl‘ etc. Durch die explizite Festlegung des Startwertes kann sichergestellt werden, daß das Computerprogramm bei verschiedenen Aufrufen des Programmes stets die gleiche *Sequenz* von Zufallszahlen generiert.<sup>129</sup> Die so erzeugten Pseudozufallszahlen sind standardmäßig näherungsweise gleichverteilt im Intervall  $[0;1]$ . Durch einfache Umformungsschritte können hieraus jedoch Gleichverteilungen beliebiger anderer Intervalle generiert werden.

Auch die näherungsweise Erzeugung anderer Verteilungstypen ist möglich. Hierzu setzt man die Realisierung einer im Intervall  $[0;1]$  gleichverteilten Pseudozufallszahl in die Umkehrfunktion der Verteilungsfunktion der zu generierenden Pseudozufallszahl ein.

Ist die Umkehrfunktion der gewünschten Verteilungsfunktion analytisch nicht verfügbar, wie z.B. bei der häufig benötigten Normalverteilung, muß auf die Auswertung von Wertetabellen für die Umkehrfunktion der Verteilungsfunktion oder auf völlig andere Näherungsverfahren zurückgegriffen werden. So ist beispielsweise die Summe von 24 im Intervall  $[0;1]$  gleichverteilten Zufallszahlen näherungsweise normalverteilt mit dem Erwartungswert 12 und einer Standardabweichung von  $2^{1/2}$ . Durch die Wahl eines entsprechenden Intervalls der zugrundeliegenden, aufzusummierenden gleichverteilten Zufallsvariable wiederum können Normalverteilungen beliebiger Parameter generiert werden.

Werden von einem Programm mehrere Simulationsläufe durchgeführt, hier z.B. 10.000 je Modellmodus, dann wird die Initialisierung der Zufallszahlensequenz vom Programm

---

<sup>128</sup> Es gibt jedoch auch die Möglichkeit im Rahmen von Computerprogrammen auf ‚echte Zufallszahlen‘ zurückzugreifen. Hierfür sind beispielsweise Geräte erhältlich, welche die Anzahl (exponentialverteilter) atomarer Zerfallsprozesse einer bestimmten Substanz je Zeiteinheit ermitteln.

<sup>129</sup> Auch dann, wenn die Erzeugung ‚echter‘ Zufallszahlen nicht möglich ist, kann eine – mehr oder weniger – zufällige Initialisierung dieses Startwertes vorgenommen werden, wenn dies erwünscht ist, wie z.B. im Rahmen von Computerspielen. Hierzu fragt der Computer Uhrzeit und Datum des Programmaufrufes ab, beide Größen werden vom Computer intern verwaltet und müssen nicht vom Nutzer per Hand eingegeben werden, und erzeugt aus diesen Informationen einen Startwert für die Zufallszahlensequenz.

natürlich *nicht vor jedem* – sondern nur vor dem ersten Simulationslauf vorgenommen, andernfalls wären 10.000 völlig identische Simulationsläufe die Folge.

Werden einzelne Simulationsläufe unterschiedlicher Modi mit dem selben Startwert für die Zufallszahlenerzeugung belegt, so können sie natürlich trotzdem völlig unterschiedliche Ergebnisse bewirken. Zwar ist die Sequenz von Zufallszahlen in beiden Läufen identisch, die erhaltenen Zufallszahlen werden jedoch unterschiedlich ausgewertet und beeinflussen damit das weitere Systemverhalten unterschiedlich.<sup>130</sup>

#### 4.1.1. Modi mit alternativem Auslösemechanismus

In den beiden Grundmodellen von WINTER kommt es zur Auslösung von Politikänderungen, wenn die Erfolgsgröße  $X_{it}$  einer Firma  $i$  niedriger ist als die kapitalgewichtete Profitrate  $\underline{\pi}_t$  aller Unternehmen zum Zeitpunkt  $t$  ist.<sup>131</sup> Die Erfolgsgröße  $X_{it}$  selbst stellt letztlich ein zeitlich gewichtetes Mittel der Profitraten von Firma  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  und den vorangehenden Perioden dar. Die zeitliche Gewichtung wird in die Bemessung des Unternehmenserfolges einbezogen, um den Umstand Rechnung zu tragen, daß die Profitraten einzelner Unternehmen im Zeitverlauf aufgrund des stochastischen Charakters der F&E-Prozesse stark schwanken können. Eine zeitliche Gewichtung der Vergleichsgröße auf Branchenseite ( $\underline{\pi}_t$ ) wurde von WINTER als überflüssig angesehen, da hier schon eine andere Gewichtung der Profitraten, nämlich über den Kapitalbestand, vorgenommen wird und stochastische Einflüsse der F&E-Prozesse sich folglich auf  $\underline{\pi}_t$  in erheblich geringerem Umfang auswirken als auf die Profitraten  $\pi_{it}$  einzelner Unternehmen  $i$ .

Eine wichtige Ursache von Schwankungen von  $\underline{\pi}_t$  im Zeitverlauf wurde dabei jedoch außer Acht gelassen: Schwankungen in der Gesamtausbringungsmenge und damit einhergehende Schwankungen der Preise und die sich daraus ergebenden gleichzeitigen und gleichgerichteten Schwankungen der Profitraten aller Unternehmen zu einem Zeitpunkt  $t$  infolge des Markteintritts oder -austritts einzelner Unternehmen. Im Falle des Marktzutrittes sind temporäre Preisrückgänge von durchschnittlich ca. 6,25% zu verzeichnen; Marktaustritte

---

<sup>130</sup> Gleiches gilt im übrigen auch, wenn Änderungen im Quelltext vorgenommen werden, die das weitere Systemverhalten beeinflussen oder wenn ein identischer Quelltext von verschiedenen Compilern übersetzt wird, die sich z.B. hinsichtlich ihres Mechanismus zur Erzeugung von Pseudozufallszahlen unterscheiden. Aber auch weniger offensichtliche Unterschiede, z.B. hinsichtlich der Anzahl der unterstützten Nachkommastellen, können im weiteren ein unterschiedliches Systemverhalten bewirken.

<sup>131</sup> siehe 3.7.1

ziehen temporäre Preiserhöhungen von ca. 2% nach sich.<sup>132</sup> Dies führt zu einer temporären Verringerung / Erhöhung der Umsatzrenditen aller Unternehmen der Branche um 6,25 / 2,0 Prozentpunkte und somit zu einem proportionalen Rückgang / Anstieg der Kapitalrenditen. Zwar verringern / erhöhen sich die  $X_{it}$  ebenfalls; aufgrund ihrer Zeitgewichtung fällt dieser Rückgang / Anstieg jedoch geringer aus. Dadurch fällt der Vergleich der individuellen zeitgewichteten  $X_{it}$  mit den zeitlich ungewichteten  $\underline{\pi}_t$  besser / schlechter aus, als dies eigentlich der relativen Gewinnsituation der Firmen entsprechen würde.

In Perioden mit Marktzutritten werden daher Firmen mit unterdurchschnittlicher Profitrate (und absolut sinkenden Profiten !) notwendige Anpassungsprozesse der F&E-Politik tendenziell unterlassen. Im Fall von Markteintritten wiederum werden tendenziell selbst Firmen mit überdurchschnittlicher Profitrate (und absolut steigenden Profiten !) Änderungen ihrer eigentlich recht erfolgreichen F&E-Politik vornehmen. Da im Verlauf der 160 Simulationsperioden mit ca. 35 Markteintritten und 20 Marktaustritten zu rechnen ist, ergibt sich daraus ein großes Potential an irrtümlicherweise unterlassenen oder verzögerten bzw. irrtümlicherweise durchgeführten Anpassungsvorgängen.

Des weiteren wurde in einem Simulationslauf folgender Fall beobachtet: erzielte zum Zeitpunkt  $t$  eine Innovation und konnte damit seine Technologie verbessern. Dadurch stieg in der Folgeperiode seine Profitrate, die identisch mit der branchenweiten kapitalgewichteten Profitrate  $\underline{\pi}_{t+1}$  war, da der Branchengründer zu diesem Zeitpunkt der einzige Anbieter war. Zwar stieg auch seine Erfolgsgröße  $X_{i,t+1}$  – aufgrund der zeitlichen Gewichtung fiel dieser Anstieg jedoch geringer aus als der Anstieg der Profitrate  $\underline{\pi}_{t+1}$ . Dies wiederum wurde als Signal für eine unterdurchschnittliche Profitrate fehlinterpretiert und löste einen Anpassungsvorgang der F&E-Politik des Branchengründers aus.

Die Ursache der hier aufgezählten Probleme wird für den unternehmerischen und routinierten Modus wie folgt beseitigt: Firmen vergleichen ihre Erfolgsgröße  $X_{it}$  nun nicht mehr mit der

---

<sup>132</sup> Diesen Werten ergeben sich aus folgenden Annahmen und Schlußfolgerungen: Der Gesamtkapitalbestand der Branche beträgt im Durchschnitt ca. 400 Einheiten. Neu eintretende Unternehmen haben einen Kapitalbestand von durchschnittlich 25 Einheiten und erhöhen, wenn sie über eine branchendurchschnittliche Produktivität verfügen, damit die Gesamtkapazität der Branche schlagartig um 6,25%. Aufgrund der isoelastischen Nachfragefunktion bewirkt dies einen Preisrückgang um ebenfalls ca. 6,25%. Marktaustritte einzelner Firmen sind typischerweise die Folge der Unterschreitung der Mindestkapitalausstattung von 10 Einheiten (2,5% von 400). Zu dieser Unterschreitung kommt es regelmäßig dann, wenn die entsprechenden Firmen dauerhaft Verluste verzeichnet und damit nicht in der Lage ist, nicht-negative Nettoinvestitionen zu tätigen. Im Falle von Marktaustritten sinkt der Gesamtkapitalbestand der Branche folglich um 2,5%. Da austretende Unternehmen in der Regel über inferiore Technologien verfügen, (per Annahme: 80% der aktuellen kapitalgewichteten Produktivität) reduziert sich die Gesamtausbringungsmenge der Branche in der Periode des Austritts um 2% und folglich steigt der Marktpreis um ca. 2%

branchenweiten gewichteten Profitrate  $\underline{\pi}_t$ , sondern mit  $\underline{X}_t$ , also der kapitalgewichteten Erfolgsgröße aller Firmen der Branche zum Zeitpunkt  $t$ .

In der Modellspezifikation von WINTER werden die  $X_{it}$  im Falle von durchgeführten Änderungen der F&E-Politik um den Betrag  $\Delta$  hochgesetzt, bzw. bei in den Markt eintretenden Firmen auf den Betrag  $\Delta$  initialisiert, um der neuen Geschäftspolitik eine Bewährungsfrist einzuräumen. Damit spiegeln die  $X_{it}$  und folglich die  $\underline{X}_t$  aber die relative Gewinnsituation der einzelnen Firmen nicht korrekt wieder. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit folgender weiterer Anpassungen des Simulationsmodells:

- Die  $X_{it}$  werden durch Politikänderungen nun nicht mehr tangiert. Es wird statt dessen auf explizitem Wege sichergestellt, daß eine Firma nach erfolgter Politikänderung oder Markteintritt ihre gewählte Politik für eine bestimmte Anzahl von Perioden konstant hält. Hierzu wurde ein Wert von acht Perioden gewählt.
- Die Erfolgsgröße  $X_{it}$  neu in den Markt eintretender Unternehmen wird mit dem Wert  $\underline{X}_t$  initialisiert.
- Die entsprechende Startgröße  $X_{1,0}$  des Branchengründers wird auf den Wert von 1,3% festgelegt, also der Rendite, die der Branchengründer mit Sicherheit in der ersten Periode erzielt.

#### 4.1.2. Modi mit endogener Eintrittsbarriere

Erste Auswertungen von Simulationsläufen des unternehmerischen und routinierten Modus ergaben, daß – abgesehen von der Gründungsphase – neu eintretende Firmen im Durchschnitt stets negative erwartete Renditen zu verzeichnen haben. Ursache hierfür sind die im Mittelwert über die verschiedenen Modelldurchläufe permanent überhöhten Produktionskapazitäten, welche ihrerseits permanent nicht-kostendeckende Preise für die Mehrzahl der im Markt agierenden Firmen zur Folge haben. Diese reagieren darauf mit einem Abbau ihrer Kapazitäten. Viele Firmen reduzieren dabei ihre Bruttoinvestitionen auf den kleinstmöglichen Wert und schöpfen somit nicht einmal den, infolge der negativen Gewinne ohnehin schon stark eingeschränkten, Finanzierungsrahmen voll aus. Trotzdem kommt es im Mittelwert über die verschiedenen Modelldurchläufe zu keinem Abbau der Überkapazitäten. Ursache hierfür ist die unverhältnismäßig hohe Anzahl von Marktzutritten, vor allem durch Imitatoren. So treten jeden Periode im Durchschnitt 0,5 *potentielle* imitative Neueinsteiger auf. Nach Zuweisung einer Technologie entscheiden sie, ob sie auch tatsächlich in den Markt eintreten.<sup>133</sup> Die Entscheidung hierzu fällt positiv aus, wenn sie für sich Gewinnmöglichkeiten erkennen können (bzw. erkennen zu können glauben). Dazu ermitteln sie die Profitrate, die sie mit ihrer kopierten Technologie beim aktuellen Marktpreis erzielen würden und ziehen davon einen bestimmten Betrag ab, der dem Umstand Rechnung tragen soll, daß für ein dauerhaftes Verbleiben im Markt Ausgaben für F&E getätigt werden müssen. Die Ermittlung dieser ‚wahrgenommenen Profitrate‘ wird jedoch von einem normalverteilten Fehlerterm überlagert. Jeder zweite potentielle Eintreter wird deshalb seine erwartete Profitrate, unter Zugrundelegung des aktuellen Marktpreises, unterschätzen und jeder zweite wird sie überschätzen. Die hohe Anzahl potentieller Eintreter und die hohe Standardabweichung des Fehlerterms führen nunmehr dazu, daß es zu einer Vielzahl von tatsächlichen Marktzutritten kommt – und zwar tendenziell durch Firmen, die ihre wahrgenommenen Profite ‚grob überschätzen‘ und tatsächlich mit Verlusten operieren werden.<sup>134</sup> Verschärfend kommt hinzu, daß infolge des Markteintrittes die Produktionskapazitäten der Branche zumindest temporär erhöht werden, und der Marktpreis dementsprechend temporär zurückgeht. Zwar reduzieren die Firmen im Aggregat nun ihren Kapitalstock, was zu einem Rückgang der Produktion, einem Ansteigen der Preise und Gewinne führt, doch selbst bei weiterhin negativen Renditen der Marktsassen läßt der nächste, wiederum unprofitable, Neueintritt nicht lange auf sich warten usw.

---

<sup>133</sup> siehe 3.6.1.

Um ein derartiges unplausibles Modellverhalten zu verhindern, muß ein alternativer Mechanismus zur Bestimmung der wahrgenommenen Profitrate gefunden werden. Dieser Mechanismus soll sicherstellen, daß Neueinsteiger im Mittelwert keine negativen Renditen mehr erwirtschaften, sondern im Mittelwert über die verschiedenen Modelldurchläufe und -perioden – abgesehen von der Gründungsphase der Branche, in der weiterhin Gewinne erzielt werden können – genau kostendeckend arbeiten können.<sup>135</sup> Um jedoch die Vergleichbarkeit der Modelle nicht zu stark einzuschränken, soll der Fehlerterm bei der ‚Wahrnehmung‘ der Profitrate potentieller Markteinsteiger beibehalten werden.

Ausgangspunkt ist weiterhin die Rendite, die ein potentieller Neueinsteiger mit der ihm zugewiesenen Technologie unter dem aktuellen Marktpreis realisieren würde. Es kommt nun zu einem Markteintritt des potentiellen Einsteigers wenn diese Rendite einen bestimmten Betrag, die ‚endogene Mindestrendite‘, übersteigt. Es soll jedoch einen Rückkopplungs- bzw. Lernmechanismus zur Ermittlung dieser Mindestrendite geben, der bewirkt, daß die Erfolge bzw. Mißerfolge vorangehender Markteintritte, die zeitlich allerdings nicht ‚zu weit‘ zurückliegen sollten, in das Entscheidungskalkül eines potentiellen Markteintritters einfließen: Sieht der potentielle Eintreter, daß ihm vorangehende Markteintritter nun erfolgreich im Markt operieren ( $X_{it} \geq 0$ ) wird dies seinen Entschluß ebenfalls in den Markt einzutreten positiv beeinflussen. Erfolglos operierende ehemalige Markteintritter ( $X_{it} < 0$ ) beeinflussen seine Entscheidung negativ – und zwar betragsmäßig stärker als erfolgreiche Eintreter, denn schließlich sind auch diese erfolglosen Firmen einmal mit dem Ziel in den Markt eingetreten, Gewinne zu realisieren – wobei sie aber offensichtlich ihre Gewinnchancen überschätzt haben. Diesen Fehler will der potentielle Eintreter nicht wiederholen. Weiterhin prüft der potentielle Eintreter, ob es ‚nicht zu weit‘ zurückliegende Markteintritter gegeben hat, die sich sogar schon ganz aus dem Markt zurückziehen mußten und somit ihren gesamten Startkapitalbestand verloren haben. Solche Fälle wirken auf den potentiellen Einsteiger besonders abschreckend, d.h. er wird einen Marktzutritt nun nur bei deutlich höheren wahrgenommenen Renditen vornehmen:

Gegenüber dem in den Formeln 24 und 27 beschriebenen Marktzugangsmechanismen ergibt sich folgende weitere Änderung:

---

<sup>134</sup> In Anlehnung an das Vokabular der Auktions-Spieltheorie kann man hier vom ‚Fluch des Einsteigers‘ sprechen.

<sup>135</sup> ‚Kostendeckung‘ im Sinne des Modells schließt die Erwirtschaftung eines ‚natürlichen Zinses‘ mit ein und deckt sich somit nicht vollständig mit dem betriebswirtschaftlich motivierten Kostenbegriff. (Formel 5a.)

$\pi^{\text{emin}}$  ist nun nicht mehr exogen gegeben und für alle potentiellen Einsteiger im Zeitverlauf identisch. Vielmehr soll gelten:

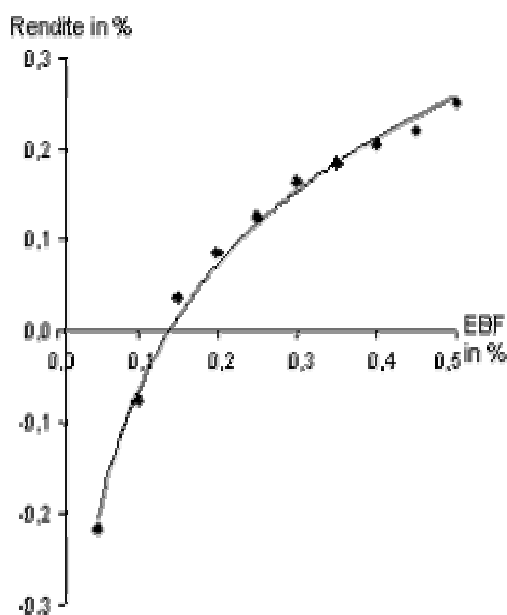
$$\pi^{\text{emin}}_t := \text{EBF} * ((-1) * \#G_{t-60..t-1} + 3 * \#V_{t-60..t-1} + 10 * \#A_{t-60..t-1}); \text{ mit}$$

EBF 'Eintrittsbarrierefaktor' (Erläuterung siehe unten)

$\#G_{t-60..t-1}$  Anzahl der Firmen, die in den letzten 60 Perioden in den Markt eingetreten sind und derzeit erfolgreich agieren ( $X_{i,t} \geq 0$ )

$\#V_{t-60..t-1}$  Anzahl der Firmen, die in den letzten 60 Perioden in den Markt eingetreten sind und derzeit erfolglos operieren ( $X_{i,t} < 0$ )

$\#A_{t-60..t-1}$  Anzahl der Firmen, die in den letzten 60 Perioden in den Markt eingetreten und mittlerweile schon wieder ausgeschieden sind



**Abbildung 1:** Mittelwerte aus 1000 Simulationsläufen; Linienzug: log-KQ-Regressionenlinie ( $r^2 = 0,993$ )

Bis auf das oben begründete ordinale Verhältnis ihrer Beträge wurden die zugrunde gelegten Werte (-1; 3; 10) willkürlich gewählt. Damit ist  $\pi^{\text{emin}}_t$  jedoch noch nicht vollständig determiniert. Es muß noch ein plausibler Wert für EBF gefunden werden – welcher gleichzeitig einige der erwähnten Willkürlichkeiten neutralisieren kann. Hierzu wurden 10 Werte für EBF getestet und mit diesen Werten jeweils 1000 Simulationsläufe des WINTER-Modells mit den in 4.1.1. beschriebenen Modifikationen durchgeführt. Je 500 der 1000 Durchläufe entfielen dabei auf den unternehmerischen und den routinierten Modus. Für jeden EBF-Wert wurde der Mittelwert der Rendite in den letzten 100 Simulationsperioden ermittelt (siehe

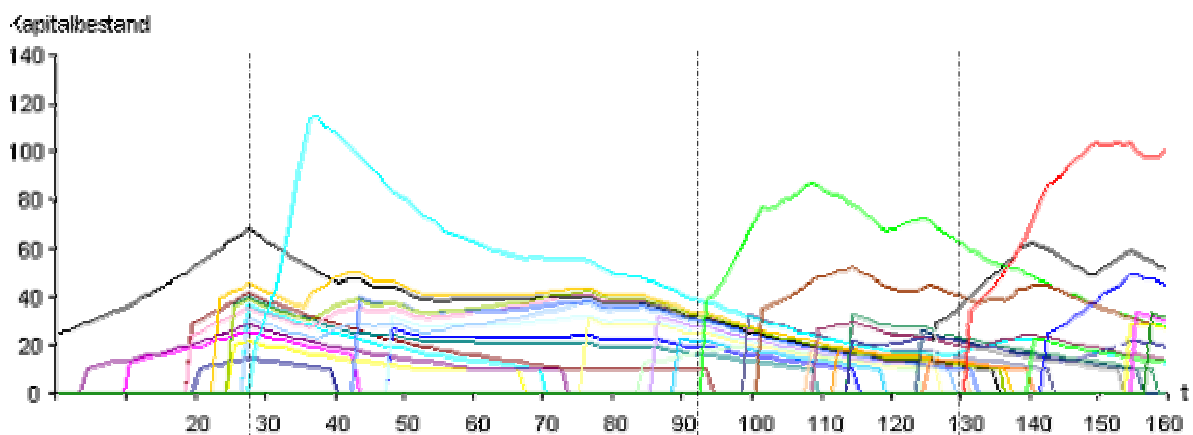
Abbildung 1), die in der Gründungsphase der Branche realisierten Gewinne fließen somit in die Renditeberechnung nicht ein.

Nach Auswertung dieser Simulationsläufe fiel die Wahl auf einen Wert von 0,00125 (0,125%) für EBF. Eine derart spezifizierte Eintrittsbarriere stellt sicher, daß die nach der Gründungsphase in den Markt eintretenden Firmen nun keine permanent negativen Renditen mehr erwirtschaften, sondern im Durchschnitt gerade kostendeckend arbeiten.

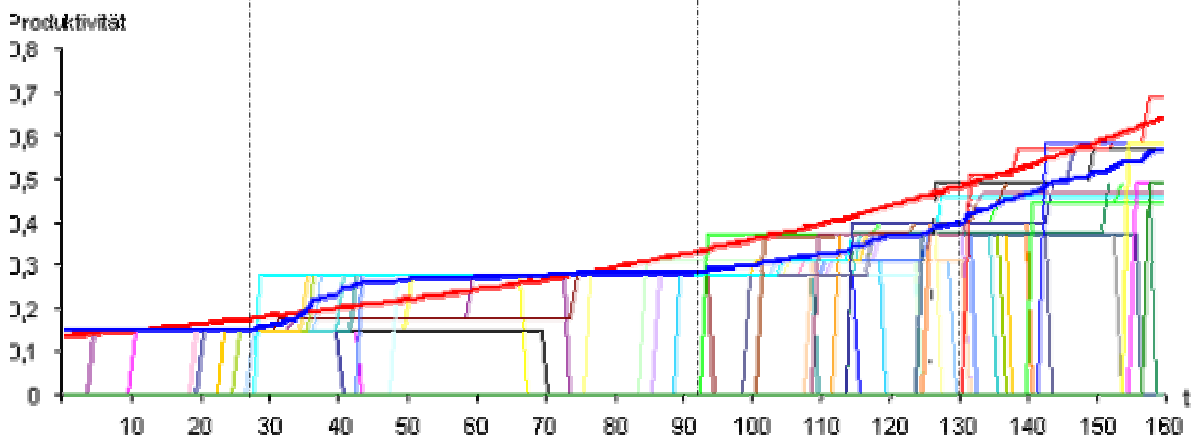
## 4.2.) Simulationsergebnisse

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse, der zahlreichen Simulationsläufe vorgestellt. Zunächst werden zwei Abbildungen mit Firmenwerten eines Simulationslaufes dargestellt und der zugrundeliegende Simulationslauf auszugsweise beschrieben. Anschließend werden noch zwei Abbildungen mit Zeitreihen von Branchengrößen jeweils eines Simulationslaufes pro Modellmodus präsentiert. Auch hier soll nur eine kurze Kommentierung genügen, da der Schwerpunkt dieses Kapitels nicht in der Analyse einzelner Firmen- oder Branchendatenreihen liegt, weil diese so stark durch Zufallseinflüsse geprägt sind, daß aufschlußreiche Verallgemeinerungen hier kaum möglich sind. Schwerpunkt dieses Kapitels ist die Präsentation der Ergebnisse, welche durch die Auswertung von jeweils 10.000 Simulationsläufen pro Modellmodus gewonnen werden konnten.

### 4.2.1.) Datenreihen von Firmengrößen eines Modelldurchlaufes



**Abbildung 2:** Firmenwerte Kapitalbestand, 1 Simulationslauf unternehmerischer Modus



**Abbildung 3:** Firmenwerte Produktivität, 1 Simulationslauf unternehmerischer Modus

In den Abbildungen 2 und 3 sind die Kapitalbestände und die Technologien, d.h. Produktivitäten, aller Firmen eines Simulationslaufes des unternehmerischen Modus abgebildet. Aufgrund der großen Anzahl von Firmen, die während der Simulationsperiode am

Markt operieren, ist eine übersichtlichere Darstellung hier leider nicht möglich. Die dicke rote Linie in Abbildung 3 repräsentiert die latente Produktivität, die dicke blaue Linie die kapitalgewichtete Produktivität der Branche im Zeitverlauf. Inklusiv des Branchengründers sind während des Simulationszeitraumes 39 Marktzutritte zu verzeichnen. Am Ende der Simulation sind davon allerdings nur noch 13 Firmen aktiv, der Branchengründer (siehe dünne schwarze Linie) scheidet in Periode 135 aus. Den Abbildungen 2 und 3 kann u.a. auch entnommen werden, wann welche Firma erfolgreich innovieren oder imitieren kann und wie sich dies auf ihre Investitionsentscheidungen und ihren Kapitalbestand auswirkt.

Drei Ereignisse, deren Zeitpunkte durch die vertikalen Strich-Punkt-Linien hervorgehoben werden, führen zu besonders markanten Veränderungen der Branchenstruktur: die Innovationen der hellblauen und grünen Firmen in den Perioden 28 und 93 und die zweifache Innovation der roten Firma in den Perioden 131 und 138.

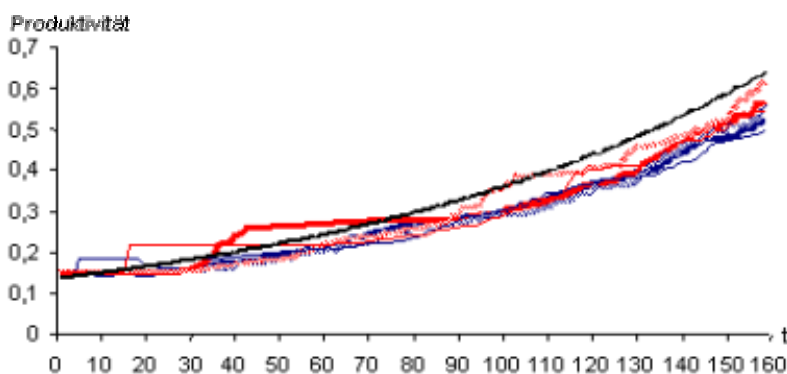
Bei allen drei genannten Firmen handelt es sich um innovative Einsteiger, was daran ersichtlich ist, daß ihr Kapitalbestand in der Periode vor der Einführung ihrer Innovationen Null Einheiten beträgt. Als besonders profitabel erweist sich die Innovation der hellblauen Firma. Zum Zeitpunkt der Einführung ist ihre innovative Technologie ca. 80% produktiver als der Branchendurchschnitt (siehe Abbildung 3). Infolgedessen kann die hellblaue Firma vorübergehend Kapitalrenditen von ca. 10% je Quartal realisieren, die sie für Investitionen von bis zu 30% je Quartal nutzt, so daß sich ihr Kapitalstock von 20,6 Einheiten in Periode 28 bis auf 114,7 Einheiten in Periode 37 (+457%) erhöht. Bereits nach acht Perioden wird ihre Technologie zum ersten mal – durch die gelbe Firma – und innerhalb der darauf folgenden 7 Perioden noch fünf weitere male kopiert. Die erfolgreichen Imitatoren weiten daraufhin ihre Ausbringungsmengen erheblich aus, was teils durch die verbesserte Technologie selbst, teils durch positive Nettoinvestitionen geschieht. Für die hellblaue Firma, die nun ihren relativen Vorteil verloren hat, beginnt von da an eine lange Phase der Deinvestition. Erst ab Periode 130 nimmt sie, wiederum in Folge einer Innovation, erneut positive Nettoinvestitionen in nennenswertem Umfang auf. Sie ist im übrigen die erste Firma, welche das Ende der Simulationsdauer überlebt, während alle vorher eingetretenen Unternehmen im Verlaufe der Simulation ausscheiden.

Der Erfolg der hellgrünen Firma, welche in Periode 93 mit einer Innovation eintritt, die 27% produktiver als der Branchendurchschnitt ist, hat – neben diesem Produktivitätsvorteil – zwei weitere Ursachen. Zum einem steht dieser Firma mit 38,4 Einheiten ein sehr hoher Startkapitalwert zur Verfügung und zum anderen kann sie ihre Technologie relativ lange alleine, bzw. zu zweit mit dem braunen Imitator, nutzen. Mit 86,5 Einheiten erreicht ihr Kapitalbestand in Periode 109 seinen Höchststand (+125% gegenüber dem Startwert). Die

hellgrüne Firma ist das zweite Unternehmen, welches das Ende der Simulation überlebt wird; der braune Imitator das dritte.

In Periode 131 kommt es zu einem innovativen Markteintritt durch die rote Firma. Sie hat einen Produktivitätsvorteil gegenüber dem Branchenschnitt von 29% und kann auf einen Startkapitalwert von 34,2 Einheiten zurückgreifen. Die rote Firma schafft es nicht nur, ihre Technologie vor Nachahmern zu schützen; nach sieben Perioden gelingt ihr bereits die Einführung einer neuen Innovation, welche ihr eine Produktivitätsverbesserung von weiteren 11,7% verschafft. Erst nach acht Perioden kann die neue Technologie erstmals, und kurz darauf ein zweites mal, kopiert werden. Der Kapitalbestand der roten Firma erreicht in Periode 149 mit 103,2 Einheiten (+202% gegenüber dem Startwert) seinen Höchststand, bleibt aber bis zum Simulationsende relativ konstant – und sinkt nicht so rapide wie die Kapitalbestände der hellblauen und hellgrünen Firmen, da der roten Firma in kurzer Folge die Imitation einer überlegenen und die innovative Einführung einer neuen Technologie gelingt.

#### 4.2.2.) Datenreihen von Branchengrößen einzelner Modelldurchläufe



**Abbildung 4:** kapitalgewichtete Technologie und Latente Produktivität

In Abbildung 4 sind die Datenreihen zum Verlauf der kapitalgewichteten Produktivität je eines Durchlaufs der betrachteten Modellmodi dargestellt. Die unternehmerischen Modi sind rot und die routinierten Modi blau dargestellt. Die Modi nach WINTER werden durch fette, die Modi mit geändertem Auslösemechanismus für Politikänderungen (PolÄnd) durch mittelfett-punktierte und die Modi mit zusätzlich endogener Eintrittsbarriere (PolÄnd+EB) durch dünne Linien repräsentiert (siehe Abbildung 5, Legende).

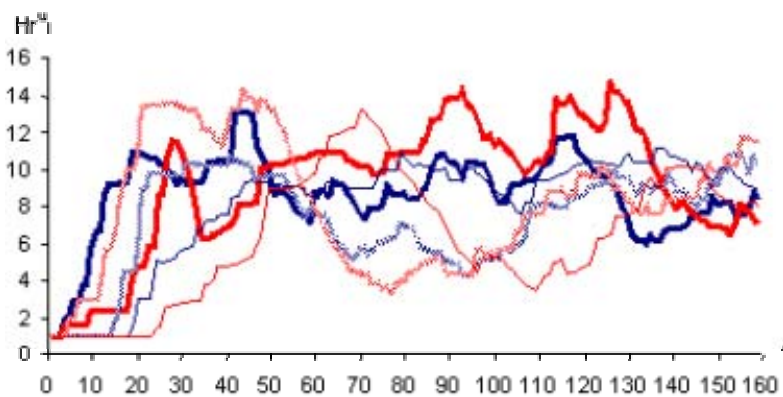
Die Datenreihe des unternehmerischen Modus stammt aus dem selben Simulationslauf, aus welchem auch die Firmenwerte von 4.2.1. entnommen wurden. Die latente Produktivität wird hier durch eine mittelfette, schwarze Linie dargestellt.

routinierter Modus (Winter)	untern. Modus, (Winter)
routinierter Modus, Politikänderung (PolÄnd)	untern. Modus, Politikänd. (PolÄnd)
routinierter Modus, endogene Eintrittsbarriere (PolÄnd+EB)	untern. Modus, endogene Eintrittsbarriere (PolÄnd+EB)

**Abbildung 5:** Legende

Scheinbar paradox ist die Tatsache, daß es im routinierten Modus (PolÄnd+EB) in Periode 19 zu einem Rückgang der gewichteten Produktivität kommt – obwohl sich doch die Produktivitätswerte von Firmen im Zeitverlauf nie verschlechtern können. Der Rückgang der gewichteten Produktivität ist hier auf das Eintreten mehrerer Innovatoren mit unterdurchschnittlichen, aber profitablen, Technologien zurückzuführen. Somit kommt es zwar auf Branchenebene, nicht aber auf individueller Ebene, zu einem temporären Rückgang der Produktivitätswerte.

Abbildung 4 legt zwar die Vermutung nahe, daß die unternehmerischen Modi im Durchschnitt ein höheres Produktivitätswachstum als die jeweiligen routinierten Modi generieren – aber allgemeine, vergleichende Aussagen über das Verhalten der zugrundeliegenden Modellspezifikationen können aufgrund der zahlreichen Zufallseinflüsse mittels einzelner Modelldurchläufe nicht gewonnen werden. Tatsächlich verhält es sich sogar so, daß im routinierten Modus (PolÄnd + EB) nicht, wie in dieser Grafik, das niedrigste, sondern im Durchschnitt das höchste Produktivitätswachstum zu verzeichnen ist.<sup>136</sup>



**Abbildung 6:** Herfindahl-Index (reziprok, umsatzbezogen)

Abbildung 6 kann die Branchenkonzentration im Zeitverlauf unter den verschiedenen Modellspezifikationen entnommen werden. Als Maß der Konzentrationsmessung wird hier der reziproke umsatzbezogene

Herfindahl-Index verwendet. Er gibt an, wieviel Firmen mit identischen Umsätzen den gleichen Konzentrationsgrad wie die aktuelle Branche, deren Firmenumsätze sich typischerweise erheblich unterscheiden, haben.<sup>137</sup> Je größer dieser Wert ist, um so geringer ist die Konzentration der Branche und umgekehrt. Der kleinstmögliche Wert für  $Hr^u_t$  ist 1 und entspricht einer vollständig konzentrierten Branche, d.h. hier existiert nur eine Firma (bzw. nur eine Firma produziert Output). Alle Modi starten mit diesem Wert, denn zu Beginn der Simulation ist der Branchengründer die einzige Firma der Branche.

<sup>136</sup> Die Auswahl der Modelldurchläufe wurde auch nicht bewußt mit dem Ziel verzerrt, derartige ‚verblüffende‘ Ergebnisse zu liefern. Bei den hier dargestellten Datenreihen handelt es sich um die jeweils ersten von einhundert Simulationsläufen, welche durch das Hauptprogramm erzeugt und gespeichert werden und jederzeit in identischer Form reproduziert werden können.

<sup>137</sup>  $Hr^u_t = (\sum_i (Q_{it}/Q_t)^2)^{-1}$ ; wobei  $(Q_{it}/Q_t)$  dem Marktanteil von Firma  $i$  in Periode  $t$  entspricht;

Auffallend ist die starke Schwankung der Branchenkonzentration innerhalb der Modellmodi über die Zeit bzw. zwischen den Modi zu einem bestimmten Zeitpunkt. Deutlich sind in Abbildung 6 in der Datenreihe des unternehmerischen Modus (WINTER; fette rote Linie) die Zeitpunkte der unter 4.2.1. beschriebenen Ereignisse zu erkennen: jeweils ab den Perioden 28, 93 und 131 kommt es zu einer deutlichen Verringerung von  $Hr^u_t$ , also einer stark zunehmenden Branchenkonzentration.

#### 4.2.3. Statistischer Vergleich der Modelle

Aufgrund der stochastischen Einflüsse bezüglich Anzahl und Resultaten von Innovationen und Imitationen, bei der Auslösung und den Ergebnissen von Änderungsprozessen und bei der Anzahl und Startkonfiguration von innovativen und imitativen Markteintritten können Durchläufe ein und des selben Modellmodus stark variieren. Damit können aber allgemeine Aussagen über das Verhalten bestimmter Firmen- oder Branchengrößen in den einzelnen Modi, wie z.B. „im unternehmerischen Modus geben die Firmen mehr Geld für imitative F&E aus als im routinierten Modus“, aus einzelnen Simulationsläufen nicht abgeleitet werden. Aussagen über das Verhalten bestimmter Modellgrößen müssen deshalb den stochastischen Charakter des Simulationsmodells berücksichtigen.

Zwar können solche Aussagen auch auf analytischem Wege gefunden werden – schließlich sind alle deterministischen Beziehungen des Modells bekannt und auch die stochastischen Einflüsse sind durch bekannte Verteilungstypen und -parameter charakterisiert. Dem steht jedoch die große Menge der im Modell berücksichtigten Variablen und deren Interdependenz entgegen. Abhilfe verspricht hier der Einsatz statistischer Instrumente. So können für jeden Modellmodus zahlreiche Simulationsläufe durchgeführt werden, und mittels der dabei gewonnenen Daten statistische ‚Schätzungen‘ über die interessierenden Größen des Modells aufgestellt werden. Zwar können mit Hilfe dieser Schätzgrößen – im Gegensatz zur analytischen Methode – i.A. keine Aussagen mit absoluter, wohl aber mit beliebig großer Sicherheit getroffen werden.<sup>138</sup> Je größer allerdings die geforderte Sicherheit der Aussagen ist, je größer die Streuung<sup>139</sup> der gemessenen Daten und je kleiner die gemessenen

---

Bsp.: eine Branche besteht aus 6 Unternehmen mit den Umsatzanteilen 40%, 20% und 4 mal 10%;  $Hr^u_t$  liefert hier den Wert 4,17. Das heißt, die Branche ist mit ihren 6 Unternehmen ungefähr genau so stark konzentriert wie eine Branche von 4 Unternehmen á 25% Marktanteil.

<sup>138</sup> Z.B. kann die Aussage „Im *Durchschnitt* bringen die Firmen im routinierten Modus mehr Mittel für F&E aus als im unternehmerischen Modus.“ mittels analytischer Methoden mit absoluter, mittels statistischer Methoden jedoch nur mit beliebig genauer Wahrscheinlichkeit bestätigt oder widerlegt werden. Die Aussage „In jeweils einem Simulationslauf werden die Firmen im routinierten Modus mehr Mittel für F&E aufwenden als die Firmen im unternehmerischen Modus.“ kann mittels analytischer Methoden mit der exakten, mittels statistischer Methoden jedoch nur mit einer beliebig genau geschätzten Wahrscheinlichkeit qualifiziert werden.

<sup>139</sup> ‚Streuung‘ wird im folgenden als Äquivalent zu ‚empirischer Standardabweichung‘ verwendet.

Unterschiede sind, z.B. bezüglich der Mittelwerte der F&E-Ausgaben im unternehmerischen und routinierten Modus, um so mehr Simulationsläufe sind hierfür durchzuführen.

Die im folgenden präsentierten Datenreihen wurden aus 10.000 Durchläufen je Modellmodus gewonnen. Für sämtliche Branchengrößen aller Perioden wurden hierbei Mittelwerte und Streuung bestimmt. Mittels dieser Werte können die einzelnen Modellmodi auf signifikante Unterschiede geprüft werden. Im Vordergrund steht dabei aber der Vergleich der Mittelwerte von Branchengrößen aus den unternehmerischen mit den jeweiligen routinierten Modi unter den Spezifikationen WINTER, PolÄnd und PolÄnd+EB.

Zur Prüfung auf ‚signifikante‘ Unterschiede zweier Mittelwerte wird der Betrag des Quotienten aus der Differenz und der geschätzten Standardabweichung der Differenz dieser Mittelwerte gebildet.<sup>140</sup> Ist dieser Quotient größer als 1,96 so unterscheiden sich die Mittelwerte ‚signifikant‘ mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 5%, d.h. die gemessenen Unterschiede zwischen diesen Mittelwerten können mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% nicht auf stochastische Einflüsse, z.B. die Streuung innerhalb der 10.000 Meßwerte jedes Modus bezüglich der kapitalgewichteten Innovationsquote in Periode 160, zurückgeführt werden, sondern legen systematische Unterschiede zwischen beiden Modi nahe. Ist der Quotient größer als 2,58 so beträgt die Irrtumswahrscheinlichkeit weniger als 1%. Analog können neben der oft nur unbefriedigenden qualitativen Aussage des Typs „die Mittelwerte zweier Datenreihen A und B unterscheiden sich mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner x“ auch quantitative Angaben zu diesem Unterschiedsbetrag gemacht werden.<sup>141</sup> Die Auswertung der jeweils 10.000 Durchläufe ergab dabei, daß diese Quotienten typischerweise im Bereich zwischen 15 und 60 liegen. Damit können nicht nur mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit richtige qualitative Aussagen hinsichtlich der Existenz oder Nichtexistenz sondern auch aussagekräftige quantitative Angaben zu den Unterschieden zwischen den einzelnen Modellmodi gemacht werden.

<sup>140</sup> Die geschätzte Standardabweichung der Differenz der Mittelwerte ergibt sich aus der Wurzel der Summe der Quadrate der geschätzten Standardabweichungen der jeweiligen Mittelwerte. Die geschätzten Standardabweichungen der Mittelwerte ergeben sich aus den Quotienten der empirischen Standardabweichungen der jeweiligen Meßwerte und der Wurzel der Anzahl der jeweiligen Meßwerte.

<sup>141</sup> Bsp.: gegeben seien die Mittelwerte zweier Datenreihen A und B mit  $A=10$ ;  $B=12$  und die geschätzten Standardabweichungen dieser Mittelwerte  $\delta_a$  und  $\delta_b$  mit  $\delta_a = \delta_b = 0,4$ ; damit gilt  $|A-B| / (\delta_a^2 + \delta_b^2)^{1/2} = 3,535 > 1,96$ ; A und B unterscheiden sich somit signifikant mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 5% (und auch weniger als 1%); außerdem gilt:  $|A-B| - 1,96 * (\delta_a^2 + \delta_b^2)^{1/2} = 0,891$ , d.h. mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% unterscheiden sich die Mittelwerte um mindestens 0,891

Abgesehen von zwei trivialen Ausnahmen<sup>142</sup> können jedoch für keine der individuellen Größen<sup>143</sup> oder der zahlreichen Branchengrößen (siehe unten) innerhalb der betrachteten 160 Simulationsperioden individuelle oder branchenbezogene Konvergenzwerte oder auch nur Tendenzen hin zu einer Konvergenz dieser Größen gefunden werden.<sup>144</sup> In vielen Fällen konvergieren zwar die Mittelwerte der entsprechenden Firmen- oder Branchengrößen im Zeitverlauf, dies geschieht jedoch durchweg bei konstanter oder im Zeitverlauf sogar zunehmender Streuung. So streben z.B. die *Mittelwerte* der *gewichteten*<sup>145</sup> Innovationsquoten der 10.000 Simulationsläufe des unternehmerischen Modus im Zeitverlauf gegen 0,39%. Die gewichteten Innovationsquoten der verschiedenen Simulationsläufe selbst konvergieren im Zeitverlauf jedoch nicht, sie divergieren vielmehr, d.h. ihre Streuung nimmt im Zeitverlauf zu. Ebenfalls kommt es zu keiner Konvergenz der individuellen Innovationsquoten innerhalb der einzelnen Simulationsläufe. Weder konvergieren noch divergieren sie, statt dessen weisen sie eine im Zeitverlauf konstante Streuung, um die im Zeitverlauf zunehmend streuenden gewichteten Innovationsquoten, auf.

Im einzelnen wurden folgende Branchengrößen für alle Simulationsperioden untersucht: Marktpreis, Gesamtkapitalbestand, reziproker kapital- bzw. umsatzgewichteter Herfindahl-Index, kapitalgewichtete Erfolgsgröße und Rendite, kapitalgewichtete Imitations-, Innovations- und Investitionsquoten, kapitalgewichtete Produktivität, beste Technologie, Anzahl der aktiven Firmen, Marktanteil der größten Firma, Anzahl und Bestand der Austreter, Anzahl der Politikänderungen, die Anzahl der internen und externen Innovationen und Imitationen. Für diese Größen wurden die Mittelwerte und Streuungen berechnet. Außerdem wurden innerhalb der einzelnen Durchläufe die kapitalgewichteten Streuungen der

<sup>142</sup> 1. Ausnahme: Anzahl der Innovatorzutritte in den routinierten Modi: innovative Markteintreter sind hier gegenüber den Marktsassen besonders benachteiligt, da sich die ihnen zugewiesene Produktivität aus dem geometrischen Mittel einer um die latente Produktivität log-normalverteilten Zufallszahl und einem öffentlich zugänglichen Produktivitätswert ergibt (siehe Formel 27). Letzterer Wert bleibt im Zeitverlauf konstant, so daß die Technologie potentieller innovativer Markteintreter sich im Durchschnitt immer weiter (absolut und relativ) von der latenten Produktivität und der durchschnittlichen Produktivität der Marktsassen entfernt. Somit konvergiert die Anzahl innovativer Eintreter im unternehmerischen Modus in allen Simulationsläufen gegen Null.

2. Ausnahme: Marktpreis: im Zeitverlauf ist mit einer ständigen Verbesserung der Produktivitätswerte und somit einem Rückgang der Stückkosten zu rechnen. Aufgrund der hohen tatsächlichen und potentiellen Konkurrenz werden die Unternehmen gezwungen sein, diese Kostenvorteile an die Nachfrager weiterzugeben. Die Preise werden also im Durchschnitt permanent sinken und damit wird sich auch ihre *absolute* Streuung zwischen den einzelnen Simulationsläufen im Zeitverlauf verringern – jedenfalls insofern wie diese Streuung durch Fluktuationen im Gesamtkapitalbestand oder der gewichteten Produktivität hervorgerufen werden.

<sup>143</sup> Kapitalbestand, F&E-Politik, Produktivität, Profitrate, Erfolgsgröße, Investitionsquote, Ausstoß

<sup>144</sup> Von ‚Tendenz zur Konvergenz‘ soll gesprochen werden, wenn die *Mittelwerte* einer Variable (z.B. Gesamtkapitalbestand der Branche) im Zeitverlauf konvergieren und gleichzeitig die Streuung der Variable gegen Null strebt.

<sup>145</sup> Achtung: dies ist keine fehlerhafte semantische Dopplung.

individuellen Innovationsquoten, Imitationsquoten, und Produktivitätswerte bestimmt und die Kapitalstreuung der Firmen gemessen. Auch für diese Größen wurden Mittelwerte<sup>146</sup> und Streuungen berechnet.

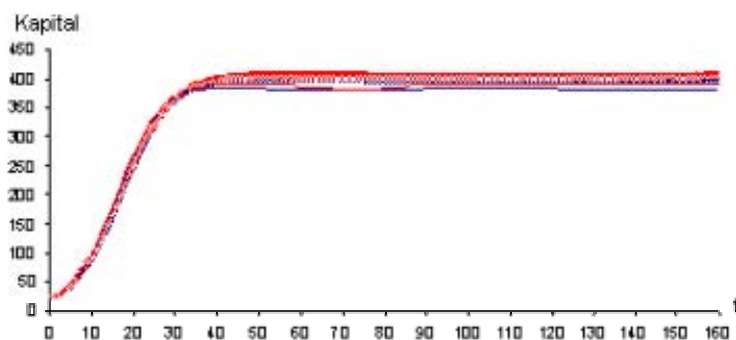
#### 4.2.3.1.) Gesamtkapitalbestand

In WINTER (1984) finden sich keine expliziten<sup>147</sup> Angaben über die Entwicklung und eventuelle Unterschiede im Gesamtkapitalbestand unter den verschiedenen technologischen Regimen. Auch lassen sich aus den modellierten Unterschieden zwischen dem unternehmerischen und routinierten Modus keine naheliegenden Hypothesen hierüber formulieren. Die folgende Untersuchung hat somit rein explorativen Charakter. Dieses Vorgehen wird auch bei der Behandlung der zahlreichen anderen Branchengrößen weitgehend beibehalten.

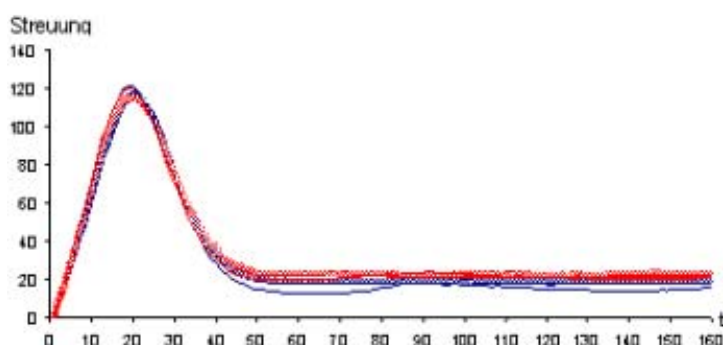
---

<sup>146</sup> Diese Messung ist nicht redundant. So ist beispielsweise der Mittelwert der gewichteten Streuung der Innovationsquoten nicht identisch mit der Streuung des Mittelwertes der gewichteten Innovationsquoten.

<sup>147</sup> die Festlegung der Höhe der branchenexternen innovativen Forschungsaufwendungen auf einen Wert von 2 Geldeinheiten begründet er jedoch damit, daß dies „ungefähr den brancheninternen Innovationsaufwendungen entspricht, wenn jede Firma der Branche die Startpolitik des Branchengründers befolgt“ (WINTER, 1984, S. 307, eigene Übersetzung) Da der Gründer zu Simulationsbeginn 0,5% seines Kapitalbestandes für innovative F&E ausgibt, geht WINTER also von einem Gesamtkapitalbestand der Branche von 400 Einheiten aus.



**Abbildung 7:** Mittelwerte Gesamtkapitalbestand



**Abbildung 8:** Streuung Gesamtkapitalbestand

darauf zurückzuführen, daß einige Simulationsläufe zu diesem Zeitpunkt eine hohe Zahl von imitativen Marktzutritten, andere Simulationsläufe hingegen überhaupt keine imitative Eintritte verzeichnen können.

Ausschlaggebend hierfür ist die Länge der Zeitspanne, in welcher es dem Branchengründer, bzw. eventuellen frühen Innovatoreintritern, gelingt, die eigene Technologie geheimzuhalten.

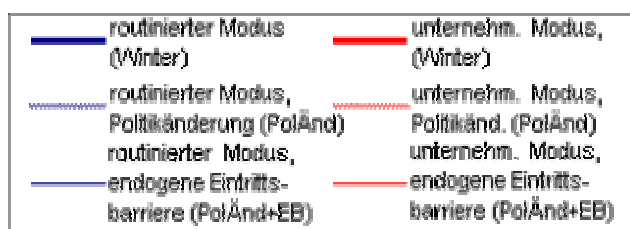
Anschließend fällt die Streuung wieder

und bleibt ab Periode 50 konstant mit Ausnahme der Datenreihen PolÄnd+EB, deren Streuungen im Zeitverlauf leichten zyklischen Schwankungen unterworfen sind. Ursächlich für die nicht versiegende Streuung des Kapitalbestandes sind die mit positiver Wahrscheinlichkeit auftretenden Markteintritte und -austritte. In den routinierten Modi liegt der durchschnittliche Kapitalbestand in der letzten Periode zwischen 2,5% (PolÄnd) und 3,5% (WINTER) unter den jeweiligen unternehmerischen Modi; die Signifikanzquotienten liegen zwischen 34,0 und 44,8. Zwar sind damit die gemessenen Unterschiede *statistisch gesehen* höchst signifikant, doch kann damit alleine noch keine Aussage über deren ‚Signifikanz‘ in irgendeinem anderem Sinne gemacht werden.

Auffallend ist, daß die Mittelwerte des Gesamtkapitalbestandes (siehe Abbildung 7) in allen Modellmodi relativ schnell, d.h. bis ca. Periode 40, gegen Werte zwischen 379 (routiniert, PolÄnd + EB) und 404 (unternehmerisch, WINTER) konvergieren.

Die Streuung des Kapitalbestandes (siehe Abbildung 8) steigt in allen Modi zu Beginn der Simulation rasch an und erreicht um Periode 20 ihren Maximalwert.

Die hohe Streuung in der Frühphase der Simulation ist

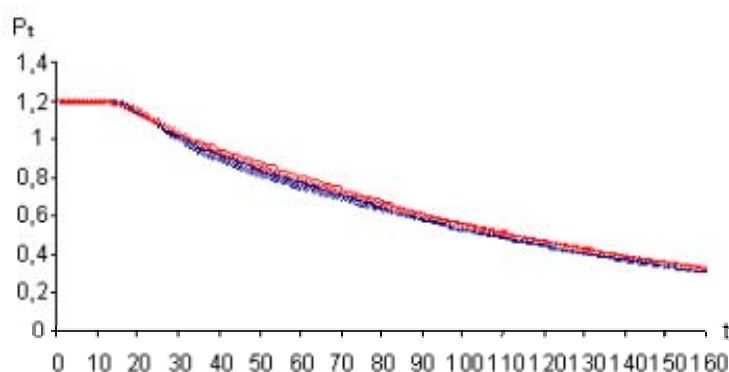


**Abbildung 9:** Legende

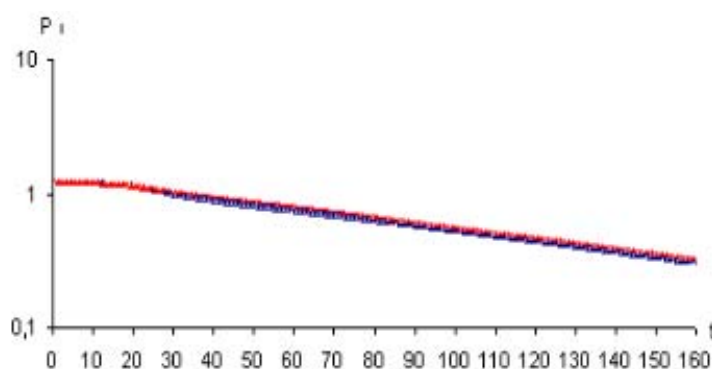
#### 4.2.3.2.) Marktpreise

WINTER leitet aus dem Vergleich zweier Simulationsläufe ab, daß der routinierte Modus „eine substantiell höhere Produktivität und niedrigere Preise“<sup>148</sup> generiert als der unternehmerische Modus. Diese Aussage wird im folgenden geprüft, wobei der Begriff „substantiell“ zunächst durch ‚statistisch signifikant‘ substituiert werden soll.

Der zeitliche Verlauf der durchschnittlichen Marktpreise (siehe Abbildung 10) folgt in allen Modellmodi dem gleichen Muster: bis ca. Periode 15 verharrt der Marktpreis auf seinem höchstmöglichen Wert von 1,2 Geldeinheiten, welcher durch den Preis eines engen Substituts, das ansonsten aber nicht weiter betrachtet wird, bestimmt wird. Anschließend fällt der Marktpreis mit einer konstanter Rate (wie in Abbildung 11 ersichtlich) von ca. 4% pro Jahr, was dem Wachstum der latenten Produktivität entspricht. Am Ende des Simulationszeitraumes liegen die



**Abbildung 10:** Mittelwerte Marktpreise



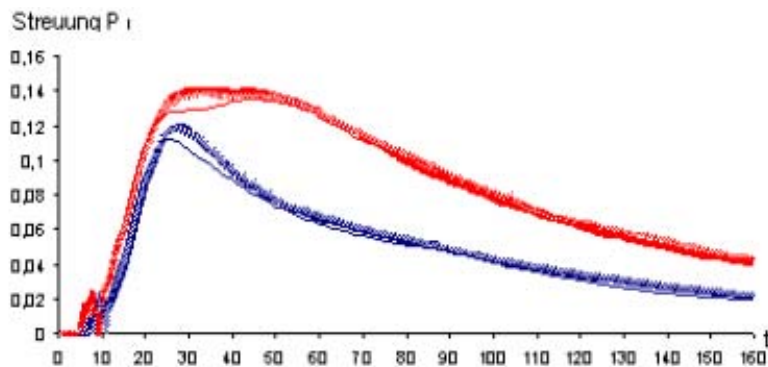
**Abbildung 11:** Mittelwerte Marktpreise, logarithmische Skala

Preise der routinierten Modi 3,1% (WINTER), 4,4% (PolÄnd) und 5,6% (PolÄnd+EB) unter den Werten der jeweiligen unternehmerischen Modi. Die Signifikanzquotienten betragen 19,6 / 25,3 und 40,5 – die Unterschiede der Marktpreise sind folglich hoch signifikant. Ob sie auch als „substantiell“ bezeichnet werden können, muß hier aufgrund fehlender objektiver Bewertungsmaßstäbe offenbleiben.

Wie beim Kapitalbestand, und aus den gleichen Gründen, weisen die Marktpreise in der Anfangsphase der Simulation eine stark steigende Streuung auf (Abbildung 12), die ihren Höchstwert zwischen den Perioden 25 und 30 erreicht. Von da ab folgt die Streuung der Marktpreise jedoch einem anderem Muster: sie fällt zunächst langsamer aber dafür mit relativ

<sup>148</sup> WINTER (1984, S. 310, eigene Übersetzung)

konstanter Rate ab. Auffällig ist, daß die Streuung der Marktpreise in den unternehmerischen Modi deutlich größer als in den routinierten Modi ist.



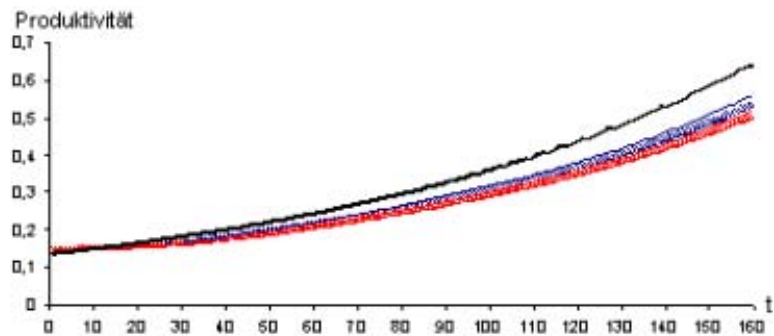
**Abbildung 12:** Streuung Marktpreise

Da der Gesamtkapitalbestand in beiden Modi gleich stark streut und somit nicht als Ursache für die beobachteten Unterschiede in der Streuung der Marktpreise in Frage kommt, ist zu vermuten, daß diese Unterschiede durch eine stärkere Streuung der

kapitalgewichteten Produktivität im unternehmerischen Modus hervorgerufen werden. Des weiteren muß der Mittelwert der Produktivität in den routinierten Modi höher als bei den unternehmerischen Modi liegen. Dies folgt daraus, daß die Firmen im routinierten Modus trotz kleinerem Kapitalstock einen niedrigeren Marktpreis bewirken können, also mit weniger Input (Kapital) mehr Output erzeugen als die Firmen des unternehmerischen Modus.

### 4.2.3.3.) Beste und kapitalgewichtete Produktivität

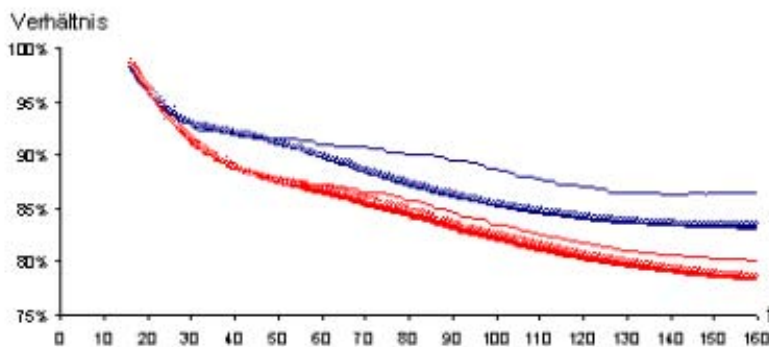
Die im vorangehenden Kapitel aufgestellten Behauptungen bezüglich der Mittelwerte (siehe Abbildung 13) und Streuung (siehe Abbildung 15) der kapitalgewichteten



Produktivität können bestätigt werden. Am Ende

**Abbildung 13:** Mittelwerte kapitalgewichtete Produktivität; Latente Produktivität

der Simulationsperiode verfügen die Firmen in den routinierten Modi im Durchschnitt über einen Produktivitätsvorteil von 6,1% (WINTER), 6,1% (PolÄnd) bzw. 7,9% (PolÄnd+EB) gegenüber den Firmen des unternehmerischen Modus. Die Signifikanzquotienten betragen 55,5 / 51,7 bzw. 66,2.

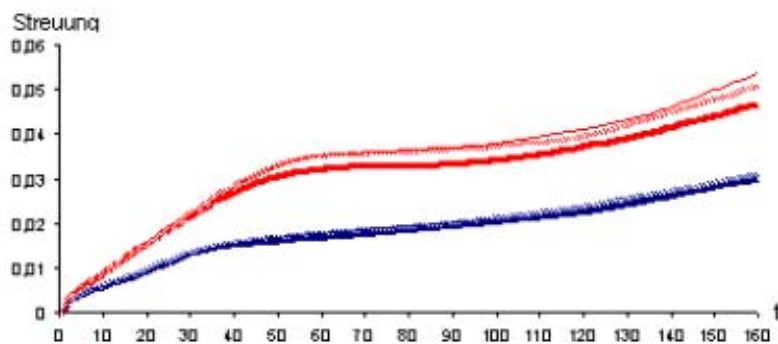


**Abbildung 14:** Verhältnis kapitalgewichtete Produktivität zu Latenter Produktivität

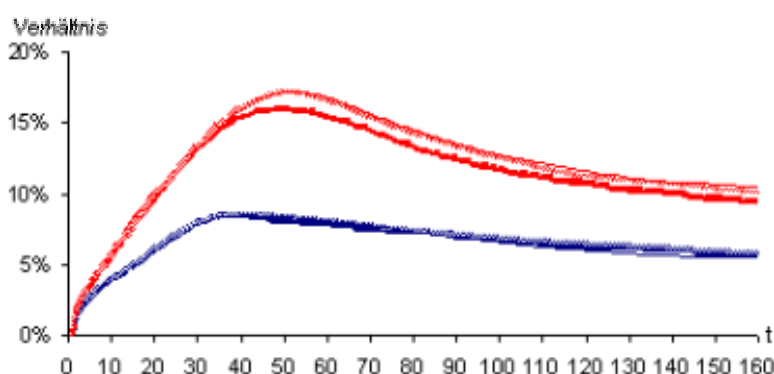
Nachdem sie bei einem Wert von 111,1% in der ersten Simulationsperiode starten, scheinen die Verhältnisse der Mittelwerte der einzelnen Modi zur latenten Produktivität gegen feste, aber zwischen den Modi unterschiedliche, Werte zu

konvergieren (siehe Abbildung 14<sup>149</sup>) – endgültige Sicherheit hierüber kann aber nur auf analytischem Weg erlangt werden. Da die Latente Produktivität selbst keine Zufallsvariable ist und deshalb auch keine Streuung der Periodenwerte aufweist, können die Signifikanzquotienten und die relativen Differenzen zwischen den einzelnen Modi hier unverändert übernommen werden.

<sup>149</sup> Achtung: Skalierung der Ordinate beachten !



**Abbildung 15:** Streuung kapitalgewichtete Produktivität



**Abbildung 16:** Verhältnis Streuung zu Mittelwerten der kapitalgewichteten Produktivität

Wie erwartet, streuen die der kapitalgewichteten Produktivitäten im unternehmerischen Modus stärker als im routinierten Modus (siehe Abbildung 15). Ursächlich hierfür sind die Unterschiede im Innovationsmechanismus: im routinierten Modus sind viele und inkrementelle, im unternehmerischen Modus hingegen vergleichsweise wenige und drastische Veränderungen der individuellen Produktivität infolge von Innovationen und

infolgedessen auch Imitationen zu verzeichnen.

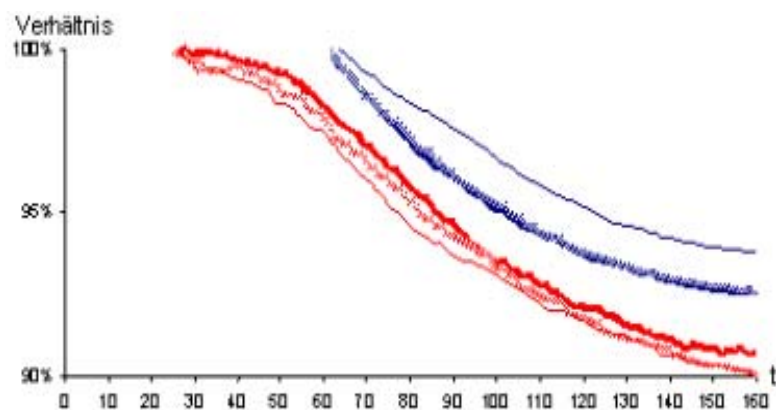
In beiden Fällen wächst die Streuung der gewichteten Produktivität im Zeitverlauf progressiv, allerdings mit einer geringeren Rate als der Wachstumsrate der Mittelwerte. Somit steigen zwar die absoluten Unterschiede zwischen den einzelnen Simulationsläufen eines Modellmodus, die relativen Unterschiede fallen jedoch im Zeitverlauf (siehe Abbildung 16).

Die Auswertung der Datenreihen zur Entwicklung der Mittelwerte und Streuungen der Besten Technologie erbringt im wesentlichen die gleichen Ergebnisse wie bei der kapitalgewichteten Produktivität, weshalb auf entsprechende Abbildungen an dieser Stelle verzichtet wird. Auch hier sind die Unternehmen des routinierten Modus gegenüber den Firmen des unternehmerischen Modus im Vorteil, allerdings weniger deutlich als bei der gewichteten Produktivität. Die Mittelwertunterschiede betragen 2,1% (WINTER), 2,7% (PolÄnd) bzw. 4,2% (PolÄnd+EB); die Signifikanzquotienten betragen 15,8 / 19,9 bzw. 31,6. Die Streuungen der Besten Technologie folgen im Zeitverlauf dem gleichen Muster wie bei die Streuungen der gewichteten Produktivität, fallen jedoch durchweg größer aus. Während die ohnehin schon niedrigere Streuung der routinierten Modi nur um ca. 3% größer ausfällt, steigt die Streuung in den unternehmerischen Modi um 40%.<sup>150</sup>

<sup>150</sup> Alle quantitativen Angaben beziehen sich auf die letzte Simulationsperiode.

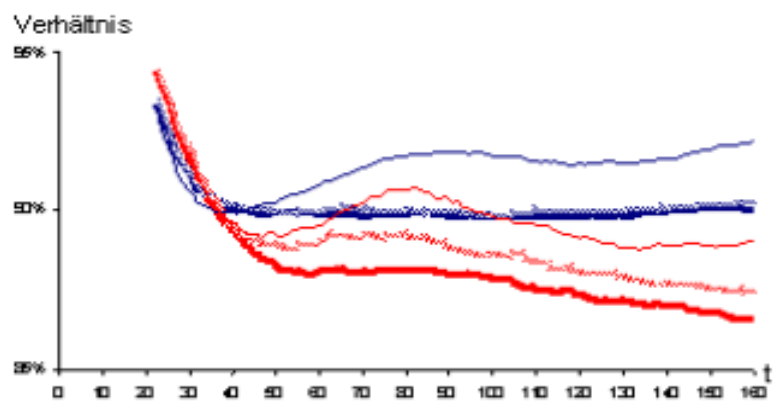
Aufschlußreicher und besser interpretierbar als die Entwicklung der Mittelwerte der Besten Technologie im Zeitverlauf ist die Entwicklung des Verhältnisses der Besten Technologie zur Latenten Produktivität sowie des Verhältnisses der kapitalgewichteten zur Besten Technologie im Zeitverlauf. Denn hieraus kann direkt auf die Effektivität geschlossen werden, mit der es der Branche gelingt, sich bietende technische Möglichkeiten, welche durch die Latente Produktivität präsentiert werden, in praktisches Wissen, also individuelle Produktivitäten, umzusetzen ohne daß hierbei mit abstrakten Produktivitätswerten operiert werden muß.

Für das Verhältnis Beste Technologie zu Latente Produktivität (siehe Abbildung 17) kann im wesentlichen das Gleiche wie zum Verhältnis der kapitalgewichteten zur Latenten Produktivität gesagt



werden: die entsprechenden **Abbildung 17:** Verhältnis Beste Technologie zu Latenter Produktivität

Größen der einzelnen Modi scheinen gegen feste aber zwischen den Modi unterschiedliche Werte zu konvergieren<sup>151</sup>. Aber auch hier kann endgültige Sicherheit nur auf analytischem Weg erlangt werden.<sup>152</sup>



**Abbildung 18:** Verhältnis kapitalgewichtete zu Beste Produktivität

<sup>151</sup> Achtung: Skalierung der Ordinate beachten!

<sup>152</sup> Wenn im unternehmerischen Modus die Wahrscheinlichkeit dafür, daß in einer bestimmten Periode eine Innovation getätigt wird konvergiert, dann konvergiert auch das Verhältnis der Besten Produktivität zur latenten Produktivität: Innovationen sind hier schließlich log-normalverteilte Zufallszahlen deren Erwartungswert der latenten Produktivität der jeweiligen Periode entspricht. Da die absolute Streuung von Innovationsergebnissen konstant ist, nimmt die relative Streuung (Verhältnis aus Streuung zu latenter Produktivität) im Zeitverlauf ab. Das Verhältnis des Produktivitätswertes einer gefundenen Innovation zur latenten Produktivität (zum Zeitpunkt des Auffindens) konvergiert damit im Zeitverlauf gegen 1. Zwar wird nicht jede Periode eine Innovation getätigt, es läßt sich aber für jede Periode unter obiger Annahme eine konstante Wahrscheinlichkeitsverteilung dafür angeben, wie lange der Zeitpunkt der letzten gefundenen Innovation, welche nun die aktuelle Beste Technologie ist, zurückliegt. Da der Quotient aus gefundener Innovation zur Latenten Produktivität konvergiert, muß somit das gleiche für das Verhältnis aus Bester Technologie zur Latenten Produktivität gelten.

Ebenfalls keine eindeutigen Aussagen bezüglich der Konvergenz der Mittelwerte konnte die statistische Auswertung des Verhältnisses aus kapitalgewichteter zu Bester Technologie erbringen (siehe Abbildung 18).<sup>153</sup> Dieses Verhältnis kann – unter statischer Betrachtungsweise – als inverses Maß der gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtsverluste interpretiert werden, welche durch das (unfreiwillige) Beharren einiger Firmen an unterlegenen Technologien hervorgerufen wird. Stünde die jeweilige beste Technologie immer allen Firmen zur Verfügung, dann könnte die Branche mit identischen Kosten mehr Output, bzw. genauso viel Output bei niedrigeren Produktionskosten, erzeugen.

Gegen Ende des Simulationszeitraumes liegen die entsprechenden Werte der routinierten Modi um 4,0% (WINTER), 3,3% (PolÄnd) bzw. 3,5% über denen der unternehmerischen Modi, d.h. im unternehmerischen Modus sind größere relative<sup>154</sup> statische Wohlfahrtsverluste als im routinierten Modus zu verzeichnen. Aussagen über die weitere Tendenz dieser Werte innerhalb der einzelnen Modi können hier nicht getroffen werden. Bestätigen sich jedoch die Vermutungen, daß sowohl die Werte des Quotienten aus gewichteter und Latenter Produktivität sowie des Quotienten aus Bester und Latenter Produktivität konvergieren, so muß das gleiche auch für den Quotienten aus gewichteter und Bester Produktivität gelten.

#### 4.2.3.4.) F&E-Politik

Von besonderem Interesse ist die Entwicklung der F&E-Politik der Firmen im Zeitverlauf, handelt es sich doch um die einzige im Modell abgebildete Verhaltensfunktion, d.h. Teil des Genotyps, die selber evolutorischen Anpassungsprozessen unterliegt.

Die F&E-Politik gibt an, wieviel Mittel eine Firma für innovative und imitative F&E aufbringt, wobei diese Werte als Quotient zum eigenen Kapitalbestand bemessen werden. Eine Firma behält ihre F&E-Politik bei, solange sie erfolgreich ist<sup>155</sup>. Ist sie nicht erfolgreich, so ändert sie mit positiver Wahrscheinlichkeit ihre Politik. Dabei kommt es zu einer Annäherung ihrer F&E-Quotienten (bzw. der Erwartungswerte ihrer F&E-Quotienten) zum Branchendurchschnitt, wobei dieser Annäherungsprozeß durch stochastische Einflüsse überlagert wird. Neu eintretende Firmen besitzen keine Politik, von der aus sie starten können, sondern übernehmen die durchschnittlichen F&E-Quotienten der Branche, wobei

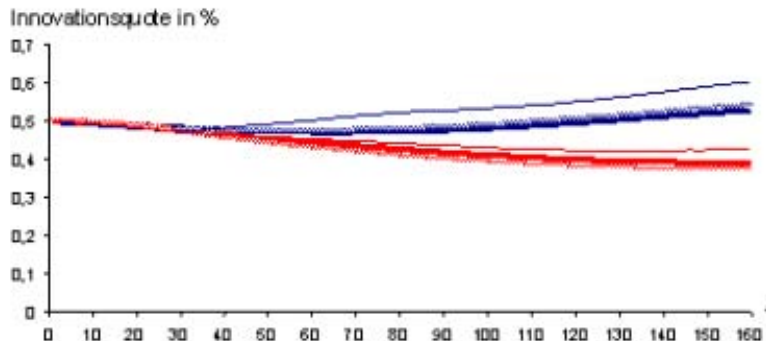
---

<sup>153</sup> Zur Ermittlung dieser Größe wurde auf den Quotienten der Mittelwerte von gewichteter und Bester Produktivität zurückgegriffen, da der Mittelwert der Quotienten, welcher exakterweise hier hätte verwendet werden müssen, während der Simulation nicht erhoben wurde.

<sup>154</sup> Da die Beste Produktivität im routinierten Modus größer als im unternehmerischen Modus ist, könnten dort somit selbst bei niedrigeren *relativen* Wohlfahrtsverlusten höhere *absolute* Wohlfahrtsverluste vorliegen. Dies ist bis zum Ende des Simulationszeitraumes jedoch nicht der Fall. Allerdings stellt sich die Frage, ob man beim Vergleich zweier Modi unter Wohlfahrtsaspekten nicht auf die - in beiden Modi identische - latente Produktivität als Referenzpunkt zurückgreifen sollte.

<sup>155</sup> siehe 3.7.

auch diese Übernahme stochastischen Einflüssen unterworfen ist. Die Anfangskonfiguration der F&E-Politik des Branchengründers – und damit der Branchendurchschnitt zum Zeitpunkt  $t = 0$  – sind exogen gegeben und betragen 0,5% für innovative und 0,2% für imitative F&E.



**Abbildung 19:** Mittelwerte kapitalgewichtete Innovationsquote

Zunächst soll die Entwicklung der Innovationsquote betrachtet werden: die Entwicklung ihres Mittelwertes im Zeitverlauf unterscheidet sich in den unternehmerischen Modi deutlich von der in den routinierten Modi (siehe

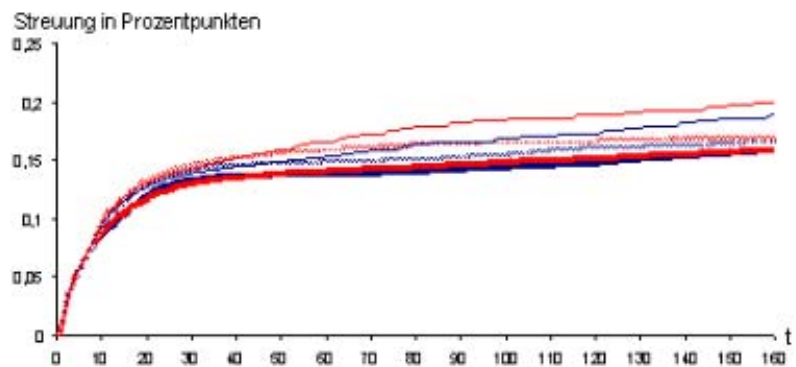
Abbildung 19). Nachdem in beiden Modi bis ca. Periode 35 die Mittelwerte der Innovationsquote leicht rückläufig sind (0,035 Prozentpunkte bzw. ca. 7% gegenüber dem Startwert), steigen sie in den routinierten Modi von da ab wieder an, und erreichen bis zum Ende des Simulationszeitraumes Werte von 0,529% (WINTER), 0,542% (PolÄnd) bzw. 0,602% (PolÄnd+EB). Dies entspricht einem Zuwachs gegenüber dem Startwert von 5,8%, 8,4% bzw. 20,4%. Es ist keine Konvergenz der Mittelwerte erkennbar, d.h. eine Fortsetzung der Simulation über Periode 160 hinaus würde vermutlich einen weiteren Anstieg der Mittelwerte bewirken. In den unternehmerischen Modi hingegen setzt sich ihr Rückgang nach Periode 35 fort, scheint aber gegen Ende der Simulation zum Erliegen zu kommen. Die Endwerte betragen 0,389% (WINTER), 0,372% (PolÄnd) bzw. 0,424% (PolÄnd+EB). Die Unterschiede zum Startwert betragen mithin -22,2% (WINTER), -25,6% (PolÄnd) bzw. -15,2% (PolÄnd+EB). Somit übersteigen die Mittelwerte im routinierten Modus die des unternehmerischen Modus in Periode 160 um 35,9% (WINTER), 45,7% (PolÄnd) bzw. 41,9% (PolÄnd+EB). Damit entwickeln sich die durchschnittlichen Innovationsquoten in den beiden Modellmodi aber weitaus weniger stark auseinander als bei WINTER (1984, S. 314), der hier einen relativen Unterschied von 212% ermittelte.<sup>156</sup> Die von ihm dabei zugrunde gelegten Innovationsquoten betragen 0,78% (Prozentpunkte vom Kapitalbestand) für den routinierten und 0,25% für den unternehmerischen Modus. Ihre Abweichung von den hier gefundenen Beträgen von 0,529% bzw. 0,389% (siehe oben) entspricht dem 1,58-fachen bzw. 0,87-fachen der Streuung der Innovationsquoten zwischen den verschiedenen Durchläufen eines Modells.

<sup>156</sup> WINTER nennt diesen Wert nicht explizit sondern gibt an: „From an initial value of about 2,8% of sales, industry innovative R&D evolves upward to 4,4% of sales in the routinized case, but evolves downward to 1,5% of sales in the entrepreneurial case.” (1984, S. 310); in Tabelle 1 auf Seite 314 gibt er die Höhe der F&E-Ausgaben auch als Quotient zum Kapitalbestand an

Somit liegen keine signifikanten Abweichungen vor. Es wird aber hier besonders deutlich, daß der Vergleich verschiedener Modi anhand einzelner Simulationsläufe stark verzerrte Ergebnisse liefern kann. Werden nur die Ergebnisse einzelner Läufe verglichen, so übersteigt z.B. in über 25% aller Fälle die Innovationsquote des unternehmerischen Modus die des routinierten Modus.<sup>157</sup>

Auffällig ist die große und zunehmende Streuung der kapitalgewichteten

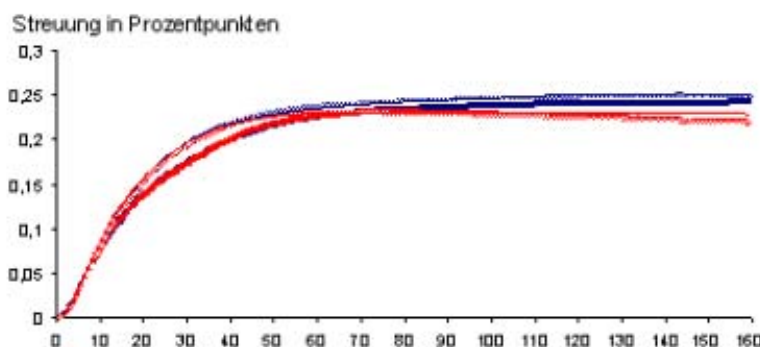
Innovationsquoten zwischen den einzelnen Durchläufen eines Modus (siehe Abbildung 20). Diese Streuung ist dabei fast ebenso groß (ca. 75%) wie die durchschnittliche



**Abbildung 20:** Streuung kapitalgewichtete Innovationsquote

kapitalgewichtete Streuung der Innovationsquote *innerhalb* der einzelnen Durchläufe (siehe Abbildung 21).

Wären die individuellen Innovationsquotienten innerhalb der einzelnen Modellläufe unabhängig voneinander verteilt, dann müßte die Streuung der kapitalgewichteten Innovationsquote zwischen den Modellläufen, aber nicht nur um 25%, sondern etwa um den



**Abbildung 21** Mittelwerte der kapitalgewichteten Streuung der innerhalb eines Durchlaufs Innovationsquoten

Faktor 3 niedriger sein als die Streuung innerhalb der einzelnen Durchläufe.<sup>158</sup> Hieraus kann auf ein hohes Maß an Interdependenz der individuellen Innovationsquotienten

<sup>157</sup> Annahmen: die gewichteten Innovationsquoten in der 160. Simulationsperiode sind für beide Modi unabhängig und normalverteilt mit den Erwartungswerten 0,529% bzw. 0,389% und einer Streuung von jeweils 0,159%; dann beträgt die Differenz der Erwartungswerte 0,14; die Streuung der Differenz der Erwartungswerte  $(0,159^2 + 0,159^2)^{1/2} = 0,22486$ ; der Quotient aus der Differenz der Mittelwerte und der Streuung dieser Differenz beträgt somit 0,623; die Standardnormalverteilung weist für diesen Wert eine aggregierte Wahrscheinlichkeitsmasse von 0,733 aus. Somit ist die Differenz in 73,3% aller Fälle positiv und folglich in 26,7% aller Fälle negativ. D.h. in 26,7% aller Fälle übersteigt die Innovationsquote des unternehmerischen die des routinierten Modus.

<sup>158</sup> Der kapitalbezogene Herfindahl-Index liegt zwischen 6,84 (routiniert, PolÄnd+EB) und 11,15 (unternehmerisch, WINTER). Bei unabhängig voneinander verteilten Innovationsquoten müßte die Streuung des kapitalgewichteten Durchschnittswert dieser Größen also zwischen dem  $(6,84)^{-1/2}$ -fachen bzw.  $(11,15)^{-1/2}$ -fachen, also dem 2,6-fachen bis 3,3-fachen, der kapitalgewichteten Streuung der individuellen Größen betragen.

geschlossen werden. Dies ist jedoch kaum überraschend, wenn man die Mechanismen bei der Politikanpassung bzw. bei der erstmaligen Politikfestlegung bei Neueinsteigern betrachtet:<sup>159</sup> in die Festlegung der neuen individuellen F&E-Quotienten fließen stets die Mittelwert der F&E-Quotienten der anderen Unternehmen ein. Überraschend ist hingegen, daß die Streuung der Mittelwerte der gewichteten Innovationsquote weiter zunimmt, obwohl die Mittelwerte der gewichteten Streuung der Innovationsquote ab ca. Periode 55 stabil bzw. sogar leicht rückläufig sind. Denkbar sind hier vor allem zwei Erklärungsmöglichkeiten:

- 1.) Die Streuung der gewichteten Innovationsquoten reduziert sich ‚langfristig‘ ebenfalls – nur eben verzögert.
- 2.) Die Entwicklung der Innovationsquoten ist pfadabhängig in dem Sinne, daß Branchen mit einer augenblicklich überdurchschnittlich hohen / niedrigen gewichteten Innovationsquote tendenziell positive / negative Wachstumsraten der gewichteten Innovationsquote aufweisen werden. Somit kommt es zu einer im Zeitverlauf ständig zunehmenden Streuung der gewichteten Innovationsquote, auch wenn der Mittelwert der gewichteten Streuung der Innovationsquote konstant bleibt oder gar rückläufig ist.

Ob eine der beiden, und welche der beiden, Erklärungsmöglichkeiten zutreffend ist, kann hier nicht entschieden werden. Gegen 1.) spricht aber tendenziell, daß der Anstieg der Streuung der gewichteten Innovationsquote in der Anfangsphase der Simulation den Anstieg des Mittelwertes der gewichteten Streuung noch übertrifft und zumindest hier, d.h. in der Anfangsphase der Simulation, von einer verzögerten Anpassung keine Rede sein kann.

Während die Streuung der gewichteten Innovationsquoten in den routinierten Modi kleiner als in den unternehmerischen Modi ist, verhält es sich bei der gewichteten Streuung der Innovationsquoten genau umgekehrt.<sup>160</sup> Die Mittelwerte der Streuungen in den routinierten Modi übertreffen hier die Werte in den unternehmerischen Modi um 10,5% (WINTER), 13,8% (PolÄnd) bzw. 9,7%. Die Signifikanzquotienten betragen 28,2 / 35,0 / 22,6.

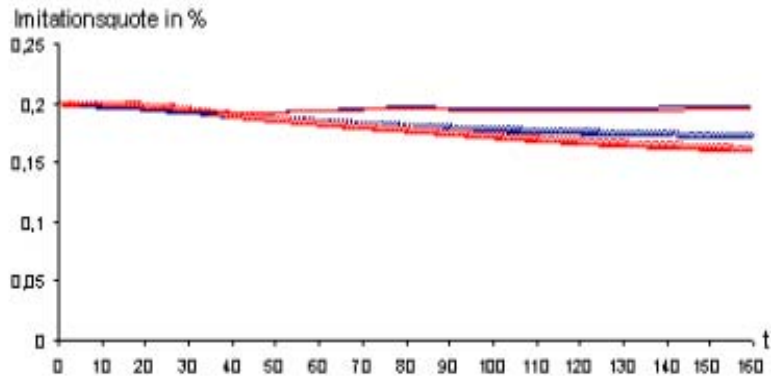
---

<sup>159</sup> siehe Formeln 24, 27, 30

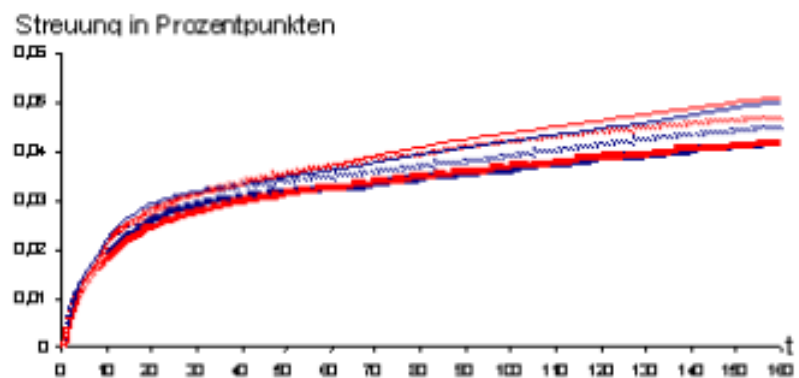
<sup>160</sup> Im ersten Fall bezieht sich die Streuung also auf Unterschiede *zwischen* den einzelnen Durchläufen eines Modellmodus, im zweiten Fall jedoch auf individuelle Unterschiede innerhalb der Durchläufe eines Modus.

Im folgenden soll die zweite Komponente der F&E-Politik, das Imitationsverhalten, behandelt werden. Die Anfangskonfiguration der Imitationspolitik des Branchengründers, und damit der Branchendurchschnitt zum Zeitpunkt  $t = 0$ , beträgt 0,2% des Kapitalbestandes (siehe Abbildung 22).

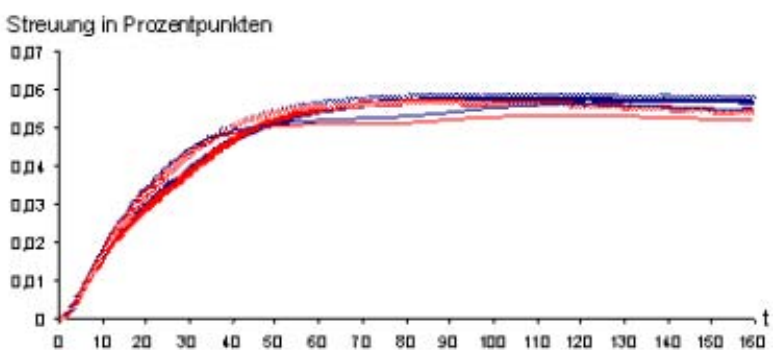
Ausgehend von diesem Startwert ermäßigen sich die Imitationsquoten in den routinierten Modi bis zur letzten Periode der Simulation auf 0,1725% (WINTER), 0,1726% (PolÄnd) bzw. 0,1979% (PolÄnd+EB) und in den unternehmerischen Modi auf 0,1610% (WINTER), 0,1620% (PolÄnd) bzw. 0,1956% (PolÄnd+EB). Die Mittelwerte des routinierten Modus übertreffen somit die entsprechenden Mittelwerte des unternehmerischen Modus um 7,1% (WINTER), 6,5% (PolÄnd) bzw. 1,2% (PolÄnd+EB). Die Signifikanzquotienten betragen 19,3 (WINTER), 16,3 (PolÄnd) bzw. 3,2 (PolÄnd+EB). Somit sind die gemessenen Unterschiede durchweg signifikant mit einer



**Abbildung 22:** Mittelwerte kapitalgewichtete Imitationsquote



**Abbildung 23:** Streuung kapitalgewichtete Imitationsquote



**Abbildung 24:** Mittelwerte der kapitalgewichteten Streuung der Imitationsquote

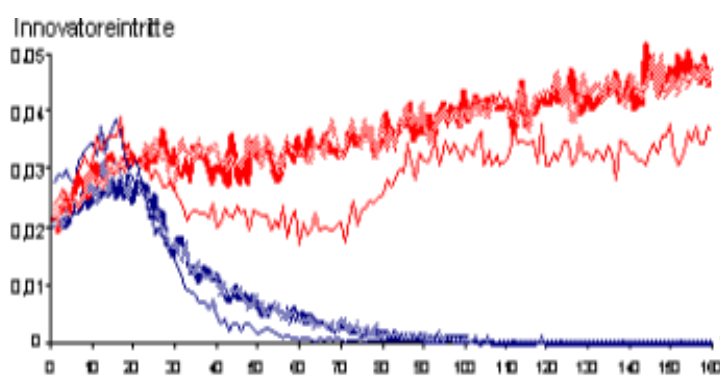
Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 1%, aber der für PolÄnd+EB bestimmte Wert liegt deutlich unterhalb der sonst zu verzeichnenden Signifikanzniveaus. Auffallend ist auch der, ab ca. Periode 35, leicht ansteigende Verlauf der Mittelwerte der Imitationsquote bei PolÄnd+EB während die entsprechenden Werte bei WINTER und PolÄnd weiter rückläufig sind.

Auch bei der Entwicklung der kapitalgewichteten Imitationsquoten ist eine zunehmende Streuung im Zeitverlauf zwischen den einzelnen Durchläufen der Modellmodi festzustellen

(siehe Abbildung 23), während die Mittelwerte der kapitalgewichteten Streuung der Imitationsquote (siehe Abbildung 24) innerhalb der einzelnen Durchläufe ab ca. Periode 70 konvergieren.

#### 4.2.3.5.) Markteintritte und -austritte

Im hier vorgestellten Modell gibt es zwei Arten von Markteintritten: Markteintritte durch Innovatoren, sowie Markteintritte durch Imitatoren. Die Anzahl potentieller Eintritte durch Innovatoren beträgt für alle Modi 0,05 je Periode und für Imitatoren 0,5. Ob aus potentiellen aber auch tatsächliche Eintritte werden, hängt von der Profitrate ab, die ein potentieller Eintreter mit der ihm zugewiesenen Produktivität unter dem aktuellen Marktpreis, erwartet.<sup>161</sup>



**Abbildung 25:** Mittelwerte Markteintritte durch Innovatoren

Deutlich unterschiedlich verläuft die Entwicklung der Mittelwerte der Innovatoreintritte in den routinierten im Vergleich zu den unternehmerischen Modi (siehe Abbildung 25). Zu Beginn des Simulationszeitraumes sind in beiden Modi durchschnittlich zwischen 0,0199 (routiniert,

WINTER) und 0,0278 (routiniert, PolÄnd+EB) Eintritte pro Periode zu verzeichnen. Für alle Modi steigt dieser Wert zunächst, doch ab ca. Periode 20 nimmt die Zahl der Eintritte in den routinierten Modus beständig ab und konvergiert gegen Null, während die durchschnittliche Zahl der Innovatoreintritte in den unternehmerischen Modi weiter steigt und in der letzten Periode Werte von 0,0447 (WINTER), 0,0467 (PolÄnd) bzw. 0,0368 (PolÄnd+EB) erreicht.

Da die Anzahl der tatsächlichen Innovatorzutritte durch die Anzahl der potentiellen Zutritte begrenzt ist, kann der *Erwartungswert* der Anzahl tatsächlicher Innovatorzutritte nicht über 0,05 steigen.<sup>162</sup> Gleichzeitig wird in den unternehmerischen Modi der Erwartungswert des Verhältnisses tatsächlicher zu potentieller Innovatoreintritte gegen Werte nahe 1 konvergieren.<sup>163</sup> Dies liegt darin begründet, daß annahmegemäß die absolute Streuung der Innovationsergebnisse potentieller Markteintreter konstant bleibt, und damit die relative

<sup>161</sup> siehe 3.6.; sowie 4.1.2. für PolÄnd+EB

<sup>162</sup> Gleichwohl können die *Mittelwerte* der Zutritte einzelner Perioden diesen Wert übersteigen, wie z.B. in Periode 144 mit 0,0512 (WINTER). In den jeweils 144. Perioden kam es also in den zugrundeliegenden 10.000 Simulationsläufen hier zu 512 Eintritten durch Innovatoren.

<sup>163</sup> Aufgrund der stochastischen Einflüsse bei der Ermittlung der ‚wahrgenommenen Profitrate‘ werden aber einige Firmen selbst dann von einem Eintritt absehen, wenn dies eigentlich profitabel wäre.

Streuung, also das Verhältnis der Streuung der Innovationsergebnisse im Vergleich zur Latenten Produktivität, mit einer konstanter Rate von 4% pro Jahr abnimmt. Der Erwartungswert des Innovationsergebnisses entspricht der jeweiligen Latenten Produktivität und liegt somit stets deutlich über der kapitalgewichteten Produktivität der Branche.<sup>164</sup> Aufgrund des hohen Erwartungswertes und der Abnahme der relativen Streuung führen somit langfristig nicht nur durchschnittliche oder überdurchschnittliche<sup>165</sup> sondern praktisch alle Produktivitätswerte potentieller Eintreter zu Werten, die ein profitables Operieren im Markt ermöglichen.

Der rasche und nahezu vollständige Rückgang innovativer Eintreter im routinierten Modus ist leicht zu erklären. Im routinierten Modus erhalten potentielle innovative Eintreter einen Produktivitätswert, welcher das geometrische Mittel einer log-normalverteilten Zufallszahl mit dem Erwartungswert der Latenten Produktivität und einer Konstanten ist. Somit ist die Wachstumsrate des Erwartungswertes für den Produktivitätswert eines potentiellen Anbieters nur halb so groß wie das Wachstum der Latenten Produktivität – während das Wachstum der Produktivitätswerte der Marktsassen (abgesehen von der Anfangsphase der Simulation) mit dem Wachstum der Latenten Produktivität Schritt zu halten vermag (siehe dazu Abbildung 14).

Die Summe der Mittelwerte der innovativen Eintritte aller Perioden liegt für die unternehmerischen Modi bei 5,856 (WINTER), 5,871 (PolÄnd) bzw. 4,638 (PolÄnd+EB) und für die routinierten Modi, trotz identischem Erwartungswert hinsichtlich der Anzahl potentieller innovativer Eintritte, bei 1,049 (WINTER), 1,067 (PolÄnd) bzw. 1,001 (PolÄnd+EB). In den unternehmerischen Modi sind somit 4,807 (WINTER), 4,804 (PolÄnd) bzw. 3,667 (PolÄnd+EB) mehr innovative Eintritte als in den routinierten Modi zu verzeichnen.

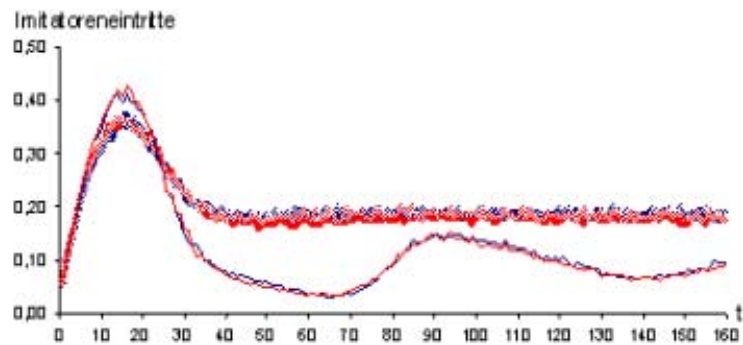
Auffallend ist die deutlich geringere und im Zeitverlauf zyklisch schwankende Anzahl innovativer Eintreter im unternehmerischen Modus von PolÄnd+EB im Vergleich zu den beiden anderen unternehmerischen Modi.

---

<sup>164</sup> siehe 4.2.3.3, insbesondere Abbildung 14

<sup>165</sup> ‚Durchschnittlichkeit‘ und ‚Überdurchschnittlichkeit‘ beziehen sich hier jeweils auf die Erwartungswerte – nicht aber beispielsweise auf die kapitalgewichtete Produktivität der Branche.

Im Gegensatz zur Entwicklung der Mittelwerte bei der Anzahl tatsächlicher innovativer Zutritte sind bei den Mittelwerten der Anzahl von Zutritten durch Imitatoren kaum Unterschiede zwischen den jeweiligen unternehmerischen und



**Abbildung 26:** Mittelwerte Markteintritte durch Imitatoren

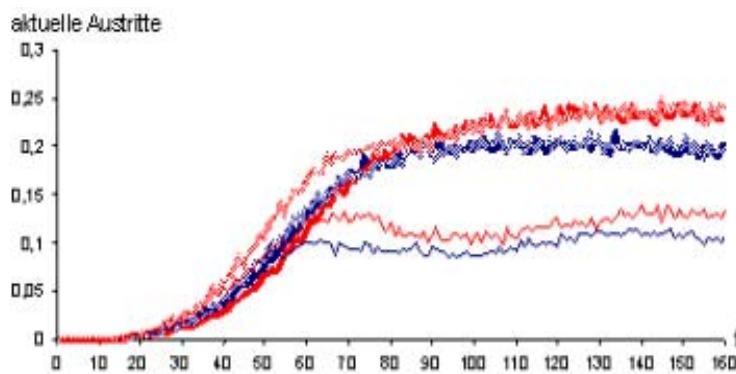
routinierten Modi festzustellen: in der Anfangsphase der Simulation, bis ca. Periode 15, ist für alle Modi ein starkes Wachstum der Mittelwerte der Anzahl tatsächlicher imitativer Eintritte zu verzeichnen. Bis ca. Periode 40 verringert sich diese Anzahl in den Modi WINTER und PolÄnd deutlich, bleibt von da an relativ konstant und beträgt ca. 0,175, d.h. nur etwa 35% aller potentiellen imitativen Eintritte folgt auch ein tatsächlicher Marktzutritt. Die niedrigen Anfangswerte und hohen Wachstumsraten bei den Mittelwerten der Anzahl tatsächlicher imitativer Marktzutritte sind dem Umstand geschuldet, daß in der Entstehungsphase der Branche der Branchengründer zwar mit außerordentlich hohen Gewinnen arbeitet und damit ein lohnendes Ziel für Imitationsversuche darstellt. Seine Technologie oder die Technologien innovativer Eintreter sind aber zunächst mit großer Wahrscheinlichkeit (7/8) nicht sichtbar und können somit zunächst mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht kopiert werden. Jedoch steigt im Zeitverlauf die Wahrscheinlichkeit, daß die Technologie des Branchengründers, bzw. die Technologien eventueller innovativer Eintreter, sichtbar werden und somit steigt zunächst auch die Zahl der tatsächlichen Imitatoren. Mit einer Zunahme der Anzahl der Marktsassen ist aber auch ein Rückgang der individuellen wahrgenommenen Renditen verbunden, so daß potentielle Imitatoren nun häufiger von einem Markteintritt absehen.

Die Verteilung der imitativen Markteintritte in den Modi PolÄnd+EB folgt einem etwas anderem Muster: auch hier ist in der Anfangsphase ein starkes Anwachsen der Mittelwerte der Anzahl imitativer Eintritte zu verzeichnen, das sogar noch höher ausfällt als in den anderen Modi; der sich anschließende Rückgang fällt dafür stärker aus als in den anderen Modi. Insgesamt treten hier weniger Imitatoren in den Markt ein, und die Mittelwerte ihrer Anzahl unterliegen starken, zyklischen Schwankungen: so treten mit ca. 0,03 in Periode 65 nur ca. 6% aller potentiellen Imitatoren tatsächlich in den Markt ein, während in Periode 95 fünf mal so viele Eintritte zu verzeichnen sind, d.h. hier folgt 30% aller potentiellen imitativen Eintritte ein tatsächlicher Eintritt.

Die Summe der Mittelwerte der imitativen Eintritte aller Perioden liegt für die unternehmerischen Modi bei 31,366 (WINTER), 32,177 (PolÄnd) bzw. 19,877 (PolÄnd+EB)

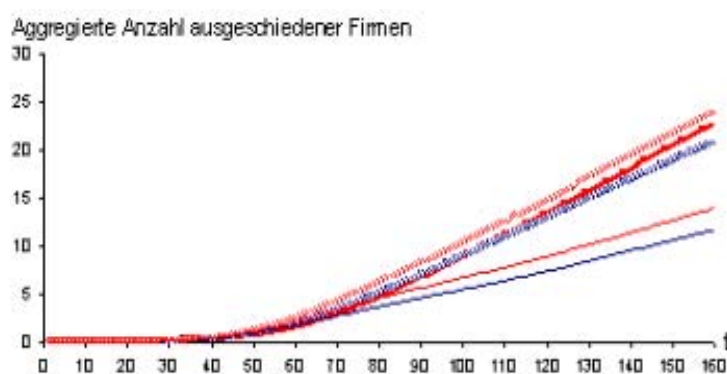
und für die routinierten Modi bei 32,472 (WINTER), 32,519 (PolÄnd) bzw. 20,038 (PolÄnd+EB). In den unternehmerischen Modi sind somit 1,106 (WINTER), 0,342 (PolÄnd) bzw. 0,161 weniger imitative Markteintritte zu verzeichnen als in den routinierten Modi. Die entsprechenden Signifikanzquotienten betragen 13,3 / 4,0 bzw. 2,6. Die gemessenen Differenzen sind somit zwar noch signifikant mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 1%, fallen aber (in den beiden letzteren Fällen) betragsmäßig – relativ und absolut – deutlich geringer aus, als die Differenzen bei der Anzahl an innovativen Eintritten. Damit sind in den routinierten Modi insgesamt weniger Eintritte als in den unternehmerischen Modi zu verzeichnen. Die Unterschiede betragen -3,7 (WINTER), -4,5 (PolÄnd), -3,5 (PolÄnd+EB) bzw. -9,9% / -11,7% / -14,2%.

Wie sich diese Unterschiede in der Anzahl von Markteintritten auf die Anzahl der aktiven



**Abbildung 27:** Mittelwerte Marktaustritte je Periode

Marktaustritten (siehe Abbildungen 27 und 28). In den routinierten Modi sind mit 20,85 / 20,98 bzw. 11,68 signifikant weniger Austritte zu verzeichnen. Die Differenzen der Werte zwischen den jeweiligen Modi betragen mithin 1,84 / 3,21 bzw. 2,32 und die



**Abbildung 28:** Mittelwerte aggregierte Anzahl ausgeschiedener Firmen

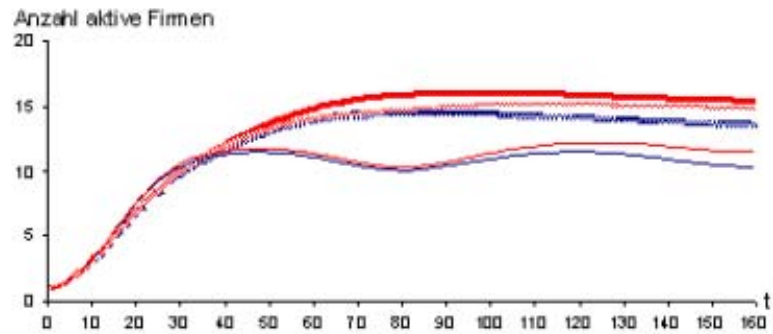
Anzahl der aktiven Firmen zum Ende des Simulationszeitraumes in den unternehmerischen Modi die der routinierten Modi übersteigen (siehe Abbildung 29):

Firmen und die Branchenkonzentration auswirken, soll im folgenden untersucht werden.

Insgesamt kommt es im Verlaufe der 160 Simulationsperioden in den unternehmerischen Modi zu 22,69 (WINTER), 24,19 (PolÄnd) bzw. 14,0 (PolÄnd+EB)

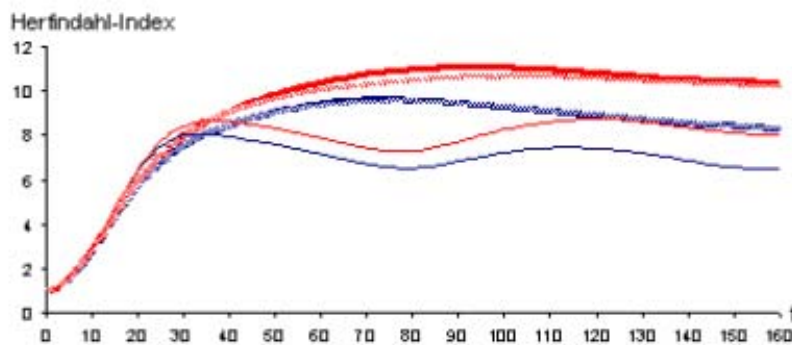
Signifikanzquotienten 26,8 / 44,8 bzw. 53,8. Neben einer größeren Zahl an Eintritten haben die unternehmerischen Modi somit zwar auch eine höhere Zahl an Austritten zu verzeichnen als die routinierten Modi, jedoch sind die Differenzen bei den Markteintritten größer, so daß die

Die Mittelwerte der Anzahl der aktiven Firmen betragen in den unternehmerischen Modi am Ende des Simulationszeitraumes 15,32 (WINTER), 14,64 (PolÄnd) bzw. 11,39 (PolÄnd+EB); in den routinierten Modi 13,50



**Abbildung 29:** Mittelwerte Anzahl aktive Firmen

(WINTER), 13,41 (PolÄnd) bzw. 10,26 (PolÄnd+EB). Damit ist die Anzahl der aktiven Firmen in den routinierten Modi zum Simulationsende um 11,9% / 8,4% / 9,9% kleiner als in den unternehmerischen Modi.



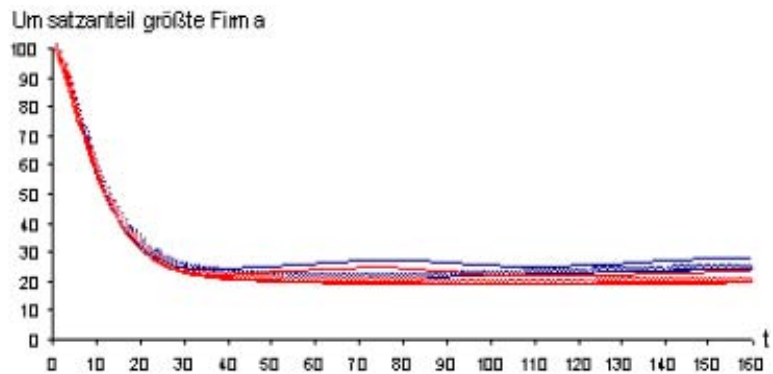
Noch deutlicher fallen hingegen die Unterschiede zwischen beiden Modi hinsichtlich der Branchenkonzentration aus. Der reziproke, umsatzbezogene Herfindahl-

**Abbildung 30:** Mittelwerte Herfindahl-Index (reziprok, umsatzbezogen) Index (siehe Abbildung 30) weist hier für die letzte Simulationsperiode für die unternehmerischen Modi Werte von 10,40 (WINTER), 10,19 (PolÄnd) bzw. 8,02 (PolÄnd+EB) auf; für die routinierten Modi hingegen Werte von 8,28 / 8,28 bzw. 6,47. Die relativen Unterschiede betragen mithin -0,4%, -18,7% bzw. -19,3%.

Die Auswertung des reziproken, kapitalbezogenen Herfindahl-Indexes (ohne Abbildung) erbrachte im wesentlichen dieselben Resultate, nur liegen hier die entsprechenden Werte jeweils nur zwischen 5,6% (unternehmerisch, PolÄnd+EB) und 7,6% (routiniert, WINTER) höher als die Werte des reziproken, umsatzbezogenen Herfindahl-Indexes und weisen somit ein geringeres Maß der Branchenkonzentration aus. Diese Unterschiede sind darin begründet, daß Firmen mit überdurchschnittlich guter Produktivität überdurchschnittlich hohe Investitionen tätigen können. Von dieser Möglichkeit machen sie auch solange Gebrauch, wie sie den von ihnen angestrebten Aufpreisfaktor bzw. Marktanteil nicht erreicht haben. Deshalb verfügen sie mit hoher Wahrscheinlichkeit auch über einen überdurchschnittlich großen Kapitalstock. Folglich korrelieren Kapitalbestand bzw. -anteil und Produktivität von Unternehmen positiv. Eine höhere Produktivität ermöglicht aber einen höheren Umsatz je eingesetzter Kapitaleinheit – und hiervon profitieren aus den genannten Gründen tendenziell

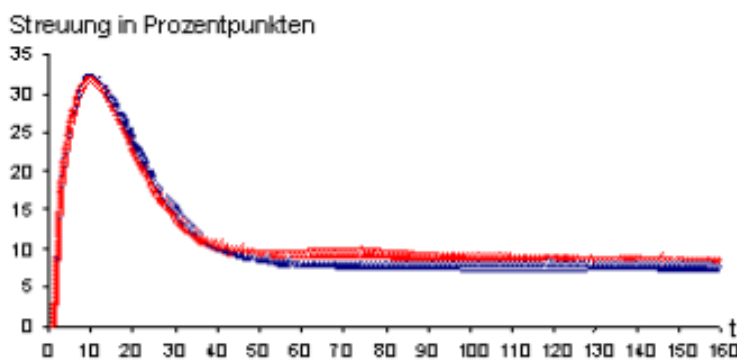
Unternehmen mit überdurchschnittlichen Kapitalbestand. Somit wird bezüglich des Umsatzes eine stärkere Konzentration, und damit ein niedrigerer reziproker Herfindahl-Index, ausgewiesen als bezüglich des Kapitaleinsatzes.

Auch ein weiterer Index für die Branchenkonzentration, der Marktanteil der größten Firma (siehe Abbildung 31), weist auf eine deutlich höhere Konzentration in den routinierten Modi hin. Am Ende des Simulationszeitraumes hat die



**Abbildung 31:** Mittelwerte Umsatzanteil größte Firma (in %)

Firma mit den größten Umsätzen in den routinierten Modi einen Marktanteil von durchschnittlich 25,13% (WINTER), 25,21% (PolÄnd) bzw. 27,89 und in den unternehmerischen Modi 20,26% / 20,46% bzw. 23,19%. Damit liegen die entsprechenden Werte der routinierten um 24,0%<sup>166</sup> (WINTER), 23,2% (PolÄnd), bzw. 20,3% (PolÄnd+EB) über denen der unternehmerischen Modi.



**Abbildung 32:** Streuung Marktanteil größte Firma

Firma nicht ausgeschlossen (siehe z.B. Abbildung 2). Obwohl die Mittelwerte des Marktanteiles der größten Firma in den unternehmerischen Modi geringer als in den routinierten Modi sind, weisen die unternehmerischen Modi in der letzten Simulationsperiode eine um 5,4% (WINTER), 8,0% (PolÄnd) bzw. 17,6% (PolÄnd+EB) größere Streuung auf als die entsprechenden routinierten Modi (siehe Abbildung 32).

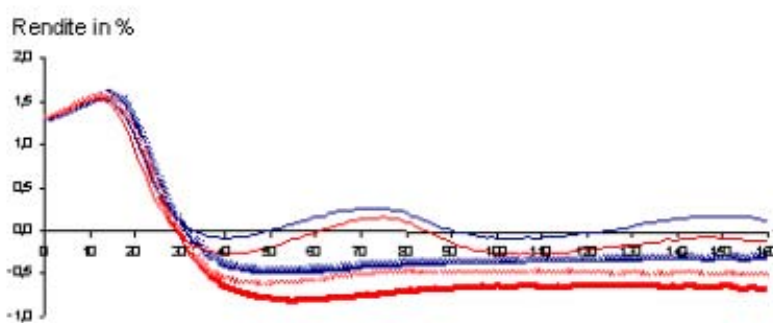
Auch wenn die Mittelwerte der Marktanteile der größten Firma ab ca. Periode 40 relativ konstant bleiben, bei insgesamt leicht steigender Tendenz, sind damit innerhalb einzelner Durchläufe im Zeitverlauf erhebliche Verschiebungen des Marktanteiles der jeweils größten

<sup>166</sup> Achtung: nicht ‚Prozentpunkte‘!

#### 4.2.3.6.) Renditen und Investitionen

Grund für die Einführung des Modus PolÄnd+EB war das unplausible Modellverhalten bezüglich der Häufigkeit imitativer Marktzutritte selbst bei einer anhaltend schlechten Gewinnlage der schon im Markt befindlichen Firmen. Somit sind im Vergleich der einzelnen Modellspezifikationen (WINTER, PolÄnd bzw. PolÄnd+EB) deutliche Unterschiede hinsichtlich der durchschnittlichen Renditen<sup>167</sup> zu erwarten.

Zu Beginn des Simulationszeitraumes beträgt die durchschnittliche kapitalgewichtete Rendite in allen Modi 1,3% (siehe Abbildung 33). Bis ca. Periode 15 steigt dieser Wert auf 1,6%, fällt



**Abbildung 33:** Mittelwerte Renditen

von da an aber rasch ab. Ab ca. Periode 30 verzeichnen alle Modi negative Renditen. Auffallend ist die zyklische Schwankung der Mittelwerte der Renditen im Zeitverlauf in den Modi mit endogener Eintrittsbarriere. Hier sind, wie erwartet, außerdem die

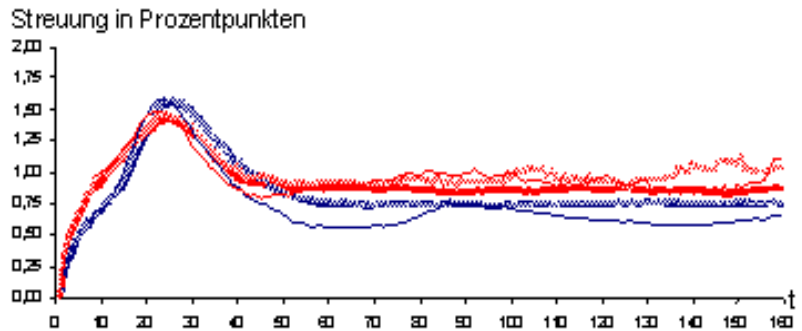
höchsten durchschnittlichen Gewinnraten zu verzeichnen. Alle anderen Modi verzeichnen permanente negative Renditen<sup>168</sup>, die sich in ca. Periode 50 bis auf -0,8% je Quartal belaufen (unternehmerisch, WINTER). Ab ca. Periode 50 ist in diesen Modi ein leichter Anstieg der durchschnittlichen Renditen zu verzeichnen, so daß am Ende der Simulationsperiode für die unternehmerischen Modi folgende Mittelwerte für die Renditen gemessen werden können: -0,67% (WINTER), -0,51% (PolÄnd) bzw. -0,13% (PolÄnd+EB) und in den routinierten Modi: -0,30% / -0,29% bzw. 0,11%. Somit übersteigen die Renditen der routinierten Modi stets die der jeweiligen unternehmerischen Modi; die Signifikanzquotienten betragen 32,5 / 16,9 bzw. 18,5.

Fast identisch zu den Renditewerten der letzten Periode sind die durchschnittlichen Renditen der letzten einhundert Simulationsperioden mit -0,67% / -0,51% bzw. -0,13% in den unternehmerischen bzw. -0,35% / -0,34% bzw. 0,07% in den routinierten Modi.

<sup>167</sup> Dieser Wert gibt die Verzinsung des Eigenkapitals pro Quartal nach Abzug sämtlicher Kosten, inklusive kalkulatorischer Kapitalbindungskosten, an.

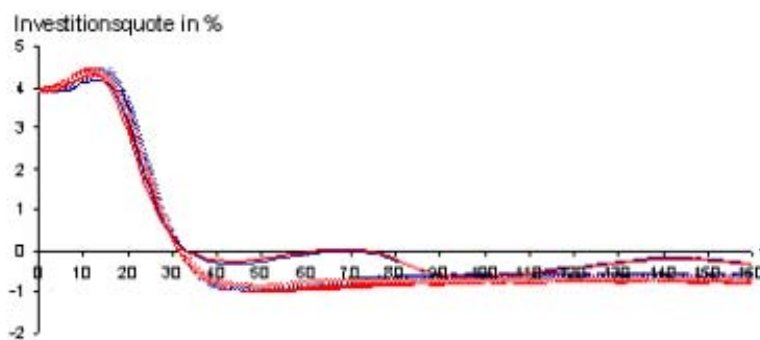
<sup>168</sup> Die von WINTER (1984, S. 313, eigene Übersetzung) in einem (!) Simulationslauf festgestellten „positiven Renditen in den letzten fünf Jahren der Simulation im routinierten Modus“ stehen zwar zu den hier gefundenen Ergebnissen nicht im Widerspruch, zeigen aber wieder einmal die geringe Repräsentativität von einzelnen Modelldurchläufen.

Deutlich größer als die Mittelwerte der gewichteten Renditen sind die Streuungen der gewichteten Renditen. Ihr Durchschnittswert der letzten 100 Simulationsperioden liegt zwischen 0,63% (routiniert, PolÄnd+EB) und 0,96%

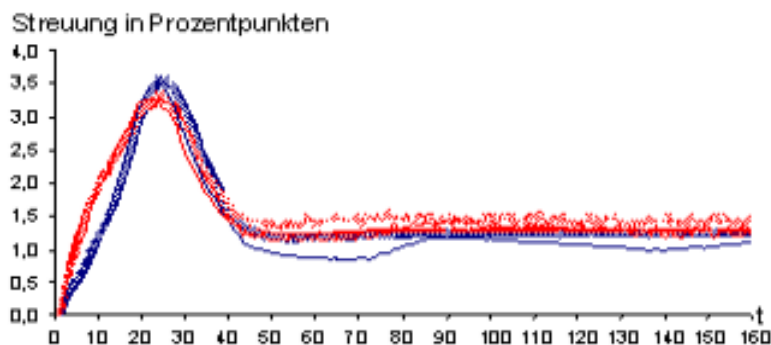


**Abbildung 34:** Streuung Rendite

(unternehmerisch, PolÄnd).



**Abbildung 35:** Mittelwerte Investitionsquote



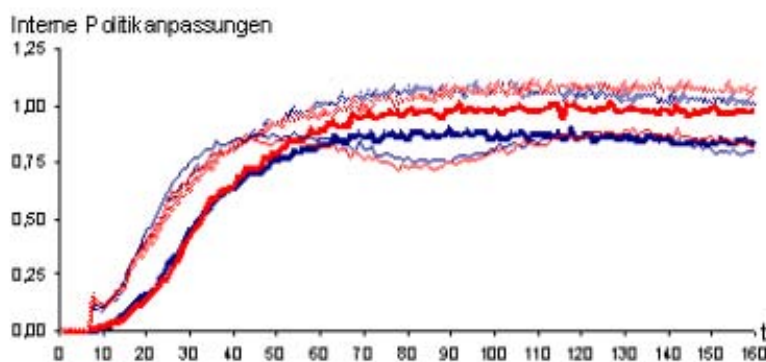
**Abbildung 36:** Streuung Investitionsquote

Die permanent negativen Renditen der Firmen in allen Modi (bis auf PolÄnd+EB, routiniert) müssen sich aufgrund der Finanzierungsrestriktionen<sup>169</sup> auch in permanent negativen Nettoinvestitionen der Branche niederschlagen. Dies kann bestätigt werden (siehe Abbildung 35) – jedoch ist auffallend, daß die Unterschiede in den Investitionsraten zwischen den jeweiligen unternehmerischen und routinierten Modi deutlich geringer ausfallen als die Unterschiede in den Renditen. So sind die Unterschiede in den Mittelwerten der Investitionsquote zwischen routiniertem und unternehmerischen Modus in den Modi PolÄnd und PolÄnd+EB in der letzten Periode, trotz der außerordentlich hohen Zahl von Meßwerten, nicht mehr signifikant. Auch die Unterschiede in den Mittelwerten der gewichteten Investitionsquote zwischen den einzelnen Modellspezifikationen (WINTER, PolÄnd, PolÄnd+EB) fallen trotz größerer Streuung durchweg geringer aus als bei der gewichteten Rendite (siehe Abbildungen 34 und 36).

<sup>169</sup> siehe 3.5.

#### 4.2.3.7.) Politikänderungen

Motivation für die Einführung von Modellen mit geändertem Auslösemechanismus für Politikänderung waren die in 4.1.1. beschriebenen Schwachpunkte des ursprünglichen Auslösemechanismus von WINTER. In den Modi PolÄnd bzw. PolÄnd+EB werden Politikänderungen nun mit positiver Wahrscheinlichkeit ausgelöst, wenn die Erfolgsgröße  $X_{it}$  einer Firma  $i$  unter der kapitalgewichteten Erfolgsgröße  $\underline{X}_t$  der Branche liegt, und nicht wie bei WINTER unter der kapitalgewichteten Profitrate der Branche  $\underline{\pi}_t$ . Außerdem wird nun explizit sichergestellt, daß die Firma in den 8 Perioden nach einer Politikänderung keine weitere Änderung ihrer Politik vornimmt.



**Abbildung 37:** Mittelwerte Anzahl interne Politikänderungen

Unterschiede in den Mittelwerten der Anzahl der ausgelösten Politikänderungen (siehe Abbildung 37) zwischen den jeweiligen unternehmerischen und routinierten Modi sind somit nur zu erwarten, wenn sich die Anzahl der aktiven Firmen

oder die ‚Schiefe‘<sup>170</sup> der Verteilung der Erfolgsgrößen zwischen beiden Modi unterscheidet.

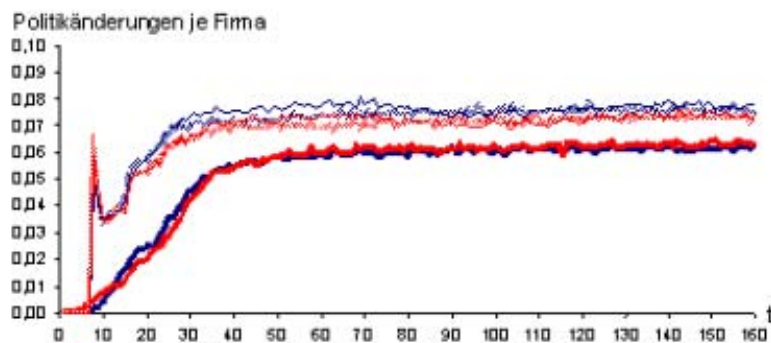
In den WINTER-Modi sind im routinierten Modus in den 160 Simulationsperioden insgesamt durchschnittlich 109,9 Politikanpassungen zu verzeichnen, im unternehmerischen Modus 121,9. Im routinierten Modus werden hier also 9,84% weniger Anpassungen vorgenommen, was ungefähr mit der um 11,8% niedrigeren Anzahl aktiver Firmen in der letzten Simulationsperiode korrespondiert.

In den Modi PolÄnd sind im routinierten Modus 138,8 Politikänderungen zu verzeichnen, im unternehmerischen Modus 139,2. Damit liegt der Wert für den routinierten Modus nur um 0,29% unter dem des unternehmerischen Modus – der Signifikanzquotient beträgt lediglich 2,2 – während die Anzahl aktiver Firmen um 8,4% niedriger liegt.

In den Modi PolÄnd+EB sind im routinierten Modus mit 116,5 sogar 1,47% mehr Politikanpassungen festzustellen als im unternehmerischen Modus mit 114,8 (der Signifi-

<sup>170</sup> Trägt man auf der Abszisse die Erfolgsgröße (bzw. Intervalle für die Erfolgsgröße) und auf der Ordinate die Dichte (bzw. Anzahl oder Wahrscheinlichkeit) der Firmen mit entsprechender Erfolgsgröße ein, so weist die hieraus resultierende Verteilung eine ‚Schiefe‘ auf, je nachdem ob mehr, gleich viele oder weniger als die Hälfte aller Firmen unterdurchschnittliche Erfolgsgrößen aufweisen. Im Extremfall verzeichnen alle bis auf eine Firma unterdurchschnittliche Erfolge (links-steile und rechts-schiefe Verteilung) bzw. verzeichnet keine einzige Firma unterdurchschnittliche Erfolge.

kanzquotient beträgt 10,4), obwohl die Anzahl aktiver Firmen im routinierten Modus um 9,92% niedriger liegt als im unternehmerischen Modus.



**Abbildung 38:** Mittelwerte Politikänderungen je Firma

geänderten Politikauslösemechanismen ist in den routinierten Modi also ein größerer Anteil unterdurchschnittlich erfolgreicher Firmen zu verzeichnen als in den unternehmerischen Modi, bzw. der Erfolg, also die zeitlich gewichteten Renditen, ist im Durchschnitt in den routinierten Modi auf relativ (und auch absolut) weniger Firmen verteilt als in den unternehmerischen Modi.<sup>171</sup>

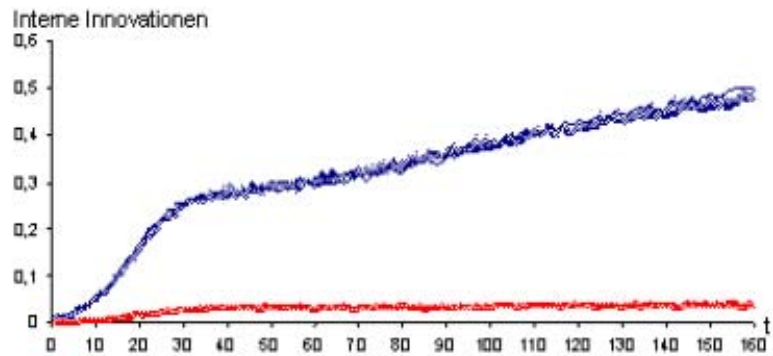
Auswertungen ergaben, daß die durchschnittliche Anzahl von Politikänderungen je aktiver Firma in den routinierten Modi um -0,9% (WINTER), 4,4% (PolÄnd) bzw. 6,0% (PolÄnd+EB) über denen der unternehmerischen Modi lag. In den Modi mit

<sup>171</sup> Die Daten der beiden WINTER-Modi erlauben aufgrund des anders spezifizierten Auslösemechanismus keine derartige Interpretation.

#### 4.2.3.8.) Quellen von Innovationen und Imitationen

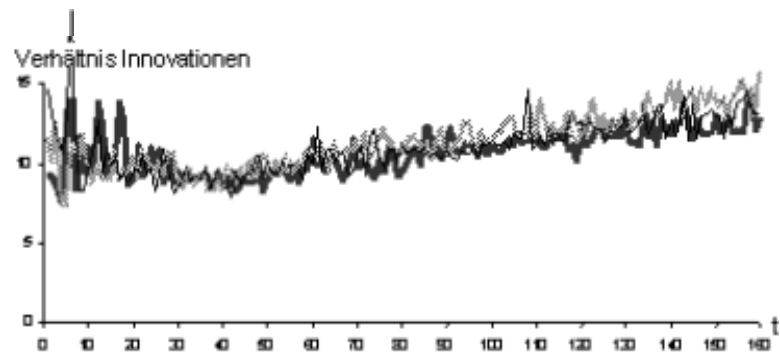
In diesem Kapitel sollen die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen unternehmerischen und routinierten Modus hinsichtlich der relativen Bedeutung interner und externer Innovationen und Imitationen herausgearbeitet werden. Hierbei wird insbesondere auch auf die Ergebnisse aus 4.2.3.5. zurückgegriffen.

Abbildung 39 kann die Entwicklung der Mittelwerte der Anzahl der erfolgreichen interner Innovationen in den verschiedenen Modellmodi entnommen werden. Da bei gleichem absoluten Forschungsaufwand im routinierten Modus die



**Abbildung 40:** Mittelwerte Anzahl erfolgreiche interne Innovationen

Wahrscheinlichkeit einen Innovationszug zu erhalten zehnmal höher ist als im unternehmerischen Modus, sind dort auch deutlich mehr Innovationen, und infolge dessen auch deutlich mehr *erfolgreiche* Innovationen, zu verzeichnen (siehe Abbildung 39). In den routinierten Modi werden im Zeitverlauf allerdings mehr als nur 10 mal so viele interne Innovationen wie in den unternehmerischen Modi



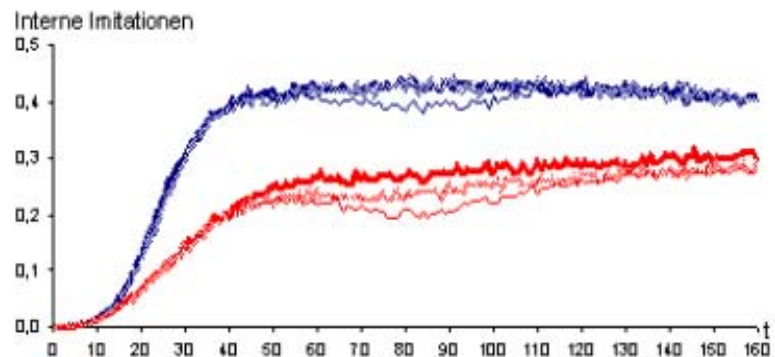
**Abbildung 39:** Mittelwertverhältnis der Anzahl interner Innovationen im routinierten zum unternehmerischen Modus

generiert (siehe Abbildung 40<sup>172</sup>). Auffallend ist dabei, daß zwischen Periode 35 und 160 in den routinierten Modi mit ca. 90% ein deutlicher größerer Anstieg bei den Mittelwerten der Anzahl erfolgreicher Innovationen festzustellen ist als in den unternehmerischen Modi mit ca. 20% (siehe Abbildung 39). In beiden Fällen steigt die Anzahl erfolgreicher Innovationen damit aber weitaus stärker als die Ausgaben für innovative F&E zunehmen: die Mittelwerte des Gesamtkapitalbestandes bleiben in diesem Zeitraum relativ konstant, die Innovationsquoten steigen in diesem Zeitraum in den routinierten Modi nur um ca. 20% und in den unternehmerischen Modi sinken sie sogar um ca. 20%. Dieses Ergebnis kann analog zu

<sup>172</sup> Analog zu den bisher üblichen Konventionen werden die Datenreihen der WINTER-Modelle durch fette Linien repräsentiert, PolÄnd durch punktiert-mittelfette und PolÄnd+EB durch dünne Linien.

4.2.3.5. erklärt werden: die im Verhältnis zur jeweiligen Latenten Produktivität permanent abnehmende *relative* Streuung von Innovationsergebnissen bewirkt, daß im Zeitverlauf praktisch jeder Innovationszug zu einer *erfolgreichen* Innovation führt.

Deutlich unterschiedlich verläuft auch die Entwicklung der Mittelwerte der Anzahl *erfolgreicher* Imitationen zwischen den unternehmerischen und routinierten Modi – obwohl sich beide Modi nicht hinsichtlich der Effizienz<sup>173</sup>

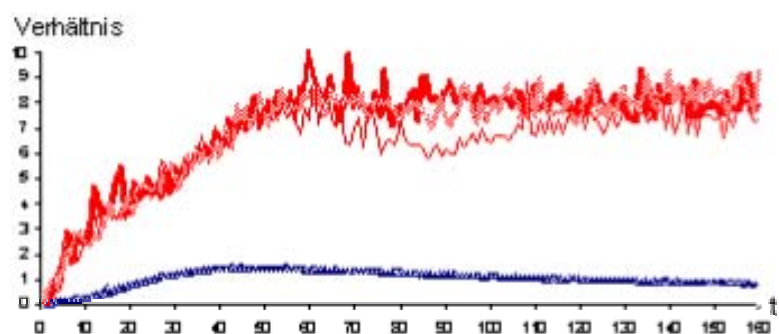


**Abbildung 41:** Mittelwerte erfolgreiche interne Imitationen

ihrer imitativen Forschung unterschieden (siehe Abbildung 41). Auch die – ‚verhältnismäßig kleinen‘ bis nicht signifikanten – Unterschiede in den imitativen F&E-Quotienten und der absoluten imitativen Forschungsausgaben können die deutlich höhere Anzahl *erfolgreicher* Imitationen in den unternehmerischen Modi nicht erklären. So sind in Periode 45 in den routinierten Modi ca. 90 % und in Periode 160 immer noch ca. 40% mehr erfolgreiche Imitationen zu verzeichnen als in den unternehmerischen Modi. Eine vergleichbar hohe Anzahl von potentiellen Imitationen führt also in den routinierten Modi zu einer deutlich größeren, wenn auch rückläufigen, Anzahl erfolgreicher Imitationen.

Ursächlich hierfür ist die vergleichsweise geringe interne *Innovationshäufigkeit* in den unternehmerischen Modi, die bewirkt, daß ein imitierendes Unternehmen stets nur mit einer geringen Wahrscheinlichkeit die Chance erhält, eine Technologie zu beobachten, die besser als die eigene derzeit praktizierte Technologie ist. Da hier im Zeitverlauf die Häufigkeiten interner und vor allem aber auch die Häufigkeit externer Innovationen steigen, erhöht sich somit auch die Wahrscheinlichkeit mittels Imitation eine bessere Technologie zu erhalten.

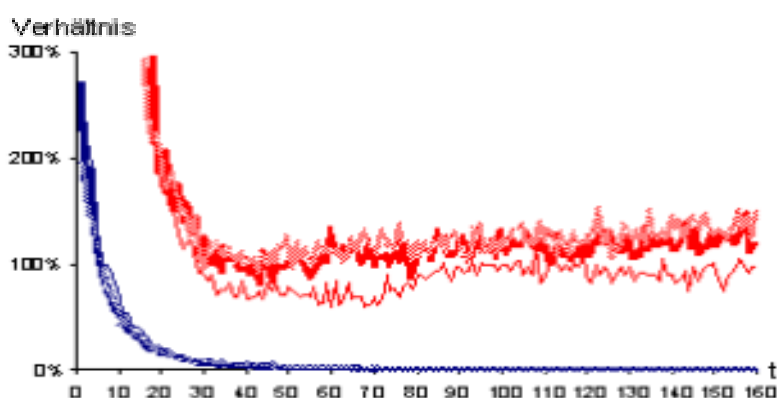
Zwar steigt auch im routinierten Modus die Anzahl intern generierter Innovationen, trotzdem ist



**Abbildung 42:** Verhältnis Mittelwerte erfolgreiche interne Imitationen zu erfolgreichen internen Innovationen

<sup>173</sup> Anzahl der Züge aus der Imitationslotterie je Geldeinheit

hier ab ca. Periode 35 kein weiterer Anstieg der erfolgreichen Imitationen zu beobachten. Gleichzeitig ist auch ein Rückgang der extern generierten Innovationen festzustellen; dieser fällt jedoch – in absoluten Zahlen – deutlich geringer aus, als die Zunahme der internen Innovationen, so daß das Verhältnis der Anzahl erfolgreicher interner Innovationen zu erfolgreichen internen Imitationen im Zeitverlauf abnimmt (siehe Abbildung 42). Ursächlich hierfür ist vermutlich<sup>174</sup>, daß die zunehmende Anzahl erfolgreicher Innovationen bewirkt, daß nun ein größerer Teil der, aus Sicht des potentiellen Imitators, ‚kopierwürdigen‘ Technologien erst unlängst in den Markt eingeführt wurde und mit hoher Wahrscheinlichkeit noch nicht sichtbar ist.<sup>175</sup>



**Abbildung 43:** Verhältnis Mittelwerte externe Innovationen zu internen Innovationen

Abbildung 43 kann der relative Stellenwert interner und externer Innovationen unter den verschiedenen technologischen Regimen entnommen werden. In der ersten Simulationsperiode übersteigt die Anzahl von Innovatorzutritten die Anzahl erfolgreicher, interner

Innovationen im routinierten Modus um 170% (WINTER), 90% (PolÄnd), 170% (PolÄnd+EB) und in den unternehmerischen Modi sogar um 2630% / 2380% bzw. 3300%. Ursächlich hierfür ist zum einen, daß zu diesem Zeitpunkt nur eine einzige Firma im Markt ist, die aufgrund ihres verhältnismäßig geringen Kapitalbestandes vergleichsweise wenig Forschungsausgaben tätigen kann. Außerdem verfügt diese Firma, der Branchengründer, zu diesem Zeitpunkt schon über eine Technologie, die besser als die Latente Produktivität zum nämlichen Zeitpunkt ist, so daß selbst ein Zug aus der Innovationslotterie mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit nicht zu einer *Verbesserung* der individuellen Produktivität, und somit zu einer *erfolgreichen* Innovation, führen wird, während potentielle innovative Eintreter sich schon bei einer deutlich geringeren Produktivität zum Markteintritt einschließen würden.<sup>176</sup> Das unterschiedliche Verhältnis erfolgreicher interner und externer Innovationen zwischen

<sup>174</sup> wurde nicht überprüft

<sup>175</sup> Denkbar ist auch, daß innerhalb der Unternehmen, keine Spezialisierung nach imitativer und innovativer Forschung stattfindet. Eine größere Anzahl von Innovationen kommt somit auch direkt den ‚potentiellen Imitatoren‘ zugute, so daß für sie die Anzahl besserer und sichtbarer Technologien anderer Firmen nicht steigt.

<sup>176</sup> Die latente Produktivität in Periode 1 beträgt 0,135; die Start-Produktivität des Branchengründers 0,150. Aber ab einem Produktivitätswert von 0,1333 ist ein profitables Operieren im Markt möglich.

den routinierten und unternehmerische Modi in der ersten Periode ist darauf zurückzuführen, daß zwar in beiden Modi die Anzahl potentieller innovativer Eintritte identisch ist, interne Innovationen im unternehmerischen Modus aber bei gleichen Ausgaben 10 mal wahrscheinlicher sind.

In den Folgeperioden ist das Verhältnis externer zu interner Innovationen in allen Modi stark rückläufig, da sich einerseits die Anzahl der Firmen im Markt und damit die internen Forschungsausgaben der Branche erhöhen – und andererseits, verursacht durch die steigende Latente Produktivität, Firmen der Branche nun mit geringerer Wahrscheinlichkeit Produktivitätswerte in der Innovationslotterie ziehen, die schlechter als ihre derzeitigen Produktivität sind.

In den routinierten Modi streben die Mittelwerte der Anzahl externer Innovationen gegen Null während in den unternehmerischen Modi die Mittelwerte der Anzahl externer Innovationen gegen 0,05, dem Erwartungswert der Anzahl *potentieller* Innovatorzutritte, konvergieren.<sup>177</sup> Gleichzeitig ist in den unternehmerischen Modi ein Rückgang der innovativen F&E-Aufwendungen der Branche zu konstatieren,<sup>178</sup> so daß hier das Verhältnis externer zu interner Innovationen wieder ansteigt.

Im gesamten Simulationszeitraum sind damit in den routinierten Modi 51,30 (WINTER), 51,60 (PolÄnd) bzw. 51,98 (PolÄnd+EB) interne Innovationen zu verzeichnen; in den unternehmerischen Modi hingegen nur 4,75 / 4,47 bzw. 4,68. Die Anzahl externer Innovationen beträgt in den routinierten Modi 1,05 / 1,07 bzw. 1,00 und in den unternehmerischen Modi 5,86 / 5,87 bzw. 4,63. Damit ergeben sich in den routinierten Modi folgende Verhältnisse externer zu interner Innovationen: 1: 48,9 (WINTER), 1:48,2 (PolÄnd) bzw. 1:52,0 (PolÄnd+EB) und in den unternehmerischen Modi: 1:0,81 / 1:0,76 bzw. 1:1,01.

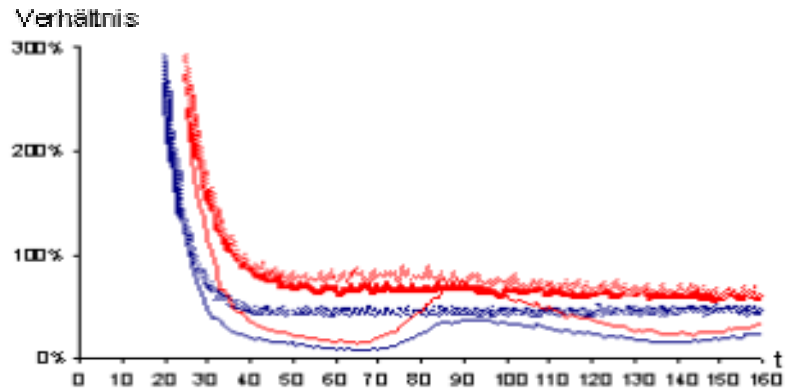
Somit beträgt das Verhältnis der relativen Bedeutung interner zu externer Marktzutritte im Vergleich der routinierten Modi zu den unternehmerischen Modi 60,4 (WINTER), 63,4 (PolÄnd) bzw. 51,5 (PolÄnd). Damit übersteigt dieses Verhältnis zwar deutlich den Wert von 10, welcher dem Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten entspricht, bei gleichem Forschungsaufwand in den verschiedenen Modi einen Innovationszug zu erhalten – während die Anzahl *potentieller* Innovatoren in beiden Modi identisch ist. Diese Unterschiede sind aber nur zum geringsten Teil mit der sich zwischen den Modi unterschiedlich entwickelnden Forschungsintensität zu erklären, sondern überwiegend darauf zurückzuführen, daß aufgrund der Modellspezifikationen tatsächliche innovative Eintritte im routinierten Modus relativ schnell vollständig zum Erliegen kommen.

---

<sup>177</sup> siehe 4.2.3.5

<sup>178</sup> siehe 4.2.3.4.

Abbildung 44 kann der relative Stellenwert interner und externer Imitationen unter den verschiedenen technologischen Regimen entnommen werden. Da die Branche in den ersten Simulationsperioden nur über eine, bzw. ,wenige‘ verschiedene Technologien verfügt, fehlt den Firmen, die



**Abbildung 44:** Verhältnis Mittelwerte externe Imitationen zu interne Imitationen

der Branche schon zugehörig sind, hier die Möglichkeit, *erfolgreich* zu imitieren, d.h. einen Produktivitätswert zu beobachten, der besser als der eigene ist. Externe erfolgreiche Imitationen sind hingegen von Anfang an mit positiver Wahrscheinlichkeit möglich, und finden daher auch mit positiver Wahrscheinlichkeit statt. Mit zunehmender Anzahl aktiver Firmen steigen jedoch die brancheninternen imitativen Forschungsausgaben und nimmt die Anzahl unterschiedlicher Technologien zu. Somit erhöht sich zwischen beiden Modi die Wahrscheinlichkeit erfolgreicher interner Imitationen.

Das geringere Verhältnis externer zu interner Imitationen im routinierten im Vergleich zum unternehmerischen Modus kann mit Verweis auf die Ergebnisse dieses Kapitels und Kapitels 4.2.3.5. erklärt werden: während sich beide Modi hinsichtlich der Attraktivität für externe Imitatoren nicht unterscheiden, bieten die routinierten Modi bessere Möglichkeiten für interne Imitationen. Ursache hierfür ist, daß aufgrund der über 10 mal häufigeren Innovationen die Technologievielfalt<sup>179</sup> der Branche in den routinierten Modi größer ist und potentielle Imitatoren daher mit größerer Wahrscheinlichkeit eine andere und bessere Technologie als die eigene beobachten können.

<sup>179</sup> Mit Technologievielfalt ist hier die Anzahl unterschiedlicher, derzeit praktizierter Technologien gemeint. Ohne Abbildung: Trotz einer größeren Anzahl an Technologien ist die Streuung der individuellen Technologiewerte in den routinierten Modi sogar kleiner als in den unternehmerischen Modi.

### 4.3.) Fazit

*“The model also generates a wealth of realistic detail, [...] for example [...] number of firms, firm lifetimes, concentration, patterns of innovations and diffusion, patterns of price and productivity change. Some of these patterns correspond to identified qualitative features typical of industrial development, others may be regarded as hypotheses that could be tested against real data.”<sup>180</sup>*

Mit dieser Arbeit konnte gezeigt werden, daß eine formale Analyse der Firmen- und Branchenentwicklung nicht nur dann möglich ist, wenn sie auf so stark vereinfachenden Annahmen aufbaut, wie dies in neoklassischen Modellen geschieht. Mit dem hier verwendeten evolutorischen Simulationsmodell ist eine *realistischere* Abbildung individueller Entscheidungsprozesse, Handlungsmöglichkeiten und -weisen und eine Untersuchung der sich hieraus ergebenden Interaktionen über einen langen Zeitraum möglich.

Jedoch mußte auch bei der Konstruktion dieses Modells auch auf unrealistische Annahmen zurückgegriffen werden. So werden hier beispielsweise nur Prozeß-, aber keine Produktinnovationen zugelassen, können Firmen nicht fusionieren oder z.B. in F&E-Projekten kooperieren, können neue Technologien sofort auf den gesamten Kapitalstock angewendet werden, bleiben die Faktorpreise und die Nachfragefunktion im Zeitverlauf konstant, sind die Märkte stets geräumt etc. Diese Punkte verhindern die Anwendbarkeit des Modells, in der hier vorgestellten Form, auf eine Vielzahl von Fragestellungen: z.B. hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen der Größe eines Unternehmens und dessen Spezialisierung auf Produkt- oder Prozeßinnovationen.<sup>181</sup> Ob eine Behebung dieser Mängel erfolgen kann, ist jedoch davon abhängig ob es möglich ist, die entsprechenden Größen und ihre Zusammenhänge vollständig zu formalisieren und somit einer Computersimulation überhaupt erst zugänglich zu machen.

---

<sup>180</sup> WINTER (1984, S. 305)

<sup>181</sup> siehe z.B. hierzu YIN und ZUSCOVITCH (1998)

## Anhang

### A1. Bestimmung des ‚gewünschten Aufpreisfaktors‘

**Aufgabe:** Es soll der ‚gewünschte Aufpreisfaktor‘, d.h. der Quotient aus Erlösen und variablen Kosten, einer gewinnmaximierenden Firma berechnet werden. Dabei wird die Anzahl der Firmen und deren aktuelle Technologie als gegeben angesehen.

**Lösung:** Zunächst gilt allgemein: der Gewinn einer Firma ergibt sich ihren Umsatzerlösen abzüglich ihrer Kosten:

$$A1.) \quad \pi_i = p(x) * x_i - \text{Kosten}(x_i)$$

A1 berücksichtigt, daß der markträumende Preis  $p$  abhängig von der insgesamt ausgebrachten Menge des Gutes  $x$  ist.  $x_i$  bezeichnet hier die Ausbringungsmenge der Firma  $i$ .

Für die gewinnmaximierende Ausbringungsmenge  $\hat{x}_i$  gilt somit:

$$A2.) \quad \frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} \stackrel{!}{=} 0 = \frac{\partial p(x)}{\partial x} * \frac{\partial x}{\partial x_i} * \hat{x}_i + p(x) * \frac{\partial x_i}{\partial x_i} - \text{Grenzkosten}(\hat{x}_i)$$

unter der ‚Cournot-Annahme‘, also der Annahme daß Firma  $i$  bei der Wahl ihrer individuellen Ausbringungsmenge die Ausbringungsmengen aller anderen Firmen als gegeben ansehen (formal:  $\partial x = \partial x_i$  bzw.  $\partial x / \partial x_i = 1$ ), und Umstellen von A2.) folgt:

$$A3.) \quad \text{Grenzkosten}(\hat{x}_i) = c = \frac{\partial p(x)}{\partial x} * \hat{x}_i + p(x)$$

Erläuterung: Gemäß der Modellannahmen<sup>182</sup> besitzen die Unternehmen lineare Kostenfunktionen mit dem Proportionalitätsfaktor  $c$ . Die erste Ableitung der Kostenfunktion, also die Grenzkosten, ist somit gleich  $c$  und damit auch unabhängig von  $x_i$ . Teilt man sämtliche Terme von Formel A3a.) durch  $p(x)$  erhält man:

$$A4a.) \quad \frac{c}{p(x)} = \frac{\partial p(x)}{\partial x} * \frac{\hat{x}_i}{p(x)} + \frac{p(x)}{p(x)} = \frac{\partial p(x)}{\partial x} * \frac{\hat{x}_i}{p(x)} + 1$$

und somit

$$A5a.) \quad \frac{c}{p(x)} = \frac{\frac{\partial p(x)}{\partial x}}{\frac{p}{\hat{x}_i}} + 1 = \frac{p}{\frac{\partial p(x)}{\partial x} * \hat{x}_i} + 1$$

$$A6.) \quad \mu \equiv \frac{\text{Umsatzerlöse}}{\text{variableKosten}} = \frac{p(x) * x_i}{c * x_i} = \frac{p(x)}{c}$$

durch Einsetzen von A5a.) in A6.) erhält man:

<sup>182</sup> siehe Formel 5a und 5b

$$A7.) \quad \mu = \frac{\frac{\partial x}{\hat{x}_i}}{\frac{\partial p(x)}{p} + \frac{\partial x}{\hat{x}_i}} \quad \text{mit } \mu \dots \text{ gewünschter Aufpreisfaktor}$$

durch Erweiterung von Formel A7.) mit  $(\partial x/x)^{-1}$  erhält man:

$$A8.) \quad \mu = \frac{\frac{\partial x_i}{\hat{x}_i}}{\frac{\partial p(x)}{p(x)} + \frac{\partial x_i}{\hat{x}_i}} = \frac{\frac{\partial x_i}{\hat{x}_i}}{\frac{\partial p(x)}{p(x)} + \frac{\partial x_i}{\hat{x}_i}}$$

$$A9.) \quad \eta \equiv -\frac{\frac{\partial x}{x}}{\frac{\partial p(x)}{p}} = -\frac{\partial x}{\partial p(x)} * \frac{p}{x} = \frac{1}{\frac{\partial p(x)}{\partial x}} * \frac{p}{x} = -\frac{1}{-64 * x^{-2}} * \frac{64 * x^{-1}}{x} = 1$$

$\eta$ ...Elastizität der Nachfrage bezüglich des Preises

$$A10.) \quad s \equiv x_i / x$$

s...Marktanteil von Firma i,

durch Einsetzen von A9.) und A10.) in A8.) und Anwendung der Cournot-Hypothese

$(\partial x / \partial x_i = 1)$  erhält man:

$$A11.) \quad \mu = \frac{\frac{1}{s}}{\frac{1}{\eta} + \frac{1}{s}} = \frac{\frac{1}{s}}{\frac{-s + \eta}{s\eta}} = \frac{s\eta}{-s + \eta}$$

und schließlich:

$$A12.) \quad \mu = \frac{\eta}{\eta - s} = \frac{1}{1 - s}$$

Für  $s = 1$  strebt  $\mu$  gegen unendlich. Ein Monopolist ( $s=1$ ) erzielt also dann maximale Gewinne, wenn er – innerhalb des isoelastischen Teils der Nachfragefunktion – den Preis so hoch wie möglich ansetzt bzw. die hiermit korrespondierende Gütermenge ausbringt. Dieses paradoxe Ergebnis liegt in den Eigenschaften der isoelastischen Nachfragefunktion begründet, die für jede Angebotsmenge den markträumenden Preis so festlegt, daß der Umsatz, also das Produkt aus Preis und abgesetzter Gütermenge des Monopolisten, konstant ist. Bei konstanten Umsatz verringern sich aber stets die Kosten des Monopolisten, wenn dieser die Ausbringungsmenge reduziert, so daß dieser – innerhalb des isoelastischen Teils der Nachfragefunktion – stets die kleinstmögliche Produktionsmenge ausbringen wird.

Unterstellt man hingegen, daß bei der Ausbringungsentscheidung einer Firma der Rest der Branche aus *preisnehmenden* Firmen besteht, welche im Aggregat entlang einer Angebotskurve mit konstanter Elastizität  $\psi$  reagieren, ergibt sich folgende, allgemeinere Formel für die Bestimmung des erwünschten Aufpreisfaktors:<sup>183</sup>

$$A\ 13.) \quad \mu = \frac{\eta + (1-s)\psi}{\eta + (1-s)\psi - s}$$

Für  $\psi = 0$ , also wenn die anderen Firmen überhaupt nicht auf die Variation der individuellen Ausbringungsmenge reagieren, liefert A13.) das gleiche Ergebnis wie A14.)

Im Modell wurde ein Wert von 2 für den Parameter  $\psi$  zugrunde gelegt.<sup>184</sup>

Liegt die insgesamt ausgebrachte Gütermenge jedoch im Intervall  $[0 - 53,33]$  und nicht, wie bisher angenommen, im isoelastischen Teil der Nachfragekurve, so beträgt der Marktpreis stets 1,2 Einheiten, da annahmegemäß ein enges Substitut zu diesem Preis verfügbar ist. Bei konstanten ‚variablen Stückkosten‘ führt dies zu einer Randlösung: übersteigen die variablen Stückkosten 1,2 Geldeinheiten, so ist es für alle tatsächlichen bzw. potentiellen Anbieter gewinnoptimal überhaupt keine Güter anzubieten – sind sie hingegen kleiner als 1,2 Geldeinheiten, so ist es innerhalb des betrachteten Intervalls gewinnoptimal, soviel Gütereinheiten wie möglich zu produzieren.

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen wird die Formel zur Berechnung des ‚erwünschten Aufpreisfaktors‘ so manipuliert, daß sie stets sehr hohe ‚erwünschte Investitionsraten‘ auslöst<sup>185</sup> solange der Marktpreis auf dem Niveau von 1,2 Geldeinheiten verharrt. Die Höhe dieser erwünschten Investitionsrate beträgt 5% (= 1 - 0,95) pro Quartal und sollte somit keinen Engpaß bei Investitionsentscheidungen darstellen, d.h. eine weitere Erhöhung bliebe ohne Folgen für die tatsächlich ausgebrachten Investitionen. Grenzen werden der Investitionshöhe allerdings weiterhin durch die Finanzierbarkeit von Investitionen gesetzt. Die endgültige Formel für die Bestimmung des erwünschten Aufpreisfaktors lautet somit:

$$A\ 14.) \quad \mu = \min \left[ \frac{3-2s}{3-3s}, 0,95 \frac{(1,2 + p_t) A_{i(t+1)}}{2c} \right]$$

<sup>183</sup> WINTER (1984, S. 318)

<sup>184</sup> “In the spirit of Schumpeter’s discussion, and in the light of previous work with the model, it seemed appropriate to experiment with a somewhat more aggressive investment policy than the Cournot formula generates. The choice made was [...]  $\psi=2$ ...” (WINTER 1984, S. 318)

<sup>185</sup> siehe Formel 18a

## Literaturverzeichnis

### Literaturverzeichnis, zitiert

- ALCHIAN, A. A. (1950): "Uncertainty, Evolution, and Economic Theory", *Journal of Political Economy*, Bd. 58, S. 211- 221; abgedruckt in Witt, U. (Hrsg.) (1993): "Evolutionary Economics", University Press, Cambridge
- ANDERSEN, E. S. (1996b): "The Nelson and Winter Models Revisited: Prototypes for Computer-Based Reconstruction of Schumpeterian Competition ", DRUID Working Paper No. 96-2
- ARROW, K. J. (1951): "Social Choice an Individual Values", New Haven, London
- ARROW, K. J. und HAHN, F. H. (1971): „General Competitive Analysis“, San Francisco, Holden-Day
- ARTHUR, W. B.; ERMOLIEV, YU. M.; KANIOVSKI, YU., M. (1987): "Path-Dependent Processes and Emergence of Macro-Structure“, *European Journal of Operational Research*, Bd. 30 (3), S. 294-303; abgedruckt in Witt, U. (Hrsg.) (1993): "Evolutionary Economics", University Press, Cambridge
- BOYD, R. und RICHARDSON, P. J. (1980): "Sociobiology, Culture and Economic Theory ", in *Journal of Economic Behavior and Organization*, Bd. 1, S. 97-121 ; abgedruckt in Witt, U. (Hrsg.) (1993): "Evolutionary Economics", University Press, Cambridge
- CANTWELL, J. und FAI, F. (1999): "Firms as the source of innovation and growth: the evolution of technological competence“, in *Journal of Evolutionary Economics*, Bd. 9, S. 331-366
- CHIAROMONTE, F. und DOSI, G. (1993): "The Micro Foundations of Competitiveness and their Macroeconomic Implications", in FORAY, D. und FREEMAN, C. (Hrsg.): "Technology and the Wealth of Nations: The Dynamics of Constructed Advantage, Pinter, London, S.107 - 134
- CYERT, R.M. und MARCH, J. G. (1963): „A Behavioral Theory of the Firm“, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall
- DARWIN, C. (1859): „On the Origins of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Live“, John Murray, London; deutsche Ausgabe: drs.: „Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl“, Verlag Phillip Reclam jun., Leipzig, 1980
- DAVID, P. A. (1985): „Clio and the Economics of QWERTY“, *American Economic Review*, Bd. 75 (2), 332-337
- FRIEDMAN, D. (1998a): "On applications of evolutionary game theory“, in *Journal of Evolutionary Economics*, Bd. 8, S. 15-43
- FRIEDMAN, D. (1998b): "Evolutionary economics goes mainstream: A review of the theory of learning in games“, in *Journal of Evolutionary Economics*, Bd. 8, S. 423-432

- FRIEDMAN, M. (1953): "The Methodology of Positive Economics", in (drs.): "Essays in Positive Economics", University of Chicago Press
- FUTUYAMA, D. J. (1986): „Evolutionary Biology“, 2nd edn., Sinauer, Sunderland, MA
- GERIBADZE, A. (1982): „Innovation, Wettbewerb und Evolution; Eine mikroökonomische Untersuchung des Anpassungsprozesses von Herstellern und Anwendern neuer Produzentengüter“, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck) Tübingen
- HERRMANN-PILATH, C. (1992): „Die Evolutionsökonomische Fundierung der Institutionenökonomie“ in WITT, U. (Hrsg.) (1992): „Studien zur Evolutorischen Ökonomik II, Schriften des Vereins für Socialpolitik“, Band 195/II
- HAYEK, F. A. (1937): „Economics and knowledge“, in *Econometrica*, Bd. 4, Reprinted in HAYEK, F.A. (1949) : "Individualism and Economic Order", S. 33-56, Routledge & Kegan Paul, London
- HEITKOETTER, J. und BEASLEY, D. (Hrsg.) (1999): „The Hitch-Hiker’s Guide to Evolutionary Computation: A list of Frequently Asked Questions (FAQ)“, USENET: comp.ai.genetic, available via anonymous FTP from [rtfm.mit.edu/pub/usenet/news.answers/ai-faq/genetic](http://rtfm.mit.edu/pub/usenet/news.answers/ai-faq/genetic)
- HODGSON, G. M. (1993): „Economics and evolution: Bringing life back into economics“, Cambridge, Polity Press
- HODGSON, G. M. (1997): "The evolutionary and non-Darwinian economics of Joseph Schumpeter“, in *Journal of Evolutionary Economics*, Bd. 7, S. 131-145
- HULTÉN, S. (1999): "Reconstructing the Early History of Path-dependence Theory“, Paper presented at the Workshop: „History of Economic Thoughts in Economics“, August 26-28, 1999, at the Max-Planck-Institute for Research into Economic Systems, Jena
- IOSSO, T. R. (1993): „Industry evolution with a sequence of technologies and heterogeneous ability, A model of creative destruction“, *Journal of Economic Behavior and Organization*, Bd. 21, S. 109 -129
- KAHNEMAN, D. und TVERSKI, A. (1979): „Prospect theory, An Analysis of decision under risk“, in *Econometrica*, Bd. 47
- KELM, M. (1997): "Schumpeter’s theory of economic evolution: a Darwinian interpretation“, in *Journal of Evolutionary Economics*, Bd. 7, S. 97-130
- KNIGHT, F. H. (1921): „Risk, Uncertainty, and Profit“, Boston
- KWASNICKI, W. (1992): "Knowledge, Innovation, and Economy: An Evolutionary Exploration“, *Oficina Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej*, Breslau
- MALTHUS, T. R. (1798): "An essay on the principle population as it affects the future improvement of society with remarks on the speculation of Mr. Godwin, Mr. Condorcet and other writers“, Johnson, London
- MATTHEWS, R. C. O. (1984): "Darwinism and Economic Change“, in COLLARD, D. A., DIMSDALE, N. H., GILBERT, C. L., HELM, D. R., SCOTT, M. F. G., SEN, A. K. (Hrsg.):

- “Economic Theory and Hicksian Themes”; abgedruckt in WITT, U. (Hrsg.) (1993): “Evolutionary Economics”, University Press, Cambridge
- MCKELVEY, B. und ALDRICH, H.E. (1983): “Populations, Natural Selection and Applied Organizational Science“; Administrative Science Quarterly; Vol. 28; S. 101-128
- MEYER, D. (1999): “Karl Marx – an Evolutionary Social Scientist ?“, Paper presented at the Workshop: „History of Economic Thoughts in Economics“, August 26-28, 1999, at the Max-Planck-Institute for Research into Economic Systems, Jena
- NELSON, R. R. und WINTER, S. G. (1980): “Firm and Industry Response to Changed Market Conditions: An Evolutionary Approach“, Economic Inquiry, Bd. 18 (2), S. 179-202; abgedruckt in Witt, U. (Hrsg.) (1993): “Evolutionary Economics”, University Press, Cambridge
- NELSON, R. R. und WINTER S. G. (1982) “An Evolutionary Theory of Economic Change”, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, and London, England
- NELSON, R. R. (1984): „Incentives for entrepreneurship and Supporting Institutions“, in Weltwirtschaftliches Archiv, .Bd. 120, S.646-661
- NELSON, R. R. (1995): „Recent Evolutionary Theorizing About Economic Change“, Journal of Economic Literature; Bd. 33, S. 48-90
- SCHUETTE, H. (1980): „The role of firm financial rules and a simple capital market in an evolutionary model“, University of Michigan, Ann Arbor, MI
- SCHUMPETER, J. A. (1928): “The Instability of Capitalism“, The Economic Journal, Bd. 36, S. 361-386; abgedruckt in Witt, U. (Hrsg.) (1993): “Evolutionary Economics”, University Press, Cambridge
- SCHUMPETER, J. A. (1931/1911): „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, Eine Untersuchung über Unternehmervergewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus“, 3. Auflage, Verlag von Duncker & Humblot, München und Leipzig, Erstausgabe 1911
- SCHUMPETER, J.A. (1939): „Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process“, 2 vols., McGraw-Hill, New York and London.
- SCHUMPETER, J. A. (1947): “The Creative Response in Economic History“, The Journal of Economic History, Bd. 7, S. 149-159 ; abgedruckt in Witt, U. (Hrsg.) (1993): “Evolutionary Economics”, University Press, Cambridge
- SCHUMPETER, J. A. (1950/1942): „Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie“, 6. Auflage, Francke Verlag Tübingen; Originalausgabe: “Capitalism, Socialism and Democracy”, Harper & Brothers, New York 1942
- SCHUMPETER, J. A. (1954): “History of Economic Analysis“, Schumpeter, E.B. (Hrsg.), George Allen & Unwin
- SILVERBERG, G.; DOSI, G. und ORSENIGO, L. (1988): “Innovation, Diversity and Diffusion: A Self Organization Model”, Economic Journal, Bd. 98, S. 1032 - 1054

- SILVERBERG, G. und Verspagen, B. (1994): „Collective Learning, Innovation and Growth in a Boundedly Rational, Evolutionary World“, *Journal of Evolutionary Economics*, Bd. 4, S. 207 - 226
- SIMON, H. A. (1955): „A Behavioral Model of Rational Choice“, in *Quarterly Journal of Economics*, Bd. 69, S. 99-118
- SIMON, H. A. (1959): „Theories of Decision Making in Economics“, *American Economic Review*, Bd. 49, S. 253 - 283
- SIMON, H. A. (1965): „Administrative Behavior“, 2nd ed. New York, Free Press
- STREISSLER (1981): „Schumpeter’s Vienna and the Role of Credit in Innovation“, in H. FRISCH (ed.) (1981), *Schumpeterian Economics*, New York: Praeger, S. 60-83
- THALER, R. (1980): “Towards a positive theory of consumer choice”, in *Journal of Economic Behavior and Organization*, Bd. 1, S. 39 - 60
- WALRAS, L. (1954/1874): „Elements of pure economics, or The theory of social wealth“, (1st edn 1874, translated by W. Jaffé from the French edn of 1926). Kelley, New York
- WECKWERTH, J. (1999): „Eine nachfrageorientierte Innovationstheorie“. *Volkswirtschaftliche Schriften*, Heft 487, Duncker & Humblot, Berlin (Zugl.: Darmstadt, Technische Universität, Dissertation, 1998)
- WERKER, C. (1997): „Innovation as a Means of Market Entry and Survival for Firms from Former Socialist Countries: A Simulation Model“, *Freiberger Arbeitspapiere 97/9*, Bergakademie Freiberg
- WINTER, S. G. (1971): “Satisficing, Selection, and the Innovating Remnant“, *Quarterly Journal of Economics*, Bd. 85 (2), S. 237- 261; abgedruckt in WITT, U. (Hrsg.) (1993): „Evolutionary Economics“, University Press, Cambridge
- WINTER, S. (1984): „Schumpeterian Competition in Alternative Technological Regimes“, *Journal of Economic Behaviour and Organization*; Bd. 5, S. 287-320
- WITT, U. (1985): “Coordination of Individual Economic Activities as an Evolving Process of Self-Organization“, in *Economie appliquée*, Bd. 37, S. 569-595 ; abgedruckt in Witt, U. (Hrsg.) (1993): „Evolutionary Economics“, University Press, Cambridge
- WITT, U. (1987): „Individualistische Grundlagen der evolutorischen Ökonomik“, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck) Tübingen
- YIN, X. und ZUSCOVITCH, E. (1998): “Is firm size conducive to R&D choice? A strategic analysis of product and process innovations“, *Journal of Economic Behavior and Organization*, Bd. 35, S. 243-262

**Literaturverzeichnis, nicht zitiert**

- ABRAMOVITZ, M. (1986): „Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind“, *Journal of Economic History* Vol. 46, S. 385-406
- ANDERSEN, E. S. (1991a): “Reconstructing Theory Evolution – with Special Respect to Schumpeter“, *Smâskrift* Nr. 69, <http://www.business.auc.dk/evolution/esapapers/welcome.html>
- ANDERSEN, E. S. (1991b): “Schumpeter’s Vienna and the School of Thought“, *Smâskrift* Nr. 70, <http://www.business.auc.dk/evolution/esapapers/welcome.html>
- ANDERSEN, E. S. (1991c): “Static and Development: A First Approximation to Schumpeter’s Evolutionary Vision“, *Smâskrift* Nr. 72, <http://www.business.auc.dk/evolution/esapapers/welcome.html>
- ANDERSEN, E. S. (1992): “The Difficult Jump from Walrasian to Schumpeterian Analysis“, *Smâskrift* Nr. 78, <http://www.business.auc.dk/evolution/esapapers/welcome.html>, Paper to be presented at the International Schumpeter Society Conference, Kyoto, August 19-22, 1992
- ANDERSEN, E. S. (1994): “Innovative linkages and systems of innovation“, Department of Business Studies, University of Aalborg, Working Paper 1994-6
- ANDERSEN, E. S. (1995): “Neo- and Post-Schumpeterian Contributions to Evolutionary Economics“, Paper presented at the Conference on Economics and Evolution, Utrecht, 10 November 1995, Department of Business Studies, University of Aalborg
- ANDERSEN, E. S. (1996a): “The Evolution of an Industrial Sector with a Varying Degree of Roundaboutness of Production“, DRUID Working Paper No. 96-13, <http://www.business.auc.dk/evolution/esapapers/welcome.html>
- ANDERSEN, E. S. (1996c): “Theories of Localized Resource-Based Growth and Development – from Marshall to New Evolutionary Economics“, Paper presented at the seminar on Regional Development Based on Forest Resources: Theories and Practices, University of Joensuu, 14-15 December 1995, final version march 1996
- ANDERSEN, E. S. (1996d): “An Evolutionary Model of Structural Economic Dynamics“, Paper to be presented to the Danish Research Unit for Industrial Dynamics Conference, January 8-10, 1996; Department of Business Studies, Aalborg University
- ANDERSEN, E. S. (Hrsg.) (1997a): „FAQ of Evolutionary Economics“, <http://www.business.auc.dk/evolution/evolcon/faq.html>
- ANDERSEN, E. S. (1997b): “The Schumpeterian Trade-off in an Evolutionary Model of Economic Growth and Development“, Draft paper to be presented at the Conference on Competition and Industrial Dynamics, Danish Research Unit for Industrial Dynamics, Skagen, 2-3 June 1997; Department of Business Studies and DRUID, Aalborg University
- ANDERSEN, E. S. (1997c): “Escaping Satiation in an Evolutionary Model of Structural Economic Dynamics“, Paper to be presented at the Workshop on “Escaping Satiation: Increasing Product Variety, Preference Change and the Demand Side of Economic

- Growth”, Max-Planck institute for Research into Economic Systems, Jena 11-13 December 1997; Department of Business Studies, Aalborg University
- BAUMOL, W. J. und QUANDT, R. E. (1964): „Rules of Thumb and Optimally Imperfect Decisions”, *American Economic Review*, Bd. 54, S. 23ff
- CAMPBELL, D. T. (1980): „Social Morality Norms as Evidence of Conflict Between Biological Human Nature and Social System Requirements”, In: STENT, G. S. (Hrsg.) (1980) “Morality as Biological Phenomenon”, Berkeley/ new York/ London, University of California Press, S. 67-82
- CHAMBERLIN, E. H.: „Theory of Monopolistic Competition“, Cambridge, Harvard University Press, 1933
- CLARK, J. B. (1899/1902): “The Distribution of Wealth: A Theory of Wages, Interest and Profits ”; New York und London, Mcmillan
- DASGUPTA, P. S. (1988): „Patents, Priority and Imitation or the Economics of Races and Waiting Games“., in *Economic Journal*, Bd. 98, S.66-80
- DAVIDSON, C. und SEGERSTROM, P. (1998): “R&D subsidies and economic growth“, in *RAND Journal of Economics*, Bd. 29, S. 548-577
- DAVIES, S. W. und GEROSKI, P. A. (1997): „Changes in Concentration, Turbulence, and the Dynamics of Market Shares“, *The Review of Economics and Statistics* LXXIX (3), S. 383 - 391
- DECANIO, S. J. und WATKINS, W.E. (1998): „Informational Processing and Organizational Structure“, in *Journal of Economic Behavior & Organization* , Vol. 36, S. 275-294
- DENISON, E.F. (1962): „Discourse on Method“, Liberal Arts Press, New York
- DOBZHANSKI, T.; AYALA, F. J.; STEBBINGS, G. L. und VALENTINE, J. W. (1977): “Evolution”, San Francisco
- FREEMAN, C. (1990): “Schumpeter’s Business Cycles Revisited“, in HEERTJE, A. und PERLMAN, M. (Hrsg.) (1990): “Evolving Technology and Market Structure – Studies in Schumpeterian Economics”, Ann Arbor, University of Michigan Press, S. 17 - 38; abgedruckt in WITT, U. (Hrsg.) (1993):”Evolutionary Economics”, University Press, Cambridge
- GALBRAITH, (1956): „American Capitalism”, Boston
- GIBRAT, R. (1931): “Les inégalités économiques”, Paris
- GOULD , S. J. (1980): „The panda’s thumb: More reflections on natural history”, New York, Norton
- GOULD , S. J. (1985): „The flamingo’s smile: Reflections in natural history”, New York, Norton
- HANNAN, M. T. und FREEMAN, J. (1977): “The Population Ecology of Organizations“, *American Journal of Sociology*, Vol. 82, S. 929-969

- HAYEK, F.A. (1945): „The Use of Knowledge in Society“, American Economic Review, Bd. 35, S. 519-530
- HAYEK, F. A. (1978): “Competition as a Discovery Procedure“, in HAYEK, F. A. (1978): “New Studies in Philosophy, Politics, Economics, and the History of Ideas”, London, Routledge & Kegan Paul, S. 179-190; abgedruckt in WITT, U. (Hrsg.) (1993):”Evolutionary Economics”, University Press, Cambridge
- HAYEK, F.A. (1980): „Recht, Gesetzgebung und Freiheit“ Bd. I: „Regeln und Ordnung“, München
- HAYEK, F.A. (1984/1981): „Der Strom der Güter und Leistungen“, Walter-Eucken-Institut, Vorträge und Aufsätze No. 63, Tübingen: Mohr-Siebeck
- HITCH, C. J. (1955): “ An Appreciation of Systems Analysis”, Journal of the Operations Research Society of America, Bd. 6, S. 466-481
- ILLINOIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, (1968): „Technology in Retrospect and Critical Events in Science”, Washington
- IWAI, K. (1984a): “Schumpeterian Dynamics, An Evolutionary Model of Innovation and Imitation“, Journal of Economic Behavior and Organization, Bd. 5, S. 159-190; abgedruckt in Witt, U. (Hrsg.) (1993):”Evolutionary Economics”, University Press, Cambridge
- IWAI, K. (1984b): “SCHUMPETERIAN DYNAMICS, PART II: Technological Progress, Firm Growth and ‘Economic Selection’”, Journal of Economic Behavior and Organization, Bd. 5, S. 321-351
- JOSKOW, P. (1975): „Firm Decision-Making Process and Oligopoly Theory“, American Economic Review, Papers and Proceedings 65: S. 270-279
- KAMIEN, M.I. und SCHWARTZ, N.L. (1982): „Market Structure and Innovation“, Cambridge
- KAUFFMAN, S. (1989): „Adaptation on Rugged Fitness Landscapes“, in STEIN, D.L. (Ed.): “Lectures in the Sciences of Complexity”, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Addison-Wesley Publishing Company Redwood City, CA
- KERBER, W. (1992): „Innovation, Handlungsrechte und evolutärer Marktprozeß“ in WITT, U. (Hrsg.) (1992): „Studien zur Evolutorischen Ökonomik II, Schriften des Vereins für Socialpolitik“, Band 195/II
- KLEPPER, S. und GRADDY, E. (1990): “The Evolution of New Industries and the Determinants of Market Structure“, RAND Journal of Economics, Bd. 21, No. 1, Spring 1990
- KLEPPER, S. (1998): “Entry, Exit, Growth, and Innovation over the Product Life Cycle“, in American Economic Review, Bd. 80 (3), S. 562-583
- KURSAWE, F. (1992): „Naturanaloge Optimierverfahren – Neuere Entwicklungen in der Informatik“, in Witt, U. (Hrsg.) (1992): „Studien zur Evolutorischen Ökonomik II, Schriften des Vereins für Socialpolitik“, Band 195/II
- LANCASTER, K.J. (1966): „A New Approach to Consumer Theory“, in Journal of Political Economy, Bd. 74, S. 132-157

- LANCASTER, K.J. (1971): "Consumer Demand: A New Approach", New York
- LANCASTER, K.J. (1979): "Variety and Efficiency", Oxford
- LANCASTER, K.J. (1991): "Modern Consumer Theory", Aldershot
- MANSFIELD, E. und BRANDENBURG, R. (1966): „The Allocation, Characteristics, and Outcome of the Firm's Research & Development Portfolio: A Case Study“, Journal of Business, Vol. 29 (October 1966) , S. 447-464
- MANSFIELD, E.; SCHWARTZ, M. und WAGNER, S. (1981): „Imitation costs and patents“, in Journal of Economics, Bd. 91, S. 907-918
- Marshall, A. (1898): „Distribution and Exchange“, Economic Journal, Bd. 8; S.37-59
- MARSHALL, A. (1920): „Principles of Economics“, 8. Auflage, London, Mcmillan
- MEADOWS, D. (1972): „Die Grenzen des Wachstums, Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit“, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart
- MEADOWS, D. (Hrsg.) et al. (1974): „Dynamics and Growth in a Finite World“, Wright Allen Press, Cambridge Mass.
- MEIER, A. und DURER, K. (1992): „Ein evolutionäres Systembild“ in WITT, U. (Hrsg.) (1992): „Studien zur Evolutorischen Ökonomik II, Schriften des Vereins für Socialpolitik“, Band 195/II
- MCKELVEY, M. (1998): "Evolutionary innovations: learning, entrepreneurship and the dynamics of the firm“, in Journal of Evolutionary Economics, Bd. 8, S. 157-175
- NELSON, R. R. (1988): „Institutions Supporting Technical Change in the United States“, In Technical Change and Economic Theory, ed. G. Dosi et al., S.631-635, London
- NEWELL, A und SIMON, H. A. (1972): "Human Problem Solving ", Englewood CLIFFS, N. J.: Prentice-Hall
- POLYA, G., und EGGENBERGER, F. (1923): „Über die Statistik verketteter Vorgänge“, Z. Angew. Math. Mech., Bd. 3, S. 279-289
- ROSENBERG, N. (1976): „Perspectives on Technology“, Cambridge, London, New York and Melbourne
- SAMUELSON, P.A. (1981): "Schumpeter as an Economist Theorist“; in FRISCH, H. (Hrsg.) (1981):"Schumpeterian Economics", Eastbourne and New York; S. 1-27
- SCHERER, F. M. (1984): „Innovation and Growth, Schumpeterian Perspectives“, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 3.Auflage 1989
- STADLER, M. (1989): „Marktstruktur und technologischer Wandel, Eine modelltheoretische Analyse im Rahmen der Industrieökonomik“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- STOFFEL, M. (1978): „Die Grenzen des Wachstums`, Beurteilung der Kritik“, Verlag Peter Lang AG, Bern

- TRAJTENBERG, M.; HENDERSON, R. und JAFFÉ, A. (1996): "University versus corporate patents: A window on the basicness of invention", in *Economics of Innovation and New Technology*, Bd. 5, S. 19-50
- TIROLE, J. (1995): „Industrieökonomik“, R. Oldenbourg Verlag GmbH, München
- USHER, D. (1964): „The Welfare Economics of Invention“, *Economica*, Vol. 31, S. 279-287, 1964
- VANBERG, V. (1985): "Spontaneous Market Order and Social Rules, A Critical Examination of F. A. Hayek's Theory of Cultural Evolution", in *Journal of Economic Behavior and Organization*, Bd. 1, S. 97-121 ; abgedruckt in WITT, U. (Hrsg.) (1993): "Evolutionary Economics", University Press, Cambridge
- WINTER, S. G. (1988): „On Coase, Competence, and the Corporation“, in *Journal of Law and Economics and Organization*, Vol. 4, S.163-180
- WITT, U. (1998): „Imagination and Leadership – The Neglected Dimension of an Evolutionary Theory of the Firm“, in *Journal of Economic Behavior & Organization* , Vol. 35, S. 161-177
- WITT, U. (1999): "Spontaneous Order (or Evolutionary?) Macroeconomics in the Late F.A. Hayek", Paper presented at the Workshop: „History of Economic Thoughts in Economics“, August 26-28, 1999, at the Max-Planck-Institute for Research into Economic Systems, Jena

## Quellcode des Simulationsprogrammes

Im folgenden sind die Bestandteile des Programmes abgedruckt. Im einzelnen sind dies:

- die Unit<sup>186</sup> simtools.pas (4 Seiten); diese Unit stellt anderen Programmen Prozeduren zur Generierung von Zufallszahlen sowie Statistikfunktionen zur Verfügung
- die Unit simunit.pas (17 Seiten); diese Unit ist der Kern des Simulationsprojektes, sie enthält das eigentliche Simulationsmodell und stellt anderen Programmen sämtliche Daten einzelner Simulationsläufe zur Verfügung
- das Programm hauptprg.pas (6 Seiten); dieses Programm ermöglicht die Bildschirmausgabe und Speicherung einzelner Modelldurchläufe sowie die Speicherung der Branchendaten von je 100 Simulationsläufen je Modus
- das Programm eintritt.pas (1 Seite); dieses Programm dient der Ermittlung plausibler Werte für den ‚endogenen Eintrittsbarriefaktor‘
- das Programm zehntsd.pas (6 Seiten); dieses Programm führt für jeden Modellmodus 10.000 Simulationsläufe durch und speichert Mittelwerte und Standardabweichungen von Branchendaten für jeden Modus und jede Periode

---

<sup>186</sup> Programmteil, der anderen Programmen Daten, Funktionen und Prozeduren zur Verfügung stellt