Volkswirtschaftliche Schriften

Heft 498

Der kollektive Innovationsprozeß

Von

Andreas Pyka

Duncker & Humblot · Berlin

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

ANDREAS PYKA

Der kollektive Innovationsprozeß

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Volkswirtschaftliche Schriften

Begründet von Prof. Dr. Dr. h. c. J. Broermann †

Heft 498

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Der kollektive Innovationsprozeß

Eine theoretische Analyse informeller Netzwerke und absorptiver Fähigkeiten

Von

Andreas Pyka

Duncker & Humblot · Berlin

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Pyka, Andreas:
Der kollektive Innovationsprozeß : eine theoretische Analyse informeller Netzwerke und absorptiver Fähigkeiten / von Andreas Pyka. – Berlin : Duncker und Humblot, 1999
(Volkswirtschaftliche Schriften ; H. 498)
Zugl: Augsburg, Univ., Diss., 1998
ISBN 3-428-09671-1

Alle Rechte vorbehalten
© 1999 Duncker & Humblot GmbH, Berlin
Fotoprint: Berliner Buchdruckerei Union GmbH, Berlin
Printed in Germany

ISSN 0505-9372
ISBN 3-428-09671-1

Gedruckt auf alterungsbeständigem (säurefreiem) Papier
entsprechend ISO 9706 ♾

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Vorwort

Die vorliegende Arbeit, die sich die Analyse des kollektiven Innovationsprozesses zum Inhalt gemacht hat, ist gleichzeitig auch ein Beispiel *par excellence* für solch einen Prozeß. Ohne ein kooperatives, aber nichtsdestoweniger kritisches Umfeld, durch welches neue Ideen sowohl angeregt als auch mit aller wissenschaftlicher Strenge überprüft werden, wäre die Entstehung dieser Arbeit nur schwer vorstellbar gewesen. Und so verdankt auch die vorliegende Dissertation ihr Entstehen den wertvollen Hinweisen meiner akademischen Lehrer, meiner Kollegen und meiner Freunde.

Zu besonderem Dank bin ich meinem Doktorvater, Herrn Professor Dr. Horst Hanusch, verpflichtet, der mich über die ganze Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an seinem Lehrstuhl betreut und gefördert hat. Nicht zuletzt seinem Engagement und seiner Unterstützung, die neu entwickelten Modelle auf zahlreichen Kongressen und Workshops vorzustellen und einer wissenschaftlichen Überprüfung zu unterziehen, ist ein maßgeblicher Anteil am Entwicklungsprozeß der vorzustellenden Ideen zu verdanken. Besonderer Dank gebührt auch meinem Kollegen PD Dr. Uwe Cantner, der mich in zahlreichen Gesprächen und Diskussionen auf wichtige Punkte hingewiesen hat. Nicht zuletzt sind große Teile des Simulationsmodells zum heterogenen Oligopol aus unserer gemeinsamen Forschung hervorgegangen. Zu erwähnen sind auch die wertvollen Hinweise von Prof. Dr. Günter Haag vom Steinbeis-Transferzentrum Angewandte Systemanalyse in Stuttgart zum Verständnis der synergethischen Methode und von Prof. Dr. Gunnar Eliasson vom Royal Institute of Technology in Stockholm zur Rolle und Funktion informeller Netzwerke. Besonderer Dank gebührt auch Frau Monika Bredow und Herrn Prof. Dr. Georg Westermann von der Fachhochschule Harz sowie meinem Kollegen Jörg Sommer, die mit ihrer stets hilfsbereiten und kooperativen Art für ein angenehmes Arbeitsumfeld gesorgt haben. Bedanken möchte ich mich an dieser Stelle auch bei allen Mitarbeitern des Instituts für Volkswirtschaftslehre der Universität Augsburg für die zahlreichen wissenschaftlichen Diskussionen und heiteren Ablenkungen auf den Fluren unserer Fakultät.

Ohne die besondere Unterstützung meiner Freundin Simone Royal und meiner Eltern, die mir immer den Rücken freigehalten haben und mich daran erinnert haben, daß das Leben auch außerhalb der Universität weitergeht, wäre die vorliegende Arbeit sicherlich nicht zustande gekommen. Ihnen gebührt mein ganz besonderer und herzlicher Dank.

Neu-Ulm und Grenoble, im April 1999 *Andreas Pyka*

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung 13

B. Technischer Fortschritt und technologische Spillover-Effekte aus ökonomischer Perspektive – Ein Wandel in der Betrachtungsweise 20

I. Die traditionelle neoklassische Sichtweise technischen Fortschritts - Anreizreduzierende Spillover-Effekte 21

1. Der theoretische Ausgangspunkt in der Wachstumstheorie 21

2. Der allokationstheoretische Blickwinkel der neoklassischen Analyse 24

3. Das sequentielle Innovationsbild 26

4. Öffentlicher-Gut-Charakter von neuem technologischem Know-how, technologische Spillover-Effekte und Patente zur Wahrung der Aneignungsmöglichkeiten 29

5. Empirische Untersuchungen der Aneignungsbedingungen 33

6. Technologische Spillover-Effekte in der formalen Darstellung des Innovationsprozesses 38

a) Formale Darstellung des Innovationsprozesses mit vollkommenen Aneignungsbedingungen 39

b) Formale Darstellung des Innovationsprozesses mit technologischen Spillovers 40

c) Die Integration von Effizienz-Effekten 43

II. Die veränderte Sichtweise der neuen Innovationsökonomik - Ideenschaffende Spillover-Effekte 45

1. Der wissensbasierte Ansatz der neuen Innovationsökonomik 47

2. Die Eigenschaften von neuem technologischen Know-how 50

a) Der globale Charakter von technologischem Wissen 51

b) Der lokale Charakter von technologischem Wissen 52

c) Der implizite bzw. Tacit-Charakter von technologischem Wissen 55

d) Der Komplexitätsgrad technologischen Wissens 57

3. Das vernetzte Innovationsbild 58

a) Gegenseitige Beeinflussung von Grundlagen- und angewandter Forschung 58

b) Inkrementelle Innovationen in der Diffusionsphase 59

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

4. Ein theoretischer Rahmen zur Beschreibung der technologischen Entwicklung 61
a) Technologische Paradigmen 62
b) Technologische Trajektorien und technologische Möglichkeiten 65
c) Externe Wissensquellen - intra- und interindustrielle Interdependenzen 67
d) Intensive und extensive technologische Möglichkeiten 69
e) Cross-Fertilization-Effekte 70
5. Der kollektive Innovationsprozeß 71
a) Informelle Netzwerke 75
b) Absorptive Fähigkeiten 80
III. Zusammenfassung 82
C. Neoklassische Modellierung des kollektiven Innovationsprozesses 87
I. Informelle Netzwerke im Gefangenen-Dilemma-Kontext 88
1. Die Grundstruktur des Gefangenen-Dilemmas 89
2. Informeller Know-how-Austausch als Gefangenen-Dilemma 91
3. Informeller Know-how-Austausch im iterierten Gefangenen-Dilemma 94
4. Informelle Netzwerke als N-Personen-Gefangenen-Dilemma 98
II. Absorptive Fähigkeiten in einem Non-Tournament-Modell 104
1. Innovationen und Lernen: Absorptive Fähigkeiten in neoklassischer Modellierung 105
2. Analytische Betrachtung des Modells 108
3. Numerische Betrachtung des Modells 112
4. Wohlfahrtstheoretische Betrachtungen 117
III. Zusammenfassung 119
D. Ein alternativer Ansatz in der evolutorischen Ökonomik 121
I. Einwände gegenüber einer neoklassischen Modellierung des Innovations-Prozesses und offene Fragen 121
1. Innovation als Schon-Bekanntes-aber-zuvor-Unberücksichtigtes 121
2. Homogene Technologien und Verhaltensweisen 124
3. Gleichgewichtsorientierte Innovationsprozesse 126
II. Grundelemente der evolutorischen Sichtweise 128
1. Routine-geleitetes Verhalten 131
a) Substantielle und prozessuale Unsicherheit 132
b) Beschränkte Rationalität 134
c) Satisfycing Behaviour 137

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

d) Routinen 138
2. Unterschiedlichkeit als Quelle für Neuerungen 140
3. Pfadabhängigkeiten und historische Zeit 144
III. Zusammenfassung und Ausblick 147
E. Evolutorische Modellierung des kollektiven Innovationsprozesses 151
I. Die Evolution informeller Netzwerke als selbstorganisatorischer Prozeß 152
1. Evolutorische Aspekte der Selbstorganisation 152
2. Informelle Netzwerke im Mastergleichungsansatz 156
a) Grundlegende Bemerkungen zur Modellstruktur 156
b) Individuelle Übergangsraten 158
c) Die Mastergleichung 161
d) Stetiger Zustandsraum, Fokker-Planck- und Mittelwert-Gleichung 164
e) Die Ergebnisse des Grundmodells 168
3. Free-Rider- und Markteintritts-Strategien an den Rändern 177
4. Informelle Netzwerke im Industrielebenszyklus 182
a) Im Zeitablauf abnehmende Technologieintensität 183
b) Im Zeitablauf abnehmende Kooperationsbereitschaft 185
II. Absorptive Fähigkeiten in einem Simulationsmodell 189
1. Das Simulationsmodell 191
a) Marktgeschehen 194
b) Technologischer Fortschritt I: Festlegung der F&E-Budgets und Wissensakkumulation 196
c) Technologischer Fortschritt II: Prozeß- und Produktinnovationen 199
d) Technologischer Fortschritt III: Absorptive Fähigkeiten und Spillover-Effekte 204
e) Entry und Exit 208
f) Zusammenfassung der Modellstruktur 209
2. Die Entwicklung entlang einer technologischen Trajektorie 212
3. Die technologische Entwicklung mit Trajektorienwechsel 219
4. Entry/Exit: Langfristige Anteile absorptiver und konservativer Strategien 230
III. Zusammenfassung 234
F. Resümee 238
Anhang 244
Literaturverzeichnis 258
Personenregister 270
Sachwortregister 273

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Effektivität alternativer Aneignungsmechanismen....36
Tabelle 2 Effektivität alternativer Spillover-Kanäle....37
Tabelle 3 Parameterkonfiguration bei Cohen/Levinthal (1990a)....114
Tabelle 4 Parameter und Spannbreiten in der Simulation....256

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Phasen des Innovationsprozesses....27
Abb. 2 Das lineare Innovationsbild....29
Abb. 3 Technischer Fortschritt als Verschiebung der Produktionsfunktion....52
Abb. 4 Spillover-Effekte und lokaler technischer Fortschritt im Isoquanten-Diagramm....54
Abb. 5 Das vernetzte Innovationsbild....61
Abb. 6 Auszahlungsmatrix des Gefangenen-Dilemmas....90
Abb. 7 Menge aller Auszahlungskombinationen....96
Abb. 8 Informelle Netzwerke als MPPD....101
Abb. 9 Synergistische Vorteile aus der Teilnahme an einem informellen Netzwerk....102
Abb. 10 Der Verlauf der Stückkostenfunktion....113
Abb. 11 Der Verlauf der absorptiven Fähigkeiten....113
Abb. 12 Szenario I....114
Abb. 13 Szenario II....115
Abb. 14a Intensive Opportunitäten (Szenario II)....116
Abb. 14b Externer Spilloverpool (Szenario II)....116
Abb. 15 Wohlfahrtsindikator Szenario I....117
Abb. 16 Produzentenrente in Szenario I....118
Abb. 17 Darstellung des diskreten Zustandsraums....157

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Abb. 18 Individuelle Übergangsraten 160
Abb. 19 Totale Übergangsraten 162
Abb. 20 Funktionsweise einer Mastergleichung 163
Abb. 21 Darstellung des stetigen Zustandsraums 165
Abb. 22a Bifurkationsdiagramm 167
Abb. 22b Vektorenfeld 167
Abb. 23 Variation von β in den individuellen Übergangsraten 168
Abb. 24a Szenario 1 ($\beta = 0.8$) 170
Abb. 24b Potentialfunktion ($\beta = 0.8$) 171
Abb. 24c Mittelwertfunktion ($\beta = 0.8$) 171
Abb. 25a Szenario 2 ($\beta = 1.0$) 172
Abb. 25b Potentialfunktion ($\beta = 1.0$) 173
Abb. 25c Mittelwertfunktion ($\beta = 1.0$) 173
Abb. 26a Szenario 3 ($\beta = 1.25$) 174
Abb. 26b Potentialfunktion ($\beta = 1.25$) 175
Abb. 26c Mittelwertfunktion ($\beta = 1.25$) 175
Abb. 27 Individuelle Übergangsraten bei abweichendem Verhalten an den Rändern 179
Abb. 28 Phasenportraits mit ($\gamma = -0.001$) und ohne ($\gamma = 0$) Randstrategien ($\beta = 0.8$) 180
Abb. 29 Phasenportraits mit ($\gamma = -0.001$) und ohne ($\gamma = 0$) Randstrategien ($\beta = 1.0$) 180
Abb. 30 Phasenportraits mit ($\gamma = -0.001$) und ohne ($\gamma = 0$) Randstrategien ($\beta = 1.25$) 181
Abb. 31 Im Zeitablauf sinkende Technologieintensität 184
Abb. 32 Abnehmende Präferenz bei niedriger Technologieintensität 186
Abb. 33 Abnehmende Präferenz bei hoher Technologieintensität 187
Abb. 34 Phasenportraits mit zeitabhängiger Kooperationsbereitschaft 188
Abb. 35 Durch sich erschöpfende technologische Möglichkeiten gekennzeichneter potentieller Innovationserfolg 201
Abb. 36 Die Spilloverfunktion F für unterschiedliche Niveaus an absorptiven Fähigkeiten ac und technologische Lücken G 206

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Abb. 37 Schwelleneffekt in der Innovationserfolgsfunktion für Unternehmen mit absorptiven Fähigkeiten 208
Abb. 38 Struktur des Modells 211
Abb. 39 Die Entwicklung der Stückkosten entlang einer technologischen Trajektorie 212
Abb. 40a Spilloverpool (Varianz der Stückkosten) 213
Abb. 40b Kumulierte absorptive Fähigkeiten 213
Abb. 41 Marktanteilsentwicklung entlang einer Trajektorie 214
Abb. 42 Gewinnentwicklung entlang einer technologischen Trajektorie 215
Abb. 43 Innovationserfolg entlang einer technologischen Trajektorie 216
Abb. 44 Gewinnentwicklung entlang einer Trajektorie in einem Szenario mit imitativen Firmen 217
Abb. 45 F&E-Budgets der unterschiedlichen Strategien 218
Abb. 46a Produktinnovationswahrscheinlichkeit 220
Abb. 46b Produkt-Spilloverpool 220
Abb. 47 Realisierung von Produktinnovationen 221
Abb. 48 Entwicklung der Prohibitivpreise 222
Abb. 49 Aufteilung des Marktes zwischen konservativen und absorptiven Unternehmen 223
Abb. 50 Periodische Gewinne 224
Abb. 51 Konzentrationsentwicklung und -trend 225
Abb. 52a Produktinnovationen mit imitativen Unternehmen 226
Abb. 52b Relative Qualitätseinschätzung 226
Abb. 53 Aufteilung des Marktes zwischen konservativen, absorptiven und imitativen Firmen 227
Abb. 54 Gewinnentwicklung mit imitativen Unternehmen 227
Abb. 55a F&E-Effektivität der absorptiven Unternehmen 228
Abb. 55b F&E-Effektivität der konservativen Unternehmen 229
Abb. 55c F&E-Effektivität der imitativen Unternehmen 229
Abb. 56 Anteil konservativer und absorptiver Strategien 232
Abb. 57 Profitkorridor des absorptiven Lagers (100 Wiederholungen) 257

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

The foundation of economic analysis since the 1870s have been the rationality of individual behavior and the coordination of individual decisions through prices and the markets. There has already been a steady erosion of these viewpoints, particularly with regard to the coordination function. Now the rationality of individual behavior is also coming under attack. What is still lacking is an overall coherent point of view in which individual analysis can be embedded and which can serve as a basis for new studies.

What I forsee is a gradual systematization of dynamic adjustment patterns both at the level of individual behavior and at the level of interactions and transactions among economic agents. Indeed, the distinction between these levels may well be blurred and reclassified. In the course of this development, the very notion of what constitutes an economic theory may well change. For a century, some economists have maintained that biological evolution is a more appropriate paradigm for economics than equilibrium models analogous to mechanics. ...

Methodology will also change. Formal theory-building, with assumptions and logical inferences, will never disappear, but it will be increasingly supplemented by simulation approaches. These need, of course, to be guided by deductive reasoning, but they will acquire independent significance.

K. J. Arrow, 1995, Science, Vol. 267, S. 1617

A. Einleitung

Im Sommer des Jahres 1858 wurde der junge Vermessungsingenieur Albrecht Meydenbauer mit der Bauaufnahme des Domes zu Wetzlar beauftragt. Dabei trug es sich zu, daß er nur mit knapper Not einem mit Sicherheit tödlichem Absturz vom Turm der Kirche entging. Damals stand zur Vermessung von Bauwerken noch keine andere Technologie zur Verfügung als mit Hilfe von Gerüsten und an Flaschenzügen hängenden Körben das Aufmaß direkt vor Ort - und sei es in schwindelerregender Höhe - zu nehmen. Nachdem sich Meydenbauer von seinem ersten Schock erholt hatte, kam ihm folgender bahnbrechende Gedanke: „Kann das Messen von Hand nicht durch das Umkehren des perspektivischen Sehens, das durch das photographische Bild festgehalten wird, ersetzt

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

werden?“ Dieser Gedanke, der die Prinzipien der gerade erfundenen Photographie auf die Vermessungslehre übertrug, darf als Vater einer neuen Technologie, der Photogrammetrie, gelten, mit der ein gefahrloses Vermessen von Gebäuden möglich wurde.[1]

Ungefähr 140 Jahre später, in den Sommermonaten der 90er Jahre unseres Jahrhunderts finden sich in zahlreichen Ländern der Welt große Anbauflächen von Nutzpflanzen, versehen mit dem Hinweisschild: Freilandversuch. In der Regel handelt es sich dabei um Äcker, welche von Unternehmen gepachtet werden, die in der chemischen Industrie anzusiedeln sind und die bislang in der Herstellung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln tätig waren, sich neuerdings aber mit gentechnisch manipuliertem Saatgut auseinandersetzen. Ziel der ambitionierten Forschungsanstrengungen ist unter anderem, die Pflanzen gegen ihre Hauptschädlinge resistent zu machen. Auf diese Weise soll der Einsatz von chemikalischen Schädlingsbekämpfungsmitteln mit den nachteiligen Auswirkungen für Mensch und Natur reduziert werden. So ist es beispielsweise mittlerweile gelungen, Maissorten zu entwickeln, die nicht mehr von ihren bisherigen Hauptschädlingen - einer Schmetterlingsraupe - befallen werden können.[2]

Diese beiden Beispiele der Entstehung neuer Technologien scheinen auf den ersten Blick nur wenig gemeinsam zu haben. Dennoch verbindet sie eine Übereinstimmung, der vor allem in der jüngeren Vergangenheit besonderes Augenmerk geschenkt wird: In beiden Fällen entstand durch das Zusammenbringen unterschiedlicher und zunächst unverbundener Technologien etwas vollständig Neues. Im Fall der Photogrammetrie war es die Verschmelzung von Mathematik, Geodäsie und Photographie; im Fall der neuen Getreidesorten insbesondere das Zusammenbringen von organischer Chemie und Molekularbiologie, wodurch sich in beiden Fällen völlig neue Entwicklungspfade und Anwendungsmöglichkeiten ergaben.

In der technologischen Evolution spielen somit Komplementaritäten und Synergieeffekte eine maßgebliche Rolle für die Erschließung neuer Entwicklungspotentiale; sie stellen aber gleichzeitig auch besondere Anforderungen an die Organisation des Innovationsprozesses und an die unternehmerische Wissensbasis: Auf der einen Seite muß der Transfer bzw. die Diffusion neuen technologischen Know-hows sichergestellt werden, auf der anderen Seite müssen

---

[1] Aus dem Tagebuch von A. Meydenbauer, abgedruckt in *Grimm, A.* (1978), 120 Jahre Photogrammetrie in Deutschland, Oldenbourg Verlag, München, VDI Verlag Düsseldorf.

[2] Siehe Zeitungsbericht „Durchbruch zum Unbekannten“ von *Pinzler, P.*, in *Die Zeit*, Nr. 50 vom 8. Dezember 1995.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

die Unternehmen in der Lage sein, fremdes Know-how zu absorbieren und in den eigenen Wissensstock zu integrieren. In diesem Zusammenhang hat sich der Begriff des kollektiven Innovationsprozesses herausgebildet, der die gegenseitige Bedingtheit der technologischen Entwicklung und die Abhängigkeit der unternehmerischen Innovationsprozesse von eigenen Anstrengungen und externen Wissensquellen beinhaltet. Die immer weiter voranschreitende Ausdifferenzierung und Spezialisierungen in den verschiedenen Technologien und wissenschaftlichen Disziplinen sind zudem für eine Komplexitätszunahme verantwortlich, die kaum noch von einem Unternehmen allein, geschweige denn einem Wissenschaftler oder Ingenieur überblickt werden kann. So setzt sich die Erkenntnis eines aus vielen Quellen gespeisten technischen Fortschritts durch, wobei die unternehmerischen Innovationen nicht nur in einem substitutiven Verhältnis zueinander stehen, sondern sich vielmehr auch gegenseitig bedingen und vorantreiben können.

Dennoch wurden solche Entwicklungen im Rahmen einer dem neoklassischen Paradigma verpflichteten ökonomischen Analyse des technischen Fortschritts zunächst weitgehend vernachlässigt. Obwohl bereits 1912 Joseph Alois Schumpeter in seiner Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung nachdrücklich auf die Abhängigkeit des technischen Fortschritts von ökonomischen Größen hingewiesen hat, war es in der Zunft der Ökonomen lange Zeit gute Übung, auf die Behandlung von Fragen innovativer Wandelungsprozesse zu verzichten. Technischer Fortschritt wurde ausgeklammert; er galt als exogen und wurde in die wohlbekannte *black-box*[3] verbannt.

Erst Anfang der 60er Jahre begann man mit Versuchen der Endogenisierung des technischen Fortschritts in ökonomische Modelle. Da das Forschungsprogramm der Neoklassik, mit seinen Ursprüngen in der Mechanik der Newtonschen Physik, nahezu ausschließlich auf die Analyse von Gleichgewichtszuständen orientiert ist, findet auch die Integration der unternehmerischen Innovationstätigkeit in diesen Gleichgewichtsrahmen statt. Mittels der Methode der Marginalbetrachtung wird die schrittweise Annäherung an einen hypothetischen Gleichgewichtszustand untersucht, der, wenn er einmal erreicht wird, gerade dadurch gekennzeichnet ist, daß es keine endogenen Kräfte mehr gibt, die erneut zu einer ungleichgewichtigen Situation führen könnten. Die wichtigste Konsequenz daraus ist die Vernachlässigung einer wirklich dynamischen Komponente des Innovationsprozesses, was auch die fehlende Berücksichtigung von historischer Zeit und irreversibler Entwicklungen beinhaltet.

---

[3] Vgl. *Rosenberg* (1982).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Ein weiteres Hindernis in der Abbildung des Innovationsprozesses muß in der Orientierung auf eine optimale Ressourcenallokation in der neoklassischen Analyse gesehen werden. Eine Einbeziehung der Prozesse des unternehmerischen Wissenserwerbs, sowie des Aufbaus von Kenntnissen und Erfahrungen spielt keine Rolle. Sie ist allerdings auch überhaupt nicht erforderlich, da die Kunstfigur des homo oeconomicus - mit vollkommener Rationalität ausgestattet - in der Lage ist, optimale Entscheidungen zu treffen. Da in der Regel nur eine optimale Verhaltensweise zur Verfügung steht, kann man die Analyse auf die Anreize eines repräsentativen Unternehmens beschränken, Investitionen in Forschung und Entwicklung zu tätigen. Der so ermittelte gewinnmaximale Umfang der F&E-Aufwendungen kann schließlich dem vermeintlichen Wohlfahrtsoptimum gegenübergestellt werden.

Allerdings ist entsprechend des Referenzmaßes einer wohlfahrtsoptimalen Ressourcenallokation bei einer marktlichen Organisation der Mittel, die für Forschung und Entwicklung bereitgestellt werden, mit Marktversagen zu rechnen. Ursächlich dafür ist das Durchsickern des neuen Know-hows in Form von technologischen Spillover-Effekten, welche aufgrund der unterstellten öffentlichen-Gut-Eigenschaften von Know-how entstehen. Aus diesem Grund fallen die individuellen Anreize, sich in Innovationsaktivitäten zu engagieren, von einem wohlfahrtsoptimalen Standpunkt betrachtet, zu niedrig aus. Diese Argumentation zeichnet sich für die negative Interpretation der Spillovers als anreizreduzierende Effekte verantwortlich, wie sie typisch für die neoklassische Analyse ist. Da wegen der Spillovers die unternehmerischen F&E-Aufwendungen hinter den sozial wünschenswerten zurückbleiben, lautet die daraus zu ziehende Schlußfolgerung: Spillover-Effekte sind so weit möglich, beispielsweise über die Institutionalisierung der intellektuellen Eigentumsrechte, zu verhindern.

Aufgrund zunehmender Kritik an dieser Vorgehensweise, die sich vor allem auf, mit der Theorie unvereinbare empirische Ergebnisse einer Ausweitung der unternehmerischen F&E-Aktivitäten trotz vorliegender Spillover-Effekte bezieht, sowie der Erkenntnis der Bedeutung der Diffusion von Know-how für die Erschließung neuer technologischer Möglichkeiten, stellt sich in der Beurteilung von Spillover-Effekten allerdings in jüngerer Zeit eine wichtige Veränderung ein: Statt ausschließlich den anreizreduzierenden Charakter der Spillover-Effekte zu betonen, wird von der, seit den frühen 80er Jahren aufkommenden, neuen Innovationsökonomik eine positive Interpretation eingebracht: Spillover-Effekte sind für die Diffusion von technologischem Wissen oft weit über die physischen Handelsverflechtungen hinaus verantwortlich, wobei sie einen ideenschaffenden Einfluß, im Sinne der Erschließung neuer technologischer Möglichkeiten ausüben. Dieser ideenschaffende Charakter der Spillovers manifestiert sich insbesondere in der gegenseitigen Befruchtung unterschiedlicher

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Technologien, so wie sie in den eingangs angeführten Beispielen exemplarisch zum Ausdruck kommt.

Die veränderte Sichtweise des Untersuchungsgegenstands stellt auch die neoklassischen Methoden der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Innovationsprozessen in Frage. Statt der mechanischen Analogie werden von der neuen Innovationsökonomik, die sich dem Paradigma der evolutorischen Ökonomik verpflichtet fühlt, Anleihen bei der biologischen Evolutionstheorie und bei der kognitiven Psychologie genommen. Denn erst die Berücksichtigung von in historischer Zeit ablaufenden Entwicklungen und nur unvollständigen Kenntnissen und Fertigkeiten im Rahmen einer nur beschränkten Rationalität der Wirtschaftssubjekte erlaubt die Abbildung der Innovationsvorgänge als fehlerbehaftete Lern- und Experimentierprozesse. In dieser Sichtweise stehen jetzt technologisch und ökonomisch unterschiedliche Akteure, sowohl in substitutiven als auch komplementären technologischen Beziehungen, miteinander in Verbindung.

Innerhalb des so geschilderten Rahmens ist technologisches Know-how nur noch ein latent-öffentlichtes Gut, d.h., anderen als den innovierenden Unternehmen ist dieses Wissen nicht ohne weiteres zugänglich. In der Vorstellung kollektiver Innovationsprozesse können allerdings informelle Netzwerke, die eine wichtige Ursache für technologische Spillover-Effekte zwischen den am Innovationsprozeß beteiligten Unternehmen darstellen, als kollektives Phänomen entstehen, die den potentiellen Transfer von neuem technologischen Know-how gewährleisten. Zu gegenseitigen Befruchtungen kommt es aber nur dann, wenn die, technologische Spillovers empfangenden Unternehmen auch in der Lage sind, das entsprechende Wissen in den eigenen Wissensstock zu integrieren und für eigene Belange umzusetzen. Als Voraussetzung dafür müssen sie - in der Terminologie der neuen Innovationsökonomik - absorptive Fähigkeiten mitbringen, d.h. technologische Kenntnisse und Erfahrungen, die es ihnen erlauben externes Know-how zu verstehen.

Die für die Abbildung kollektiver Innovationsprozesse notwendige Einbeziehung von heterogenen Akteuren, irreversiblen Prozessen und echter Unsicherheit geht allerdings in der Regel auch mit Einschränkungen der analytischen Lösbarkeit und einer Ausrichtung auf numerische Verfahren einher, weshalb viele der Modelle der neuen Innovationsökonomik auf Computersimulationen ausweichen. Numerische Methoden bieten in diesem Zusammenhang den Vorteil, auch dann noch Lösungen anbieten zu können, wenn auf analytischem Wege längst keine Aussagen mehr möglich sind, wie das bei der Abbildung von nicht-linearen und irreversiblen Entwicklungsprozessen recht schnell der Fall sein kann.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die sich wandelnde Betrachtungsweise des technischen Fortschritts und technologischer Spillover-Effekte hin zu der Vorstellung eines kollektiven Innovationsprozesses nachzuzeichnen. Dabei wird es sich zeigen, daß ohne eine Abkehr von neoklassischen Vorstellungen, eine Modellierung des Innovationsprozesses nur schwer vorstellbar ist. Als Alternative wird eine evolutorische Sichtweise vorgeschlagen und entsprechende Konzepte entwickelt, mit deren Hilfe die maßgeblichen Aspekte des kollektiven Innovationsprozesses, die Entstehung und Auswirkungen informeller Netzwerke sowie absorptiver Fähigkeiten modelliert werden.

Die Arbeit ist wie folgt aufgebaut: In Kapitel B wird die sich verändernde Vorstellung des Innovationsprozesses und technologischer Spillover-Effekte in der ökonomischen Theorie erörtert. In einem ersten Abschnitt geht es dabei zunächst um die traditionelle neoklassische anreizbasierte Auseinandersetzung, wie sie ihre Ursprünge in den sogenannten *Growth-accounting*-Studien Ende 50er Jahre genommen hat. In dem darauf folgenden Abschnitt wird die wissensbasierte Sichtweise der neuen Innovationsökonomik und die Vorstellung eines kollektiven Innovationsprozesses eingeführt. Es wird sich dabei insbesondere zeigen, daß eine Berücksichtigung der Kenntnisse und Erfahrungen der Unternehmen für die veränderte Interpretation der Spillover-Effekte verantwortlich gemacht werden kann.

Das Kapitel C beschäftigt sich dann mit den Versuchen, die Aspekte des kollektiven Innovationsprozesses in das formale neoklassische Theoriegebäude zu integrieren. Dafür wird in Abschnitt C. I, unter Rückgriff auf ein Gefangenen-Dilemma-Spiel, die Möglichkeit der Entstehung informeller Netzwerke modelliert. Abschnitt C. II setzt sich mit der Integration absorptiver Fähigkeiten in ein sogenanntes Non-Tournament-Spiel auseinander, welches als Referenzmodell der neoklassischen Analyse von Innovationsvorgängen angesehen werden darf.

Anhand dieser Modelle wird in Kapitel D. I eine Diskussion der Mängel des neoklassischen Analyserahmens im Zusammenhang mit der Abbildung von Innovationsprozessen aus der Perspektive der evolutorischen Ökonomik geführt. Kapitel D. II beinhaltet anschließend alternative Konzepte, die eine Modellierung auch aus evolutorischer Sicht ermöglichen.

In Kapitel E wird schließlich unter Rückgriff auf diese Konzepte der Versuch einer evolutorischen Modellierung der wesentlichen Aspekte des kollektiven Innovationsprozesses unternommen. Kapitel E. I beinhaltet ein Modell zur Evolution informeller Netzwerke, welches sich eines aus der theoretischen Physik entliehenen Verfahrens zur Beschreibung von Selbstorganisationsprozessen bedient. In Kapitel E. II wird ein Simulationsmodell entwickelt, in dem ein hete-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

rogenes Oligopol um endogene Innovationsaktivitäten und endogene Spillover-Effekte erweitert wird.

Kapitel F beendet die Arbeit mit einer kritischen Zusammenfassung und Schlußfolgerungen.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

B. Technischer Fortschritt und technologische Spillover-Effekte aus ökonomischer Perspektive - Ein Wandel in der Betrachtungsweise

Die ökonomische Theorie der Innovation stellt heute ein wichtiges, wenn auch noch junges Teilgebiet innerhalb der ökonomischen Theorie dar. Der vergleichsweise späte Beginn der theoretischen Auseinandersetzung mit Fragen des technischen Fortschritts findet seine Ursache zum einen in dem geschlossenen Gedankengebäude der orthodoxen Neoklassik, die technischen Fortschritt lange Zeit als ein exogenes, von ökonomischen Größen unabhängiges Phänomen aufgefaßt hat. Zum anderen ist erst seit den letzten Jahrzehnten ein qualitativer Wandel im industriellen Wissenserwerbsprozeß eingetreten, der auf die zugenommene Komplexität technologischer Interdependenzen und eine große Beschleunigung der Entwicklung zurückzuführen ist. Dies spiegelt sich auch in der theoretischen Sichtweise des technischen Fortschritts wider: Galten die Anstrengungen zunächst der Integration technologischer Einflußgrößen in das vorhandene und gut ausgebaute Gedankengebäude der Marginalbetrachtung, welches sich in der Analyse vieler Fragen als außerordentlich effizient erwiesen hat, ergaben sich bei der Behandlung des technischen Fortschritts ernsthafte Probleme, die ihre Ursache in den Grundannahmen des neoklassischen Ansatzes haben. Die entscheidungstheoretische Orientierung des neoklassischen Produktionsfunktions-Ansatzes, wodurch technologisches Know-how genauso wie andere Inputfaktoren in der Produktion behandelt wird, erweist sich als großes Hindernis in der Abbildung von Innovationsprozessen. Dies liegt an den besonderen Eigenschaften des Analyse-Gegenstands: Im Gegensatz zu beispielsweise Investitionsgütern weist neues technologisches Wissen besondere Charakteristika auf und stellt spezifische Anforderungen an die Nutzer, die für den Prozeß insgesamt von ausschlaggebender Bedeutung sind. Daraus ergibt sich, daß eine Analyse der technologischen Entwicklung nicht auf die Berücksichtigung der Fähigkeiten der beteiligten Akteure verzichten kann. Diesen Wechsel von einer rein entscheidungstheoretischen zu einer auch das Wissen und die Fähigkeiten mit einzubeziehenden Analyse vollzieht die neue Theorie der Innovation. Sie richtet ihr Augenmerk explizit auf die Wissenserwerbsprozesse der am Innovationsprozeß beteiligten Akteure und versucht so den Besonderheiten des Analyse-Gegenstands gerecht zu werden. Insbesondere technologische Rückkopplungen und gegenseitige Beeinflussungen in Form von Spillover-Effekten erfahren durch diese Vorgehensweise eine völlig veränderte Interpretation.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Die folgenden beiden Abschnitte dienen der Erörterung der Sichtweise des technischen Fortschritts in der ökonomischen Theorie. Im ersten Abschnitt wird zunächst die produktionsfunktionale anreizbasierte Sichtweise der Neoklassik dargestellt, um ihr dann im zweiten Abschnitt die veränderte Sichtweise der neuen wissensbasierten Innovationstheorie gegenüberzustellen.

I. Die traditionelle neoklassische Sichtweise technischen Fortschritts - Anreizreduzierende Spillover-Effekte

Ausgangspunkt des neu erwachten Interesses an der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Fragen des technischen Fortschritts in der ökonomischen Theorie ist die neoklassisch motivierte Wachstumstheorie. Zwar standen bereits in der Klassik, beispielsweise bei Smith (1776), Ricardo (1821) und Marx (1864) die Ursachen und Konsequenzen der durch technischen Wandel induzierten wirtschaftlichen Entwicklung auf der wissenschaftlichen Agenda, mit Einzug der Marginalanalyse um die Jahrhundertwende rückten aber diese Fragestellungen immer mehr in den Hintergrund. Die eigentliche mikroökonomische Auseinandersetzung mit dem Phänomen des technischen Fortschritts wurde erst durch dessen große Bedeutung für das ökonomische Wachstum von Volkswirtschaften, wie es in den sogenannten *Growth-accounting*-Studien Mitte der 50er Jahre erkannt wurde, ausgelöst. Mit der fortschreitenden Formalisierung ökonomischer Modelle stellte sich die Frage, wie Innovationsprozesse mathematisch abgebildet werden können und welche Besonderheiten dabei zu berücksichtigen sind. Als einen wesentlichen Unterschied zu normalen Investitionsprozessen wurde die Bedeutung von technologischem Know-how im Innovationsprozeß erkannt. Da Wissen im allgemeinen und technologisches Wissen im besonderen kein herkömmliches Gut darstellt, stand man vor dem Problem einer adäquaten Abbildung, mit dem sich die folgenden Ausführungen auseinandersetzen.

1. Der theoretische Ausgangspunkt in der Wachstumstheorie

In einer, große Aufmerksamkeit findenden Analyse der Wachstumsfaktoren der Zeitperiode von 1909 bis 1940 für die USA stellte Solow (1957) fest, daß nur 12,5% des Wachstums auf vermehrten Einsatz der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital zurückzuführen sind, die verbleibenden 87,5% daher durch technischen Fortschritt verursacht sein müssen. Dieses und andere vergleichbare Ergebnisse zogen eine lebhafte makroökonomische Diskussion des technischen

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Fortschritts in den 50er und 60er Jahren nach sich.[1] Theoretische Ausgangsposition der formalen Analyse in der neoklassischen Wachstumstheorie ist eine gesamtwirtschaftliche substitutionale Cobb-Douglas-Produktionsfunktion. Die beiden Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital werden hier um einen zusätzlichen Faktor - die totale Faktorproduktivität - ergänzt, deren Veränderung im Zeitablauf als technischer Fortschritt interpretiert wird. Als Marktmodell wird vollständige Konkurrenz auf sämtlichen Einzelmärkten unterstellt. Der Output y ergibt sich entsprechend Gleichung (1) als das Produkt einer spezifischen Faktoreinsatzkombination (C:=Kapital; L:=Arbeit) gewichtet mit der - nur von der Zeit abhängigen - totalen Faktorproduktivität $a(t)$:

$$y = a(t)C^{\alpha} \cdot L^{1-\alpha}\,; \tag{1}$$

α := Produktionselastizität von L; $1\text{-}\alpha$:= Produktionselastizität von C.

In den einfacheren Modellen der Wachstumstheorie wird die totale Faktorproduktivität $a(t)$ somit exogen determiniert. Technischer Fortschritt taucht auf diese Weise als Residuum bzw. *areas of ignorance* auf und ist für eine Verschiebung der Produktionsfunktion verantwortlich[2], die von der Veränderung der Einsatzfaktoren getrennt werden kann (der Punkt über einer Variablen steht für deren zeitliche Veränderungsrate):

$$\frac{\dot{a}}{a} = \frac{\dot{y}}{y} - [\alpha \cdot \frac{\dot{C}}{C} + (1-\alpha)\frac{\dot{L}}{L}]. \tag{2}$$

Es ergibt sich somit gemäß Gleichung (2) als (Rest-)Größe für den technischen Fortschritt die Differenz aus der Wachstumsrate des Outputs und der Wachstumsraten der Faktoreinsatzmengen. Eine Erklärung der Ursachen und der Richtung des technischen Fortschritts ist durch diese Modellklasse nicht möglich und trug ihr letztlich den Vorwurf ein, sie behandle Innovationen wie Manna vom Himmel.

Von Kennedy (1964) stammt ein alternatives Modell, die *innovation possibility frontier* (IPF) zur Bestimmung der Richtung des technischen Fortschritts - ob arbeitssparend oder kapitalreduzierend. Die IPF ist, in Anlehnung an das Konzept der Produktionsmöglichkeitenkurve, der geometrische Ort aller möglichen Innovationen und beschreibt eine Trade-off Beziehung zwischen Verbesserungen der Kapital- und der Arbeitsproduktivität. Die optimale Innovationskombination bestimmt sich hier als Maximierung der Kostenreduktion unter

[1] Vgl. auch *Abramowitz* (1956).

[2] *Solow* (1957, S. 312) hierzu: „It will be seen that I am using the phrase 'technical change' as a shorthand expression for any kind of shift in the production function."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Einhaltung der Nebenbedingung der IPF. Die Richtung des technischen Fortschritts wird demnach von einer ökonomischen Größe, den Faktorkosten beeinflußt, wobei den Unternehmen der Zusammenhang zwischen Innovationsentscheidungen und deren Konsequenzen vollständig bekannt ist. Der Vorteil dieser Modellierung zeigt sich in der Möglichkeit, das Problem der Aufteilung des unternehmerischen F&E-Budgets hin zur Steigerung der Arbeits- oder Kapitalproduktivität in einem neoklassischen Optimierungsmodell zu lösen. Da die Unternehmen in diesem Modell aus einer bekannten Alternativenmenge ihre stückkostenminimierende Technologie auswählen und zudem dadurch keine Kosten entstehen (*disembodied technical progress*), lassen sich auch mit dieser Formulierung keine Aussagen über den eigentlichen Innovationsprozeß treffen; die Faktoren, welche den Verlauf der IPF determinieren, bleiben exogen.

Die Unzufriedenheit mit dieser Exogenität des technischen Fortschritts in den neoklassischen Wachstumsmodellen, zusammen mit den Ergebnissen empirischer Studien, welche die Steigerung der Arbeitsproduktivität mit dem kumulierten Output in Beziehung setzen (*Lernkurveneffekte*), veranlaßte Arrow (1962a) zu der Annahme, technischen Fortschritt auf den Faktor Erfahrung zurückzuführen. Die Verschiebung der Produktionsfunktion im Zeitablauf wird hier endogen erklärt, wobei die Endogenität auf das Ergebnis der Aktivitäten ökonomisch motivierter Akteure in einer Volkswirtschaft zurückzuführen ist. In seinem Wachstumsmodell zieht Arrow als Hilfsgröße für Erfahrung die kumulierten Bruttoinvenstitionen heran, aus denen sich *Learning-by-doing*-Effekte ergeben.[3] Dieser Ansatz bildet zum ersten Mal implizit Lernen und damit den Aufbau von technologischem Wissen ab, wobei allerdings kein unmittelbarer Forschungsprozeß für die Generierung des neuen Know-hows verantwortlich ist, sondern dieses sozusagen als Nebenprodukt der normalen Investitionstätigkeit anfällt. In Arrows Modell werden durch die Investitionen nicht nur die Produktionskapazitäten der Volkswirtschaft vergrößert, sondern darüber hinaus führt das in ihnen gebundene, neue technische Wissen über Lerneffekte zu Produktivitätssteigerungen (*embodied technical progress*) und so wiederum zu neuem technischen Wissen für zukünftige Investitionen.

Auch in diesem Modell werden technologische Verbesserungen somit nur durch Sachkapitalinvestitionen verkörpert, wodurch die unmittelbare Abbildung des eigentlichen Innovationsprozesses unterbleibt. Arrow selbst wendet kritisch ein, daß Lernen nicht nur als Nebenprodukt des normalen Produktionsprozesses angesehen werden darf. Vielmehr haben sich, vor allem in den westlichen Industrienationen, Institutionen wie beispielsweise firmeneigene F&E-Labors her-

[3] *Arrow* (1962a, S. 155): „Learning is the product of experience."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

ausgebildet, deren unmittelbare Aufgabe es ist, Lernprozesse zu beschleunigen und zu fokussieren.[4]

Die weitere Entwicklung der Analyse des technischen Fortschritts wurde maßgeblich von Arrows wohlfahrtsökonomischen Schlußfolgerungen beeinflußt. Bei vollständiger Konkurrenz, dem Referenzfall aller neoklassischen Wachstumsmodelle, bleiben die Investitionen hinter den sozial wünschenswerten zurück, da die Unternehmen nicht in der Lage sind, sich sämtliche Investitionserträge anzueignen. Dafür verantwortlich sind die produktivitätssteigernden Effekte, die auch zukünftigen Investoren uneingeschränkt zugute kommen, ohne daß diese sich an den Entstehungskosten beteiligen. In der wachstumsanalytischen Auseinandersetzung wurden allerdings die Implikationen, die hinter den aufgezeichneten Entwicklungen stehen, zunächst mehr oder weniger ausgeklammert.

Dieses Defizit der frühen wachstumstheoretischen Ansätze zeigt deutlich auf die Notwendigkeit eines vertieften mikroökonomischen Verständnisses des technischen Fortschritts, da ja den Unternehmen ein maßgeblicher Anteil an der technologischen Entwicklung zugeschrieben wird. Die daraufhin einsetzende mikro-, insbesondere die industrieökonomische Auseinandersetzung mit Innovationsprozessen greift dabei ebenfalls, wie im folgenden zu zeigen sein wird, zunächst auf die allokationstheoretische Behandlung des Innovationsprozesses zurück.

2. Der allokationstheoretische Blickwinkel der neoklassischen Analyse

In Anlehnung an die skizzierten Entwicklungen der Wachstumstheorie und unter dem vorherrschenden neoklassischen Paradigma wurden von der, sich in den 50er Jahren gerade im Entstehen begriffenen industrieökonomischen Forschung auch die unternehmerischen Entscheidungen im Zusammenhang mit technischen Innovationen unter allokationstheoretischem Blickwinkel untersucht. Beabsichtigt war eine Integration des Innovationsprozesses in das sich neu entwickelnde Gedankengebäude der Oligopoltheorie.[5] Der Marktstruktur-Marktverhalten-Marktergebnis-Ansatz identifizierte die unternehmerischen Forschungs- und Entwicklungsausgaben als eine der wesentlichen Determinanten des Marktverhaltens mit entsprechenden Auswirkungen auf das Marktergebnis. Darunter verstand man nicht mehr ausschließlich das Verhältnis von Preis und

[4] *Arrow* (1962a, S. 172).
[5] Vgl. *Bain* (1956).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Grenzkosten, sondern beispielsweise auch die Produktvielfalt und die Rate des technischen Fortschritts.[6] Der mathematische Formalismus zur Abbildung des Innovationsprozesses greift dabei auf die üblichen neoklassischen Annahmen zurück, wodurch der Versuch unternommen wurde, die Besonderheiten des Innovationsprozesses auf den vorhandenen Modellapparat zurechtzuschneidern:[7]

i) Die ökonomischen Agenten verhalten sich im Sinne des Optimalprinzips; die Unternehmen maximieren folglich ihren Gewinn. Die Anwendung des Rationalitätspostulats wird möglich, da die Unternehmen über vollkommene Vorausschau und hinsichtlich der Umsetzung neuer Technologien über unbeschränkte Fähigkeiten verfügen.

ii) Die Analyse ist auf Gleichgewichtslösungen ausgerichtet. Ökonomischer Wandel wird mit Hilfe der komparativen Statik untersucht.

iii) Unsicherheit spielt keine Rolle, bzw. wird entsprechend der neoklassischen Standardformulierung in Form von subjektiven Wahrscheinlichkeitsverteilungen abgebildet.

iv) Vollständiger Wettbewerb wird unter Wohlfahrtsgesichtpunkten als Idealzustand (*benchmark*) betrachtet.

Dem steht zunächst das Problem der Ungewißheit des Innovationserfolgs entgegen, worauf bereits Arrow (1962b) nachdrücklich hingewiesen hat. Da Innovationen etwas genuin Neues darstellen, sind den beteiligten Akteuren unter Umständen weder subjektive Wahrscheinlichkeitsverteilungen, noch sämtliche mögliche Umweltzustände bekannt. Sie sind deshalb nicht nur mit versicherbarem Risiko, sondern auch mit echter Unsicherheit im Sinne Knights[8] konfrontiert, wodurch die Heranziehung eines strengen Optimalkalküls und damit das Erreichen eines globalen Wohlfahrtsoptimums gefährdet wird.

Um aber dennoch Aussagen zum unternehmerischen Innovationsprozeß ableiten zu können, identifiziert die Industrieökonomik die Aufwendungen für Forschung und Entwicklung als maßgebliche Input-Größe im Innovationsprozeß, für die sie einen bekannten Zusammenhang mit dem Output innovativen Handelns, wie beispielsweise neue Produkte oder verfahrenstechnische Verbesserungen unterstellt. Der Zusammenhang zwischen F&E-Ausgaben x und Stückkostenreduktion bei Prozeßinnovationen wird beispielsweise mit Hilfe einer stetigen, zweimal differenzierbaren Kostenfunktion $c(x)$ modelliert.[9] „*It is as*

[6] Vgl. *Audretsch* (1996, S. 180).
[7] Vgl. *Davis/Lyons* (1988, S. 10).
[8] Vgl. *Knight* (1921, S. 230 ff.)
[9] Vgl. *Erdmann* (1993, S. 67 f.)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

though Mother Nature has a patent on all techniques of production with unit costs c(x), (x>0) and that society has to pay x to purchase the right to use the technique of production with unit costs c(x)." (Dasgupta/Stiglitz, 1980, S. 272)

Zumindest das Problem einer adäquaten Behandlung von Unsicherheit wird damit per Annahme ausgeschlossen, allenfalls Risikosituationen finden entsprechend der Annahme iii) in Form von subjektiven Wahrscheinlichkeiten Eingang in die modelltheoretische Analyse. Die Entscheidungen der rational handelnden Wirtschaftssubjekte werden somit auch auf dem Gebiet des technischen Fortschritts dem Optimierungsgedanken unterworfen, wodurch sich die Analyse der innovationsbezogenen Entscheidungen, Annahme i) zufolge, auf das Nutzen-Kosten-Kalkül der beteiligten Unternehmen beschränken kann. Die Unterstellung eines bekannten Zusammenhangs zwischen Input und Output innovativen Handelns macht die endogene Festlegung der Inputfaktoren möglich. Ziel der neoklassischen Theorie ist somit die Bestimmung eines gewinnmaximierenden F&E-Mitteleinsatzes, der sich entsprechend Annahme ii) als Gleichgewichtslösung eines innovationstheoretischen Modells ergibt. Dieser F&E-Mitteleinsatz kann nun gemäß der Annahme iv) der wohlfahrtsoptimalen Lösung gegenübergestellt werden, wodurch sich die entsprechende Lösung vom sozialen Standpunkt einordnen läßt.

Hinter dieser Modellierung steckt implizit die Vermutung eines exogenen Wissenspools. Wollen die Unternehmen auf die technologischen Möglichkeiten dieses Pools zurückgreifen, müssen sie dafür in bestimmten Umfang Mittel in F&E investieren, wodurch ihnen das entsprechende technologische Wissen verfügbar wird.

Die Beantwortung der Frage nach einer optimalen Ressourcenallokation hängt nun entscheidend von dem zugrundeliegenden Innovationsverständnis und den ökonomischen Eigenschaften von neuem technologischem Wissen ab. Auf der einen Seite muß die Frage beantwortet werden, woher die ökonomischen Akteure ihr Know-how beziehen und gegebenenfalls welche gegenseitigen Beeinflussungen dabei eine Rolle spielen. Auf der anderen Seite hängt das Ergebnis eines von Unternehmen vorangetriebenen Innovationsprozesses maßgeblich von den Charakteristika technologischen Wissens ab, so daß hier für den Fall suboptimaler Ergebnisse mögliche Ursachen gesucht werden müssen.

3. Das sequentielle Innovationsbild

Die der neoklassischen Analyse zugrundeliegende Vorstellung des Innovationsprozesses ist weitgehend jenes, auf Schumpeter (1912, 1939, 1942) zurück-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

gehende Bild von der Sequenz Invention, Innovation und Imitation (bzw. Diffusion), welche den technologischen Neuerungsprozeß in drei Phasen aufteilt.[10] Unter Invention versteht man dabei die eigentliche Entdeckung von technologischen Neuerungen, im Sinne der Schaffung neuer Ideen aus dem Bereich der Natur- und Ingenieurswissenschaften, aber beispielsweise auch neuer Organisationsformen aus den Sozialwissenschaften. Es handelt sich um die Bereitstellung von technologischen Chancen, jenem oben bereits angesprochenen externen Wissenspool, der überwiegend durch den Bereich der Wissenschaften, aber auch von unabhängigen Erfindern gestaltet wird. Diese Neuerungen sind im allgemeinen nicht knapp, die „*Neue[n] Möglichkeiten werden von der Umwelt fortlaufend dargeboten, insbesondere neue Erfindungen dem Wissensvorrat der Zeit fortlaufend hinzugefügt*" (Schumpeter, 1912, S. 117), und somit nicht Gegenstand der ökonomischen Analyse.

In der sich zeitlich daran anschließenden Innovationsphase wird die ursprüngliche Invention zu einer ökonomisch verwertbaren Innovation weiterentwickelt und von einem kreativen Entrepreneur (Schumpeter, 1912) oder von einem großen Unternehmen (Schumpeter, 1942) am Markt durchgesetzt.

Handelt es sich um eine erfolgreiche neue Kombination, durch die dem innovierenden Unternehmen außerordentliche Gewinne zufließen, werden sich in der anschließenden Imitations- bzw. Diffusionsphase andere Unternehmen ebenfalls darauf versehen, diese Technologie einzusetzen bzw. erkennen, daß eine sinnvolle Nutzung auch für sie möglich ist. Auf diese Weise kommt es zu einer Verbreitung der neuen Technologie in einer oder mehreren Branchen und zu technischem Wandel in der Volkswirtschaft insgesamt.[11]

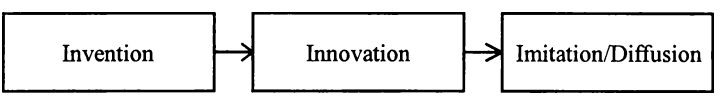


Abb. 1: Phasen des Innovationsprozesses

[10] Zum sequentiellen Innovationsbild vgl. auch *Grupp* (1997, S. 16 f.)

[11] *Davies* (1988, S. 193) charakterisiert diesen Prozeß folgendermaßen: „Putting these definitions together, we have stylised the process of technical change as follows: Inventions are often made as the consequence of research expenditures and result in patents. Following further development expenditures, the innovations appear on the commercial scene. At this point, for process innovations at least, best practice producivity has been increased, but it is only with diffusion that actual productivity levels approach the new best practice."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Entscheidendes Merkmal für die ökonomische Analyse des Innovationsprozesses ist die lineare und gerichtete Beziehung der einzelnen Phasen dieses Fortschrittsverständnisses (Abb. 1):[12] Ein Unternehmen erschließt sich mit Hilfe von Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen aus dem exogenen Wissenspool eine Innovation, welche unmittelbar in der sich anschließenden Diffusionsphase das Ziel imitativer Anstrengungen der Wettbewerber ist. Das sequentielle oder auch lineare Innovationsbild vertritt durch seine Vorstellung einer strikten Phasensequenz den traditionellen technology-push-Ansatz: Technische Weiterentwicklungen werden in der strengen Auslegung dieses Ansatzes ausschließlich von wissenschaftlichen Neuerungen initiiert.[13]

Das lineare Verständnis schlägt sich auch bei der Aufteilung des Forschungs- und Entwicklungsprozesses in die Bereiche Grundlagenforschung, angewandte Forschung und (experimentelle) Entwicklung durch die Zuordnung der einzelnen Phasen nieder:[14] Unter Grundlagenforschung versteht man dabei jene theoretischen und/oder experimentellen Forschungsarbeiten, welche ausschließlich auf die Schaffung neuer Erkenntnisse, ohne jeden kommerziellen Hintergrund, gerichtet sind (Invention). Angewandte Forschung beinhaltet dagegen die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit einem spezifischen praktischen Ziel vor Augen (Innovation). Entwicklung schließlich ist jene Tätigkeit, welche auf die Verbesserung bereits funktionierender Technologien gerichtet ist (Innovation und Diffusion). Kline/Rosenberg (1986, S. 285 f.) schildern den linearen Ablauf dieser Aufteilung folgendermaßen:

> „In this model, one does research, research then leads to development, development to production and production to marketing. These events are implicitly visualized as flowing smoothly down a one-way street, much as if they were the 'begats' of the Bible."

---

[12] *Forrest* (1991) verwendet in diesem Zusammenhang den Begriff *Pipe-Line-Modell.*

[13] Bereits in den 60er Jahren stellte *Schmookler* (1962, 1966) diesem Bild mit seinem demand-pull-Ansatz eine, ebenfalls auf nur eine Richtung der Beeinflussung abstellende Alternative gegenüber. In der Vorstellung des demand-pull-Ansatzes werden technologische Entwicklungen durch die Bedürfnisse der Nachfrageseite determiniert. Die Produzenten greifen zur Befriedigung dieser Bedürfnisse auf einen von den Wissenschaften bereitgestellten unbegrenzten Möglichkeitenraum zurück. In der strengen Auslegung der ausschließlichen Verantwortung für die Richtung und das Ausmaß der Innovationsaktivitäten erfuhr der demand-pull-Ansatz allerdings schon sehr früh schwere Kritik (vgl. *Rosenberg* (1976), *Rosenberg/Mowery* (1978)) und soll deshalb im folgenden nicht weiter dargestellt werden (vgl. auch *Kleinknecht/Verspagen* (1990)).

[14] Vgl. Frascati-Manual (1993).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

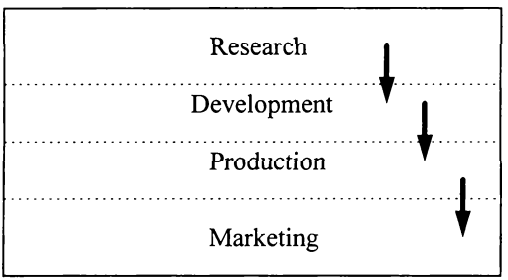


Abb. 2: Das lineare Innovationsbild (Quelle: Kline/Rosenberg, 1986, S. 286)

Technologische Rückkopplungen und andere gegenseitige Beeinflussungen zwischen den verschiedenen Stufen werden in diesem linearen Fortschrittsverständnis (Abb. 2) nicht betrachtet. Die einzelnen Stufen im Innovationsprozeß vollziehen sich vielmehr unabhängig voneinander, so daß jeweils nur der Output aus der vorgelagerten Stufe in den darunterliegenden Prozeß Eingang findet. Auf diese lineare Weise gehen folglich auch die Erkenntnisse der F&E-Abteilungen in die Bereiche Produktion und Absatz ein. Deshalb ist es möglich, die innovationsbezogenen Entscheidungen der Unternehmen wie andere Entscheidungen über Inputfaktoren im Produktionsprozeß zu untersuchen - Ziel ist auch bezüglich der in F&E investierten Ressourcen, die Maximierung des Barwerts der erwarteten Zahlungsströme.

4. Öffentlicher-Gut-Charakter von neuem technologischem Know-how, technologische Spillover-Effekte und Patente zur Wahrung der Aneignungsmöglichkeiten

Auf die Besonderheiten, die technisches Wissen im unternehmerischen Innovationsprozeß auszeichnen, wurde schon früh von Nelson (1959) und von Arrow (1962b) hingewiesen. Die Diskussion der Charakteristika von technologischem Wissen führt direkt zum Phänomen technologischer Spillover-Effekte, deren Existenz untrennbar mit den spezifischen Ausprägungen dieser Eigenschaften zusammenhängt.

Arrow (1962b) unterstreicht vor allem den Informationscharakter von neuem technischen Wissen und schließt daraus auf zwei weitere Ursachen, die neben der bereits angeführten Unsicherheit für mögliches Marktversagen in der Allokation der unternehmerischen Forschungsaufwendungen verantwortlich gemacht werden: Unteilbarkeiten und mangelnde Aneignungsmöglichkeiten. Technologisches Wissen ist wegen der Gleichsetzung mit Information, aufgrund

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

unvollständiger oder sogar fehlender Aneignungsmöglichkeiten, als öffentliches Gut mit den Eigenschaften Nicht-Rivalität in der Nutzung und Nicht-Ausschlußmöglichkeit von der Nutzung zu charakterisieren. Es ist somit - einmal geschaffen - gleichsam in Form von Blaupausen (*book of blueprints*) allgemein verfügbar.

Einerseits ist nach der Veröffentlichung des neuen Wissens, beispielsweise in einer Patentschrift oder auch durch das Angebot eines neuen Produkts, die weitere Diffusion dieses Wissens aufgrund von Unteilbarkeiten für den eigentlichen Urheber nicht mehr kontrollierbar. Das neu geschaffene Wissen kann beliebig oft vervielfältigt und genutzt werden, ohne daß dies den Gebrauch des ursprünglichen Innovators einschränkt. Die Kosten einer zusätzlichen Nutzung sind gering oder sogar Null, so daß aus wohlfahrtsökonomischer Sicht auch kein Preis für die Verbreitung von Wissen verlangt werden darf. „*The marginal costs of knowledge that already exists is zero.*" (Nelson, 1959, S. 306)

Aus den Öffentlichen-Gut-Eigenschaften leitet sich die Existenz von technologischen Spillover-Effekten ab, jenen positiven externen Effekten, die dafür verantwortlich sind, daß das Wissen einer Innovation auch von konkurrierenden Unternehmen und/oder von Unternehmen aus anderen Branchen zur Weiterentwicklung ihrer Technologien verwendet werden kann. Neues Know-how ist in Form von technologischen Spillover-Effekten eben auch anderen Unternehmen zugänglich, die sich nicht an den Entstehungskosten, den Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen beteiligen. Die Ursache für die Spillover-Effekte ist in der Nicht-Ausschlußmöglichkeit zu sehen; im Zusammenhang mit technischem Wissen spricht man meistens von mangelnden Aneignungsbedingungen, mit der sie in einer inversen Beziehung stehen: Je niedriger (höher) die Aneignungsbedingungen sind, desto höher (niedriger) sind die technologischen Spillover-Effekte.

Würde es einem erfolgreichen Innovator andererseits dennoch gelingen, beispielsweise über schlichte Geheimhaltung von verfahrenstechnischen Neuerungen, andere von der Imitation des neuen Wissens abzuhalten, wären Doppel- und Mehrfachforschungen nicht auszuschließen. Für die gleichen technischen Entwicklungen würden unterschiedliche Unternehmen jeweils eigene Forschung betreiben, was ohne Zweifel wohlfahrtstheoretisch zu Ineffizienzen führen muß.

Aus allokationstheoretischem Blickwinkel stehen optimale Anreize in F&E zu investieren und optimale Preise für die Wissensdistribution aufgrund der Öffentlichen-Gut Eigenschaften von neuem technischen Wissen zueinander in einer Trade-off-Beziehung. Die den Grenzkosten der Distribution entsprechenden Preise legen eine nahezu unmittelbare und uneingeschränkte Verbreitung des Wissens nahe, wodurch aber die Anreize sich in kostspieligen Forschungs- und

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Entwicklungsprojekten zu engagieren, nachhaltig beeinträchtigt werden. Technologische Spillover-Effekte erfahren aus dieser Perspektive eine negative Interpretation, da sie die wohlfahrtsoptimalen F&E-Anreize verzerren: „... *external economies ... open a gap between marginal private and marginal social benefits* ...“ (Nelson, 1959, S. 304) Auf der einen Seite kann es zu einer Überinvestion in F&E kommen, wenn die Unternehmen in der Erwartung gesicherter Aneignungsbedingungen Doppel- und Mehrfachforschungen durchführen. Auf der anderen - in der Regel unterstellten – Seite bleiben die unternehmerischen F&E-Aufwendungen hinter den wohlfahrtstheoretisch wünschenswerten zurück, da sich die beteiligten Firmen als Trittbrettfahrer verhalten und so ohne eigene Aufwendungen in den Genuß des neuen Know-hows kommen möchten.

Diese negative Interpretation technologischer Spillover-Effekte ist als eine der Hauptursachen für das erwartete Marktversagen in der Allokation der Ressourcen, welche für Forschung und Entwicklung aufgebracht werden, zu sehen.

> „The deeper problems of misallocation arise from the nature of the product. As we have seen, information is a commodity with peculiar attributes, particularily embarrassing for the achievement of optimal allocation.“ (Arrow, 1962b, S. 112)

Will man aber dennoch die Bereitstellung von technologischem Wissen privatwirtschaftlich organisieren, müssen die Aneignungsbedingungen mit Hilfe institutionalisierter intellektueller Eigentumsrechte gewahrt werden. Nur für den Fall, daß ein Unternehmen sich in der Lage sieht, die mit einer Innovation verbundenen Forschungskosten über die Erträge wieder hereinzuholen, und darüber hinaus mit entsprechenden Innovationsrenten für das eingegangene Risiko entschädigt wird, wird es in ausreichendem Umfang bereit sein, in Forschung und Entwicklung zu investieren. Dies wird aber nicht der Fall sein, solange das mit einer Innovation verbundene technische Wissen über Spillover-Effekte möglichen Imitatoren unmittelbar verfügbar wird. Aus diesem Grund sind die intellektuellen Eigentumsrechte beispielsweise in Patenten, Gebrauchsmustern etc. zu institutionalisieren, welche dem Innovator ein zeitlich befristetes Monopolrecht auf seine Innovation zugestehen und so die notwendigen Anreize für innovatives Verhalten schützen.

Da auf diese Weise die unmittelbare Verwendbarkeit des Wissens eingeschränkt wird, obwohl die Grenzkosten der Diffusion vernachlässigbar sind, kann es sich aus wohlfahrtstheoretischer Sicht nur um eine zweitbeste Lösung handeln. Die Ursache dafür liegt Nelson (1959, S. 306) zufolge in einer unüberwindbaren Diskrepanz zwischen statischer und dynamischer Effizienz der Wissensdiffusion:

> „For maximum static economic efficiency, knowledge should be administered as a common pool, with free access to all who can use the knowledge. But, if scientific knowledge is administered, the incentives of private firms to create new knowledge

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

will be reduced. This is another case in which static efficiency and dynamic efficiency may conflict."

Vom theoretischen Standpunkt kann das Aneignungs- bzw. Spilloverproblem mit Hilfe von Patenten, welche das exklusive Recht an einer Erfindung manifestieren und deren freie Verwendung einschränken, also zumindest eingeschränkt überwunden werden. Für den potentiellen Innovator stellt die Aussicht auf ein Patent und der damit verbundene Monopolbesitz an dem technischen Know-how den maßgeblichen Innovationsanreiz dar. Entweder er beginnt selbst mit der Umsetzung des neuen technischen Wissens in marktfähige Produkte, oder aber er sichert sich die Innovationsrente über den Verkauf von Lizenzen. Für die Gesellschaft stellen Patente die Verbreitung neuen technischen Wissens durch die Veröffentlichung in der Patentschrift sicher, wodurch ineffiziente Doppel- und Mehrfachforschung vermieden wird.[15]

Doch in der Realität scheint der Patentschutz, die ihm von der Theorie zugedachten Aufgaben nur unvollständig zu erfüllen. Bereits Ende der 50er Jahre veröffentlichten Scherer et al. (1959) eine Studie, in der sie feststellten, daß es beträchtliche Unterschiede zwischen den Patentierungsgepflogenheiten in den verschiedenen Branchen gibt. Patente schützen nicht alle Technologien in gleichem Ausmaß vor Imitation, weshalb trotz einheitlicher Patentgesetzgebung eine branchenmäßig unterschiedliche Effektivität des Patentschutzes festzustellen ist.

Wie kann es zu diesen Unterschieden in den Aneignungsbedingungen kommen? Wo liegen die Ursachen für die unterschiedliche Effektivität des Patentschutzes? Ein wesentlicher Mangel ist in der Möglichkeit zu sehen, daß Imitatoren das Patent umgehen, indem sie einfach darum herum erfinden. Auch der Verstoß gegen ein Patent ist nur in seltenen Fällen nachzuweisen. Da in der Regel nicht nur einfache Komponenten, sondern zusammengesetzte Systeme patentiert werden, ist der Nachweis, daß etwas für den selben Zweck und in der gleichen Art und Weise funktioniert meistens nicht, beziehungsweise mit vertretbarem Aufwand nicht möglich. Desweiteren werden in der ökonomischen Wirklichkeit bei weitem nicht alle Neuerungen patentiert. Das deutet darauf hin, daß den Innovatoren neben den Patenten auch noch andere Aneignungsmechanismen zur Verfügung stehen, durch welche die Anreize, F&E zu betreiben, aufrechterhalten bleiben.

[15] Vgl. auch *Geroski* (1995).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Bezüglich der Wirkungsweise von Patenten im Sinne der Wahrung ökonomisch verwertbarer Eigentumsrechte wendet bereits Arrow (1962b, S. 110) kritisch gegen eine Überschätzung ein:

> „However, no amount of legal protection can make a thoroughly appropriable commodity of something so intangible as information. The very use of the information in any productive way is bound to reveal it, at least in part. Mobility of personnel among firms provides a way of spreading information. Legally imposed property rights can provide only a partial barrier, since there are obviously enormous difficulties in defining in any sharp way an item of information and differentiating it from other similar-sounding items."

Wegen des unzureichenden Schutzes der intellektuellen Eigentumsrechte und den unterschiedlichen Patentierungsgepflogenheiten in den Industrien, kann der Patentschutz die Probleme, die sich aus neoklassischer Perspektive durch die Existenz von technologischen Spillover-Effekten ergeben, nur unvollständig lösen. Zum einen werden die Innovationsanreize nicht vollkommen gewahrt, da die Verwendung von externem Know-how nicht verhindert werden kann. Zum anderen sorgt das Patentwesen nicht für die optimale Verbreitung des neuen technischen Wissens, da nicht alle Innovationen zum Patent angemeldet werden. Diese Ausführungen machen deutlich, daß auch die Sicherung der intellektuellen Eigentumsrechte mit Hilfe von Patenten bezüglich einer optimalen Allokation der F&E-Ressourcen mit erheblichen Problemen konfrontiert ist.

5. Empirische Untersuchungen der Aneignungsbedingungen

Zur Ermittlung der Art und des Umfangs unvollständiger Aneignungsbedingungen sind zahlreiche empirische Untersuchungen durchgeführt worden. In der Regel wurden mit Hilfe von Unternehmensbefragungen die Mängel des Patentschutzes und mögliche alternative Aneignungsmechanismen untersucht.

In einer Studie der Branchen Chemie, Pharma, Elektrotechnik und Maschinenbau in den USA gingen Mansfield, Schwartz und Wagner (1981) der Frage nach, in welchem Verhältnis Innovations- und Imitationskosten und -zeiten zueinander stehen. Damit wird explizit die Annahme eines vollkommenen Patentschutzes aufgegeben und versucht, empirisch die Imitationskosten und -zeiten als Indikator für technologische Spillover-Effekte zu messen.

Im Durchschnitt der vier Industrien betragen die Imitationskosten 65% der Innovationskosten, wobei ein wichtiges Ergebnis der Untersuchung, in den großen Schwankungen zwischen den einzelnen Branchen der entsprechenden Kosten und Zeiten zu sehen ist. Ca. 50% der Unternehmen, vorwiegend aus der chemischen und pharmazeutischen Industrie, liegen mit einem Quotienten von

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

0,9 über dem Durchschnitt, während die anderen 50%, überwiegend aus der elektrotechnischen Industrie und dem Maschinenbau, unterhalb bei einem Quotienten von 0,4 liegen.

Bei ca. 1/7 der Beobachtungen lagen die Imitationskosten dagegen bei 100% oder mehr der Innovationskosten. Mansfield et al. identifizieren hier allerdings nicht Patente als maßgeblichen Schutz des neuen technischen Know-hows, sondern technologische Vorsprünge, im Sinne überlegenem Know-hows der Innovatoren:

> „Instead, in a substantial percentage of these cases, it was due to the innovator's having a technological edge over its rivals in the relevant field. Often this edge was due to superior 'know-how' - that is better and more extensive technical information based on highly specialised experience with the development and production of related products and processes. Such know-how is not divulged in patents and is relatively inaccessible (at least for a period of time) to potential imitators." (Mansfield et al., 1981, S. 910)

Ähnlich verhält es sich mit den Imitationszeiten, die durchschnittlich bei 70% der Innovationszeiten liegen. Im einzelnen sind hier für die Hälfte der Unternehmen die Werte jeweils über 100% bzw. unter 40% der ursprünglichen Innovationszeit.

Die erheblichen Schwankungen in den Aneignungsbedingungen zwischen diesen vier Branchen zeigen, daß die einzelnen Technologien durch Patente in unterschiedlichem Ausmaß vor ungewollter Imitation geschützt werden. In einigen Fällen können die Unternehmen ihre Innovationsrenten sichern, ohne auf Patente zurückzugreifen. Die Erarbeitung von technologischen Vorsprüngen gegenüber den Wettbewerbern erscheint hier ebenfalls als effektiver Aneignungsmechanismus.

Im Innovationswettbewerb kann bereits die Information, daß ein Konkurrent mit einem Forschungsprojekt beginnt, einen wichtigen Hinweis darstellen. Mansfield (1985) untersucht daher, getrennt nach Produkt- und Prozeßinnovation, mit Hilfe einer Befragung von 100 US-amerikanischen Unternehmen sowohl die Frage nach der durchschnittlichen Zeit bis Wettbewerber von Innovationsentscheidungen erfahren als auch nach der Zeit bis detaillierte technische Informationen in den Händen der Wettbewerber sind.[16]

Die Information, ein neues F&E-Projekt zu beginnen, ist nach 12 bis 18 Monaten in den Händen mindestens eines Wettbewerbers, wobei Informationen über Entscheidungen, neue Produkte zu entwickeln, durchschnittlich etwas

[16] Vgl. *Mansfield* (1985, S. 219).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

schneller verbreitet werden als Entscheidungen über neue Prozesse. Berücksichtigt man, daß es in vielen Branchen ungefähr drei Jahre von der Entscheidung ein Forschungsprojekt durchzuführen bis zur Markteinführung der Innovation dauert, folgt aus dem Untersuchungsergebnis, daß nach etwa der Hälfte der Entwicklungszeit die entsprechende Information in den Händen der Konkurrenten ist.

Noch mehr als an der Information, ein Projekt durchzuführen, sind die Wettbewerber natürlich an detaillierten technischen Informationen, mitunter den Spillover-Effekten interessiert. Entsprechend Mansfields Studie dauert es durchschnittlich ein Jahr bis nach einer Innovation das Wissen zur Konkurrenz durchgesickert ist. Die Zeit für Produktinnovationen liegt wieder etwas unter der für Prozeßinnovationen, da bei neuen Produkten ein Nachbau (*reverse engineering*) möglich ist. Eine wichtige Ausnahme stellt die chemische Industrie dar, der es offensichtlich über einen bedeutend längeren Zeitraum (durchschnittlich vier Jahre) gelingt, technische Informationen von der Konkurrenz fernzuhalten.

Aufgrund der zunehmenden empirischen Evidenz, daß Patente die ihnen theoretisch zugedachte Aufgabe der Wahrung der Aneignungsbedingungen nicht oder nur unvollständig erfüllen, untersuchten Levin, Klevorick, Nelson und Winter (1987) mit Hilfe einer Befragung von 650 F&E-Managern aus 130 verschiedenen Geschäftsfeldern (sog. *Yale Survey on Industrial Research and Development*) neben den Patenten auch noch andere Aneignungsmechanismen, jeweils getrennt für Produkt- und Prozeßinnovationen. Bei einem direkten Vergleich mit anderen Aneignungsmechanismen nehmen Patente in dieser Untersuchung sowohl bei Produkten als auch bei Prozessen nur hintere Positionen ein (vgl. Tabelle 1).[17] Überraschenderweise stuften überhaupt nur in ca. 20% der Geschäftsfelder die F&E-Manager Patente als effektiv ein.

[17] Diese Ergebnisse bestätigen *Mansfield* (1986), der der Frage nachging, in welchem Umfang die Innovationsanstrengungen zurückgehen würden, wenn keine Patentierungsmöglichkeiten vorhanden wären. In der pharmazeutischen und der chemischen Industrie würden die Innovationsanstrengungen ohne Patentschutz mit über 30% am deutlichsten zurückgehen. In den Branchen Mineralöl, Maschinenbau und Metall sind dagegen nur 10-20% der innovativen Aktivitäten vom Patentschutz abhängig, während die übrigen Branchen sogar auf nur weniger als 10% ihrer Innovationsanstrengungen ohne Patentschutz verzichten würden.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Tabelle 1
Effektivität alternativer Aneignungsmechanismen

Position	*Produktinnovationen*	*Prozeßinnovationen*
1	zusätzliche Leistungen (5,59)	Vorsprung (5,11)
2	Vorsprung (5,41)	Lernkurveneffekte (5,02)
3	Lernkurveneffekte (5,09)	zusätzliche Leistungen (4,55)
4	Patente (4,33)	Geheimhaltung (4,31)
5	Geheimhaltung (3,57)	Patente (3,52)

Die Zahlen in den Klammern geben die durchschnittlichen Befragungsergebnisse wieder, wobei eine Skala von 1-7 zur Verfügung stand (7 = sehr effektiv; 1 = nicht effektiv); Quelle: Levin et al. (1987), S. 794.

Statt dessen werden von den Unternehmen vor allem technologische Vorsprünge und Lernkurveneffekte als effektive Aneignungsmechanismen betrachtet. Für den Fall eines schnell voranschreitenden technischen Fortschritts und der damit einhergehenden schnellen Obsoleszenz von Ideen können first-mover-advantages und Geheimhaltung weitaus effektivere Aneignungsmechanismen als Patente darstellen. Dies um so mehr vor dem Hintergrund, daß auch die Patentierung ein kosten- und zeitaufwendiges Verfahren darstellt.[18] Bei Produktinnovationen kommt noch das Anbieten komplementärer Güter und Leistungen als wichtiger Aneignungsmechanismus hinzu. Geheimhaltung, welche bei Prozeßinnovationen eine etwas wichtigere Rolle spielt, ist hier dagegen weniger relevant: Während bei Produktinnovationen das Anpreisen der neuen technischen Eigenschaften mit zur Markteinführung gehört, kann bei Prozeßinnovationen durch schlichte Geheimhaltung auf vergleichsweise einfache Art das Durchsickern von Informationen vermieden werden. In diesem Fall wird das Unternehmen darauf verzichten, ein Patent anzumelden, da es sonst in der Patentschrift die technischen Details der Innovation offenlegen müßte. „*Firms may sometimes refrain from patenting processes to avoid disclosing either the fact or the details of innovation.*“ (Levin et al., 1987, S. 795)

Die eingeschränkten Aneignungsbedingungen werfen die Frage nach den Kanälen für die technologischen Informationen und damit auch für Spillover-Effekte auf. Welche Mittel und Wege stehen den Unternehmen zur Verfügung,

[18] Vgl. auch: *Levin/Cohen/Mowery* (1985).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

sich das Know-how der Wettbewerber anzueignen? Diese Frage stellten auch Levin et al. (1987) im *Yale Survey*. Neben dem über Lizenzen verbundenen Erwerb von patentiertem Wissen spielen dabei auch andere nicht-marktliche Aneignungsmethoden eine bedeutende Rolle. Die entsprechenden Ergebnisse finden sich in Tabelle 2.

Tabelle 2

Effektivität alternativer Spillover-Kanäle

Position	*Produktinnovationen*	*Prozeßinnovationen*
1	Unabhängiges F&E (5,0)	Unabhängiges F&E (4,76)
2	Nachbau (4,93)	Lizenzen (4,58)
3	Lizenzen (4,62)	Publikationen und Kongresse (4,07)
4	Abwerben von F&E-Angestellten (4,08)	Nachbau (4,07)
5	Publikationen und Kongresse (4,07)	Abwerben von F&E-Angestellten (4,02)
6	Patentveröffentlichungen (3,64)	Patentveröffentlichungen (3,88)
7	informelle Kontakte (3,64)	informelle Kontakte (3,64)

Die Zahlen in den Klammern geben die durchschnittlichen Befragungsergebnisse wieder, wobei eine Skala von 1-7 zur Verfügung stand (7 = sehr effektiv; 1 = nicht effektiv); Quelle: Levin et al. (1987), S. 806.

Unabhängige Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen gelten als die wichtigste Methode, sich Wissen über technologische Spillovers anzueignen. Daneben spielt auch der Nachbau (*reverse engineering*) naturgemäß bei Produktinnovationen eine große Rolle. Weitere wichtige Methoden werden im Abwerben von F&E-Angestellten des Konkurrenten und informellen Kontakten zu Wissenschaftlern und Ingenieuren in Konkurrenzunternehmen gesehen. Die mit Patenten verbundene marktliche Aneignungsmethode stellen Lizenzen dar, welche sowohl bei Prozeß- als auch bei Produktinnovationen eine vergleichsweise wichtige Rolle spielen.

Bemerkenswert ist, daß sowohl bei Produkt- als auch bei Prozeßinnovationen als wichtigste Methode, sich technologische Informationen anzueignen, die Durchführung von eigenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten genannt wird. Unvollständige Aneignungsbedingungen veranlassen die Unternehmen bisweilen, F&E-Aktivitäten durchzuführen, um sich die Informationen über

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

technologische Spillovers anzueignen. Neben den postulierten negativen Auswirkungen auf die F&E-Anreize identifizieren Levin et al. damit auch einen positiven Effekt unvollständiger Aneignungsbedingungen auf die Innovationsanreize.

> „This may appear to be wasteful duplication, but it need not be. One pretest subject said that R&D effort devoted to determining what a competitor has done may have strong complementarities with a firm's own research program in areas not directly imitative of the innovating competitor." (Levin et al., 1987, S. 806)

Die empirischen Studien zeigen, daß technologische Spillovers eine universelle und nahezu unvermeidliche Komponente im Innovationsprozeß sind. Da sie aber für eine unfreiwillige Weitergabe von neuem technischen Wissen verantwortlich gemacht werden, ist nach der neoklassischen Vorstellung mit dem Auftreten von Spillover-Effekten eine negative Wirkung auf die Anreize, Forschungs- und Entwicklungsausgaben zu tätigen (*incentive-reducing*), untrennbar verbunden. Dennoch ist für die Aneignung der Spillover-Effekte unter Umständen eigenes F&E notwendig, wodurch die Anreize in F&E zu investieren, auch positiv berührt werden können.

Mit Ausnahme des *Yale-Surveys* beschränken sich die zitierten empirischen Studien letztendlich auf die einfache Feststellung von Mängeln im Patentschutz und der daraus folgenden Existenz von technologischen Spillover-Effekten. Die für die formal-theoretische Analyse zentrale Beantwortung der Frage nach der Verbindung des Ausmaßes von Spillover-Effekten mit den F&E-Aktivitäten einer Branche wird nicht beantwortet.[19] Die Wirkung der Spillovers auf die Anreize Forschung und Entwicklung durchzuführen, bleibt ununtersucht. Vor diesem Hintergrund betrachten wir im nächsten Abschnitt die Integration technologischer Spillover-Effekte in die formal-theoretische Modellierung des Innovationsprozesses.

6. Technologische Spillover-Effekte in der formalen Darstellung des Innovationsprozesses

Im Zusammenhang mit der Untersuchung der sogenannten Neo-Schumpeter-Hypothesen (Beziehung zwischen Industriestruktur, Unternehmensgröße und Innovationstätigkeit) eröffnete sich eine neue Forschungslinie in der modernen Industrieökonomik. Hier wird von der bisher vorherrschenden neoklassischen Vorstellung der vollständigen Konkurrenz abgewichen und diese allenfalls als

[19] Vgl. *Levin* (1988, S. 425).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Referenzgröße herangezogen. Statt dessen werden oligopolistische Strukturen im Zusammenhang mit unternehmerischer Innovationstätigkeit im Rahmen von entscheidungs- und spieltheoretischen Modellen untersucht. Trotz der angeführten empirischen Evidenz für die Existenz von Spillover-Effekten wurde in der theoretischen Analyse zunächst von deren Berücksichtigung abgesehen.

a) Formale Darstellung des Innovationsprozesses mit vollkommenen Aneignungsbedingungen

Ein erster formaler Ansatz zur Abbildung des Innovationsprozesses findet sich bei Arrow (1962b). In dieser und den darauf aufbauenden entscheidungstheoretischen Modellierungen des Innovationswettbewerbs behalf man sich mit der Annahme durch Patentschutz oder Geheimhaltung vollkommen gesicherter Eigentumsrechte an den technischen Neuerungen, wodurch technologische Spillover-Effekte per definitionem ausgeschlossen wurden. Untersuchungsgegenstand sind die unternehmerischen Innovationsanreize in verschiedenen marktstrukturellen Konstellationen. Beispielsweise betrachten Kamien und Schwartz (1970) in ihrem Ansatz ausschließlich individuelle unternehmerische Innovationsentscheidungen, unabhängig von externen Einflüssen. Technologische und ökonomische Interdependenzen zwischen verschiedenen Akteuren finden keine Berücksichtigung; das Verhalten der Unternehmen wird in Isolation betrachtet. Aus der Kritik an diesem Vorgehen entwickelte sich schließlich in den 80er Jahren die Klasse der spieltheoretischen Modelle, welche in der Lage sind, oligopolistische Interdependenzen nach Cournot bzw. Bertrand und strategische Entscheidungen abzubilden. „... *this branch of literature has added a little more realism to the Arrow world.*" (Davis, 1988, S. 204)

Beispielhaft sei das Modell von Dasgupta und Stiglitz (1980a) angeführt, welches in der Literatur häufig als Referenzmodell dieser formalen Analyserichtung eingeordnet wird. Dasgupta und Stiglitz stellen nicht mehr auf eine einzelne Invention ab, bei der die Unternehmen nur noch abwägen müssen, wieviel sie in F&E investieren wollen, um eine technologische Innovation herbeizuführen.[20] Innovationsprozesse werden in diesen Non-Tournament-Modellen vielmehr in ihrer Kontinuität erfaßt und von zueinander ökonomisch in Wettbewerb stehenden Unternehmen vorangetrieben.[21] Prozeßinnovationen fin-

[20] Vgl. Patentrennen-Modelle in *Dasgupta/Stiglitz* (1980b).

[21] In dieser Modellklasse können die Unternehmen einer Branche simultan vergleichbare technologische Verbesserungen ihrer produktionsfunktionalen Zusammenhänge einführen. Dafür werden zwei Gründe verantwortlich gemacht (vgl. *Cantner* (1996)):

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

den als Stückkostenreduktionen $\partial c_i / \partial r_i \leq 0$ Eingang, welche ausschließlich von den Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen r_i eines Unternehmens i abhängen. Die Forschungsaufwendungen r_j ($j \neq i$) anderer Unternehmen j lassen die Technologie des Unternehmens i unberührt, „... *we are supposing that knowledge is monopolised by a firm when it pays for it.*" (Dasgupta/Stiglitz, 1980, S. 274)

$$\frac{\partial c_i}{\partial r_j} = 0 . \tag{3}$$

Bedingung (3) gibt die Unabhängigkeit der Stückkosten c_i des Unternehmens i von den Forschungsanstrengungen anderer Unternehmen r_j wieder. Diese Formulierung beinhaltet in einem symmetrischen Marktgleichgewicht gleichzeitig, daß auch andere Unternehmen j nicht von den Forschungsanstrengungen des Unternehmens i profitieren. Somit liegen hier von technologischen Spillover-Effekten unverzerrte F&E-Anreize vor. Die Berücksichtigung von Interdependenzen beschränkt sich damit auf die ökonomische Seite; unmittelbare technologische Beeinflussungen werden nicht abgebildet, wodurch die modelltheoretische Erfassung der technologischen Spillover-Effekte noch weitgehend jene ist, wie sie von Arrow (1962b) in die wissenschaftliche Diskussion eingeführt wurde.

b) Formale Darstellung des Innovationsprozesses mit technologischen Spillovers

Die oben skizzierten empirischen Studien lassen allerdings keinen Zweifel an der Unvollständigkeit der intellektuellen Eigentumsrechte und damit an der Existenz von technologischen Spillover-Effekten. Will man tatsächlich eine weitgehend realistische Abbildung des Innovationsprozesses, so darf man nicht auf die unmittelbare Berücksichtigung der technologischen Interdependenzen verzichten. Aus diesem Grund haben Levin und Reiss (1984) in Anlehnung an das Modell von Dasgupta/Stiglitz einen erweiterten Ansatz entwickelt, in dem sie von der restriktiven Annahme uneingeschränkter Aneignungsbedingungen ab-

---

Auf der einen Seite sind verschiedene Wege denkbar auf denen eine bestimmte Innovation erzielt werden kann. Auf der anderen Seite können mit der Nutzung einzelner technologischer Verbesserungen sunk costs verbunden sein, die dann auch ohne Patentschutz anfallen.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

weichen.[22] Sie betrachten ein gewinnmaximierendes Unternehmen, dem zwei Handlungsparameter F&E-Ausgaben r_i und Produktionsoutput q_i zur Verfügung stehen. Der Zusammenhang zwischen F&E-Ausgaben und Stückkostenreduktion ist den Unternehmen bekannt. Die Stückkosten einer Firma werden durch die Kostenfunktion c_i beschrieben:

(4) $$c_i = c(r_i; \Sigma r).$$

Neu in dieser Funktion tauchen jetzt die F&E-Aufwendungen der gesamten Branche Σr auf, wodurch Levin und Reiss technologische Spillover-Effekte explizit mit in die Analyse einbeziehen und so auch technologische Interdependenzen abbilden können.

> „This formulation emphasizes an important aspect of R&D technology neglected in most analytical models - external economies. An increase in the R&D expenditures of firm *i* not only reduces its own costs, but also, through its 'spillover' effect on *Z* [=Σr, AP], reduces the costs of all other firms in the industry." (Levin/Reiss, 1984, S. 178)

Für die Kostenfunktion wird bezüglich eigener wie auch branchenweiter F&E-Ausgaben wieder ein positiver, allerdings abnehmender Verlauf angenommen:

(5) $$\frac{\partial c_i}{\partial r_i} > 0; \quad \frac{\partial^2 c_i}{\partial r_i^2} < 0; \quad \frac{\partial c_i}{\partial \sum r} > 0; \quad \frac{\partial^2 c_i}{\partial \sum r^2} < 0.$$

Unter der Annahme der Gewinnmaximierung und *n* symmetrischer Unternehmen läßt sich aus der Gleichgewichtslösung dieses Oligopol-Spiels folgende Bedingung ableiten, welche die Auswirkungen der technologischen Spillovers beschreibt:

(6) $$\frac{r\&d}{1-r\&d} = \alpha_r + \frac{1}{n}\lambda_i \alpha_{\Sigma r}.$$

Dabei wird mit *r&d* der F&E-Kosten-Umsatzanteil (*r&d=r/pq*) bezeichnet, $\alpha_r = -(\partial c_i / \partial r_i) \cdot (r_i / c_i)$ steht für die Elastizität der Kostenreduktion bezüglich eigener F&E-Ausgaben bei konstanten F&E-Aufwendungen der Branche und $\alpha_{\Sigma r} = -(\partial c_i / \partial \Sigma r) \cdot (\Sigma r / c_i)$ bezeichnet die Elastizität der Stückkostenreduktion bei einer Veränderung der branchenweiten F&E-Ausgaben, wenn der eigene F&E-Aufwand r_i unverändert bleibt. Die Größe $\lambda_i = \partial \Sigma r / \partial r_i$ schließlich bringt das Verhalten der Branche bei einer Veränderung der individuellen F&E-

[22] Zusätzlich nehmen *Levin/Reiss* auch Aufwendungen für Werbung in ihr Modell auf, von denen im folgenden abgesehen wird. In *Levin/Reiss* (1988) wird das Modell außerdem um Produktinnovationen erweitert.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Ausgaben zum Ausdruck. Die Existenz von technologischen Spillovers übt somit einen dreifachen Einfluß auf die Innovationsaktivitäten der Unternehmen aus:

i) Der sicherlich wichtigste Einfluß hängt von der Interpretation der Größe λ_i ab. Geht man von einer komplementären Beziehung der einzelnen unternehmerischen F&E-Projekte einer Branche aus, so daß einem Unternehmen durch die Forschungsanstrengungen der anderen Erkenntnisse zukommen, die nicht ohne weiteres auch selbst entwickelt werden können und die in seine eigene Forschung integrierbar sind, so darf ein positiver Zusammenhang $\lambda_i > 0$ vermutet werden. Hier würden die Spillovers also positive Anreize auf die Innovationsaktivitäten ausüben. Die Annahme rationalen Verhaltens und homogener Technologien im Modell von Levin und Reiss legen allerdings bereits nahe, daß die Forschungsanstrengungen aller Wahrscheinlichkeit nach zueinander in einer substitutiven Beziehung stehen, womit ein negatives Vorzeichen $\lambda_i < 0$ plausibel wird. In diesem Fall werden die Unternehmen Free-Rider-Verhalten an den Tag legen, d.h., sie werden ihre eigenen F&E-Anstrengungen reduzieren, da sie sich zum einen Erkenntnisse der Wettbewerber über Spillover-Effekte aneignen können, und zum anderen vermeiden wollen, daß die Früchte der eigenen Forschung der Konkurrenz zugute kommen. Levin/Reiss (1984, S. 182) lassen an den negativen Auswirkungen technologischer Spillovers - ganz in neoklassischer Tradition - keine Zweifel aufkommen:

> „Such negative conjectural variation [$\lambda_i < 0$, AP] produce market equilibria that are not Nash equilibria, but the idea that free-rider effects are important in R&D is sufficently well entrenched in the literature to warrant evidence for testing its presence."

ii) Die Elastizität $\alpha_{\Sigma r}$ steht für den Einfluß der Forschung anderer Unternehmen auf die eigene Innovationsaktivität, beschreibt also die Aneignungsbedingungen. Für den Fall $\alpha_{\Sigma r} = 0$ liegt vollständige Appropriierbarkeit vor, technologische Spillovers existieren nicht, womit das Modell von Levin/Reiss (1984) dem von Dasgupta/Stiglitz (1980a) entspricht. Man kann sich $\alpha_{\Sigma r}$ auch als Maß für Imitationskosten vorstellen, wobei gilt, daß die Imitationskosten mit zunehmenden $\alpha_{\Sigma r}$ abnehmen.[23]

iii) Schließlich übt der Konzentrationsgrad $1/n$ einen positiven Effekt auf die F&E-Tätigkeit aus. Je konzentrierter der Markt ist, desto mehr Nutzen zieht ein Unternehmen aus den industrieweiten F&E-Ausgaben und desto höher fällt die Fortschrittsrate aus (Schumpeter-Hypothese).

---

[23] Vgl. *Erdmann* (1993, S. 82).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

„Thus, where a monopolist's cost fall by [α_{Σ}] percent for a 1 percent increase in its contribution to the common pool, an oligopolist's cost fall only by [α_{Σ}/n] percent. Through this mechanism, the intensity of R&D increases with the greater appropriability associated with a more concentrated market structure." (Levin/Reiss, 1984, S. 182)

Den monopolistischen Verzerrungen der statischen Ressourcenallokation steht im Modell die vermeintlich dynamische Effizienz durch höhere Forschungsaktivität im Sinne der Schumpeter-Hypothese gegenüber. Welche Effekte sich allerdings tatsächlich und in welchen Größenordnungen äußern, läßt sich mit diesem, auf die statische Analyse einer Ein-Periodenbetrachtung beschränktem Modell nicht beantworten.

c) Die Integration von Effizienz-Effekten

Um neben den Auswirkungen von technologischen Spillovers auf die F&E-Anreize, auch die Effekte auf die Kosten der branchenmäßigen F&E-Erfolge zu erfassen, greift Spence (1984) ebenfalls das Konkurrenzmodell von Dasgupta und Stiglitz (1980a) auf, um es entsprechend zu erweitern. Spence geht in seinem Modell der Frage nach, zu welchen Kosten ein bestimmter technischer Fortschritt einer Branche erkauft wird.[24] Da die Grenzkosten der Wissensdiffusion aufgrund der Nicht-Rivalität nahe Null sind, sollte sich neu entwickeltes technisches Wissen nahezu ungehindert ausbreiten, um ineffiziente Doppel- und Mehrfachforschung zu vermeiden. Gerade diese Funktion erfüllen technologische Spillover-Effekte. Sie eröffnen potentiellen Imitatoren das, von den Innovatoren entwickelte neue Know-how, ohne für die Forschungskosten aufkommen zu müssen. Spence (1984, S. 102) weist auf den Trade-off zwischen Anreizen und Diffusion nachdrücklich hin:

„If the R&D of a single firm is not appropriable, the initial incentives to do the R&D are reduced. On the other hand, the price of the results of R&D, namely zero, is close to or at least the correct price, namely marginal cost. ... Thus there appears to be an unpleasant trade-off between incentives on the one hand and the efficiency with which the industry achieves the levels of cost reduction it actually does achieve, on the other."

Mit verschlechterten Aneignungsbedingungen, also höheren Spillover-Effekten, geht neben den anreizmindernden Effekten $\lambda_i = \partial\Sigma r_i / \partial r_i < 0$, ein zweiter, sogenannter efficiency effect einher, welcher sich in Spences Modell folgendermaßen bestimmt: Die Stückkostenfunktion ist wie bei Dasgupta/Stiglitz

[24] Vgl. *Cantner* (1996, S. 39).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

(1980a) nur vom eigenen technologischen Know-how abhängig. Bei Spence optimieren die Unternehmen allerdings nicht mehr simultan ihre F&E- und Outputentscheidungen, sondern treffen vielmehr getrennt Entscheidungen über gewinnmaximale F&E-Tätigkeit und Output. Bei der F&E-Entscheidung berücksichtigt Spence technologische Spillovers, welche wieder über die F&E-Aufwendungen der Konkurrenz erfaßt werden, jetzt aber nicht unmittelbar zu Kostenreduzierungen führen, sondern zunächst den eigenen Wissensstock anreichern. Das technologische Know-how R_i eines Unternehmens setzt sich somit aus eigenen F&E-Anstrengungen r_i und denen der Konkurrenz r_j zusammen; der Umfang der Aneignungsbedingungen wird durch einen exogenen Spilloverparameter θ, $0 \leq \theta \leq 1$, erfaßt. Für $\theta = 0$ liegen vollständige, für $\theta = 1$ überhaupt keine Aneignungsmöglichkeiten vor. Es gilt folgende Beziehung:

$$R_i = r_i + \theta \sum_{j \neq i} r_j \,. \tag{7}$$

Im symmetrischen Cournot-Nash-Gleichgewicht, bei n Unternehmen und bei einer linearen Nachfrage, ergibt sich wieder der anreizmindernde Effekt der Spillovers. Eine Erhöhung der Spillover-Effekte verringert die gleichgewichtigen F&E-Aufwendungen und das Ausmaß der Kostenreduktion.

Aus den Gleichgewichtsbedingungen läßt sich jedoch noch eine weitere Beziehung (8) zwischen branchenweiten F&E-Aufwendungen und der erzielten Kostenreduktion ableiten:

$$\frac{nr}{R} = \frac{n}{1 + \theta(n-1)} \,. \tag{8}$$

Für den Fall, daß keine Spillovers vorliegen ($\theta = 0$), sind die F&E-Kosten einer bestimmten Stückkostenreduktion proportional zur Anzahl der Unternehmen. Für $\theta > 0$ nehmen die F&E-Kosten mit einer größer werden Anzahl von Unternehmen ab. Für vollständige Spillovers ($\theta = 1$) sind die F&E-Kosten schließlich konstant und belaufen sich auf eins, sie sind unabhängig von der Unternehmensanzahl. Nach dieser Beziehung sinken die branchenweiten F&E-Aufwendungen für eine Stückkostenreduktion mit zunehmenden technologischen Spillovers.

Technologische Spillover-Effekte werden zwar weiterhin für anreizmindernde Effekte verantwortlich gemacht, dennoch werden sie hier bereits mit einem positiven Effekt, der Effizienzsteigerung des Innovationsprozesses in Verbindung gebracht. Bei einer dynamischen Betrachtung des Innovationsprozesses würde dieser *efficiency-effect* eine Beschleunigung des technischen Fortschritts mit sich bringen, da ceteris paribus mit gegebenen branchenweiten F&E-Aufwendungen höhere Kostenreduzierungen, also weiter fortgeschrittene Technologien eingeführt werden könnten.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Für die Diskussion der Auswirkungen von technologischen Spillover-Effekten ist allerdings entscheidend, daß durch das unterstellte Free-Rider-Verhalten der Unternehmen ($\lambda_i < 0$) die anreizreduzierenden Auswirkungen von technologischen Spillover-Effekten auch formal abgebildet werden können und somit die deduktiven Vorhersagen der neoklassischen Innovationsökonomik ihre analytische Bestätigung finden. Die Beobachtung des *Yale-Surveys*, daß Unternehmen sich zur Aneignung von Spillover-Effekten in F&E-Anstrengungen engagieren und auf diese Weise sogar höhere F&E Aufwendungen tätigen, bleibt ein von theoretischer Seite unerklärtes empirisches Fakt. Für mögliche positive Auswirkungen von Spillover-Effekten ist in der strikten neoklassischen Interpretation des Innovationsprozesses kein Raum vorgesehen; so tief ist in diesem Ansatz die anreizmindernde Vorstellung technologischer Externalitäten verankert.

II. Die veränderte Sichtweise der neuen Innovationsökonomik - Ideenschaffende Spillover-Effekte

Im vorangegangenen Kapitel wurde die traditionelle Sichtweise des technischen Fortschritts und technologischer Spillovers geschildert, wie sie sich im allgemeinen auch in den mikroökonomischen Lehrbuchdarstellungen wiederfindet. Allerdings zeigte sich bereits in den angeführten empirischen Studien zur Untersuchung der Aneignungsproblematik ein gewisses Erklärungsdefizit des traditionellen neoklassischen Ansatzes: Als die wichtigste Methode zur Aneignung von externem Know-how, der Integration von technologischen Spillover-Effekten in den eigenen Wissensstock, wurde das Durchführen eigener Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen identifiziert. Diese Beobachtung deutet bei der Existenz von technologischen Spillover-Effekten, auf einen positiven Effekt auf die Anreize, F&E durchzuführen hin und steht in einem deutlichen Widerspruch zum neoklassischen Spillover-Verständnis.

Von der in den letzten zwei Jahrzehnten aufkommenden neuen Innovationsforschung wird das traditionelle Bild des technischen Fortschritts im allgemeinen und das der technologischen Spillover-Effekte im speziellen in Frage gestellt. Die Vorstellung des unternehmerischen Innovationsprozesses als einen schlichten Rückgriff auf einen exogenen Wissenspool und damit als einen rein *reaktiven* und im Sinne des Rationalitätspostulats *optimierenden* Prozeß, greift aufgrund der Vernachlässigung von Rückkopplungen, von gegenseitigen Beeinflussungen der beteiligten Akteure und von Unsicherheit im Innovationsprozeß zu kurz und steht daher einer befriedigenden Erklärung des Phänomens des technischen Fortschritts entgegen. Die nur rudimentäre bzw. sogar vernachlässigte Abbildung von technologischen Fähigkeiten und Wissen des neoklassi-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

schen Allokationsansatzes macht eine wirklichkeitsgetreue Abbildung des Innovationsprozesses unmöglich. Die neue Innovationsforschung bezieht sich dagegen auf einen *wissensbasierten* Ansatz (Penrose, 1959, Carlsson und Eliasson, 1994), der die Fertigkeiten und das ökonomische und technologische Know-how der Unternehmen als die herausragenden Charakteristika behandelt.

Wurde in der traditionellen Vorstellung aufgrund des linearen Innovationsbildes technischer Fortschritt als eine Art *black-box* (vgl. Rosenberg, 1982) behandelt, stellt die neue Innovationsforschung genau auf die Zusammenhänge innerhalb dieser *black-box* ab, um die Faktoren zu analysieren, die hinter der technologischen Entwicklung stehen und von *aktiven Entrepreneuren* maßgeblich beeinflußt werden. Grundlage dieser Analyse stellt die Aufgabe der linearen Vorstellung zugunsten eines *vernetzten Innovationsprozesses* dar, bei dem von allen Phasen Vor- und Rückkopplungen auf andere Phasen in einem systematisch und organisierten Problemlösungsprozeß ausgehen. Insbesondere die Diffusionsphase wird jetzt nicht mehr ausschließlich mit Imitation identifiziert, wodurch der Tatsache Rechnung getragen wird, daß diffundierende Innovationen oft mit weiteren technischen Veränderungen einhergehen. Auf diese Weise kommt es nicht nur zu Verbesserungen der ursprünglichen Neuerungen, sondern es werden auch Entwicklungsprozesse in anderen Technologien angestoßen.

Die damit verbundene Analyse von neuem technologischen Wissen und Wissensbildungsprozessen ist für eine veränderte Interpretation von technologischen Spillover-Effekten verantwortlich. Unternehmens- und Technologiespezifitäten sowie kumulative Lernprozesse stellen die Charakterisierung von neuem Know-how als reines öffentliches Gut in Frage, die in der traditionellen Analyse für die negative Einschätzung der technologischen Spillover-Effekte als anreizreduzierend verantwortlich gemacht wurde. Statt dessen rückt jetzt eine *positive* Interpretation der technologischen Externalitäten in den Vordergrund. Mit ihnen werden nicht mehr nur anreizreduzierende Effekte verbunden, sondern ihnen wird in einem vernetzten Innovationsprozeß auch ein *ideenschaffender* Charakter zugestanden.

Die Unternehmen sind nicht mehr in der Lage, „... [to] *produce and use innovations by dipping freely into a general 'stock' or 'pool' of technological knowledge*" (Dosi, 1988a, S. 225), wie es die traditionelle Sichtweise nahelegt, sondern müssen über ein Mindestmaß an Erfahrung und spezifische Fertigkeiten verfügen, um sich neues externes Know-how über technologische Spillover-Effekte anzueignen bzw. zu *absorbieren* (*kognitiver Aspekt*). Aus diesem Grund ist auch nur eingeschränkt mit einer unmittelbaren Anreizreduzierung durch technologische Externalitäten zu rechnen. Vor dem Hintergrund des vernetzten Innovationsbildes kommt hinzu, daß die technologische Entwicklung insgesamt als ein, aus vielen unterschiedlichen Einzelprozessen zusammengesetztes Gan-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

zes zu verstehen ist und von den Anstrengungen aller beteiligten Akteure gemeinsam vorangetrieben wird. Die Diffusion von neuem technologischen Wissen über Spillover-Effekte bedingt und unterstützt gleichzeitig diesen *kooperativen* Aspekt, wodurch neue technologische Potentiale erschlossen werden, die für die Entwicklung insgesamt mit positiven Impulsen verbunden sind. Ziel der folgenden Ausführungen ist es, diese Entwicklung hin zu einem veränderten Verständnis des Innovationsprozesses und technologischer Spillovers nachzuzeichnen.

1. Der wissensbasierte Ansatz der neuen Innovationsökonomik

In der *Theorie der Firma*[1] hat sich schon früh zu der *produktionsfunktionalen* Vorstellung einer Unternehmung eine Alternative im *wissensbasierten* Ansatz herauskristallisiert. Erste Überlegungen, ein Unternehmen durch die in ihm repräsentierten Kenntnisse und Fähigkeiten gegenüber der Umwelt abzugrenzen, finden sich bereits bei Marshall (1920), der Wissen und Organisation als wesentliche Bestandteile des Unternehmenskapitals betrachtete.[2] In dieser Tradition stammt von Penrose (1959) die Bezeichnung eines Unternehmens als *collection of productive resources*, worunter sie nicht nur eine optimale Inputkombination, sondern vielmehr eine ebenfalls das Wissen und die Fähigkeiten miteinbeziehende Sichtweise versteht. Die eigentlichen Produktionsaktivitäten einer Firma werden durch ihre *productive opportunities* bestimmt, die das Unternehmen aufgrund seiner spezifischen Zusammensetzung aus Human- und Sachkapital und der im Zeitablauf akkumulierten Erfahrung wahrnehmen kann:

> „It is clear that this opportunity will be restricted to the extent a firm does not see opportunities for expansion, is unwilling to act upon them, or is unable to respond to them." (Penrose, 1959, S. 32)

In ihrer Analyse verbindet Penrose das Wachstum eines Unternehmens somit untrennbar mit dem im Unternehmen angesammelten Wissen und den Fertigkeiten, indem sie auf die ausschließlich quantitativ-inputbezogene Betrachtungsweise von Faktoren wie Humankapital verzichtet. Demzufolge wird vor allem die Innovationstätigkeit einer Firma von der in ihr gebündelten Erfahrung,

---

[1] Vgl. *Holmström/Tirole* (1989), *Audretsch* (1996).

[2] *Carlsson/Eliasson* (1994, S. 688) geben einen kurzen Überblick über die Entwicklung des wissensbasierten Ansatzes. Darin beschreiben sie die ökonomische Bedeutung von Kompetenz bzw. Fertigkeit folgendermaßen: „... there is no productivity associated with physical factors of production such as machines, labour skills and raw materials - even if they are unique - unless they are coordinated by human competence for the purpose of earning a profit."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

dem Wissen und den Kompetenzen ihrer Mitarbeiter bestimmt. In diesem Sinne ist auch die neue Innovationsökonomik daran interessiert, langfristige Prozesse der Spezialisierung und der Arbeitsteilung in Unternehmen zu erklären, in dem sie Firmen als eine Institution zur Ansammlung, Kombination und Nutzung von ökonomischen und technologischen Fähigkeiten betrachtet.[3] In Anlehnung an Penrose beschreibt Winter (1988) eine Unternehmung beispielsweise als *repository of productive knowledge*.

Die neue ökonomische Innovationstheorie vollzieht durch den Wechsel vom *anreizbasierten*, im Sinne eines auf alle Inputfaktoren anzuwendenden Optimalkalküls, auf den *wissensbasierten* Ansatz einen entscheidenden Wandel in der analytischen Betrachtung des Innovationsprozesses.[4] Nicht mehr die Festlegung eines gewinnmaximierenden Innovationsbudgets mittels Kosten-Nutzen-Abwägungen steht im Mittelpunkt des Interesses, vielmehr richtet sich die Analyse jetzt auf die Zusammenhänge des Wissenserwerbs und den daraus resultierenden Verhaltensweisen der beteiligten Akteure. Aus der reduzierten Abbildung des Innovationsprozesses als schlichten Rückgriff auf einen exogen vorgegebenen Wissenspool wird so ein *kreativer Entdeckungsprozeß*, der Innovation als *Experimentier- und Problemlösungsprozeß* behandelt.[5]

Aus dieser Perspektive ist die *Wissensbasis*[6] eines Unternehmens nicht mehr vollkommen. Statt dessen klafft eine Lücke zwischen den Fähigkeiten und den Schwierigkeiten ein Entscheidungsproblem zu lösen auf, welche Heiner (1983, S. 562) als *C-D-Lücke* (*competence-difficulty-gap*) bezeichnet. „... *the presence of a C-D gap will introduce uncertainty in selecting most preferred alternatives, which tend to produce errors and surprises.*" Die Unternehmen verfügen über unterschiedliche Fertigkeiten, welche sie befähigen, am Innovationsprozeß mehr oder weniger erfolgreich teilzunehmen, wobei der Faktor Unsicherheit wieder in den Vordergrund rückt. Carlsson und Eliasson (1994, S. 694 ff.) unterscheiden dabei die folgenden vier *Kompetenz*-Klassen:

i) innovative bzw. selektive Fähigkeiten;

ii) Lernfähigkeiten;

iii) organisatorische Fähigkeiten;

iv) funktionale Fähigkeiten.

---

[3] Vgl. *Witt* (1997, S. 2).

[4] Vgl. *Cantner* (1996, S. 103).

[5] Vgl. *Dosi* (1988b, S. 1125 f.)

[6] Vgl. auch *Teece* (1988), der anstelle von Wissensbasis den Begriff *core business* verwendet.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Die innovativen bzw. selektiven Fähigkeiten legen fest, welche technologischen und/oder ökonomischen Opportunitäten ein Unternehmen sich erschließen wird. Darunter fällt auch die Fähigkeit, sich jene Potentiale anzueignen, die von der Umwelt angeboten werden. Eliasson (1990, S. 277) hat in diesem Zusammenhang den in der Literatur häufig zu findenden Begriff der *Empfängerkompetenz* (*receiver competence*) geprägt.

> „Innovations may be the result of new ideas (inventions) made within the organization. But they may also be the result of the firms ability quickly to identify new business opportunities resulting from ideas coming from outside the organization." (Carlsson und Eliasson, 1994, S. 696 f.)

Die Lernfähigkeiten sind für die Möglichkeiten der Erweiterung der Wissensbasis der Unternehmung verantwortlich. Aufgrund der mit Innovationen verbundenen Unsicherheit kann dabei die Erschließung neuer Fertigkeiten nur auf einer experimentellen Basis (*experimentally organized*) erfolgen: Das Unternehmen lernt aus seinen Erfolgen und Fehlern der Vergangenheit, um in Zukunft auf neu angebotene technologische und/oder ökonomische Potentiale nicht nur in vorteilhafter Weise zu reagieren, sondern sich auch selbst solche Potentiale zu erschließen. Lernen erfolgt dabei nicht nur als Nebenprodukt der normalen Produktionstätigkeit, sondern ist ein intendiertes und nur kostspielig zu erreichendes Ziel des Unternehmens.

Die organisatorischen und funktionalen Fähigkeiten bestimmen schließlich die innerbetrieblichen Abläufe. Nur durch sie ist es den Firmen möglich, durch die horizontale (beispielsweise unterschiedliche Produktlinien) und vertikale (betriebliche Funktionsbereiche: Forschung, Produktion, Absatz etc.) Kombination von Produktionsfaktoren *economies of scope* bzw. in der Terminologie von Carlsson/Eliasson (1994, S. 696) *Synergieeffekte* zu realisieren.

Der Zugang auf allgemeine Problemlösungsverfahren, wie sie das traditionelle Innovationsbild implizit unterstellt, ist den Unternehmen im wissensbasierten Ansatz im wesentlichen aus zwei Gründen verstellt: Zum einen macht die mit technologischen Innovationen verbundene Unsicherheit bereits eine eindeutige Problembeschreibung unmöglich. „*Typically, the problems are ill structured, in that the available information does not provide by itself a solution to the problem.*" (Dosi, 1988b, S. 1126) Zum anderen sind die Unternehmen durch ihre bisherigen Erfahrungen und ihre bisher eingesetzten Technologien in ihrer Entwicklung beschränkt, d.h., sie sind nicht in der Lage, jede technologische Verbesserung für ihre Belange einzusetzen. „... firms will instead sekk to improve and to diversify their technology by searching in zones that enable them to use and to build on their existing technological base ..." (Dosi, 1988b, S. 1130) Die einzelnen Schritte des unternehmerischen Innovationsprozesses bauen aufeinander auf; es handelt sich um einen kumulativen Prozeß.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Deshalb bestimmen im wissensbasierten Ansatz die bisher erworbenen Fertigkeiten (*competences*) und das im Unternehmen angesammelte Wissen (*knowledge base*) die unternehmerische Problemlösungskompetenz. Dabei muß es sich nicht nur um allgemeines und unspezifisches Wissen handeln, sondern die firmeneigene Wissensbasis wird sich auch aus unternehmens- und technologiespezifischen Bestandteilen zusammensetzen, die sich aus einer engen Beziehung zur historischen Entwicklung des Unternehmens ergeben.

Die von der traditionellen neoklassischen Innovationsökonomik so in den Vordergrund gestellte Anreizproblematik erfährt durch den wissensbasierten Ansatz eine deutliche Abschwächung. Die Betonung der Notwendigkeit bestimmter Fähigkeiten zum Verständnis einzelner Technologien verbessert *nolens volens* die Aneignungsbedingungen, da für die Integration von technologischen Spillover-Effekten jetzt bestimmte Vorkenntnisse notwendig werden, wodurch sich der Kreis potentieller Imitatoren wesentlich verkleinert.[7]

> „In particular, spillovers might as reasonably be linked to the internal capabilities or decisions of agents as they are to any feature of senders or what is being sent, not least because it is the decision to access knowledge stocks of others which creates the possibility of a spillover. Further, the internal capability of the searching firm often determines how large and useful the spillover is likely to be, almost regardless of what is sent." (Geroski, 1995, S. 80)

Mit der Aufgabe, der ausschließlich auf eine optimale Inputkombination abzielenden Vorstellung des Innovationsprozesses, geht zudem die Verabschiedung des Konzepts, technologisches Wissen mit Information gleichzusetzen und die Aufgabe des linearen Innovationsbildes einher. Die maßgebliche Voraussetzung für das Verstehen und Beherrschen einer Technologie wird in den entsprechenden Fähigkeiten gesehen, d.h., neues Wissen kann nicht einfach *eingekauft* oder imitiert werden, sondern setzt *Lernprozesse* voraus. Eine wichtige Komponente im Wissenserwerb stellt dabei das Zusammenspiel der beteiligten Akteure dar - auch über die einzelnen Phasen des Innovationsprozesses hinaus.

2. Die Eigenschaften von neuem technologischen Know-how

Der wissensbasierte Ansatz der neuen Innovationsökonomik legt konsequenterweise die Aufgabe des Konzepts nahe, neues technologisches Wissen

---

[7] In diesem Zusammenhang ist insbesondere auf das Konzept der *komplementären Fähigkeiten* (*complementary assets*) von *Teece* (1986, 1988) hinzuweisen: Wird für die marktliche Umsetzung einer neuen Technologie die Heranziehung komplementärer Technologien notwendig, kann der Innovator durch den Aufbau der entsprechenden Kompetenzen seine Aneignungsbedingungen drastisch verbessern.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

mit Information gleichzusetzen, und macht statt dessen eine, die Fähigkeiten der Akteure einbeziehende Analyse mit den Charakteristika von technologischem Know-how notwendig. Das Verständnis technologischen Wissens hängt jetzt entscheidend von den Fertigkeiten und Kompetenzen der Akteure ab, weshalb Know-how nicht mehr ausschließlich als öffentliches Gut zu charakterisieren ist, sondern sehr wohl auch Charakteristika eines privaten Gutes vorliegen können. Nelson (1987, S. 73 f.) spricht in diesem Zusammenhang von einem *latent öffentlichem Gut* und trennt zwischen einer *Technik*- und einer *Logik*- Seite des Begriffs Technologie.

a) Der globale Charakter von technologischem Wissen

Soweit es sich bei dem betrachteten Wissen um *allgemeine* Prinzipien aus der (angewandten) Wissenschaft handelt, wie es sich in wissenschaftlichen Publikationen und auch Lehrbüchern findet, trifft die Charakterisierung als öffentliches Gut ohne weiteres zu. Aber nicht nur wissenschaftliches Wissen weist diese Eigenschaften auf, sondern auch mehr oder weniger unternehmensnahes technologisches Wissen, soweit es Gegenstand formeller und informeller Austauschprozesse ist, wofür es in expliziter bzw. artikulierbarer Form vorliegen muß. Diesen Teil technologischen Wissens beinhaltet Nelsons *Logik*-Seite. Der *globale* und unspezifische Charakter ist für die Übertragbarkeit auf eine Vielzahl von Bereichen verantwortlich, wobei die Anwendung des Wissens in anderen Bereichen mit keinen oder vernachlässigbaren Problemen konfrontiert ist.

Im wissensbasierten Ansatz ist das Verständnis von technologischem Know-how jedoch an bestimmte Fähigkeiten gebunden, die von den Unternehmen erst im Zeitablauf akkumuliert werden. Das in diesen Prozessen generierte technologische Know-how ist deshalb bis zu einem gewissen Grad durch Firmen- und Technologiespezifitäten gekennzeichnet. Da wegen der Unsicherheit im Innovationsprozeß keine eindeutigen Problemlösungsalgorithmen zur Verfügung stehen, kommt den spezifischen Gegebenheiten einer Unternehmung eine noch größere Bedeutung zu. Dieser Teil des technologischen Wissens bestimmt Nelsons *Technik*-Seite und begründet sich in der *Lokalität,* die für *Technologiespezifitäten* des Know-hows verantwortlich ist und der *Implizität* bzw. *Tacitness*, die sich für *Unternehmensspezifitäten* von technologischem Know-how verantwortlich zeichnet.[8]

---

[8] Im deutschen Sprachraum lassen sich Technologiespezifitäten auch mit Hilfe der Unterscheidung der Begriffe *Technologie* und *Technik* erklären. Mit Technik wird eine konkrete Nutzbarmachung - ein Artefakt - naturwissenschaftlichen Wissens bezeichnet,

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

b) Der lokale Charakter von technologischem Wissen

In der traditionellen neoklassischen Vorstellung wird durch technischen Fortschritt die Produktionsfunktion nach außen verschoben (siehe Abb. 3). Der globale Charakter technischen Wissens ist dafür verantwortlich, daß alle Punkte auf der Produktionsfunktion von der Verschiebung betroffen sind. Aufgrund des Informationscharakters von technischem Wissen geschieht diese Verschiebung außerdem unmittelbar.

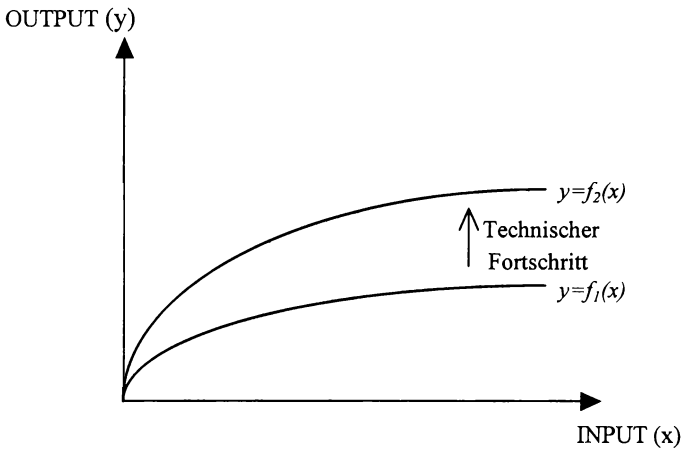


Abb. 3: Technischer Fortschritt als Verschiebung der Produktionsfunktion

Neues von Unternehmen im Innovationsprozeß generiertes technisches Wissen ist aber entgegen der Informationsannahme nicht auf alle Technologien übertragbar, da es oft durch Technologiespezifitäten gekennzeichnet ist. Auf diese Einschränkung haben erstmals Atkinson und Stiglitz (1969) in ihrer Theorie des *lokalen technischen Fortschritts* hingewiesen.[9] Die Autoren kritisieren mit ihrem Ansatz die Vorstellung der neoklassischen Innovationstheorie von einem sämtliche Punkte einer Produktionsfunktion tangierenden technischen

während mit Technologie die Gesamtheit aller Verfahren gemeint ist, die nicht notwendigerweise in einem Artefakt realisiert sein müssen (vgl. *Grupp*, 1997, S. 10). Da es sich bei den eingesetzten Produktionsverfahren um realisierte *Techniken* handelt, ist das dafür erforderliche Wissen zu gewissen Bestandteilen *technologiespezifisch* und somit nicht *global* übertragbar. Im angelsächsischen Sprachraum existiert diese Unterscheidung nicht, so daß es mittlerweile auch in Deutschland mehr oder weniger zu einer Gleichsetzung beider Begriffe gekommen ist.

[9] Neuere Anwendungen der Theorie des lokalen technischen Fortschritts finden sich beispielsweise in *David* (1975), *Verspagen* (1990) und in *Antonelli* (1995).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Fortschritt. Die Ursache dafür sehen die Autoren in einer falschen, weil nicht wissensbasierten Interpretation der Produktionsfunktion:

> „But the points on the curve ... represent different processes of production, and associated with each of these processes there will be certain technical knowledge specific to that technic." (Atkinson/Stiglitz, 1969, S. 573)

Ihnen zufolge repräsentieren sämtliche Punkte einer Produktionsfunktion unterschiedliche Technologien für die Produktion eines bestimmten Gutes. Die einzelnen Technologien unterscheiden sich dabei in ihren spezifischen Faktoreinsatzverhältnissen. Neues technologiespezifisches Wissen kann sich jetzt im Extremfall auf nur einen einzigen Punkt (eine *Technik*, vgl. FN 8) auf der Produktionsfunktion beziehen, wodurch es nur zu lokalem technischen Fortschritt kommt. Unzureichende Aneignungsbedingungen haben in diesem Fall weitaus geringere Auswirkungen, da die in den technologischen Spillover-Effekten enthaltenen Informationen nur für die Unternehmen von Wert sind, die exakt die gleiche Technologie wie das innovierende Unternehmen anwenden. Stiglitz (1987) veranschaulicht vereinfacht die Idee des lokalen technischen Fortschritts anhand eines Isoquanten-Diagramms mit diskreten Technologien (vgl. Abb. 4).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

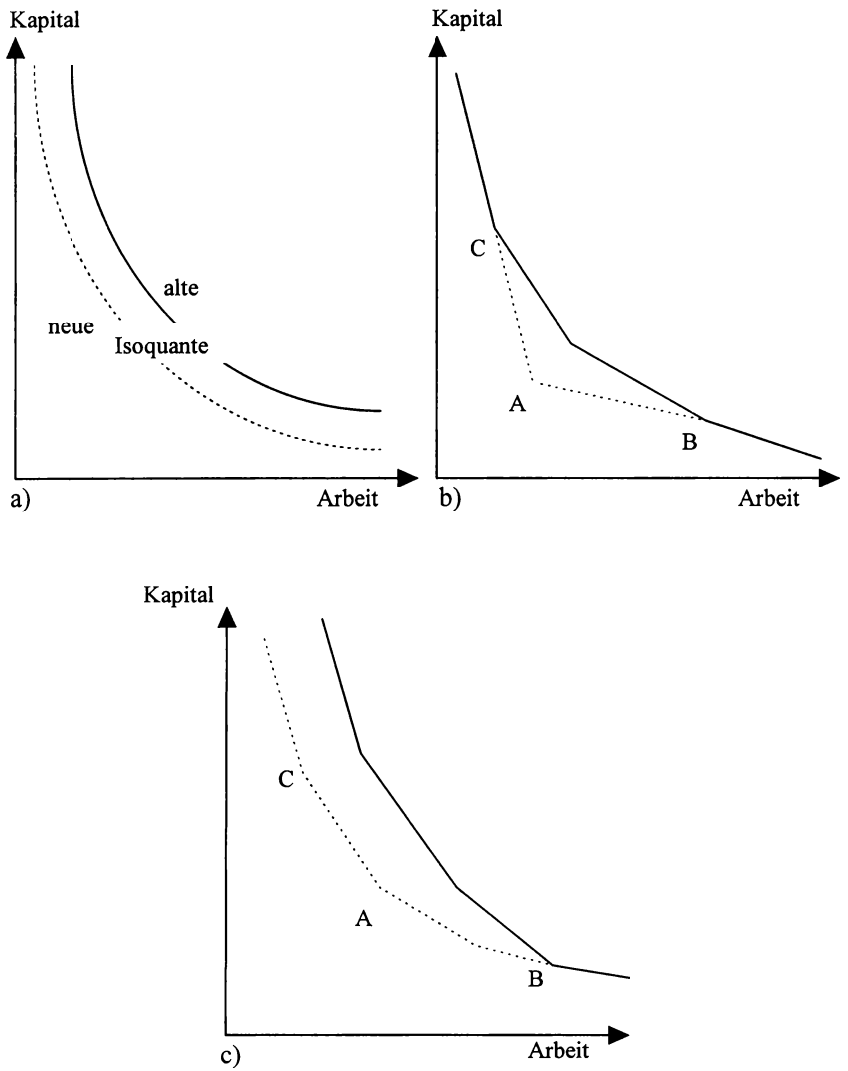


Abb. 4: Spillover-Effekte und lokaler technischer Fortschritt im Isoquanten-Diagramm (Quelle: Stiglitz, J.E. (1987), S. 128 f.)

In der Abbildung a) findet sich die Situation mit der *globalen* Verschiebung der Produktionsfunktion wieder. Das neue technische Wissen ist vollkommen unspezifisch und führt über technologische Spillover-Effekte zu Effizienzsteigerungen für alle durch die Isoquante repräsentierten Technologien. Im Fall der

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Abbildung b) handelt es sich dagegen um vollkommen technologiespezifisches Wissen, welches zu der Effizienzsteigerung der Technologie A führt. Hier gehen keinerlei technologische Spillover-Effekte auf die benachbarten Technologien B und C aus. In diesem Fall würden durch die unvollständigen Aneignungsbedingungen in Abhängigkeit von der Anzahl der Unternehmen mit einer identischen Technologie auch nur entsprechend geringere anreizmindernde Effekte ausgehen. Dieser in der Realität sicher nur selten anzutreffende Extremfall wird auch als *strong localized technical change* bezeichnet (Verspagen, 1990, S. 196). Sicherlich häufiger vorzufinden ist dagegen die Situation der Abbildung c). Hier gehen von der Innovation in der Technologie A technologische Spillover-Effekte aus, die auch die Effizienz der Technologie B und in unterschiedlichem Ausmaß der Technologie C verbessern. In diesem Fall spricht man von *weak local technical change* (Verspagen, 1990, S. 196).

Die in der Abbildung 4 gewählte Form zur Darstellung des lokalen technischen Fortschritts muß als eine stark vereinfachte Darstellung der lokalen Muster technologischer Spillover-Effekte interpretiert werden.[10] Technologische Interdependenzen benachbarter Technologien beziehen sich in der Realität nicht nur auf den im Isoquantenschema darstellbaren zweidimensionalen Fall der Faktoreinsatzverhältnisse. Vielmehr ist mit mehr-dimensionalen Beziehungen zu rechnen, die sich nicht nur auf quantitative, sondern auch qualitative Charakteristika (beispielsweise verwendete Energien, Materialien etc.) erstrecken. Dennoch zeigt sich bereits in der vereinfachten Darstellung, daß mit technologischen Spillover-Effekten nicht in jedem Fall eine Wirkung auf die Anreize Investitionen in F&E zu tätigen, verbunden sein müssen. In Abhängigkeit von der technologischen Spezifität ist das neue technische Wissen unter Umständen nur für eine kleinere Zahl von Wettbewerbern mit vergleichbarem Wissen unmittelbar verwertbar, m.a.W. das innovierende Unternehmen muß Imitation nur von den Unternehmen befürchten, die mit ähnlichen Technologien produzieren.

c) Der implizite bzw. Tacit-Charakter von technologischem Wissen

Durch das lineare Innovationsbild wird implizit unterstellt, daß von den Unternehmen eingesetztes technologisches Wissen eine schlichte Anwendung wissenschaftlichen Wissens darstellt. Diese Perspektive übersieht allerdings einen entscheidenden Punkt:[11] Die technologische Wissensbasis von Unternehmen begründet sich nicht nur in der Anwendung des Wissens aus der vorgelagerten

[10] Vgl. *Erdmann* (1993, S. 81).

[11] Vgl. *Rosenberg*, (1982, S. 143 ff.)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Inventionsphase. Ganz im Gegenteil kommen auf der Ebene der Unternehmen wesentliche Elemente hinzu, die sich aus dem *spezifischen unternehmerischen Kontext* heraus entwickeln und ihren Ursprung in der praktischen Auseinandersetzung mit Fragen der Umsetzung des relevanten Wissens haben. Unter Umständen werden sogar Technologien angewandt, deren Funktionieren wissenschaftlich noch nicht begründet werden konnte und für deren Verständnis Wissen in artikulierbarer Form noch gar nicht existiert. „*Even today, much productive activity is conducted without a deep scientific knowledge of why things perform the way they do.*" (Rosenberg, 1982, S.143)

Dieser Teil des unternehmerischen Know-hows ist das Ergebnis subjektiver, spezifischer und auf Unternehmensebene internalisierter Suchheuristiken und kann daher zum größten Teil als Erfahrungswissen (*Learning-by*-Aktivitäten)[12] charakterisiert werden. Im Gegensatz zu dem formalen Wissensbildungsprozessen in F&E-Labors fällt dieses Wissen nicht-institutionalisiert in allen unternehmerischen Funktionsbereichen an. Die Art des Wissenserwerbs bringt es vielmehr mit sich, daß entsprechendes Wissen in der Regel nicht in niedergeschriebener Form vorliegt, meistens sogar nicht einmal kodifizierbar ist. Von Polanyi (1967) stammt die Charakterisierung dieses Wissens als *Tacit-* (bzw. *implizites*) Know-how, worunter er versteht, daß *Individuen mehr wissen als sie tatsächlich mitteilen können.*

Eine unmittelbare Weitergabe von *Tacit*-Know-how ist durch dessen eingeschränkte Artikulierbarkeit nicht möglich. Nur durch die direkte Auseinandersetzung mit dem entsprechenden Problem und durch engen Kontakt mit Mitarbeitern eines Unternehmens, die dieses Wissen bereits internalisiert haben, ist der Erwerb des *Tacit*-Wissens möglich. Durch die Abhängigkeit des technologischen Know-hows vom spezifischen Umfeld eines Unternehmens fallen bei dessen Aufbau neben den Technologiespezifitäten somit *zusätzlich* Unternehmensspezifitäten an, wodurch dessen Weitergabe noch einmal erschwert wird. Der experimentelle und auf Interaktion basierende Charakter von *Tacit*-Know-how ist für dessen vergleichsweise unproblematische Aneignung für Innovatoren verantwortlich. Auch wenn Spillover-Effekte potentiell nicht auszuschließen sind, ist möglichen Imitatoren technologisches Know-how mit *Tacit*-Komponente nicht sofort von Nutzen, d.h., je nach der Rolle, die *Tacit*-Know-how im Innovationsprozeß spielt, kommt der Aneignungsproblematik auch nur eine eingeschränkte Bedeutung zu.

Die Ausführungen machen deutlich, daß der lokale und implizite Charakter von neuem technologischen Know-how sich für Technologie- und Unterneh-

[12] Vgl. *Malerba* (1992).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

mensspezifitäten im Wissenserwerbsprozeß verantwortlich zeichnet, wodurch der Zugang zu dem Wissen anderen als dem entsprechenden innovierenden Unternehmen erschwert oder sogar unmöglich gemacht wird. Die Bedeutung der Spezifitäten wird durch den kumulativen Charakter der Wissenserwerbs- und Lernprozesse noch einmal verstärkt. Da den Unternehmen nicht wie im neoklassischen Ansatz eine Vielzahl von Technologien zur Verfügung stehen, aus denen sie frei auswählen können, sondern sich ihr Wissen und ihre Erfahrung auf einzelne im Produktionsprozeß tatsächlich eingesetzte Technologien beschränkt, richten sich ihre innovativen Anstrengungen zunächst auch nur auf diese begrenzte Anzahl, durch ihre eigene Vergangenheit determinierten Technologien. Auf diese Weise kommt es sowohl durch historische Zufälle, als auch durch intendierte Entscheidungen der Akteure zu *Pfadabhängigkeiten* (David, 1985, Arthur, 1989) in der technologischen Entwicklung. Technologie- und Unternehmensspezifitäten werden somit im Zeitablauf sogar noch verstärkt. „*Where technical progress is localized* [and technological knowledge is partly tacit (AP)], *history is very important.*" (Atkinson/Stiglitz, 1969, S. 577)

Technologisches Wissen, in einem kumulativen, lokalen und unternehmensspezifischen Prozeß entwickelt, kann kaum noch als ein reines öffentliches Gut charakterisiert werden. Aufgrund der beschriebenen Eigenschaften stellt dieses Wissen, zumindest temporär ein Privatgut dar, d.h. das innovierende Unternehmen muß keine unmittelbare Imitation dieses Know-hows befürchten. Im Vergleich zur traditionellen neoklassischen Interpretation spielt hier der anreizmindernde Charakter technologischer Spillover-Effekte eine weitaus geringere Rolle.

d) Der Komplexitätsgrad technologischen Wissens

Schließlich ist noch auf den Grad der Komplexität des Wissens hinzuweisen, welcher für die Aneignungsmöglichkeiten ebenfalls von Bedeutung ist.[13] Unter Komplexität ist in diesem Zusammenhang die Anzahl unterschiedlicher Wissensgebiete, Technologien und Fertigkeiten zu verstehen, die für eine Innovation erforderlich sind. Je größer die Anzahl unterschiedlicher Teilbereiche ist, desto höher ist der Komplexitätsgrad des relevanten Wissens anzusetzen. Mit höherer Komplexität geht allerdings auch eine verbesserte Aneignung der Innovationsrenten einher, da die Möglichkeit der Imitation durch Wettbewerber das ihrerseitige Beherrschen der entsprechenden Technologien voraussetzt.

[13] Vgl. *Malerba/Orsenigo* (1993, S. 49).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Die Analyse von neuem technologischen Wissen aus der Perspektive des wissensbasierten Ansatzes läßt bereits vermuten, daß die traditionelle lineare Phasensequenz des Innovationsprozesses nicht mehr den geeigneten Rahmen darstellt. Insbesondere die Rolle von Technologie- und Unternehmensspezifitäten und eine hohe Komplexität der unternehmerischen Wissensbasis deuten auf die Notwendigkeit einer neuen, vernetzten Sichtweise des Innovationsprozesses hin.

3. Das vernetzte Innovationsbild

Die Diskussion des wissensbasierten Ansatzes der neuen Innovationsökonomik führt vor Augen, daß es sich bei dem traditionellen linear-sequentiellen Innovationsbild nur um eine stark vereinfachende Darstellung des Innovationsprozesses handeln kann, da in diesem Bild kein Raum für dynamische Beziehungen zwischen den einzelnen Phasen vorgesehen ist. Die isolierte Betrachtung der einzelnen Sequenzen spart wichtige Einflußfaktoren der technologischen Entwicklung als Problemlösungsprozeß aus, wie sie die neue Innovationsökonomik mit ihrer *Wissensorientierung* unterstellt. Insbesondere Rückkopplungen zwischen der Innovations- und der Inventionsphase und zwischen der Diffusions- und Innovationsphase stellen in einem vernetzten Innovationsbild (Forrest, 1991, Kline, 1985, Kline, Rosenberg, 1986, Rothwell, 1994) wesentliche Triebkräfte des technischen Fortschritts dar und sind letztendlich für eine veränderte Interpretation von technologischen Spillover-Effekten verantwortlich.

a) Gegenseitige Beeinflussung von Grundlagen- und angewandter Forschung

Betrachten wir zunächst das Zusammenspiel zwischen unternehmerischer Forschung und den Wissenschaften. Die Bedeutung der Naturwissenschaften für den technischen Fortschritt hat vor allem seit der Zeit der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert stark zugenommen. Spätestens nach dem zweiten Weltkrieg sind naturwissenschaftliche Erkenntnisse eine immer wichtiger werdende Voraussetzung für den industriellen Innovationsprozeß geworden, indem den Unternehmen von wissenschaftlicher Seite neue Ideen zur Verfügung gestellt werden.[14] „*There is a widespread agreement that the dependence of technical*

[14] In diesen Zeitraum fällt auch die Herausbildung der sogenannten Ingenieurswissenschaften, jenen wissenschaftlichen Teildisziplinen, deren Gegenstand die Umsetzung grundlagenbezogener Erkenntnisse auf die Anforderungen industrieller Produktion ist.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

progress upon science has increased substantially over the past century or so." (Rosenberg, 1982, S. 13) Birdzell und Rosenberg (1986, S. 242 ff.) zeigen, daß vor ca. 150 Jahren ein Handwerker noch allein in der Lage war, die wesentlichen Neuerungen mitzumachen, während heute große unternehmerische Forschungslabors notwendig sind, um die aktuellen Entwicklungen mitzuverfolgen.

Bis zu diesem Punkt stimmt das vernetzte mit dem linearen Innovationsbild noch überein. Allerdings wird in der vernetzten Vorstellung davon ausgegangen, daß es sich bei der Beziehung zwischen den Wissenschaften und der unternehmerischen Forschung nur in seltenen Ausnahmefällen um einen einseitigen und gerichteten Wissensstrom handelt.

> „... direct and simple linkages from science to technology are the exception, not the rule. The connections between scientific advance and technical advance are generally complex and subtle; the lags are long and the feedbacks intricate." (Levin et al., 1995, S. 189)

Wenn es auch zahlreiche Belege für neue Erkenntnisse aus den Wissenschaften und darauf aufbauende Fortschritte in der angewandten Forschung gibt,[15] so ist die Anzahl der Beispiele welche auf die umgekehrte Kausalität hindeuten keineswegs geringer. Zum Beispiel beschäftigte sich Carnot (1796-1832) mit den Abläufen in Dampfmaschinen und entwickelte daraus die Thermodynamik, als diese Maschinen schon viele Jahre in den Manufakturen eingesetzt wurden. Wo wäre die moderne Grundlagenforschung, unter anderem auch die vorliegende Arbeit, ohne die Innovationen der EDV-Branche, wodurch beispielsweise erst Simulationsstudien möglich wurden? Tatsächlich ist ein wesentliches Charakteristikum der Beziehung zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung die gegenseitige positive Beeinflussung in beide Richtungen.[16]

b) Inkrementelle Innovationen in der Diffusionsphase

Das lineare Innovationsbild unterstellt weiter als Ergebnis der Innovationsphase eine wohldefinierte, gleichsam homogene Technologie, welche ab ei-

---

[15] Erst nachdem Maxwell seine elektromagnetischen Gesetze formuliert hatte, wurden die von Marconi in die Wege geleiteten Innovationen im Bereich der Telegraphen und die Entwicklung des Radios möglich. Die amerikanische Rüstungsindustrie kam am Ende des zweiten Weltkriegs mit ihren Entwicklungen erst voran, als die grundlegenden Erkenntnisse der Atomphysiker Bohr, Heisenberg, Pauli und Schrödinger verfügbar wurden.

[16] Vgl. auch *Rosenberg* (1994).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

nem bestimmten Zeitpunkt in der Ökonomie verfügbar wird.[17] Auf diese Weise wird jede Art von Rückkopplung, der sich zeitlich an die Innovationsphase anschließenden Diffusionsphase ausgeschlossen. Diese Annahme widerspricht der Beobachtung, daß die Ausbreitung einer neuen Technologie in der Regel mit zahlreichen Verbesserungsinnovationen (*incremental innovations*) einhergeht, die oft sogar das Ausmaß der eigentlichen Innovation bei weitem übersteigen, und von deren kumulativen Effekt erst der maßgebliche technische Fortschritt in einer Volkswirtschaft ausgeht.

Die beidseitige Verbindung der Innovationsphase mit der Diffusionsphase macht eine isolierende Abgrenzung zwischen beiden Phasen letztendlich überflüssig. Vor allem kommt aus einer wissensbasierten Perspektive hinzu, daß Diffusion von Know-how nur in seltenen Ausnahmen eine unmittelbare Imitation darstellt. Die im vorigen Abschnitt geschilderten Charakteristika von technologischem Wissen und die daraus resultierenden Anforderungen an die Wissensbasis eines imitierenden Unternehmens machen eine identische Imitation nahezu unmöglich.[18] Im Zusammenspiel zwischen Innovation und anschließenden Verbesserungen in der Diffusionsphase läßt sich der eigentliche Innovator oft überhaupt nicht mehr ausfindig machen.

> „Ask an informed insider what peculiar person brought about a significant innovation - for example, integrated circuits or a trivial production improvement - and in nine out of ten cases you will be told that the exact developer of the innovation was in question.“ (Klein, 1992, S. 288)

Das vernetzte Innovationsbild stellt also auf die gegenseitige Beeinflussung und Abhängigkeit aller Phasen des Innovationsprozesses ab (vgl. Abb. 5). Eine besondere Triebkraft technologischer Entwicklung wird in diesem Innovationsbild nicht zuletzt den, in der traditionellen Vorstellung völlig vernachlässigten Rückkopplungen zwischen den und innerhalb der einzelnen Phasen beigemessen.[19]

---

[17] Vgl. *Kline/Rosenberg* (1986, S. 283). *Silverberg* (1990, S. 177) sucht den Vergleich in der griechischen Mythologie: „... an innovation arrives at time zero as a consummated creation, like Venus from Zeus's brow.“

[18] Vgl. *Winter* (1984, S. 292).

[19] Auch der Konflikt zwischen *technology-push* und *demand-pull* Ansatz (vgl. Abschnitt B. I. 3) löst sich in der vernetzten Betrachtung des Innovationsprozesses auf: „In looped processes, every cause becomes in due time an effect, and every effect becomes in due time a cause. The distinction between pushes and pull loses all meaning.“ (*Kline* 1985, S. 44)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

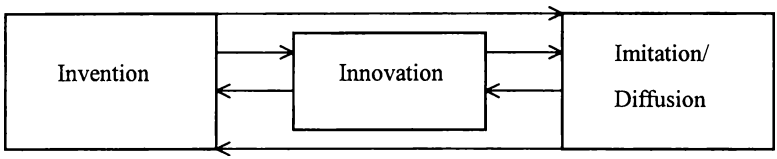


Abb. 5: Das vernetzte Innovationsbild

Die Notwendigkeit eines Übergangs von der linearen zur vernetzten Vorstellung des Innovationsprozesses wird zudem durch die zunehmende Komplexität der wissenschaftlichen und technologischen Beziehungen, wie sie moderne Industriegesellschaften kennzeichnen, vor Augen geführt. Auf der einen Seite haben sich die einzelnen wissenschaftlichen Disziplinen durch das Hervorbringen neuer Spezialisierungen im Zeitablauf immer stärker differenziert. „*A fundamental property of the increasing complexity of R&D is the continual opening of new fields of knowledge.*" (Fusfield, 1986, S. 99) Für die unternehmerischen F&E-Anstrengungen geht diese zunehmende Spezialisierung der Wissenschaft mit der Schwierigkeit einher, für ihre eigenen technologischen Belange relevantes Wissen zu identifizieren. Auf der anderen Seite wird diese Herausforderung an die Fähigkeiten eines Unternehmens noch zusätzlich durch eine zunehmende Tendenz der Varietät und Differenzierung technologischer Anwendungen verstärkt.[20]

Die Betonung gegenseitiger Beeinflussungen im vernetzten Innovationsbild macht deutlich, daß die unterschiedlichen Phasen und die beteiligten Akteure im Innovationsprozeß nicht unverbunden nebeneinander stehen. In diesem Zusammenhang spielen technologischen Spillover-Effekte eine wichtige Rolle, da durch sie die technologischen Interdependenzen erst vermittelt werden. Die Darstellung dieser Rolle ist eng an ein Konzept zur Beschreibung der technologischen Entwicklung gebunden, welches zunächst vorgestellt werden soll.

4. Ein theoretischer Rahmen zur Beschreibung der technologischen Entwicklung

Wie wir bereits in Kapitel B. II. 1 bei der Vorstellung des wissensbasierten Ansatzes gesehen haben, stehen den Unternehmen im Innovationsprozeß keine allgemeingültigen Problemlösungsverfahren mehr zur Verfügung. Dafür ist zum einen die mit Innovationen untrennbar verbundene Unsicherheit verantwortlich,

[20] Vgl. *Saviotti* (1996), Kapitel V.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

wodurch schon eine eindeutige Problemformulierung unmöglich wird. Zum anderen hängt die von den Unternehmen vorangetriebene technische Entwicklung von dem im Zeitablauf akkumulierten Wissen ab, welches zu gewissen Anteilen Technologie- und Unternehmensspezifitäten aufgrund der *Lokalität* des technischen Fortschritts und der *Tacitness* des unternehmerischen Know-hows aufweist. Die Fähigkeiten der Unternehmen, Innovationsprozesse anzugehen und damit die Auswahl bestimmter Problemlösungsalgorithmen, werden sich folglich - verstärkt durch die Kumulativität der Wissenserwerbsprozesse - voneinander unterscheiden. In einem vernetzten Innovationsbild sind davon auch die Auswirkungen der Rückkopplungen zwischen den und innerhalb der einzelnen Phasen betroffen. Wie kann es aber dennoch über vergleichsweise lange Perioden zu der in der Realität beobachtbaren, in mehr oder weniger geordneten Bahnen ablaufenden, technologischen Entwicklung kommen? In der neuen Innovationstheorie haben sich zur Erklärung dieses Phänomens mehrere, zum größten Teil komplementäre Theorien der technologischen Entwicklung herausgebildet, denen alle das Konzept der *punctuated equilibria* gemeinsam ist: Phasen eines radikalen Umbruchs schließen sich geordnete Entwicklungen an, die ihrerseits in der langen Frist wieder von großen Umwälzungen bedroht werden.

Die in der Literatur sicherlich am weitesten verbreitete Theorie ist der *Paradigmen-/Trajektorien-Ansatz* von Dosi (1982, 1984, 1988a, 1988b). In Anlehnung an epistemologische Vorstellungen der neueren Wissenschaftstheorie greift Dosi auf das Konzept eines Paradigmas zurück. Genauso wie bei Kuhn (1962) die Richtung und Intensität des wissenschaftlichen Fortschritts zumindest für eine gewisse Zeit von einem wissenschaftlichen Paradigma geprägt wird (sogenannte *normale Wissenschaft*), gibt ein technologisches Paradigma für einen bestimmten Zeitraum den Rahmen für *normalen technischen Fortschritt* vor, worunter Dosi (1982, S. 157) insbesondere inkrementelle Verbesserungsinnovationen versteht.

a) Technologische Paradigmen

Ein technologisches Paradigma kann dabei als eine Art Lösungsmuster ausgewählter techno-ökonomischer Probleme aufgefaßt werden. Dieses Lösungsmuster basiert sowohl auf den als relevant erachteten naturwissenschaftlichen Zusammenhängen, als auch auf bestimmten Methoden des unternehmerischen Wissenserwerbs (darunter fallen z.B. Patentierungsgepflogenheiten, Durchführung eigener Forschungsanstrengungen oder Auftragsforschung usw.)[21] Auf diese Weise gibt ein technologisches Paradigma ein Fortschrittskonzept vor, das

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

sich anhand spezifischer techno-ökonomischer *Trade-off* Beziehungen definiert.[22] Dosi (1988b, S. 1127) beschreibt ein Paradigma folgendermaßen:

„Both scientific and technological paradigms embody an outlook, a definition of the relevant problems of enquiry. A 'technological paradigm' defines contextually the scientific principles utilized for the task, the material technology to be used ... A technological paradigm is both an exemplar - an artifact that is to be developed and improved (such as a car, a lathe, each with its particular technoeconomic characteristics) - and a set of heuristics (e.g. Where do we go from here? Where should we search? What sort of knowledge should we draw on?)."

Aus der Definition eines technologischen Paradigmas wird bereits klar, daß der technologische Fortschritt sowohl von wissenschaftlichen/technologischen Faktoren als auch von ökonomischen Faktoren determiniert wird. Rücken die ökonomischen Faktoren in den Vordergrund, kommt man einer endogenen Erklärung des technischen Fortschritts nahe. Steht dagegen die wissenschaftlich-technische Seite im Mittelpunkt, handelt es sich auch hier, beim technischen Fortschritt um eine exogene Größe. Cantner (1996, S. 121) spricht in diesem Zusammenhang auch von einem *semi-endogenen* beziehungsweise *semi-exogenen* technischen Fortschritt.

Der Entwicklungsrahmen, den ein technologisches Paradigma vorgibt, kann an einem Basisdesign[23] oder Artefakt konkretisiert werden. Die technologische

---

[21] Vgl. *Dosi* (1988a, S. 1127).

[22] Vgl. *Dosi* (1984, S. 148). Unter techno-ökonomischen *Trade-off* Beziehungen kann man sich beispielsweise den Konflikt zwischen Leistungsstärke und Treibstoffverbrauch in der Entwicklung von Verbrennungsmotoren vorstellen.

[23] Von *Abernathy/Utterback* (1978) stammt das Konzept des *dominanten Designs*, welches der Vorstellung eines Basisdesigns sehr nahekommt. Abernathy und Utterback betten dieses Konzept in, mit einem technologischen Paradigma vergleichbaren Modell eines Industrielebenszyklus ein. Zu Beginn eines solchen Zyklus liegt bei diesen Autoren die Betonung auf Produktinnovationen, die von zahlreichen kleineren Unternehmen in den Markt eingeführt werden. Mit der Zeit bildet sich schließlich ein dominantes Design heraus, der Fortschrittsprozeß wird mehr und mehr von Prozeßinnovationen bestimmt, die von den wenigen überlebenden, mittlerweile großen Unternehmen der betrachteten Industrie vorangetrieben werden. *Sahal* (1985) spricht in diesem Zusammenhang von technologischen Wegweisern (*technological guideposts*), welche sich für die Herausbildung bestimmter Artefakte verantwortlich zeichnen. Diese Wegweiser geben einen funktional-technischen und einen ökonomischen-soziologischen Rahmen für die weitere Entwicklung vor. Schließlich soll auch das Konzept des technologischen Regimes (*technological regimes*) von *Nelson* und *Winter* (1982) nicht unerwähnt bleiben. In Anlehnung an *Rosenbergs* (1969) *technological imperatives* entwickeln sich Technologien entlang natürlicher Pfade, wobei die Richtung der Pfade letztlich allerdings von den Fähigkeiten der, an der Entwicklung beteiligten Wissenschaftler und Ingenieure

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Entwicklung des Paradigmas wird durch die Weiterentwicklung dieses Basisdesigns maßgeblich bestimmt, wobei es sich dabei sowohl um eine bestimmte technische Realisierung (z.B. ein Kraftfahrzeug mit Verbrennungsmotor), als auch um eine ganze Technologie (z.B. Biotechnologie) handeln kann. Eng damit zusammenhängend wird von einem technologischen Paradigma auch vorgegeben, welche Suchheuristiken im unternehmerischen Innovationsprozeß zur Anwendung kommen und welche Wissensquellen als relevant erachtet werden. Ein so beschriebenes technologisches Paradigma ist dafür verantwortlich, daß wir trotz der unvermeidlich auftretenden echten Unsicherheit keinen vollkommen willkürlichen Innovationsprozeß beobachten. Die Innovationsanstrengungen der Unternehmen beschränken sich vielmehr auf die von dem Paradigma vorgegebenen Richtungen.

Dennoch stellt ein solches Paradigma keinen für alle Zeiten festen Rahmen der wissenschaftlichen oder technologischen Entwicklung dar. Der Prozeß eines technologischen Paradigmenwechsels verläuft dabei wieder in einer ähnlichen Weise wie der von Kuhn (1962) beschriebene Umbruchprozeß in den Wissenschaften: Sind innerhalb eines wissenschaftlichen Paradigmas keine wesentlichen Erkenntnisfortschritte mehr zu erzielen, beziehungsweise häufen sich Entdeckungen, die trotz (oder wegen) der weit fortgeschrittenen Entwicklung nicht mit dem bestehenden Rahmen erklärt werden können, stellt sich innerhalb der Wissenschaftsgemeinschaft zunehmend Unzufriedenheit ein - das vorherrschende Paradigma ist von einer Krise bedroht. In dieser Phase werden alternative Theorien entworfen, die nicht mit dem ursprünglichen Rahmen in Einklang stehen. Können sich solche Alternativen letztendlich behaupten, kommt es zu einem Paradigmenwechsel; das alte Rahmenwerk wird von einem neuen Ansatz abgelöst, innerhalb dem es wieder zu einer Phase des normalen wissenschaftlichen Fortschritts kommt.

Ähnlich können in der technologischen Entwicklung Engpässe auftreten, die für eine unbefriedigende Rate des technischen Fortschritts verantwortlich sind. In einer solchen Situation richten sich die Innovationsanstrengungen auf alternative, bisher vernachlässigte technologische Ansätze. Entsteht auf diese Weise ein wesentlicher technologischer Durchbruch (*radikale Innovation*), durch den sich ein neues technologisches Paradigma eröffnet, kann es zu einem *Paradigmenwechsel* in der technologischen Entwicklung kommen, wodurch die geordnete Phase des normalen technischen Fortschritts unterbrochen wird. Welche Faktoren letztendlich für einen solchen radikalen Umbruch verantwortlich sind

---

determiniert wird. Die Autoren verstehen ihr technologisches Regime also auch als ein kognitives Konzept, welches die Erwartungen der Akteure bezüglich der Erfolgschancen und den Möglichkeiten der Entwicklung bestimmt.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

beziehungsweise welche Faktoren einem möglichen Paradigmenwechsel im Wege stehen, ist von der neuen Innovationsökonomik noch nicht in befriedigender Weise erklärt worden. In den Arbeiten zu den *Kondratieff-Zyklen* beziehungsweise der *Theorie der langen Wellen* findet sich allerdings zumindest ein deskriptiver Ansatz, durch den die wesentlichen technologischen Umbrüche der letzten 250 Jahre beschrieben werden können.[24]

Bleibt ein Paradigmenwechsel bzw. die Auswahl eines alternativen Paradigmas aufgrund der technologischen Unsicherheit ein analytisch nur unzureichend oder sehr stilisiert zu erfassendes Phänomen, ist die normale technologische Entwicklung innerhalb eines Paradigmas und auch das Auftreten technologischer und/oder ökonomischer Engpässe mit Hilfe der beiden Konzepte *technologischer Trajektorien* und *technologische Möglichkeiten* analytisch eher faßbar.

b) Technologische Trajektorien und technologische Möglichkeiten

Aus der Vielzahl möglicher technologischer Entwicklungsrichtungen findet durch ein technologisches Paradigma also eine Auswahl statt, wobei sich die Selektion auf zwei Ebenen auswirkt: Zum einen entsteht auf Branchenebene ein Basisdesign bzw. Artefakt mit beispielhaftem (*paradigmatischem*) Charakter, zum anderen werden auf Unternehmensebene die zur Anwendung kommenden Suchheuristiken selektiert. Der auf diese Weise zielgerichtete und kumulative normale technische Fortschritt vollzieht sich entlang bestimmter Entwicklungspfade bzw. *technologischer Trajektorien*, deren Richtung durch das Basisdesign und die zur Anwendung gelangenden Suchheuristiken vorgegeben ist. Dosi definiert eine technologische Trajektorie folgendermaßen:

> „We will define a technological trajectory as the pattern of 'normal' technical problem solving activity (i.e. 'progress') on the ground of a technological paradigm." (Dosi, 1982, S. 152)

und

> „Let us define as a technolgical trajectory ... the activity of technological progress along the economic and technological trade offs defined by a paradigm." (Dosi, 1988b, S. 1128)

Alternativ für technologische Trajektorien finden in der Literatur die Begriffe *innovation avenues* (Sahal, 1985) und *natural trajectories* (Nelson und Winter, 1982) Verwendung. Diese Autoren beschreiben technischen Fortschritt

[24] Vgl. *Freeman* (1982), *Freeman/Perez* (1988).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

analog zu Dosis zweiter Definition als einen Prozeß der Ausbeutung von dynamischen Skalenvorteilen entlang eines Entwicklungspfades (*learning-by-scaling*, Sahal (1985, S. 64), *exploitation of scale economies*, Nelson und Winter (1982, S. 259 f.)). Eine kumulative technologische Entwicklung bringt es allerdings mit sich, daß entlang einer technologischen Trajektorie mit fortschreitender Ausschöpfung der Entwicklungspotentiale zunehmend Engpässe aufgrund naturgesetzlicher Beschränkungen entstehen müssen, wodurch sich der Spielraum für immer weitere Entwicklungen einschränkt.[25]

Dieser Entwicklungsspielraum technologischer Trajektorien läßt sich mit Hilfe des Konzepts der *technologischen Möglichkeiten* (*technological opportunities*) verdeutlichen. Durch sie wird das Entwicklungspotential einer einzelnen Technologie beschrieben und der Schwierigkeitsgrad technologischer Verbesserungen zum Ausdruck gebracht. Technologien, die sich durch große technologische Möglichkeiten auszeichnen werden eine höhere Fortschrittsrate ausweisen können als Technologien, die durch vergleichsweise niedrige Opportunitäten gekennzeichnet sind. Allerdings handelt es sich bei den technologischen Möglichkeiten um ein dynamisches Konzept, d.h., eine einmal mit großen Opportunitäten versehene Technologie wird diese nicht für alle Zeiten beanspruchen können. Schon bei der Beschreibung der technologischen Trajektorien wurde deutlich, daß die technologischen Möglichkeiten eines einzelnen Entwicklungspfades nicht unbeschränkt sind, sondern sich im Zeitablauf erschöpfen, wodurch weitere Fortschritte mit zunehmenden Verbesserungen einer Technologie nur noch vergleichsweise schwerer zu erzielen sind.

Dafür verantwortlich zeichnen sich technologische Beschränkungen in Form von naturwissenschaftlichen Gesetzen, die als chemische oder physikalische Engpässe der Entwicklung enge Grenzen setzen. Als Beispiel sei die Halbleiterindustrie mit ihren Bemühungen, elektronische Schaltungen immer weiter zu beschleunigen, angeführt. Zur Erreichung dieses Ziels wurde unter anderem die Schaltelementgröße und damit der Abstand zwischen den einzelnen Bauelementen zunehmend verringert. Quantenmechanische Gesetze verlangen aber einen Mindestabstand in der Größenordnung eines Elektrons zwischen den einzelnen Bauelementen, damit ein stabiler Stromfluß noch gewährleistet werden kann. Sind diese Mindestabstände erreicht, dann sind auch die technologischen Möglichkeiten dieses Technologiepfades erschöpft.

---

[25] „Thus, change in the size of a system is generally accompanied by differential growth of its components in relation to the whole, change in the materials of construction and increase in the complexity of its structure. However, these processes cannot continue indefinetly without degenerating in absurdities. In consequence there is a limit to the growth of every system of a given form." (*Sahal*, 1985, S. 63).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Die Eigenschaft technologischer Paradigmen, Suchheuristiken zu selektieren, kann ebenfalls mit Hilfe des Konzepts technologischer Opportunitäten verdeutlicht werden. Im obigen Fall der Halbleiterindustrie wird die Entwicklungsrichtung beispielsweise durch zunehmende Miniaturisierung, welche zu höheren Schaltfrequenzen führt, vorgegeben, weil hier zunächst ein großes Entwicklungspotential vorlag. Rosenberg (1969, S. 3 f.) spricht in diesem Zusammenhang von *technological imperatives,* welche mit deutlichen Signalen, beispielsweise vorangegangene Forschungserfolge (als Indiz für technologische Möglichkeiten) auf die Durchführbarkeit und Vorteilhaftigkeit einzelner F&E-Projekte hindeuten.

„... technology is much more of a cumulative and self-generating process than the economist generally recognizes. ... They [the firms, AP] are naturally led to search the technological horizon, as it were, within the framework of current activities and to attack the most restrictive constraint. ... indeed, these processes when sufficiently complex and independent, involve an almost compulsive formulation of problems."

Eine solche Fokussierung des Fortschrittsprozesses auf spezifische Entwicklungspfade beinhaltet allerdings nicht gleichzeitig auch eine isolierte Betrachtung einer einzelnen Industrie oder Technologie. Vielmehr wird durch das Konzept der technologischen Möglichkeiten das Augenmerk auch auf die Rolle *externer Wissensquellen* gelenkt. Rosenberg (1974) charakterisiert Innovationsprozesse daher auch als *compulsive sequences*: Die zwangsweise in den innovativen Anstrengungen eines Unternehmens auftretenden Engpässe werden immer wieder durch externe Anstöße überwunden, wodurch es wieder zu neuen technologischen Opportunitäten kommen kann.

c) Externe Wissensquellen - intra- und interindustrielle Interdependenzen

Technologische Opportunitäten unterschiedlicher Technologien sind somit nicht unabhängig voneinander, sondern es bestehen im Sinne des vernetzten Innovationsbildes zahlreiche Wechselwirkungen und gegenseitige Beeinflussungen. Von welchen externen Quellen gehen aber diese Beeinflussungen der technologischen Möglichkeiten einer Industrie aus? Auf welche Weise finden derartige Rückkopplungen statt? Als externe Quellen kommen nach Cohen und Levin (1989, S. 1085) in Frage:

„... contributions of various basic and applied sciences to each's industry technological advance and the contribution of several other external sources of technical knowledge - upstream suppliers of the industry's materials, production, and research equipment, downstream users of the industry's product, universities, government agencies and labs, professional and technical sciences, and independent inventors."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Neben den gegenseitigen Beeinflussungen zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung, welche bereits bei der Darstellung des vernetzten Innovationsbildes in Kapitel B. II. 3 beschrieben wurden, spielen auch inter- und intraindustrielle Beziehungen eine wichtige Rolle.

Interindustrielle technologische Interdependenzen und Komplementaritäten treten auf allen Ebenen innerhalb und außerhalb der vertikalen Produktionslinie in zahlreicher Form auf. Die technologischen Beziehungen können dabei sehr unterschiedlicher Natur sein. Während beispielsweise die Innovation im ursprünglichen Sektor nur vergleichsweise geringe Opportunitäten eröffnen kann, werden durch sie in einem anderen Sektor bedeutende technologische Möglichkeiten erschlossen.

> „Inventions hardly ever function in isolation. ... Technologies depend upon one another and interact with one another in ways that are not apparent to the casual observer, and often not to the specialist. ... The growing productivity of industrial economies is the complex outcome of large numbers of interlocking mutually reinforcing technologies, the individual components of which are of very limited economic consequences by themselves." (Rosenberg, 1982, S. 56 f.)

Verbesserungen in vorgelagerten Produktionsstufen äußern sich beispielsweise in der Verfügbarkeit neuer Materialien. In der Flugzeugindustrie erschlossen sich mit der Entwicklung neuer keramischer Werkstoffe völlig neue Temperatur- und Druckbereiche für die Konstruktion. Das gleiche gilt für die Weiter- und Neuentwicklung von Meßinstrumenten und -verfahren. Oft werden hier Entwicklungen von den Wissenschaften initiiert und erweisen sich anschließend in völlig anderen Bereichen als äußerst wirksam.[26] Als das vielleicht bedeutendste Beispiel können hier die Entwicklungen der Computertechnologie angeführt werden.

Neben den technologischen Impulsen aus vorgelagerten Produktionsstufen spielen auch nachgelagerte Produktionsstufen eine Rolle. Auf den Erfahrungen ihrer Abnehmer mit dem Produkt einer Industrie beruhen zahlreiche Verbesserungsvorschläge, welche von der Industrie ursprünglich nicht bedacht wurden. Aber auch Weiterentwicklungen bei den Abnehmern können im Zulieferbereich neue technologische Möglichkeiten aufdecken. Auf derartige Beziehungen ist beispielsweise von Hippel (1976, 1977) in empirischen Untersuchungen der Halbleiterindustrie und bei wissenschaftlichen Meßinstrumenten gestoßen.

Schließlich ist noch auf intraindustrielle Interdependenzen hinzuweisen. Die Darstellung des wissensbasierten Ansatzes und der Charakteristika von neuem technologischen Wissen führt vor Augen, daß sowohl Unternehmens- als auch

[26] Vgl. *Rosenberg* (1994).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Technologiespezifitäten eine maßgebliche Rolle im Innovationsprozeß spielen. Sie sind unter anderem dafür verantwortlich, daß nicht alle Unternehmen innerhalb einer bestimmten Branche die gleichen Technologiepfade beschreiten und identische technologische Fähigkeiten aufweisen. Aus diesem Grund stehen die unternehmerischen Forschungsanstrengungen einer Branche auch nicht ausschließlich in einer substitutiven Beziehung zueinander, sondern es können auch Komplementaritäten vorliegen, deren Erschließung die technologischen Möglichkeiten eines spezifischen Entwicklungspfades positiv beeinflußt.

d) Intensive und extensive technologische Möglichkeiten

Von Coombs (1988, S. 304) stammt die in diesem Zusammenhang wichtige Unterscheidung zwischen *intensiven* und *extensiven* technologischen Möglichkeiten:

> „If the physical limit to any physical specification is still distant, and there remains considerable scope to operate on that specification to increase performance, then there exist substantial 'intensive' technological opportunities in that system. By contrast, 'extensive' technological opportunities will exist if the system in question has numerous possible functional applications in a variety of products or processes, where its performance characteristics will be of value."

Die intensiven technologischen Möglichkeiten bezeichnen das spezifische Entwicklungspotential einer technologischen Trajektorie, welches durch technisch-naturwissenschaftliche Engpässe beschränkt wird. Extensive technologische Opportunitäten beziehen sich dagegen auf die wechselseitigen Beeinflussungen unterschiedlicher Technologien und auf deren komplementären Charakter. Bezüglich intraindustrieller Interdependenzen wird diese Unterscheidung unmittelbar einsichtig: Stehen die Forschungsanstrengungen in einer substitutiven Beziehung zueinander, sind bei einem Durchsickern technologischen Know-hows die intensiven Opportunitäten betroffen. Handelt es sich dagegen um komplementäre Anstrengungen, beeinflussen technologische Spillover-Effekte die extensiven Opportunitäten, wenn die Unternehmen sich die für das Verständnis der Spillovers notwendigen Fähigkeiten bereits erworben haben. Während es sich im ersten Fall um schlichte Imitation bereits existierenden Know-hows handelt, werden im zweiten Fall neue technologische Möglichkeiten geschaffen.[27]

---

[27] *Amendola/Gaffard* (1988, S. 7) machen die Unterscheidung zwischen intensiven und extensiven Opportunitäten folgendermaßen deutlich: „It follows why a technological trajectory interpreted as the development of a given technology is characterized by a narrowing of the options and by diminishing returns as we proceed along it - because as

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

e) Cross-Fertilization-Effekte

Auf die komplementären Beziehungen unterschiedlicher Technologien und das Ausschöpfen extensiver technologischer Möglichkeiten ist insbesondere in historischen Untersuchungen der technologischen Entwicklung (vgl. Sahal, 1981, Basalla, 1988, Mokyr, 1990) hingewiesen worden. Dort wurde zuerst die große Bedeutung von gegenseitigen Befruchtungen (*cross-fertilization*) unterschiedlicher Technologien erkannt, wodurch völlig neue technologische Möglichkeiten mit Auswirkungen, oft weit über die eigentlich innovierende Branche hinaus, entstehen. Historische Beispiele finden sich in Mokyr (1990, S. 281):

> „Advances in metallurgy and boring technology made the high-pressure steam engine possible; radical changes in the design of clocks and ships suggested to others how to make better instruments and windmills; fuels and furnaces adapted to beer brewing and glassblowing turned out to be useful to the iron industry; technical ideas from organmaking were applied successfully to weaving."

Die Bedeutung der gegenseitigen Befruchtung unterschiedlicher Technologien hat durch das enge Beziehungsgeflecht, wie es das vernetzte Innovationsbild aufzeichnet, sogar noch deutlich zugenommen. Dies wird durch die von Kodama (1992, S. 70) angeführten aktuellen Beispiele, der in diesem Zusammenhang den Begriff *Technologie-Fusion* benutzt, besonders deutlich:

> „... marrying optics and electronics created optoelectronics, which gave birth to fiber-optics communication systems; fusing mechanical and electronics technologies produced the mechatronics revolution, which has transformed the machine tool industry."

Bei der gegenseitigen Befruchtung unterschiedlicher Technologien im Sinne der Erschließung neuer extensiver technologischer Möglichkeiten kommt technologischen Spillover-Effekten eine herausragende Rolle zu. Sie werden in der neuen Innovationsforschung für die Verbreitung von neuem technologischen Know-how über die eigenen technologischen Grenzen hinaus verantwortlich gemacht. Im Gegensatz zur anreizmindernden Interpretation der neoklassischen Analyse erfahren sie jetzt im vernetzten und wissensbasierten Innovationsprozeß eine *ideenschaffende* Interpretation. Anreizmindernde Effekte sind allenfalls hinsichtlich intraindustrieller technologischer Spillover-Effekte relevant, welche die intensiven technologischen Möglichkeiten betreffen. Zusätzlich kommt diesem Fall rein substitutiver F&E-Ergebnisse in einer wissensbasierten Innovationsanalyse aufgrund der expliziten Betrachtung unterschiedlicher technologischer Fähigkeiten geringere Bedeutung zu. Im Fall komplementärer Be-

---

we have seen, the potential content of any technology is given and there is therefore limited scope of improvements and there are increasing costs for obtaining them - a process of creation of technology ... opens up new paths at each successive step."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

ziehungen läßt sich diese negative Beziehung zwischen Aneignungsbedingungen und F&E-Aufwendungen nicht aufrechterhalten. Hier können im Gegenteil, wie weiter unten noch zu zeigen sein wird, F&E-Anstrengungen notwendig werden, um die für die Internalisierung der Spillovers notwendigen Fähigkeiten zu erwerben.

Technologische Spillover-Effekte stellen in dem Beziehungsgeflecht des vernetzten Innovationsbildes eine wesentliche Komponente dar, weil sie den Beschränkungen des technologischen Potentials einer einzelnen technologischen Trajektorie neue extensive Möglichkeiten gegenüberstellen können. Der Innovationserfolg einer Unternehmung wird nicht nur durch deren Fähigkeit bestimmt, aktuelle Entwicklungen aus den Wissenschaften für eigene Belange zu verwenden, sondern auch durch die Fähigkeit unterschiedliche technologische Ansätze miteinander zu kombinieren und auf ihr gemeinsames techno-ökonomisches Potential zu untersuchen.[28]

Aufgrund der besonderen Eigenschaften von neuem technologischen Know-how (*latent öffentliches Gut*) und der Rolle, die technologische Fähigkeiten im Innovationsprozeß spielen, rücken in der Diskussion technologischer Spillover-Effekte zwei Fragen in den Mittelpunkt: Welche Voraussetzungen müssen Unternehmen erfüllen, um das in den Spillover-Effekten enthaltene technologische Wissen für ihre eigenen Belange umzusetzen? Und wieso kommt es überhaupt zu den technologischen Externalitäten, wenn doch neues technologisches Wissen *spezifisch* (*lokal* und *tacit*) und *komplex* ist, und damit zumindest teilweise die Eigenschaften eines privaten Gutes aufweist? Die Antworten auf diese Fragen ergeben sich, wie im folgenden gezeigt werden soll, aus der Zusammenführung der Konzepte der modernen Innovationsökonomik in einer Analyse des Innovationsprozesses als kollektiven Prozeß.

5. Der kollektive Innovationsprozeß

Die industrielle Entwicklung neuer Technologien gestaltet sich als ein komplexer und interaktiver Prozeß, an dem einerseits im Sinne des vernetzten Innovationsbildes eine Vielzahl unterschiedlicher Akteure beteiligt sind, die ande-

[28] Vgl. *Fusfield* (1986, S. 109): „The growth and effectiveness of the overall technological enterprise depends not only on developping access to the existing reservoir of science and technology, but on bringing together the relevant competences to approach new problems. The linkages to existing knowledge provides concepts and solutions for current R&D, but linkages to the necessary combination of technical capabilities can provide the resources for future R&D."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

rerseits im Sinne des wissensbasierten Ansatzes eine Vielzahl unterschiedlicher technologischer Ansätze auf sich vereinen.[29] Unter diesem Blickwinkel ist für die Analyse der industriellen Innovationsvorgänge eine Unterscheidung zwischen Innovations- und Diffusionsphase nicht sinnvoll aufrechtzuerhalten, da beide Phasen durch zahlreiche Vor- und Rückkopplungen miteinander verbunden sind.[30] In der Regel entstehen maßgebliche technologische Verbesserungen sogar erst durch den kumulativen Effekt inkrementeller Verbesserungen in der Diffusionsphase. Ein entscheidendes Merkmal in diesem Zusammenspiel unterschiedlicher Fertigkeiten und technologischer Ansätze ist die Möglichkeit der gegenseitigen Befruchtung, wodurch neue extensive technologische Chancen entstehen können.

Technologische Spillover-Effekte spielen in diesem Prozeß eine herausragende Rolle, die allerdings von der traditionellen neoklassischen Analyse, mit Ausnahme der sogenannten *Neuen Wachstumstheorie* (vgl. Romer, 1986) nicht untersucht wird. Werden in der traditionellen Betrachtung unvollständige Aneignungsbedingungen und damit technologische Spillover-Effekte, im einen Fall mit anreizreduzierenden Auswirkungen, im anderen Fall mit ineffizienter Doppel- und Mehrfachforschung in Verbindung gebracht, stehen im wissensbasierten Ansatz der neuen Innovationsökonomik Aspekte des Wissenserwerbs und der Schaffung neuer technologischer Möglichkeiten in einem Netzwerk von Rückkopplungen zwischen sowohl kompetitiven als auch kooperativen Akteuren im Vordergrund. In der technologischen Entwicklung müssen die Innovationserfolge einer Unternehmung nicht mit technologischen und/oder ökonomischen Nachteilen anderer Unternehmen verbunden sein. Durch die Hervorhebung des interaktiven Zusammenspiels aller Akteure wird vielmehr deutlich, daß die technologische Entwicklung als ein Prozeß zu verstehen ist, der aus einer Vielzahl unterschiedlicher Quellen gespeist wird, und indem durch dieses Zusammenspiel Synergieeffekte und neue technologische Chancen entstehen. In einer so verstandenen technologischen Entwicklung kommt sowohl den individuellen (*privaten*) als auch den gemeinsamen (*öffentlichen*) Bestandteilen der technologischen Wissenbasis eine große Bedeutung im Fortschrittsprozeß zu.

---

[29] *Imai/Baba* (1991, S. 389) sprechen von einem *systemischen* Innovationsprozeß: „The dominant mode of innovation is systemic. Systemic innovation is brought about through the fission and fusion of technologies; it triggers a series of chain reactions in a total system. ... The interactive process of information creation and learning is crucial for systemic innovation. ... The characteristic trait of the new industrial society is that of continous interactive innovation generated by the linkages across the borders of specific sectors and specific scientific disciplines."

[30] Vgl. *Eliasson* (1995), *Silverberg* (1990).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Technologische Spillover-Effekte bilden in dieser Vorstellung ein System nicht-handelbarer wechselseitiger Beeinflussungen (*untraded interdependencies*, Dosi, 1988b, S. 1146) zwischen verschiedenen Sektoren und zwischen Technologien und Unternehmen. Sie vermitteln technologische Komplementaritäten und Synergien, die weit über die tatsächlichen Güterströme hinaus wirksam werden und bilden so eine Art kollektiven Ansatz in der technologischen Entwicklung:

„All these phenomena represent a structured set of technological externalities that can sometimes be a collective asset of groups of firms/industries within countries or regions or else ..." (Dosi, 1988b, S. 1146)

Diese Überlegungen eröffnen eine neue Perspektive in der Analyse des technischen Fortschritts: Neben der Betrachtung isoliert vorgehender Innovatoren rückt der *kollektive*, durch alle Akteure vorangetriebene *Innovationsprozeß* (*collective invention*) in den Vordergrund. Ursprünglich bezeichnet Allen (1983, S. 2) mit diesem Begriff die direkte Veröffentlichung von technologischen Neuerungen einer Unternehmung, um dieses Wissen sowohl den unmittelbaren als auch den potentiellen Wettbewerbern zugänglich zu machen:

„The essential precondition for collective invention is the free exchange of information about new techniques and plant designs among firms in an industry. ... Thus, if a firm constructed a new plant of novel design and that plant proved to have lower costs then other plants, these facts were made available to other firms in the industry or potential entrants. The next firm constructing a new plant could build on the experience of the first by introducing and extending the design change that had proved profitable. ... In this way fruitful lines of technical advance were identified and pursued."

Allen findet dieses Verhalten beispielsweise in der Entwicklung der britischen Hochofentechnologie Ende des letzten Jahrhunderts und führt es auf das Fehlen institutionalisierter F&E-Abteilungen in den Unternehmen der Investitionsgüterindustrie zurück. Neues technologisches Wissen entstand dort durch das Experimentieren beim Aufbau neuer Anlagen und kam letztendlich den Betreibern der Hochöfen und nicht den eigentlichen Innovatoren zugute, so daß bei den betroffenen Ingenieuren keine Anreize zur Geheimhaltung des Know-hows bestanden. Allen sieht in dem freiwilligen Know-how Austausch allerdings auch ein Phänomen moderner Innovationsprozesse:

„... one would expect the wilful dissemination of technical knowledge under a variety of circumstances. And indeed, even a casual acquaintance with recent engineering literature indicates that such behaviour is rampant today. To the degree that economists have considered this behaviour at all, it has been regarded as undesired 'leakage' that reduces the incentives to invent. That firms desire such behaviour and that it increases the rate of invention by allowing cumulative advance are possibilities not yet explored. They should be." (Allen, 1983, S. 21)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Die neue Innovationsökonomik hat diesen Begriff der *collective invention* aufgenommen, verwendet ihn allerdings in einer etwas breiteren Interpretation.[31] Hier fallen unter einen kollektiven Innovationsprozeß alle Formen technologischer Interdependenzen, also nicht nur die bewußte und freiwillige Offenlegung neuen Know-hows, sondern sämtliche *untraded interdependencies*, die aufgrund der partiellen öffentlichen-Gut Charakteristika entstehen. Das Konzept der *collective invention* ist somit eine Art Oberbegriff, unter den auch die in der Literatur weit verbreiteten Vorstellungen von *development blocks* (Dahmén, 1989) und *national innovation systems* (Lundvall, 1988, Nelson, 1992) fallen. Stellt das Konzept der *development blocks* vor allem auf die gegenseitige Bedingtheit unterschiedlicher Technologien in einer ungleichgewichtigen technologischen Entwicklung ab (*structural tensions*), während bei den *national innovation systems* die Beziehungen vor- und nachgelagerter Produktionsstufen relevant sind, beschreibt *collective invention* die Abhängigkeit des Innovationsprozesses von einem *privaten* und einem *öffentlichen* Wissenspool und umfaßt somit alle Formen gegenseitiger technologischer Beeinflussung.

Die spezifischen Eigenschaften von neuem technologischen Wissen und die Notwendigkeit technologischer Fähigkeiten zum Verständnis des Know-hows stellen allerdings Anforderungen an das Funktionieren des kollektiven Innovationsprozesses. Da technologisches Wissen wegen seiner *Spezifität* und *Komplexität* nicht ohne weiteres durchsickert, ist das Vorhandensein von Informations- und Kommunikationskanälen von ausschlaggebender Bedeutung. Erst durch diese Kanäle werden den am Innovationsprozeß beteiligten Unternehmen technologische Spillovers verfügbar. In der Institutionalisierung dieses Beziehungsgeflechts in *informellen Netzwerken*, d.h. losen, nicht vertraglich vereinbarten Kooperationen zwischen in F&E engagierten Unternehmen, manifestiert sich dann auch neben den vertraglichen F&E-Kooperationen (F&E-Joint-Ventures etc.) der *kooperative Aspekt* kollektiver Innovationsprozesse.

Außerdem ist das Know-how der technologischen Spillover-Effekte den Unternehmen nur dann von Nutzen, wenn sie in der Lage sind, die entsprechenden Informationen auch zu verstehen und in den eigenen Wissensstock zu integrieren. Dies ist allerdings nicht ohne weiteres zu erwarten, berücksichtigt man die oben diskutierten Eigenschaften von technologischem Know-how. Der Empfänger der Spillovers muß bestimmte Fähigkeiten für die Aneignung des entsprechenden Wissens mitbringen. Ohne ein Mindestmaß an Kenntnis und Erfahrung ist er nicht in der Lage, das Wissen zu verstehen und sinnvoll zu ver-

[31] Vgl. u.a. *Winter* (1989), *Silverberg* (1990), *Carlsson/Stankiewicz* (1991).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

wenden. Hierin liegt der *kognitive Aspekt* kollektiver Innovationsprozesse. Diese Voraussetzungen werden über den Aufbau sogenannter *absorptiver Fähigkeiten* erworben, welche bis zu einem gewissen Grad als Nebenprodukt der eigenen F&E-Tätigkeit anfallen, aber auch aktiv erworben werden müssen. Aufgrund der Bedeutung *informeller Netzwerke* für das Entstehen technologischer Spillover-Effekte und *absorptiver Fähigkeiten* für deren Aneignung wird auf diese beiden Konzepte in den folgenden Abschnitten eingegangen.

a) Informelle Netzwerke

Um im vernetzten Innovationsprozeß mit der allgemeinen technologischen Entwicklung Schritt halten zu können, ist eine Vielzahl von technologischen Fähigkeiten erforderlich. Aufgrund der zunehmenden Komplexität technologischer Entwicklungen ist es notwendig, zahlreiche unterschiedliche neue wissenschaftliche und technologische Ansätze miteinander zu kombinieren. Teece (1987, S. 76) führt hierzu folgendes Beispiel aus der Computerbranche an:

> „It is important to recognize that the variety of assets and competences needed is likely to be quite large, even for only modest complex technologies. To produce a personal computer, for instance, a company needs access to expertise in semiconductor, display, diskdrive, networking, and keyboard technologies, among others. No company can keep pace in all of these areas."

Der Zugang zu unternehmens-externen Wissensquellen wird somit zu einer wichtigen Voraussetzung der industriellen F&E-Aktivitäten. Gleichzeitig wird die Diffusion von neuen Technologien und damit neuem Wissen als wichtige externe Know-how Quelle im Innovationsprozeß erkannt, welche nicht unabhängig vom Phänomen technologischer Spillover-Effekte betrachtet werden kann.[32] Diffusion von neuem Know-how beinhaltet sowohl den Gebrauch, als auch die Kombination dieses Wissens mit anderen Technologien, wodurch nicht nur die intensiven, sondern insbesondere auch die extensiven technologischen Möglichkeiten beeinflußt werden. Technologische Spillover-Effekte beschränken sich vor diesem Hintergrund nicht nur auf benachbarte Trajektorien, sondern über gemeinsame extensive technologische Möglichkeiten kann es zu einer Annäherung auch unterschiedlicher und zunächst voneinander unabhängiger Technologien kommen.

In der aus den extensiven Möglichkeiten resultierenden potentiellen technologischen Nähe unterschiedlicher Technologiepfade liegt eine wichtige Ursache des kooperativen Aspekts im industriellen Innovationsprozeß. Darunter fallen

[32] Vgl. *Eliasson* (1995).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

neben institutionellen Ausprägungen mit formalem Charakter, wie beispielsweise Forschungs-Joint-Ventures, gemeinsamen F&E-Labors und gemeinsam getragenen Standardisierungseinrichtungen auch informelle Praktiken wie der Nachbau von Innovationen (*reverse engineering*), aber auch *informelle Netzwerke* zum Austausch von Information und Know-how zwischen den am Innovationsprozeß beteiligten Wissenschaftlern und Ingenieuren. Während der Nachbau von Innovationen auch für das unfreiwillige Durchsickern neuer technischer Errungenschaften verantwortlich gemacht werden kann, kann man unter der informellen Kommunikation in Netzwerken die freiwillige und gleichsam institutionalisierte Weitergabe technologischen Wissens verstehen.

Von Hippel (1990) führte das Konzept des *informellen Know-how Austausches* in die Analyse von Innovationsprozessen ein und fand in zahlreichen Branchen empirische Bestätigung für dieses Phänomen. Informeller Know-how Austausch stellt die freiwillige Weitergabe von technologischem Wissen dar und muß folglich als ein Prozeß der aktiven Spillover-Initiierung verstanden werden. Auf diesen Aspekt stellt auch Nelson (1988, S. 318) ab: „*However, in some cases firms take positive actions to make their proprietary knowledge available to others.*" Diese Art des *Voneinander-Lernens* von Unternehmen kann als eine Reaktion auf die zugenommene Komplexität der Innovationsprozesse und der damit einhergehenden Probleme, diesen Prozeß allein zu gestalten, interpretiert werden.

Eine Eigenschaft des Know-how Handels, auf die von Hippel (1990) in seinem Modell besonderen Wert legt, ist die bilaterale Struktur dieses Austauschprozesses, die sich aufgrund der Forderung nach Reziprozität einstellt. Nichtsdestotrotz läßt auch von Hippel die Möglichkeit der Referenz an ein drittes Unternehmen zu: Für den Fall, daß in einem Austauschprozeß eine Seite nicht in der Lage ist, die andere Seite mit Informationen zu bedienen, kann sie auf Dritte verweisen, wodurch sich die Möglichkeit multilateraler Netzwerke eröffnet. Das Voneinander-Lernen zwischen den Unternehmen ist nicht notwendigerweise bilateral und auf einer *quid pro quo*-Norm der Reziprozität basierend.[33] Zuscovitch und Justman (1995) vergleichen die Situation in informellen Netzwerken mit der des internationalen Warenaustausches: In der gleichen Weise, wie die Gewinne des multilateralen Handels die des bilateralen Handels übertreffen, sind die Vorteile kooperativen Verhaltens in multilateralen Netzwerken größer als bei bilateralem Know-how-Austausch.

---

[33] Vgl. *Zuscovitch/Justman* (1995), *Kobayashi* (1995), *Fusfield/Haklish* (1985), *Hagedoorn/Schakenraad* (1990). *Macdonnald* (1992, S. 55) fügt hinzu: „... supply is not necessarily to those who have provided information, but can be to a network of which they are only a part."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Worin liegen nun die Vorteile kooperativen Verhaltens, also der Veröffentlichung neuen technologischen Wissens zwischen den an einem Netzwerk beteiligten Akteuren? Wieso kommt es zu einer *Institutionalisierung* einer kooperativen Umgebung, der Herausbildung eines informellen Netzwerks?[34] Betrachten wir zunächst die unternehmerischen Motive für die Teilnahme an dem kooperativen Know-how-Austausch. Informelle Netzwerke können für alle daran beteiligten Unternehmen ein Positiv-Summen-Spiel darstellen, indem sie deren Fähigkeiten mit der Komplexität des Innovationsprozesses umzugehen, verbessern.[35] Außer der gesteigerten Anpassungsfähigkeit an den technologischen Wandel versprechen sich die Unternehmen von der Partizipation in einem Netzwerk die Erschließung von Synergien: Die Verschmelzung von unterschiedlichen Technologien und Wissenselementen kann, wie wir bereits in Abschnitt B. II. 4 gesehen haben, zu neuen technologischen Chancen führen, wodurch den abnehmenden technologischen Möglichkeiten einer spezifischen technologischen Trajektorie neue Potentiale gegenübergestellt werden. Für das erfolgreiche Erschließen dieser Potentiale aus der gegenseitigen Befruchtung reicht es aber nicht aus, nur zu wissen, *was* die anderen Unternehmen tun (*to know what*); man muß verstehen *wie* fremde Technologien funktionieren und die Bedingungen des Zusammenspiels der unterschiedlichen Ansätze verstehen (*to know how*).[36] Aufgrund der Natur technologischen Know-hows kann nicht von einer unmittelbaren Verfügbarkeit dieses Verständnisses ausgegangen werden. Die entsprechenden technologischen Fähigkeiten sind vielmehr erst aufzubauen, wodurch längerfristige kooperative Umgebungen notwendig werden.[37] Im Innovationsprozeß stellen informelle Netzwerke eine Form *industrieller Organisation* dar, die diese Art der kollektiven Innovation mit hohen Anforderungen an die Wissensbasis eines Unternehmens gewährleistet. Sie sind somit ein wichtiger Faktor in der Verbreitung und Entstehung technologischer Neuerungen.[38]

Wie läßt sich nun die Entstehung und Funktionsweise solcher informellen Netzwerke erklären? Kobayashi (1995, S. 129) führt hierzu jegliche Art von Kommunikationsmöglichkeiten an:

---

[34] *Witt* (1987, S. 82 f) spricht von der Herausbildung einer Institution als 'Verhaltensregelmäßigkeit, die mit hinreichender Gleichförmigkeit auftritt, wenn Individuen in die selbe Handlungssituation kommen'.

[35] Vgl. *Dodgson* (1994, S. 286).

[36] *Henderson/Clark* (1990) sprechen bezüglich des Verständnisses des Zusammenspiels unterschiedlicher Technologien von *architectual knowledge*.

[37] „... technology fusion grows out of long term R&D ties with a variety of companies across many different industries." (*Kodama* (1992), S. 71)

[38] Vgl. *Zuscovitch/Justman* (1995).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

„Knowledge exchange means any actions that can contribute to disclosure, dissemination, transmission, and communication of knowledge. ... Many different types of activities such as talking, listening, showing, debating, storming, intuiting etc. can be employed simultaneously in some haphazard way to convey one's knowledge and the underlying concept to others."

Informelle Netzwerke konstituieren sich beispielsweise auf Messen, Konferenzen, Kongressen und anderen wirtschaftlichen und/oder technologischen Treffen, wenn Unternehmen bzw. die in ihnen beschäftigten Wissenschaftler und Ingenieure die Möglichkeit haben, die technologischen Fähigkeiten und Ansätze anderer Unternehmen einzuschätzen. Dabei stellen sie eine Liste möglicher und nützlicher Kontakte auf, die sie für den Fall, daß sie in ihren eigenen Forschungsanstrengungen auf technologische Engpässe stoßen, die sie allein nicht mehr zu bewältigen glauben, aktivieren.[39] In diesem Zusammenhang kommt in jüngerer Zeit der Informations- und Kommunikationstechnologie eine besondere Bedeutung zu. Sie bietet den Unternehmen via E-Mail und Internet etc. die Möglichkeit der schnellen Informationsbeschaffung und des Datenaustausches. „*Information technology is a networking technology par excellence.*"[40] In diesem Prozeß der gegenseitigen Kontaktaufnahme institutionalisiert sich schließlich ein informelles Netzwerk mit den potentiell vorteilhaften technologischen Beziehungen. Der Herausbildung des Netzwerks kommt dabei insbesondere die Nicht-Rivalitäts- Eigenschaft technologischen Know-hows zugute, wodurch innerhalb des Netzwerks zusätzlich für eine schnelle Diffusion gesorgt wird.

Zusammenfassend läßt sich das Motiv einer Unternehmung hinter der kooperativen Teilnahme an einem informellen Netzwerk in der zusätzlichen Möglichkeit des Lernens und des Know-how Erwerbs ausmachen. Die potentielle Erschließung neuer extensiver technologischer Opportunitäten wiegt vermeintliche Nachteile durch Opportunismus und *Free-rider*-Verhalten anderer Netzwerkteilnehmer auf.[41] Die zugenommene Komplexität des Innovationsprozesses macht letztendlich den Rückgriff auf externe Wissensquellen unentbehrlich, mit der Konsequenz, daß ein Unternehmen auch selbst für andere Unternehmen zu einer externen Wissensquelle wird. Durch diesen Know-how Transfer der an einem Netzwerk beteiligten Unternehmen kann sich im Zeitablauf eine stabile kooperative Umgebung herausbilden, von deren Größe und Qualität die Möglichkeit neue technologische Chancen aufzudecken, abhängt.

---

[39] Vgl. *von Hippel* (1990, S. 158).

[40] *Freeman* (1991, S. 509).

[41] Vgl. *Mody* (1993).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Neben der Eigenschaft der Nicht-Rivalität von technologischem Wissen müssen auch die Aneignungsbedingungen noch einmal angesprochen werden. Wenn technologische Spillover-Effekte ihre Ursache ausschließlich im Mangel an Aneignungsbedingungen haben, wären informelle Netzwerke nicht von Interesse, die Spillover-Effekte würden so oder so entstehen. Aufgrund der spezifischen Eigenschaften von technologischem Know-how ist allerdings nur sehr eingeschränkt mit ungenügenden Aneignungsbedingungen zu rechnen (vgl. Abschnitt B. II. 2). Wegen der Lokalität, der *Tacitness* und der Komplexität ihres Know-hows sind Unternehmen zumindest teilweise sehr wohl in der Lage, das Durchsickern dieses Wissens an Wettbewerber zu verhindern. Sie beeinflussen somit die Entstehung von Spillover-Effekten, indem sie beispielsweise nur einen gewissen Teil ihrer neuen F&E-Ergebnisse publik machen. In der Verfolgung einer Strategie der partiellen Geheimhaltung und Veröffentlichung ihres Know-hows legen Unternehmen bewußt kooperatives Verhalten an den Tag und können so die Entstehung von und die Teilnahme an informellen Netzwerken fördern.

Zahlreiche jüngere empirische Studien zeigen, daß es sich bei informellen Netzwerken nicht nur um ein theoretisches Konstrukt, sondern um eine von den Unternehmen im Innovationsprozeß tatsächlich vielfach eingesetzte Organisationsform handelt. Auf das Konzept des informellen Know-how-Austausches von von Hippel (1990) aufbauend, fanden Schrader (1991), Quintas, Guy (1995), Fölster (1995), Harabi (1995) positive Bestätigung für diese Form des Know-how Austausches in zahlreichen Industrien und Ländern. Die Unternehmen gaben in den Befragungen an, regelmäßig Know-how, oft sogar mit unmittelbaren Wettbewerbern, auszutauschen. In einer aktuellen Studie weisen Faulkner und Senker (1996) Netzwerke aus informellen Beziehungen in der Biotechnologie, der Computerbranche und in der Keramik-Industrie nach. Auch Jagger und Miles (1989) fanden in der britischen Industrie positive Bestätigung für informelle Netzwerke. Die befragten Ingenieure betonten insbesondere die Unkompliziertheit informeller Beziehungen im Vergleich zu vertraglich vereinbarten Forschungskooperationen. In einer Studie der skandinavischen Entwicklungskooperationen von Hakanson und Johanson (1988) macht der Anteil informeller Kontakte über 60% aller F&E-Beziehungen aus. Auf informelle Netzwerke stießen auch Malerba und Torrisi (1992) in der italienischen Softwareentwicklung. In einem Überblicksaufsatz über Netzwerke schreibt Freeman (1991, S. 500):

> „Although rarely measured systematically, informal networks appeared to be most important. Multiple sources of information and pluralistic patterns of collaboration were the rule rather the exception."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Technologische Spillover-Effekte sind somit nicht ausschließlich als unfreiwillige Weitergabe von neuem Know-how zu interpretieren. In vielen Fällen handelt es sich vielmehr um den freiwilligen Austausch technologischer Information in langfristig angelegten informellen Netzwerken. Diese Beobachtung wird auch von Geroski (1995, S. 85) unterstützt:

> „In particular, what often appears to be an involuntary flow of knowledge between firms may be nothing more than a pair of draws from a narrow but common pool shared by a group of agents within a common set of problems."

Mit dem kooperativen Aspekt kollektiver Innovationsprozesse läßt sich eine wichtige Ursache für das Entstehen und die Verfügbarkeit von technologischen Spillover-Effekten erklären, auch wenn technologisches Know-how nur latent öffentlichen-Gut Charakter aufweist. Damit ist aber noch nicht geklärt, welche Voraussetzungen von den Unternehmen erfüllt sein müssen, wenn sie das lokale und *tacit* Know-how aus den technologischen Spillover-Effekten für eigene Belange verwenden wollen. Dieser kognitive Aspekt kollektiver Innovation ist Gegenstand des nächsten Abschnitts.

b) Absorptive Fähigkeiten

Der Rückgriff auf externes Know-how über technologische Spillover-Effekte stellt an ein Unternehmen Anforderungen, die sich zum einen aus den spezifischen Charakteristika neuen technologischen Wissens ableiten und zum anderen eine Folge der wissensbasierten Analyse sind. Da technologisches Wissen nur teilweise *allgemeinen* Charakter aufweist und zum anderen Teil durch Spezifitäten gekennzeichnet ist, kann es ohne die entsprechenden Fähigkeiten nicht für eigene Belange eingesetzt werden. Bereits Arrow (1969, S. 34) hat auf die mögliche *Unfähigkeit der Empfänger*, die Informationen aus den technologischen Spillover-Effekten zu verstehen, hingewiesen. Da die spezifischen technologischen Möglichkeiten einer technologischen Trajektorie beschränkt sind, ist aber das Erschließen extensiver technologischer Potentiale für den technischen Fortschritt von großer Bedeutung. In dem Prozeß der gegenseitigen Befruchtung unterschiedlicher Technologien werden somit die Fähigkeiten der Unternehmen, auf externe Wissensquellen zurückzugreifen, zu einer kritischen Größe im Innovationsprozeß.[42]

[42] „The ability to exploit external knowledge is thus a critical component of innovative activity.", *Cohen/Levinthal* (1989, S. 128).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Auf diese Fähigkeiten, externes Wissen in Form von Spillover-Effekten zu verstehen und für eigene Belange einzusetzen, haben zuerst Cohen und Levinthal (1989) hingewiesen und dafür den *terminus technicus* absorptive Fähigkeiten (*absorptive capacity*) geprägt. Den Autoren zufolge werden durch Investitionen in Forschung und Entwicklung in einer Unternehmung nicht nur Innovationen hervorgebracht, sondern auch deren Fähigkeiten verbessert, externe Wissensquellen auszuschöpfen:

„... we argue that while R&D obviously generates innovations, it also develops the firm's ability to identify, assimilate, and exploit knowledge from the environment - what we call a firm's 'learning' or 'absorptive' capacity." (Cohen und Levinthal, 1989, S. 569)

In Abschnitt B. II. 1 wurde bereits auf ein zu den absorptiven Fähigkeiten eng verwandtes Konzept, die *Empfängerkompetenz* von Eliasson (1990), hingewiesen. Da letzteres Konzept etwas breiter angelegt ist und das Erkennen und Erschließen von sowohl technologischen als auch ökonomischen Chancen erfaßt, werden im folgenden die absorptiven Fähigkeiten herangezogen, da sie unmittelbar am unternehmerischen Innovationsprozeß ansetzen. Methodologisch gehen beide Konzepte auf Abramovitz (1979) und seine *social capabilities* zurück. Abramovitz führte dieses Konzept ursprünglich als kritische Größe im Aufholprozeß von rückständigen Volkswirtschaften in der Entwicklungsländerdiskussion ein.

Wie kommt es nun zum Aufbau absorptiver Fähigkeiten in einem Unternehmen? Sicherlich entwickelt sich ein wichtiger Teil unternehmerischer Fertigkeiten und Erfahrung in der normalen Produktionstätigkeit (*learning-by-doing*) und in der damit verbundenen Verwendung bestimmter technischer Verfahren und Prozesse (*learning-by-using*). Insbesondere die unternehmerischen F&E-Aktivitäten sind unmittelbar auf eine Vergrößerung der Wissensbasis eines Unternehmens gerichtet. Aber die damit einhergehende Verbesserung der Fertigkeiten und der Wissensbasis stehen naturgemäß in einem engen Zusammenhang mit Aktivitäten, die das Unternehmen bereits durchführt. Für die so entwickelten absorptiven Fähigkeiten bedeutet dies, daß sie mehr oder weniger eng an die bereits verwendeten Technologien gebunden sind. Neue technologische Chancen aus extensiven Möglichkeiten ergeben sich aber aus dem Zusammenspiel unterschiedlicher und zunächst unverbundener Technologien. Will man entsprechende Spillover-Effekte für eigene Belange nutzen, sind Erfahrungen und Fertigkeiten notwendig, die nicht im unmittelbar eigenen Umfeld zu finden sind, ein Aspekt auf den schließlich auch Cohen und Levinthal (1990, S. 150) hingewiesen haben:

„When, however, a firm wishes to acquire and use knowledge that is unrelated to its ongoing activity, the firm must dedicate effort exclusively to creating absorptive capacity (i.e. absorptive capacity is not a by-product)."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Sollen also durch technologische Spillover-Effekte auch wirklich *neue* Aktivitäten für das Unternehmen erschlossen werden, müssen die absorptiven Fähigkeiten sich auf ein breiteres Spektrum technologischer Ansätze beziehen: Eine fächerübergreifende breite Wissensbasis erleichtert das Entdecken neuer Zusammenhänge und Verbindungen und damit die Erschließung synergetischer Potentiale aus der gegenseitigen Befruchtung unterschiedlicher Technologien. In diesem Zusammenhang ist schließlich noch von Bedeutung, daß auch der Aufbau absorptiver Fähigkeiten einen kumulativen Prozeß darstellt.[43] Ist erst einmal ein Grundstock der entsprechenden Fähigkeiten entwickelt, fällt der weitere Aufbau zunehmend leichter: Zum einen können erfolgversprechende externe Entwicklungen besser von weniger erfolgversprechenden abgegrenzt werden, wodurch sich die F&E-Anstrengungen auf eine geringere Anzahl möglicher Alternativen konzentrieren können. Zum anderen werden Erfahrungen aufgebaut, welche externe Wissensquellen interessante Informationen versprechen, und wie das Wissen aus den Spillover-Effekten in die eigene Wissensbasis integriert werden kann (*learning-to-integrate*).[44]

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, daß die absorptiven Fähigkeiten in einem kollektiven Innovationsprozeß den *kognitiven Aspekt* darstellen. Sie ermöglichen es den Unternehmen, auf technologische Spillover-Effekte zurückzugreifen, wodurch der technische Fortschritt durch kollektive Anstrengungen aller am Innovationsprozeß beteiligten Akteure vorangetrieben wird. Mit anderen Worten, im wissensbasierten Ansatz der neuen Innovationstheorie stellen die absorptiven Fähigkeiten das Bindeglied zwischen Akteuren mit unterschiedlichen Fähigkeiten und dem kollektiven Innovationsprozeß her: Informelle Netzwerke stellen eine wichtige Ursache für technologische Spillover-Effekte dar, die aber erst zur gegenseitigen Befruchtung und damit zu Synergieeffekten führen, wenn die Akteure in ihren absorptiven Fähigkeiten eine gemeinsame Basis zum Verständnis der Spillover-Effekte entwickelt haben.

III. Zusammenfassung

Aufgrund der besonderen Bedeutung des technischen Fortschritts für das ökonomische Wachstum von Volkswirtschaften stellt sich die Frage, wie die dafür verantwortlichen Faktoren in die ökonomische Theorie zu integrieren sind.

---

[43] Vgl. *Cohen/Levinthal* (1990, S. 135 f.)

[44] Auf Erfahrungs- und Lerneffekte in unternehmerischen Forschungsprozessen hat insbesondere *Stiglitz* (1987, S. 130) hingewiesen: „Just as experience in production increases one's productivity in producing, so experience in learning may increase one's productivity in learning."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Die Auseinandersetzung erfolgte zunächst auf der makroökonomischen Ebene der Wachstumstheorie, die vor der Aufgabe stand, den von empirischer Seite als wichtigsten Wachstumsfaktor identifizierten, technischen Wandel zu erklären. Die ersten Ansätze hierzu wählten die sogenannte Residualbetrachtung, d.h. technischer Fortschritt ist für das Wachstum verantwortlich, welches nicht durch vermehrten Faktoreneinsatz zu erklären ist. Damit können aber keine Aussagen über die Rate und Richtung der technischen Entwicklung gemacht werden. Der wichtigste Wachstumsfaktor wird auf eine Restgröße, deren Ursache nicht innerhalb des ökonomischen Systems zu suchen ist, zurückgeführt.

Dieses sowohl von theoretischer als auch empirischer Seite äußerst unbefriedigende Ergebnis führte dazu, daß sich die weiteren Anstrengungen auf eine Endogenisierung des technischen Fortschritts in die ökonomische Theorie richteten. Erste Ansätze finden sich hierzu ebenfalls in der Wachstumstheorie, wo Produktivitätssteigerungen mit den kumulierten Investitionen über den Faktor Erfahrung in Verbindung gebracht werden. Aber auch auf der mikro- bzw. industrieökonomischen Ebene richten sich die Bemühungen auf eine endogene Erklärung des technischen Fortschritts, da den Unternehmen eine maßgebliche Rolle im Innovationsprozeß beigemessen wird. Zunächst erfolgt eine Einbeziehung in das herrschende Gedankengebäude der neoklassischen Theorie, welche unternehmerische Innovationsprozesse in einem allokationstheoretischen Rahmen untersucht.

Dabei geben vor allem die Annahmen der neoklassischen Theorie die einzuschlagende Richtung vor: Für Innovationen wird ein deterministischer Zusammenhang mit den Ausgaben für Forschung und Entwicklung unterstellt. Aufgabe der Unternehmen in dieser anreizbasierten Vorstellung ist es dann, ein gewinnmaximierendes Innovationsbudget festzulegen und die entsprechenden technischen Neuerungen auf dem Markt einzuführen. Technologische Engpässe und Schwierigkeiten sind letztendlich nur für die Höhe des entsprechenden Innovationsbudgets verantwortlich. Die Bereitstellung der eigentlichen technologischen Möglichkeiten gilt als gewährleistet und wird von den Wissenschaften bewerkstelligt. Dahinter steht ein sequentielles Innovationsbild, welches die Phasen Invention, Innovation und Imitation *rückkopplungsfrei* miteinander verbindet. Das Ergebnis des Innovationsprozesses ist neues technologisches Wissen, welches die Eigenschaften eines öffentlichen Gutes aufweist und über technologische Spillover-Effekte auch anderen Unternehmen zukommt, ohne daß diese sich an den entsprechenden F&E-Kosten beteiligen. Technologische Spillover-Effekte sind dafür verantwortlich, daß die tatsächlichen Anreize, in F&E zu investieren hinter den sozial wünschenswerten zurückbleiben und erfahren daher eine negative Interpretation. Andererseits legt eine solche Charakterisierung technologischen Wissens die unmittelbare Veröffentlichung aus

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

wohlfahrtstheoretischer Sicht nahe, da für die Diffusion des Know-hows keine oder nur vernachlässigbare Kosten anfallen.

Zur Lösung dieses wohlfahrtstheoretischen *Trade-offs* zwischen effizienter Diffusion und optimalen Anreizen bietet sich als zweitbeste Lösung die Institutionalisierung intellektueller Eigentumsrechte an. Beispielsweise gewähren Patente dem Innovator ein zeitlich befristetes Monopolrecht, wodurch seine Anreize, in F&E zu investieren gewahrt bleiben, und sichern die Veröffentlichung des neuen Wissens in der Patentschrift, wodurch die Verbreitung des Wissens gewährleistet wird. Empirische Studien legen allerdings nahe, daß der Patentschutz die ihm von theoretischer Seite zugedachte Aufgabe nur unzureichend erfüllt. Technologische Spillover-Effekte können somit nicht ausgeschlossen werden, weshalb die Anreize, in F&E zu investieren hinter ihrem wohlfahrtsoptimalen Niveau zurückbleiben. Zumindest auf Branchenebene ist allerdings ein Effizienzeffekt durch Spillover-Effekte festzustellen, der sich in der unmittelbaren Diffusion des neuen Know-hows begründet, wodurch Doppel- und Mehrfachforschung unterbleiben.

Die neue Innovationstheorie sieht in dem auf dem Rationalitätspostulat beruhenden Optimierungsdenken des orthodoxen neoklassischen Innovationsbildes den entscheidenden Mangel. Für das Hervorbringen technologischer Innovationen sind in dieser Vorstellung die Fertigkeiten, Kompetenzen und Fähigkeiten der Akteure die maßgebliche Größe. Die Analyse des Innovationsprozesses im wissensbasierten Ansatz verabschiedet sich deswegen auch von der Vorstellung, neues technisches Wissen mit Information gleichzusetzen und als öffentliches Gut zu behandeln. Die Betonung der Rolle von Fähigkeiten und Erfahrung in einem innovativen Problemlösungsprozeß legt vielmehr nahe, daß wegen des kumulativen Wissenserwerbs Technologie- und Unternehmensspezifitäten entstehen, wodurch für Dritte eine unmittelbare Verwendung nur möglich wird, wenn sie die dafür notwendigen Fähigkeiten besitzen. Eine solche Charakterisierung von technologischem Know-how schwächt die im orthodoxen Ansatz so betonte Anreizproblematik deutlich ab.

Die Unterstreichung von technologischen Fähigkeiten macht auch die Aufgabe der sequentiellen Phasenvorstellung zugunsten eines vernetzten Bildes des Innovationsprozesses notwendig. Dies wird insbesondere durch die Betrachtung von Rückkopplungen zwischen der Diffusions- und der Innovationsphase deutlich. Diffusion kann nicht mehr gleichgesetzt werden mit Imitation, da in vielen Fällen gerade erst durch die Diffusion einer neuen Technologie zahlreiche Verbesserungen initiiert werden, die in ihrem Ausmaß oft die eigentliche Innovation sogar übertreffen. Da die Akteure des Innovationsprozesses aufgrund unterschiedlicher technologischer Fähigkeiten unterschiedliche technologische Pfade

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

verfolgen, können durch diesen Diffusionsprozeß neue technologische Möglichkeiten aus der gegenseitigen Befruchtung der einzelnen Ansätze entstehen. Dies ist vor dem Hintergrund nur beschränkter technologischer Chancen eines einzelnen Technologiepfades von um so größerer Bedeutung, da den sich erschöpfenden Möglichkeiten einer bestimmten Technologie auf diesem Weg neue Potentiale gegenübergestellt werden. Der Diffusionsprozeß kann aber nicht unabhängig von dem Phänomen der technologischen Spillover-Effekte analysiert werden: In ihnen manifestiert sich die gegenseitige Beeinflussung unterschiedlicher Technologien, wodurch sie in der neuen Innovationstheorie eine positive Interpretation als ideenschaffende Effekte erfahren.

Der Innovationsprozeß wird in dieser Perspektive zu einem kollektiven Prozeß, für den das Zusammenspiel privater und öffentlicher Wissenskomponenten von herausragender Bedeutung ist. Da technologisches Wissen auf der einen Seite zumindest teilweise die Eigenschaften eines privaten Gutes aufweist, und auf der anderen Seite bestimmte Fähigkeiten für die Integration von technologischem Know-how in den eigenen Wissensstock notwendig sind, rücken in einem kollektiven Innovationsprozeß kooperative und kognitive Aspekte in den Vordergrund. Die Entstehung technologischer Spillover-Effekte kann nicht mehr ausschließlich durch die Eigenschaften von technologischem Know-how erklärt werden, vielmehr werden dafür auch kooperative Verhaltensweisen notwendig. In einer durch gegenseitige Beeinflussungen vorangetriebenen technologischen Entwicklung können sich informelle Netzwerke institutionalisieren, welche die Ausbreitung des neuen Know-hows sicherstellen. Für das Verständnis und die Aneignung der technologischen Spillover-Effekte sind aber bestimmte Fähigkeiten und Kompetenzen notwendig, die nicht unbedingt mit der normalen Produktions- und Innovationstätigkeit zusammenfallen. Dies gilt um so mehr für den Fall, daß die Spillover-Effekte ihren Ursprung in technologisch zunächst unverbundenen Technologien nehmen, worin aber vor allem Potentiale aus der gegenseitigen Befruchtung gesehen werden. Will ein Unternehmen sich diese extensiven technologischen Möglichkeiten erschließen, muß es in den Aufbau sogenannter absorptiver Fähigkeiten investieren, um die kognitiven Voraussetzungen für das Verständnis externen Know-hows zu erwerben.

Technologische Spillovers entfalten also immer dann ihren ideenschaffenden Charakter, wenn a) die notwendigen Informations- und Kommunikationskanäle in informellen Netzwerken aufgebaut werden (kooperativer Aspekt), und somit eine wichtige Voraussetzung für Spillover-Effekte trotz des partiellen Privatgut-Charakters gewährleistet ist, und wenn b) absorptive Fähigkeiten, die das Verständnis des Know-hows sicherstellen, entwickelt werden (kognitiver Aspekt). Sind diese Voraussetzungen erfüllt, besteht die Möglichkeit, daß durch Spillover-Effekte gegenseitige Befruchtungen (*cross-fertilizations*) stattfinden, also neue technologische Opportunitäten erschlossen werden.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Aus der Beschreibung kollektiver Innovationsprozesse erwächst für die theoretische Analyse der Innovationsvorgänge die Aufgabe, zu erklären, wie es zum einen zu einem kooperativen Austausch von F&E-Informationen kommen kann und zum anderen, welche Implikationen absorptive Fähigkeiten mit sich bringen.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

C. Neoklassische Modellierung des kollektiven Innovationsprozesses

Aus der veränderten Sichtweise der modernen Innovationsökonomik, insbesondere der ideenschaffenden Interpretation technologischer Spillover-Effekte, ergibt sich auch an die formale Darstellung des Innovationsprozesses die Anforderung, der vereinfachenden Abbildung traditioneller neoklassischer Modellierungsversuche neue Ansätze gegenüberzustellen. Innerhalb des neoklassischen Analyserahmens stellt sich durch die Ergebnisse des wissensbasierten Ansatzes somit die Herausforderung, die wesentlichen Merkmale kollektiver Innovationsprozesse in das vorhandene Instrumentarium der Marginalanalyse zur Ableitung optimaler F&E-Entscheidungen zu integrieren.

Aufgrund der großen Beliebtheit spieltheoretischer Ansätze in der industrieökonomischen Analyse, findet sich auch zur Abbildung von Elementen eines kollektiven Innovationsprozesses in der Literatur nahezu ausschließlich das spieltheoretische Instrumentarium. Auf der einen Seite eignen sich verhaltenstheoretische Kooperationsspiele zur Modellierung informeller Netzwerke, durch die der kooperative Aspekt des kollektiven Innovationsprozesses zum Ausdruck kommt. Der kognitive Aspekt kann dagegen auf der anderen Seite in ein einfaches (nicht-kooperatives) Oligopolspiel integriert werden. Den Oligopolisten ist es in diesem Zusammenhang nicht mehr erlaubt, ohne weiteres technologische Spillover-Effekte in den eigenen Wissensstock zu integrieren. Erst wenn sie über entsprechende technologische Fähigkeiten verfügen, ist ein Rückgriff auf die Spillover-Effekte möglich.

Ziel der theoretischen Ansätze ist es zu erklären, wie informelle Netzwerke und damit technologische Spillover-Effekte zustande kommen, wenn man von der Charakterisierung technologischen Know-hows als reines öffentliches Gut abrückt. Außerdem steht die Analyse der Auswirkungen technologischer Spillover-Effekte sowohl auf die Anreize in F&E zu investieren als auch auf die Möglichkeit, neue technologische Potentiale zu erschließen, auf der wissenschaftlichen Agenda. Im folgenden wird zunächst ein Modell zur Entstehung informeller Know-how-Austausch-Beziehungen vorgestellt. In dem darauffolgenden Abschnitt wird das Innovationsmodell aus Kap. B. I. 6 um den Aspekt absorptiver Fähigkeiten erweitert und analysiert.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

I. Informelle Netzwerke im Gefangenen-Dilemma-Kontext

In einem kollektiven Innovationsprozeß spielen für die Entstehung technologischer Spillover-Effekte informelle Netzwerke zwischen den beteiligten Akteuren eine wichtige Rolle. Erst durch diese informellen Kontakte entstehen die Informations- und Kommunikationskanäle, die für den Fluß von Spillover-Effekten notwendig sind. Die empirische Evidenz, die von Hippel (1989) in einer Studie der amerikanischen Stahlindustrie für das Phänomen der informellen Netzwerke vorfand, veranlaßten ihn, den kooperativen Austausch von Know-how in einem spieltheoretischen Modell zu formalisieren. Dazu bedient er sich eines Gefangenen-Dilemmas, einem in der Ökonomik häufig verwendeten Kooperationsspiel. In Kooperationsspielen können bestimmte Strategiekombinationen zu einer Verbesserung der Auszahlungen für alle Beteiligten führen, während in dem spieltheoretischen Pendant, den sogenannten Nullsummenspielen die Höhe der Auszahlungen determiniert ist, weshalb ein Spieler nur das gewinnen kann was ein anderer verliert. Da es im Kontext kollektiver Innovationsprozesse um die Erschließung extensiver technologischer Opportunitäten geht, also um die Schaffung neuer technologischer Potentiale, scheint diese Spielform zur Abbildung informeller Netzwerke geeignet.

Gefangenen-Dilemmas bilden Situationen ab, in denen kooperatives Verhalten aller Akteure Vorteile mit sich bringt. Jeder einzelne Akteur verspürt aber einen individuellen Anreiz, von seiner kooperativen Strategie abzuweichen und statt dessen nicht-kooperatives Verhalten an den Tag zu legen. Auf diese Weise stellt sich eine nicht-kooperative Umwelt ein, in der alle Akteure ein im Vergleich zur kooperativen Situation schlechteres Ergebnis realisieren. Axelrod (1984) kann allerdings in seinen beeindruckenden Computersimulationen zeigen, daß mit einfachen Strategien wie *Tit-For-Tat* (*Wie Du mir, so ich Dir*) über einen längeren Zeitraum trotz des Dilemmas aus individueller und kollektiver Rationalität kooperative Strukturen entstehen können.

Da von Hippel (1989), wie bereits in Abschnitt B. II. 5 erwähnt, in der Reziprozität der Austauschbeziehungen ein wichtiges Merkmal informeller Netzwerke sieht, „... *a gift always looks for recompense*." (von Hippel, 1989, S. 158), wählt er ein Zwei-Personen-Gefangenen-Dilemma, in dem den beiden Spielern zwei Strategien zur Verfügung stehen: Die nicht-kooperative bzw. in der Terminologie der Literatur zum Gefangenen-Dilemma auch als defektiv bezeichnete Strategie, sieht dabei die Geheimhaltung des neuen firmen-intern erworbenen Know-hows vor. Aufgrund der in Abschnitt B. II. 2 skizzierten Eigenschaften von technologischem Wissen ist dieses Verhalten auch vergleichsweise einfach möglich. Die kooperative Strategie beinhaltet dagegen, das eigene Know-how dem anderen Spieler offenzulegen.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Das Dilemma liegt nun in der *Dominanz* der nicht-kooperativen Strategie dieses einfachen Spiels, die dem Zustandekommen informeller Netzwerke entgegensteht. Auf diese Situation hat bereits Nelson (1959, S. 303) hingewiesen:

> „To the extent that an industry rests on a field of science that is likely to get little attention in the absence of sponsorship by the firms in the industry, it may be in the interest of all the firms that research in this field be pushed, though each firm would prefer the others to do the financial pushing."

In der Literatur zum Gefangenen-Dilemma finden sich allerdings Auswege aus dieser unheilvollen Situation, die auch für den kollektiven Innovationsprozeß von Relevanz sind. Zum einen kann das einfache Spiel mehrmals hintereinander ausgeführt werden (*iteratives Spiel*), wodurch sich in Abhängigkeit vom Zeithorizont der Unternehmen eine veränderte Situation einstellen kann. Eine andere Möglichkeit besteht in der Einbeziehung von mehr als zwei Spielern, wodurch kooperatives Verhalten auch für eine Gruppe von Akteuren aus individueller Rationalität vorteilhaft erscheinen kann.

Bevor das Modell von von Hippel und mögliche Auswege aus dem Dilemma vorgestellt werden, wird im folgenden zunächst die Grundstruktur eines Zwei-Personen-Gefangenen-Dilemmas eingeführt.[1]

1. Die Grundstruktur des Gefangenen-Dilemmas

In einem Zwei-Personen-Gefangenen-Dilemma haben beide Spieler ($i = 1,2$) die Möglichkeit, entweder eine kooperative (c) oder eine defektive (nc) Strategie aus ihrem Strategienvektor $a_i = \{c, nc\}$ zu wählen, wobei allerdings kein Spieler in der Lage ist, das Verhalten des jeweils anderen zu beobachten. M.a.W. die Spieler treffen ihre Entscheidungen simultan. Jeder möglichen Strategiekombination ist über die Auszahlungsfunktion $g_i(a_i)$ eine, beiden Spielern bekannte Auszahlung zugeordnet. Für den Fall, daß die Spieler kooperatives Verhalten an den Tag legen, erhalten beide die vergleichsweise hohe Auszahlung R (*reward for mutual cooperation*, Axelrod, 1984). Nur die Auszahlung T (*temptation to defect*, Axelrod, 1984), die ein Spieler erhält, wenn er selbst nicht kooperiert, aber auf kooperatives Verhalten des anderen stößt, ist noch höher. Der in diesem Fall ausgenützte Spieler erhält allerdings dann die niedrigste Auszahlung S (*sucker's pay-off*, Axelrod, 1984). Schließlich bekom-

[1] Vgl. *Axelrod* (1984, S. 7 ff.)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

men im Fall beidseitiger Defektion beide Spieler die vergleichsweise niedrige Auszahlung P (*punishment for mutual defection*, Axelrod, 1984). Die folgende Auszahlungsmatrix (Abb. 6) gibt das Spiel wieder (Die Auszahlungen des Spielers 1 und 2 sind jeweils durch die tiefgestellten Indizes festgelegt):

		Spieler 2	
		Kooperation	**Defektion**
Spieler 1	**Kooperation**	R_1=3; R_2=3	S_1=0; T_2=5
	Defektion	T_1=5, S_2=0	P_1=1; P_2=1

Abb. 6: Auszahlungsmatrix des Gefangenen-Dilemmas

Damit ein Spiel die Situation eines Gefangenen-Dilemmas beschreibt, müssen bezüglich der Auszahlungen R, T, S und P die folgenden beiden Bedingungen erfüllt sein:

(i) $$T > R > P > S;$$

(ii) $$2R > T + S.$$

Bedingung (i) legt die Rangfolge der Auszahlungen fest und besagt, daß jeder Spieler die Auszahlung, die er bei eigenem defektiven Verhalten und gegnerischer Kooperation erhält, am höchsten einschätzt. Hier kommt er in den Genuß der Früchte einer Kooperation, ohne für die entsprechenden Kosten aufzukommen. Der zweithöchste Wert ist mit beidseitiger Kooperation verbunden und wird höher eingeschätzt als die Situation, in der beide Parteien defektieren. Am niedrigsten wird die Auszahlung bewertet, die ein kooperativer Spieler erhält, wenn er Opfer defektiven Verhaltens des Mitspielers wird. Die Bedingung (ii) beinhaltet, daß die Spieler die Auszahlung bei beidseitiger Kooperation höher einschätzen als den Erwartungswert bei gleichverteilter einseitiger Kooperation und Defektion. M.a.W. die Spieler können auch durch sogenannte *Seitenzahlungen* bei wechselseitiger Ausbeutung nicht der Dilemma-Situation entkommen.

Das in der Auszahlungsmatrix angeführte numerische Beispiel entstammt Axelrod (1984) und erfüllt die beiden Bedingungen. Diese Darstellung erlaubt es, über einen Vergleich der Auszahlungen des Zeilenspielers und denen des Spaltenspielers auf einfache Weise die sogenannte *dominante* Strategie zu ermitteln. Darunter versteht man die Strategie, die unabhängig vom gegnerischen Verhalten im Vergleich zu den anderen Handlungsmöglichkeiten eine höhere oder zumindest gleich hohe Auszahlung verspricht. Im Gefangenen-Dilemma zeigt sich, daß es für jeden Spieler individuell rational ist, die defektive Strategie zu spielen, da er so unabhängig vom gegnerischen Verhalten die höchste Auszahlung erhält. Defektives Verhalten ist somit die dominante Strategie im

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Gefangenen-Dilemma, wodurch die Auszahlung (*P*, *P*) zum einzigen stabilen *Nash*-Gleichgewicht des Spiels wird.[2] Dieses Ergebnis stellt aber beide Akteure schlechter als bei beidseitiger Kooperation zu erwarten wäre. Im angeführten Beispiel erhalten bei beidseitiger Kooperation beide Spieler 3 Einheiten, während beidseitige Defektion nur mit 1 Auszahlungseinheit verbunden ist. Aber da ein Spieler bei kooperativem Verhalten Gefahr läuft, ausgebeutet zu werden, wobei er mit 0 Auszahlungseinheiten zu rechnen hätte, während der defektive Spieler 5 Einheiten erhält, sind beide Spieler nicht zur Kooperation bereit.

Die wohlfahrtsoptimale Lösung liegt ohne Zweifel in der beidseitigen Kooperation. Diese Strategiekombination ist aber aufgrund der individuellen Rationalität der Akteure nicht stabil, da die Spieler immer einen Anreiz haben, von der Kooperation abzuweichen. Daraus ergibt sich die Dilemma-Situation beidseitiger Defektion als einzige stabile Lösung des Spiels.

2. Informeller Know-how-Austausch als Gefangenen-Dilemma

Informeller Know-how-Austausch zwischen zwei Unternehmen weist nun nach von Hippel (1989) die Eigenschaften eines Gefangenen-Dilemmas auf.[3] Unter Know-how versteht von Hippel dabei technologisches Wissen, welches von den, in einem Unternehmen beschäftigten Wissenschaftlern und Ingenieuren entwickelt wird. Diese Entwicklung ist prinzipiell allen Unternehmen möglich, unter der Voraussetzung, daß sie entsprechend Zeit und Kosten in Forschung und Entwicklung investieren. Stößt ein Unternehmen in seinen Anstrengungen auf ein technologisches Problem, stehen ihm zwei Methoden zur Verfügung, das für die Bewältigung des Problems erforderliche Wissen zu erwerben: Es kann zum einen versuchen, das entsprechende Wissen in den eigenen F&E-Labors selber zu entwickeln oder aber, es versucht das Know-how von einem anderen Unternehmen zu erhalten.

> „When required know-how is not available in-house, an egineer typically cannot find what he needs in publications either: Much is very specialized and not published anywhere. He must either develop it himself or learn what he needs to know by talking to other specialists. Since in-house development can be time-consuming and expensive, there can be a high incentive to seek the needed information from professional colleagues. And often, logically enough, engineers in firms which make similar products or use similar processes are the people most likely to have the needed information." (von Hippel, 1989, S. 158)

---

[2] Zur Diskussion des Konzepts eines Nash-Gleichgewichts vgl. *Holler/Illing* (1993, S. 60 ff.)

[3] Vgl. auch *Schrader* (1989, S. 25 ff.)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Um die Struktur des Gefangenen-Dilemmas auf die Situation informeller Austauschbeziehungen zu übertragen, trifft von Hippel zunächst folgende Annahmen: Zwei Unternehmen besitzen jeweils exklusiv technologisches Know-how, welches auch für das entsprechend andere Unternehmen von Interesse ist. Mit dem Besitz des Know-hows lassen sich Auszahlungen realisieren, wobei diese Auszahlungen für beide Unternehmen und ihr jeweiliges Know-how identisch sind (*Symmetrie-Annahme*). Dieser Wert technologischen Wissens setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: Mit der Beherrschung des entsprechenden Wissens ist grundsätzlich eine Auszahlung in Höhe von IE (IE := Innovationserfolg) verbunden, d.h. einem Unternehmen kommt der Wert IE auch dann zu, wenn das andere Unternehmen ebenfalls im Besitz dieses Wissens ist. Aus dem alleinigen Besitz dieses Know-hows fließt einem Unternehmen allerdings noch eine monopolistische Zusatzrente ΔIE zu, die durch den Wettbewerbsvorsprung, den dieses Know-how gegenüber dem Konkurrenten ermöglicht, begründet wird. Vor dem informellen Know-how-Austausch hat also jedes Unternehmen technologische Informationen, deren Wert IE_{TOTAL} (*pre-play value*) in Gleichung (9) wiedergegeben ist:

$$IE_{TOTAL} = IE + \Delta IE. \tag{9}$$

Entscheidet sich ein Unternehmen für die kooperative Strategie *c* und legt dem anderen Unternehmen sein technologisches Wissen offen, verliert es dadurch die monopolistische Zusatzrente ΔIE. Mit seinem eigenen Know-how ist folglich nur noch die Auszahlung IE verbunden. Im Prozeß des informellen Know-how-Austausches lassen sich jetzt drei Fälle unterscheiden:

Im ersten Fall beidseitiger Kooperation verzichten beide Unternehmen auf die monopolistische Zusatzrente ΔIE und überlassen der anderen Firma ihr technologisches Know-how. Auf diese Weise kann auch das andere Unternehmen die damit verbundene Auszahlung IE realisieren. Mit dem Strategienpaar $\{c, c\}$ ist somit die folgende Auszahlung (*post-trade rent*) *R* (*reward for mutual cooperation*) verbunden:

$$R = 2\ IE. \tag{10}$$

Im zweiten Fall kooperiert nur eine Unternehmung, während die andere weiterhin ihr Know-how geheimhält $\{c, nc\}$. In dieser Situation verzichtet das kooperative Unternehmen wieder auf die monopolistische Zusatzrente ΔIE, wird dafür aber durch den Gegenspieler nicht entschädigt. Seine Auszahlung *S* (*sucker's pay-off*) beträgt folglich nur:

$$S = IE. \tag{11}$$

Das defektive Unternehmen $\{nc, c\}$ behält dagegen seine Zusatzrente ΔIE und realisiert außerdem noch den, mit dem fremden Know-how verbundenen Innovationserfolg IE. Seine Auszahlung *T* (*temptation to defect*) ergibt sich als:

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

(12) $$T = 2\,\mathrm{IE} + \Delta\mathrm{IE}.$$

Schließlich kann noch die Situation beidseitiger Defektion $\{nc, nc\}$ eintreten, wenn beide Spieler weiterhin ihr Know-how vor dem Gegenspieler geheimhalten. Die Auszahlung P (*punishment for mutual defection*) entspricht dann dem *pre-play value*:

(13) $$P = \mathrm{IE} + \Delta\mathrm{IE}.$$

Die Charakterisierung eines Spiels, mit so festgelegten Auszahlungen als Gefangenen-Dilemma scheidet aus, wenn durch den exklusiven Besitz des entsprechenden Know-hows ein so großer Wettbewerbsvorsprung realisiert wird, daß die Auszahlung aus dem monopolistischen Besitz dieses Wissens ΔIE die Auszahlung IE, die auch dann realisiert wird, wenn beide Unternehmen über dieses Wissen verfügen, übersteigt. In diesem Fall gilt: IE < ΔIE, wodurch die Bedingungen (i) und (ii) für das Vorliegen eines Gefangenen-Dilemmas nicht erfüllt sind. Von Hippel (1989, S. 170) schildert diesen Fall folgendermaßen:

> „... know-how which can yield a major competitive advantage cannot be routinely reinvented. (it may, for example, be the result of unusual insight and/or major research efforts). Then, [IE < ΔIE] for years, and trading of that know-how may never be in the interest of the firm posessing it."

Im anderen Fall, IE > ΔIE, können sich dagegen beide Unternehmen durch den Know-how-Austausch besserstellen, da das entsprechende Know-how nicht mit wesentlichen Wettbewerbsvorsprüngen verbunden ist und somit die mit exklusivem Besitz verbundenen Auszahlungen nicht zu groß sind. Zum einen kann ein Unternehmen auch ohne das entsprechende Know-how in seinem Produktionsprozeß fortfahren, beispielsweise unter Inkaufnahme höherer Ausschußquoten. Zum anderen kann, wie bereits erwähnt, dieses Wissen in einem zeit- und kostenaufwendigen Prozeß auch selbst erworben werden.[4]

Allerdings legt die Gefangenen-Dilemma Situation nahe, daß es nicht zu der beidseitigen vorteilhaften kooperativen Strategie kommen wird, da aufgrund individueller Rationalität, beide Unternehmen sich das fremde Know-how aneignen wollen, ohne selbst ihr Wissen dem Wettbewerber zugänglich zu machen. Wie kann aber dennoch der in der Realität zu beobachtende Know-how-

[4] *Von Hippel* (1989, S. 168) gibt folgendes Beispiel: „An engineer at an aerospace firm was having trouble manufacturing a part from a novel composite material with needed precision. He called a professional colleague he knew at a rival firm and asked for advice. As it happens, that competitor had solved the problem by experimenting and developing some process-know-how involving mold design and processing temperatures, and the colleague willingly passed along this information."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Austausch erklärt werden? Welche theoretischen Lösungsmöglichkeiten stehen zur Überwindung der Dilemma-Situation zur Verfügung?

3. Informeller Know-how-Austausch im iterierten Gefangenen-Dilemma

Die Analyse von sich, über längere Zeiträume erstreckenden Spielen hat ergeben, daß viele Ergebnisse aus der statischen Ein-Periodenbetrachtung in der dynamischen Betrachtung nicht aufrechterhalten bleiben. Es stellt sich daher die Frage, ob sich auch im informellen Know-how-Austausch eine stabile kooperative Umwelt einstellen kann, obwohl in der statischen Betrachtung die defektive Strategie dominiert?

Bei wiederholten Spielen unterscheidet man zwischen Spielen, die sich über einen begrenzten Zeithorizont (*finite time horizon*) hinziehen und sogenannten *Superspielen* mit unbegrenztem Zeithorizont (*infinite time horizon*). Ein wiederholtes Gefangenen-Dilemma nimmt dabei folgenden Verlauf: Innerhalb des betrachteten Zeitraums stehen sich die Akteure in jeder Periode in einer Gefangenen-Dilemma Situation gegenüber, d.h. die Spieler müssen in jeder Periode t eine Strategie aus ihrem Strategienvektor $a_i^t = \{c, nc\}$ wählen. In Abhängigkeit von der realisierten Strategiekombination kommt es in jeder Periode zu einer Auszahlung $g_i(a_i^t)$, deren Höhe sich durch die Grundstruktur des einfachen statischen Spiels ergibt. Die Spieler haben somit nicht die Möglichkeit, im Zeitablauf die Auszahlungshöhe der verschieden Strategiekombinationen zu beeinflussen. Allerdings üben die Entscheidungen der Vergangenheit einen indirekten Einfluß auf die Auszahlungen aus, indem sie das zukünftige Verhalten des Gegenspielers berühren. Im informellen Know-how-Austausch werden demnach die Unternehmen den bisherigen Verlauf des Wissenstransfers in ihre Entscheidungen mit einbeziehen. Die so geschilderte Situation wirft die Frage auf, ob kurzfristige Vorteile der Geheimhaltung des eigenen und der Aneignung des fremden Know-hows von den Vorteilen einer langfristig stabilen kooperativen Umwelt kompensiert werden? Eine Beantwortung dieser Frage hängt entscheidend von der Bewertung zukünftiger Auszahlungen durch die Unternehmen ab, die in ihrer Diskontrate δ zum Ausdruck kommt. Ziel der Unternehmen im Sinne der neoklassischen Rationalannahme ist die Maximierung des diskontierten Auszahlungsstroms $E(a_i^t)$:

$$\max E(a_i^t) = \sum_t \delta^t g_i(a_i^t)\,. \tag{14}$$

Da Geheimhaltung die dominante Strategie des einfachen Gefangenen-Dilemmas ist, bleibt sie es auch in jeder Wiederholung des Spiels. Wenn ein Spieler zu einem beliebigen Zeitpunkt des Spiels sein eigenes Know-how ge-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

heimhält, kann sich der andere Spieler durch die kooperative Offenlegung seines Wissens nicht verbessern. Dennoch erhöht die Abhängigkeit der Strategiewahl vom vergangenen Spielverlauf die strategischen Möglichkeiten des Spiels, wodurch intuitiv die Vermutung gestärkt wird, daß auch kooperative Umgebungen in den Bereich des Erreichbaren rücken, sich also informelle Netzwerke aus dem strategischen Kalkül der Unternehmen einstellen.[5]

Für den Fall des begrenzten Zeithorizonts haben allerdings spieltheoretische Untersuchungen ergeben, daß die nicht-kooperative Strategie weiterhin die einzige dominante Strategie aller Teilspiele bleibt. Informelle Netzwerke stellen kein teilspielperfektes Gleichgewicht dar. Dafür verantwortlich zeichnet sich das Argument der Rückwärtsinduktion (*backward induction*):[6] In der letzten Periode werden beide Unternehmen die Strategie der Geheimhaltung ihres Wissens wählen, um für sich die vorteilhafte Free-Rider Position einzunehmen. Da nach dieser Periode keine weiteren Know-how-Transfers geplant sind, spielen Überlegungen, wie durch dieses nicht-kooperative Verhalten die Zukunft des informellen Netzwerks betroffen werden könnte, keine Rolle. Daraus folgt allerdings, daß die Geheimhaltung des eigenen Know-hows in der vorletzten Periode nicht mehr sanktioniert werden kann und deshalb auch in der vorletzten Periode nicht mehr kooperiert wird. Auf diese Weise läßt sich die Argumentation für alle Perioden des Spiels fortsetzen und es zeigt sich, daß sich aus individueller Rationalität ein kooperativer Know-how-Austausch in keiner Periode des Spiels einstellen wird. Durch die Beschränkung der informellen Austauschbeziehungen zweier Unternehmen auf eine vorher vereinbarte Zeitperiode bleibt die Dilemma Situation eines informellen Netzwerks erhalten. Die für die Entstehung von technologischen Spillover-Effekten notwendigen Informations- und Kommunikationskanäle kommen nicht zustande, wodurch die Verbreitung von technologie- und unternehmensspezifischem Know-how stark eingeschränkt wird.

Wie verändert sich nun die Wahrscheinlichkeit informelle Netzwerke vorzufinden, wenn man zu sogenannten *Superspielen* mit unendlichem Zeithorizont überwechselt, also Situationen, in denen die Unternehmen nicht bereits im voraus einen bestimmten Zeitraum für den informellen Know-how-Austausch vereinbaren. Letztendlich muß diese Situation sogar als die relevante angesehen werden, handelt es sich doch um informelle Kontakte, die in der Regel im Gegensatz zu vertraglich vereinbarten Kooperationsformen per se keine zeitlichen Beschränkungen beinhalten.

---

[5] Vgl. *Holler/Illing.* (1993, S. 141).

[6] Vgl. *Fudenberg/Tirole* (1991, S. 111).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

In der spieltheoretischen Literatur wird zur Lösung von Superspielen auf das sogenannte *Folk-Theorem* zurückgegriffen[7], welches in seiner allgemeinsten Form besagt, daß in unendlich oft wiederholten Spielen alle individuell rationalen Ergebnisse des Grundspiels zu erreichen sind. Als individuell rationale Ergebnisse versteht man dabei die Auszahlungen, die ein Unternehmen mit den Strategien der Offenlegung und Geheimhaltung *mindestens* erreichen kann. Im informellen Know-how-Handel ist dies die Auszahlung *P*, die bei beidseitiger Defektion erzielt wird. Jede Strategiekombination, die beiden Spielern in der langen Frist durchschnittlich mindestens *P* Auszahlungseinheiten erbringt, ist damit individuell rational und prinzipiell erreichbar. Darunter fällt auch die beidseitige Kooperation in einem informellen Netzwerk mit der Auszahlung $R > P$. Nach dem *Folk-Theorem* kann sich somit im wiederholten Gefangenen-Dilemma des informellen Know-how Transfers auch eine kooperative Umwelt als Gleichgewichtslösung einstellen. Im Fall des Zwei-Personen-Gefangenen-Dilemmas läßt sich die Menge möglicher Ergebnisse eines Superspiels als konvexe Menge von Auszahlungskombinationen im zweidimensionalen Auszahlungsraum ermitteln (vgl. Abb. 7).[8]

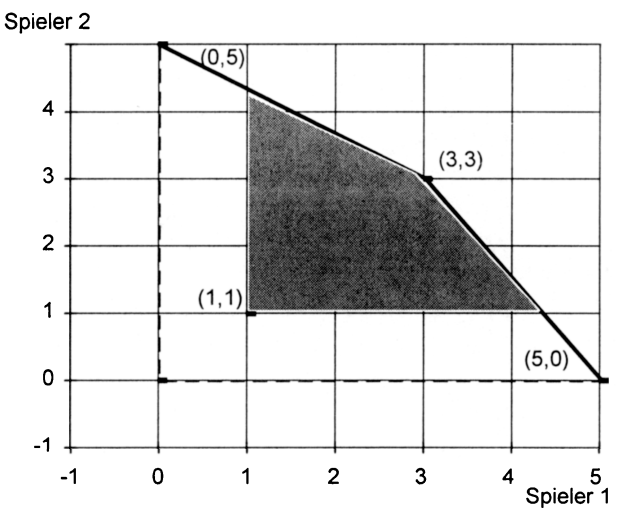


Abb. 7: Menge aller Auszahlungskombinationen

[7] Vgl. *Fudenberg/Tirole*. (1991, S. 150 f.), *Pflüger* (1997, S. 412-S. 416).

[8] Vgl. *Holler/Illing* (1993, S. 144 f.) Man beachte, daß bei dieser Art der Ermittlung des Auszahlungsraums zukünftige Auszahlungen stark ins Gewicht fallen müssen, die Diskontrate also gegen 1 gehen muß.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Für das oben gewählte numerische Beispiel ergibt sich als Menge möglicher Auszahlungsvektoren das hellgrau schraffierte Trapez. Alle Strategiekombinationen, deren Auszahlungen in dieser Menge enthalten sind, lassen sich als teilspielperfekte Nash-Gleichgewichte des unendlich wiederholten Gefangenen-Dilemmas durchsetzen.

Unter welchen Bedingungen kann in einem Superspiel die kooperative Strategie dominant werden, wodurch sich ein informelles Netzwerk mit den positiven Implikationen für die Spillover-Effekte durchsetzt? Die Beantwortung hängt, wie bereits erwähnt, maßgeblich von der Höhe des Diskontfaktors δ ab. Dies wird deutlich, wenn man den Gegenwartswert, der sich beim Vorliegen eines informellen Netzwerkes einstellt, mit dem einer nicht kooperativen Umwelt vergleicht. Wollen beide Spieler ein informelles Netzwerk etablieren und halten sich somit an die kooperative Strategie, ergibt sich als Gegenwartswert der Auszahlungen für ein Unternehmen $E(R)$ folgender Wert:

(15a) $$E(R) = \sum_{t=1}^{\infty} \delta^t R ,$$

bzw. umformuliert

(15b) $$E(R) = R \cdot \frac{1}{1-\delta} .$$

Will sich ein Unternehmen dagegen durch einseitige Geheimhaltung Vorteile verschaffen, wird es dies bereits in der ersten Periode tun, da spätere Gewinne aus diesem Verhalten aufgrund der Diskontierung weniger ins Gewicht fallen. Für den anderen Spieler wird eine einfache *Trigger*-Strategie unterstellt, die besagt, daß er solange sein Know-how offenlegt, solange auch sein Gegenspieler kooperativ spielt. Im Fall gegnerischen Free-Rider-Verhaltens verheimlicht er ab diesem Zeitpunkt ebenfalls sein Know-how und wählt für alle weiteren Perioden die defektive Strategie. Als Gegenwartswert $E(T, P)$ ergibt sich für den unkooperativen Spieler:

(16a) $$E(T,P) = T + \sum_{t=2}^{\infty} P \cdot \delta^{t-1} ,$$

bzw. umformuliert

(16b) $$E(T,P) = T + P \cdot \frac{\delta}{1-\delta} .$$

Ein informelles Netzwerk wird sich in dieser Situation immer dann herausbilden, wenn die Differenz aus den Auszahlungen bei beidseitiger Kooperation und beidseitiger Defektion für alle zukünftigen Spiele größer als der einmalige Gewinn aus der Geheimhaltung des eigenen Know-hows bei gegnerischer Offenlegung des Wissens ist:

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

(17)
$$\underbrace{[R-P]\cdot\frac{\delta}{1-\delta}}_{\substack{\textit{Vorteil aufgrund kooperativen Verhaltens in allen folgenden Perioden}}} > \underbrace{T-R}_{\substack{\textit{Vorteil aus Defektion in Periode 1}}}$$

Durch einfaches Umformulieren ergibt sich folgende Anforderung an die Diskontrate für die Entstehung informeller Netzwerke:

(18a)
$$\delta > \frac{T-R}{T-P}.$$

Setzt man in Bedingung (18a) die Auszahlungen (10), (12) und (13) des informellen Know-how-Austausches von von Hippel ein, erhält man den Zusammenhang zwischen Diskontrate und Innovationsertrag für das informelle Netzwerk mit unendlichem Zeithorizont:

(18b)
$$\delta > \frac{\Delta IE}{IE}.$$

Da die Diskontrate δ definitionsgemäß zwischen 0 und 1 liegt, ist die monopolistische Zusatzrente ΔIE aus dem exklusiven Besitz immer kleiner oder gleich dem Innovationsertrag IE, den ein Spieler erhält, wenn auch der andere über das entsprechende Wissen verfügt, soll eine kooperative Umwelt entstehen. Je mehr sich ΔIE an IE annähert, je größer also der Wettbewerbsvorteil durch den exklusiven Know-how-Besitz wird, desto höher muß die Wertschätzung zukünftiger Auszahlungen werden ($\delta \rightarrow 1$), damit sich eine informelle Austauschbeziehung zwischen den beiden Akteuren einstellt.

Die Erweiterung des Modells von von Hippel zeigt, daß sich durch die Berücksichtigung der dynamischen Komponente bei einer wiederholten Durchführung des Grundspiels trotz der Dilemma-Situation ein informelles Netzwerk herausbilden kann. Notwendige Voraussetzung für die Entstehung der Spillover-Kanäle ist ein unendlicher Zeithorizont bezüglich der informellen Austauschbeziehungen. Eine kooperative Umwelt wird sich immer dann einstellen, wenn die Spieler mit einer hohen Diskontrate zukünftigen Auszahlungen gegenüber eine hohe Wertschätzung entgegenbringen und/oder der Wettbewerbsvorsprung, der sich durch den exklusiven Besitz des Know-hows einstellt, nicht zu groß ist.

4. Informelle Netzwerke als N-Personen-Gefangenen-Dilemma

Informelle Netzwerke müssen sich nicht auf reziproke Beziehungen zwischen zwei Agenten beschränken (vgl. B. II. 5), ganz im Gegenteil ist in einem

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

kollektiven Innovationsprozeß aufgrund der zunehmenden Komplexität technologischer Lösungen gerade von multilateralen Beziehungen, die Erschließung extensiver technologischer Möglichkeiten zu erwarten. Es stellt sich daher die Frage, ob und wie sich die Dilemma-Situation des bilateralen Know-how-Transfers, wie sie von Hippel (1989) modelliert hat, unter Einbeziehung von mehr als zwei Akteuren verändert.

Die Analyse von N-Personen-Gefangenen-Dilemmas (MPPD *multi-person-prisoners-dilemma*) nimmt in der Literatur mit Ausnahme von Schelling (1973, 1978), Hamburger (1973) und Taylor (1976) nur einen vergleichsweise geringen Raum ein, da insbesondere bei einer Wiederholung dieser Spiele eine große Anzahl von Fallunterscheidungen erforderlich wird, wodurch die Aussagekraft der so abgeleiteten Lösungen stark eingeschränkt wird. Nichtsdestotrotz soll im folgenden der elegante Ansatz von Schelling (1973, 1978) zur Abbildung informeller Netzwerke angewandt werden,[9] da mit diesem Instrumentarium auf anschauliche Weise gezeigt werden kann, wie sich im kollektiven Innovationsprozeß kooperative Umwelten herausbilden können.

In einem ersten Fall wird dafür die traditionelle neoklassische Sichtweise technologischer Spillover-Effekte unterstellt und für neues technologisches Know-how die Eigenschaft eines öffentlichen Gutes angenommen. Das MPPD hat hier folgende Struktur: Am Innovationsprozeß sind n Unternehmen beteiligt, die wieder die Möglichkeit haben, sich entweder kooperativ oder als Free-Rider zu verhalten. Entscheiden sie sich für die kooperative Strategie c, führen sie F&E-Anstrengungen durch, wodurch neues technologisches Wissen entsteht, welches mit der Auszahlung IE verbunden ist. Im F&E-Prozeß muß dieses Unternehmen dafür Kosten in der Höhe von r auf sich nehmen. Da das entsprechende technologische Wissen annahmegemäß ein öffentliches Gut darstellt und allen Unternehmen zugute kommt, teilt sich der Innovationserlös auf alle n Firmen auf. Bezeichnet man mit k die Anzahl der anderen Spieler, die sich ebenfalls für die kooperative Strategie entscheiden, ergibt sich folgende Auszahlungsfunktion:

$$g(c,k) = (k+1)\cdot\frac{IE}{n} - r\,. \tag{19}$$

Spieler, die sich dagegen für die defektive Free-Rider Strategie nc entscheiden, unternehmen selbst keine F&E-Anstrengungen und müssen deshalb auch keine F&E-Kosten aufbringen. Sie sind nicht daran interessiert, technologisches

[9] Vgl. auch *Foray* (1995), von dem das Schema von Schelling zur Abbildung von Standardisierungsprozessen herangezogen wurde.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Wissen zu produzieren, von dem auch andere Unternehmen profitieren können. Ihr ganzes Interesse richtet sich auf die Aneignung von Spillover-Effekten aus den F&E-Anstrengungen der anderen, wodurch ihre Auszahlungsfunktion folgendes Aussehen bekommt:

$$f(nc,k) = k \cdot \frac{IE}{n}. \tag{20}$$

Damit die so beschriebene Situation ein MPPD wiedergibt, sind von den Auszahlungsfunktionen (19) und (20) die folgenden drei Bedingungen zu erfüllen:[10]

(i) $$f(nc,k) > g(c,k), \quad \textit{für alle } k \geq 0,$$

(ii) $$g(c,n-1) > f(nc,0),$$

(iii) $$\frac{\partial g}{\partial k} > 0; \frac{\partial f}{\partial k} > 0; \quad \textit{für alle } k > 0.$$

Die Bedingung (i) besagt, daß die nicht-kooperative Strategie wie im einfachen Gefangenen-Dilemma die dominante Strategie ist. Die Auszahlungen nicht-kooperativer Strategieentscheidungen sind immer höher als jene, die ein kooperativer Spieler in dieser Situation erhält. Die Bedingung (ii) ist immer dann erfüllt, wenn durch ein informelles Netzwerk aller n Unternehmen, eine im Verhältnis zur nicht-kooperativen Umwelt vorteilhafte Situation entsteht. Diese Bedingung drückt die Ineffizienz der dominanten Strategie aus. Unabhängig von der Wahl der eigenen Strategie stellt sich gemäß Bedingung (iii) ein Spieler um so besser, je größer die Anzahl kooperativ spielender Gegner, also das informelle Netzwerk wird.

Anhand des von Schelling (1973) eingeführten graphischen Schemas läßt sich die Gültigkeit dieser drei Bedingungen für das Vorliegen eines MPPD für die Situation informeller Netzwerke überprüfen. In der Abb. 8 sind auf der vertikalen Achse die Auszahlungen der beiden Strategien für einen Spieler abgetragen. Auf der horizontalen Achse findet sich die Anzahl k der kooperativ spielenden anderen Spieler. Beispielsweise an der Stelle $k = 3$ spielen drei andere Spieler kooperativ und (n-3) Spieler verhalten sich an dieser Stelle defektiv.

[10] Vgl. *Schelling* (1973, S. 389) und *Taylor* (1975, S. 43 f.)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

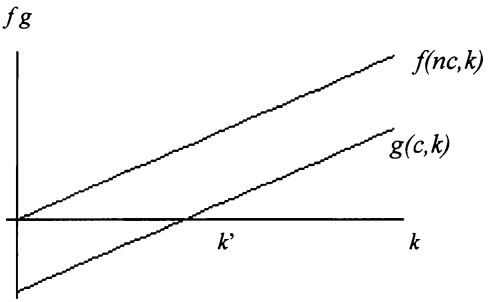


Abb. 8: Informelle Netzwerke als MPPD
Für das Diagramm wurden folgende Parameterwerte unterstellt: IE = 2; n = 10; r = 1.

Da die Auszahlungsfunktion $f(nc,k)$ eines defektiven Spielers immer über der Funktion $g(c,k)$ eines kooperativen Spielers liegt (Bedingung (i)), die Auszahlung einer vollständig kooperativen Umwelt höher als die einer vollständig defektiven Umwelt ist, $g(c,n)>f(nc,0)$ (Bedingung (ii)) und beide Kurven monoton ansteigen (Bedingung (iii)), handelt es sich bei den informellen Netzwerken um eine MPPD-Situation.

Wie das Diagramm von Schelling verdeutlicht, gibt es in der so geschilderten Situation eine Mindestanzahl k' an einem informellen Netzwerk teilnehmender Unternehmen, so daß die Wahl der dominierten Strategie c, diese Spieler besserstellt als eine vollständig nicht-kooperative Umwelt. Die Mindestgröße des informellen Netzwerks k' (*minimum size of coalition*) muß aber erreicht werden, wenn durch kooperatives Verhalten eine positive Auszahlung erzielt werden soll. Allerdings gibt es in dieser Situation eine Gruppe von Unternehmen (n-k'), die Free-Rider-Verhalten an den Tag legen und sich technologische Spillover-Effekte aneignen, ohne selbst zum Spilloverpool beizutragen. Da die, mit defektivem Verhalten verbundene Auszahlung größer als die eines Unternehmens im informellen Netzwerk ist, besteht für die Netzwerkteilnehmer ein Anreiz, aus der Kooperation auszutreten. Obwohl sich also Vorteile aus dem Beitritt in das informelle Netzwerk erzielen lassen, ist diese Lösung aufgrund des Anreizes zum Free-Rider-Verhalten nicht stabil. Eine stabile kooperative Umwelt wird sich nur dann ergeben, wenn die Firmen über das eigentliche Spiel hinausgehende Möglichkeiten der gegenseitigen Koordination, beispielsweise durch vertragliche Regelungen, erhalten. In diesem Fall geht jedoch der informelle Charakter der technologischen Austauschbeziehungen verloren.

Verabschiedet man sich dagegen von der traditionellen Sichtweise technologischer Spillover-Effekte und unterstellt im Sinne des wissensbasierten Ansatzes der neuen Innovationsökonomik nur latente Öffentliche-Gut-Eigenschaften von technologischem Know-how, verändert sich die oben beschriebene Situati-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

on. Aus der Teilnahme an einem informellen Netzwerk erwachsen dem Unternehmen hier Vorteile, die ein außenstehendes Unternehmen nicht für sich realisieren kann: Aufgrund der hohen Komplexität technologischer Lösungen steigt die Möglichkeit, extensive technologische Möglichkeiten in einem informellen Netzwerk zu realisieren, mit der Anzahl der Teilnehmer, die unterschiedliche technologische Ansätze in das Netzwerk einbringen. Für das volle Verständnis des technologischen Know-hows sind in der Regel Rückfragen etc. notwendig, was nur den Unternehmen möglich ist, die von den anderen als Teilnehmer des Netzwerks identifiziert werden.

Synergistische Vorteile aus der Teilnahme an einem informellen Netzwerk spiegeln sich in dem Gewicht β ($\beta > 1$) der Netzwerkgröße k wieder, wodurch die Auszahlungsfunktion eines kooperativen Spielers jetzt folgendes Aussehen erhält:

$$g(c,k) = [(\beta \cdot k) + 1] \cdot \frac{IE}{n} - r \,. \tag{19)'}$$

Trotz der nur latenten öffentlichen-Gut Eigenschaften ziehen auch defektive Spieler noch einen Vorteil aus den Spillover-Effekten. Allerdings bleiben ihnen die Synergien aus der gegenseitigen Befruchtung unterschiedlicher Technologien innerhalb des Netzwerks verschlossen. Ihre Auszahlungsfunktion entspricht weiterhin (20). Graphisch ergibt sich die in der Abb. 9a) dargestellte Situation:

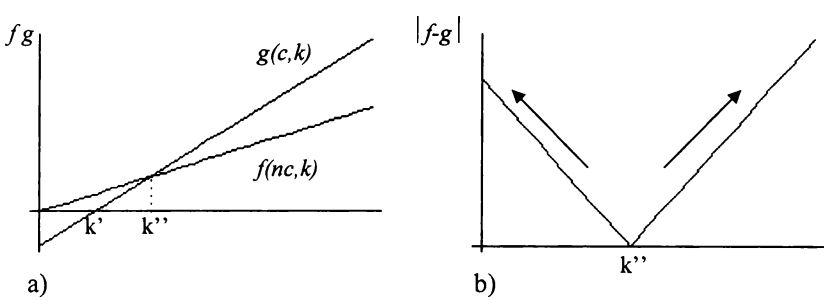


Abb. 9: Synergistische Vorteile aus der Teilnahme an einem informellen Netzwerk ($\beta = 2$)

Zunächst ist festzustellen, daß das durch die Gleichungen (19)' und (20) wiedergegebene Spiel die Bedingung (i) eines MPPD ab dem Schnittpunkt k'' der beiden Auszahlungsfunktionen nicht mehr erfüllt, da ab diesem Punkt gilt $g(c, k) > f(nc,k)$ für alle $k > k''$. Vor diesem Schnittpunkt gilt wieder, daß sich mit k' die Mindestgröße eines informellen Netzwerks bestimmt, ab der eine Teilnahme mit Vorteilen für das entsprechende Unternehmen, im Vergleich zu einer nicht-kooperativen Umwelt, einhergeht. Es handelt sich allerdings wieder

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

um ein instabiles Gleichgewicht, während die vollständige defektive Umwelt ein stabiles Gleichgewicht darstellt. Zusätzlich entsteht jetzt allerdings rechts vom Schnittpunkt k'' ein zweites stabiles Gleichgewicht in einem alle Akteure umfassenden informellen Netzwerk.

Das multiple Gleichgewicht wird durch die in Abb. 9b) dargestellten Pfeile verdeutlicht, in der betragsmäßig die Auszahlungsdifferenz der beiden Strategien wiedergegeben ist. Die Möglichkeit der Erschließung zusätzlicher Vorteile aus der informellen Kooperation ist hier für die Überwindung der ursprünglichen Dilemma-Situation verantwortlich, wodurch sich ab einer bestimmten Netzwerkgröße eine kooperative Umwelt als stabiles Gleichgewicht durchsetzen kann.

Die Berücksichtigung multilateraler technologischer Beziehungen hat gezeigt, daß die Gefangenen-Dilemma Situation bei mehr als zwei Akteuren teilweise entschärft oder sogar überwunden werden kann.[11] Allerdings sind die informellen Netzwerke nicht in jedem Fall eine stabile Gleichgewichtslösung des N-Personen-Gefangenen-Dilemmas, so daß ohne erweiterte Koordinationsmöglichkeiten der Spieler die nicht-kooperative Strategie dominant bleibt, wodurch die Informations- und Kommunikationskanäle für technologische Spillover-Effekte nicht zustande kommen.

[11] In *Taylor* (1975) findet sich eine Diskussion von MPPDs als Superspiele, in der sich wieder die kritische Rolle der Diskontrate abzeichnet. Aufgrund der komplizierten Fallunterscheidung, die für diese Analyse notwendig ist, soll im Rahmen unserer Diskussion auf die Darstellung von Superspielen des MPPD verzichtet werden, zumal sich damit keine wesentlichen Veränderungen der bisher abgeleiteten Ergebnisse ergeben.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

II. Absorptive Fähigkeiten in einem Non-Tournament-Modell

Im wissensbasierten Ansatz der neuen Innovationsökonomik werden die Fähigkeiten der Akteure, eine Technologie zu entwickeln und zu beherrschen besonders herausgestellt. Vor allem die Aneignung technologischer Spillover-Effekte stellt in diesem Verständnis Anforderungen an die Wissensbasis eines Unternehmens und ist keine selbstverständliche Eigenschaft. Ohne die entsprechenden *absorptiven Fähigkeiten* ist das technologische Know-how aus den Spillover-Effekten nicht für die eigenen Belange verwendbar. Im wissensbasierten Ansatz erfährt daher die neoklassische anreizmindernde Interpretation der technologischen Externalitäten eine wesentliche Abschwächung.

Es ist nun das große Verdienst von Cohen und Levinthal (1989, 1990a, 1990b), als erste bei der formalen Darstellung des Innovationsprozesses von der traditionellen Sichtweise technologischer Spillovers abgewichen zu sein, indem von den empfangenden Unternehmen erst bestimmte Voraussetzungen für die Internalisierung des fremden Know-hows erfüllt sein müssen.

> „This [traditional] proposition assumes that technological knowledge that is in the public domain is a public good. Like a radio signal or smoke pollution, its effects are costlessly realized by all firms located within the neighbourhood of emission. This view, however, ignores an important feature of the assimilation of research spillovers. The firm's ability to recognize and assimilate useful knowledge from the environment depends to a great extent on the firm's prior and ongoing R&D." (Cohen/Levinthal, 1990a, S. 29)

Neben der marktmäßigen Interaktion legen die Autoren in ihren spieltheoretischen Modellen daher ein Schwergewicht auf technologische Interdependenzen zwischen den Unternehmen, die durch Spillover-Effekte vermittelt werden. Dafür betrachten sie den Innovationsprozeß nicht ausschließlich in einer produktionstheoretischen Sichtweise, als Produktion von neuer Information, sondern ziehen unmittelbar auch Lern- und Wissenserwerbsprozesse heran: Durch die F&E-Tätigkeit eines Unternehmens werden auf der einen Seite gemäß der anreizbasierten Vorstellung technologische Innovationen *erworben*. Auf der anderen Seite werden aber zusätzlich Fähigkeiten herausgebildet, die es erlauben, externe Informationen auszubeuten und in den eigenen Wissensstock zu integrieren. M.a.W. es werden absorptive Fähigkeiten aufgebaut. Die formale Struktur ihres Modells lehnt sich weitgehend an der Formulierung von Spence (1984) an (vgl. Kap. B. I. 6), erweitert sie allerdings um den wesentlichen Aspekt absorptiver Fähigkeiten.[1]

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

1. Innovationen und Lernen: Absorptive Fähigkeiten in neoklassischer Modellierung

In den Grundelementen unterscheidet sich das Modell von Cohen/Levinthal nur unwesentlich von den in Kapitel B. I dargestellten industrieökonomischen Formulierungen. Die Unternehmen setzen in ihrer Produktion eine Technologie mit konstanten Skalenerträgen ein, wobei die Stückkosten c_i eines Unternehmens i eine abnehmende Funktion des Wissensstocks R_i und der intraindustriellen technologischen Opportunitäten f sind: $c_i = f(R_i)$. Der Bruttogewinn π^i nimmt mit wachsendem Wissensstock zu, die Zuwächse nehmen allerdings aufgrund begrenzter technologischer Möglichkeiten ab:[2]

(21) $$\pi^i_{R_i} = \frac{\partial \pi^i}{\partial R_i} > 0; \; \pi^i_{R_i R_i} = \frac{\partial^2 \pi^i}{\partial R_i^2} < 0 .$$

Die F&E-Anstrengungen der Konkurrenzunternehmen folgen alle der gleichen technologischen Trajektorie (*Homogenitäts-Annahme*), weshalb das Know-how der Konkurrenz in einem substitutiven Verhältnis zu dem eigenen, im Innovationsprozeß erworbenen Wissen steht. Zuwächse im Wissensstock der Konkurrenz schmälern somit den eigenen Profit, es geht nur um die Ausbeutung (*exploitation*) der intensiven technologischen Möglichkeiten, Auswirkungen auf die extensiven Opportunitäten werden nicht abgebildet:

(22) $$\pi^i_{R_j} = \frac{\partial \pi^i}{\partial R_j} < 0; \; \pi^i_{R_j R_j} = \frac{\partial^2 \pi^i}{\partial R_j^2} < 0 .$$

Die Größe des Spilloverpools wird wieder vom Umfang der F&E-Aufwendungen der Konkurrenz bestimmt, allerdings hängt bei Cohen/Levinthal der Anteil der Spillover-Effekte, der in das Know-how des betrachteten Unter-

---

[1] Die folgende Beschreibung des Modells und die sich anschließenden analytischen Betrachtungen orientieren sich weitestgehend an *Cohen/Levinthal* (1989). In einem statischen, auf eine Periode beschränkten deterministischen Spiel lassen sich nicht alle im Innovationsprozeß als wichtig erachteten Aspekte untersuchen. Insbesondere die Analyse von Auswirkungen stochastischer und zeitabhängiger Prozesse ist in diesem Rahmen annahmegemäß ausgeschlossen. Aus diesem Grund haben *Cohen/Levinthal* (1994) ein stochastisches zweistufiges Spiel formuliert, welches einige der ursprünglichen Restriktionen umgeht. Da dieses Modell in seiner formalen Struktur vom bisher verwandten Non-Tournament-Ansatz vollständig abweicht, wird hier auf eine formale Darstellung verzichtet.

[2] Die tiefgestellten Indizes stellen das Argument der partiellen Ableitung dar.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

nehmens fließt, nicht nur von einem exogenen Spilloverparameter θ ($0 \leq \theta \leq 1$) und den F&E-Aufwendungen der anderen Unternehmen $\Sigma_{j \neq i} r_j$ ab, sondern wird auch von den unternehmenseigenen absorptiven Fähigkeiten ac_i determiniert. Die Gleichung (7) von Spence, die den Aufbau des Wissensstocks eines Unternehmens beschreibt wird bei Cohen/Levinthal daher um die absorptiven Fähigkeiten erweitert:

$$R_i = r_i + ac_i (\theta \sum_{j \neq i} r_j + \xi) . \tag{23}$$

Neben den intraindustriellen Spillover-Effekten $\theta \Sigma_{j \neq i} r_j$ werden von Cohen/Levinthal zusätzlich interindustrielle Spillovers und Rückkopplungen aus den Wissenschaften ξ berücksichtigt, die für die Größe des relevanten Spilloverpools mitverantwortlich sind.[3]

Während der Spilloverparameter θ von exogenen Faktoren wie einer kooperativen Umgebung und institutionellen Gegebenheiten wie der Patentgesetzgebung usw. beeinflußt wird, werden die absorptiven Fähigkeiten eines Unternehmens endogen determiniert, wobei gilt:

$$ac_i = ac_i (r_i, \beta) \; ; \; 0 \leq ac_i \leq 1 . \tag{24}$$

Für den Fall vollständiger absorptiver Fähigkeiten $ac_i = 1$ ist ein Unternehmen in der Lage, sämtliche Informationen aus dem Spilloverpool zu verstehen, Beschränkungen aufgrund des lokalen und spezifischen Charakters technologischen Know-hows üben keinen Einfluß aus.[4] Gilt dagegen $ac_i = 0$, besitzt es keine absorptiven Fähigkeiten und ist somit nicht in der Lage, die Spillovers in den eigenen Wissensstock zu integrieren. Die absorptiven Fähigkeiten eines Unternehmens werden über die F&E-Aufwendungen sozusagen als Nebenprodukt der Forschungstätigkeit aufgebaut.[5] Mit größer werdenden F&E-Budgets nimmt die Zuwachsrate absorptiver Fähigkeiten allerdings ab:

$$ac_r = \frac{\partial ac_i}{\partial r_i} > 0 ; \quad ac_{rr} = \frac{\partial^2 ac_i}{\partial r_i^2} < 0 . \tag{25}$$

---

[3] Für diese interindustriellen Spillovers wird angenommen, daß ihr Spilloverparameter gleich 1 ist, d.h. Wissen aus anderen Branchen und den Wissenschaften ist für Unternehmen aus dieser Branche öffentlich zugänglich.

[4] In diesem Fall exogener absorptiver Fähigkeiten ist das Modell identisch mit dem Ansatz von *Spence* (1984).

[5] In *Cohen/Levinthal* (1994) wird dagegen die Motivation von Unternehmen untersucht, in einem kumulativen Prozeß unmittelbar absorptive Fähigkeiten aufzubauen. In diesem Ansatz sind absorptive Fähigkeiten nicht mehr das Nebenprodukt normaler F&E-Aktivitäten, sondern werden mit Hilfe spezieller Investitionen aufgebaut.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Die Bedeutung, die von den eigenen F&E-Anstrengungen beim Aufbau absorptiver Fähigkeiten ausgeht, variiert zusätzlich mit dem Faktor β, der den kumulativen Charakter und die Geschwindigkeit des technischen Fortschritts beschreibt. Man kann β auch als Komplexitätsgrad des jeweiligen technischen Wissens, bzw. als die Schwierigkeit, das relevante Wissen zu beherrschen, interpretieren. In Branchen die durch eine hohe Technologieintensität gekennzeichnet sind, wird der Faktor β vergleichsweise höhere Werte annehmen als in solchen Industrien, die sich durch nur langsam verändernde Technologien auszeichnen.

Der Komplexitätsgrad β beeinflußt den Aufbau absorptiver Fähigkeiten in zweifacher Weise: Zum einen steigt mit zunehmendem β die marginale Auswirkung einer Einheit F&E auf die absorptiven Fähigkeiten (26a). Dadurch wird die Notwendigkeit absorptiver Fähigkeiten zum Verständnis von spezifischen, lokalen und komplexen Know-how unterstrichen. Zum anderen nimmt das absolute Niveau der absorptiven Fähigkeiten mit zunehmender Komplexität ab (26b), m.a.W. bei steigender Komplexität des externen Know-hows muß für dessen Integration ein höherer F&E-Beitrag aufgewendet werden, es sind höhere absorptive Fähigkeiten notwendig.

(26a) $$ac_{r\beta} = \frac{\partial^2 ac}{\partial r \partial \beta} > 0\,;$$

(26b) $$ac_{\beta} = \frac{\partial ac}{\partial \beta} < 0\,.$$

Die Betonung endogener absorptiver Fähigkeiten im Modell von Cohen/Levinthal impliziert allerdings weder, daß von der anreizreduzierenden Interpretation von Spillover-Effekten abgewichen wird noch beinhaltet sie die Möglichkeit gegenseitiger Befruchtung unterschiedlicher Technologien, aufgrund der Homogenitätsannahme identischer technologischer Trajektorien. Worauf es in ihrem Modell ankommt, ist das Zusammenspiel von absorptiven Fähigkeiten ac_i und Spilloverparameter θ. Denn Know-how muß erst in Form von Spillovers verfügbar sein, d.h. Anreize in F&E zu investieren müssen vorhanden sein, um Spillover-Effekte in den eigenen Wissensstock absorbieren zu können. Sind die dafür notwendigen absorptiven Fähigkeiten allerdings nicht vorhanden, fehlen dem Unternehmen die Voraussetzungen für das Verständnis dieses Know-hows, die Spillovers führen zu keinen Konsequenzen.

Im folgenden unterstellen Cohen und Levinthal entsprechend der neoklassischen Rationalannahme, daß sich n gewinnmaximierende Unternehmen, die alle ein homogenes Gut produzieren, auf einem Markt gegenüberstehen (*Symmetrieannahme*). Der Output eines Unternehmens i wird mit x_i bezeichnet, es gilt die

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Nachfragefunktion $p(x)$ mit $x = \sum_{i=1}^{n} x_i$. Unter diesen Bedingungen läßt sich ein symmetrisches Nash-Gleichgewicht der F&E-Ausgaben berechnen. Die Unternehmen antizipieren in diesem Gleichgewicht den Effekt, der von einer Änderung ihrer F&E-Entscheidung auf den Wissensstock der Wettbewerber und damit auf deren Produktionsentscheidung ausgeht. Das bringt es mit sich, daß der optimale Output eines Unternehmens nicht nur vom eigenen F&E-Stock R_i, sondern auch von denen der Konkurrenz R_j $(j \neq i)$ abhängt. Der Bruttogewinn eines Unternehmens π^i ist somit sowohl eine Funktion von eigenem als auch von fremden Wissen und beträgt:

$$\pi^i(R) = x_i(R)p\left[x(R)\right] - c_i(R_i)x_i(R)\,, \tag{27}$$

wobei R den Vektor der branchenweiten F&E-Stöcke bezeichnet: $R=(R_1, R_2, \ldots, R_n)$.

2. Analytische Betrachtung des Modells

Zur Bestimmung der gewinnmaximierenden F&E-Aufwendungen wird Gleichung (27) nach den F&E-Aufwendungen differenziert, wodurch man die Gleichung (28) erhält, die den Grenzertrag $\pi^i_r(r,\theta,\beta,) = \partial\pi^i/\partial r_i$ der F&E-Aufwendungen eines Unternehmens beschreibt:

$$\pi^i_r(r,\theta,\beta) = \pi^i_{R_i}\left[1 + ac_{r_i}(\theta\sum_{j\neq i} r_j + \xi)\right] + \theta\sum_{j\neq i} ac_j \pi^i_{R_j}\,. \tag{28}$$

Dieser Ausdruck kann aufgrund der Symmetrieannahme für alle n Unternehmen bestimmt werden. Zur Festlegung des optimalen F&E-Budgets r^* werden diese n Gleichungen den *F&E-Grenzkosten* gleichgesetzt, die eins betragen:

$$\pi^i_{R_i}\left[1 + ac_{r_i}(\theta\sum_{j\neq i} r_j + \xi)\right] + \theta\sum_{j\neq i} ac_j \pi^i_{R_j} \overset{!}{=} 1\,. \tag{29}$$

Das so erhaltene Gleichungssystem charakterisiert die optimale F&E-Unternehmenspolitik bei gegebenen kompetitiven F&E-Anstrengungen. Über die simultane Lösung der n Gleichungen erhält man schließlich den Gleichgewichtswert $r_i^* = r^*$ (*symmetrische F&E-Politiken*), welcher sich für die Analyse der Auswirkungen von Variationen des Spilloverparameters θ, des Komplexitätsgrades β und der technologischen Opportunitäten f und ξ eignet.

Eine einfache analytische Herleitung der einzelnen Effekte ist in diesem Modell bereits nicht mehr möglich, weshalb Cohen/Levinthal sich zunächst auf die Bestimmung der Vorzeichen der relevanten Ableitungen beschränken. Die Untersuchung der Größenordnung der einzelnen Effekte ist trotz der vergleichs-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

weise einfachen Struktur des Gleichgewichtsmodells analytisch nicht zu bewältigen, weshalb die Autoren auf Simulationsstudien ausweichen müssen, die Gegenstand des nächsten Abschnitts sind.

Mit Hilfe der weiteren Annahme eines stabilen Nash-Gleichgewichts, ist eine zusätzliche Vereinfachung der Analyse möglich.[6] In diesem Fall gilt, daß sich die Vorzeichen der Ableitung des optimalen F&E-Budgets und der Ableitung des Grenzertrags der F&E-Aufwendungen im Gleichgewicht entsprechen, weshalb sich die Analyse auf den Grenzertrag aus F&E beschränken kann:

$$sign\left(\frac{\partial r^*}{\partial \theta}\right) = sign\left(\frac{\partial r'}{\partial \theta}\right). \tag{30}$$

Diese Beziehung gilt nicht nur bei Variationen von θ, sondern ebenfalls bei den weiter unten beschriebenen Veränderungen des Komplexitätsparameters β, des exogenen Spilloverpools ξ und der intensiven technologischen Möglichkeiten f. Bezüglich des Spilloverparameters θ gilt:[7]

$$sign\left(\frac{\partial r^*}{\partial \theta}\right) = sign\Big(\underbrace{\pi^i_{R_j} ac_r (n-1) r}_{positiver\ \ Absorptions-Effekt} + \underbrace{(n-1) ac \pi^i_{R_j}}_{negativer\ \ Anreiz-Effekt}\Big). \tag{31}$$

Für den Fall exogener absorptiver Fähigkeiten (d.h. $ac \equiv 1$ und folglich $ac_r = 0$) erhalten Cohen/Levinthal das gleiche Ergebnis wie Spence (1984). Der negative Effekt des zweiten Terms $(n\text{-}1)ac \cdot \pi^i_{Rj}$ spiegelt die anreizreduzierende Wirkung der Spillover-Effekte wider, da die Unternehmen in der Lage sind, externes Know-how problemlos in den eigenen Wissensstock zu integrieren. Aufgrund der substitutiven Eigenschaft des Know-hows der technologischen Spillover-Effekte und der dadurch ermöglichten Imitation eigener Neuerungen, kommt nur der negative Anreizeffekt zur Geltung. Dies drückt sich in der Verringerung des Gewinns bei einer Erhöhung der Wissensstöcke der Konkurrenz ($\pi^i_{Rj} < 0$) aus, die ja durch die Spillover-Effekte ermöglicht wird. Dieses Ergebnis spiegelt Arrows traditionelle Beobachtung wider, daß mit größer werdenden Spillover-Effekten die F&E-Aufwendungen zurückgehen, da aufgrund der Öffentlichen-Gut-Eigenschaften von Know-how die F&E-Anreize reduziert werden.

---

[6] Im Anhang zu diesem Kapitel findet sich die formale Begründung dieser Vereinfachung.

[7] In den folgenden Ableitungen werden die Effekte 2. Ordnung analog der Vorgehensweise bei *Cohen/Levinthal* (1989) vernachlässigt.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Bei endogenen absorptiven Fähigkeiten ($ac_r > 0$) ist die Richtung des Gesamteffekts jedoch nicht eindeutig aus dieser Bedingung zu bestimmen, da noch ein zweiter Effekt zur Geltung kommt. Mit einer höheren Spilloverrate steigen jetzt die Anreize in F&E zu investieren, weil durch die Integration des Know-hows der Spillover-Effekte in den eigenen Wissensstock dem Unternehmen Vorteile erwachsen. Dieser Effekt zeigt sich im ersten Term der Gleichung (31) $\pi^i_{Ri} ac_r(n-1)r$: Eine höhere Spilloverrate erhöht den potentiellen externen Wissenspool, wodurch der Anreiz, in absorptive Fähigkeiten zu investieren und damit der Umfang der optimalen F&E-Ausgaben steigt. Die positive Wirkung einer Vergrößerung des Spilloverparameters θ fällt dabei um so stärker aus, je höher der Grenzertrag einer Investition in die absorptiven Fähigkeiten ac_r ist.

Diese positive Wirkung wird jedoch mit zunehmenden absorptiven Fähigkeiten ac_j der Konkurrenten wieder verringert. Worauf es für den Gesamteffekt letztendlich ankommt, ist das Zusammenspiel von absorptiven Fähigkeiten ac und Spillover-Effekten θ, da *ceteris paribus*, ein höherer Spilloverparameter für höhere F&E-Investitionen verantwortlich gemacht werden kann, wodurch der negative Anreizeffekt kompensiert wird.[8]

Selbst für den Fall, daß die Nettowirkung dieser beiden Effekte negativ wird, zeigen Cohen/Levinthal, daß die traditionelle Schlußfolgerung reduzierter F&E-Anreize nur noch eingeschränkt gilt, da die absorptiven Fähigkeiten der Konkurrenz ac_j im endogenen Fall kleiner als eins sein werden, wodurch der negative Effekt zumindest teilweise kompensiert wird.

„Thus, our introduction of absorptive capacity changes the traditional result in two ways. Most importantly, the desire to assimilate the knowledge generated by other firms provides a positive incentive to invest in R&D as θ increases. Second, the dis-incentive associated with other firms' assimilation of the firm's R&D output is dampened because other firms' absorptive capacities are less than unity." (Cohen/Levinthal, 1989, S. 576)

Neben den Konsequenzen veränderter Spillover-Raten, interessieren auch die Auswirkungen, die sich bei Variationen der technologischen Opportunitäten und des externen Wissenspools einstellen. Diese werden im folgenden getrennt für intra- (f) und interindustrielle (ξ) technologische Potentiale analysiert. Analog zu (31) gilt:

[8] Aus der Bedingung (31) läßt sich eine weitere Beziehung ableiten: Der Effekt einer Vergrößerung des Spilloverparameters θ auf die optimalen F&E-Ausgaben ist positiv, wenn die F&E-Elastizität der absorptiven Fähigkeiten größer ist als das negative Verhältnis des marginalen Pay-offs einer Erhöhung des fremden und des eigenen Wissensstocks: $\partial r^*/\partial\theta > 0$, wenn $(\partial ac/\partial r)\cdot(r/ac) > -\pi^i_{Rj}/\pi^i_{Ri}$.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

(32) $$sign(\frac{\partial r^*}{\partial f}) = sign(\underbrace{\pi^i_{R_i f}\left\{1 + ac_r\left[\xi + \theta(n-1)r\right]\right\}}_{>0} + \underbrace{\theta(n-1)\pi^i_{R_j f}}_{<0})$$

und

(33) $$sign(\frac{\partial r^*}{\partial \xi}) = sign(\underbrace{ac_r \pi^i_{R_i}}_{>0} + \underbrace{[\overbrace{\pi^i_{R_i R_i}}^{<0} + (n-1)\overbrace{\pi^i_{R_i R_j}}^{<0}]ac[1 + ac_r \cdot \xi]}_{<0}) .$$

Der Effekt einer Vergrößerung der intraindustriellen technologischen Möglichkeiten (32) ist wieder nicht eindeutig zu ermitteln. Auf der einen Seite erhöhen die zu den eigenen Anstrengungen substitutiven Spillover-Effekte die Effektivität der eigenen F&E-Aufwendungen (1. Term in (32)), wodurch ein Unternehmen auf seiner technologischen Trajektorie schneller vorankommt. Auf der anderen Seite vergrößert sich gerade durch diese Substitutionalität der Spillover-Effekte der negative Effekt (2. Term in (32)), da die anderen Unternehmen die eigenen technologischen Neuerungen imitieren.

Ähnlich ambivalent ist das Vorzeichen der Ableitung (33) nach dem externen Spilloverpool.[9] Der erste Term in (33) steht für die positiven Auswirkungen höherer externer Wissensquellen auf die eigenen F&E-Anreize, da die eigenen Innovationsanstrengungen durch das externe Know-how effizienter werden. Der zweite Term steht dagegen für die Substitution von eigenem durch fremdes Know-how, also verringerter F&E-Anreize. Diese Substitution wird möglich, da das externe Know-how ebenfalls nur die Ausbeutung der intensiven Opportunitäten des eigenen Technologiepfades erlaubt. Besonders deutlich wird dieser Effekt bei der Annahme exogener absorptiver Fähigkeiten ($ac_r \equiv 0$), denn hier kommt es nur zu dem negativen anreizreduzierenden Einfluß.

Eine Vergrößerung der technologischen Möglichkeiten kann in dem Modell von Cohen/Levinthal also sowohl auf intra- als auch interindustrieller Seite mit anreizreduzierenden Effekten einhergehen, wobei sich die Ursachen dafür allerdings unterscheiden: Bei interindustriellen Spilloverpools ist die Substitution von eigenem Wissen durch externes Know-how dafür verantwortlich, während bei intraindustriellen Opportunitäten der negative Anreizeffekt die maßgebliche Rolle spielt.

Wie verändern sich die Anreize, in F&E zu investieren, wenn sich die Komplexität des Wissens β verändert? Wie wir in den Bedingungen (26a) und (26b) gesehen haben, kommt es hier zu zwei gegenläufigen Auswirkungen, da zum

[9] Um ausschließlich auf eine Variation von ξ abzustellen, gilt hier $\theta = 0$.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

einen die absorptiven Fähigkeiten wichtiger werden, also höhere F&E-Anreize vorliegen, und zum anderen der Aufbau des eigenen Wissensstocks teurer wird, wodurch die F&E-Anreize sinken. Um den Gesamteffekt zu erhalten, betrachten wir wieder das Vorzeichen der entsprechenden Ableitung:

$$(34) \qquad sign\left(\frac{\partial r^*}{\partial \beta}\right) = sign(\underbrace{\overbrace{\pi^i_{R_i}}^{>0}\{\overbrace{ac_{r\beta}}^{>0}[\theta(n-1)r+\xi]\}}_{>0} + \underbrace{\theta(n-1)\overbrace{ac_\beta}^{<0}\overbrace{\pi^i_{R_j}}^{<0}}_{>0})$$

Der erste Term drückt aus, daß die Anreize, in F&E zu investieren mit β zunehmen, da die absorptiven Fähigkeiten zum Verständnis der Informationen des Spilloverpools wichtiger werden. Gleichzeitig zeigt der zweite Term an, daß mit höherer Komplexität die absorptiven Fähigkeiten der Wettbewerber geringer werden, weshalb sie auch nur weniger in der Lage sind, sich über die Spillover-Effekte externe F&E-Ergebnisse anzueignen; m.a.W. der negative Anreizeffekt ist von einer Zunahme der Komplexität negativ betroffen. Beide Ursachen erhöhen den Grenzertrag eigener F&E-Investitionen, weshalb mehr F&E durchgeführt wird.

3. Numerische Betrachtung des Modells

Obwohl es sich bei dem Modell von Cohen und Levinthal um ein statisches, deterministisches und symmetrisches Spiel mit Gleichgewichtsstrategien handelt, hat die bisherige Analyse ergeben, daß oft nicht einmal eine eindeutige Bestimmung wenigstens des Vorzeichens der einzelnen Ableitungen zweifelsfrei möglich ist. Noch weniger lassen sich Aussagen bezüglich der Größenordnung einzelner Effekte treffen. Um dennoch zu quantitativen Aussagen zu kommen, muß man die analytische Ebene verlassen und Simulationsexperimente durchführen. Der Weg der Spezifizierung einzelner funktionaler Verläufe und der numerischen Analyse verschiedener Parameterkonstellationen, den auch Cohen und Levinthal eingeschlagen haben, ist Gegenstand der folgenden Ausführungen.[10]

Zunächst wird eine Nachfragekurve mit einer konstanten Preiselastizität b für den Industrieoutput x unterstellt: $x = a \cdot p^{-b}$, wobei a für den Prohibitivpreis der Nachfrage steht. Alle Unternehmen produzieren mit der Stückkostenfunktion: $c_i = c_0 \cdot exp(-f \cdot R_i)$, welche die an sie gestellten Anforderungen ($\partial c_i/\partial R_i > 0$; $\partial^2 c_i/\partial R^2_i < 0$) erfüllt (vgl. Abbildung 10).

[10] Die Ausführungen über die Simulationsanalyse lehnen sich an *Cohen/Levinthal* (1990a) an.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

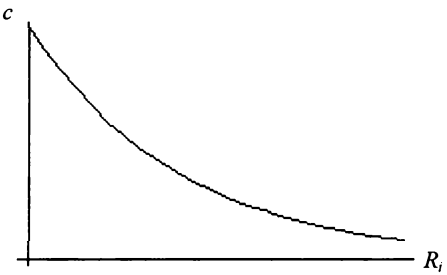


Abb. 10: Der Verlauf der Stückkostenfunktion

Der Aufbau der absorptiven Fähigkeiten wird durch folgende Funktion beschrieben:

(35)
$$ac_i = \begin{cases} 1 - \dfrac{\beta}{r_i} & falls \quad r_i > \beta \\ 0 & sonst \end{cases}$$

Diese funktionale Spezifizierung weist die weiter oben geforderten Eigenschaften (26a, b) auf: Zum einen nehmen (mit abnehmender Rate) die absorptiven Fähigkeiten mit den F&E-Ausgaben zu. Zum anderen gilt, je größer die zugrundeliegende Komplexität β des technischen Know-hows ist, desto größer ist die Wirkung der F&E-Ausgaben auf die absorptiven Fähigkeiten. Ist der Komplexitätsgrad $\beta = 0$, werden keine F&E-Ressourcen zum Aufbau absorptiver Fähigkeiten benötigt, sie betragen automatisch $ac = 1$. Der entsprechende Verlauf der Funktion ist in Abbildung 11 wiedergegeben:

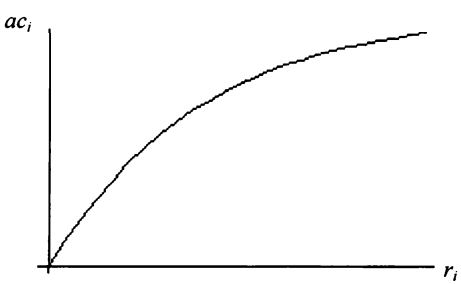


Abb. 11: Der Verlauf der absorptiven Fähigkeiten

Mit diesen Funktionen läßt sich eine Bedingung analog zur Gleichung (29) ableiten, wodurch man einen impliziten Ausdruck der optimalen F&E-Aufwendungen erhält, welcher einer numerischen Analyse zugänglich ist. Dafür sind allerdings die Parameterwerte noch festzulegen. Die von Cohen und Le-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

vinthal durchgeführten Simulationen greifen auf die in Tabelle 3 angeführten Werte zurück.

Tabelle 3

Parameterkonfiguration bei Cohen/Levinthal (1990a)

Parameter	Szenario 1	Szenario 2
c_o (Startwert für Kosten)	1	1
f (intensive techn. Möglichkeiten)	0,5	0,5
b (Preiselastizität der Nachfrage)	2	3
a (Prohibitivpreis)	50	45
n (Anzahl der Unternehmen)	5	6

In der Abbildung 12 sehen wir die Ergebnisse des ersten Szenarios. Unter dieser Parameterkonfiguration stellt sich das traditionelle Ergebnis ein: Bei gegebenen Komplexitätsgrad β sinken die gleichgewichtigen F&E-Aufwendungen r^* mit zunehmenden Spilloverparameter θ. Dennoch ist in diesem Szenario bereits deutlich zu erkennen, daß die Abnahme der F&E-Aufwendungen weniger stark ausfällt, wenn man einen höheren Komplexitätsgrad β unterstellt, da eine höhere Komplexität auf der einen Seite niedrigere absorptive Fähigkeiten der Konkurrenten bedeutet und auf der anderen Seite höhere Anreize, in die eigenen absorptiven Fähigkeiten zu investieren, mit sich bringt. Bei Vergrößerungen des Spilloverparameters über 0,5 stellen sich nur noch geringfügige Änderungen des optimalen F&E-Budgets ein.

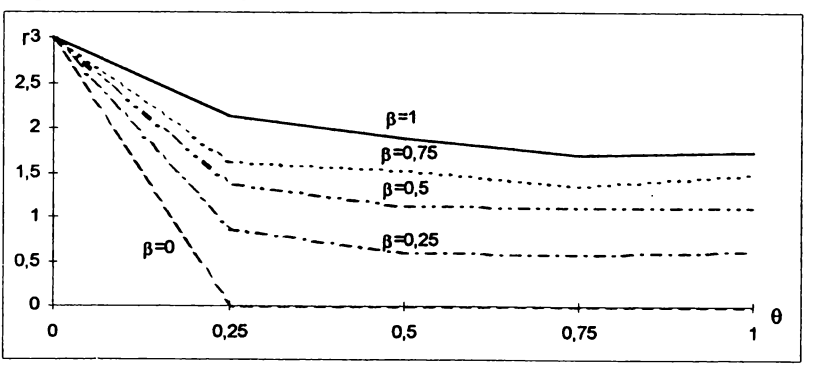


Abb. 12: Szenario I

Im zweiten Szenario, dargestellt in Abbildung 13, ist der Wettbewerb zwischen den Unternehmen wegen der größeren Anzahl und des niedrigeren Prohi-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

bitivpreises stärker ausgeprägt. Auf technologischer Seite stellt sich hier eine völlig veränderte Situation ein: Der Spilloverpool ist hier wegen der bloßen Anzahl der Unternehmen größer, weshalb die Anreize F&E-Ausgaben zu tätigen, um die zur Internalisierung notwendigen absorptiven Fähigkeiten aufzubauen, ebenfalls größer sind. Mit zunehmendem Spilloverparameter nehmen die optimalen F&E-Aufwendungen in diesem Szenario zu. Während dieser Anstieg bei hoher Komplexität bereits bei vergleichsweise niedrigen Werten für den Spilloverparameter stark ausfällt, nimmt bei niedriger Komplexität das optimale F&E-Budget mit zunehmenden Spillovers nur langsam, aber dennoch kontinuierlich zu.

„We can interpret this result to suggest that as firms face a more competitive environment, in the sense that they are less interdependent due to either an increase in demand elasticity or lower concentration, we find that spillovers are more likely to encourage R&D investment. The intuition is that as an industry becomes more competitive, the private loss associated with the public good character of R&D spillovers diminishes relative to the private benefit of being able to exploit competitors' spillovers."[11]

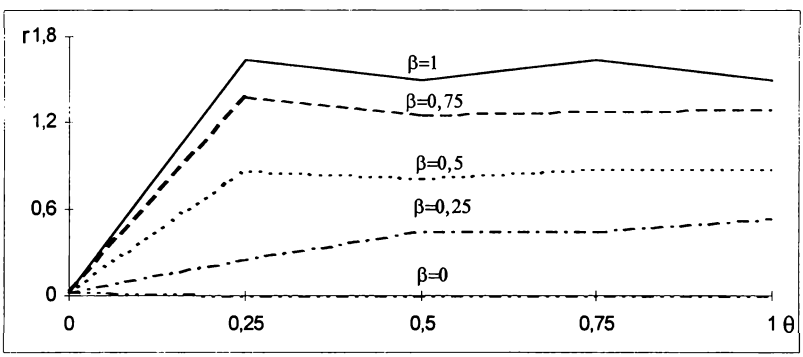


Abb. 13: Szenario II

In den Abbildungen 14a und 14b finden sich die numerischen Ergebnisse für Simulationen des 2. Szenarios mit unterschiedlichen technologischen Opportunitäten. Zunächst werden für verschiedene intensive technologische Möglichkeiten f die Spilloverparameter θ variiert. Es zeigt sich auch hier die Zunahme der optimalen F&E-Aufwendungen bei einer Vergrößerung des Spilloverparameters. Mit wachsenden technologischen Möglichkeiten nimmt sowohl das Niveau der F&E-Budgets als auch das Ausmaß der positiven Wirkung auf die F&E-Anreize zu.

[11] *Cohen/Levinthal* (1990, S. 39).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

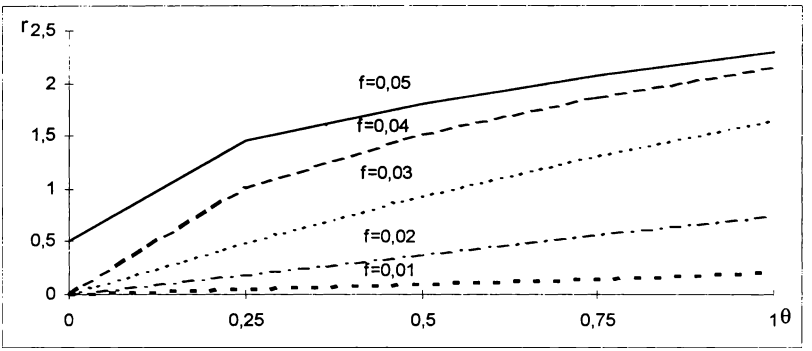


Abb. 14a: Intensive Opportunitäten (Szenario II)

Bei einer Variation der Größe des externen Spilloverpools ξ läßt sich zunächst wieder eine Zunahme der F&E-Aufwendungen mit wachsender Komplexität beobachten, die auf die Erhöhung der marginalen Auswirkung einer Einheit F&E auf die absorptiven Fähigkeiten zurückzuführen ist. Allerdings sinkt hier das Niveau der F&E-Ausgaben mit zunehmenden externen Know-how ξ, da immer mehr eigene Forschungsanstrengungen durch fremdes Know-how ersetzt werden.

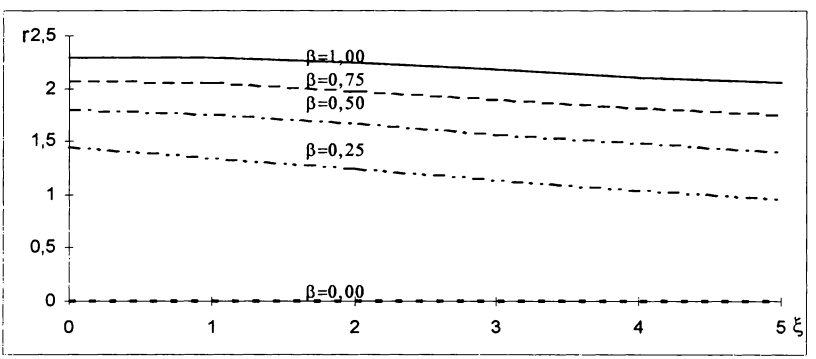


Abb. 14b: Externer Spilloverpool (Szenario II)

Bei der analytischen Betrachtung von Veränderungen der technologischen Möglichkeiten konnte weder für die intensiven technologischen Möglichkeiten noch für die externen Spilloverpools ein eindeutiges Vorzeichen der Ableitungen $\partial r^*/\partial f$ und $\partial r^*/\partial \xi$ ermittelt werden. Mit Hilfe von Simulationen kann jedoch gezeigt werden, daß bei zunehmenden intensiven Opportunitäten der Effekt der zunehmenden Effektivität eigener F&E-Ausgaben dominiert, der Gesamteffekt mithin positiv ist, während bei einer Variation des externen Spilloverpools mehr eigenes Wissen durch externes Know-how substituiert wird, der Gesamteffekt also negativ ausfällt.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

4. Wohlfahrtstheoretische Betrachtungen

Neben den unmittelbaren Auswirkungen der Spillover-Effekte und der absorptiven Fähigkeiten auf die optimalen F&E-Budgets lassen sich in diesem Modell aufgrund seines grundsätzlich neoklassischen Aufbaus auch Aussagen über wohlfahrtstheoretische Implikationen treffen. Zu diesem Zweck berechnen Cohen/Levinthal für das Szenario I, in dem von den Spillovers zumindest eingeschränkte negative Wirkungen auf die Innovationsanreize ausgingen (vgl. Abbildung 12), die soziale Wohlfahrt aus der Summe des Gewinns und der Konsumentenrente. Die so ermittelte soziale Wohlfahrt wird anschließend ins Verhältnis zu einer sogenannten *erstbesten Lösung* gesetzt. Zur Ermittlung dieser Referenzgröße (*benchmark*) unterstellen Cohen/Levinthal einen wohlwollenden Monopolisten, der seine Marktmacht nicht ausnutzt, sondern zu Bedingungen der vollständigen Konkurrenz anbietet, also die Preise gleich den Grenzkosten setzt ($p=c'$). Bezüglich der Aneignungsmöglichkeiten der F&E-Ergebnisse ist bei einem Monopolisten mit keinen Ineffizienzen zu rechnen, da Doppel- und Mehrfachaufwendungen per se ausgeschlossen sind.

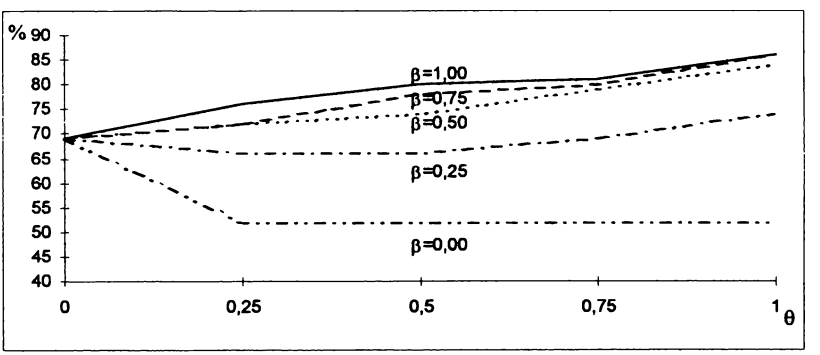


Abb. 15: Wohlfahrtsindikator Szenario I

Obwohl in diesem Szenario die F&E-Budgets mit den Spillover-Effekten abnehmen, nimmt die Wohlfahrt mit einem Komplexitätsgrad ab β = 0,25 und größer zu (vgl. Abbildung 15). In dem Modell müssen daher niedrigere F&E-Budgets wegen verringerten Aneignungsmöglichkeiten nicht zwangsweise mit einer niedrigeren Wohlfahrt einhergehen. Dies zeigt sich auch bei der ausschließlichen Betrachtung der Entwicklung der Produzentenrente in Abbildung 16. Bei β-Werten größer 0,25 sehen wir eine Zunahme, obwohl in diesem Szenario die F&E-Budgets mit größer werdenden Spilloverparameter θ abgenommen haben. Diese Beobachtung ist gleichbedeutend mit der Feststellung, daß die Grenzerträge aus F&E mit zunehmenden Spillovers wachsen, da jetzt auch absorptive Fähigkeiten endogen mit den F&E-Ausgaben aufgebaut werden.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

„... even when the marginal incentives to conduct R&D decline as spillovers increase, producers' surplus, reflecting the returns to the inframarginal units of R&D, may increase. In contrast, when absorptive capacity is exogenous, producers' surplus and marginal incentives move together. The former occurs because at lower R&D expenditure levels, competitors are less able to exploit the research output of the firm since, with declining R&D expenditures, their absorptive capacities are declining. In addition, for a given level of industry R&D, the returns to building absorptive capacity increase."[12]

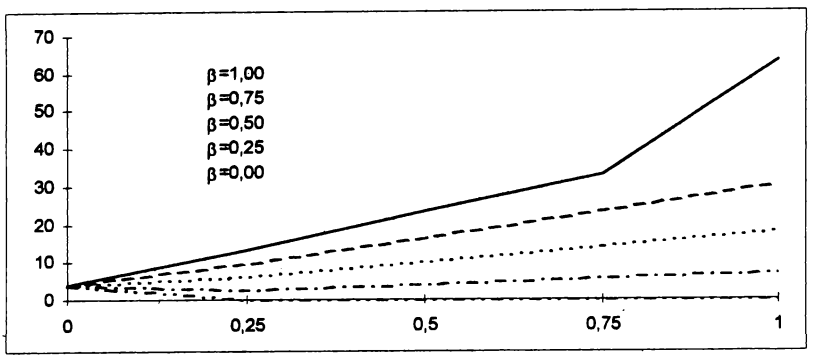


Abb. 16: Produzentenrente in Szenario I

Bei exogenen absorptiven Fähigkeiten hat bereits Spence (1984) gezeigt, daß mit zunehmenden Spillover-Effekten die F&E-Budgets und die Produzentenrente unter das wohlfahrtsoptimale Niveau sinken. Ein sozial wünschenswertes Niveau kann bei Spence nur über die Wiederherstellung der Anreize durch staatliche Subventionen erreicht werden. Der *efficiency effect* (vgl. Kap. B. I. 6) ist allerdings dafür verantwortlich, daß auch Spence eine zunehmende soziale Wohlfahrt bei niedrigeren Aneignungsbedingungen vorgefunden hat. Durch die Einführung endogener absorptiver Fähigkeiten hat sich jedoch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieser vorteilhaften Entwicklung noch einmal erhöht, da bei bestimmten Parameterkonstellationen mit einer Erhöhung der Spillover-Effekte eine Verbesserung des Marktergebnisses einhergeht. Betrachtet man nur den Umfang der F&E-Aufwendungen, so zeigt sich, daß diese ebenfalls in bestimmten Situationen trotz sinkender Aneignungsbedingungen zunehmen, da sie zusätzlich benötigt werden, um das in den Spillovers gebundene Know-how der Wettbewerber zu verstehen.

Die Integration endogener absorptiver Fähigkeiten in ein neoklassisches Innovationsmodell macht deutlich, daß die negativen Auswirkungen technologischer Spillover-Effekte auf die Anreize, in Forschung und Entwicklung zu inve-

[12] *Cohen/Levinthal* (1990, S. 41).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

stieren, weniger bedeutsam sind als in den traditionellen Modellierungen unterstellt wurde. In einer wissensbasierten Analyse müssen die Unternehmen, wollen sie auf das externe Wissen in den Spillover-Effekten zurückgreifen, erst in den Aufbau absorptiver Fähigkeiten investieren. Subsumiert man diese Investitionen unter die F&E-Ausgaben, bzw. betrachtet man den Aufbau absorptiver Fähigkeiten als Nebenprodukt des normalen Forschungsprozesses, können modelltheoretisch sogar positive Anreize auf die F&E-Ausgaben von technologischen Spillover-Effekten abgebildet werden. In diesem Fall veranlassen niedrige Aneignungsbedingungen die Unternehmen zu Forschungsaktivitäten, um sich das Wissen und die Fertigkeiten zu erwerben, die für eine Aneignung der technologischen Externalitäten notwendig sind.

III. Zusammenfassung

Im Rahmen der wissensbasierten neuen Innovationsökonomik werden technologische Spillover-Effekte als wichtige Elemente eines kollektiven Innovationsprozesses identifiziert. Im Gegensatz zur anreizmindernden Interpretation der traditionellen Vorstellung, wird ihnen hier ein ideenschaffender Charakter zugeschrieben. Technologische Spillover-Effekte zeichnen sich somit dafür verantwortlich, daß Unternehmen den sich erschöpfenden technologischen Möglichkeiten ihres Technologiepfades immer wieder neue extensive Potentiale gegenüberstellen können. Als wichtige Voraussetzung für die Entstehung und Verwendung von technologischen Externalitäten gelten informelle Netzwerke zwischen den am Innovationsprozeß beteiligten Akteuren und absorptive Fähigkeiten zur Aneignung externen Wissens. Daraus ergibt sich auch die Notwendigkeit, kooperative und kognitive Aspekte des kollektiven Innovationsprozesses mit in die formale Analyse einzubeziehen.

Die Modellierung informeller Netzwerke in einem Gefangenen-Dilemma Kontext hat gezeigt, daß trotz der vermeintlichen Free-Rider-Problematik, dennoch kooperative Strukturen entstehen können. Die Stabilität der Kooperationslösung hängt allerdings entscheidend vom Zeithorizont der Kooperationspartner und der Größe des informellen Netzwerks ab. Je stärker die zukünftigen Gewinne aus der Kooperation in den individuellen Nutzenkalkülen berücksichtigt werden, desto geringer wird der Anreiz zum Hintergehen der Kooperationspartner. Handelt es sich um multilaterale Netzwerke, kann sich ein informelles Netzwerk mit mehreren Unternehmen herausbilden, wenn eine Mindestanzahl der Firmen zu kooperativem Verhalten bereit ist. Allerdings handelt es sich auch bei dieser Lösung in der Regel zunächst um ein instabiles Netzwerk, da für die Teilnehmer unter Umständen ein Anreiz besteht, aus der Kooperation auszuscheren.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Die Integration absorptiver Fähigkeiten macht deutlich, daß die von der traditionellen Analyse so in den Vordergrund gestellten negativen Auswirkungen der Spillover-Effekte auf die F&E-Anreize, eine weitaus geringere Rolle spielen. Da von den Spillover-Effekten selbst ein positiver Anreiz auf den Aufbau absorptiver Fähigkeiten ausgeht, kann der ursprünglich negative Anreizeffekt sogar überkompensiert werden, wenn man wie Cohen/Levinthal (1989) absorptive Fähigkeiten als Nebenprodukt der normalen Innovationstätigkeit modelliert. Die wohlfahrtstheoretischen Schlußfolgerungen traditioneller Ansätze, die nur auf die Verbesserung der Aneignungsmöglichkeiten gerichtet waren, können mit diesem Modell widerlegt werden, da durch Spillover-Effekte sowohl auf Branchenebene Effizienzeffekte auftreten als auch auf Unternehmensebene positive Anreize, in F&E zu investieren. Da externes Wissen sich ausschließlich substitutiv zum eigenen Know-how verhält, bleiben allerdings ideenschaffende Auswirkungen von Spillover-Effekten ausgeklammert.

Eine Beurteilung dieser theoretischen Modellierungsversuche aus der Sichtweise der neuen Innovationsökonomik muß natürlich vor dem Hintergrund der getroffenen Annahmen vorgenommen werden. Der Versuch der Integration von Elementen des kollektiven Innovationsprozesses in die formale Struktur des neoklassischen Ansatzes greift dabei auf das in Abschnitt B. I. 2 beschriebene Annahmengebäude zurück. Eine gleichgewichtsorientierte und deterministische Beschreibung des Innovationsprozesses mit vollständig rationalen und deshalb gewinnmaximierenden Unternehmen, die eine homogene Technologie im Produktionsprozeß einsetzen, kann aber den Anforderungen der neuen Innovationsökonomik, die eine gänzlich andere theoretische Orientierung vorweist, nicht gerecht werden. Die Kritik an der neoklassischen Modellierung des Innovationsprozesses und alternative Ansätze der neuen Innovationsökonomik sind daher Gegenstand der folgenden Kapitel.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

D. Ein alternativer Ansatz in der evolutorischen Ökonomik

Die Integration der Elemente des kollektiven Innovationsprozesses in die neoklassisch motivierte Theorie wird vom Standpunkt der neuen Innovationsökonomik in wesentlichen Punkten kritisiert, die sich insbesondere auf das neoklassische Annahmengebäude beziehen. Gegenstand der folgenden Abschnitte ist die Diskussion dieser Einwände gegenüber der traditionellen Modellierung des Innovationsprozesses und der Integration absorptiver Fähigkeiten und informeller Netzwerke. Anschließend wird das Paradigma der evolutorischen Ökonomik als alternativer Analyserahmen für Innovationsprozesse aus einer wissensbasierten Perspektive vorgestellt.

I. Einwände gegenüber einer neoklassischen Modellierung des Innovationsprozesses und offene Fragen

Die Diskussion der Modelle in Kapitel C zeigt, wie die traditionelle Modellierung des Innovationsprozesses auf die veränderte Sichtweise von technischem Fortschritt und technologischer Spillover-Effekte, wie sie sich in der jüngeren Innovationsforschung darstellt, reagiert hat. Gegenstand der Modelle ist eine Integration sowohl des kooperativen als auch des kognitiven Aspekts kollektiver Innovationsprozesse in einem neoklassischen Rahmen. Dennoch erfährt auch diese Modellklasse von Seiten der neuen Innovationsökonomik Kritik, die schwerpunktmäßig an dem restriktiven Annahmengebäude des neoklassischen Paradigmas ansetzt (vgl. Kap. B. I). Aus dieser Perspektive muß die Anwendbarkeit dieses Ansatzes, zumindest im Innovationskontext angezweifelt werden. Im einzelnen richtet sich die Kritik gegen die heroischen Anforderungen des Menschenbildes (*homo oeconomicus*) und die Gleichgewichtsorientierung, sowie den daraus entstehenden, mit dem Innovationsprozeß inkompatiblen Implikationen.

1. Innovation als Schon-Bekanntes-aber-zuvor-Unberücksichtigtes

Der Hauptkritikpunkt richtet sich gegen die Annahme vollkommener Vorausschau der neoklassisch motivierten Theorie, welche die Grundlage der innovationstheoretischen Modelle darstellt. Denn erst die vollständige Vorausschau und

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

die perfekten technologischen Fähigkeiten der Akteure erlauben die Heranziehung des Rationalitätspostulats, wodurch die innovationsbezogenen Anstrengungen zu kalkulierbaren Entscheidungen werden. Auf diese Weise werden sie zum Gegenstand gewinnmaximierender Überlegungen für die eine optimale Lösung berechenbar wird. Die wissensbasierte Analyse des Innovationsprozesses meldet allerdings erhebliche Zweifel an diesen Anforderungen des neoklassischen Menschenbildes an. Die Aufgabe dieser Vorstellung würde jedoch mit einem Verzicht auf Schlußfolgerungen von neoklassischer Seite einhergehen.

Mit welchen Implikationen ist nun die Unterstellung eines auf Rationalität beruhenden Optimalkalküls für die Modellierung des kollektiven Innovationsprozesses verbunden? Betrachten wir im folgenden die Konsequenzen für die vorab diskutierten Modelle: In dem Gefangenen-Dilemma Kontext informeller Netzwerke bedingt die Rationalitätsannahme die Maximierung des Gegenwartswertes zukünftiger Handlungen (vgl. Kap. C. I). Die Höhe der Erträge aus den unterschiedlichen strategischen Entscheidungen müssen damit den Akteuren vollständig bekannt sein. Da die Auszahlungen vom Ergebnis des Innovationsprozesses bestimmt werden, kann auch über das Ergebnis der innovativen Anstrengungen selbst keine Ungewißheit mehr existieren. Zusätzlich bestehen auch über die Bewertungen zukünftiger Auszahlungen keine Zweifel, so daß eine eindeutige Diskontrate festgelegt werden kann. Genauso ist den Unternehmen in dem Oligopolspiel mit den absorptiven Fähigkeiten der deterministische Zusammenhang zwischen F&E-Investitionen und F&E-Ergebnis, wie er in der Bedingung (21) zum Ausdruck kommt, vollständig bekannt.[1] Aber nicht nur über den Zusammenhang zwischen eigenen Innovationserfolgen und Forschungsanstrengungen besteht keine Ungewißheit, sondern die Unternehmen müssen auch über zweifelsfreie Informationen bezüglich der Auswirkungen der Forschungsanstrengungen der Wettbewerber auf das eigene technologische Ergebnis verfügen (22). Nur so sind sie in der Lage, gemäß dem Rationalitätspostulat ein Optimalkalkül anzustellen, sprich ihr gewinnmaximierendes F&E-Budget zu bestimmen.

Die Ausführungen machen deutlich, daß ohne eine Kenntnis sämtlicher Alternativen, über die eine Entscheidung zu treffen ist, die Anwendung der neoklassischen Entscheidungslogik nicht möglich ist. In dieser Modellphilosophie werden Innovationen damit sozusagen zu bekannten, wenn auch noch nicht in

[1] Hier taucht eine gewisse Inkonsistenz in dem Versuch von *Cohen/Levinthal* (1989), absorptive Fähigkeiten in ein neoklassisches Modell zu integrieren, auf. Unter der Annahme vollständiger Vorausschau und perfekter Fähigkeiten sind eigentlich keine absorptiven Fähigkeiten notwendig, um technologische Spillover-Effekte zu verstehen und in den eigenen Wissensstock zu integrieren.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Betracht gezogenen Handlungsalternativen. Die Lösung physikalischer, chemischer, biologischer und/oder technologischer Probleme, die den eigentlichen Innovationsprozeß ausmachen, gilt als bereits bewältigt, wobei das entsprechende Know-how für alle Unternehmen auch prinzipiell verfügbar ist. Die tatsächliche Innovationstätigkeit als, über Experimentiertätigkeit in einem *Trial-and-error*-Prozeß angestrebte Problemlösung, interessiert nicht, da die Akteure ja annahmegemäß sowohl über vollständige Information als auch über perfekte technologische Fähigkeiten verfügen. Tatsächlich wird auf diese Weise das wesentliche innovative Element des Innovationsprozesses ausgeklammert. Statt dessen werden Innovationsentscheidungen wie andere Entscheidungen in ökonomischen Modellen, beispielsweise über die Höhe der optimalen Investitionsaufwendungen, behandelt.[2] Witt (1993, 22) spricht in diesem Zusammenhang von Innovationen als *Schon-Bekanntes-aber-zuvor-Unberücksichtigtes*.

Die so geschilderten Konsequenzen des Rationalitätspostulats werfen folglich berechtigte Zweifel an der Gültigkeit und Zweckmäßigkeit des neoklassischen Annahmengebäudes im Innovationszusammenhang auf. Innovation beinhaltet genuin Neues und nicht etwa schon Bekanntes, das bisher nur noch nicht berücksichtigt worden ist. Witt (1992a, S. 406) weist darauf mit Nachdruck hin:

> „Unfortunately, novelty is an amourphous concept. By its very nature nobody can positively anticipate its meaning and implications. Their revelation must be awaited."

Unterstellt man, daß die Eigenschaften einer Innovation den Unternehmen bereits ex-ante, also vor der eigentlichen Innovation bekannt sind, kann man im engeren Sinne des Wortes nicht mehr von Neuerung sprechen.[3] Allenfalls ist eine Charakterisierung, der in diesen Modellen geschilderten Situationen als Diffusionsprozesse möglich, die aber vor dem Hintergrund eines vernetzten Innovationsbildes mit Rückkopplungen zwischen Diffusions- und Innovationsphase ebenfalls fragwürdig erscheinen muß.[4]

Wird Innovation aber als etwas tatsächlich (objektiv und subjektiv) Neues interpretiert, stellt sich die Frage, woher die Unternehmen, die für die Abschätzung von Innovationserfolgen notwendigen Kenntnisse und Erfahrungen nehmen sollen? Der Neuigkeitscharakter schließt letztendlich eine positive Beantwortung dieser Frage aus, ohne die entsprechenden Forschungsaktivitäten durchzuführen ist eine Verbesserung des Kenntnisstands nicht möglich. Auch der Rückgriff auf vergangene Erfahrungen kann mehr zum Hindernis denn zum Nutzen gereichen, da unter Umständen etablierte frühere Handlungsmuster

---

[2] Vgl. *Cantner* (1996, S. 97).

[3] Vgl. *Witt* (1987, S 17 ff.).

[4] Vgl. *Witt* (1987, S. 18).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

durch die Innovation obsolet werden. Ein Aspekt, auf den bereits Schumpeter (1942) mit dem Begriff der *kreativen Zerstörung* hingewiesen hat. Die Kenntnis aller mit Innovationen verbundenen Konsequenzen wird zudem durch die Eigendynamik innovativer Problemlösungen in Frage gestellt, da die Lösung eines technischen Problems in der Regel wieder eine Vielzahl neuer, noch ungelöster technologischer Fragen und Chancen aufwirft.[5]

Wenn man der mit Innovationen verbundenen Unsicherheit in neoklassischen Modellen tatsächlich Rechnung tragen würde, würde dadurch der Innovationsprozeß insgesamt mehr oder weniger zum erliegen kommen. Die Unternehmen müßten sich aufgrund ihres Rationalkalküls immer für die sichere Alternative entscheiden, die aber nur bereits Bekanntes beinhalten kann, während wirkliche Innovationen nie zum Zuge kommen. Erdmann (1993, S. 98) spricht in diesem Zusammenhang von einem geradezu *pathologischen Pessimismus*, der neoklassischen Entscheidungsregeln bezüglich echter innovativer Anstrengungen anhaftet:

> „Ohne eine neoklassisch nicht reproduzierbare Grundbereitschaft, Unbekanntes zu wagen und die damit verbundene, antizipativ nicht kalkulierbare Möglichkeit von Verlusten bewußt in Kauf zu nehmen, ist wirtschaftliches Innovationsverhalten prinzipiell undenkbar."

Die Annahme vollständiger Vorausschau und das dadurch ermöglichte Optimalkalkül ist daher für die Beschreibung von Innovationsprozessen nicht nur völlig unplausibel, sondern negiert auch wesentliche Aspekte der Entstehung von Neuerungen. Die Annahme steht letztendlich einer wissensbasierten Analyse (vgl. Kap. B. II. 1), die den Innovationsprozeß gerade wegen unvollständiger Fähigkeiten als Such- und Experimentieranstrengung der Unternehmen interpretiert kontradiktorisch gegenüber.

2. Homogene Technologien und Verhaltensweisen

Eng damit in Zusammenhang steht auch der zweite Einwand an der unterstellten Homogenität und Verhaltenssymmetrie der Unternehmen in den neoklassischen Modellierungen. Aufgrund der angenommenen Rationalität und der vollständigen Information können die Unternehmen nur optimale Verhaltens-

[5] Auf diese Eigendynamik, die auch den wissenschaftlichen Fortschrittsprozeß kennzeichnet, ist bereits von Max Planck hingewiesen worden: „With every advance in science the difficulty of the task is increased; ever larger demands are made on the achievements of researchers, and the need for a suitable division of labour becomes more pressing." (Gesehen in *Fusfield*, 1986.)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

weisen an den Tag legen, d.h., alle Unternehmen werden sich in gleichen Situationen auch völlig identisch verhalten. In den neoklassischen Modellen des kollektiven Innovationsprozesses geht die Homogenitäts-Annahme mit folgenden Konsequenzen einher: Im informellen Netzwerk stellt sich entweder eine ausschließlich kooperative oder ausschließlich nicht-kooperative Umwelt ein.[6] Genauso birgt das Nash-Gleichgewicht des Oligopol-Spiels mit den absorptiven Fähigkeiten eine Lösung in sich, in der alle Oligopolisten die gleichen Investitionen in F&E tätigen und sich auch in ihrem marktlichen Verhalten nicht voneinander unterscheiden. In diesen neoklassischen Modellen kann sich somit die Analyse auf einen repräsentativen Akteur beschränken.

Beobachtungen der Realität legen aber vielmehr asymmetrische Strukturen und heterogene Unternehmen in kollektiven Innovationsprozessen nahe. Auf der einen Seite zeigt beispielsweise von Hippel (1989), daß in den von ihm untersuchten Branchen nicht alle Unternehmen in der Befragung angaben, sich an informellen Netzwerken zu beteiligen. Informelle Netzwerke sind demnach nicht von einer vollständig kooperativen Umwelt abhängig, vielmehr können sich auch nur partiell kooperative Strukturen zum Know-how-Austausch einstellen. Auf der anderen Seite finden sich im technologischen Wettbewerb Innovator-Imitator Strukturen, also miteinander konkurrierende Unternehmen, die zwar die gleiche Technologie, aber auf unterschiedlichen Entwicklungsstufen einsetzen. Letztendlich bezieht sich die neoklassische Diskussion technologischer Spillover-Effekte mit ihrer anreizreduzierenden Interpretation sogar nur auf diese Situation. Denn nur für den Fall homogener Technologien können technologisch rückständige Unternehmen im Sinne imitativer Aufholprozesse einen Nutzen aus den Spillover-Effekten ziehen, indem die technologischen Externalitäten ein Aufrücken zur technologischen Frontier ermöglichen. Hier gehen von den Spillover-Effekten *ceteris paribus* tatsächlich negative Anreize auf die F&E-Anstrengungen der Unternehmen aus, da der technologische Vorsprung aus der Forschung aufgrund des Durchsickerns des neuen Know-hows nicht gehalten werden kann. Kennzeichnend für eine solche Situation sind aber Unternehmen, die mit unterschiedlichen Stückkosten produzieren und nicht die symmetrischen Firmen der neoklassischen Innovationsmodelle. Das unterschiedliche technologische Niveau der Unternehmen kann aber nur als Folge unterschiedlicher technologischer Fähigkeiten interpretiert werden, weshalb in

[6] Eine gewisse Ausnahme stellt die Möglichkeit der Herausbildung kooperativer Gruppen in einer nicht-kooperativen Umwelt in den Mehr-Personen-Gefangenen-Dilemmas (Kap. C. I. 4) dar. Aber bei diesen Lösungen handelt es sich nicht um stabile Gleichgewichte. Diese finden sich auch in dieser Spielform nur in einem, für alle Akteure identischem Verhalten.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

diesen Situationen nicht mit homogenen, sondern mit heterogenen Verhaltensweisen zu rechnen ist. Während absorptive Fähigkeiten für technologisch rückständige Unternehmen eine vergleichsweise große Rolle für den Aufholprozeß spielen dürften, stellen von den vermeintlichen Imitatoren ausgehende Spillover-Effekte für technologisch führende Unternehmen keine neuen Informationen dar. Die Möglichkeit der Abbildung heterogenen Verhaltens bleibt den neoklassischen Innovationsmodellen aber aufgrund des Rückgriffs auf einen repräsentativen Agenten, ausgestattet mit perfekten technologischen Fähigkeiten und vollkommener Vorausschau, weitestgehend verschlossen.[7]

3. Gleichgewichtsorientierte Innovationsprozesse

Die Annahme homogenen Verhaltens ist zusammen mit der Gleichgewichtsorientierung neoklassischer Modelle die Ursache eines weiteren Kritikpunkts, der sich auf die mangelnde Dynamik in der Abbildung des Innovationsprozesses bezieht. Die homogenen Akteure in einem symmetrischen Gleichgewicht eines neoklassischen Innovationsmodells stellen kaum aktive Unternehmerpersönlichkeiten dar, so wie sie von Schumpeter (1912) mit dem Konzept des kreativen *Entrepreneurs* in seiner *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung* oder von Kirzner (1973) mit dem Konzept des *findigen Unternehmers* eingeführt wurden. Es handelt sich vielmehr um *statische Wirte*[8], die auf exogen verursachten technischen Wandel *nur* durch optimale Verhaltensweisen in einer mechanistischen Art und Weise reagieren können. Veblen kritisierte bereits 1898 (S. 389) die durch die neoklassischen Annahmen aufoktroyierte Passivität der ökonomischen Akteure:

> „In all received formulations of economic theory ... the human material with which the inquiry is concerned is conceived in hedonistic terms; that is to say, in terms of a passive and substantially inert and immutably given human nature."

Ein Entrepreneur im Schumpeterschen Sinn versucht dagegen, mit der Durchsetzung von Innovationen (in der Terminologie von Schumpeter (1912): *neue Kombinationen*) von überkommenen Verhaltensweisen abzuweichen, diese sogar obsolet zu machen. Gerade in Situationen eines Gleichgewichts stellt sich bei diesem Typus Unzufriedenheit ein, weshalb er über die Einführung einer Innovation einen individuellen Vorstoß versucht, wodurch sich Ungleich-

---

[7] Eine gewisse Ausnahme stellen neoklassische Diffusionsmodelle dar, in denen bis zur vollständigen Ausbreitung einer neuen Technologie zumindest eine transitorische Heterogenität abgebildet wird (vgl. u.a. *Stoneman*, 1983).

[8] Vgl. *Schumpeter* (1912).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

gewichtsimpulse einstellen.[9] In den neoklassischen Modellen bleibt der eigentliche aktive Innovationsprozeß, der als Ursache für das Verlassen eines Gleichgewichts anzusehen ist, unberücksichtigt. Es wird vielmehr ein reaktiver Anpassungsprozeß, der sich nach solch einem Ungleichgwichtsimpuls einstellt, an ein neues Koordinationsgleichgewicht abgebildet.

Mit verantwortlich für diese eingeschränkte Innovationsdynamik zeichnet sich schließlich auch die statische bzw. komparativ-statische Analyse, die ein von den Akteuren selbst generiertes Verlassen eines einmal beschrittenen optimalen Gleichgewichtspfades nicht zuläßt. Kennzeichen eines solchen Gleichgewichts ist ja gerade das Fehlen jedweder Anreize der Akteure, von ihren optimal geplanten Entscheidungen jetzt oder in Zukunft abzuweichen. Die Analyse des Innovationsprozesses aus einer wissensbasierten Perspektive macht allerdings bereits deutlich, daß dem Faktor Zeit in einem Entwicklungsprozeß, der durch von Innovationen verursachte Ungleichgewichte gekennzeichnet ist, tatsächlich eine wichtige Rolle zukommt. Zum einen erwerben sich die Unternehmen erst im Zeitablauf die für die Innovationen notwendigen Kenntnisse und Erfahrungen und somit auch absorptive Fähigkeiten, was aber ebenfalls beinhaltet, daß einmal erworbene Fähigkeiten auch wieder obsolet werden können. Zum anderen entstehen in diesem Wissenserwerbsprozeß Pfadabhängigkeiten, wodurch unumkehrbare Entwicklungen stattfinden. Da neues Wissen durch die Anwendung vorhandener Suchheuristiken erworben wird, hängen die Möglichkeiten der Wissenserweiterung vom bereits vorhandenem Wissen ab, die Zeit wird so zur historischen Zeit. Die statische bzw. komparativ-statische Analyse verzichtet aber gerade auf die Abbildung dieser Zeitabhängigkeiten, kumulativen Effekte und Irreversibilitäten, indem sie sich auf die, in der Realität höchstens als Ausnahmesituationen zu charakterisierenden Gleichgewichtszustände beschränkt.

Vor dem Hintergrund der angeführten Kritik an der neoklassischen Modellierung kollektiver Innovationsprozesse zeigt sich, daß die für die formale Analyse zweifelsohne notwendige Abstraktion in diesem Zusammenhang zu einer Ausklammerung wesentlicher Bestandteile des Untersuchungsgegenstandes geführt hat. Durch das restriktive Annahmengebäude des neoklassischen Paradigmas wird das innovative Element des Innovationsprozesses wegdefiniert, wodurch wesentliche Aspekte wie Unsicherheit, heterogene Verhaltensweisen und ungleichgewichtige Entwicklungen nicht mehr nachgezeichnet werden können. Diese Kritikpunkte werden insbesondere von der neuen Innovationsökonomik vorgebracht, die in ihren theoretischen Grundlagen auf ein anderes Paradigma,

[9] *Schumpeter* (1912, S. 99 ff.)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

das der *evolutorischen Ökonomik,* zurückgreift. Der Rückgriff auf evolutorische Vorstellungen soll dabei die Erklärung eines endogenen, d.h. aus dem ökonomischen System selbst heraus erzeugten, technischen Fortschritts ermöglichen. Die Anforderungen, die sich zur Beschreibung des kollektiven Innovationsprozesses aus evolutorischer Perspektive ergeben, sind Gegenstand der folgenden Ausführungen.

II. Grundelemente der evolutorischen Sichtweise

Eine der maßgeblichen Ursachen für die paradigmatische Umorientierung der neuen Innovationsökonomik ist in den aufgezeigten Problemen der neoklassischen Schulökonomik im Umgang mit Innovationsprozessen zu sehen. Die Beschränkung der durch technischen Fortschritt induzierten ökonomischen Entwicklung auf einen rein mechanistisch ablaufenden reaktiven Anpassungsprozeß, der sich nach einer exogen vorgegebenen Änderung des Datenkranzes einstellt, kann vor dem Hintergrund des wissensbasierten und vernetzten Innovationsbildes der neuen Innovationsökonomik kaum befriedigen. In dieser Vorstellung spielen aktive, aber nur mit beschränkten Fähigkeiten ausgestattete wirtschaftliche Akteure die wesentliche Rolle für einen endogen erzeugten Wandel des Systems. Nicht die Anpassung an eine exogen vorgegebene Änderung innerhalb des Einzugsbereichs eines bestehenden Gleichgewichts bzw. Gleichgewichtspfads, sondern die Veränderung der Rahmenbedingungen selbst wird zum Wesenselement und Ziel innovativer Anstrengungen der Unternehmen. Dabei wird der Raum für Innovation und kreatives Handeln erst durch eine explizite Einbeziehung des Faktors Unsicherheit und den daraus abgeleiteten, nur beschränkten Fähigkeiten der Akteure eröffnet.

In den letzten Jahren sind zahlreiche Veröffentlichungen erschienen, die alle den einen oder den anderen der obigen Kritikpunkte der Mainstream-Ökonomik vorwerfen und als Alternative das Paradigma der evolutorischen Ökonomik zur Analyse der wirtschaftlichen Entwicklung vorschlagen (z.B. Nelson, Winter, 1982, Witt, 1987, de Bresson, 1987, Clark, Juma, 1987, Silverberg, 1988, Faber, Proobs, 1990). Gemeinsamer Tenor dieser Arbeiten ist die Betonung des prozessualen Charakters des Untersuchungsgegenstandes ökonomischer Forschung. Evolutorische Theorien, deren Erklärungsgegenstand die Entstehung und Ausbreitung von Neuerungen und der dadurch endogen erzeugte Wandlungsprozeß ist, bilden deshalb auch in der Ökonomik den geeigneten Rahmen zur Analyse der wirtschaftlichen Entwicklung.[1] Die ökonomische Evolution

[1] Ein Teil dieser Arbeiten stellt insbesondere auf formale Isomorphien zwischen der biologischen und der ökonomischen Evolution ab: „The economic system in a biological

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

wird auf diese Weise mit endogenem Wandel in Verbindung gebracht, worunter eben nicht nur die Anpassung an eine exogene Änderung der Rahmenbedingungen fällt, sondern auch die aktive Beeinflussung dieser Rahmenbedingungen durch die Akteure des ökonomischen Systems selbst. Die wesentlichen Triebkräfte evolutorischer Prozesse stellen Mutations-, bzw. Variations- und Selektionsprozesse dar. Unter Variation versteht man dabei die Erschließung neuer Handlungsalternativen, aus denen anschließend die unter den jeweiligen Umständen vorteilhafteste selektiert wird. Im Innovationskontext bedeutet dies beispielsweise, daß technologische Innovationen die Anzahl der möglichen Alternativen vergrößern, aus denen dann über marktliche Selektion eine Auswahl getroffen wird. Wichtig ist, daß es sich bei den selektierten Alternativen keineswegs um Optimallösungen handeln muß, wie es der aus der Soziobiologie stammende Gedanke des *survival of the fittest* nahelegt. Vielmehr können sich auch suboptimale Lösungen im *struggle for survival* als dominant herausstellen.[2] Selektionsprozesse setzen eine Varietät in den Merkmalsausprägungen voraus, ohne die eine Auswahl nicht möglich ist. Aus diesem Grund setzen die evolutorischen Vorstellungen auf einer Populationsebene an, wodurch eine Beschreibung einer Vielzahl unterschiedlicher individueller Verhaltensweisen mit Hilfe von Häufigkeitsverteilungen und insbesondere deren Veränderungen im Zeitablauf ermöglicht wird.

Für Witt (1987, S. 9) sind für eine evolutorische Theorie die folgenden Merkmale kennzeichnend:

(i) Die Theorie ist dynamisch, d.h., sie hat eine in der Zeit ablaufende Entwicklung zum Gegenstand.

(ii) Der Theorie liegt das Konzept der irreversiblen, historischen Zeit zugrunde, d.h., sie bezieht sich auf Entwicklungen, die eine zeitlich nicht umkehrbare Richtung aufweisen.

(iii) Die Theorie erklärt, wie es zu Neuerungen in den untersuchten Entwicklungen kommt und welche allgemeinen Einflüsse sie haben, d.h., sie formuliert Hypothesen über das zeitliche Verhalten von Systemen, in denen Neuerungen auftreten und sich ausbreiten.

---

sense is certainly open, dependent on inputs of energy and information to maintain the processes of circular flow traditionally analyzed by economic theory. ... This means in some fundamental sense that the laws applicable to the general process of biological evolution and ecological interaction will have their counterparts in the economic realm." (*Silverberg* (1988, S. 532). Der andere Teil versucht dagegen einen gegenüber der biologischen Evolutionstheorie eigenständigen theoretischen Ansatz hervorzubringen (vgl. bspw. *Witt* (1987)). Eine ausführliche Darstellung der Entwicklungslinien und einzelner Facetten der evolutorischen Ökonomik findet sich in *Hodgson* (1993).

[2] *Hodgson* (1993) diskutiert unter Bezugnahme auf Voltaires Dr. Pangloss die vermeintliche Optimalität evolutorischer Selektionsprozesse.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Andere Autoren (z.B. Gowdy, 1985, Metcalfe, 1994, Saviotti, 1996) weisen

(iv) schließlich zusätzlich auf Heterogenität bzw. Varietät als wichtige Quelle und damit Bestandteil evolutorischer Entwicklungen hin. Heterogenität kann sich dabei sowohl auf das Verhalten der Akteure (beispielsweise die Heranziehung unterschiedlicher Strategien) als auch auf die technologische Seite (unterschiedliche technologische Ansätze, unterschiedliche Entwicklungsstufen etc.) beziehen.

Wie fügt sich nun die Vorstellung des technischen Fortschritts und technologischer Spillover-Effekte der neuen Innovationsökonomik in einen evolutionstheoretischen Analyserahmen ein? Eine wesentliche Komponente von Neuerungen im ökonomischen Kontext stellen technologische Innovationen dar, die hier als das Ergebnis menschlicher Findigkeit und Kreativität in der Erschließung *wirklich* neuer Handlungsmöglichkeiten gesehen werden (*Kriterium (iii)*). In der Erklärung der Voraussetzungen für und der endogenen Entstehung von Neuerungen liegt dann auch die spezifische evolutorische Anforderung an die Theorie. Da die ökonomischen Akteure im Innovationsprozeß nur über unvollständige Fähigkeiten und eine eingeschränkte Vorausschau verfügen (können), wird die ökonomische Evolution zu einem Zeit beanspruchenden Lern- und Experimentierprozeß (*Kriterium (i)*), dessen Ergebnisse wiederum modifizierend auf die eigenen Voraussetzungen rückwirken. Auf diese Weise rücken schließlich kumulative Entwicklungen und Pfadabhängigkeiten in den Mittelpunkt des Interesses (*Kriterium (ii)*). Die Erklärung der Innovationsprozesse kann also nicht auf eine explizite Berücksichtigung des Faktors Zeit verzichten, da zum einen die dynamische Komponente ausdrücklich mit dem Untersuchungsgegenstand wirtschaftlichen Wandels verbunden ist, und da zum anderen die Historizität der Entwicklung einen wichtigen Einfluß ausübt. Ein weiteres wesentliches Element des kollektiven Innovationsprozesses ist schließlich das Zusammenspiel unterschiedlicher Akteure (*Kriterium (iv)*), die durch das Einbringen ihrer spezifischen Kenntnisse und Fertigkeiten die Erschließung neuer extensiver technologischer Möglichkeiten erlauben, wobei von den technologischen Spillover-Effekten ein ideenschaffender Einfluß ausgeübt wird.

Die in Kapitel B. II geschilderte veränderte Sichtweise des technischen Fortschritts und die Notwendigkeit einer wissensbasierten Analyse des Innovationsprozesses legen also folgerichtig die Heranziehung der evolutorischen Ökonomik als paradigmatischen Rahmen in der neuen Innovationsökonomik nahe. Eine wissensbasierte Analyse des *Entstehungszusammenhangs* von Neuerungen wirft allerdings die Frage nach deren Handhabbarkeit auf, da von einer Anwendung der für die neoklassische Modellbildung notwendigen Annahmen abzusehen ist. Ist aber nicht mit der Verabschiedung des Rationalitätspostulats und der Gleichgewichtsorientierung in der evolutorischen Ökonomik mit einer Komplexitätszunahme zu rechnen, die einer analytischen Durchdringung des Untersuchungsgegenstandes entgegensteht? M.a.W. welche Ansätze und Konzepte

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

können von der Seite der evolutorischen Ökonomik als Alternative zur Analyse des kollektiven Innovationsprozesses angeboten werden?

Wie in den folgenden Abschnitten zu zeigen sein wird, stehen in der evolutorischen Ökonomik solche Ansätze und Konzepte zur Verfügung, welche die Analyse kollektiver Innovationsprozesse in einem wissensbasierten Rahmen ermöglichen. Dabei werden Anleihen sowohl bei verhaltenstheoretischen Analysen der kognitiven Psychologie als auch bei neueren Entwicklungen der Naturwissenschaften genommen, die eine Abkehr von der traditionellen mechanistischen Analogie hin zu einer evolutorischen Vorstellung ökonomischer Prozesse ermöglichen.

1. Routine-geleitetes Verhalten

Rückt man von der Annahme der vollkommenen Vorausschau in der Analyse von Innovationsprozessen ab, ist man unmittelbar mit *Informations- und Kompetenzlücken*[3] der ökonomischen Akteure konfrontiert. Damit ist die Frage nach einer Konzeptualisierung der Ursachen und Konsequenzen nur unvollständiger technologischer und/oder ökonomischer Fähigkeiten aufgeworfen. Insbesondere in Untersuchungsergebnissen der kognitiven Psychologie, die auch zu den behavioristisch orientierten Ansätzen in der *Theorie der Firma* (sog. *Carnegie-Mellon-School*, vgl. Simon, March, 1958 und Cyert, March, 1963) geführt haben, sind die grundlegenden Konzepte für die Erklärung von Innovationsprozessen als Such- und Experimentieraktivitäten zu finden. Eng damit im Zusammenhang stehen die Arbeiten von Simon (1955, 1979) zu Konzepten einer nur *beschränkten Rationalität* und die Ergebnisse der experimentellen Psychologie (vgl. Kahneman, Tversky, 1979, 1986), die eine systematische Abweichung individuellen Verhaltens von optimalen Verhaltensweisen nachweisen. Vor diesem Hintergrund ist von Nelson und Winter (1982) das Konzept der *Routinen* in die wissenschaftliche Analyse eingeführt worden, mit deren Hilfe der veränderten Sichtweise der Motivationen und des Rationalkalküls ökonomischer Akteure Rechnung getragen wird. Zunächst wird jedoch noch eine Kategorisierung der Quellen von Unsicherheit vorgestellt, die ja als wesentliche Ursache des Umstandes nur beschränkt rationalen Handelns zu betrachten ist.

[3] Vgl. *Heiner* (1983, 1988).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

a) Substantielle und prozessuale Unsicherheit

In den vorhergehenden Abschnitten wurde deutlich, daß mit Innovationen das Auftreten von echter Unsicherheit im Sinne von Knight (1921) untrennbar verbunden ist. Für diese Unsicherheit werden in der Literatur zwei Ursachen verantwortlich gemacht:[4] Auf der einen Seite haben die ökonomischen Akteure bei der Aufgabe der Annahme vollkommener Vorausschau keine oder nur unvollständige Informationen über einen zu entscheidenden Sachverhalt (sogenannte *Informationslücke*). Kennen sie allerdings alle möglichen Alternativen und können diesen auch bestimmte Eintrittswahrscheinlichkeiten zuordnen, handelt es sich nur um eine schwache Form von Unsicherheit, man spricht in diesem Zusammenhang auch von *versicherbarem Risiko*. Diese Situationen sind grundsätzlich auch in einem neoklassischen Rahmen analysierbar. Innovationen sind aber gerade dadurch gekennzeichnet, daß sie den vorhandenen Alternativenraum noch neue Möglichkeiten hinzufügen, bei denen eine Verbesserung des Informationsstands untrennbar mit der eigentlichen Innovation einhergeht. In diesen Fällen unbekannter Alternativen bzw. Situationen in denen keine Aussagen zu Eintrittswahrscheinlichkeiten getroffen werden können, handelt es sich in der Terminologie von Dosi/Egidi (1991, S. 148) um starke *substantielle Unsicherheit*, die in einem neoklassischen Rahmen nicht mehr analysierbar ist.

Auf der anderen Seite entsteht Unsicherheit durch die Aufgabe der Annahme perfekter Fähigkeiten der Akteure. Fehlende Fertigkeiten und mangelnde Kenntnis verursachen eine *Kompetenzlücke* (vgl. Kap. B. II. 1) und führen so zu Schwierigkeiten, sämtliche Informationen wahrzunehmen, zu speichern und zu verarbeiten.

> „But we can also classify our computational limits as a form of uncertainty. Even if we had a good model of the future, if our brains wouldn't allow us to run the model as fast as time runs, we would still be uncertain about the future." (Simon, 1991, S. 15)

Dieser Fall *prozessualer Unsicherheit* (Dosi/Egidi, 1991, S. 150) im Innovationsprozeß wird erst durch die auf die Fähigkeiten und Kompetenzen der Unternehmen abstellende, wissensbasierte Analyse relevant und ist vor allem in einem zunehmend komplexen Innovationsprozeß, wie ihn das vernetzte Innovationsbild aufzeichnet, von großer Bedeutung.

Das Auftreten echter substantieller und prozessualer Unsicherheit ist mit einem ernstzunehmenden *epistemologischen Vorbehalt*[5] verbunden: Eine Theorie

---

[4] Vgl. *Dosi/Egidi* (1991, S. 145).

[5] Vgl. *Witt* (1994, S. 505).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

des technischen Fortschritts kann nur eine Theorie der Prozesse sein, in denen Innovationen geschaffen werden. Theoretische Aussagen zur spezifischen Natur der einzelnen Innovationen sind nicht möglich. M.a.W. nicht das Ergebnis einer Entscheidung eines Wahlhandlungsprozesses, sondern die individuellen bzw. unternehmerischen Prozesse, die hinter dem eigentlichen Wandel stehen, sind Gegenstand der wissenschaftlichen Auseinandersetzung. Eine Berücksichtigung von Unsicherheit bedeutet somit nicht, daß von Seiten der ökonomischen Innovationsforschung keine Aussagen mehr getroffen werden können:

> „That's a very strange situation, but perhaps not without a solution. We can predict that there will be bigger and faster supercomputers five years hence than we now have, and that they'll be cheaper, without being able to design that future supercomputer." (Simon, 1991, S. 15)

In diesem Zusammenhang kommen der neuen Innovationsökonomik die in Kapitel B. II. 4 eingeführten *technologischen Paradigmen* zugute, die für die am Innovationsprozeß beteiligten Akteure wenigstens innerhalb der Phasen des *normalen* technischen Fortschritts einen gemeinsamen handlungsleitenden Rahmen darstellen. Der Paradigmen/Trajektorien-Ansatz gibt zumindest eine grobe Vorstellung der Richtung und in Abhängigkeit von den technologischen Möglichkeiten von der Geschwindigkeit des technologischen Fortschritts, womit über den Prozeß der Entstehung und Ausbreitung von Innovationen im obigen prozeßbezogenen Sinne analytisch Aussagen abgeleitet werden können.[6]

Die Orientierung auf den eigentlichen Innovationsprozeß wird nur durch die Aufgabe der heroischen Anforderungen des neoklassischen Menschenbildes möglich. Erst durch die Berücksichtigung nicht-perfekter Fähigkeiten und der damit einhergehenden prozessualen Unsicherheit eröffnet sich die Perspektive der Betrachtung des kollektiven Innovationsprozesses als Lern- und Experimentierprozeß. Um Technologien beherrschen und verbessern zu können, sind von den Unternehmen spezifische Fähigkeiten aufzubauen: Wollen sie in ihren Innovationsaktivitäten auf externes Know-how in Form von Spillover-Effekten zurückgreifen, müssen sie dafür auf der einen Seite durch den Aufbau absorptiver Fähigkeiten die Kompetenz für das Verständnis dieses Know-hows erwerben. Auf der anderen Seite ist der Aufbau informeller Beziehungen notwendig, um die für den Know-how-Transfer notwendigen Informations- und Kommunikationskanäle bereitzustellen.

---

[6] *Erdmann* (1993, S. 10) unterscheidet in diesem Zusammenhang zwischen der Berechenbarkeit konkreter Resultate in einem deterministischen Sinn und der Formalisierbarkeit eines Sachverhalts.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

b) Beschränkte Rationalität

Wegen der substantiellen und der prozessualen Unsicherheit des Innovationsprozesses sind die Akteure dabei mit einem Informations- und einem Kompetenzdefizit konfrontiert, wodurch ein optimaler Problemlösungsalgorithmus in unerreichbare Ferne rückt. Ihr Verhalten wird deswegen nicht mehr im Sinne des Rationalitätspostulats von Optimalitätsüberlegungen geleitet, vielmehr werden in ungewissen Entscheidungssituationen nur *beschränkt rationale* Verhaltensweisen an den Tag gelegt. Das auf Simon (1955, 1979) zurückgehende Konzept der *beschränkten Rationalität* grenzt sich in diesem Sinne von dem neoklassischen Rationalitätspostulat ab, womit allerdings nicht gemeint ist, daß sich die Akteure vollständig irrational verhalten. Vielmehr werden die Akteure weiterhin versuchen, logisch konsistente und rationale Entscheidungen zu treffen, was ihnen aber nur innerhalb des Rahmens ihrer Fähigkeiten und ihres Informationsstandes möglich ist. Die mit Innovationsprozessen untrennbar verbundene Unsicherheit beschränkt in diesen Situationen folglich ihr Entscheidungskalkül.

Einschränkungen im rationalen Verhalten werden auch von Ergebnissen der experimentellen Psychologie unterstützt (vgl. Kahnemann/Tversky, 1979, 1986). In bezug auf den unternehmerischen Innovationsprozeß ergeben diese Untersuchungen, daß Abweichungen von rationalen Verhaltensweisen (i) von der Art der Problemstellung abhängen (*framing-effects*). So werden Problemstrukturen in einer komplexen Formulierung zu anderen Verhaltensweisen führen als das gleiche Problem in einer vergleichsweise einfacheren Formulierung. Da das vernetzte Innovationsbild insbesondere die Zunahme der Komplexität der technologischen Beziehungen unterschiedlicher Akteure und/oder Technologien betont, ist bezüglich Innovationsentscheidungen nur in Ausnahmefällen von einfachen Problemstrukturen auszugehen. (ii) Ebenso werden Abweichungen von rationalen Entscheidungskalkülen zu beobachten sein, wenn nicht mit unmittelbaren, sondern erst verzögerten Konsequenzen aus den Handlungen zu rechnen ist, wie das bei Entscheidungen Forschungsprojekte durchzuführen, regelmäßig der Fall ist. Ein weiterer Grund für von rationalen Entscheidungen abweichende Verhaltensweisen liegt (iii) in einer sich verändernden und instabilen Umwelt, die die Rahmenbedingungen für die Entscheidung darstellt und (iv) in Informationslücken bezüglich der Konsequenzen alternativer Verhaltensweisen. Sowohl instabile Rahmenbedingungen als auch durch unvollständige Information verursachte Unsicherheit stellen wesentliche Merkmale des Innovationsprozesses dar, so daß auch diese Voraussetzungen für von rationalem Verhalten abweichenden Entscheidungen erfüllt sind. Schließlich werden (v) Informationen, die auf eigene Erfahrung zurückgehen, höher eingeschätzt als externe Informationen. Mit Bezug auf unternehmerisches Innovationsverhalten

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

spricht man in diesem Zusammenhang auch von dem *Not-Invented-Here-Syndrom* (*NIH*), wenn externen Informationen nur mit großer Skepsis begegnet wird. In einem kollektiven Innovationsprozeß wird das *NIH*-Syndrom den Verzicht auf den Aufbau absorptiver Fähigkeiten und informeller Netzwerke mit sich bringen, der mit Folgen verbunden ist, auf die auch von Simon (1991, S. 130) hingewiesen wird:

> „It can be highly disfunctional for a laboratory to live with the belief that its main product is the new knowledge produced by its inhouse research. Such belief produces the NIH phenomenon, with a consequent reinvention of many wheels."

Individuelle Entscheidungssituationen, in denen wie im Innovationskontext echte Unsicherheit besteht, sind als ein Prozeß aufzufassen, in der die gegenwärtige Situation (Informationslage und Kenntnisstand) des Entscheidungsträgers, seine Möglichkeiten die Struktur und Komplexität eines Problems zu erfassen und seine Aufgeschlossenheit gegenüber neuen, nicht nur internen, sondern auch externen Informationen, eine maßgebliche Rolle spielen. Anstelle der optimalen Verhaltensweisen ist in diesem Kontext sowohl aus empirischer als auch theoretischer Perspektive mit nur beschränkt rationalen Entscheidungen zu rechnen. Der Innovationsprozeß wird auf diese Weise zu einem Lern- und Experimentierprozeß, in dem neue und fehlerbehaftete Verhaltensweisen ausprobiert und in Abhängigkeit von der jeweiligen Situation modifiziert werden.

Die Vorstellung der beschränkten Rationalität wird vor diesem Hintergrund von Simon (1978, 1984) durch das Konzept der *substantiellen* und *prozessualen Rationalität* konkretisiert und ergänzt. Aus diesen Bezeichnungen wird bereits eine unmittelbare Nähe zu den obigen Unsicherheitskonzepten erkenntlich. Substantielle Rationalität unterliegt dem Verhalten ökonomischer Akteure bei unvollständiger Information.

> „Behavior is substantively rational when it is appropriate to the achievement of given goals within the limits imposed by given conditions and constraints." (Simon, 1976, S. 130)

Bezieht sich dieser Informationsmangel nur auf eine genaue Kenntnis, welches Ereignis aus einer bekannten Alternativenmenge eintreten wird und sind für alle möglichen Ereignisse die Eintrittswahrscheinlichkeiten bekannt, handelt es sich um eine Situation in der die Akteure noch immer vollständig rational handeln können, die also auch im Rahmen der neoklassischen Entscheidungstheorie analysierbar ist.

Kommt dagegen prozessuale Unsicherheit hinzu, d.h., ist ein Akteur nur beschränkt in der Lage, sämtliche Information wahrzunehmen und zu bearbeiten und kann demnach auch nur beschränkt rational handeln, hilft das Optimierungskalkül der neoklassischen Entscheidungstheorie nicht weiter. In diesen

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Situationen können die Akteure nicht mehr optimale, sondern allenfalls befriedigende Verhaltensweisen im Sinne einer prozessualen Rationalität an den Tag legen.

> „Behaviour is procedurally rational when it is the outcome of appropriate deliberation. Its procedural rationality depends on the processes that generated it." (Simon, 1976, S. 131)

Im Innovationsprozeß kommt zur prozessualen Unsicherheit noch substantielle Unsicherheit hinzu, da nicht alle Alternativen bereits im voraus bekannt sein können. Prozessuale Rationalität beinhaltet somit auch ein Verhalten, das eine fehlerhafte Suche (*trial-and-error*) nach neuen Problemlösungen mit noch vollkommen unsicheren Konsequenzen beinhaltet.[7] Zusammenfassend läßt sich mit Simon (1986, S. 27) sagen:

> „The rational person of neoclassical economics always reaches the decision that is objectively, or substantively, best in terms of the given utility function. The rational person of cognitive psychology goes about making his or her decisions in a way that is procedurally reasonable in the light of the available knowledge and means of computation."

Die Fragen, die von den Unternehmen in ihren Innovationsentscheidungen zu beantworten sind, richten sich somit weder auf die Bestimmung marginaler Erträge von investierten F&E-Aufwendungen zur Ableitung eines optimalen F&E-Mitteleinsatzes noch auf reine Aufwand/Ertragsvergleiche bezüglich der mit kooperativen Verhaltensweisen verbundenen Auszahlungen. Eine Analyse der unternehmerischen Entscheidungen im kollektiven Innovationsprozeß muß dagegen die Prozesse beinhalten, die für das jeweilige Problembewußtsein und die entsprechende Problemformulierung verantwortlich sind. Es handelt sich dabei um die Methoden und Verfahren zur Bestimmung der F&E-Aufwendungen und zur Festlegung der Kooperationsentscheidungen bei nur beschränkter Rationalität und unvollständiger Kenntnis aller möglichen Konsequenzen. Vor dem Hintergrund eines hochgradig komplexen Geflechts technologischer Beziehungen und der potentiellen Erschließung neuer technologischer Möglichkeiten über die gegenseitige Befruchtung unterschiedlicher Technologien, rücken Fragen nach einem optimalen Entscheidungskalkül somit zugunsten von prozeßrationalen Verhaltensweisen notwendigerweise in den Hintergrund.[8] Mit Hilfe des Konzepts der Prozeßrationalität sind also auch echte Innovationsentscheidungen analysierbar, die im Sinne der evolutorischen Ökonomik zunächst unbekannte

---

[7] *Dosi/Egidi* (1991, S. 155) charakterisieren Akteure in diesen drei Situationen unterschiedlicher Kombinationen von Unsicherheit und Rationalität auch als *orthodox*, *satisfycing* und *innovative players*.

[8] Vgl. *Simon* (1976, S. 137 f.)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Alternativen einschließen und die über ihre eigenen Ergebnisse wieder auf die ursprünglichen Entscheidungsgrundlagen zurückwirken.

c) Satisfycing Behaviour

Worin liegt nun aber das Ziel unternehmerischer Aktivitäten, wenn durch die Aufgabe des Rationalitätspostulats ihre Anstrengungen nicht mehr auf die Maximierung des Gewinns gerichtet sind (sein können)? Hiermit ist gleichzeitig die Frage nach der Motivation innovativen Handelns gestellt, die von der neoklassischen Theorie nicht beantwortet werden kann, da unvorhersehbare zukünftige Ereignisse *per definitionem* nicht mit in das Optimalkalkül aufgenommen werden (vgl. Kap. D. I. 1). Neben einer ökonomisch nicht weiter erklärbaren Hypothese, daß Individuen Spannung und Freude durch zuvor unbekannte kognitive Reize erfahren, wodurch eine mehr oder weniger stark ausgeprägte individuelle Neugier entsteht, findet Witt (1992b, S. 30 f.) eine weitere *Motivationshypothese* in dem Konzept des *Satisfycing*, das ebenfalls auf die behavioristische Theorie der Firma von Simon (1955) und March und Simon (1958) zurückgeht und in einem engen Zusammenhang mit dem Konzept der beschränkten Rationalität steht.

Der Idee des *Satisfycing* zufolge entwickeln die Unternehmen immer dann innovative Aktivitäten, wenn ihre erzielten Ergebnisse unterhalb eines bestimmten variablen Anspruchsniveaus zu liegen kommen. Dieses Anspruchsniveau bestimmt sich dabei nicht durch ein Optimalkalkül, sondern leitet sich aus den eigenen Erfahrungen, aber auch aus den beobachteten Entwicklungen bei anderen Unternehmen ab. Immer dann, wenn es zwischen dem erzielten Ergebnis und dem Anspruchsniveau zu Diskrepanzen kommt, versuchen die Unternehmen über eine Veränderung ihrer Verhaltensweisen - in unserem Zusammenhang F&E-Tätigkeiten - ihr Anspruchsniveau wieder zu befriedigen. In diesem Prozeß kommt es schließlich zu Rückkopplungen bezüglich der Höhe des Anspruchsniveaus: Auf der einen Seite werden die Ansprüche bei mangelndem Erfolg heruntergesetzt, während auf der anderen Seite erfolgreiche Suchaktivitäten das jeweilige Anspruchsniveau erhöhen, wodurch neue Suchaktivitäten initiiert werden.

Mit Hilfe des Konzepts des *Satisfycing* ist somit die Erklärung innovativer Verhaltensweisen möglich, auch ohne im Sinne der neoklassischen Entscheidungstheorie bereits ex-ante sämtliche Konsequenzen innovativen Handelns kennen zu müssen. Statt dessen wird die Motivation zur Entfaltung von Neuerungsaktivitäten durch den Rückgriff auf vergangene und gegenwärtige Zustände der Unternehmen erklärt. In der Analyse von Innovationsprozessen stellt sich

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

allerdings aus der Anwendung von individuellen Anspruchsniveaus und *Satisfycing Behaviour*, beschränkter Rationalität und technologischer Unsicherheit die Frage nach Strukturen im individuellen unternehmerischen Handeln. Wie können diese Konzepte zur Beschreibung innovativer Aktivitäten operationalisiert werden, oder ist eine analytische Vorgehensweise wegen einer unüberschaubaren Komplexität nicht mehr möglich?

d) Routinen

Es ist das Verdienst von Winter (1971) und Nelson und Winter (1982), mit dem Konzept der *Routinen* die Verbindung zwischen den behavioristischen Ansätzen in *der Theorie der Firma* und der neuen wissensbasierten Innovationsökonomik hergestellt zu haben, mit dem auch das Entscheidungsverhalten bei Unsicherheit und beschränkter Rationalität beschrieben werden kann. Auch wenn Innovationsprozesse untrennbar mit echter substantieller und prozessualer Unsicherheit und darausfolgend mit beschränkter Rationalität einhergehen, legen die Unternehmen weder willkürlich die Höhe ihrer F&E-Budgets fest noch verhalten sie sich in einer zufälligen Weise einmal kooperativ und ein anderes mal nicht-kooperativ. Nur ein Rückgriff auf optimale Verhaltensweisen ist in solchen Situationen eben nicht mehr möglich. Statt dessen wägen die Unternehmen ihr Verhalten in einer nur begrenzt überschaubaren Umgebung ab und greifen dabei auf bestimmte Heuristiken, Daumenregeln etc. zurück, wodurch zumindest in der kurzen Frist Strukturen und Regelmäßigkeiten entstehen. Diese Beobachtungen werden auch von den Ergebnissen von Heiner (1983, 1988) unterstützt, der für den Fall von sogenannten *C-D-gaps* (*competence-difficulty-gaps* bzw. Informations- und Kompetenzlücken) festgestellt hat, daß das Heranziehen von vergleichsweise einfachen Verhaltensweisen zu besseren Ergebnissen führt als der Versuch optimale Verhaltensweisen an den Tag zu legen. Echte Unsicherheit und die Komplexität des vernetzten Innovationsprozesses bringen die Unternehmen also dazu, auf Verhaltensweisen zurückzugreifen, die sich zwar nicht am Rationalitätspostulat, aber dennoch an bestimmten Regeln orientieren.

Für solche, über längere Zeiträume regelgebundenen Verhaltensweisen haben Nelson und Winter (1982, S. 96-136) den Begriff *Routine* geprägt, der in der Literatur eine weite Verbreitung gefunden hat.[9] Nach einer Taxonomie von Winter (1996) (vgl. Cohen et al., 1996) können Routinen in zwei Subgruppen unterteilt werden. Zum einen umfaßt der Begriff Routine (im engeren Sinne) nur

[9] Vgl. *Cohen* et al. (1996), *Nelson* (1994).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

intuitives Verhalten, d.h. vergleichsweise komplexe Verhaltensweisen, die in bestimmten Situationen mehr oder weniger automatisch aufgerufen werden. Zum anderen fallen unter Routinen (in einer etwas weiter gefaßten Interpretation) aber auch Daumenregeln (*rules-of-thumb*), worunter Winter einfache quantitative Entscheidungsregeln versteht, die bewußt herangezogen werden, und deren Vorteil in vergleichsweise niedrigen Anforderungen an die Informationsverarbeitungskapazität des Entscheiders liegt. Hierunter fallen im kollektiven Innovationsprozeß beispielsweise *rules for determining R&D expenditure ... in relation to sales* (Cohen et al., 1996, S. 664) oder Regeln, welche die Offenlegung von Know-how von der Größe der kooperativen Umwelt abhängig machen.

Zur Erklärung der Entstehung von Routinen kann das Konzept des *Satisfycing* herangezogen werden. Routinen bilden sich aus Verhaltensweisen, die sich in der Vergangenheit über einen längeren Zeitraum hinweg als *erfolgreich* erwiesen haben. Im Innovationskontext kann erfolgreich aber immer nur als befriedigend und nicht als optimal verstanden werden, so daß die Charakterisierung des Verhaltens als *Satisfycing* zutrifft. Solange die Resultate aber als befriedigend empfunden werden, besteht kein Anreiz von dem bisherigen Verhalten abzuweichen. Auf diese Weise wird es zum routinisierten Verhalten, m.a.W. es hat sich eine stabile Routine herausgebildet.

Routinen sind zwar auf der einen Seite durch eine starke Kontextabhängigkeit[10] gekennzeichnet - in gleichen Situation werden gleiche Routinen abgerufen - auf der anderen Seite sind sie aber sowohl robust als auch flexibel. Unter Robustheit ist zu verstehen, daß auch bei kleineren Abweichungen von Standardsituationen nicht sofort mit einer Modifizierung der ursprünglichen Routine zu rechnen ist.[11] Flexibilität beinhaltet dagegen, daß Routinen bei Änderungen in den Rahmenbedingungen nicht sofort verworfen werden, sondern zunächst nach geeigneten Anpassungen gesucht wird - eine Eigenschaft die im Innovationskontext in einer engen Verbindung mit dem lokalen Charakter des technischen Fortschritts zu sehen ist (vgl. Kap. B. II. 2). Die Kontextabhängigkeit und die auf die lokale Situation abzielende Flexibilität der Routinen, sowie die Abhängigkeit von der eigenen Vergangenheit und den Erfahrungen sind verantwortlich für den *pfadabhängigen* und *kumulativen* Charakter von Routinen. Routinisiertes Verhalten beinhaltet also die Aktivitäten der Unternehmen in ihrem spezifi-

[10] „Context dependence is fundamental; the effectiveness of a routine is not measured by what is achieved in principle but what is achieved in practice; this generally means that the routine might be declared effective in some specific contexts, but perhaps not in others." *Cohen* (1996, S. 662)

[11] Vgl. *Dosi et al.* (1995).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

schen Kontext, geprägt von lokalen technologischen Beschränkungen; maximierende Verhaltensweisen, die auf ein globales Optimum abzielen, spielen keine Rolle.

Mit dem Konzept der Routinen steht somit ein Instrumentarium zur Verfügung, mit dessen Hilfe sich das Verhalten von Unternehmen in Situationen echter Unsicherheit und beschränkter Rationalität analysieren läßt. Im kollektiven Innovationsprozeß kommen auf diese Weise anstelle der nur an einem maximalen Gewinn interessierten Unternehmen solche Firmen ins Spiel, die beispielsweise Entscheidungen über den Aufbau von absorptiven Fähigkeiten treffen oder die sich, um extensive technologische Möglichkeiten zu erschließen, in informellen Netzwerken engagieren.

2. Unterschiedlichkeit als Quelle für Neuerungen

Aufgrund nur beschränkter ökonomischer und/oder technologischer Fähigkeiten und der konstitutionellen Unsicherheit des Innovationsprozesses können die Unternehmen die ihnen offenstehenden Handlungsalternativen und technologischen Chancen nur selektiv und in Abhängigkeit des, in ihnen angesammelten Erfahrungsschatzes und Wissens wahrnehmen. In den neoklassischen Modellen wird die deshalb notwendigerweise auftretende Verhaltens- und Technologieheterogenität durch den Rückgriff auf einen repräsentativen Agenten bzw. Unternehmen analytisch umgangen. Aufgrund des unterstellten Rationalitätspostulats ist eine Analyse voneinander abweichender Verhaltensweisen auch nicht notwendig, da es sich zum einen nur um vorübergehende Abweichungen handeln kann, die sich andererseits, wenn sie längerfristiger Natur sein sollten, im Marktprozeß nicht behaupten können, d.h., die entsprechenden Unternehmen würden wegen ihrer Suboptimalität aus dem Markt ausscheiden.

Die neue Innovationsökonomik mit ihrem evolutorischen Hintergrund betont dagegen gerade die Rolle der Unterschiedlichkeit der Unternehmen - insbesondere in technologischer Hinsicht - als wichtigen Antrieb für die Fähigkeit einer Ökonomie, Neuerungen hervorzubringen. Dies wird besonders deutlich in dem großen Gewicht externer Wissensquellen und der Hervorhebung von *Cross-fertilization*-Effekten im kollektiven Innovationsprozeß (vgl. Kap. B. II. 5). Gerade durch das Zusammenbringen zunächst unterschiedlicher und bislang unverbundener technologischer Ansätze können ja neue extensive technologische Möglichkeiten entstehen. Vor diesem Hintergrund werden auch in der theoretischen Betrachtung des Innovationsprozesses explizit Verhaltens- und Technologieunterschiede zugelassen, da sich das analytische Interesse der neuen Innovationsökonomik auch auf die Dynamik dieser Heterogenität richtet.[12]

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Zur Erklärung der Voraussetzungen für die Entstehung von Neuerungen werden auf diese Weise Mechanismen unterstellt, die sich auch in der biologischen Evolutionstheorie für Entwicklung verantwortlich zeichnen: *Mutation* bzw. *Variation* und *Selektion.*[13] Betrachtet man den Innovationsprozeß aus der evolutorischen Perspektive, ist die neoklassische Homogenitäts-Annahme nicht mehr aufrechtzuerhalten: Zum einen ist die Unterschiedlichkeit in den Ausprägungen notwendige Voraussetzung für Selektion, zum anderen sind heterogene Strukturen das zwangsläufige Ergebnis einer - nicht im Sinne eines optimierenden Prozesses ablaufenden - wirtschaftlichen und technologischen Entwicklung. In der Regel spielen sich evolutorische Prozesse innerhalb bestimmter Populationen ab, deren Mitglieder, seien es nun Technologien oder Unternehmen, mit bestimmten Merkmalen ausgestattet sind. Durch Mutationen bzw. Variationen stellen sich nun Veränderungen in den Merkmalen des Untersuchungsgegenstands ein, wodurch die Heterogenität in einem System zunimmt. Sind *Mutationen* in der Biologie rein zufallsbedingt, spielen in der ökonomischen Entwicklung auch *Intentionen* der Handelnden eine Rolle, wofür sich der im folgenden herangezogene Begriff der *Variation* durchgesetzt hat (*Darwinsche vs. Lamarcksche Evolution*). Neben der Variation einer Merkmalsausprägung spielen bei Neuerungen auch die, durch bewußte Kombinationen unterschiedlicher Merkmalsausprägungen herbeigeführten, *gegenseitigen Befruchtungen* eine wichtige Rolle.[14]

Innerhalb einer heterogenen Population laufen nun Selektionsprozesse ab, wodurch sich die Anteile einer bestimmten Ausprägung (z.B. Markt- oder Technologieanteile) in der Population bestimmen. In diesem Zusammenhang spielt die *Fitness* einer Merkmalsausprägung eine wichtige Rolle: Sie bezeichnet die Fähigkeit einzelner Merkmalsausprägungen, sich innerhalb eines Zeitintervalls

---

[12] Vgl. *Cantner* (1996, S. 104).

[13] Auch in der neueren physikalischen Theorie sind Evolutionsprozesse Gegenstand der Analyse (vgl. *Prigogine/Stengers*, 1993, *Haken*, 1983). Die betrachteten Systeme bestehen dort aus *homogenen* Atomen, Molekülen, Photonen und dergleichen mehr, und es kann dennoch zu Entwicklungsprozessen kommen. Verantwortlich dafür sind Nicht-Linearitäten in den Beziehungen dieser Elemente untereinander, welche selbstverständlich auch für ökonomischen Beziehungen heranzuziehen sind. In wachstumstheoretischen Modellen hat beispielsweise schon früh Goodwin mit Hilfe von *Lotka-Volterra Räuber-Beute-Beziehungen* Nicht-Linearitäten für Entwicklung verantwortlich gemacht.

[14] In der Biologie finden sich für *cross-fertilization* auch alternativ die Termini: *hybridization* bzw. *crossing-over*. Im Gegensatz zur sexuellen biologischen Reproduktion ist bei technologischen Neuerungen auch die Rekombination unterschiedlicher *Gattungen* möglich.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

auszubreiten. Durch Selektionsprozesse wird dann bestimmt, welche der unterschiedlichen Technologien bzw. Unternehmen sich behaupten können, wobei es sich keineswegs um eine Optimallösung handeln muß. Im Zusammenhang mit der Technologie-Diffusion zeigt David (1985) an einigen Beispielen, daß es nicht immer die technologisch überlegene Lösung ist, welche den Selektionsprozeß überlebt: Zufällige Ereignisse, aber auch eine hohe Sensibilität gegenüber den Startbedingungen üben einen entscheidenden Einfluß aus.

Bei der Beschreibung dieser Prozesse ist die Wichtigkeit von heterogenen Verhaltensweisen und unterschiedlichen technologischen Ansätzen für die Entstehung von Neuerungen und den dadurch initiierten Wandlungsprozeß deutlich geworden. Formal läßt sich die Rolle der Heterogenität auf anschauliche Weise mit Hilfe der sogenannten Replikatordynamik verdeutlichen.[15] Man betrachtet dazu eine bestimmte Population, die aus verschiedenen Subpopulationen i besteht. Die Subpopulationen i setzen sich wiederum jeweils aus x_i Merkmalsträgern zusammen. Ihr Anteil s_i an der Gesamtpopulation bestimmt sich folgendermaßen:

(36) $$s_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i} .$$

Die Fitness eines Merkmalsträgers in der Subpopulation i wird mit f_i bezeichnet und gibt die Anzahl dieser Merkmalsträger an, mit denen in der nächsten Zeitperiode zu rechnen ist. Die durchschnittliche Fitness der gesamten Population ist

(37) $$\bar{f} = \sum_{i=1}^{n} s_i f_i ,$$

wodurch sich für die Änderung des Anteils der $i$ten Subpopulation in Abhängigkeit zur durchschnittlichen Fitness (Replikator) folgender Ausdruck ergibt:

(38) $$\frac{\dot{s}_i}{s_i} = \frac{\dot{x}_i}{x_i} - \frac{\sum \dot{x}_i}{\sum x_i} = f_i - \bar{f} .$$

Im weiteren wird die Ausbreitung einer (skalierbaren) Eigenschaft g_i (beispielsweise Energieverbrauch, Stückkosten etc.) untersucht, für die sich der Populationsdurchschnitt $\bar{g} = \sum_{i=1}^{n} s_i g_i$ ergibt. Unterstellt man den in Gleichung

[15] Vgl. zur Replikatordynamik auch *Metcalfe* (1989, 1991), *Saviotti* (1996) und *Cantner/Hanusch* (1997).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

(38) wiedergegebenen Replikatormechanismus, so stellt sich im Zeitablauf folgende Veränderung ein:

$$\dot{\bar{g}} = \sum_{i=1}^{n} \dot{s}_i g_i = \sum_{i=1}^{n} s_i (f_i - \bar{f}) g_i = Cov(f_i, g_i). \tag{39}$$

Veränderungen in der *durchschnittlichen* Zusammensetzung einer Population setzen demnach Abweichungen von der durchschnittlichen Fitness und der durchschnittlichen Merkmalsausprägung voraus, wie sie durch die Kovarianz gemessen werden.[16] Ohne eine Unterschiedlichkeit in den Merkmalsausprägungen kann keine endogene Entwicklung ablaufen.

In einem kollektiven Innovationsprozeß kommt der Heterogenität somit eine bedeutsame Rolle zu: Auf der einen Seite werden technologische Spillover-Effekte nur dann einen ideenschaffenden Einfluß ausüben, wenn die technologischen Informationen und das entsprechende Know-how sich voneinander unterscheiden. Dies wird aber nur dann der Fall sein, wenn von den Unternehmen unterschiedliche technologische Ansätze verfolgt werden. Genauso sind natürlich informelle Netzwerke nur interessant, wenn dadurch technologisch unterschiedliche Unternehmen Informations- und Kommunikationskanäle für den Technologietransfer aufbauen. Auf der anderen Seite werden sich die Akteure des Innovationsprozesses nur dann (in ausgeprägtem Ausmaß) voneinander unterscheiden, wenn auch in ihren Aktivitäten Verhaltensheterogenität festzustellen ist.

Im Zusammenhang mit informellen Netzwerken ist zusätzlich der Verweis auf die von Witt (1992a, b, 1994) betonten *Häufigkeitsabhängigkeits-Effekte* der Replikatordynamik von Interesse. Diese Effekte treten immer dann auf, wenn die Wahl einer bestimmten Handlungsalternative von dem Anteil der Individuen abhängig ist, die sich bereits für diese Alternative entschieden haben. Damit kann die Entstehung informeller Netzwerke mit der relativen Häufigkeit kooperativer Unternehmen und einem durch *Trial-and-error*-Verhalten gekennzeichneten Lern- bzw. Anpassungsprozeß in Verbindung gebracht werden. In einer neoklassischen Modellierung sind solche Effekte, wie wir in Abschnitt D. I. 2. gesehen haben, wegen der Homogenitäts-Annahme nicht darstellbar - entweder kooperieren dort alle Unternehmen oder aber alle defektieren.

[16] Für den Fall, daß als Merkmalsausprägung die Fitness f_i herangezogen wird, ergibt sich die Veränderungsrate in Abhängigkeit von der Varianz der Fitness.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

3. Pfadabhängigkeiten und historische Zeit

Nur beschränkt rationales Verhalten und die unvermeidbare Unsicherheit im kollektiven Innovationsprozeß sind also Ursache für heterogene Verhaltensweisen und Technologien. Für den Umgang mit dieser Heterogenität finden sich zweierlei Vorgehensweisen: Unterstellt man auf der einen Seite in der Analyse des Innovationsprozesses als *Referenzgröße* eine vollkommene Wissensbasis der Unternehmen, können diese ihre technologischen und ökonomischen Ergebnisse durch eine ständige Verbesserung ihrer Fähigkeiten und damit einer Annäherung an diese Referenzgröße steigern. Diese Vorgehensweise entspricht der neoklassischen Sichtweise mit ihrer Orientierung auf ein Gleichgewicht, in dem alle suboptimalen Verhaltensweisen und damit auch die Heterogenität langfristig verschwinden. Betrachtet man dagegen auf der anderen Seite die Fertigkeiten und das Know-how der Unternehmen im Sinne des wissensbasierten Ansatzes der neuen Innovationsökonomik als unvollständig, aber sich ständig in dynamischer Weise verändernd, rückt der prozessuale Charakter des Innovationsprozesses in den Vordergrund. Mit dem Verzicht auf eine *optimale* Referenzgröße geht allerdings gleichzeitig sowohl die Verabschiedung einer ausschließlichen Orientierung auf Gleichgewichtszustände als auch die Heranziehung zeitabhängiger Konzepte wie Pfadabhängigkeit und Historizität einher.

Unter Pfadabhängigkeiten in der Entwicklung versteht man dabei die Abhängigkeit gegenwärtiger von vergangenen Zuständen. Auf der einen Seite stellen sich solche Pfadabhängigkeiten im kollektiven Innovationsprozeß aufgrund des Entscheidungsverhaltens bei beschränkter Rationalität ein. Die Verhaltens- und Entscheidungsregeln der Unternehmen sowie ihre Handlungsziele beruhen auf den in der Vergangenheit kumulierten Erfahrungen, die sich in ihren Routinen widerspiegeln. Auf der anderen Seite werden die Pfadabhängigkeiten durch den kumulativen und lokalen Charakter technischen Fortschritts noch verstärkt. Nelson (1995, S. 74) beschreibt die Kumulativität von Technologien folgendermaßen:

> „In a cumulative technology, today's technical advances build from and improve upon technology that was available at the start of the period, and tomorrow's in turn builds on today's."

Die Suchaktivitäten der Unternehmen richten sich zumindest kurzfristig auf den bereits beschrittenen Technologiepfad, da nur so auf bereits akkumulierte Erfahrungen zurückgegriffen werden kann; eine Übertragung der Kenntnisse und Erfahrungen auf nicht unmittelbar verwandte Technologien ist nicht problemlos möglich. Das bedeutet aber, daß nicht alle potentiellen Entwicklungsrichtungen ausprobiert werden, sondern die Auswahl durch die bereits in der Vergangenheit eingesetzten Technologien und Verfahren beschränkt ist. Es werden also solche Verhaltensweisen an den Tag gelegt, die von den Unter-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

nehmen im Rahmen ihrer spezifischen Entwicklung am besten beherrscht werden, wodurch allenfalls lokale Optima erreicht werden können.[17]

Die Eigenschaft der Pfadabhängigkeit steht mit der Eigenschaft der Historizität bzw. der Irreversibilität bereits eingetretener Entwicklungen in einem engen Zusammenhang. In den neoklassischen Modellen können Innovationen prinzipiell - aufgrund der Anlehnung an die Newtonsche Mechanik - auch wieder zurückgenommen werden; ein Ereignis ist somit vollständig reversibel, weil *"it can follow the same course phase by phase in the reverse order."*[18] In ökonomischen Prozessen ist allerdings in den seltensten Fällen mit Reversibilität zu rechnen, insbesondere Innovationen und der durch sie erzeugte Wandlungsprozeß sind vielmehr durch Irreversibilitäten gekennzeichnet: Das bedeutet, daß einmal eingetretene Entwicklungen nicht mehr zurückgenommen werden können. Durch die Irreversibilität der Ereignisse wird die Zeit zur historischen Zeit.

Die Bedeutung der *Brechung der Symmetrie zwischen Vergangenheit und Zukunft* und der *Gerichtetheit des Zeitvektors* wurde dabei zunächst in der theoretischen Physik erkannt (vgl. Prigogine/Stengers, 1993, Haken, 1983), fand aber auch schon vergleichsweise früh Eingang in die ökonomische Analyse. Beispielsweise zeigt David (1975), daß in einem neoklassischen Produktionsfunktions-Modell durch die Berücksichtigung unvollständigen Wissens Ergebnisse erzeugt werden, die in einem Widerspruch zur neoklassischen Theorie stehen. So werden in seinem Modell die Entscheidungen der Unternehmen eine Funktion ihrer Geschichte, und es treten Pfadabhängigkeiten und Irreversibilitäten auf.

Pfadabhängigkeiten und Irreversibilitäten spielen auch im kollektiven Innovationsprozeß eine wichtige Rolle. Die Entwicklung eines informellen Netzwerkes kann nicht von seiner Vergangenheit getrennt werden. Die Entscheidungen der Unternehmen über kooperative Verhaltensweisen hängen, wie es beispielsweise über den *Häufigkeitsabhängigkeits-Effekt* zum Ausdruck gebracht wird, im besonderen Maße von der vergangenen Entwicklung der kooperativen bzw. nicht-kooperativen Umwelt ab. Genauso spielen kumulative Effekte und Pfadabhängigkeiten beim Aufbau absorptiver Fähigkeiten eine wichtige Rolle. Versäumt es ein Unternehmen, frühzeitig die notwendigen Fähigkeiten zum Verständnis von technologischen Spillover-Effekten aufzubauen, wird es sich zu einem späteren Zeitpunkt um so schwerer tun, da die technologische Ent-

[17] Vgl. *Nelson* (1994, S. 250): „ ... evolution is a path-dependent process, and any optima achieved are local ones."

[18] *Georgescu-Roegen* (1971, S. 196).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

wicklung bereits weiter vorangeschritten ist und es nicht auf bereits realisierte Lern- und Erfahrungseffekte zurückgreifen kann.

Das Bild des kollektiven Innovationsprozesses ist dementsprechend geprägt von zeitabhängigen Entwicklungen wie Pfadabhängigkeiten und Irreversibilitäten, gemischt mit nur beschränkt rationalem Entscheidungskalkül und konstitutioneller Unsicherheit. Aus diesem Blickwinkel erscheint die Allokationsperspektive der neoklassischen Theorie und das Abstellen auf optimale Anreize, in Forschung und Entwicklung zu investieren, als stark vereinfachend. Vorausgesetzt, keine exogenen Überraschungen treten ein (*no favourable surprise*, Fisher, 1983), konvergieren alle Aktivitäten der Unternehmen gegen ein optimales Koordinationsgleichgewicht. Aus der Kritik an den neoklassischen Modellen (vgl. Kap. D. I. 3) wurde allerdings bereits deutlich, daß aus evolutorischer Perspektive, neben diese Gleichgewichtstendenzen auch *systematische Tendenzen zur Dekoordinierung*[19] treten müssen, worunter beispielsweise die durch den kreativen Vorstoß eines Schumpeterschen Entrepreneurs erzeugten Ungleichgewichtsimpulse fallen. Durch Innovationen kommen eben ex-ante noch unbekannte, neue Handlungsmöglichkeiten hinzu, die unter Umständen Anstrengungen zur Anpassung an ein bislang vorherrschendes Gleichgewicht obsolet machen.

> „Die beiden einander gegenüberstehenden Bemühungen, Lernen und Anpassen auf der einen Seite und Suchen nach und Ausprobieren von Innovationen auf der anderen, konstituieren einander entgegengesetzte Koordinationstendenzen." (Witt, 1992b, S. 43)

Der Innovationsprozeß aus einer wissensbasierten Perspektive beinhaltet dieses Experimentieren und Suchen nach neuen Handlungsmöglichkeiten, wodurch letztlich ungleichgewichtige Situationen zum Regelfall werden. Die Analyse des kollektiven Innovationsprozesses kann sich deshalb nicht auf eine ausschließliche Betrachtung von statischen Gleichgewichten bzw. komparativ-statischen Gleichgewichtspfaden beschränken, sondern muß ihren Untersuchungsgegenstand vielmehr auf dynamische, pfadabhängige und ungleichgewichtige Prozesse ausdehnen.

[19] Vgl. *Witt* (1992b, S. 42).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

III. Zusammenfassung und Ausblick

Die Kritik an der Heranziehung des neoklassischen Paradigmas zur Analyse kollektiver Innovationsprozesse bezieht sich insbesondere auf deren restriktives Annahmengebäude. Mit vollständiger Rationalität und vollkommenen Fähigkeiten ausgestattete Akteure, die alle Konsequenzen ihrer Handlungen, mitunter alle technologischen und/oder ökonomischen Möglichkeiten überblicken und daher in der Lage sind, optimale Entscheidungen zu treffen, entsprechen kaum den Vorstellungen der neuen wissensbasierten Innovationsökonomik. Hier wird der Innovationsprozeß als Lern- und Experimentierprozeß betrachtet, in dem von den wirtschaftlichen Akteuren fehlerbehaftete Entscheidungen in unsicheren Situationen getroffen werden.

Dementsprechend vermißt die ökonomische und technologische Entwicklung aus der wissensbasierten Perspektive auch die von Seiten der Neoklassik postulierte Gleichgewichtsorientierung. Vielmehr handelt es sich hier um pfadabhängige Prozesse, die in historischer Zeit ablaufen und in denen neben den Tendenzen zur Koordinierung auf ein Gleichgewicht auch dekoordinierende ungleichgewichtige Elemente von herausragender Bedeutung sind. Dafür verantwortlich zeichnen sich vor allem individuelle Vorstöße und Abweichungen von einem als *durchschnittlich* zu bezeichnenden Verhalten, welche in traditionellen Modellen durch den Rückgriff auf einen repräsentativen Agenten vollständig vernachlässigt werden. Statt dessen rückt die Rolle heterogener Technologien und Verhaltensweisen in dynamischen Entwicklungsprozessen in den Vordergrund, die eine Heranziehung von Homogenitäts- und Symmetrieannahmen per se ausschließt.

Die Betonung des prozessualen Charakters, der Rolle von echter Unsicherheit und historischer Zeit, sowie die Bedeutung, die der Unterschiedlichkeit in den Merkmalsausprägungen des Analyse-Gegenstands beigemessen werden, legen in der neuen Innovationsökonomik die Ablehnung des mechanistischen neoklassischen Paradigmas zugunsten evolutorischer Vorstellungen nahe. In der evolutorischen Ökonomik finden sich die Konzepte, mit deren Hilfe sich kollektive Innovationsprozesse im Sinne von *trial-and-error* bzw. fehlerbehafteten Lern- und Experimentiertätigkeiten beschreiben lassen: Mit nur unvollständigen technologischen Fähigkeiten und beschränkter Rationalität ausgestattete Akteure versuchen sich im wirtschaftlichen und technologischen Entwicklungsprozeß zu behaupten. Da sie über keine optimalen Problemlösungsalgorithmen verfügen, orientieren sich ihre Verhaltensweisen an Routinen, die sich in der Vergangenheit herausgebildet haben. Die Populationsperspektive der evolutorischen Ökonomik betont dabei zum einen die Vielfalt unterschiedlicher Merkmalsausprägungen und zum anderen die dadurch verursachte gegenseitige Be-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

einflussung und Interaktion. Neben den marktlichen Interdependenzen rücken somit auch technologische Interdependenzen, wie sie im kollektiven Innovationsprozeß durch technologische Spillover-Effekte zum Ausdruck kommen, in den Vordergrund.

Die Heranziehung des Paradigmas der evolutorischen Ökonomik stellt selbstverständlich auch an die formale Modellierung des kollektiven Innovationsprozesses besondere Anforderungen. Von Nelson und Winter (1982, S. 46 ff.) stammt die Unterscheidung zwischen einer erklärenden (*appreciative*) und einer formalen Vorgehensweise in der Analyse ökonomischer Wandlungsprozesse. Während sich die erklärende Vorgehensweise auf die meist verbale und deskriptive Diskussion relevanter Phänomene und Entwicklungen beschränkt, worunter in der neuen Innovationsökonomik insbesondere auch eine Vielzahl von Fallstudien fallen, steht in der formalen Analyse die theoretische Modellbildung im Vordergrund. Eine eindeutige Trennung dieser beiden Vorgehensweisen ist allerdings aufgrund der Komplexität des Untersuchungsgegenstands in der Regel nicht möglich. Statt dessen bietet sich ein integrativer Ansatz an, da zur Begründung theoretischer Zusammenhänge immer wieder auf Plausibilitätsüberlegungen und *stilisierte Fakten* deskriptiver Untersuchungen zurückgegriffen werden muß.

Bereits in dem Modell von Cohen und Levinthal (vgl. Kap. C. II) zeigte sich, daß der analytischen Lösbarkeit formaler Modelle enge Grenzen gesetzt sind. Obwohl die Autoren sich auf ein neoklassisches Gleichgewichtsmodell mit homogenen und symmetrischen Agenten beschränkt haben, führte die Berücksichtigung einer zusätzlichen Handlungsvariable - der Aufbau absorptiver Fähigkeiten - dazu, daß die vom Modell beschriebene Situation nur noch mit Hilfe einer numerischen Simulation untersucht werden kann. Um so mehr wird die analytische Lösbarkeit der Modelle eingeschränkt werden, wenn man im Sinne der neuen Innovationsökonomik dynamische und ungleichgewichtige Modelle mit heterogenen Akteuren formuliert. In diesem Sinne ist die folgende Äußerung Shubiks (1996, S. 60) sogar als äußerst vorsichtig einzuschätzen:

> „Edgeworth, writing in the early 1880's, suggested that although the assumption of symmetry or complete similarity among classes of economic agents simplified economic analysis considerably, he felt that eventually it would be more desirable and realistic to model each agent as, at least slightly different from all others. Unfortunately, if one tries to follow this advice the analytical models become considerably more difficult and in many instances intractable."

Vor allem die Formalisierung ungleichgewichtiger Entwicklungen macht den Rückgriff auf nicht-lineare Funktionsverläufe erforderlich, die nur sehr eingeschränkt analytisch zugänglich sind. Statt der in diesem Zusammenhang sehr restriktiv anmutenden analytischen Vorgehensweise bietet sich der Rückgriff auf numerische Methoden an. Die in den folgenden Abschnitten vorgestellte

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Modellierung des kollektiven Innovationsprozesses greift daher auf Verfahren und Methoden zurück, die sich auch Computersimulationen zur Ableitung von Entwicklungsmustern der technologischen und ökonomischen Evolution bedienen. Die Entstehung kooperativer Umwelten in informellen Netzwerken wird dabei mit Hilfe eines aus der theoretischen Physik entliehenen Verfahrens modelliert, während der Aufbau und die Implikationen absorptiver Fähigkeiten mit Hilfe einer Simulation eines heterogenen Oligopols abgebildet werden.

Vor allem im deutschsprachigen Raum ist die Methode der Beschreibung ökonomischer Wandlungsprozesse mit Hilfe von stochastischen Differentialgleichungen weit verbreitet. Mit Hilfe der sogenannten *Mastergleichung* werden beispielsweise von Weidlich und Haag (1983) Meinungsbildungs- und Migrationsprozesse, von Erdmann (1993) die Herausbildung technologischer Paradigmen, von Weidlich und Braun (1992) evolutorische Marktentwicklungen und von Cantner und Pyka (1998) die Evolution von Technologien beschrieben. Dieses in der theoretischen Physik entwickelte Verfahren (vgl. Haken, 1983) ermöglicht im Sinne der Populationsperspektive die Beschreibung des Verhaltens von Populationsmitgliedern (Unternehmen, Technologien), welches zum einen zufälligen Einflüssen auf der Mikroebene unterliegt und zum anderen von Entwicklungen auf der Makroebene mit beeinflußt wird. Die Rückkopplungen zwischen der Mikro- und der Makroebene können dabei zu unvorhersehbaren Entwicklungen führen, wodurch das gesamte Systemverhalten einem drastischen Wandel unterworfen ist. Solche Phasenübergänge können als formales Pendant zu zukunftsoffenen und unsicheren Entwicklungen evolutorischer Vorstellungen interpretiert werden. Gerade aber die Ermittlung von Verzweigungssituationen in den Entwicklungslinien ist mit analytischen Verfahren nur sehr eingeschränkt möglich, wohingegen mit numerischen Simulationen ein verläßlicheres Bild nachgezeichnet werden kann.

Simulationsstudien oligopolistischen Wettbewerbs sind dagegen, insbesondere seit den bahnbrechenden Arbeiten von Nelson und Winter (1982), in der evolutorischen Ökonomik weit verbreitet. Im Zusammenhang mit der Modellierung von Innovationsprozessen sei auf die Ansätze von Eliasson (1984, 1988), Chiarmonte und Dosi (1993), Kwasnicki (1994, 1996) und Silverberg und Verspagen (1994a, b) hingewiesen. Simulationsmodelle dienen der Beschreibung von ökonomischen Fragestellungen, die aufgrund ihrer Komplexität analytisch nicht mehr durchdringbar sind. In der Abbildung von Innovationsprozessen bieten Simulationsmodelle zusätzlich einen weiteren Vorteil in der Berücksichtigung des Faktors Unsicherheit, da die Möglichkeit einer Trennung zwischen Modellierer und Modellwelt besteht. Der Analytiker muß durch die Modellarchitektur *nur* objektiv unmögliche Entwicklungen ausschließen, wodurch es zumindest eingeschränkt möglich wird, das Ereignis einer echten Innovationen

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

abzubilden.[1] Tatsächlich werden hier keine Aussagen über die eigentliche Innovation getroffen, vielmehr steht die Entfaltung der Prozesse, die hinter den Innovationen stehen, im Vordergrund. Um hierüber trotz der stochastischen Einflußgrößen Aussagen treffen zu können, werden sogenannte Monte-Carlo-Simulationen durchgeführt, worunter man die mehrmahlige Wiederholung der einzelnen Simulationsläufe mit unterschiedlichen *Pseudo*-Zufallszahlen versteht.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß zur Beschreibung kollektiver Innovationsprozesse aufgrund der Komplexität des Untersuchungsgegenstandes und den Anforderungen an die Abbildung von Heterogenität, Unsicherheit und historischer Zeit des Paradigmas der evolutorischen Ökonomik numerische Ansätze große Vorteile besitzen. Dies gilt um so mehr vor dem Hintergrund, daß evolutorische Modelle in der Abbildung von Innovationsprozessen für sich bereits aus epistemologischen Gründen keine Prognoseeignung postulieren. Vielmehr steht die Rolle und das Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren und die daraus entstehenden strukturellen Entwicklungsmuster im Vordergrund der wissenschaftlichen Auseinandersetzung.

[1] Vgl. *Cantner* (1996, S. 140).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

E. Evolutorische Modellierung des kollektiven Innovationsprozesses

Gegenstand des dritten Kapitels stellte die Modellierung des kollektiven Innovationsprozesses aus neoklassischer Perspektive dar, die weitgehend unter Rückgriff auf das Instrumentarium der Spieltheorie erfolgt. In jüngerer Zeit finden sich in der Literatur zahlreiche Erweiterungen des in dieser Tradition stehenden Ansatzes, worunter vor allem in Anlehnung an die theoretische Biologie, die Versuche der Integration von Konzepten der evolutorischen Spieltheorie in ökonomische Modelle fallen. So entspricht beispielsweise dem statischen Konzept des Nash-Gleichgewichts das Konzept des *evolutionär stabilen Zustands* bzw. der dazugehörigen *evolutionär stabilen Strategie* (Smith, 1982). Damit wird ein Gleichgewichtszustand beschrieben, in dem abweichendes (*mutierendes*) Verhalten keine Überlebenswahrscheinlichkeit besitzt und somit selektiert wird.[1]

Neben dem Selektionsmechanismus spielen im kollektiven Innovationsprozeß aus der Perspektive der evolutorischen Ökonomik allerdings noch zwei weitere Einflußgrößen eine maßgebliche Rolle, die von der evolutorischen Spieltheorie nicht berücksichtigt werden: Auf der einen Seite führt die intentionale Suche der Wirtschaftssubjekte nach Neuem, zu Variationen und Erweiterungen der Handlungsmöglichkeiten. Dadurch wird der asymptotische und zwangsläufige Charakter von ökonomischen Gleichgewichten auch wieder von ungleichgewichtigen Prozessen abgelöst. Auf der anderen Seite führt die Komplexität des betrachteten Systems, zusätzlich verstärkt durch obigen Variationsmechanismus, zu unerwarteten *kollektiven Phänomenen* bzw. emergenten Mustern: „... *'emergent properties', i.e. complex but identifiable patterns of behaviour that emerge spontaneously at some point in the history of the system and are not in any obvious way inherent in the constitution of its parts.*" (Silverberg/Verspagen, 1994, S. 202)

Aufgrund der Bedeutung der endogenen Entstehung neuer Handlungsmöglichkeiten sowie kollektiver Phänomene im Innovationsprozeß werden aus der

[1] Gleiches gilt für dynamische Spiele, die mit Hilfe der Replikatordynamik abgebildet werden. Obwohl hier in Abhängigkeit von den Startbedingungen eines, aus einer Vielzahl möglicher Gleichgewichte ausgewählt wird, bleibt dennoch der asymptotische Charakter dieser Gleichgewichtszustände (vgl. *Silverberg/Verspagen*, 1994).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Perspektive der evolutorischen Ökonomik zur Abbildung des kooperativen und des kognitiven Aspekts andere Verfahren herangezogen. Zusammenfassen lassen sich diese Methoden unter dem Oberbegriff *künstliche Welten* (*artifical worlds*), die sich nach Lane (1993) von traditionellen Modellierungstechniken vor allem dadurch unterscheiden, daß in ihnen Veränderung und Wandel mindestens die gleiche Rolle spielen wie Gleichgewichtstendenzen. Außerdem sind in dieser Vorstellung gerade Gleichgewichtszustände dadurch gekennzeichnet, daß Individuen neue Verhaltensweisen ausprobieren, welche wiederum den Kern weiterer Veränderungen beinhalten. Da eine solche Vielfalt der Verhaltensmöglichkeiten nur unter Aufgabe der analytischen Handhabbarkeit der Modelle erzielt werden kann und gleichzeitig in den Methoden und Verfahren der Analyse nicht-linearer komplexer Systeme in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt wurden, folgert Lane (1993), daß „*computational methods will attain a scientific status equal to that reserved until now for analytical ones*". Die in den folgenden Abschnitten vorzustellenden Modellierungsansätze stehen zudem exemplarisch für die große Methodenvielfalt, der sich die evolutorische Ökonomik in ihren Bemühungen zur formalen Abbildung ihres Untersuchungsgegenstandes bedient.

I. Die Evolution informeller Netzwerke als selbstorganisatorischer Prozeß

Für die Abbildung des kooperativen Aspekts kollektiver Innovationsprozesse wird im folgenden auf ein Instrumentarium zur Beschreibung selbstorganisatorischer Prozesse zurückgegriffen. In einem ersten Schritt wird dabei geprüft, inwiefern Selbstorganisationsprozesse den Anforderungen der evolutorischen Ökonomik gerecht werden. Anschließend wird ein Grundmodell zur Evolution informeller Kooperation mit Hilfe des sogenannten Mastergleichungsansatzes aus der Synergetik analysiert. Dieses Grundmodell wird schließlich in den folgenden beiden Abschnitten erweitert, wobei zunächst die Konsequenzen von Markteintritts- und Free-Rider-Strategien untersucht werden. Daran anschließend werden zeitliche Entwicklungsmuster integriert, wie sie der Paradigmen-Trajektorien-Ansatz beinhaltet.

1. Evolutorische Aspekte der Selbstorganisation

Durch den Verzicht auf die Annahme vollständiger Rationalität in der evolutorischen Ökonomik rücken im Verhalten ökonomischer Akteure unmittelbar Lern- und Anpassungsprozesse in den Vordergrund. Neben den strategischen Interaktionen mit anderen Akteuren (*game against competitors*) haben diese

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Lern- und Anpassungsprozesse ihre Ursache auch in Veränderungen der Umwelt der Unternehmen (*game against nature*), über die ebenfalls nur unvollständige Informationen verfügbar sind. Folglich richten sich die unternehmerischen Innovationsanstrengungen auf eine Erweiterung der Wissensbasis, um der unvermeidlichen Unsicherheit zu begegnen. Sie agieren dabei in einem technologischen Umfeld, welches nicht mehr eine *black-box* darstellt, sondern durch eine charakteristische Struktur und Dynamik gekennzeichnet ist. Neben dem individuellen Entscheidungskalkül rücken somit *kollektive Phänomene* in den Vordergrund, die die Beziehungen zwischen Individualverhalten und der sozioökonomischen Umwelt beschreiben.

Betrachtet man die Entstehung informeller Netzwerke zum Know-how-Austausch als kollektives Phänomen, so bieten sich zur formalen Abbildung Ansätze an, die struktur- und musterbildende Entwicklungen - wie die Herausbildung einer kooperativen Umgebung - als vom betrachteten System selbst hervorgebrachtes Phänomen beschreiben. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von selbstorganisatorischen Prozessen, wenn durch das mehr oder weniger ungerichtete Verhalten der Elemente eines Systems und dessen Zusammenwirken Strukturen entstehen, die als solche allein aus den individuellen Verhaltensweisen heraus nicht erklärbar sind.

Mit eben solchen Musterbildungsprozessen setzt sich auch die Synergetik (vgl. Haken, 1990) auseinander, ursprünglich eine Teildisziplin der theoretischen Physik, die sich in jüngerer Zeit (vgl. Weidlich, 1972, Weidlich, Haag, 1983) verstärkt mit Strukturähnlichkeiten (*formalen Isomorphien*) zwischen naturwissenschaftlichen und sozialen Selbstorganisationsprozessen beschäftigt. Dabei ist selbstverständlich eine unmittelbare eins-zu-eins Übertragung physikalischer Prinzipien der Selbstorganisation, wie sie beispielsweise zur Beschreibung der *Brownschen* Bewegung oder der Phasenübergänge von Photonen im Laserlicht herangezogen werden, nicht möglich und auch nicht beabsichtigt.

> „This is not a question of superficial analogy, however, asserting a one-to-one correspondence between biological/physical phenomena and economic ones. Rather it implicates similar causal patterns of, for example, competition, cooperation, and the generation of variety operating in the 'deep structure' of both systems." (Silverberg, 1988, S. 532)

Vielmehr ist der Ausgangspunkt der Anwendung dieser Methoden in sozialwissenschaftlichen Untersuchungen in einer wesentlichen Gemeinsamkeit sowohl natürlicher als auch sozialer Systeme, so wie sie sich aus der Populationsperspektive der evolutorischen Ökonomik ausnehmen, zu sehen: Sowohl natürliche als auch soziale Ganzheiten setzen sich aus einer Vielzahl von Elementen unterschiedlicher Art zusammen, die oft wiederum in Subsystemen organisiert sind und deren Verhalten schlicht aufgrund der Vielfalt, aber auch aufgrund der

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Komplexität in den individuellen Wechselwirkungen, nicht mehr im Sinne deterministischer Gesetzmäßigkeiten beschrieben werden kann. Dennoch lassen sich sowohl auf makroskopischer Ebene der physikalischen Systeme als auch auf makro- bzw. mesoökonomischer Ebene ökonomischer Systeme die Herausbildung bestimmter charakteristischer Muster und Regelmäßigkeiten beobachten. Diese Muster werden mit Bewegungen auf der Mikroebene, die bis zu einem gewissen Grad zufallsabhängig sind, erklärt. Der Rückgriff auf stochastische Übergangsgesetze steht dabei mit der Forderung der evolutorischen Ökonomik nach nur beschränkt rationalem Verhalten in Einklang. Durch die Berücksichtigung von Wahrscheinlichkeit und Zufall wird für individuelle Entscheidungen eine Vielzahl von Freiheitsgraden ermöglicht, wohingegen bei unterstelltem Optimalverhalten nur eine, nämlich die optimale Verhaltensweise an den Tag gelegt worden wäre.

Hinter der Möglichkeit der Formulierung stochastischer Übergangsraten auf der Mikroebene, mit der unvermeidbar eine Komplexitätsreduktion möglicher Beziehungen einhergeht, steht die Beobachtung, daß die Entwicklung des gesamten Systemverhaltens in vielen Fällen von nur wenigen Ordnungsparametern bestimmt wird, von denen aber die anderen Größen des Systems *versklavt* (vgl. Haken, 1990, 211 ff.) werden. Es handelt sich dabei um sogenannte *langsame Variable* bzw. *Ordner* oder *Attraktoren*, die für die charakteristischen Muster in der Entwicklung verantwortlich sind. Die schnellen Variablen befinden sich hingegen immer im Einzugsgebiet dieser Ordner und unterziehen sich nur innerhalb der vorgegeben Grenzen bestimmten Gleichgewichts- oder auch Ungleichgewichtsprozessen. Betrachtet man aus dieser, auf die langsamen Variablen abzielenden Perspektive die Entwicklung sozialer Systeme, dann entstehen solche Ordnungen selbstverständlich weiterhin durch die Aktionen der Individuen auf der Mikroebene. Die individuellen Verhaltensweisen werden sich aber selbst an den vorherrschenden makroskopischen Ordnern orientieren, wodurch diese wiederum, zumindest eingeschränkt beeinflußt werden. Die so entstehenden Rückkopplungen zwischen Mikro- und Makrostruktur des Systems zeichnen sich für den eigentlichen Selbstorganisationsprozeß verantwortlich.

In diesem Prozeß der Herausbildung von Ordnung können sich auch kritische Fluktuationen und Phasenübergänge einstellen. Diese sind auf Nicht-Linearitäten in den Übergangsgesetzen zurückzuführen, wodurch sich mathematisch die Reichhaltigkeit des Lösungsverhaltens der stochastischen Differentialgleichungssysteme synergetischer Modelle drastisch erhöht. In der ökonomischen Forschung handelt es sich hierbei keineswegs um neue Einsichten, konnte doch beispielsweise bereits 1951 Goodwin zeigen, daß erst durch die Einbeziehung von Nicht-Linearitäten in der Konjunkturtheorie sich selbst generierende Zyklen entstehen. Die Möglichkeit von Phasenübergängen bzw. Verzweigungs-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

situationen in der Entwicklung eines synergetischen Systems ist jedoch im Sinne der evolutorischen Ökonomik als formales Pendant für Strukturbrüche mit ungewissem Ausgang interpretierbar: Es kann ex-ante nicht bestimmt werden, welche Richtung das System wirklich einschlagen wird und welche qualitativen Veränderungen sich dadurch einstellen. Die tatsächliche Richtung wird erst durch kritische Fluktuationen zum Zeitpunkt der Verzweigung bestimmt, wodurch die Stochastizität in den individuellen Übergangsraten einen maßgeblichen Einfluß auf das gesamte Systemverhalten gewinnt und eine in der Zukunft offene Entwicklung abgebildet wird (vgl. Erdmann, 1993, S. 27 ff.)

Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, daß sich der Selbstorganisationsprozeß erst durch die im Zeitablauf sequentiellen Aktionen der Individuen konstituiert. Auf diese Weise kommt der Dynamik zwischen den Handlungen und den daraus resultierenden, die Handlungen wiederum selbst beeinflussenden Ordnungszuständen, eine maßgebliche Rolle zu. Heutige Systemzustände werden von vergangenen beeinflußt, wobei Phasen stabiler Entwicklung auch von Umbruchsituationen (*Bifurkationen*) abgelöst werden können, die zu drastischen und irreversiblen Veränderungen im Systemverhalten führen. Der Faktor Zeit wird in seiner historischen Dimension abgebildet.

In diesem Sinne beschäftigt sich die Synergetik mit kollektiven Phänomenen in Vielkomponentensystemen, in denen auch *kooperative* Interaktionen zwischen den Elementen des Systems auftreten können (vgl. Weidlich/Haag, 1983, S. 1). Unter Kooperation ist hier aber keinesfalls nur das intentionale und strategische Verhalten im Sinne spieltheoretischer Ansätze gemeint (vgl. Erdmann, 1993, S. 32), sondern auch unbeabsichtigte und ungerichtete Verhaltensweisen der Akteure eines Systems und deren wechselseitige Beeinflussungen im Sinne kollektiver Phänomene. Dadurch können Strukturen selbstorganisatorisch entstehen, die nicht bereits aus den individuellen Verhaltensregeln ableitbar sind. Gelten beispielsweise kooperative Umgebungen in traditionellen Modellierungen als eher unwahrscheinlich, da sie in einem unüberwindbaren Gegensatz zur eigennutzorientierten Rationalität der Akteure stehen (vgl. Kap. C. 1)[2], scheint der synergetische Ansatz, Erklärungsmuster für die Entstehung informeller Netzwerke als selbstorganisatorischen Prozeß bereitzustellen, die auch den Anforderungen der evolutorischen Ökonomik gerecht werden. Im folgenden soll daher zur Abbildung der Evolution informeller Netzwerke auf die Masterglei-

[2] „Modelling approaches that proceed from the concept of a representative agent and unique self-consistent equilibria completly miss this point and thus are only able to account for institutional patterns of behaviour, implicit forms of cooperation apparently at odds with myopic self-interest .... in highly artificial and ad hoc ways, if they recognise them at all." (*Silverberg*, 1988, S. 533)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

chung, einem aus der Synergetik entliehenem Instrumentarium, zurückgegriffen werden.[3]

2. Informelle Netzwerke im Mastergleichungsansatz

Im Gegensatz zu den traditionellen spieltheoretischen Ansätzen zur Abbildung informeller Netzwerke des Kapitels C. I, verzichtet das hier vorzustellende Modell[4] auf eine Heranziehung des restriktiven Annahmengebäudes der neoklassischen Theorie. Während sich Kooperation in spieltheoretischen Modellen aus der individuellen Nutzen- bzw. Gewinnmaximierung der beteiligten Spieler in nur ganz bestimmten Situationen eingestellt hat, bezieht der synergetische Ansatz auch den umgekehrten Kausalzusammenhang in das Verhalten der Akteure mit ein: Hier ist jetzt die jeweils vorherrschende kooperative oder nichtkooperative Umwelt der Agenten für einen Rückkopplungsmechanismus verantwortlich, von dem eine Beeinflussung auf die Wahrscheinlichkeit einer individuellen Verhaltensänderung ausgeht. Erst auf diese Weise erfährt der kooperative Aspekt des Innovationsprozesses die Bedeutung, die ihm in einer kollektiven evolutionären Entwicklung zukommt. Bevor wir zur eigentlichen Beschreibung des Modells kommen sind allerdings noch einige wenige Vorbemerkungen zu den analytischen Werkzeugen notwendig.

a) Grundlegende Bemerkungen zur Modellstruktur

Das Konzept der Mastergleichung dient der Beschreibung von Systemen, welche sich aus einer Vielzahl von Akteuren zusammensetzen, wobei für die Entwicklungen der Verhaltensweisen der einzelnen Akteure keine deterministischen Gesetzmäßigkeiten, sondern nur stochastische Verteilungen bekannt sind. Dabei werden explizit die Rückkopplungen von der Makro- auf die Mikrostruktur des Systems und *vice versa* berücksichtigt. Da wegen der intrinsischen Unsicherheit des Innovationsprozesses die Unternehmen kein Optimalkalkül bezüglich der Partizipation an einem informellen Netzwerk anstellen können, sind für die Entscheidungen, entweder kooperatives oder nichtkooperatives Verhalten an den Tag zu legen, auch nur probabilistische Verhaltensmuster möglich. Zusätzlich werden die einzelnen Akteure in einem kollekti-

---

[3] Die formalen Ausführungen richten sich weitestgehend nach *Weidlich/Haag* (1983), *Hohnerkamp* (1990) und *Weise* (1990).

[4] Vgl. *Pyka* (1997).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

ven Innovationsprozeß in ihren Handlungen von der vorherrschenden, entweder kooperativen oder nicht-kooperativen Umwelt beeinflußt, von der sie selbst einen Teil darstellen. Vor diesem Hintergrund drängt sich der Mastergleichungsansatz zur Abbildung der Evolution informeller Netzwerke geradezu auf.

Im folgenden betrachten wir eine aus N Unternehmen bestehende Population, die sich alle in irgendeiner Form in F&E engagieren. Diese Unternehmen treffen in jeder Periode neu die Entscheidung, sich entweder entsprechend einer kooperativen Einstellung 'c' zu verhalten und ihr neues technologisches Wissen zumindest eingeschränkt öffentlich zugänglich zu machen, oder aber entsprechend einer nicht-kooperativen Einstellung 'nc', eine Strategie der Geheimhaltung neuen technologischen Know-hows zu fahren. Die Anzahl der Firmen die sich kooperativ verhalten ist N_1, die Anzahl der nicht-kooperativen Spieler wird mit N_2 gezählt, so daß gilt: $N = N_1+N_2$. Schließlich wird noch eine Variable $\tilde{N}$, $\tilde{N} \in$ [-N/2; N/2] eingeführt, welche die absolute Abweichung von einer Gleichverteilung beider Strategien ($N_1 = N_2$) bezeichnet und entsprechend Gleichung (40) normiert:

$$\tilde{N} = N_1 - N/2 = N/2 - N_2;\ \tilde{N} \in \left[-\frac{N}{2}; \frac{N}{2}\right]. \tag{40}$$

Mit Hilfe dieser Variablen $\tilde{N}$, die für unterschiedliche Ausprägungen von N_1 und N_2 in der Abbildung 17 dargestellt ist, läßt sich die ganze Population erfassen.

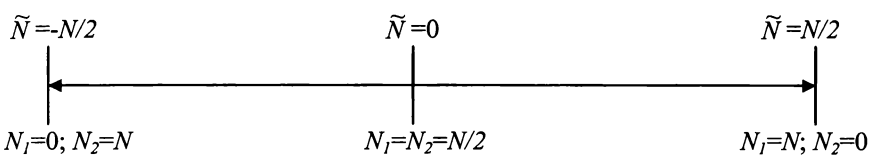


Abb. 17: Darstellung des diskreten Zustandsraums

Der Formalismus einer Mastergleichung beschreibt nun die kontinuierliche Entwicklung eines diskreten Zustandsraums, der in unserem Modell durch den Vektor $\tilde{N}$ - die Verteilung von Akteuren mit kooperativer und nicht-kooperativer Strategie - repräsentiert wird. Mit Hilfe dieses Formalismus kann für jeden Zeitpunkt, in Abhängigkeit von den Veränderungen in den individuellen Verhaltensweisen, die Wahrscheinlichkeit der unterschiedlichen Zustände $P(\tilde{N};t)$ berechnet werden.

Die Entwicklung informeller Netzwerke wird als Abfolge des Zustandsraums $\tilde{N}$ der kooperativen oder nicht-kooperativen Einstellungen der Unternehmen modelliert. Die Firmen reagieren in ihren Entscheidungen auf Veränderungen in

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

ihrer Umwelt, wobei sie unterschiedliche Motive heranziehen und ihre jeweilige technologische Situation mit einbeziehen. In der gegenseitigen Bedingtheit ihrer Entscheidungen findet sich die Grundlage für die Selbstorganisation informeller Netzwerke im Zeitablauf. Wie bestimmen sich nun aber die Einstellungen der Unternehmen? Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir in einem nächsten Schritt die individuellen Übergangsraten einführen, die als das Kernelement des Mastergleichungsansatzes anzusehen sind.

b) Individuelle Übergangsraten

Zur Herleitung der Übergangsraten betrachten wir zunächst, wie sich entlang des Zustandsraums $\tilde{N}$ der Anreiz bzw. der Druck, das individuelle Verhalten zu verändern, für ein auf Geheimhaltung seines Know-hows setzendes Unternehmen entwickelt: Ein nicht-kooperatives Unternehmen hat zu jedem Zeitpunkt t die Möglichkeit, sein Verhalten umzustellen ($nc \rightarrow c$) und dem informellen Netzwerk beizutreten. Diese Entscheidung wird beeinflußt von der, die Firma umgebenden Makrostruktur $P(\tilde{N};t)$ - der entweder kooperativen oder nicht-kooperativen Umwelt. Im letzteren Fall wird auf das betrachtete Unternehmen ein nur vergleichsweise geringer Druck ausgeübt, sein Verhalten zu ändern und sein Know-how in Zukunft zu offenbaren. Die Wahrscheinlichkeit, für ihn nützliches Wissen in der vergleichsweise kleinen kooperativen Umgebung zu finden, d.h. ein Unternehmen mit komplementärem Wissen, um daraus einen Vorteil zu erzielen, ist niedrig. Allerdings wächst die Möglichkeit einer gegenseitigen Befruchtung mit zunehmender Netzwerkgröße an, wofür sich zwei Gründe verantwortlich zeichnen: Zum einen wächst mit einer zunehmenden Anzahl von kooperativen Unternehmen die absolute Größe des potentiellen Spillover-pools. Soweit es sich bei dem Spilloverpool um technologisches Know-how mit öffentlichem-Gut-Charakter handelt, ist es selbstverständlich auch nicht-kooperativen Unternehmen zugänglich. Aufgrund der in Kapitel B. II. 2 beschriebenen Eigenschaften von technologischem Know-how gilt dies allerdings nur eingeschränkt - Spezifitäten und die hohe Komplexität machen zumindest teilweise einen Ausschluß nicht-kooperativer Unternehmen möglich. Zum anderen nimmt die Qualität des Know-hows im Spilloverpool ebenfalls zu, da mit zunehmender Unternehmensanzahl auch die Heterogenität im informellen Netzwerk (zunächst) wächst. Ein größerer Wissenspool und die zugenommene Heterogenität dieses Wissens vergrößern die Wahrscheinlichkeit, daß unverbundenes, aber komplementäres Know-how aufeinander trifft, wodurch neue extensive technologische Opportunitäten erschlossen werden. Durch das spezifische Know-how eines ursprünglich nicht-kooperativen Unternehmens, wel-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

ches sich für einen Beitritt in das informelle Netzwerk entschließt, erhöht sich folglich die Wahrscheinlichkeit technologischer Synergien in der kooperativen Umgebung.

Die Teilnahme an einem informellen Netzwerk veranlaßt die Unternehmen, sich externem Wissen zuzuwenden, wodurch wiederum neue und fruchtbare Verbindungen im informellen Netzwerk entstehen. Um den Anreiz eines nicht kooperativen Unternehmens zur Verhaltensänderung formal abzubilden, unterstellen wir eine einfache mit der Netzwerkgröße zunehmende lineare Funktion $\beta \cdot \tilde{N}$; $\beta > 0$, die den, mit größer werdenden kooperativen Umgebungen wachsenden Anreiz, sich ebenfalls kooperativ zu verhalten, widerspiegelt. Der Parameter β steht dabei für die Technologieintensität bzw. die Komplexität technologischer Beziehungen, wobei eine größere Technologieintensität durch ein größeres β zum Ausdruck gebracht wird. Folgt man der in der Literatur häufig zu findenden Annahme,[5] daß mit zunehmender Technologieintensität auch die Unwägbarkeiten in der technologischen Entwicklung zunehmen, kann man den Parameter β auch als Faktor interpretieren, durch den technologische Unsicherheit zum Ausdruck kommt.

Die Beziehung zwischen dem institutionellen Charakter der Kooperation, d.h. der Größe des informellen Netzwerks und dem Anreiz eines einzelnen Akteurs, seine eigene Einstellung zu ändern, bestimmt das zentrale Element einer Mastergleichung, die individuelle Übergangsrate. Die Übergangsrate $p_{nc \to c}(\tilde{N})$ drückt die Wahrscheinlichkeit eines Wechsels von nicht-kooperativem Verhalten, hin zu einer Strategie der freiwilligen Offenlegung des Know-hows ($nc \to c$) in Abhängigkeit von der vorherrschenden Makrostruktur ($\tilde{N}$) aus. In der Literatur finden sich für Übergangsraten in der Regel Exponentialformulierungen,[6] so daß die Übergangsrate von nicht-kooperativen zu kooperativen Verhaltensweisen folgendermaßen aussieht:

$$p_{nc \to c}(\tilde{N}) = \alpha \cdot \exp(\beta \cdot \tilde{N}), \quad \alpha \in [0;1], \quad \beta > 0; \tag{41}$$

α:= Skalierungsparameter.

Wie bestimmt sich nun die inverse Übergangsrate von kooperativem zu nicht-kooperativem Verhalten ($c \to nc$): Aus der obigen Schilderung der Vorteile einer freiwilligen Offenlegung neuen Know-hows ergeben sich unmittelbar die Nachteile nicht-kooperativen Verhaltens, weshalb die Annahme symmetrischer

[5] Vgl. *Freeman/Soete* (1997).

[6] Vgl. *Weidlich/Haag* (1983), *Erdmann* (1993), *Woeckener* (1992), *Eger/Weise* (1995).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Übergangsraten gerechtfertigt erscheint. In einer weitestgehend nicht-kooperativen Umwelt ist der Anreiz, das eigene kooperative Verhalten aufzugeben und selbst ebenfalls eine Strategie der Geheimhaltung neuen Know-hows zu fahren, denkbar groß. Auf der einen Seite muß die Möglichkeit berücksichtigt werden, durch die Offenlegung des eigenen Wissens und das Trittbrettfahrerverhalten der anderen Unternehmen, technologisch ins Hintertreffen zu gelangen. Auf der anderen Seite ist die Wahrscheinlichkeit, in dem vergleichsweise kleinen technologischen Netzwerk auf komplementäres Know-how zu stoßen, auch nur niedrig anzusetzen. Beide Ursachen führen zu nur schwachen Anreizen, in einer nicht-kooperativen Umgebung sein Know-how zu offenbaren. Allerdings sinkt dieser Anreiz zu nicht-kooperativen Verhaltensweisen mit zunehmender Größe einer kooperativen Umgebung. Für die Übergangsrate $c \rightarrow nc$ ergibt sich somit:

$$p_{c \rightarrow nc}(\tilde{N}) = \alpha \cdot \exp[-(\beta \cdot \tilde{N})]. \tag{42}$$

In Abbildung 18 sind die Übergangsraten (41) und (42) skizziert, wobei für die Graphik ein kontinuierlicher Zustandsraum unterstellt wird.

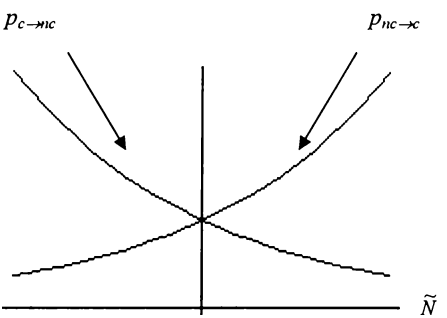


Abb. 18: Individuelle Übergangsraten

Die gewählte Exponentialformulierung geht mit zwei Konsequenzen einher: Erstens werden auf diese Weise die Übergangsraten, die ja Wahrscheinlichkeiten darstellen, in den positiven Bereich transformiert. Zweitens sichert diese Formulierung für bestimmte Technologieintensitäten einen Effekt, der in der Literatur zur Synergetik unter der Bezeichnung der *langreichweitigen Abschwächung der kurzreichweitigen Selbstverstärkung* diskutiert wird.[7] Im Zusammenhang informeller Netzwerke erfährt der Effekt folgende Interpretation: Zunächst werden durch eine zunehmende Netzwerkgröße auch die Vorteile der

[7] Vgl. *Gierer* (1981), *Prigogine/Stengers* (1993), *Weise* (1993) und *Eger/Weise* (1995)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

informellen Kooperation zunehmen. Für den Fall der Etablierung einer größeren kooperativen Umwelt, spielen dieser vorteilhaften Entwicklung allerdings zwei Einflüsse entgegen: Erstens nimmt die Wahrscheinlichkeit zu, daß die extensiven technologischen Möglichkeiten, die durch das Know-how eines neuen Unternehmens erschlossen werden können, bereits von den im Netzwerk organisierten Unternehmen entdeckt worden sind. Zweitens wird die technologische Heterogenität der am Netzwerk beteiligten Unternehmen im Zeitablauf abnehmen, da sie ihr jeweiliges technologisches Wissen untereinander austauschen, wodurch sie sich technologisch näher rücken.

> „If firms in a network share knowledge over a longer period, then they will increasingly come to resemble one another, with detrimental consequences for novelty and innovation." (Dodgson, 1996, S. 67)

Heterogenität zwischen den Akteuren ist aber eine notwendige Voraussetzung dafür, daß aus den technologischen Spillover-Effekten im informellen Netzwerk tatsächlich neue extensive technologische Möglichkeiten entstehen können. Die gewählte Form der Übergangsraten sichert, wie weiter unten zu zeigen sein wird, die Abbildung dieser Entwicklung kurzfristiger starker Effekte aus der Selbstorganisation in einem informellen Netzwerk. Mit zunehmender Größe der informellen Kooperation kann sich diese vorteilhafte Entwicklung allerdings in Abhängigkeit von der Technologieintensität durch die negativen Folgen reduzierter Heterogenität abschwächen. Zur Untersuchung dieser Effekte müssen wir in einem nächsten Schritt die Mastergleichung für unser System der Evolution informeller Netzwerke formulieren.

c) Die Mastergleichung

Da es sich bei den individuellen Übergangsraten um stochastische Größen handelt, kann auch die Beschreibung des Zustandsraums und dessen Entwicklung im Zeitablauf nur mit Hilfe einer Wahrscheinlichkeitsverteilung $P(\tilde{N};t)$ und deren Veränderung $dP(\tilde{N};t)/dt$ beschrieben werden. $P(\tilde{N};t) = P(N_1;N_2;t)$ steht dabei für die Wahrscheinlichkeit, ein informelles Netzwerk der Größe N_1, bzw. N_2 nicht-kooperative Unternehmen zum Zeitpunkt t vorzufinden. Um eine Auflösung des Systems im Zeitablauf zu verhindern, muß für alle Perioden t die sogenannte *Normalisierungsbedingung* (43) erfüllt sein, welche besagt, daß sich die Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Zustände des Zustandsraums $\tilde{N}$ in jedem Zeitpunkt zu eins aufaddieren:

$$\sum_{-N/2}^{N/2} P(\tilde{N};t) = 1; \quad \forall t \,. \tag{43}$$

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Da die Anreize zu einer Verhaltensänderung in Abhängigkeit vom Zustandsraum $\tilde{N}$ für alle Unternehmen gleich sind, ergibt sich für die totalen Übergangsraten $q_{nc\to c}(\tilde{N})$ und $q_{c\to nc}(\tilde{N})$ jeweils das Produkt aus den entsprechenden individuellen Übergangsraten (41) und (42) und der Anzahl der davon betroffenen Unternehmen N_1 und N_2:

(44) $$q_{nc\to c}(\tilde{N}) = N_2 \cdot p_{nc\to c}(\tilde{N}) = (\frac{N}{2} - \tilde{N}) \cdot p_{nc\to c}(\tilde{N})\,;$$

(45) $$q_{c\to nc}(\tilde{N}) = N_1 \cdot p_{c\to nc}(\tilde{N}) = (\tilde{N} + \frac{N}{2}) \cdot p_{c\to nc}(\tilde{N})\,.$$

In der Abbildung 19 sind die totalen Übergangsraten wieder vereinfachend für einen stetigen Zustandsraum wiedergegeben. Es wird deutlich, daß durch den Vektor $\tilde{N}$ auf die Übergangsraten ein Effekt ausgeübt wird, der sich in dem, im Vergleich zu den individuellen Übergangsraten umgekehrten Steigungsverhalten widerspiegelt. Die Makrostruktur des Systems stellt gleichsam an den Rändern, dem destabilisierenden Zuwachs in den individuellen Übergangsraten, einen stabilisierenden Einfluß gegenüber.[8]

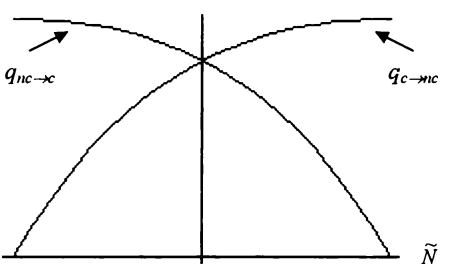


Abb. 19: Totale Übergangsraten

Mit Hilfe der totalen Übergangsraten kann man unmittelbar eine Gleichung zur Beschreibung des makroskopischen Systemverhaltens, die Mastergleichung (46), formulieren:

(46) $$\frac{dP(\tilde{N};t)}{dt} = q_{nc\to c}(\tilde{N}-1) \cdot P(\tilde{N}-1;t) + q_{c\to nc}(\tilde{N}+1) \cdot P(\tilde{N}+1;t)$$
$$- \quad q_{nc\to c}(\tilde{N}) \cdot P(\tilde{N};t) \quad - \quad q_{c\to nc}(\tilde{N}) \cdot P(\tilde{N};t).$$

[8] Vgl. *Woeckener* (1992, S. 12).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Die ersten beiden Terme auf der rechten Seite der Mastergleichung beinhalten die Wahrscheinlichkeitsflüsse von benachbarten Zuständen $(\tilde{N}+1)$ und $(\tilde{N}-1)$ in den Zustand $\tilde{N}$, wodurch die Wahrscheinlichkeit, diesen Zustand anzutreffen, positiv berührt wird. Die letzten beiden Terme beschreiben dagegen die Wahrscheinlichkeitsflüsse aus dem betrachteten Zustand in seine jeweiligen Nachbarzustände, was zu einer Verringerung der betreffenden Wahrscheinlichkeit führt. Die Mastergleichung kann somit auch als eine Art Gewinn-Verlust-Rechnung der Wahrscheinlichkeit der verschiedenen Zustände interpretiert werden.[9] Die geschilderten Abläufe sind noch einmal in der Abbildung 20 verdeutlicht.

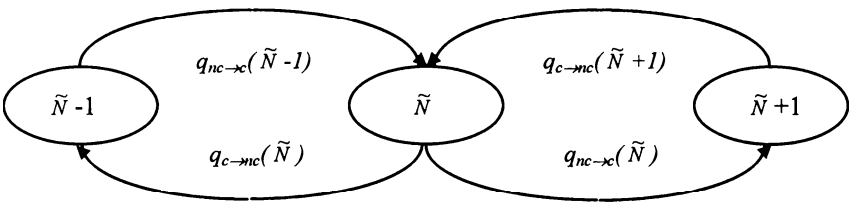


Abb. 20: Funktionsweise einer Mastergleichung

Mit der notwendigen Erfüllung der Normalisierungsbedingung (43) gehen zwei Konsequenzen einher: Auf der einen Seite müssen allen Übergängen aus einem bestimmten Zustand i Übergänge in einen anderen Zustand j entsprechen (sog. *conservation law*), damit die Summe der Wahrscheinlichkeiten über alle Zustände erhalten bleibt:

$$(47)\qquad \frac{d\sum_i P(i;t)}{dt} = \sum_{i,j}[q_{nc\to c}(j)\cdot P(j;t) - q_{c\to nc}(i)\cdot P(i;t)] = 0; \quad \forall i,j \in \{\tilde{N}\}, \quad j = i \pm 1.$$

Zum anderen müssen für die beiden Ränder des Zustandsraums, d.h. bei einem, alle Unternehmen einschließenden informellen Netzwerk $N_1 = N$, bzw. einer vollständig nicht-kooperativen Umwelt $N_2 = N$, die Mastergleichungen gesondert formuliert werden, da die Ränder ja nur aus einer Richtung erreichbar sind, bzw. nur in eine Richtung verlassen werden können. Die Randgleichung unserer Mastergleichung hat für den linken Rand (vollständig nicht-kooperative Umgebung) folgende Gestalt:

$$(48)\qquad \frac{dP(-\frac{N}{2};t)}{dt} = q_{c\to nc}(-\frac{N}{2}+1)\cdot P(-\frac{N}{2}+1;t) - q_{nc\to c}(-\frac{N}{2})\cdot P(-\frac{N}{2};t),$$

[9] Vgl. *Woeckener* (1993, S. 114).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

die Gleichung für den rechten Rand (informelles Netzwerk der Größe N) lautet:

$$\frac{dP(\frac{N}{2};t)}{dt} = -q_{c\to nc}(\frac{N}{2}) \cdot P(\frac{N}{2};t) + q_{nc\to c}(\frac{N}{2}-1) \cdot P(\frac{N}{2}-1;t)\,. \tag{49}$$

Für Mastergleichungen mit zeitunabhängigen Übergangsraten kann gezeigt werden, daß immer zumindest eine stationäre Lösung existiert ($dP/dt = 0$), in der alle Veränderungen in den Wahrscheinlichkeiten verschiedene Zustände eines Systems anzutreffen, zum Erliegen gekommen sind. In der stationären Lösung unseres Modells kristallisiert sich gleichsam heraus, ob und gegebenenfalls wie groß eine stabile kooperative Umwelt bestehen kann. Handelt es sich bei dieser stationären Lösung um eine eindeutige (unimodale) Lösung, so wird diese unabhängig von der Anfangsverteilung immer erreicht (*Ergodizitäts*-Eigenschaft). Erst wenn in der Entwicklung des Systems kritische Fluktuationen und Verzweigungssituationen auftreten, kommt der Startverteilung eine maßgebliche Rolle zu.[10] Bei linearen Zustandsräumen gilt in der stationären Lösung zusätzlich die *Detailed-balance*-Bedingung.[11] Diese Bedingung besagt, daß nicht nur global ein Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Wahrscheinlichkeitsflüssen erreicht wird, sondern daß sich dieses Wahrscheinlichkeitsgleichgewicht auch zwischen allen benachbarten Zuständen einstellt.

d) Stetiger Zustandsraum, Fokker-Planck- und Mittelwert-Gleichung

Für die weitere Analyse des Systems ist die Überführung der Mastergleichung in eine sogenannte *Fokker-Planck-Gleichung* von Vorteil, da mit Hilfe dieser Gleichung bereits erste Aussagen über das Systemverhalten abgeleitet werden können. Während die Mastergleichung die kontinuierliche Entwicklung eines diskreten Zustandsraums beschreibt, gibt die Fokker-Planck-Gleichung diese Entwicklung für einen stetigen Zustandsraum wieder. Insbesondere bei großen Populationen N ist eine solche Überführung angebracht, da die Interpretation der Übergangsraten dann auch vom diskreten auf den stetigen Fall übertragen werden kann.[12]

Um den diskreten Zustandsraum einer Mastergleichung in den stetigen Zustandsraum einer Fokker-Planck-Gleichung umzuwandeln, wird eine stetige Va-

---

[10] Vgl. *Haken* (1990, S. 97-S. 109).

[11] Der Beweis für diese Aussage findet sich im Anhang zu diesem Kapitel.

[12] Die Ableitung der Fokker-Planck-Gleichung aus der Mastergleichung findet sich im Anhang.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

riable x eingeführt: $x = 2\tilde{N} / N$, mit deren Hilfe die gesamte Population als relative Anteile kooperativer $n_1 = N_1/N$ und nicht-kooperativer Unternehmen $n_2 = N_2/N$ dargestellt werden kann. Mit der Größe x, $x \in [-1; 1]$ wird die Abweichung des Systemzustands von der Gleichverteilung beider Strategien $N_1 = N_2 = N/2$ beschrieben, für die beispielsweise gilt: $x = 0$. Verhalten sich alle Unternehmen kooperativ, dann gilt $x = 1$. Im anderen Fall, wenn alle Unternehmen die Strategie der Geheimhaltung fahren, gilt $x = -1$. Für dazwischenliegende Werte bestimmt sich x gemäß:

(50) $$x = 2(n_1 - 0.5) = 2(n_2 - 0.5); \quad x \in [-1;1].$$

In Abbildung 21 ist der stetige Zustandsraum der Fokker-Planck-Gleichung für verschiedene Werte von n_1, n_2 und x graphisch dargestellt:

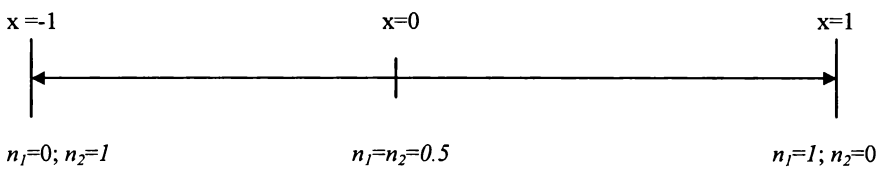


Abb. 21: Darstellung des stetigen Zustandsraums

Mit dieser stetigen Zustandsraumbeschreibung werden die totalen Übergangsraten (44) und (45) zu:

(51) $$\tilde{q}_{nc\to c}(x) = (\frac{1}{2} - \frac{x}{2}) \cdot \alpha \cdot \exp(\tilde{\beta} \cdot x),$$

(52) $$\tilde{q}_{c\to nc}(x) = (\frac{x}{2} + \frac{1}{2}) \cdot \alpha \cdot \exp[-(\tilde{\beta} \cdot x)],$$

wobei gilt: $\tilde{\beta} = \beta \cdot N$.

Führt man zusätzlich einen sogenannten *Drift*-Koeffizienten

(53) $$K(x) = \tilde{q}_{nc\to c}(x) - \tilde{q}_{c\to nc}(x),$$

und einen *Fluktuations*-Koeffizienten

(54) $$Q(x) = \tilde{q}_{nc\to c}(x) + \tilde{q}_{c\to nc}(x)$$

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

ein,[13] ergibt sich (55) als Fokker-Planck-Gleichung zur Beschreibung der Evolution informeller Netzwerke:

$$\frac{\partial P(x;t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}[K(x)\cdot P(x;t)] + \frac{\varepsilon}{2}\frac{\partial^2}{\partial x^2}[Q(x)\cdot P(x;t)], \tag{55}$$

wobei $\varepsilon = \frac{1}{2N}$ den infinitesimalen Abstand zwischen zwei Zuständen beschreibt.

Der Rückgriff auf den stetigen Zustandsraum der Fokker-Planck-Gleichung erlaubt die Herleitung der Mittelwertgleichung, die einen ersten Einblick in das Verhalten des Systems ermöglicht. Bei unimodalen Entwicklungen wird durch sie die stationäre Lösung der Mastergleichung sogar in einer sehr guten Näherung ermittelt. Allerdings kann in anderen Situationen von der Mittelwertgleichung auch der unwahrscheinlichste Systemzustand approximiert werden, weshalb sie im Fall von Verzweigungssituationen einen nur unzuverlässigen Indikator darstellt.[14] Dennoch können auch in diesen Situationen allgemeine Entwicklungstendenzen abgeleitet werden.

Die Mittelwertgleichung des Systems der Entwicklung informeller Netzwerke ergibt sich als:

$$\begin{aligned}
\dot{x} = \frac{\partial x}{\partial t} &= n_2 \cdot \tilde{q}_{nc\to c}(x) - n_1 \cdot \tilde{q}_{c\to nc}(x) \\
&= n_2 \cdot \alpha \cdot \exp(\tilde{\beta}x) - n_1 \cdot a \cdot \exp[-(\tilde{\beta}x)] \\
&\xrightarrow{\textit{unter Heranziehung von (50)}} \\
&= (0.5 - \frac{x}{2}) \cdot \alpha \cdot \exp(\tilde{\beta}x) - (\frac{x}{2} + 0.5) \cdot \alpha \cdot \exp[-(\tilde{\beta}x)] \\
&= \alpha \cdot \sinh(\tilde{\beta}x) - x \cdot \alpha \cdot \cosh[-(\tilde{\beta}x)].
\end{aligned} \tag{56}$$

In einer stationären Lösung verändert sich die Größe eines informellen Netzwerks nicht mehr, so daß auf der Makroebene des Systems die Bewegungen zum Stillstand kommen ($\partial P(x,t)/\partial t = 0$). Ermittelt man für unterschiedliche Werte der Technologieintensität β die Gleichgewichtswerte aus (56), erhält man das in Abbildung 22a dargestellte Bifurkationsdiagramm, bzw. alternativ das Vektorenfeld der Abbildung 22b. Die Länge der Vektoren steht hier für den Betrag der Veränderungsrate $\dot{x}$, während die Richtung der Vektoren den Phasenwinkel wiedergeben. Es zeigt sich, daß für kleinere Technologieintensitäten

[13] Vgl. *Weidlich/Haag* (1983, S. 23).
[14] Vgl. *Erdmann* (1993, S. 150 f.)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

($\beta < 1$) ein eindeutiger Pfad bei $x = 0$ existiert, der erst durch Fluktuationen im Bereich von $\beta = 1$ unscharf wird, und sich schließlich in zwei Pfade aufspaltet. Für die weitere Entwicklung ($\beta > 1$) wird die ursprüngliche Trajektorie instabil, was durch die von ihr wegweisenden Pfeilspitzen ersichtlich wird. Zusätzlich verdeutlicht wird diese Entwicklung bei höheren Technologieintensitäten in dem Bifurkationsdiagramm, indem die zwei Pfade eine Entwicklung andeuten, die in keinster Weise aus dem hervorgeht, was sich bei niedrigeren Technologieintensitäten eingestellt hat. Für die Entwicklung informeller Netzwerke folgt aus diesen Betrachtungen, daß die Technologieintensität β eine kritische Größe darstellt, von deren spezifischen Ausprägung die Entstehung größerer informeller Umwelten abhängt, wobei bei einer Variation der Technologieintensität auch mit Umbrüchen und Verzweigungssituationen zu rechnen ist.

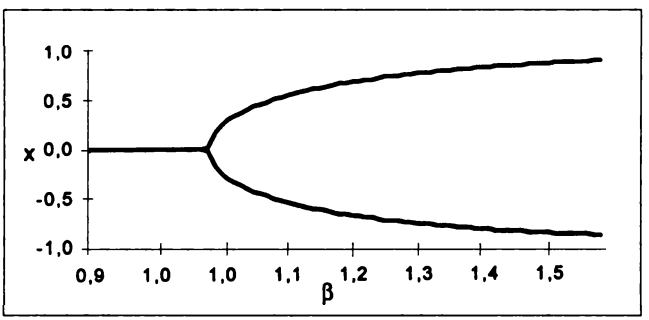


Abb. 22a: Bifurkationsdiagramm

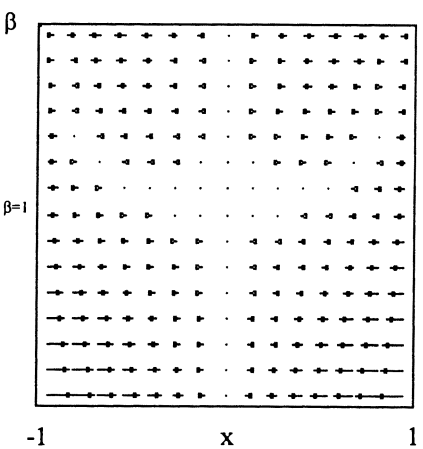


Abb. 22b: Vektorenfeld

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Analytisch ermittelt sich die stationäre Lösung, indem man die Mittelwertgleichung (56) gleich null setzt und die entsprechenden Werte x^* ermittelt, für die gilt $\dot{x} = 0$. In unserem Beispiel erhalten wir:

$$\dot{x} = \alpha \cdot \tanh(\tilde{\beta} x). \tag{57}$$

Die Analyse der Mittelwertgleichung hat allerdings in der Technologieintensität β eine kritische Größe für die Entwicklung informeller Netzwerke identifiziert, so daß nicht alle stationären Lösungen der Mastergleichung auf diesem Weg ermittelt werden können. Aus diesem Grund wird im folgenden das System zur Beschreibung der Evolution informeller Netzwerke mit Hilfe einer numerischen Simulation der Fokker-Planck-Gleichung analysiert. Zunächst wird jedoch noch die Rolle der Technologieintensität β in den Übergangsraten näher untersucht.

e) Die Ergebnisse des Grundmodells

Die Entstehung kooperativer Umwelten hängt zum einen - als kollektives Phänomen - von den vorherrschenden kooperativen und nicht-kooperativen Einstellungen der Unternehmen ab. Zum anderen werden die individuellen Entscheidungen maßgeblich durch die Technologieintensität determiniert, so daß in den Übergangsraten beide Größen $\tilde{N}$ bzw. x und β erscheinen. Die folgende Abbildung 23 zeigt die entsprechenden individuellen Übergangsraten $p_{nc \to c}$ und $p_{c \to nc}$ in Abhängigkeit vom Makrozustand x für unterschiedliche Technologieintensitäten β.

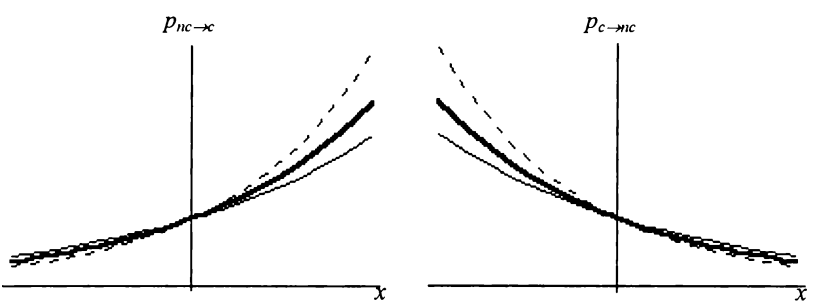


Abb. 23: Variation von β in den individuellen Übergangsraten
$\beta = 0.8$ (durchgezogene Linie); $\beta = 1$ (fette Linie); $\beta = 1.25$ (gestrichelte Linie)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Für Technologieintensitäten $\beta < 1$ nimmt die Übergangsrate bei einem Anwachsen der kooperativen Umgebung nur unterproportional zu. Die Veränderung der Größe des informellen Netzwerks ($\partial x/\partial n_I$) ist betragsmäßig immer größer als die Veränderung der entsprechenden Übergangswahrscheinlichkeit ($\partial p_{nc\to c}(x)/\partial x$), es gilt: $|(1-x)/2| > |\alpha\cdot\beta\cdot exp(\beta x)|$. In diesem Fall kommt der Effekt der langreichweitigen Abschwächung der kurzreichweitigen Selbstverstärkung voll zur Geltung, da der Druck zum kooperativen Verhalten nur langsamer als die Netzwerkgröße zunimmt. Liegen dagegen größere Technologieintensitäten $\beta > 1$ vor, verändern sich die Übergangsraten überproportional im Verhältnis zu Veränderungen in der kooperativen Umwelt, $|(1-x)/2| < |\alpha\cdot\beta\cdot exp(\beta x)|$.

Dieser Zusammenhang erscheint vor dem Hintergrund der Begründung der individuellen Übergangsraten auch durchaus plausibel, weil alle Argumente für die Übergangsraten im Fall eines technologieintensiveren Regimes verstärkt zur Geltung kommen.[15] In Sektoren, in denen dem Faktor Technologie eine große Bedeutung zukommt, ist die Geschwindigkeit des technologischen Fortschritts größer und es werden komplexere technologische Beziehungen mit vielschichtigen Wechselwirkungen vorliegen, so daß der Rückgriff auf externe Wissensquellen auch zunehmend an Bedeutung gewinnt. Der dadurch induzierte Anstieg in den Übergangsraten schwächt in diesen Szenarien den Effekt der langreichweitigen Abschwächung ab, wodurch völlig veränderte Entwicklungsmuster in der Evolution informeller Netzwerke erwartet werden dürfen.

Um dieser Abhängigkeit der Entwicklung von der unterstellten Technologieintensität Rechnung zu tragen, werden in den numerischen Simulationen unterschiedliche Szenarien untersucht. Zunächst aber noch drei kurze Vorbemerkungen zu den Simulationsexperimenten: Alle folgenden Simulationen erstrecken sich über 2.000 Perioden, der Skalierungsparameter α ist 0.25 und die Startverteilung beträgt $P(x = 0;0) = 1$; die Wahrscheinlichkeit auf kooperative oder nicht-kooperative Unternehmen zu stoßen, ist also zunächst gleich groß. Die verwendete Zeitskala stellt eine künstliche Zeitspanne (*artificial-time*-scale) dar, die entsprechend lang gewählt wurde, um die einzelnen Effekte deutlich herauszuarbeiten. Eine Gleichsetzung der Anzahl der Iterationen mit Tagen, Monaten oder einem anderen Periodenmaß ist in keinster Weise beabsichtigt. In Abbildung 24a findet sich zunächst das Szenario 1 mit einer vergleichsweise niedrigen Technologieintensität $\beta = 0.8$.

[15] Vgl. hierzu auch die Sektorenklassifizierung von *Pavitt* (1984).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

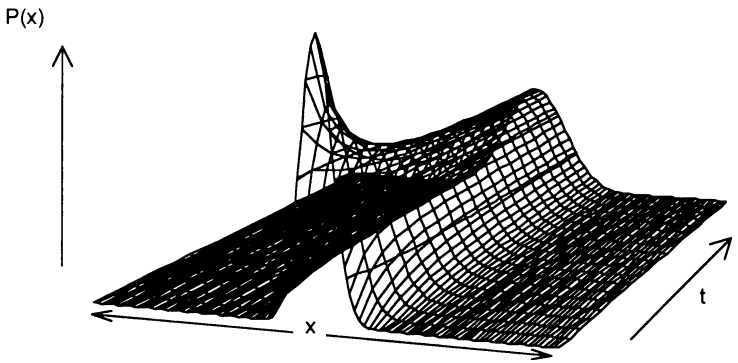


Abb. 24a: Szenario 1 ($\beta = 0.8$)

In diesem Szenario 1 existiert ein eindeutiges und deutlich ausgeprägtes Maximum bei $x = 0$ in der Entwicklung der Wahrscheinlichkeitsverteilung für informelle Netzwerke. Zudem wird aus dem Verlauf sichtbar, daß bereits sehr früh - etwa nach einem Drittel der Simulationszeit - die stationäre Lösung erreicht wird, in der sich die entsprechenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen nicht mehr ändern. Verantwortlich für diesen frühen Ausklang der Dynamik ist der Effekt der langreichweitigen Abschwächung der kurzreichweitigen Selbstverstärkung. Zahlreiche Unternehmen organisieren sich früh in einem informellen Netzwerk und erschließen schnell die vergleichsweise niedrigen extensiven Opportunitäten dieses Szenarios. Folglich sinkt die technologische Heterogenität der Unternehmen, wodurch technologische Spillover-Effekte und eine Orientierung an externen Wissensquellen an Bedeutung verlieren. In diesem Regime entsteht weder eine dominante nicht-kooperative Umgebung, noch ein dominantes informelles Netzwerk. Kennzeichnend für Szenarien mit niedriger Technologieintensität ist eine unimodale Entwicklung, wobei der wahrscheinlichste Zustand $x = 0$ die Population der Unternehmen in zwei gleich große Gruppen unterteilt, wovon die eine kooperative Verhaltensweisen an den Tag legt, während die andere ihr technologisches Know-how geheimhält ($n_1 = n_2 = 0{,}5$). M.a.W. in diesem Szenario ist es genauso wahrscheinlich, auf kooperative wie auf nicht-kooperative Unternehmen zu stoßen.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

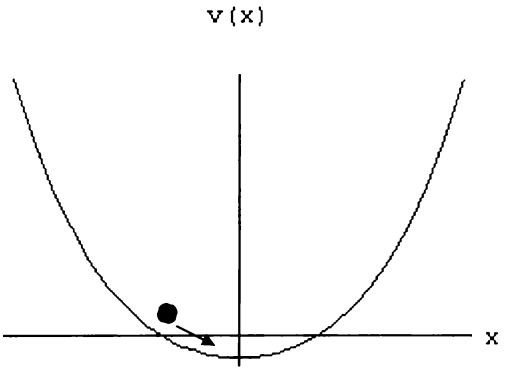


Abb. 24b: Potentialfunktion ($\beta = 0.8$)

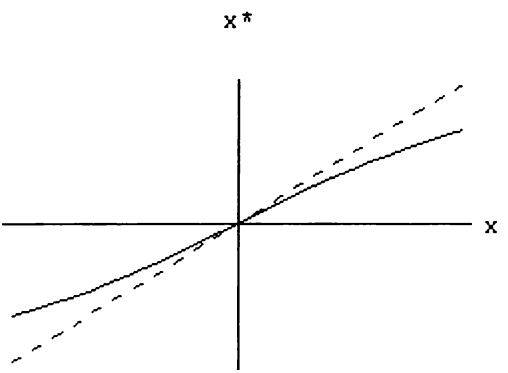


Abb. 24c: Mittelwertfunktion ($\beta = 0.8$)

Dieses Ergebnis zeigt sich auch bei Betrachtung der Potentialfunktion *V(x)* in Abbildung 24b. Die Potentialfunktion gibt ein implizites Bild über die entsprechende Entwicklung im Zeitablauf, ohne explizit den Faktor Zeit zu berücksichtigen.[16] Ruhepunkt einer Potentialfunktion stellt deren Minimum (bzw. Minima) dar, welches ohne exogenen Anstoß nicht mehr verlassen werden kann. Dieser Zusammenhang wird durch die schwarze Murmel verdeutlicht, die gleichsam im Attraktionsgebiet des Gleichgewichts - am Boden des Potentialtopfs - zum Stillstand kommt. Formal ergibt sich die Potentialfunktion als Integral über den *Drift*-Koeffizienten (53):[17]

[16] Vgl. *Erdmann* (1993, S. 27-30).
[17] Vgl. *Weidlich/Haag* (1983, S. 42).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

$$
\begin{aligned}
V(x) &= \int_{-1}^{1} K(x)dx \\
&= \int_{-1}^{1} 2\cdot\alpha\left[\sinh(\tilde{\beta}x) - x\cdot\cosh(\tilde{\beta}x)\right]dx \qquad (58)\\
&= \frac{2\alpha}{\tilde{\beta}^2}\cdot\left[\tilde{\beta}\cdot x\cdot\sinh(\tilde{\beta}x) - (1+\tilde{\beta})\cdot\cosh(\tilde{\beta}x)\right] + const.
\end{aligned}
$$

Wie erwartet ergibt sich in Abb. 24c) auch für die Mittelwertfunktion (56) nur ein Schnittpunkt mit der 45^0-Linie, der die Lösung $\dot{x} = 0$ anzeigt. Diese befindet sich im Punkt der Gleichverteilung ($n_1 = n_2$). Da es sich in diesem Szenario um eine unimodale Entwicklung handelt, gibt auch die Mittelwertfunktion einen verläßlichen Eindruck über die stationäre Verteilung.

In einem zweiten Simulationslauf wird nun eine höhere Technologieintensität β=1 unterstellt. Aus der Analyse im vorhergehenden Abschnitt müssen sich bei dieser Konstellation erste kritische Fluktuationen in der Evolution informeller Netzwerke einstellen. Die Entwicklung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen des Szenarios 2 ist in Abbildung 25a dargestellt.

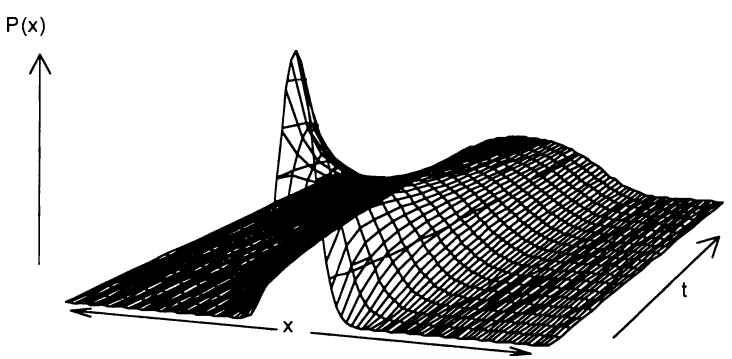


Abb. 25a: Szenario 2 (β = 1.0)

Zunächst ist festzustellen, daß das Erreichen einer stationären Lösung jetzt einen längeren Zeitraum für sich beansprucht. Die Veränderungen in den Wahrscheinlichkeitsverteilungen kommen hier erst nach ca. 2/3 der Simulationszeit zum Stillstand. Dafür verantwortlich zeichnet sich eine deutliche Minderung des Effekts der langreichweitigen Abschwächung. Durch die höhere Technologieintensität erschöpfen sich einerseits die Potentiale aus einer gegenseitigen Befruchtung unterschiedlicher Technologien nicht in dem Ausmaß wie in Szenario 1, andererseits sorgen neue extensive technologische Opportunitäten dafür, daß

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

sich die Unternehmen technologisch nicht zu sehr aneinander annähern. Obwohl die Entwicklung auch hier einen unimodalen Verlauf nimmt, ist das resultierende Maximum der Wahrscheinlichkeitsverteilung der stationären Lösung nicht mehr deutlich ausgeprägt. Vielmehr machen die nun auftretenden Fluktuation einen größeren Korridor um $x = 0$ wahrscheinlich, wie er auch in dem breiten Potentialtopf der Abbildung 25b zum Ausdruck kommt.

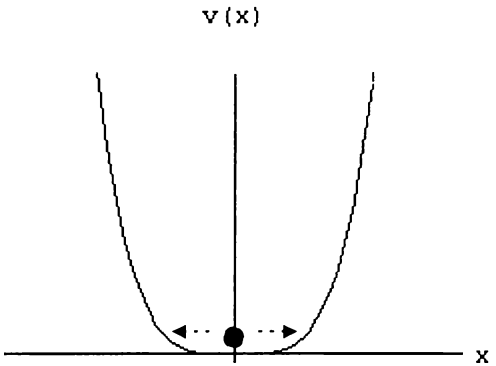


Abb. 25b: Potentialfunktion ($\beta = 1.0$)

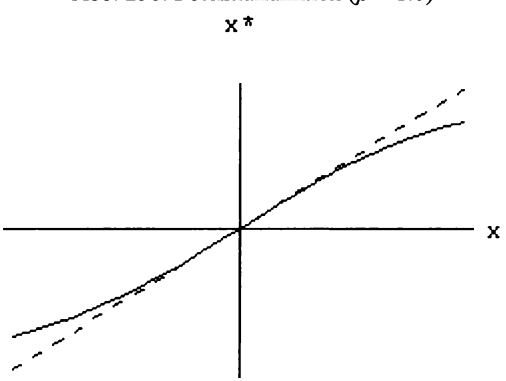


Abb. 25c: Mittelwertfunktion ($\beta = 1.0$)

Die schwarze Murmel kommt hier nicht mehr in einem eindeutigen Minimum zum Stillstand, sondern rollt vielmehr in dem breiten Tal des Potentialgebirges umher. Betrachtet man die Mittelwertfunktion in Abbildung 25c, so zeigt sie über einen längeren Bereich Deckungsgleichheit mit der gestrichelten 45^0-Linie, wodurch sich deren Aussagekraft einschränkt. In diesem Szenario werden durch den Selbstorganisationsprozeß bereits sowohl größere nicht-kooperative Umgebungen als auch informelle Netzwerke von beachtlichem Umfang wahrscheinlich. Aufgrund des probabilistischen Charakters können allerdings keine

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

deterministischen Aussagen über den tatsächlich eintretenden Zustand getroffen werden.

In einem dritten Szenario wird schließlich die Technologieintensität auf einen Wert erhöht, der deutlich über eins liegt. In der Abbildung 26a findet sich die Entwicklung der Wahrscheinlichkeitsverteilung für das Szenario 3 mit einer Technologieintensität $\beta = 1.25$.

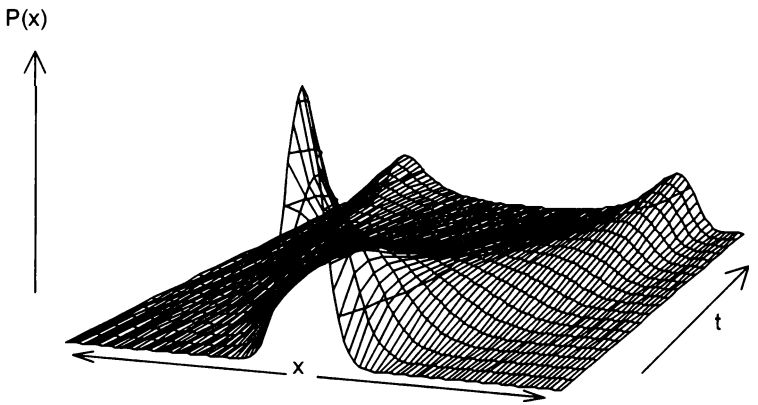


Abb. 26a: Szenario 3 ($\beta = 1.25$)

Im Vergleich zu den vorhergehenden Szenarien findet sich hier eine gänzlich veränderte bimodale Entwicklung. Außerdem ist noch keine stationäre Lösung im betrachteten Zeitraum erreicht, statt dessen führen kritische Fluktuationen bereits nach kurzer Zeit zu einer Bifurkation in der Entwicklung des Systems, wodurch eine neue Dynamik entsteht. Waren vor der Verzweigungssituation sowohl kooperative Verhaltensweisen als auch Strategien der Geheimhaltung gleich wahrscheinlich, findet man im weiteren Verlauf eine vollständig veränderte Situation.

Auf der linken, für nicht-kooperatives Verhalten stehenden Seite, findet sich ein Maximum der Wahrscheinlichkeitsverteilung, welches gegen die Existenz von größeren informellen Netzwerken spricht. Trotz der Anforderungen einer technologieintensiven Entwicklung, scheint hier eine größere kooperative Umgebung nicht möglich. Mit dem spezifischen technologischen Know-how sind in dieser Situation unter Umständen so große ökonomische Vorteile verbunden, daß sich jetzt die Strategie der Geheimhaltung als dominant erweist. Allerdings handelt es sich hierbei nur um ein lokales Maximum.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Auf der rechten Seite entwickelt sich ebenfalls ein Extremwert, der allerdings für ein informelles Netzwerk spricht, in dem nahezu alle Unternehmen der Population ihr neues technologisches Know-how freiwillig offenbaren. Hier hat die technologieintensive Entwicklung zur Entstehung kooperativer Strukturen geführt, in der spezifisches technologisches Know-how untereinander ausgetauscht wird und in der technologische Spillover-Effekte aktiv initiiert werden. Die Möglichkeit gegenseitiger Befruchtung und die Erschließung extensiver technologischer Opportunitäten lassen hier die kooperative Strategie zur dominanten Verhaltensweise werden.

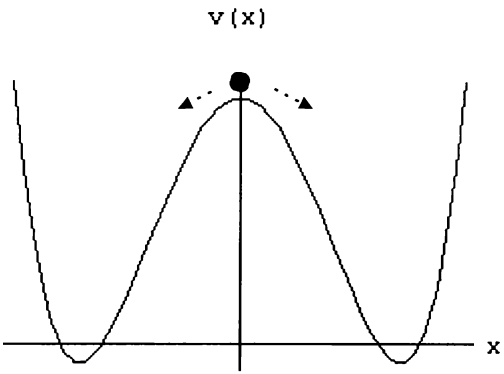


Abb. 26b: Potentialfunktion ($\beta = 1.25$)

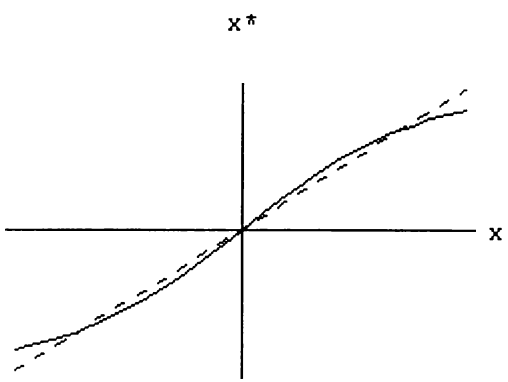


Abb. 26c: Mittelwertfunktion ($\beta = 1.25$)

Welche der beiden Lösungen sich tatsächlich einstellen wird, läßt sich ex-ante nicht prognostizieren. Dies wird besonders deutlich bei Betrachtung der Potentialfunktion in Abbildung 26b. Kritische Fluktuationen zum Zeitpunkt des Phasenübergangs bestimmen, in welches der beiden Täler des Potentialgebirges - die kooperative oder nicht-kooperative Lösung - die schwarze Murmel

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

fallen wird. Auch die Mittelwertgleichung (Abb. 26c) weist hier mit drei Schnittpunkten mit der 45^0-Linie auf ein multiples Gleichgewicht hin. Als numerischen Wert würde man jedoch eine Größe in der nahezu unwahrscheinlichen Region um $x = 0$ berechnen, ohne zu berücksichtigen, daß es sich dabei um eine instabile Lösung handelt.

In diesem Szenario 3 wird der Effekt der kurzreichweitigen Selbstverstärkung zusätzlich durch einen langreichweitigen Effekt unterstützt, der die ursprünglich eingipflige Entwicklung instabil macht und zu einer neuen stationären Lösung mit völlig veränderten Eigenschaften führt. Auf der einen Seite ist die erhöhte Technologieintensität dafür verantwortlich, daß die Heterogenität zwischen den Unternehmen trotz einer Teilnahme an dem informellen Netzwerk erhalten bleibt und durch die großen Potentiale aus gegenseitiger Befruchtung unter Umständen sogar noch verstärkt wird. Durch diese neuen extensiven technologischen Potentiale bleibt eine Teilnahme an dem informellen Netzwerk auch langfristig attraktiv. Auf der anderen Seite ist mit dem neuen Know-how in der technologieintensiven Entwicklung ein technologischer Vorteil verbunden, der einen Anreiz darstellt, andere von diesem Know-how auszuschließen. Ob sich letztendlich ein großes informelles Netzwerk mit aktiv Spillovers initiierenden Unternehmen, oder nur isoliert vorgehende Unternehmen, die sich gemäß der traditionellen Vorstellung von Spillover-Effekten verhalten und ihr technologisches Wissen geheimhalten, durchsetzt, bleibt ungewiß und abhängig von kritischen Fluktuationen während eines Phasenübergangs. Als Ursache hierfür können beispielsweise industriespezifische Eigenschaften der Wissensbildungsprozesse vermutet werden, die jedoch außerhalb des vorgestellten Modellansatzes anzusiedeln sind.

Das Ergebnis entweder großer informeller Netzwerke oder das Vorherrschen nicht-kooperativer Verhaltensweisen in technologieintensiven Branchen wird auch durch Beobachtungen der Empirie gestützt (vgl. Eliasson, 1995). Obwohl technologische Faktoren in einigen Sektoren wie beispielsweise in der Chemie oder in der Pharma-Industrie eine herausragende Rolle spielen, sind in diesen Sektoren die F&E-Anstrengungen stark auf eine innerbetriebliche Organisation konzentriert. Größere informelle Netzwerke spielen in diesen Industrien eine geringere Rolle. In anderen Branchen, wie beispielsweise der Luftfahrt- und der Halbleiterindustrie, die ebenfalls sehr technologieintensiv sind, sind dagegen informelle Austauschbeziehungen und kooperative Umgebungen fester Bestand der unternehmerischen Innovationsstrategien.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

3. Free-Rider- und Markteintritts-Strategien an den Rändern

In dem Grundmodell zur Evolution informeller Netzwerke gehen wir davon aus, daß die Übergangswahrscheinlichkeiten für einen Wechsel von nicht-kooperativem Verhalten zu kooperativem Verhalten ($nc \rightarrow c$) monoton ansteigen, bzw. von kooperativem zu nicht-kooperativem Verhalten ($c \rightarrow nc$) monoton fallen. An den beiden Rändern des Zustandsraums sind allerdings sowohl für Situationen eines nahezu alle Akteure umfassenden informellen Netzwerks, als auch für beinahe vollständig nicht-kooperative Umwelten andere Verhaltensweisen denkbar. Welche Gründe können die Unternehmen nun dazu veranlassen, ihr Verhalten entgegen den makroskopischen Ordnungszuständen zu ändern?

Hat sich bereits ein informelles Netzwerk formiert, in dem sich ein großer Teil der Unternehmen kooperativ am freiwilligen Know-how-Austausch beteiligt, kann für einige Unternehmen wieder ein Anreiz entstehen, aus dieser Kooperation auszuscheren und statt dessen eine *Free-Rider-Position* einzunehmen. In großen Netzwerken ist das Verhalten eines einzelnen Unternehmens für die anderen Netzwerkteilnehmer nicht mehr vollständig beobachtbar, weshalb eine Strategie der Geheimhaltung neuen Know-hows oder auch nur der partiellen Geheimhaltung nicht sofort mit einem Ausschluß vom gemeinsamen Spillover-pool sanktioniert wird. Außerdem darf man davon ausgehen, daß die Orientierung auf die Erschließung extensiver Opportunitäten abnimmt, wenn erst einmal eine größere kooperative Umgebung entstanden ist. Hinter dieser Entwicklung stehen Beschränkungen in den technologischen Möglichkeiten, die bei einem entsprechenden Ausschöpfungsgrad des Entwicklungspotentials auf eine zunehmenden Fokussierung der Forschungsanstrengungen auf Prozeßinnovationen, sowie auf die Erschließung von Skalenvorteilen in der Produktion deuten.[18] Mit dieser Ausrichtung auf Verbesserungen der Prozeßtechnologien rückt die Erschließung von *Cross-fertilization*-Effekten in den Hintergrund.

In seinen empirischen Studien informeller Know-how-Austausch-Beziehungen weist von Hippel (1989) schließlich auch auf Situationen hin, in denen Know-how von Unternehmen trotz einer bereits existierenden kooperativen Umgebung plötzlich geheimgehalten wird.[19] Auslöser für diesen Verhaltens-

---

[18] Vgl. *Klepper* (1997, S. 151), *Utterback* (1987, S. 18-27).

[19] „Aerospace engineer interviewees have informed my students and me that they freely exchange most know-how under 'normal' conditions. But, when a competition for an important government contract is in the offing the situation changes, and trading of information between rivals which might affect who wins the contract stops. Later, after the contract has been awarded, the same know-how which was recently closely guarded will apparently again be traded freely." (*Von Hippel*, 1989, S. 169)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

wechsel ist die Erwartung großer Aufträge, für deren Erhalt auch schon kleinere Wettbewerbsvorsprünge ausschlaggebend sein können, wie sie von dem Know-how, welches Gegenstand der Austauschbeziehung ist, geschaffen werden. Free-Rider-Strategien, Fokussierung auf Prozeßinnovationen und temporär veränderte Rahmenbedingungen sind also dafür verantwortlich, daß in großen kooperativen Umgebungen der Anreiz zu nicht-kooperativem Verhalten wieder zunimmt.

Genauso kann in Situationen, in denen kein großes informelles Netzwerk existiert, von einigen Unternehmen trotzdem verstärkt auf informellen Know-how-Austausch gesetzt werden. In bereits etablierten, technologisch *reiferen* Industrien führt die Eigenschaft der Kumulativität von technologischem Wissen zu Eintrittsbarrieren für Newcomer. Diese Eintrittsbarrieren finden ihren Niederschlag in umfangreichen Forschungsaufwendungen, die notwendig werden, will sich ein neues Unternehmen das entsprechende Know-how erschließen.

> „As the frontiers of the technology expand, research becomes more sophisticated and subdivided into well-defined tasks, yielding scale-economies in R&D through specialization. The know-how of producers also rises over time, increasing the R&D required by entrants to duplicate the knowledge of incumbents. Both factors raise entry-barriers." (Klepper, 1997, S. 149)

Eine Strategie zur Überwindung der Eintrittsbarrieren stellt die Etablierung informeller Netzwerke dar, die den neuen Unternehmen den Zugang in eine Industrie und zu dem bereits akkumulierten Know-how verschaffen. Eine solche Strategie kann unter der Erwartung extensiver technologischer Opportunitäten auch für die etablierten Unternehmen von Vorteil sein. Auf diese Weise erhalten sie Zugang zu dem neuen und spezifischen Know-how der Newcomer.

Um die Möglichkeit einer Verhaltensänderung an den Rändern des Zustandsraums formal abzubilden, müssen die individuellen Übergangsraten des Standardmodells entsprechend modifiziert werden. Im Rahmen eines synergetischen Modells zur Beschreibung der Entwicklung von Normen haben Weise (1990) und Eger und Weise (1991) in die Übergangswahrscheinlichkeiten einer Mastergleichung sogenannte Antikonformitätskräfte mit aufgenommen. Diese Antikonformitätskräfte können in unserem Modell der Entstehung informeller Netzwerke als Ausdruck der oben skizzierten Entwicklungen an den Rändern des Zustandsraums interpretiert werden. Im einzelnen ergeben sich für die Übergangsraten bei Berücksichtigung von Free-Rider- und Markteintritts-Strategien folgende Funktionen, die in Abbildung 27 graphisch dargestellt sind:

(59) $$p_{nc\to c}(\tilde{N}) = \alpha \cdot \exp[\beta \cdot \tilde{N} + \gamma \cdot \tilde{N}^3] \text{ und}$$

(60) $$p_{c\to nc}(\tilde{N}) = \alpha \cdot \exp\{-[\beta \cdot \tilde{N} + \gamma \cdot \tilde{N}^3]\}, \quad \gamma \leq 0.$$

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

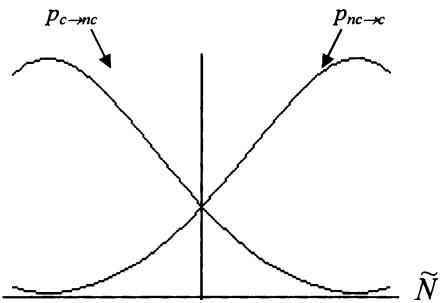


Abb. 27: Individuelle Übergangsraten bei abweichendem Verhalten an den Rändern

Die Funktionsverläufe der Übergangsraten zeigen deutlich, wie sich an den jeweiligen Rändern die Wahrscheinlichkeiten, das eigene Verhalten umzustellen, trotz makroskopisch vermeintlich vorherrschender Zustände ändern: Zunächst nehmen nur die Wahrscheinlichkeitszuwächse ab, schließlich stellt sich sogar insgesamt eine Verringerung in den Übergangsraten ein. Der Effekt der langreichweitigen Abschwächung wird dadurch verstärkt. Die Ursache hierfür ist allerdings nicht in einer technologischen Annäherung der Unternehmen und einer dadurch bedingten Abnahme der technologischen Heterogenität zu suchen, sondern in einer Änderung individueller Verhaltensweisen in Situationen, in denen jeweils eine Strategie eine starke Dominanz einnimmt.

Für niedrige Technologieintensitäten stellt sich auch bei Berücksichtigung der Randstrategien eine Situation ein, die sich nur unwesentlich vom Referenzszenario ohne diese Strategien unterscheidet. Die Abbildung 28 zeigt die Phasenportraits der stationären Verteilung für eine Technologieintensität β = 0.8 für den Fall, daß mit γ = -0.001 mit abweichendem Verhalten an den Rändern gerechnet werden muß und für γ = 0, dem Referenzfall des vorigen Abschnitts.[20]

[20] Ein Phasenportrait gibt die Wahrscheinlichkeitsverteilung zu einem bestimmten Zeitpunkt wieder und kann als Momentaufnahme der Wahrscheinlichkeitsentwicklung interpretiert werden.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

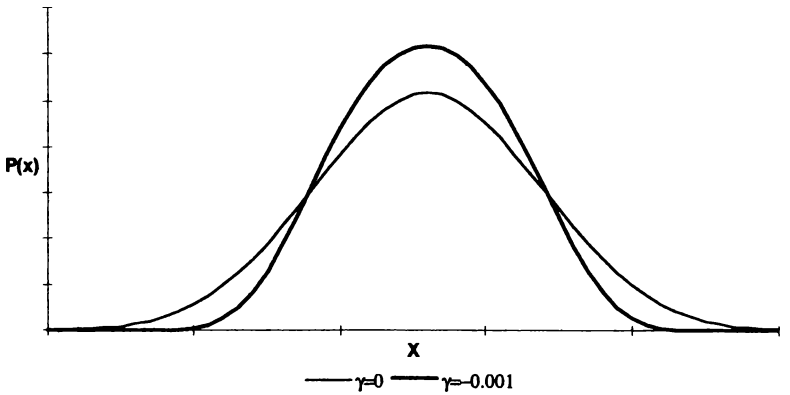


Abb. 28: Phasenportraits mit (γ = -0.001) und ohne (γ = 0) Randstrategien (β = 0.8)

Markteintritts- und Free-Rider-Strategien an den Rändern des Zustandsraums haben hier nahezu keine Auswirkungen, da aufgrund der niedrigen Technologieintensität weder dominante Netzwerke noch große, nicht-kooperative Umwelten von den Unternehmen realisiert werden. Dennoch zeigt sich bereits eine Tendenz zur Verringerung der Varianz in der Verteilung über die Zustände. Das sich hier herausbildende Maximum ist schärfer, so daß auch nur leicht von der Gleichverteilung beider Strategien abweichende Verhaltensweisen unwahrscheinlicher werden.

Noch deutlicher wird diese *Verengung* des Korridors bei einer erhöhten Technologieintensität β = 1, dargestellt in der Abbildung 29. Nicht betroffen von den Randstrategien sind dagegen die kritischen Fluktuationen, die sich auch hier wieder bei den höheren Technologieintensitäten einstellen.

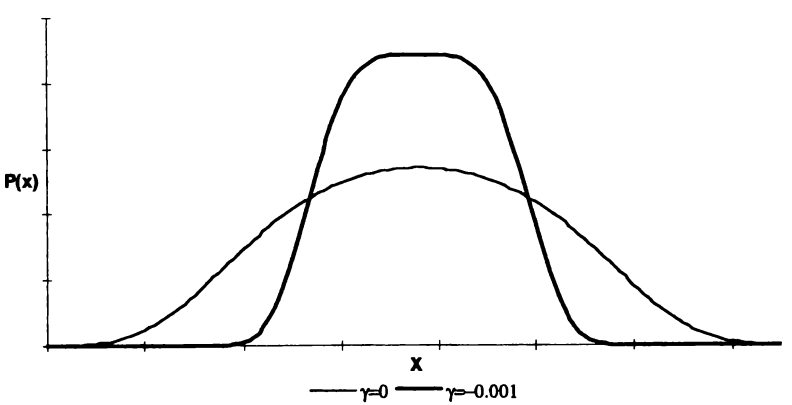


Abb. 29: Phasenportraits mit (γ = -0.001) und ohne (γ = 0) Randstrategien (β = 1.0)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Diese Fluktuationen sind im Gegenteil sogar ausgeprägter, wenn man abweichendes Verhalten an den Rändern zuläßt. Um die Gleichverteilung kooperativer und nicht-kooperativer Verhaltensweisen ($x = 0$) entsteht ein breiter Bereich, in dem größere informelle Netzwerke ebenso wie größere nicht-kooperative Umgebungen gleich wahrscheinlich werden. Für noch weiter hinausgehende bzw. unterschreitende Netzwerkgrößen fällt dagegen die Wahrscheinlichkeit plötzlich auf Werte nahe Null ab.

Das Einstellen kritischer Fluktuationen läßt für noch größere Technologieintensitäten wieder eine Verzweigungssituation erwarten. Abbildung 30 vergleicht die Phasenportraits einer Situation, in der die Technologieintensität einen Wert größer als eins ($\beta = 1.25$) annimmt.

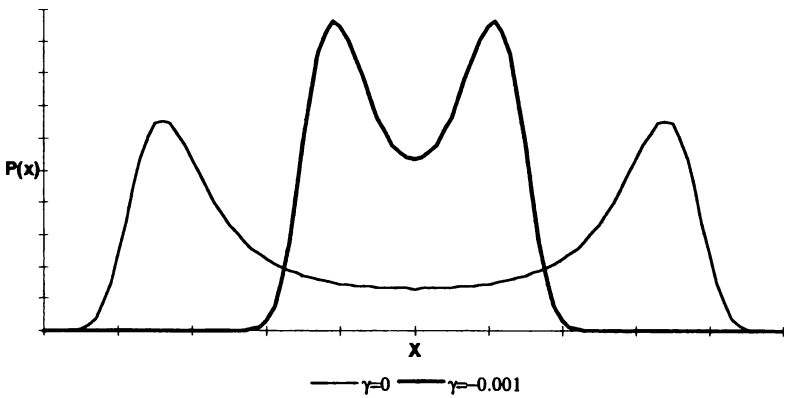


Abb. 30: Phasenportraits mit ($\gamma = -0.001$) und ohne ($\gamma = 0$) Randstrategien ($\beta = 1.25$)

Obwohl auf der Ebene der individuellen Verhaltensänderungen durch die Berücksichtigung von Markteintritts- und Free-Rider-Strategien der Effekt der langreichweitigen Abschwächung unterstützt wird, kommt es wieder zu einer Verzweigungssituation, zwei neue *Ordner* bilden sich heraus. Nichtsdestotrotz führen in diesem Szenario die Veränderungen in den Übergangsraten zu deutlichen Veränderungen in der Systementwicklung. Galt bisher, daß bei großen Technologieintensitäten sowohl eine nahezu vollständig kooperative Umwelt, als auch eine nahezu vollständig nicht-kooperative Umwelt zu den wahrscheinlichsten Zuständen gehören, bilden sich jetzt die großen Wahrscheinlichkeiten für dazwischenliegende Bereiche aus. Es gilt allerdings immer noch, daß Situationen mit einem deutlichen *Bias* in der einen oder der anderen Richtung mit großer Wahrscheinlichkeit eintreten. Nur handelt es sich dabei um Lösungen, welche eine deutliche Koexistenz zwischen vergleichsweise großen informellen Netzwerken und einem kleineren Anteil nicht-kooperativer Unternehmen bzw. *vice versa* vorsehen.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Dieses Resultat wird auch von Ergebnissen empirischer Studien unterstützt, die Koexistenz von informellen Netzwerken und nicht-kooperativen Umwelten in verschiedenen Branchen vorfinden (vgl. von Hippel, 1990 und Kap. B. II. 6). In diesem, die absolute Dominanz kooperativer bzw. nicht-kooperativer Lösungen einschränkendem Sinne ist auch die Verstärkung der langreichweitigen Abschwächung zu verstehen. Die durch die Möglichkeit von gegenseitigen Befruchtungen bedingte Vorteilhaftigkeit informeller Netzwerke bzw. die Vorteilhaftigkeit der Strategie der Geheimhaltung aufgrund der großen ökonomischen Bedeutung von spezifischem Know-how, wie sie durch die Bifurkation zum Ausdruck kommt, bleibt erhalten.

4. Informelle Netzwerke im Industrielebenszyklus

In der Literatur wird die Herausbildung von Netzwerken zwischen Unternehmen im Innovationskontext immer wieder mit dem Faktor Unsicherheit verknüpft.[21] In einem Überblick über die Ursachen für Innovationsnetzwerke schreibt Dodgson (1993, S. 44):

> „... within this technological perspective, a key feature stimulating collaboration is uncertainty about technological development and diffusion. Since Schumpeter, many analyses of technical change have emphasized the discontinuous nature of innovation, and the problem this poses for firms."

Im Rahmen des Paradigmen-Trajektorien-Ansatzes (vgl. Kap. B. II. 4) wird der diskontinuierliche Charakter des Innovationsprozesses unmittelbar mit der Rolle von Unsicherheit in der technologischen Entwicklung in Verbindung gebracht. Während in Phasen der Entstehung eines neuen technologischen Paradigmas, mit ausgeprägter technologischer Unsicherheit zu rechnen ist, nimmt diese Unsicherheit mit der Etablierung des Paradigmas und dem Ausschöpfen der entsprechenden technologischen Möglichkeiten ab.

> „I suggest that, in general, innovative search is characterized with strong uncertainty. This applies, in primis to those phases of technical change that could be called preparadigmatic: During these highly exploratory periods one faces a double uncertainty regarding both the practical outcomes of the innovative search and also the scientific and technological principles and the problem solving procedures on which technologicl advance could be based. When a technological paradigm is established, it brings with it a reduction of uncertainty, in the sense, that it focuses the directions of search and forms the grounds of formating technological and market expectations more surely." (Dosi, 1988b, S. 1134)

[21] Vgl. *Granstrand/Sjolander* (1990), *Freeman* (1991).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

a) Im Zeitablauf abnehmende Technologieintensität

Oben wurde bereits angeführt, daß der kritische Parameter β in den Übergangsraten auch als eine Größe interpretiert werden kann, durch welche die technologische Unsicherheit zum Ausdruck kommt. Zu Beginn eines neuen technologischen Paradigmas kommt den Innovationsanstrengungen der Unternehmen eine große Bedeutung zu. Die Entwicklung neuer Produkte und die Beherrschung neuer Verfahren - gekennzeichnet durch hohe Unsicherheit - stehen im Mittelpunkt dieser technologieintensiven Phase. Haben sich schließlich die neuen Produkte und Verfahren etabliert, richten sich die Forschungsaktivitäten mehr und mehr auf inkrementelle Verbesserungen der Produktionstechnologie, wie der Ausschöpfung von Skalenvorteilen. Die Fokussierung der Forschungsbemühungen entlang einer technologischen Trajektorie geht mit einer Verringerung der Unsicherheit einher. In dieser *Phase normalen technischen Fortschritts* rückt die Erschließung neuer extensiver Opportunitäten aus der gegenseitigen Befruchtung unterschiedlicher Technologien mehr und mehr in den Hintergrund. Es kommt insgesamt zu einer Verringerung der Technologieintensität.

Möchte man die im Zeitablauf veränderte Rolle der Technologieintensität formal abbilden, dürfen die individuellen Übergangsraten nicht länger zeitunabhängig sein. Im einfachsten Fall ergibt sich für den Zusammenhang zwischen Entwicklungsstand eines Paradigmas und der Technologieintensität folgender in der Zeit linear abnehmender Verlauf (61):

$$\beta(t) = \beta_0(1 - r \cdot t), \quad r, \beta_0 > 0. \tag{61}$$

Die Technologieintensität β sinkt im Zeitablauf von der Anfangsintensität β_0 um den konstanten Faktor r pro Periode t. Wir erhalten hier gleichsam ein Entwicklungsszenario in dem die drei Fälle des Grundmodells miteinander verknüpft werden; ausgehend von einer anfänglichen hohen Technologieintensität erschöpfen sich die technologischen Potentiale mit dem Voranschreiten der technologischen Entwicklung, wovon selbstverständlich auch die Herausbildung informeller Kooperationen betroffen ist.

Im Fall zeitabhängiger Übergangsraten können mit Hilfe von Potential- und Mittelwertfunktionen keine Aussagen mehr getroffen werden; die Analyse der Entwicklung informeller Netzwerke kann nur noch auf numerischem Wege erfolgen. In einem solchen Szenario existieren keine stationären Lösungen mehr, einmal eingetretene Entwicklungen werden vielmehr erneut durch eine Veränderung in den Rahmenbedingungen in Frage gestellt, wodurch sich die Dynamik aufrechterhält. In der Abbildung 31 ist das entsprechende Simulationsergebnis für den maßgeblichen Fall eines ursprünglich technologieintensiven Regimes ($\beta_0 = 2$) und einer Reduktionsrate $r = 0.002$ wiedergegeben.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

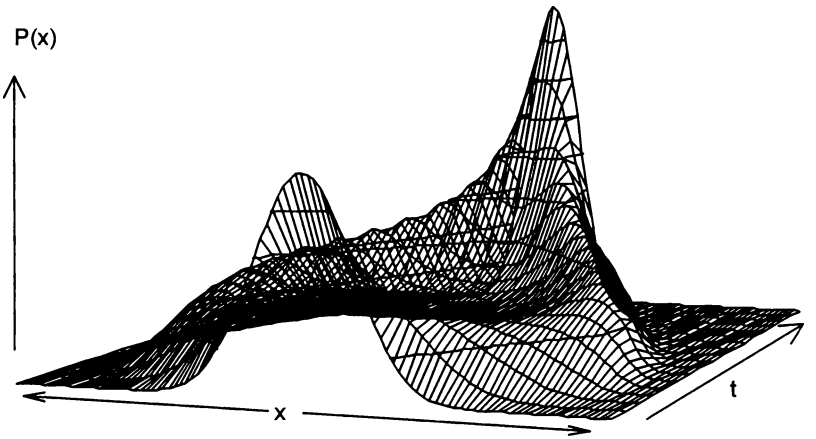


Abb. 31: Im Zeitablauf sinkende Technologieintensität ($\beta_0 = 2$; $r = 0.002$)

Zu Beginn der Entwicklung des technologischen Paradigmas finden wir wieder eine Bifurkation in der Evolution informeller Netzwerke. Die ursprünglich sehr hohe Technologieintensität führt erwartungsgemäß zur Dominanz entweder der kooperativen oder der nicht-kooperativen Strategie. Aufgrund der zeitabhängigen Übergangsraten kommt es in diesem Szenario allerdings nicht zu einer stationären Lösung. Sowohl die nicht-kooperative Umwelt am linken Rand der Skala, als auch das informelle Netzwerk am rechten Rand werden wieder instabil.

Welche Ursachen dürfen hinter dieser Entwicklung vermutet werden? Die im Zeitablauf abnehmende Bedeutung technologischer Faktoren führt in der Reifephase des Paradigmas dazu, daß Geheimhaltung neuen Know-hows im Fall der Dominanz nicht-kooperativer Verhaltensweisen weniger wichtig wird. Die Vorteile durch den exklusiven Besitz des entsprechenden Wissens werden immer geringer. Hat sich statt dessen ein großes informelles Netzwerk etabliert, treten bei abnehmender Technologieintensität wieder zunehmend nicht-kooperative Verhaltensweisen auf. Die extensiven Opportunitäten sind erschöpft, die F&E-Anstrengungen konzentrieren sich mehr und mehr auf die Realisierung von Skalenvorteilen, weshalb ein Durchsickern des entsprechenden Wissens zu den Wettbewerbern vermieden werden soll.

Langfristig sind beide Entwicklungen dafür verantwortlich, daß wir wieder eine Normalverteilung kooperativer und nicht-kooperativer Unternehmen vorfinden. Erneut wird es zur Entwicklung größerer informeller Netzwerke erst dann wieder kommen, wenn sich ein neues technologisches Paradigma und die damit verbundene höhere Technologieintensität und technologische Unsicherheit einstellen wird.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

b) Im Zeitablauf abnehmende Kooperationsbereitschaft[22]

Untersuchungen zu Industrielebenszyklen (vgl. beispielsweise Klepper und Graddy, 1990, Klepper, 1997, Klepper und Simons, 1997 und Utterback 1987) haben ergeben, daß sich in den Phasen der Entstehung neuer Industrien, was oft gleichzusetzen ist mit der Herausbildung eines neuen technologischen Paradigmas, tendenziell kleinere Unternehmen den Markt aufteilen. Diese im Schumpeterschen Sinne (Schumpeter, 1912) kreativen Entrepreneure sind allerdings in den Möglichkeiten der Finanzierung kostspieliger F&E-Aktivitäten stark beschränkt. Ein möglicher Ausweg aus diesen Finanzierungsengpässen ist das gemeinsame Vorantreiben des technischen Fortschritts und das Erschließen extensiver Opportunitäten aus Spillover-Effekten durch den Know-how-Austausch in informellen Netzwerken.

Im Industrielebenszyklus werden die erfolgreichen Unternehmen zunehmend wachsen, während weniger erfolgreiche Unternehmen aus dem Markt ausscheiden. Dieser Prozeß führt zu einer Konzentrationszunahme - wenige, aber große Unternehmen teilen sich in dieser Phase den Markt.

> „Implicitly, this involves a process whereby success breeds success, so that successful firms take over greater share of the market over time, leading to greater concentration." (Klepper, 1997, S. 151)

Diese großen Unternehmen werden nun, im Sinne Schumpeters (1942), weniger mit Finanzierungsengpässen in der Durchführung eigener Forschungsprojekte beschränkt sein, wodurch ihre Bereitschaft sinkt, an einem informellen Netzwerk teilzunehmen und ihr neu entwickeltes Know-how öffentlich zu machen.

Formal läßt sich diese Zeitabhängigkeit der Kooperationsbereitschaft mit Hilfe einer *Präferenzfunktion* δ(t) abbilden, die mit in die Übergangsraten der Mastergleichung aufgenommen wird. Im einfachsten Fall unterstellt man eine lineare Abhängigkeit der Präferenzfunktion vom Industrielebenszyklus:

$$\delta(t) = \delta_0 - r \cdot t, \quad \delta_0, r > 0, \tag{62}$$

wobei δ_0 die Kooperationspräferenz zu Beginn der technologischen Entwicklung ausdrückt und r die Abnahme der Kooperationsbereitschaft im Zeitablauf beschreibt.

Die Übergangsraten haben jetzt folgendes Aussehen:

---

[22] Vgl. *Pyka* (1998).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

(63) $$p_{nc \to c}(\widetilde{N}) = \alpha \cdot \exp[\beta \cdot \widetilde{N} + \delta(t)],$$

(64) $$p_{c \to nc}(\widetilde{N}) = \alpha \cdot \exp\{-[\beta \cdot \widetilde{N} + \delta(t)]\}.$$

In einer ersten Simulation beträgt die Technologieintensität $\beta = 0.8$. Wieder ausgehend von einer egalitären Verteilung beider Strategien $P(N_1 = N_2; 0)$ finden wir in diesem Szenario (Abb. 32), obwohl die Technologieintensität sehr niedrig ist, zunächst einen Bias in Richtung Kooperation und damit zu der Entstehung von informellen Netzwerken von vergleichsweise größerer Bedeutung.

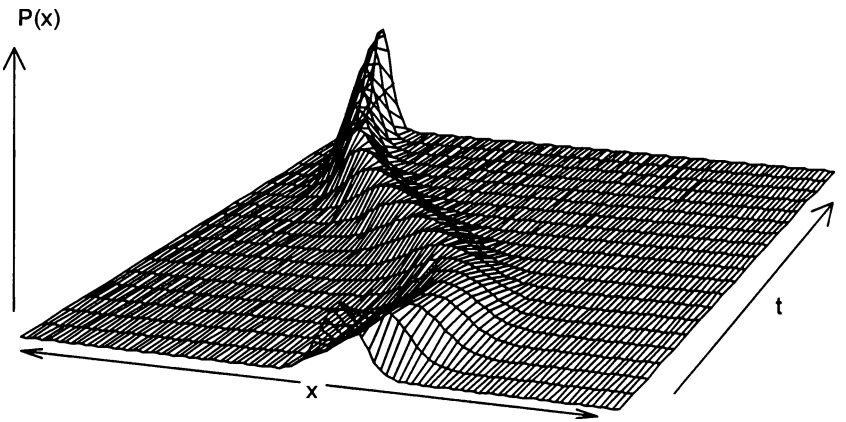


Abb. 32: Abnehmende Präferenz bei niedriger Technologieintensität
($\beta = 0.8$, $\delta_0 = 0.25$, $r = -0.0005$)

Im weiteren Zeitablauf verringert sich allerdings die Kooperationsbereitschaft, da sich die Präferenzfunktion kontinuierlich in Richtung unkooperativen Verhaltens verändert. Dies bringt eine, der Präferenzfunktion folgende, zunehmend geringere Wahrscheinlichkeit für das Vorfinden einer informellen Kooperation mit sich, die Unternehmen halten ihr Wissen geheim, wodurch die Entstehung von Spillover-Effekten mehr und mehr eingeschränkt wird. In diesem Szenario entwickeln sich aus der anfänglichen Grundbereitschaft zur Kooperation keine unerwarteten Konsequenzen für informelle Netzwerke. Am Ende der dargestellten Entwicklung ist die Präferenz für Kooperation in den individuellen Übergangsraten soweit abgesunken, daß sich die Wahrscheinlichkeit für informelle Netzwerke Null annähert.

Wie verändert sich die Entwicklung informeller Netzwerke, wenn wir zu einem Szenario mit höherer Technologieintensität überwechseln? In der zweiten Simulation, dargestellt in Abbildung 33, gilt $\beta = 1.5$. Der bereits in den ersten Perioden durch die Präferenzfunktion verursachte *Bias* in Richtung Kooperation

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

fällt jetzt deutlich ausgeprägter aus als im ersten Szenario. Die Entwicklung ausgesprochen kooperativer Umwelten geht in diesem Szenario aufgrund der höheren Technologieintensität weitaus schneller und ausgeprägter voran.

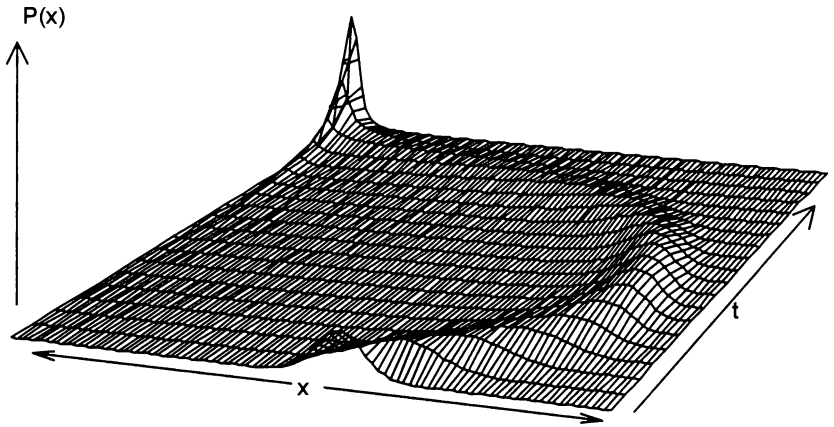


Abb. 33: Abnehmende Präferenz bei hoher Technologieintensität
($\beta = 1.5$, $\delta_0 = 0.25$, $r = -0.0005$)

Eine hohe Technologieintensität, einhergehend mit schnell voranschreitendem technischen Fortschritt und den Rückkopplungen auf die technologische Entwicklung, die von den Spillover-Effekten ausgehen, sorgt jetzt dafür, daß das informelle Netzwerk selbstorganisatorisch über längere Zeit zu einem ausgeprägtem *Attraktor* (bzw. *Ordner*) wird. Die Erschließung extensiver technologischer Möglichkeiten aus gegenseitiger Befruchtung unterschiedlicher Technologien machen eine Spillover-orientierte kooperative F&E-Strategie über einen längeren Zeitraum attraktiv. In diesem Szenario bleibt das informelle Netzwerk sogar dann noch dominant, wenn die Präferenz für Kooperation in den individuellen Übergangsraten bereits aus unternehmerischer Sicht nichtkooperatives Verhalten erwarten lassen würde. Das informelle Netzwerk stellt auf der Makroebene gleichsam ein *Attraktionsgebiet* dar, das nicht ohne weiteres verlassen werden kann. Erst wenn die Präferenzfunktion in den individuellen Übergangsraten noch weiter abgesunken ist, wird ein plötzliches und abruptes Umschwenken zu einer Strategie der Geheimhaltung zunehmend wahrscheinlich. Dieses plötzliche Umschwenken wird besonders deutlich durch die Phasenportraits ausgewählter Perioden in Abbildung 34 illustriert.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

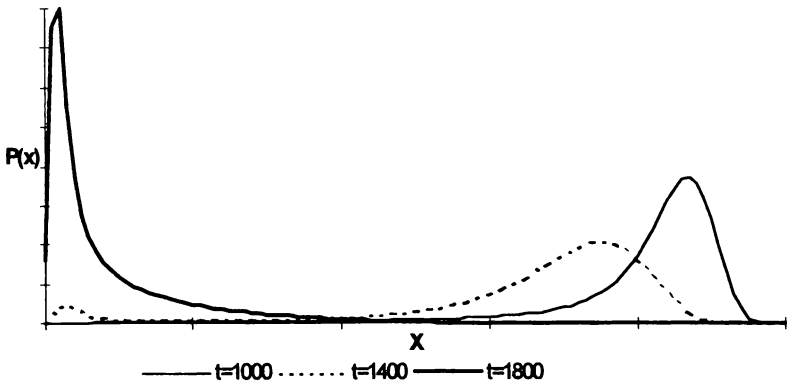


Abb. 34: Phasenportraits mit zeitabhängiger Kooperationsbereitschaft

Unabhängig von der anfänglichen Präferenz für Kooperation stellt sich in diesem Szenario wieder die Bifurkation in der Entwicklung informeller Netzwerke ein. Aber erst ab etwa zwei Drittel des Simulationszeitraums entsteht hier eine zunächst vernachläßigbare und nur äußerst langsam anwachsende Wahrscheinlichkeit für das Vorfinden einer nicht-kooperativen Umgebung - die Wahrscheinlichkeitsverteilung über unseren Zustandsraum wird bimodal. Die Möglichkeit einer dominanten Strategie der Geheimhaltung stellt zunächst nur einen *schwachen* Attraktor dar. Erst am Ende der Simulationszeit kommt es zu einem plötzlichen drastischen Einflußgewinn dieses nicht-kooperativen Ordners. Das Absinken der Präferenz für Kooperation überschreitet eine kritische Schwelle und der Anteil kooperativer Unternehmen sinkt vehement.

Sucht man nach den Ursachen für diesen plötzlichen Umbruch, so scheint im Zusammenhang mit der Beschreibung des Industrielebenszyklus, das Ausscheiden kleinerer kooperativer Unternehmen in der Reifephase des Zyklus eine plausible Erklärung darzustellen. In dieser Sichtweise finden sich dann am Ende des Simulationszeitraums nur noch wenige größere, aber nicht-kooperative Unternehmen im Markt. Gleichzeitig geht mit dieser Entwicklung unvermeidbar ein höherer Konzentrationsgrad in der betrachteten Branche einher.

Mit dem Modell zur Evolution informeller Netzwerke kann der kooperative Aspekt kollektiver Innovationsprozesse als eine wichtige Ursache für Spillover-Effekte analysiert werden. Es zeigt sich, daß in verschiedenen Situationen von den Unternehmen in einem selbstorganisatorischen Prozeß aktiv Spillovers initiiert werden und sich informelle Kooperationen herausbilden. Auf die Voraussetzungen, die für die Absorption der Spillovers von den Unternehmen erfüllt werden müssen, wurde bisher aber noch nicht eingegangen, sie sind Gegenstand des nächsten Abschnitts.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

II. Absorptive Fähigkeiten in einem Simulationsmodell

Die in Kapitel D. II geschilderten Anforderungen der evolutorischen Ökonomik an die formale Abbildung ökonomischer Prozesse sind dafür verantwortlich, daß die in dieser Tradition stehenden Modellierungsansätze in der Regel nicht mehr analytisch, sondern nur noch mit Hilfe numerischer Verfahren lösbar sind. In jüngeren Untersuchungen zu Innovationsprozessen finden sich daher neben neuen Ansätzen, wie der im vorigen Abschnitt herangezogenen Synergetik, auch eine Reihe von Modellen, die sich zwar an etablierten ökonomischen Modellklassen orientieren, die sich aber zur Abbildung dynamischer Prozesse und komplexer Strukturen nicht länger durch die Anforderungen an die analytische Lösbarkeit einschränken lassen. Die Autoren greifen statt dessen auf numerische Verfahren zurück, wodurch die Wahl der unterstellten Funktionsverläufe prinzipiell keinen Restriktionen mehr unterworfen ist. „*Although* [*the researcher*] *can analyze a highly simplified form of that model with more conventional techniques, simulation is dictated by the unwillingness to bear the costs of such 'oversimplification'*." (Nelson/Winter, 1982, S. 207)[2] Zudem verschiebt sich durch diese Vorgehensweise die Betrachtungsperspektive des Wissenschaftlers von einer im Modell verhafteten Ebene zu einer Art *Vogelperspektive*. In einem Simulationsmodell ist die gedankliche Trennung von Modellwelt und Modellierer möglich, was vor allem bei der Abbildung von Neuerungsprozessen den Verzicht auf den Agenten bekannten Wahrscheinlichkeitsverteilungen und damit eine wirklichkeitsgetreuere Darstellung erlaubt.

Dieser *realistische* Ansatz evolutorischer Modellbildung[2] geht im wesentlichen auf die bahnbrechenden Arbeiten von Nelson und Winter (1982) zurück, die im Rahmen verschiedener Simulationsexperimente evolutorische Prozesse mit Hilfe von Markov-Ketten modellieren. Wichtige Arbeiten in dieser Tradition stammen beispielsweise von Silverberg, Verspagen (1994a, 1994b), Kwasnicki (1994, 1996), Dosi et al. (1994) und Chiarmonte, Dosi (1993). Diese Autoren modellieren endogenen technologischen Wandel in künstlichen Welten, wobei sie sowohl auf makroökonomische Ansätze der neuen Wachstumstheorie

---

[1] In diesem Zusammenhang gilt auch *Shubiks* (1996, S. 60) Erkenntnis: „In spite of all advice to 'keep things simple' it turnes out that complex problems often had complex answers."

[2] Vgl. *Silverberg/Verspagen* (1994a, S. 203). *Bona/Santos* (1997, S. 242) vergleichen Simulationsstudien mit Experimenten und Feldstudien in den Naturwissenschaften: „All of these activities comprise sampling aspects of something that is usually too complicated to deal with as a whole, in the hope of finding patterns or the information that convey understanding of some of its essential features."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

als auch auf industrieökonomische Modelle zurückgreifen, um diese um die Aspekte der neuen Innovationsökonomik zu erweitern. Die Zielsetzungen dieser Modelle richten sich dabei auf die Abbildung des Einflusses der industriellen Innovationsaktivitäten auf das wirtschaftliche Wachstum, im Zusammenhang von offenen Volkswirtschaften auf wirtschaftliche und technologische Konvergenz- und Divergenzprozesse, sowie auf den Einfluß unterschiedlicher technologischer und/oder ökonomischer Rahmenbedingungen auf die Entwicklung von Branchen. Obwohl in allen Modellen technologische Spillover-Effekte und absorptive Fähigkeiten mit einbezogen werden, findet allerdings aufgrund der unterschiedlichen Zielsetzungen nur eine sehr rudimentäre Abbildung dieser Größen statt.[3] Zum einen werden technologische Spillover-Effekte analog zu den neoklassischen Modellierungen mit Hilfe der Forschungsaufwendungen der Konkurrenz erfaßt. Überlegungen, die in diesem Zusammenhang auf die Heterogenität der Akteure abzielen, werden nicht angestellt. Zum anderen dienen die Spillover-Effekte nur der Imitation, d.h. von gegenseitigen Befruchtungen im Sinne der Erschließung neuer extensiver technologischer Opportunitäten, wird abgesehen. Schließlich werden absorptive Fähigkeiten als vorhanden und in konstanter Höhe vorausgesetzt, oder aber sie gelten wieder als das ausschließliche Nebenprodukt der eigentlichen Forschungsanstrengungen (vgl. Kap. C. II). Gemeinsamer Tenor dieser Arbeiten ist aber die Verabschiedung von der anreizreduzierenden Interpretation technologischer Spillover-Effekte.

Gegenstand des hier vorzustellenden Simulationsmodells ist die Abbildung des *kognitiven Aspekts* kollektiver Innovationsprozesse, weswegen eine explizite Einbeziehung der entsprechenden Handlungsvariablen und Einflußgrößen notwendig wird. Dies bringt es mit sich, daß *absorptive Fähigkeiten* von den Unternehmen erst in einem zeit- und kostenaufwendigen Prozeß erworben werden müssen und nicht länger als das ausschließliche Nebenprodukt der eigentlichen Forschungstätigkeiten gelten. Desweiteren sind für technologische Spillover-Effekte geeignete Indikatoren zu ermitteln, in denen die Heterogenität der Akteure als Quelle neuer extensiver technologischer Opportunitäten zum Aus-

[3] Bereits *Nelson/Winter* (1982, S. 209) haben allerdings darauf hingewiesen, daß auch Computersimulationen nicht sämtliche Tatbestände der Wirklichkeit abbilden können, sondern sich auf die jeweils für den Untersuchungszusammenhang relevanten beschränken müssen. Hierbei besteht dann allerdings die Möglichkeit, der Realität näher zu kommen, da analytische Restriktionen keine Rolle spielen. Aus diesem Grund lassen sie das von orthodoxer Seite oft zu hörende Vorurteil, Simulationen fehle die theoretische Fundierung, nicht gelten: „It is ... a very pernicious doctrine that portrays simulation as a nontheoretical activity, in which the only guiding rule is to 'copy' reality as closely as possible. If reality could be 'copied' into a computer program, that approach might be productive - but it cannot, and it is not."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

druck kommt. Zu diesem Zweck wird im folgenden das aus der Industrieökonomik stammende Modell des heterogenen Oligopols[4] um die von der neuen Innovationsökonomik betonten Aspekte des kollektiven Innovationsprozesses erweitert. Dafür wird im nächsten Abschnitt das Modell in seiner theoretischen Struktur vorgestellt, um dann in den darauffolgenden Abschnitten schrittweise über die Einführung von Prozeß-, Produktinnovationen und Exit/Entry den Analyserahmen der Simulationsexperimente zu erweitern. Ziel des Modells ist die Darstellung und Untersuchung der Entwicklungsmöglichkeiten einer Industrie und der entsprechenden Unternehmen, welche in ihren Innovationsanstrengungen von unterschiedlichen strategischen Überlegungen geleitet werden.

1. Das Simulationsmodell

Im folgenden wird ein dynamisches Oligopolmodell vorgestellt, in dem die Unternehmen nicht nur über den Preis miteinander im Wettbewerb stehen, sondern sich auch durch ihre Innovationsanstrengungen, die sowohl auf Kostenreduzierungen als auch auf Qualitätsverbesserungen ausgerichtet sind, gegenseitig beeinflussen.[5] Aufgrund der in Kapitel B. II betonten Eigenschaften des Innovationsprozesses, vor allem der unvermeidlich damit verbundenen echten Unsicherheit, sind die Unternehmen allerdings nicht in der Lage, bezüglich ihrer Innovationsentscheidungen ein Optimalkalkül anzusetzen. Dies bedeutet aber nicht, daß es keine Regelmäßigkeiten mehr im Innovationsprozeß gibt und daß die Firmen mehr oder weniger zufällig die Höhe ihrer F&E-Budgets und die Richtung ihrer Innovationsanstrengungen festlegen. Die Unternehmen sind in ihren forschungsbezogenen Entscheidungen keineswegs von einem Zufallsprinzip geleitet, statt dessen greifen sie auf ihre in der Vergangenheit akkumulierten Erfahrungen und Fähigkeiten zurück. Folglich ist das resultierende Verhalten weder vollständig determiniert noch im Sinne perfekter Rationalität als optimal zu charakterisieren; es kann aber dennoch unter Rückgriff auf das Konzept der Routinen (vgl. Kap. D. II) beschrieben werden.[6]

Die in unserem Zusammenhang wichtigsten Verhaltensweisen zur Verbesserung des unternehmerischen Ergebnisses und der wettbewerblichen Position finden sich in der Einführung neuer Technologien, der Verbesserung der Produktionsverfahren, der Anpassung an veränderte Umwelten und dem Lernen von den Wettbewerbern. In der neuen Organisationstheorie definiert sich in die-

[4] Vgl. *Kuenne* (1992).
[5] Vgl. auch *Cantner/Pyka* (1998b).
[6] Vgl. *Hodgson* (1989, S. 123).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

sen Tätigkeiten allerdings ein *Trade-off* zwischen der Erschließung (*exploration*) neuer technologischer Möglichkeiten und der Ausbeutung bereits existierender technologischer Chancen (*exploitation*).[7]

> „Exploration includes things captured by terms such as search, variation, risk-taking, experimentation, play, flexibility, discovery, innovation. Exploitation includes such things as refinement, choice, production, efficiency, selection, implementation, execution." (March, 1991, S. 71)

In unserer Simulationsanalyse unterscheiden wir zwischen drei grundsätzlichen Verhaltensorientierungen, die von den Unternehmen zur Ausgestaltung ihrer Innovationsaktivitäten herangezogen werden und die beide Komponenten *exploration* und *exploitation* in unterschiedlichem Ausmaß beinhalten. Wir bezeichnen diese Verhaltensorientierungen als *Strategien*, die in den Simulationsexperimenten gleichsam als fixer Bestandteil der unternehmerischen Routinen gelten. Variabel gestalten sich dagegen die weiter unten vorzustellenden Regeln, die die Höhe der F&E-Budgets festlegen. Zunächst werden aber die drei Verhaltenskategorien, die *konservative*, die *absorptive* und die *imitative* Strategie, erläutert:

a) Eine Möglichkeit, den Innovationsprozeß zu bestreiten, stellt die *selbstzufriedene konservative* Strategie[8] dar, in der die ganzen Forschungsanstrengungen ausschließlich auf unmittelbare eigene Forschung konzentriert werden. Diese Strategie vernachlässigt externe technologische Entwicklungen insofern nur in eine eigenständige Erschließung und Verbesserung technologischer Chancen investiert wird. Unternehmen mit einer konservativen Strategie entwickeln in Isolation das technologische Wissen, welches für unternehmerisches Wachstum und zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit benötigt wird. Nichtsdestotrotz wird dem Umstand abnehmender technologischer Möglichkeiten Rechnung getragen, indem die Innovationsanstrengungen nicht nur auf verfahrenstechnische Neuerungen (*exploitation*) entlang einer technologischen Trajektorie gerichtet sind, sondern auch Produktinnovationen, also die Eröffnung neuer technologischer Trajektorien (*exploration*) mit einbeziehen.

b) Unternehmen mit einer *imitativen* Strategie[9] verwenden dagegen keine der für Forschung bereitgestellten Ressourcen für explorative Zwecke. Ihr Hauptaugenmerk richtet sich anstelle eigener innovativer Anstrengungen auf die Imitation von Technologien, die bereits von den Wettbewerbern erfolgreich ent-

---

[7] Vgl. *Winter* (1971), *March* (1991).

[8] In der Literatur findet sich als alternative Bezeichnung der konservativen Strategie auch der Begriff *go-it-alone-strategy* (vgl. *Fusfield/Haklish,* 1985).

[9] *Freeman/Soete* (1997) verwenden alternativ die Bezeichnungen *defensive* oder *dependent strategy*.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

wickelt wurden (Winter, 1984). Hinter dieser Strategie steht die ausschließliche Orientierung auf die Ausbeutung (*exploitation*) externen Wissens. Für unmittelbar eigene Forschungsaktivitäten werden keine Mittel bereitgestellt. Das bedeutet aber nicht, daß imitative Firmen weniger forschungsintensiv sind: Auch für die Imitation sind aufgrund der in Kapitel B. II geschilderten Eigenschaften technologischen Know-hows, Kenntnisse und Fertigkeiten notwendig, die erst in einem kostspieligen Prozeß erworben werden müssen. Imitative Unternehmen sind nur nicht bereit, in unsichere Forschungsprojekte zu investieren. Sie wollen Fehler vermeiden oder sogar von den Fehlern ihrer Wettbewerber lernen. Aus diesem Grund geben sie sich zufrieden, mit dem allgemeinen technologischen Fortschrittstempo Schritt halten zu können. An einer Position als Technologieführer sind sie nicht interessiert. In den Worten von Freeman und Soete (1997) stellt die imitative Strategie somit eine Art *Versicherung* dar, welche es den Unternehmen ermöglicht, auf technologischen Wandel zu reagieren und sich entsprechend anzupassen.

c) Unternehmen, die sich für die Heranziehung der *absorptiven* Strategie entscheiden, richten ihre Forschungsanstrengungen wie die konservativen Unternehmen sowohl auf die Ausschöpfung der intensiven als auch auf die Erschließung neuer technologischer Möglichkeiten. Zusätzlich wird allerdings, in der Erwartung synergistischer Effekte aus der gegenseitigen Befruchtung unterschiedlicher Technologien - im Gegensatz zur konservativen Strategie - ein gewisser Anteil der Forschungsaufwendungen für die Aneignung externen Know-hows verwendet. Dieser Anteil steht dann jedoch nicht mehr für die unmittelbare eigentliche Forschungstätigkeit zur Verfügung. Im Unterschied zur imitativen Strategie handelt es sich bei der absorptiven Strategie nicht um die schlichte Imitation externen Know-hows, sondern um die Integration dieses Wissens in den eigenen Wissensstock, um neue extensive technologische Möglichkeiten zu erschließen.[10]

Die konservative und die imitative Strategie stehen für die Innovationsaktivitäten, wie sie auch schon von der neoklassischen Seite untersucht werden. In der absorptiven Strategie kommt dagegen die Erschließung neuer extensiver Opportunitäten aus der gegenseitigen Befruchtung unterschiedlicher Technologien und damit der *ideenschaffende Charakter* der Spillover-Effekte der neuen

[10] In einem gewissen Sinn überwindet die absorptive Strategie auf diese Weise, den von der Organisationstheorie herausgestellten *Trade-off* zwischen *exploitation* und *exploration* (*Levinthal/March*, 1981), da erst die Ausbeutung fremden Know-hows die Erschließung extensiver Opportunitäten ermöglicht. In der Notwendigkeit absorptiver Fähigkeiten offenbart sich hier auch der qualitative Unterschied dieser Art des Wissenserwerbs im Vergleich zur reinen Imitation externen Know-hows.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Innovationsökonomik zum Ausdruck. In der Realität unternehmerischer Innovationsprozesse finden sich selbstverständlich keine dieser Strategien in unverfälschter Form, vielmehr werden sich die Grenzen der tatsächlich verwandten Strategien in unterschiedlichem Ausmaß überschneiden. Zur analytischen Vereinfachung wird im folgenden allerdings davon ausgegangen, daß diese Strategien in Reinform vorliegen. Nach diesen allgemeinen Vorbemerkungen wird in den nächsten Abschnitten die formale Struktur des Modells vorgestellt. Zu diesem Zweck wird zunächst der Rahmen für das Marktgeschehen eingeführt und im Anschluß daran schrittweise Innovationsprozesse und Spillover-Beziehungen erläutert.

a) Marktgeschehen

Die Marktbeziehungen der Firmen im Oligopol sind durch einen Preis- und Qualitätswettbewerb geprägt, der in dynamischer Hinsicht durch Produkt- und Prozeßinnovationen vorangetrieben wird. Auf welche Weise wirken aber technologische Faktoren in ökonomischen Prozessen? Ein in seinen Innovationsanstrengungen erfolgreiches Unternehmen wird unter der Voraussetzung, daß die Nachfrager zwischen den verschiedenen Produzenten substituieren können, Nachfrage nach den Produkten der Konkurrenz auf sein eigenes Produkt abziehen können. Die Substitutionsmöglichkeiten der Nachfrager finden ihre Ursache in Preis- und/oder Qualitätsveränderungen, die durch die folgenden Aktionen und Reaktionen der Oligopolisten hervorgerufen werden:

a) *Prozeßinnovationen* erlauben es dem Innovator mit niedrigeren Stückkosten zu produzieren, wodurch er seinen Angebotspreis senken kann. Der niedrigere Preis ist dafür verantwortlich, daß das innovierende Unternehmen zusätzlich Nachfrage auf sich zieht. Um durch die Preisreduzierung des Innovators nicht zu große Marktanteile zu verlieren, sind die anderen Unternehmen des Oligopols - die Nicht-Innovatoren - gezwungen, ebenfalls ihre Preise zu reduzieren.

b) Durch eine *Produktinnovation* im Sinne der Einführung einer aus Konsumentensicht verbesserten Produktqualität bewirkt das innovierende Unternehmen eine nachfrageseitige Höherschätzung bezüglich seines Produkts, wodurch es höhere Preise durchsetzen kann. Um dem Effekt relativ verschlechterter Qualität und dem damit verbundenen Nachfrageverlust entgegenzuwirken, reduzieren die anderen Oligopolisten ihren Angebotspreis.

Ein so geschilderter Wettbewerb entspricht nicht mehr dem reinen Preiswettbewerb der Lehrbuchdarstellungen in einem Markt mit einem homogenen Produkt. Statt dessen handelt es sich um oligopolistischen Wettbewerb zwischen

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Unternehmen mit unterschiedlichen Produktionskosten, die zusätzlich unterschiedliche Produktqualitäten herstellen. Um die so geschilderten wettbewerblichen Beziehungen abzubilden, bietet sich das Modell eines heterogenen Oligopols an, welches in seiner Grundstruktur die geschilderten Beziehungen beinhaltet.[11]

Sicherlich entspricht dieses Modell in seiner ursprünglichen Gleichgewichtsorientierung und dem statischen Optimierungskalkül zunächst nicht den Anforderungen der evolutorischen Ökonomik. In der von uns verwendeten Weise werden jedoch solche Gleichgewichtszustände niemals erreicht: Auf der einen Seite gehen als einzig verfügbare Marktinformationen in die Reaktionsfunktionen nur die tatsächlich beobachtbaren Preise der Wettbewerber aus der Vorperiode ein. Dies hat zur Konsequenz, daß vom Ausgangspunkt einer ungleichgewichtigen Situation ohne Innovationsprozesse dennoch mehrere Perioden vergehen, bis sich ein Gleichgewichtszustand eingestellt hat. Auf der anderen Seite werden diese Gleichgewichtstendenzen durch ständige innovative Anstrengungen der Unternehmen und deren Resultate, seien es veränderte Stückkosten oder neue Produktqualitäten, gestört. Es kommt somit zu einem kontinuierlichen Zusammentreffen von gleichgewichtsfördernden und -zerstörenden Tendenzen (vgl. Kap. D. II. 3).

Innerhalb des so charakterisierten Oligopols sehen sich die n Unternehmen den folgenden individuellen Nachfragekurven mit linearem Verlauf gegenüber:

$$p_{it} = a_{it} - \eta x_{it} \cdot \frac{h_{it}}{n-1} \sum_{\substack{j \\ j \neq i}} p_{j,t-1}; \quad i,j \in \{1,\ldots,n\}, \quad i \neq j; \tag{65}$$

p_{it}:= Preis für das Produkt der Firma i zum Zeitpunkt t;

a_{it}:= Prohibitivpreis für Firma i zum Zeitpunkt t;

η:= Steigungsparameter der Nachfrage;

x_{it}:= Output der Firma i zum Zeitpunkt t;

h_{it}:= oligopolistische Interdependenz der Firma i zum Zeitpunkt t;

n:= Anzahl der Unternehmen im heterogenen Oligopol.

Für den unmittelbaren Produktionsprozeß nehmen wir konstante Skalenerträge an, so daß die Stückkosten c_{it} unabhängig vom produzierten Output eines Unternehmens sind. Neben der Produktionstätigkeit betreiben alle Unternehmen

[11] Das heterogene Oligopol wird auch von *Meyer et al.* (1996) in einer Simulationsstudie herangezogen.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Forschung und Entwicklung, wofür sie pro Periode das F&E-Budget r_{it} zur Verfügung stellen. Der Nettogewinn eines Oligopolisten bestimmt sich folglich als:

$$\pi_{it} = (p_{it} - c_{it}) \cdot x_{it} - r_{it}; \tag{66}$$

π_{it}:= Gewinn der Firma i zum Zeitpunkt t;

c_{it}:= Stückkosten der Firma i zum Zeitpunkt t;

r_{it}:= F&E-Aufwendungen der Firma i zum Zeitpunkt t.

Für das Marktverhalten unterstellen wir die *Bertrand*-Annahme, die in unserem heterogenen Oligopol mit zwei Konsequenzen einhergeht: Erstens nehmen die Unternehmen an, daß sie in der Periode t mit der gleichen Anzahl von Wettbewerbern konfrontiert sein werden wie in der Vorperiode t-1. Zweitens gehen die Unternehmen davon aus, daß ihre Wettbewerber im Vergleich zur Vorperiode t-1 unveränderte Preise verlangen. Desweiteren unterstellen wir, daß den kurzfristigen Markt- bzw. Preisentscheidungen ein Optimalkalkül unterliegt.

Unter den getroffenen Annahmen ist es einfach, die Reaktionsfunktion (67) eines Oligopolisten aus gewinnmaximierendem Verhalten und der Nachfrage abzuleiten:

$$p_{it} = \frac{a_{it} + c_{it}}{2} + \frac{h_{it}}{2(n-1)} \sum_{\substack{j \\ i \neq j}} p_{j,t-1} \,. \tag{67}$$

Für die entsprechenden Produktionsentscheidungen (68) ergibt die gleiche Vorgehensweise:

$$x_{it} = \frac{a_{it} - c_{it}}{2\eta} + \frac{h_{it}}{2\eta(n-1)} \sum_{\substack{j \\ j \neq i}} p_{j,t-1} \,. \tag{68}$$

Neben den so geschilderten interdependenten Marktentscheidungen engagieren sich die Unternehmen in Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. Die im Zusammenhang mit unsicheren Innovationsprozessen zu treffenden Entscheidungen sind Gegenstand des nächsten Abschnitts.

b) Technologischer Fortschritt I: Festlegung der F&E-Budgets und Wissensakkumulation

In ihren Innovationsentscheidungen können die Unternehmen nicht länger auf ein Optimalkalkül zurückgreifen. Nicht nur technologische Risiken, sondern echte technologische Unsicherheit machen jeden Optimierungsgedanken unmöglich. Statt dessen bedienen sich die Unternehmen routinisierter Entscheidungsregeln, die sich zum einen an vergangenen Erfahrungen und zum anderen

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

an Erwartungen bezüglich der eigenen technologischen Position in der Zukunft orientieren. Als eine Annäherung an eine solche unternehmerische Routine investieren die Unternehmen in unserem Simulationsmodell einen Anteil γ_{it} ihres Umsatzes der Vorperiode in F&E-Aktivitäten, wodurch sich ihre periodischen F&E-Budgets r_{it} ergeben:[12]

$$r_{it} = \gamma_{it} \cdot (p_{i,t-1} \cdot x_{i,t-1}); \tag{69}$$

γ_{it}:= Anteil des Umsatzes, der für F&E verwendet wird.

Bei der Festlegung der Höhe des entsprechenden Anteils kann das Verhalten der Unternehmen mit Hilfe von *satisfycing-behaviour* charakterisiert werden. Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten werden als strategisches Instrument eingesetzt, welches es ermöglicht, sowohl über verringerte Stückkosten eine verbesserte relative Prozeßtechnologieposition RP_{it}^{PC} als auch über eine höhere Produktqualität eine verbesserte relative Qualitätsposition RP_{it}^{PD} einzunehmen und somit Nachfrager zu Substitutionseffekten zu veranlassen. Die relativen technologischen Positionen liegen im Intervall zwischen Null und eins, RP_{it}^{PD}, $RP_{it}^{PC} \in]0;1]$, wobei 1 die jeweilige technologische Spitzenposition bezeichnet. Im einzelnen bestimmt sich die relative technologische Position folgendermaßen:

$$RP_{it}^{PC} = \frac{c_{\min}}{c_{it}}; \quad c_{\min} = \min_i \{c_{it}\}; \tag{70}$$

$$RP_{it}^{PD} = \frac{PDI_{it}}{PDI_{\max}}; \quad PDI_{\max} = \max_i \{PDI_{it}\}; \tag{71}$$

RP_{it}^{PC}:= relative Prozeß-Position des Unternehmens i zum Zeitpunkt t;
RP_{it}^{PD}:= relative Produkt-Position des Unternehmens i zum Zeitpunkt t;
c_{min}:= minimale Stückkosten im Oligopol zum Zeitpunkt t;
PDI_{it}:= Produktinnovationszähler für Firma i zum Zeitpunkt t;
PDI_{max}:= *neueste* Produktinnovation im Oligopol.

---

[12] Diese Vorgehensweise findet sich in vielen Simulationsstudien. Bereits bei *Nelson/Winter* (1982, S. 132) orientieren sich die unternehmerischen F&E-Aufwendungen am Umsatz. *Silverberg/Verspagen* (1994a, S. 209), die ebenfalls diese Vorgehensweise wählen, finden diese Art beschränkt rationalen Verhaltens sogar in den tatsächlichen F&E-Entscheidungen von Technologieunternehmen wieder: „To provide some anecdotal evidence, we recall an interview with the director of R&D of the Japanese firm Canon published in the Financial Times some years ago. The director reported that the firm has some time before raised its R&D/turnover ratio from 11% to 11½%. This appeared to have been beneficial to the firm, so that the directors were now debating whether to cautiously raise it even further."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Ein technologisch rückständiges Unternehmen ($RP_{it}^{PC} \cdot RP_{it}^{PD} < 1$) wird versuchen, über eine Erhöhung der F&E-Ausgaben technologisch aufzuschließen, um die daraus resultierende ökonomisch nachteilige Situation zu überwinden. Ein sich in der technologischen Spitzenposition befindendes Unternehmen ($RP_{it}^{PC} \cdot RP_{it}^{PD} = 1$) wird dagegen seine F&E-Ausgaben zumindest vorsichtig reduzieren ($^1/_2$ Prozent pro Periode), um F&E-Kosten zu sparen und auf diese Weise höhere Profite zu erzielen. Formal wird dieses *satisfycing-behaviour* durch die folgende Gleichung (72) zum Ausdruck gebracht:

$$\gamma_{it} = \begin{cases} \gamma_0 \cdot \left[1 + (1 - RP_{it}^{PC} \cdot RP_{it}^{PD})\right], & falls \quad RP_{it}^{PC} \cdot RP_{it}^{PD} < 1 \\ \gamma_{i,t-1} - 0.005, & falls \quad RP_{it}^{PC} \cdot RP_{it}^{PD} = 1 \end{cases} \tag{72}$$

γ_0:= Startwert des F&E/Umsatzanteils.

In Kapitel B. II haben wir als wichtige Eigenschaft der technologischen Entwicklung entlang eines Technologiepfads die Kumulativität des entsprechenden Wissens herausgearbeitet: Um ein bestimmtes technologisches Niveau zu erreichen und die für seine Beherrschung notwendigen technologischen Fähigkeiten zu erwerben, müssen die darunterliegenden technologischen Niveaus verstanden werden. Um diese Eigenschaft formal zu repräsentieren, akkumulieren die Unternehmen mit Hilfe ihrer periodischen F&E-Aufwendungen r_{it} einen F&E-Kapitalstock R_{it}, der für das in der Firma i akkumulierte Know-how steht:

$$R_{it} = \sum_{t} (1 - \sigma_{it}) \cdot r_{it} \,, \tag{73}$$

R_{it}:= F&E-Kapitalstock des Unternehmens i zum Zeitpunkt t;

σ_{it}:= Anteil des F&E-Budgets, der in den Aufbau absorptiver Fähigkeiten investiert wird.

Die Unternehmen mit einer absorptiven Strategie, die ja nicht das ganze F&E-Budget in unmittelbare Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten investieren, sondern auch absorptive Fähigkeiten zum Verständnis von externem Know-how entwickeln, investieren nur den Anteil (1-σ_{it}) in den Aufbau des F&E-Kapitalstocks. Der Anteil σ_{it} dient dagegen der Entwicklung absorptiver Fähigkeiten.[13] Genauso wie bei der Bestimmung des F&E-Budgets orientieren sich die Unternehmen beim Aufbau absorptiver Fähigkeiten an ihrer relativen technologischen Position. Ist ein absorptives Unternehmen in der technologischen Spitzenposition, investiert es nur noch einen minimalen Anteil σ_{min} des F&E-Budgets in den Aufbau absorptiver Fähigkeiten, da die *Oligopol-endogenen*

[13] Unternehmen mit konservativen und imitativen Strategien bauen keine absorptiven Fähigkeiten auf. Für sie gilt entsprechend: $\sigma_{it} = 0$.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Möglichkeiten externen Wissenserwerbs für das technologisch führende Unternehmen entsprechend niedrig ausfallen. Technologisch weit zurückliegende Unternehmen erhöhen dagegen den Anteil nicht über einen Maximalwert σ_{max}, da die direkten eigenen Forschungsbemühungen nicht vernachlässigt werden sollen. Im dazwischenliegenden Bereich bestimmt sich die Höhe des Anteils für absorptive Fähigkeiten nach der jeweiligen technologischen Position: Je weiter ein Unternehmen technologisch zurückfällt, desto höher sind die Bemühungen, von den technologisch erfolgreicheren Wettbewerbern zu lernen.

(74)
$$\sigma_{it} = \begin{cases} \sigma_{\max}, & falls \quad \sigma_{it} \geq \sigma_{\max} \\ 1 - RP_{it}^{PC} \cdot RP_{it}^{PD}, & falls \quad \sigma_{\min} \geq \sigma_{it} \geq \sigma_{\max} \\ \sigma_{\min}, & falls \quad \sigma_{it} \leq \sigma_{\min} \end{cases}$$

σ_{max}:= maximaler Anteil des F&E-Budgets, der für absorptive Fähigkeiten aufgebracht wird;

σ_{min}:= minimaler Anteil des F&E-Budgets, der für absorptive Fähigkeiten aufgebracht wird.

Die absorptiven Fähigkeiten ac_{it} akkumulieren sich im Zeitablauf ebenso wie der F&E-Kapitalstock:

(75)
$$ac_{it} = \sum_{t} \sigma_{it} \cdot r_{it} \; ;$$

ac_{it}:= absorptive Fähigkeiten des Unternehmens i zum Zeitpunkt t.

Die F&E-Kapitalstöcke und absorptiven Fähigkeiten werden von den Unternehmen in ihren Forschungsaktivitäten eingebracht, die sich sowohl auf Prozeß- als auch auf Produktinnovationen erstrecken.

c) Technologischer Fortschritt II: Prozeß- und Produktinnovationen

Bei der Modellierung der Innovationsprozesse sind die von der neuen Innovationsökonomik herausgearbeiteten strukturellen Eigenschaften technologischer Entwicklungsprozesse mit zu berücksichtigen. Darunter fällt zunächst die Einbeziehung technologischer Begrenzungen und Engpässe, die sich zwangsweise beim Voranschreiten auf einem Technologiepfad durch die Erschöpfung der intensiven technologischen Möglichkeiten ergeben. Wegen der untrennbar mit dem Innovationsprozeß verbundenen Unsicherheit kann es sich zusätzlich weder um einen deterministischen Zusammenhang zwischen aufgewandten F&E-Ressourcen und Innovationserfolg handeln noch ist die Berechnung probabilistischer Erwartungswerte aus Sicht des Unternehmens möglich, da die entsprechenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen nicht bekannt sind. Für die Abbildung von Innovationsprozessen können wir uns hier aus methodologischer

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Sicht einen Vorteil der Simulationsanalyse gegenüber der analytischen Vorgehensweise zu Nutze machen: Die Simulationstechnik erlaubt zufallsabhängige Prozesse zu programmieren, deren statistische Gesetzmäßigkeiten den Akteuren im Modell verschlossen bleiben. Schlüpft in einem Optimierungsmodell neoklassischer Provenienz der Forscher gleichsam in die Haut des von ihm modellierten Wirtschaftssubjekts, ist im Rahmen von Simulationsexperimenten eine gedankliche Unterscheidung zwischen Modellierer und Modellwelt und damit die Trennung zwischen Gesetzmäßigkeiten probabilistischer Verteilungen und deren Wahrnehmung durch die modellierten Akteure möglich.

Im Zusammenhang mit Prozeßinnovationen finden sich erschöpfende technologische Opportunitäten durch eine Innovationserfolgsfunktion mit positiver, aber abnehmender Steigung Eingang in die Analyse. Diese Innovationserfolgsfunktion bildet die *potentielle* Größenordnung des innovativen Erfolgs ie_{it}^{pot} ab. Der tatsächliche Innovationserfolg ie_{it} ist neben dem kumulierten F&E-Kapitalstock zusätzlich von einer gleichverteilten Pseudo-Zufallsvariablen ψ_t abhängig, wobei die Unsicherheit entlang des spezifischen Technologiepfades mit größer werdendem F&E-Kapitalstock abnimmt. Die Variable κ_{it}^{PC} steht für das Gewicht aus der Internalisierung externen Wissens im Prozeßinnovationserfolg und wird im nächsten Abschnitt (88a) erläutert. Formal ergibt sich für den potentiellen Innovationserfolg die Gleichung (76), deren Verlauf in der Abbildung 35 graphisch verdeutlicht ist. Der probabilistische Einfluß wird durch (77) beschrieben.

(76) $$ie_{it}^{pot} = 1 - \exp(-\alpha \cdot \kappa_{it}^{PC} \cdot R_{it});$$

(77) $$ie_{it} = \begin{cases} ie_{it}^{pot}, & falls \quad f(R_{it}) \geq \psi_t \\ ie_{i,t-1}, & falls \quad f(R_{it}) < \psi_t \end{cases}$$

$$\text{wobei gilt: } \frac{\partial f}{\partial R_{it}} > 0; \quad \frac{\partial^2 f}{\partial R_{it}^2} < 0;$$

ψ_t:= gleichverteilte Zufallsvariable, $\psi_t \in [0,1]$;

ie_{it}^{pot}:= potentieller Innovationserfolg der Firma i zum Zeitpunkt t;

ie_{it}:= realisierter Innovationserfolg der Firma i zum Zeitpunkt t;

α:= Gewicht für F&E-Kapitalstöcke;

κ_{it}^{PC}:= Gewicht aus der Internalisierung externen Wissens für Firma i zum Zeitpunkt t.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

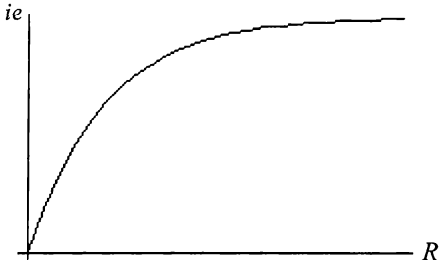


Abb. 35: Durch sich erschöpfende technologische Möglichkeiten gekennzeichneter potentieller Innovationserfolg

Firmen, die ihren F&E-Anstrengungen die imitative Strategie unterlegen, versuchen ihre Produktionsverfahren zu verbessern, indem sie die erfolgreichsten Prozeßinnovationen ie_t^{max} ihrer Wettbewerber nachahmen. Da es sich bei den technischen Lösungen, die Ziel der imitativen Anstrengungen sind, um bereits eingesetzte Produktionsverfahren handelt, sind die imitativen Firmen nicht mehr in gleichem Ausmaß mit Risiko und Unsicherheit konfrontiert wie die originär innovativen Firmen. Allerdings wird von der neuen Innovationsökonomik die Wahrscheinlichkeit einer vollständigen bzw. perfekten Imitation aufgrund der Wissensorientierung und aufgrund nur latent vorhandener Öffentlicher-Gut-Eigenschaften des entsprechenden Know-hows als nur gering eingeschätzt. „*When imitation is attempted under conditions that permit only limited access to the thing being imitated, it becomes very similar to innovation and of course is unlikely to yield an exact copy.*" (Winter, 1984, S. 292). Gleichung (78) beschreibt den Imitationserfolg ie_{it}^{im}, der in seiner Höhe von einer gleichverteilten Pseudo-Zufallsvariablen μ_t^{PC} mit beeinflußt wird.

(78) $$ie_{it}^{im} = ie_t^{\max} \cdot \mu_t^{PC} \cdot \exp(1 - \alpha \cdot R_{it}) ;$$

ie_{it}^{im}:= Imitationserfolg der Firma i zum Zeitpunkt t;

ie_t^{max}:= maximaler Innovationserfolg im Oligopol zum Zeitpunkt t ;

$ie_t^{\max} = \max_i \{ie_{it}\}$;

μ_t^{PC}:= gleichverteilte Zufallsvariable; $\mu_t^{PC} \in \{\mu^{\min}; \mu^{\max}\}$.

Prozeßinnovationen finden im Modell mittels Stückkostenreduktionen ihren Niederschlag. Dabei ist ein *time-lag* zu berücksichtigen: Stückkostenreduktionen in Periode t werden durch Innovationserfolge aus der Vorperiode t-1 verursacht. Gleichung (79) gibt den Zusammenhang von Prozeßinnovationserfolg und Stückkosten wieder:

(79) $$c_{it} = c_0 \cdot (1 - ie_{i,t-1}) ;$$

c_0 := Startwert.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Neben Prozeßinnovationen richten sich die innovativen Anstrengungen der Unternehmen auch auf über Produktinnovationen realisierte Qualitätsverbesserungen. Die Innovationserfolgsfunktion pr_{it} für Produktinnovationen weist wieder den mit dem F&E-Kapitalstock zunehmenden Verlauf auf. Allerdings sind die Unternehmen hier mit einer gänzlich anderen Art der Unsicherheit konfrontiert. Ist das Ausmaß und die Rate des Innovationserfolgs entlang einer spezifischen technologischen Trajektorie zumindest noch grob abzuschätzen, so trifft dies für Produktinnovationen und die damit verbundene Eröffnung einer neuen Trajektorie in weitaus geringerem Ausmaß zu: Würden die Akteure die Ergebnisse ihrer Bemühungen bereits im voraus kennen, würde es sich nicht mehr um echte Innovationen handeln. Um diese Eigenschaft formal abzubilden, verwenden wir für Produktinnovationen eine *Poisson*-verteilte Pseudo-Zufallsvariable ρ_t. Die in der Literatur auch als *Verteilung der kleinen Wahrscheinlichkeit für das unwahrscheinliche Ereignis* bekannte Poisson-Verteilung reflektiert in diesem Sinn die im Zusammenhang mit der Realisierung von Produktinnovationen auftretende technologische Unsicherheit. Ein Unternehmen führt immer dann erfolgreich ein neues Produkt ein ($PDI_{it}= PDI_{it} +1$), wenn seine Innovationswahrscheinlichkeit einen Wert gleich oder sogar größer als die Zufallsvariable einnimmt. Die Variable κ_{it}^{PD} beschreibt wieder die Auswirkungen der Aneignung externen Know-hows, welche im nächsten Abschnitt (88b) erläutert wird.

(80) $$pr_{it} = 1 - \exp(-\alpha \cdot \kappa_{it}^{PD} \cdot R_{it})\,;$$

(81) $$PDI_{it} = \begin{cases} PDI_{it} + 1 & falls \quad pr_{it} \geq \rho_t \\ PDI_{it} & sonst \end{cases}$$

pr_{it}:= Wahrscheinlichkeit für Produktinnovationen der Firma i zum Zeitpunkt t;
κ_{it}^{PD}:= Gewicht aus der Internalisierung externen Wissens für Firma i zum Zeitpunkt t;
ρ_t := Poisson-verteilte Zufallsvariable, (Poisson-Parameter λ);
PDI_{it}:= Qualitätsniveau der Firma i zum Zeitpunkt t.

Imitative Unternehmen sind auch bei der Einführung von Produktinnovationen wieder nur in weitaus geringerem Ausmaß mit Unsicherheit konfrontiert, die sich in der gleichverteilten Pseudo-Zufallsvariablen μ_t^{PD} widerspiegelt. Ihre imitativen Anstrengungen pr_{it}^{im} richten sich gemäß (82) auf jenes Produkt der Wettbewerber, welches aus technologischer Sicht das höchste Niveau einnimmt:

(82) $$pr_{it}^{im}(PDI_{jt} > PDI_{it}) = 1 - \exp(-\alpha \cdot R_{it})\,;$$

(83) $$PDI_{it} = \begin{cases} PDI_{it} + 1 & falls \quad pr_{it}^{im} \geq \mu_t^{PD} \\ PDI_{it} & sonst \end{cases}$$

pr_{it}^{im}:= Imitationswahrscheinlichkeit für Firma i zum Zeitpunkt t;
μ_t^{PD}:= gleichverteilte Zufallsvariable; $\mu_t^{PD} \in \{\mu^{min}; \mu^{max}\}$.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Mit der erfolgreichen Einführung eines neuen Produkts eröffnen sich für das entsprechende Unternehmen völlig neue und noch unerschöpfte technologische Opportunitäten für die Realisierung weiterer Prozeßinnovationen. Gleichzeitig wird allerdings der alte F&E-Kapitalstock und die - falls vorhandenen - absorptiven Fähigkeiten entwertet.

Neben den technologischen Veränderungen gehen von einer Produktinnovation auch Einflüsse auf die marktliche Interdependenz der Oligopolisten aus. Durch Produktinnovationen hervorgerufene Qualitätsverbesserungen erhöhen auf der einen Seite die Heterogenität zwischen den Unternehmen im Oligopol. Die erhöhte Heterogenität ist für eine abgeschwächte oligopolistische Interdependenz der Unternehmen untereinander verantwortlich, wie sie durch die Variable h_{it} zum Ausdruck kommt (vgl. Reaktionsfunktion (67)). Diese Abschwächung der oligopolistischen Interdependenz h_{it} hängt dabei unmittelbar mit der relativen Qualitätsabweichung Q_{it} zusammen, die den Abstand der eigenen Produktqualität zu den anderen Oligopolisten beschreibt ($Q_{it}=v(PDI_{it}-\Sigma_{j,j\neq i}PDI_{jt})$; v:=Normierungsfaktor). Gemäß Gleichung (84) fällt dieser Effekt um so größer aus, je größer der relative Qualitätsabstand ist, da die Substituierbarkeit zwischen den verschiedenen Produkten und damit die oligopolistische Interdependenz abnimmt.

(84) $$h_{it} = h_0 \cdot \left(1 - \frac{|Q_{it}|}{n}\right);$$

(85) $$a_{it} = a_0 \cdot n^{Q_{it}};$$

h_0:= Startwert der oligopolistischen Interdependenz;

Q_{it}:= relative Qualitätsabweichung des Unternehmens i zum Zeitpunkt t;

a_0:= Startwert.

Auf der anderen Seite verändert eine erfolgreiche Produktinnovation die Qualitätseinschätzung der Produkte der Oligopolisten durch die Nachfragerseite, wie sie im Prohibitivpreis a_{it} zum Ausdruck kommt. Im einzelnen erfährt der erfolgreiche Innovator eine Erhöhung seines Prohibitivpreises, während seine Wettbewerber eine Verringerung in Kauf nehmen müssen, da sich ihre Produktqualität relativ zum Innovator verschlechtert hat. Gleichung (85) beschreibt diesen Zusammenhang.

Mit den Gleichungen (65) bis (85) ist das Modell für konservative und imitative Unternehmen bereits vollständig spezifiziert. In einem nächsten Schritt sind noch die Besonderheiten für die Unternehmen herauszuarbeiten, die in den Aufbau absorptiver Fähigkeiten investieren, um externes Know-how für eigene Belange zu verwenden.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

d) Technologischer Fortschritt III: Absorptive Fähigkeiten und Spillover-Effekte

In Kapitel B. II wurde deutlich, daß technologische Spillover-Effekte eine wesentliche Determinante kollektiver Innovationsprozesse darstellen. Eine wichtige Ursache für die Bedeutung, die Spillover-Effekte im Innovationsprozeß einnehmen, wurde dabei in der Eröffnung extensiver technologischer Möglichkeiten gesehen, die sich aus der gegenseitigen Befruchtung von unterschiedlichen Technologien ergeben. Dies ist möglich, weil sich die Unternehmen in ihren technologischen Ansätzen voneinander unterscheiden können, m.a.W. technologische Heterogenität vorliegt.

Üblicherweise werden sowohl in den Innovationsmodellen mit neoklassischem als auch in jenen mit evolutorischem Hintergrund als Approximation des Spilloverpools die aggregierten F&E-Aufwendungen der Branche herangezogen. Diese Vorgehensweise beinhaltet allerdings auch dann größere Spilloverpools, wenn alle Unternehmen exakt den gleichen technologischen Ansatz verfolgen und sich auf gleichen oder zumindest benachbarten Technologieniveaus befinden. Diese Vorgehensweise ist bei der Untersuchung des *kognitiven* Aspekts kollektiver Innovationsprozesse als ungeeignet einzustufen, weil in diesem Zusammenhang insbesondere die Qualität der externen Information eine wichtige Rolle spielt. In unserem Simulationsmodell ziehen wir daher unmittelbar die technologische Heterogenität der Unternehmen als Hilfsgröße zur Abbildung der Spilloverpools heran.[14] Diese Vorgehensweise bietet den Vorteil, daß externes Know-how nur dann verfügbar ist, wenn sich die Unternehmen auch tatsächlich voneinander unterscheiden. „... *in a world of symmetric firms it is impossible to conceive of knowledge spillovers. In such circumstances, knowledge is not additive, a firm's effective knowledge is its own knowledge, it cannot learn from any other identical firm.*"[15] Der Spilloverpool wächst und reduziert sich also durch die F&E-Aktivitäten unterschiedlicher Unternehmen und stellt somit eine modell-endogene Komponente dar. Zusätzlich unterscheiden wir zwischen einem Prozeß- und einem Produkt-Spilloverpool: Während der Prozeß-Spilloverpool die absorptiven Unternehmen in ihren Bemühungen zu verfahrenstechnischen Innovationen unterstützt, enthält der Produkt-Spilloverpool sowohl Informationen über neue technologische Möglichkeiten als auch

[14] Streng genommen handelt es sich um die Varietät, da die Unternehmen sich zwar auf unterschiedlichen technologischen Niveaus, aber auf zumindest vergleichbaren technologischen Trajektorien bewegen. In *Cantner/Hanusch/Pyka* (1997) wird in einem Simulationsmodell, in dem Unternehmen explizit mit unterschiedlichen Faktorintensitäten produzieren, die Verschiedenheit in der Kapital- und Arbeitsintensität als Approximation von *Heterogenität im engeren Sinne* herangezogen.

[15] *Metcalfe* (1994, S. 932).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Informationen, die das Zusammenspiel unterschiedlicher Technologien betreffen, und kommt somit jenen Innovationsanstrengungen zugute, die auf die Erschließung neuer Produkte gerichtet sind.[16] Der Prozeß-Spilloverpool s_{ct}^2 wird mit Hilfe der Varianz in den Stückkosten modelliert, für den Produkt-Spilloverpool s_{at}^2 wird die Varianz der Prohibitivpreise, die ja einen Qualitätsindikator darstellen, herangezogen.

Allerdings erfordert das Verständnis externen Know-hows ein Mindestmaß an Fertigkeiten und Wissen, ohne die es nicht für eigene Belange verwendet werden kann (*kognitiver Aspekt*). Diese Fertigkeiten und das Wissen zur Integration externen Know-hows müssen aktiv in einem kostspieligen Lernprozeß erworben werden und institutionalisieren sich in den absorptiven Fähigkeiten ac_{it} eines Unternehmens. Daneben gibt es aus empirischen Untersuchungen Hinweise darauf, daß der technologische Abstand bzw. die technologische Lükke G_{it} einer Firma zur technologischen Frontier ebenfalls die Möglichkeit zur Aneignung externen Know-hows entsprechend eines inversen U-förmigen Zusammenhangs beeinflußt.[17] Unternehmen, die technologisch zu weit zurückgefallen sind, sind nicht in der Lage, mit der Geschwindigkeit der Technologieführer Schritt zu halten; das entsprechende externe Know-how ist zu spezifisch. Für technologisch nahe an der jeweiligen Frontier liegende Unternehmen bietet der Spilloverpool dagegen nur wenig Neues, die Unternehmen kommen in ihren Innovationsanstrengungen auch allein mehr oder weniger gut zurecht. Für dazwischenliegende technologische Lücken haben Spillover-Effekte jedoch eine große Auswirkung, da die Spilloverpools nicht nur wichtiges Know-how enthalten, sondern die Unternehmen auch aus technologischer Sicht in der Lage sind, dieses Know-how für ihre Innovationsanstrengungen zu verwenden. Ob sie dazu auch aus kognitiver Sicht in der Lage sind, entscheidet das Niveau ihrer absorptiven Fähigkeiten. Im Modell unterscheiden wir zwischen technologischen Lücken in der Prozeßtechnologie G_{it}^{PC} (86a) und in der Produkttechnologie G_{it}^{PD} (86b):

(86a) $$G_{it}^{PC} = \sum_{\substack{j \\ j \neq i}} \frac{RP_{jt}^{PC}}{n-1} - RP_{it}^{PC};$$

[16] „... successful product development requires two types of knowledge: First it requires component knowledge, or knowledge about each of the core design concepts and the way in which they are implemented in a particular component. Second, it requires architectual knowledge or knowledge about the ways in which components are integrated and linked together into a coherent whole." (*Henderson/Clark,* 1990, S. 11)

[17] Vgl. *Verspagen* (1992) und *Cantner* (1995).

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

(86b) $$G_{it}^{PD} = \sum_{\substack{j \\ j \neq i}} \frac{RP_{jt}^{PD}}{n-1} - RP_{it}^{PD};$$

G_{it}^{PC}:= relativer Abstand der Prozeßtechnologie von Firma *i* (*prozeß-technologischer Gap*);
G_{it}^{PD}:= relativer Abstand der Produkttechnologie von Firma *i* (*produkt-technologischer Gap*).

In der Spilloverfunktion $F[G_{it}^{PC}]$ (87a) bzw. $F[G_{it}^{PD}]$ (87b) kommt dieses Zusammenspiel technologischer und kognitiver Faktoren bei der Aneignung von Spillover-Effekten zum Ausdruck. Exemplarisch ist die Spilloverfunktion in der Abbildung 36 illustriert. Für sehr geringe und sehr große technologische Lücken an den Rändern findet man nur einen niedrigen Einfluß absorptiver Fähigkeiten, während für mittlere technologische Abstände aus den Spillover-Effekten eine mit den absorptiven Fähigkeiten zunehmende Bedeutung externen Know-hows zu beobachten ist.

(87a) $$F[G_{it}^{PC}] = \left[\delta - (G_{it}^{PC})^2\right] \cdot ac_{it};$$

(87b) $$F[G_{it}^{PD}] = [\delta - (G_{it}^{PD})^2] \cdot ac_{it};$$

$F[G_{it}^{PC}]$:= Spilloverfunktion bei Prozeßinnovationen;
$F[G_{it}^{PD}]$:= Spilloverfunktion bei Produktinnovationen;
δ:= Skalierungsparameter für Spilloverfunktion.

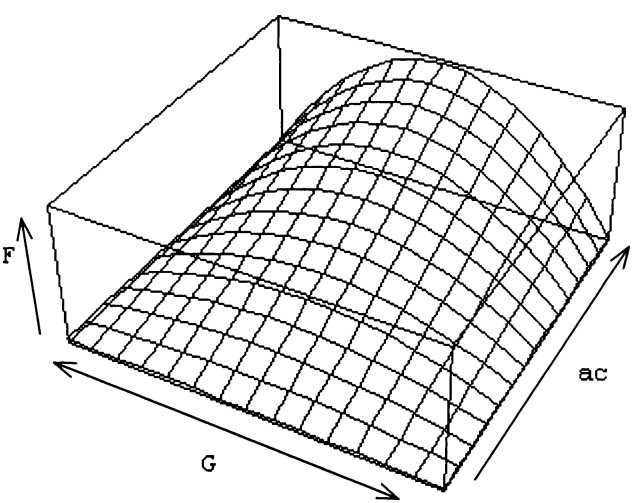


Abb. 36: Die Spilloverfunktion *F* für unterschiedliche Niveaus an absorptiven Fähigkeiten *ac* und technologische Lücken *G*

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Beschreibt die Spilloverfunktion die von technologischen und kognitiven Faktoren abhängige Fähigkeit einer Unternehmung, externes Know-how für eigene Belange zu verwenden, wird durch den endogenen Spilloverpool der Umfang externen Know-hows bestimmt. Auf diese Weise unterscheiden wir im Modell zwischen unvollständiger Information und unvollständigen Fähigkeiten, mit dieser Information umzugehen. Das Zusammenspiel dieser Faktoren wird für einen Schwelleneffekt verantwortlich gemacht, den Spillovers auslösen können, wenn erst einmal die notwendigen Voraussetzungen für deren Verständnis akkumuliert worden sind.[18] Formal findet sich dieser Schwelleneffekt in der *sigmoiden* Beziehung κ_{it}^{PC} (88a) und κ_{it}^{PD} (88b) in der analog zur Vorgehensweise von Cohen und Levinthal (vgl. Kap. C. II) neben den intraindustriellen auch interindustrielle Spillover-Effekte ξ berücksichtigt werden können:

(88a)
$$\kappa_{it}^{PC} = \begin{cases} 1, & falls \quad \sigma_{it} = 0 \\ 1 + \dfrac{\xi + s_{ct}^2}{1 + \exp(\tau - F[G_{it}^{PC}])}, & falls \quad \sigma_{it} > 0 \end{cases}$$

(88b)
$$\kappa_{it}^{PD} = \begin{cases} 1, & falls \quad \sigma_{it} = 0 \\ 1 + \dfrac{\xi + s_{at}^2}{1 + \exp(\tau - F[G_{it}^{PD}])}, & falls \quad \sigma_{it} > 0 \end{cases}$$

ξ:= interindustrielle Spillovers und Rückkopplungen aus den Wissenschaften;

s_{ct}^2:= intraindustrieller Spilloverpool der Prozeßtechnologien zum Zeitpunkt t (*Varianz der Stückkosten*);

s_{at}^2:= intraindustrieller Spilloverpool der Produkttechnologien zum Zeitpunkt t (*Varianz der Prohibitivpreise*);

τ:= Schwierigkeitsgrad im Aufbau absorptiver Fähigkeiten.

Die Abbildung 37 skizziert die Innovationserfolgsfunktionen (76) und (80) für absorptive Unternehmen (κ_{it}^{PC}, $\kappa_{it}^{PD} \geq 1$).

[18] Grundlage hierfür sind Lerneffekte: Auf der einen Seite werden im Zeitablauf Erfahrungen akkumuliert, mit externen Wissensquellen umzugehen (*learning-by-interacting*), auf der anderen Seite spielen Erfahrungen bei der Integration externen Know-hows in den eigenen Wissensstock (*learning-to-integrate*) eine wichtige Rolle. Hierzu führen *Teece/Pisano* (1994, S. 545) aus: „The capacity to reconfigure and transform is itself a learned organizational skill. The more frequently practiced, the more easily accomplished."

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Abb. 37: Schwelleneffekt in der Innovationserfolgsfunktion für Unternehmen mit absorptiven Fähigkeiten

Ab einem bestimmten Niveau an absorptiven Fähigkeiten können die Unternehmen den sich erschöpfenden intensiven technologischen Möglichkeiten und damit abnehmenden Zuwächsen in der Innovationserfolgsfunktion neue extensive technologische Möglichkeiten gegenüberstellen. Der Rückgriff auf diese extensiven technologischen Opportunitäten ermöglicht eine weitere Phase wachsenden Innovationserfolgs, obwohl auf dem eigenen Technologiepfad die intensiven technologischen Möglichkeiten bereits weitgehend ausgeschöpft sind und technologische Engpässe wirksam werden.

e) Entry und Exit

Die Analyse von Innovationsprozessen macht eine dynamische und sich über längere Zeitperioden erstreckende Vorgehensweise erforderlich, da insbesondere Lern- und Wissenserwerbsprozesse per se Zeit für sich in Anspruch nehmen. Berücksichtigt man, wie in unseren Simulationsstudien strategische Grundorientierungen der Unternehmen, die sich in der Ausgestaltung der Innovationsentscheidungen niederschlagen, ist es interessant, die langfristige Verteilung der unterschiedlichen Strategien zu untersuchen. Im Modell ist allerdings aus Gründen der Komplexitätsreduktion ein endogener Strategiewechsel nicht vorgesehen, so daß ohne Marktaus- und -eintritte in Bezug auf die Strategienverteilung eine stabile Struktur vorliegt. Läßt man hingegen Marktaus- und -eintritte explizit zu, lassen sich auch Aussagen über den Anteil einer Strategie und deren Veränderung im Zeitablauf treffen. In der evolutorischen Spieltheorie spricht man von *evolutionär-stabilen Strategien*, wenn in einer Population eine Strategie den Anteil einer Subpopulation aufrechterhält, d.h., vor dem Eindringen einer anderen Subpopulation schützt. In einem gewissen Sinn stellt unsere Analyse der Entwicklung der Anteile verschiedener Strategien ein Pendant zu diesem spieltheoretischem Konzept dar.

Um die Komplexität des Modells nicht zu sehr zu erhöhen, bleibt die Anzahl der Unternehmen im Oligopol konstant, d.h., ein Markteintritt eines potentiellen

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Unternehmens ist nur dann möglich, wenn ein bereits etabliertes Unternehmen aus dem Markt ausscheidet. Zu einem Marktaustritt kommt es immer dann, wenn der Marktanteil f_{it} einer Firma über einen längeren Zeitraum t_{limit} unter dem durchschnittlichen Marktanteil $\bar{f}_t$ liegt:[19]

(89) $$\textit{falls für } t > t_{limit} \textit{ gilt: } \quad f_{it} < \bar{f}_t \quad \textit{dann exit für Firma } i.$$

Ein Marktneuling steigt in diesem Fall mit den durchschnittlichen Kosten, dem durchschnittlichen Preis und einer über dem Durchschnitt liegenden Produktqualität $a_{it} = \bar{a}_t + 1$ in den Markt ein. Seine strategische Grundorientierung (ob konservativ oder absorptiv) wird über einen Zufallsprozeß festgelegt, durch den der Markteintritt für beide Strategien gleich wahrscheinlich ist. Auf diese Weise können wir über sehr lange Zeiträume die Ausweitung, den Rückzug und/oder die Dominanz einzelner Strategien untersuchen.

f) Zusammenfassung der Modellstruktur

Zur Verdeutlichung der Struktur und des Ablaufs unseres Simulationsmodells sind die einzelnen Bausteine und ihr Zusammenspiel noch einmal in dem Ablaufschema der Abbildung 38 zusammengefaßt. Ausgangspunkt ist die Beschreibung des heterogenen Oligopols zum Zeitpunkt *t*. In den durch Rauten gekennzeichneten Feldern treffen die Unternehmen ihre Entscheidungen, die den Zustand des Oligopols in der Periode *t+1* mitbestimmen. Auf der linken Seite finden sich die unmittelbaren marktlichen Abläufe: Die Unternehmen legen hier ihr Preisniveau fest. Über den oligopolistischen Absatzmarkt wird schließlich ihr Umsatz- und Gewinniveau bestimmt. Auf der rechten Seite finden sich die Forschungsentscheidungen der Firmen: Hier wird über den Anteil des Umsatzes entschieden, der für Forschung und Entwicklung aufgebracht werden soll. Absorptive Unternehmen entscheiden zusätzlich über den Anteil der F&E-Aufwendungen, der zum Zweck der Aneignung externen Know-hows verwendet wird. Über die Akkumulation der F&E-Kapitalstöcke ermittelt sich schließlich der Innovationserfolg, der sich für Prozeßinnovationen in Kostenreduzierungen und für Produktinnovationen in Qualitätsverbesserungen des Outputs niederschlägt. Der Erfolg absorptiver Unternehmen wird zusätzlich vom

[19] Für diese Vorgehensweise entscheiden sich auch *Winter* (1984), und *Dosi et al.* (1993, 1995). Das Unterschreiten des durchschnittlichen Marktanteils ohne die Berücksichtigung einer gewissen Zeitspanne, würde bereits bei sehr kleinen Schwankungen zu Marktaustritten führen, die kaum plausibel zu erklären sind. Aus diesem Grund beinhaltet unser Ansatz zusätzlich die Zeitspanne t_{limit}.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Spilloverpool beeinflußt, der aufgrund der Modell-Endogenität durch einen Kreis dargestellt wird. Weist das unternehmerische Ergebnis über mehrere Perioden eine unbefriedigende Höhe auf, kommt es zum Marktaustritt einer Firma. Dieses etablierte Unternehmen wird durch einen potentiellen Konkurrenten ersetzt, welcher in den Markt eintritt. Der Programmcode der Simulation wurde in Turbo-Pascal implementiert und findet sich zur Verdeutlichung im Anhang A E. II. 1.

Bevor mit den eigentlichen numerischen Experimenten begonnen werden kann, sind noch einige Vorbemerkungen zum Ablauf der Computersimulationen notwendig. In den simulierten Oligopolen stehen sich Unternehmen gegenüber, die aufgrund ihrer strategischen Grundorientierung in drei verschiedene Lager zu jeweils fünf Unternehmen eingeteilt werden: Das *konservative*, das *absorptive* und das *imitative* Lager. Zu Beginn der Simulationsläufe haben alle Unternehmen die gleichen Kosten und bieten auf der gleichen Qualitätsstufe an. Je nach Untersuchungsgegenstand werden für den Fall einer Trajektorie 200 bzw. 250 Iterationen, unter Berücksichtigung von Produktinnovationen 1.000 Iterationen und für die Untersuchung der langfristigen Aufteilung unterschiedlicher Strategien 10.000 Iterationen durchgeführt. Es handelt sich dabei wieder um eine künstliche Zeitskala (*artificial-time-scale*), die entsprechend lang gewählt wurde, um einzelne Effekte deutlich herauszuarbeiten und voneinander zu trennen. Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, daß es sich um *Monte-Carlo-Simulationen* handelt, d.h., aufgrund des stochastischen Charakters einzelner Modellkomponenten sind die Simulationen jeweils 100mal mit verschiedenen Pseudo-Zufallszahlen durchgeführt und die entsprechenden Durchschnitte berechnet worden. Auf diese Weise wird versucht, Verzerrungen, die von einmaligen, *zufälligen* Schwankungen ausgehen, auszuschalten. Im Anhang AE. II. 2 findet sich eine Tabelle mit den numerischen Größen der Parameter und der Startwerte. Zur Verdeutlichung der Robustheit der Simulationsergebnisse werden zusätzlich die Wertebereiche der Parameter angegeben, innerhalb derer qualitativ keine Veränderung der dargestellten Ergebnisse auftreten.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

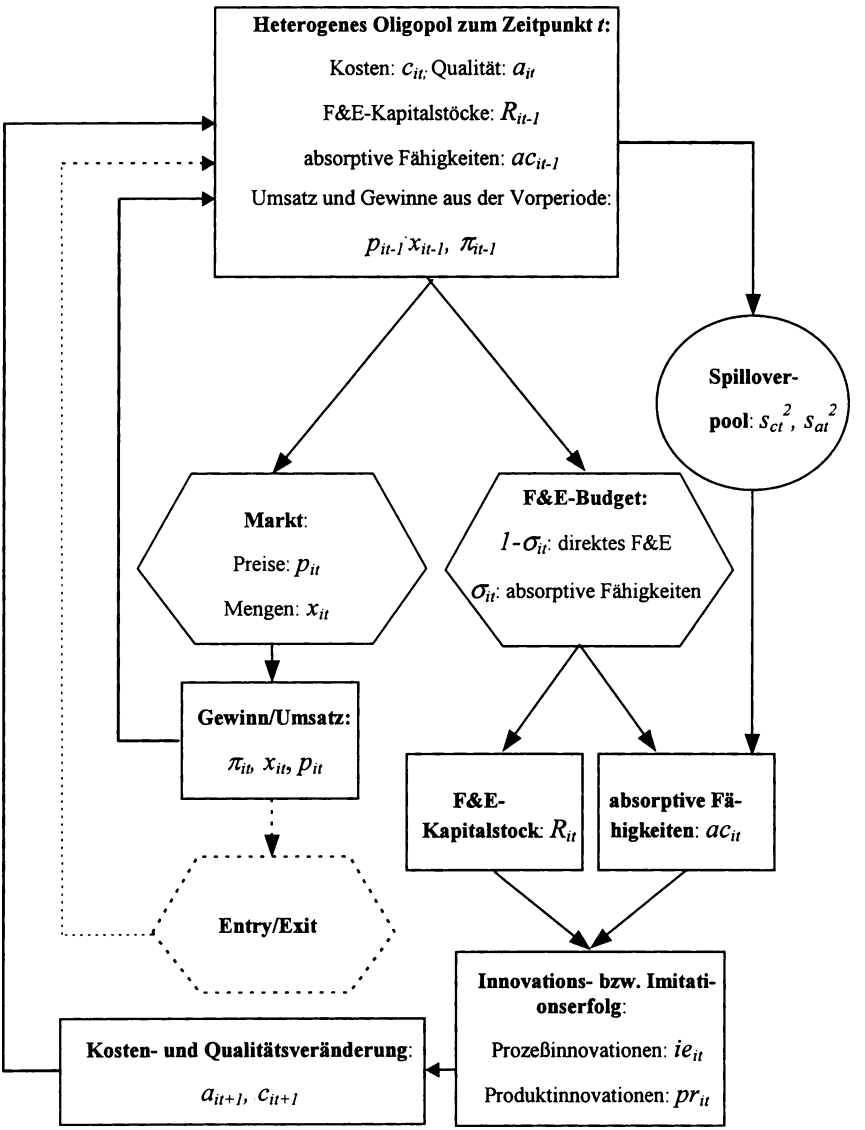


Abb. 38: Struktur des Modells

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

2. Die Entwicklung entlang einer technologischen Trajektorie

In den ersten Simulationsexperimenten betrachten wir die Entwicklung des heterogenen Oligopols ausschließlich entlang *einer* technologischen Trajektorie, Produktinnovationen (Trajektorienwechsel) und exit/entry sind hier ausgeschlossen. Diese Vorgehensweise bietet den Vorteil, die Auswirkungen von Prozeßinnovationen deutlich herauszustellen, da nach der Einführung von neuen Produkten beispielsweise die Stückkosten der Unternehmen nicht mehr miteinander vergleichbar sind. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß in einem solchen Szenario die langfristigen Entwicklungen asymptotisch auf einen Gleichgewichtszustand zustreben, indem die - für alle Unternehmen gleichen - technologischen Opportunitäten ausgeschöpft werden. Ohne die explorative Suche nach neuen technologischen Chancen, die sich in der Erschließung von Produktinnovationen niederschlägt, werden die Grenzen der technologischen Entwicklung durch sich erschöpfende Möglichkeiten voll wirksam. Zunächst wird außerdem ein Oligopol simuliert, in dem sich nur zehn Unternehmen mit konservativen und absorptiven Strategien gegenüberstehen. Von einer Berücksichtigung der imitativen Strategie wird abgesehen. In den Graphiken werden die jeweils fünf Unternehmen mit derselben Strategie mit Hilfe von Durchschnitten zusammengefaßt.

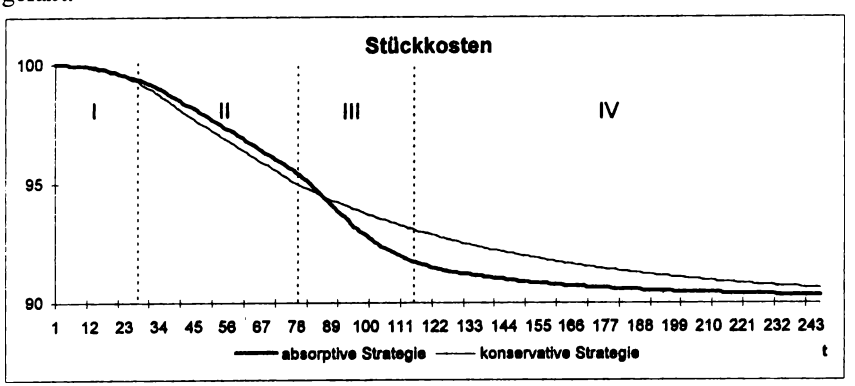


Abb. 39: Die Entwicklung der Stückkosten entlang einer technologischen Trajektorie

In der Abbildung 39 ist die Entwicklung der Stückkosten c_{it} in diesem Szenario illustriert, wobei die fette Linie die durchschnittlichen Stückkosten der absorptiven Gruppe beschreibt und die dünne Linie die entsprechende Kurve des konservativen Lagers wiedergibt. In Abschnitt I, der ungefähr bis zur 30. Iteration andauert, sehen wir nur kleine Stückkostenreduzierungen, die für die absorptiven und konservativen Unternehmen in vergleichbarer Höhe ausfallen. Ausschlaggebend dafür ist die hohe Unsicherheit in dieser frühen Phase der

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

technologischen Entwicklung, da die Unternehmen noch keine größeren F&E-Kapitalstöcke akkumuliert haben. Die unterschiedlichen Strategien können noch keine größeren Vorteile durch die Realisierung von Prozeßinnovationen für sich beanspruchen.

In der Phase II sind jedoch die konservativen Unternehmen erfolgreicher in ihren innovativen Anstrengungen. Da sie ihr ganzes F&E-Budget unmittelbar in Forschung und Entwicklung investieren und nicht, wie die absorptiven Firmen, einen Teil für den Aufbau von Fähigkeiten zur Integration externen Know-hows aufwenden, akkumulieren sie schneller einen F&E-Kapitalstock. Dieser höhere F&E-Kapitalstock ermöglicht den konservativen Unternehmen in einer Phase mit noch vergleichsweise hohen technologischen Möglichkeiten die frühere Realisierung von Kostensenkungspotentialen. Folglich liegen ihre Stückkosten in Phase II unter denen der absorptiven Firmen.

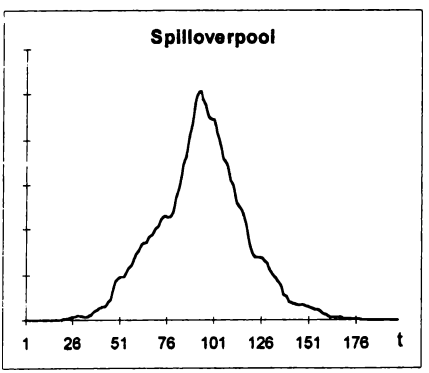


Abb. 40a: Spilloverpool
(Varianz der Stückkosten)

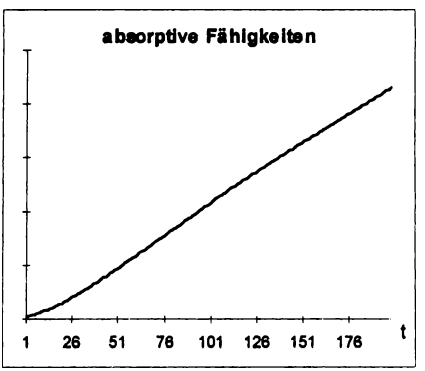


Abb. 40b: Kumulierte
absorptive Fähigkeiten

In Abschnitt III machen sich allerdings für die konservativen Unternehmen bereits erste technologische Engpässe bemerkbar, die sich in einer niedrigeren Kostensenkungsrate widerspiegeln. Für die absorptiven Unternehmen beobachtet man dagegen in dieser Phase eine gänzlich veränderte Entwicklung, die auf zwei Ursachen zurückgeführt werden kann: Auf der einen Seite hat insbesondere durch die innovativen Vorstöße der konservativen Firmen die Heterogenität im Oligopol deutlich zugenommen, wodurch der Spilloverpool s_{ct}^2 stark angewachsen ist (Abb. 40a). Auf der anderen Seite haben die absorptiven Unternehmen mittlerweile durch kontinuierliche Investitionen in ihre absorptiven Fähigkeiten ac_{it} ausreichend Kompetenz aufgebaut (Abb. 40b), um das Know-how der Spillover-Effekte auch wirksam in den eigenen Wissensstock zu integrieren. Beide Entwicklungen sind für den Schwelleneffekt verantwortlich, der zwischen ungefähr der 80. und der 115. Iteration zu beobachten ist. Absorptive Fähigkei-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

ten ermöglichen in diesem Zeitraum die Erschließung zusätzlicher Kostensenkungspotentiale, die sich aus den extensiven technologischen Möglichkeiten ergeben. Letztendlich ermöglicht der Rückgriff auf externes technologisches Know-how den absorptiven Firmen ca. in der Periode 85 ihre konservativen Wettbewerber zu überholen und mit niedrigeren Stückkosten zu produzieren.

Nachdem auch die extensiven technologischen Möglichkeiten erschöpft wurden, was sich in dem Absinken des Spilloverpools widerspiegelt, nähern sich die Stückkosten der konservativen Firmen in der Phase IV langsam wieder an jene ihrer absorptiven Wettbewerber an. In dieser Phase kommt - ohne neue technologische Impulse, wie sie beispielsweise von Produktinnovationen ausgehen können - die Dynamik der technologischen Entwicklung zum Erliegen. Welche Konsequenzen bringt der skizzierte Verlauf von Prozeßinnovationen entlang einer technologischen Trajektorie für die Entwicklung ökonomischer Größen mit sich? Zur Beantwortung dieser Frage betrachten wir in Abbildung 41 den Verlauf der durchschnittlichen Marktanteile f_{it} und in Abbildung 42 die Entwicklung der durchschnittlichen periodischen Gewinne π_{it} für konservative und absorptive Unternehmen.

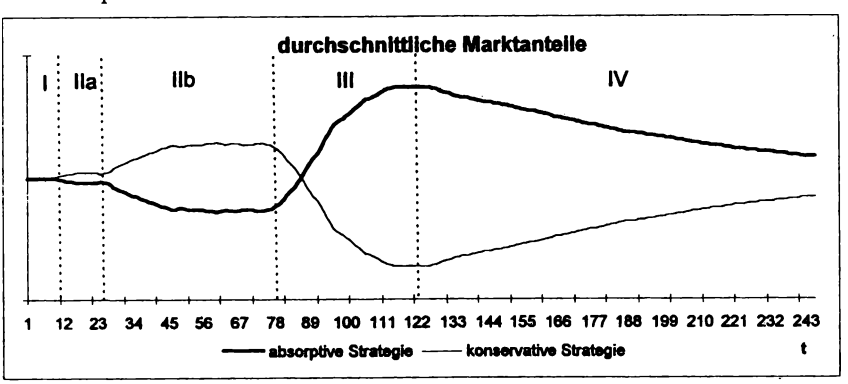


Abb. 41: Marktanteilsentwicklung entlang einer Trajektorie

In der Phase I, in der es noch zu keinen erwähnenswerten Stückkostenreduktionen kommt, teilt sich der Markt egalitär zwischen den Unternehmen im heterogenen Oligopol auf. Die erfolgreichen F&E-Aktivitäten und die noch vergleichsweise unerschöpften technologischen Opportunitäten ermöglichen den konservativen Firmen in der Phase II höhere Kostenreduktionen, die sie marktanteilsmäßig in die Spitzenposition versetzen. Die konservativen Firmen bieten ihre Produkte billiger an, wodurch sie Nachfrage auf sich ziehen. Die höheren Marktanteile übersetzen sich unmittelbar in höhere periodische Gewinne, während die absorptiven Firmen, um dem Marktanteilsverlust etwas entgegenzusetzen, ihre Preise ebenfalls reduzieren, aber aufgrund höherer Stückkosten mit

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Gewinneinbußen konfrontiert werden. In der Phase IIa wird diese Entwicklung zunächst wegen der routinisierten Entscheidungsfindung etwas gebremst: Während die absorptiven Unternehmen ihre F&E-Budgets erhöhen, weil sie technologisch hinter den Wettbewerbern liegen, beginnen die konservativen Firmen an der technologischen Spitzenposition ihre F&E-Budgets zu reduzieren, um ihren Nettogewinn zu erhöhen. Da aber in dieser Phase weder der Spilloverpool noch die absorptiven Fähigkeiten groß genug sind, schlägt sich schließlich in Phase IIb der Vorteil der höheren Investitionen in die direkte Forschung für die konservativen Unternehmen voll durch. Sie können sich jetzt deutlich, sowohl marktanteilsmäßig als auch bezüglich der periodischen Gewinne von ihren absorptiven Wettbewerbern absetzen.

Mit dem Wirksamwerden des absorptiven Effekts dreht sich die Entwicklung schlagartig um. Deutliche Kostenreduzierungen und schließlich sogar Unterbietung der Kosten der konservativen Unternehmen ermöglichen es den Firmen des absorptiven Lagers, auch ökonomisch die Entwicklung umzudrehen. Marktanteile und Gewinne nehmen in dieser Phase III deutlich zu. Nach 70 bis 80 Iterationen überholen die absorptiven Unternehmen sogar die konservativen Konkurrenten und setzen sich auch an die ökonomische Spitzenposition. In der sich daran anschließenden Phase IV finden wir die, durch die eintretende technologische Annäherung auch in der ökonomischen Entwicklung eingeläutete, asymptotische Entwicklung.

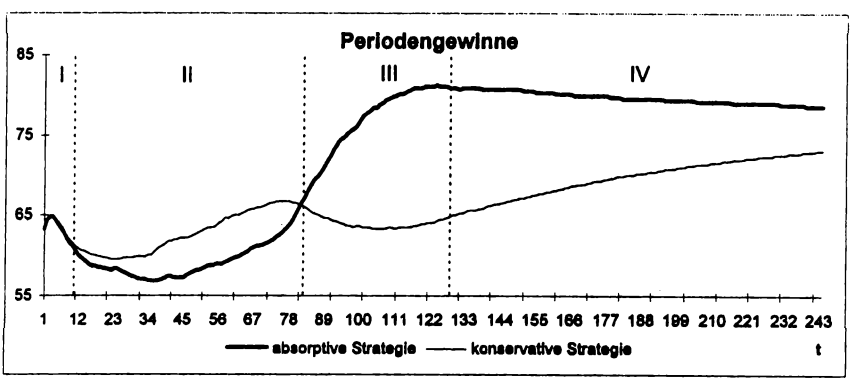


Abb. 42: Gewinnentwicklung entlang einer technologischen Trajektorie

In einem nächsten Schritt wird das Oligopol um fünf weitere Unternehmen vergrößert, die ihren Innovationsanstrengungen die imitative Strategie zugrunde legen. Da die wesentlichen Entwicklungen für konservative und absorptive Unternehmen auch in diesem Szenario wieder auftreten, beschränken wir uns hier zumeist auf die Analyse der imitativen Firmen.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

In der Abbildung 43 findet sich der tatsächliche Innovationserfolg ie_{it} bzw. der Imitationserfolg ie_{it}^{im}, der als spiegelbildlicher Verlauf der Kostenreduzierungen zu lesen ist. Die Entwicklung verdeutlicht das technologische Zurückfallen der imitativen Firmen, welches sich in den Phasen I und II sogar noch beschleunigt. Nach den innovativen Erfolgen der absorptiven Unternehmen in der Phase III konzentrieren sich die imitativen Anstrengungen auf diese technologisch erfolgreicheren Firmen, wodurch es dem imitativen Lager zumindest teilweise gelingt, technologisch nicht den Anschluß zu verlieren. In den Phasen III und IV des Innovationsprozesses nähern sie sich auf diese Weise kontinuierlich an das Niveau des Innovationserfolgs der konservativen Unternehmen an.

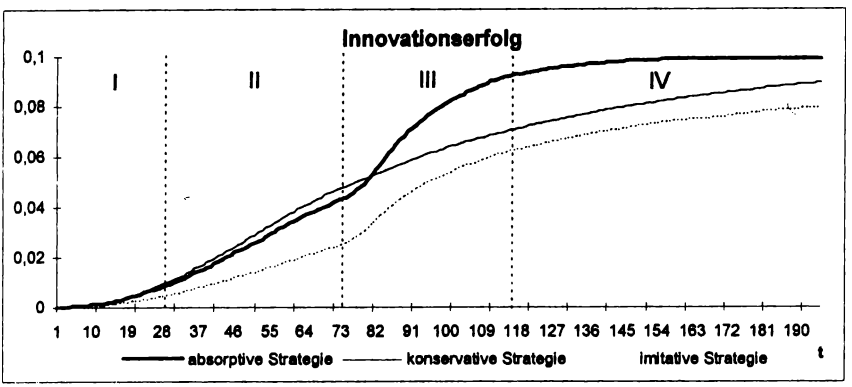


Abb. 43: Innovationserfolg entlang einer technologischen Trajektorie

Ein ähnliches Bild wird von den periodischen Gewinnen π_{it} in Abbildung 44 gezeichnet. Technologisch rückständige imitative Firmen nehmen auch ökonomisch über den ganzen Simulationszeitraum den hintersten Rang ein. Allerdings gelingt es dem imitativen Lager in der Phase III, sich an den positiven Gewinntrend der absorptiven Unternehmen anzuhängen, während die Gewinne der konservativen Unternehmen in dieser Phase sinken.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

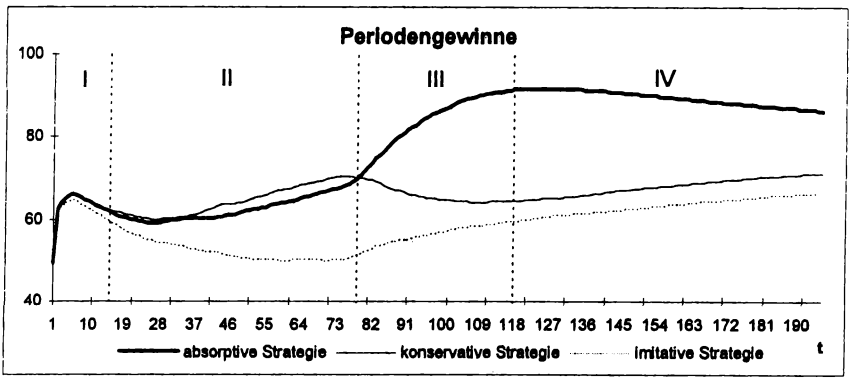


Abb. 44: Gewinnentwicklung entlang einer Trajektorie in einem Szenario mit imitativen Firmen

Die technologische Entwicklung läßt sich auch mit Hilfe des daran gekoppelten routinisierten Entscheidungsverhaltens nachzeichnen. Zu diesem Zweck finden sich in Abbildung 45 die durchschnittlichen F&E-Budgets r_{it} der drei Lager. Die Aufwendungen für Forschung und Entwicklung nehmen in der Phase I für alle Strategien zu. Dies ist vor allem auf das Umsatzwachstum zurückzuführen, welches alle Unternehmen im heterogenen Oligopol durch anfängliche Kostenreduzierungen realisieren können. Dennoch liegen in dieser Phase die F&E-Aufwendungen der konservativen Unternehmen in der Regel unter denen der anderen Wettbewerber, da die konservativen Firmen die technologische Frontier besetzen und das unterstellte *satisfycing-behaviour* zumindest zu keiner Vergrößerung ihres F&E-Anteils γ_{it} führt. Aufgrund ihrer Distanz zur technologischen Frontier investieren die absorptiven Unternehmen in der Phase I einen hohen Anteil ihres Umsatzes in F&E. Mit Wirksamwerden des absorptiven Effekts am Ende der Phase I führt dieses Entscheidungsverhalten zusammen mit den zunehmenden Umsätzen zu hohen Investitionen in innovative Aktivitäten. Dadurch gelingt es schließlich dem absorptiven Lager in der Phase II, technologisch und ökonomisch zu den konservativen Unternehmen aufzuholen, sie letztendlich sogar zu überholen. Jetzt erhöhen auch die konservativen Unternehmen ihren F&E-Anteil und behalten diesen hohen Anteil bis zum Ende der Simulation bei. Ab diesem Zeitpunkt führt das absorptive Lager mehr oder weniger unangefochten die technologische Entwicklung an. Es ist somit in der Lage, die periodischen Aufwendungen für F&E sogar zurückzufahren. Das in diesem Szenario weniger erfolgreiche imitative Lager behält während des ganzen Simulationszeitraums einen hohen F&E-Investitionsanteil bei, realisiert aber dennoch, aufgrund chronisch niedriger Umsätze, in der Regel nicht die höchsten F&E-Budgets.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

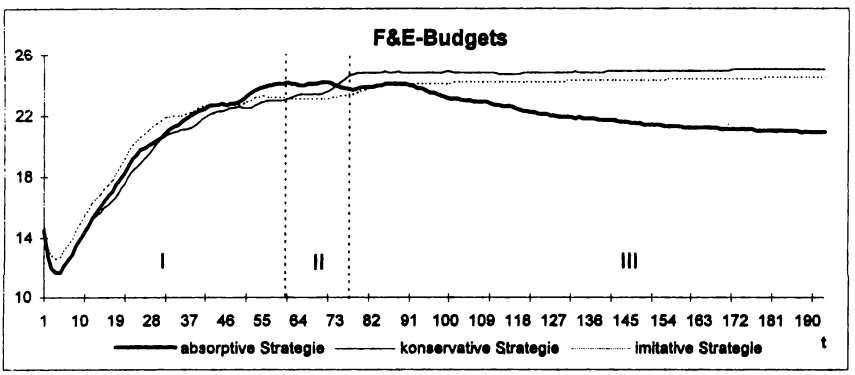


Abb. 45: F&E-Budgets der unterschiedlichen Strategien

Für die Realisierung von Prozeßinnovationen und dem damit einhergehenden Ausschöpfen der technologischen Opportunitäten entlang eines spezifischen technologischen Entwicklungspfads zeigen die hier durchgeführten Simulationsexperimente bereits charakteristische Strukturen eines kollektiven Innovationsprozesses auf. Während Strategien, wie die konservative Strategie, aufgrund ihrer Betonung kurzfristig zu realisierender technologischer Verbesserungen, in einer Umwelt mit noch unausgeschöpften technologischen Möglichkeiten, sich als sehr erfolgreich erweist, behaupten sich Strategien, die auf den kollektiven Charakter der technologischen Entwicklung setzen unter diesen Rahmenbedingungen deutlich schlechter. Die absorptive Strategie baut in diesem Umfeld kognitive Fähigkeiten zur Internalisierung externen Know-hows auf, obwohl auf der einen Seite der Spilloverpool von nur geringer Bedeutung ist und auf der anderen Seite direkte F&E-Investitionen größere Erfolge zeitigen.

Sich erschöpfende intensive technologische Opportunitäten führen allerdings zu immer schwieriger zu realisierenden technologischen Verbesserungen entlang der unmittelbaren eigenen Trajektorie: Kostenreduzierungen des gleichen Ausmaßes erfordern zunehmend höhere F&E-Aufwendungen. Neue Impulse können hier von externen Know-how-Quellen ausgehen, wobei die spezifischen Eigenschaften des Innovationsprozesses, insbesondere die Lokalität, die *Tacitness* und der kumulative Charakter des Wissenserwerbs eine einfache Integration in den eigenen Wissensstock und die Anwendung des externen Know-hows für eigene Belange unmöglich macht. Dafür sind spezifische Fertigkeiten notwendig, auf deren Aufbau sich die absorptiven Unternehmen schon früh in ihrer strategischen Grundorientierung festgelegt haben. Sie sind deshalb in der Lage, der sich verlangsamenden technologischen Entwicklung durch die Erschließung extensiver Opportunitäten noch einmal neue Impulse zu versetzen. Für absorptive Unternehmen erweist sich ihre Strategie damit auch mittelfristig als öko-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

nomisch erfolgreich, da sie die Fähigkeit haben, sich technologisch von anderen Firmen abzusetzen, die auf externe Entwicklungen nicht unmittelbar reagieren können.

Die auf Branchenebene über längere Zeiträume zu beobachtende, mehr oder weniger gleichmäßige, technische Entwicklung hat somit verschiedene Ursachen, die sich erst auf Unternehmensebene offenbaren. Hier sind statt dessen charakteristische Strukturen und Dynamiken zu beobachten, die sich in wechselnden Marktführerschaften und in einer sich wandelnden Bedeutung individueller und kollektiver Innovationsaktivitäten bzw. interner und externer Know-how-Quellen widerspiegeln.

3. Die technologische Entwicklung mit Trajektorienwechsel

In den bisherigen Simulationsexperimenten engagierten sich die Unternehmen nur in die Ausbeutung der technologischen Opportunitäten, die mit ihrem spezifischen Technologiepfad verknüpft waren. Anstrengungen in die explorative Suche nach neuen technologischen Möglichkeiten - im Sinne der Eröffnung neuer Trajektorien - wurden nicht unternommen. Aus diesem Grund näherte sich das heterogene Oligopol am Ende des Simulationszeitraums einem asymptotischen Gleichgewichtszustand, in dem wegen erschöpfter technologischer Chancen die Entwicklung insgesamt zum Stillstand kommt. Endogener technischer Fortschritt beinhaltet aber auch die aktive Suche nach neuen technologischen Chancen und das Beschreiten neuer Technologiepfade, wodurch solche entwicklungslosen Zustände tatsächlich nie erreicht werden.

In unserem Simulationsmodell nähern wir uns der Eröffnung neuer technologischer Chancen durch ein weiteres Ziel unternehmerischer Innovationsaktivitäten - den Produktinnovationen. Während mit den auf Prozeßinnovationen gerichteten Bemühungen weitgehend das Ausschöpfen vorhandener technologischer Potentiale verknüpft wird, beinhalten die Aktivitäten der Unternehmen, die auf die Einführung neuer Produkte gerichtet sind, die explorative Suche nach neuen technologischen Chancen. In den folgenden Simulationsexperimenten berücksichtigen wir aus diesem Grund neben Prozeß- auch Produktinnovationen, wodurch der endogene Wechsel zu neuen technologischen Trajektorien möglich wird. Dabei gehen wir wieder wie im vorhergehenden Abschnitt vor und simulieren zunächst ein Oligopol in dem nur konservative und absorptive Unternehmen miteinander konkurrieren. Um die einzelnen Effekte deutlich herauszuarbeiten, wird jetzt ein längerer Zeitraum von 1.000 Iterationen simuliert.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

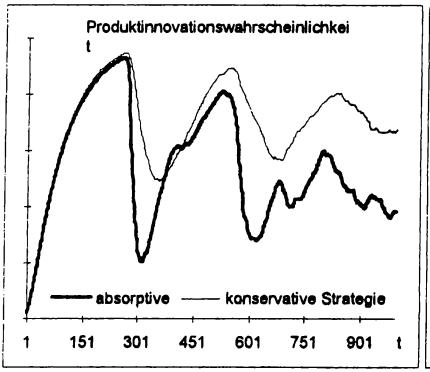


Abb. 46a: Produktinnovations-wahrscheinlichkeit

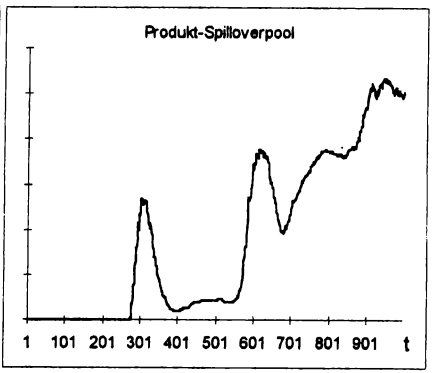


Abb. 46b: Produkt-Spilloverpool

Auf welche Weise geht nun ein Trajektorienwechsel im Oligopol vonstatten? In der Abbildung 46a findet sich die Entwicklung der durchschnittlichen Wahrscheinlichkeit für Produktinnovationen pr_{it} für konservative (dünne Linie) und absorptive Unternehmen (fette Linie). Beide Gruppen akkumulieren in den ersten Perioden einen F&E-Kapitalstock, der für die - mit abnehmenden Raten - anwachsende Produktinnovationswahrscheinlichkeit verantwortlich ist. Die konservativen Firmen nehmen bei näherer Betrachtung in den ersten 300 Perioden die Führungsposition ein, da sie ihr ganzes F&E-Budget in die unmittelbare Forschung investieren. Das absorptive Lager hingegen investiert einen Teil davon in den Aufbau kognitiver Fähigkeiten zum Verständnis von externem Know-how. Der endogene Produkt-Spilloverpool s_{at}^2 (vgl. Abb. 46b)[20] ist allerdings in dieser Phase leer, da sich die Produkte der Unternehmen zu Beginn der Simulation alle auf der gleichen Qualitätsstufe befinden, wodurch die Bemühungen der Integration von externem Know-how aus Spillover-Effekten zunächst ins Leere laufen.

Folglich innoviert durchschnittlich eines der konservativen Unternehmen als erstes und führt ein neues Produkt ein. Da zu diesem Zeitpunkt bereits bedeutende absorptive Fähigkeiten entwickelt wurden, führt das dadurch verursachte Anwachsen des Spilloverpools zu beinahe unmittelbaren Folgeinnovationen der Unternehmen des absorptiven Lagers. In den beiden obigen Abbildungen findet sich diese Situation um die Periode 300. Auf der einen Seite wird der alte F&E-Kapitalstock auf der neuen Trajektorie entwertet, wodurch die Innovationswahrscheinlichkeit, die ab diesem Zeitpunkt ja bereits auf die nächste Produkt-

[20] In den Simulationen wird von interindustriellen Spillover-Effekten und Rückkopplungen aus den Wissenschaften abgesehen: $\xi = 0$.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

innovation gerichtet ist, deutlich absinkt. Auf der anderen Seite sehen wir nur wenige Perioden davor das Anwachsen des Spilloverpools, ausgelöst durch Produktinnovationen aus dem konservativen Lager. Im Mittel brauchen die konservativen Unternehmen jedoch länger mit der Einführung der Produktinnovation. Aus diesem Grund reduziert sich deren durchschnittliche Produktinnovationswahrscheinlichkeit langsamer und die konservativen Unternehmen steigen nur sukzessive auf die neue technologische Trajektorie um. Im weiteren Verlauf liegt immer ein positiver Spilloverpool vor, der die absorptiven Unternehmen in ihren auf Produktinnovationen gerichteten Anstrengungen unterstützt. Allerdings sind wegen der zunehmenden Heterogenität die entsprechenden Kurven, die ja die Durchschnitte der Unternehmen aus beiden Lagern beschreiben, weniger gut miteinander vergleichbar. Die unterhalb der mittleren konservativen Produktinnovationswahrscheinlichkeit liegende Wahrscheinlichkeit für absorptive Wettbewerber deutet beispielsweise nicht auf weniger erfolgreiche Innovationsaktivitäten hin, vielmehr eröffnen Unternehmen mit letzterer Strategie häufiger neue technologische Trajektorien, wodurch aber ihr F&E-Kapitalstock immer wieder entwertet wird.

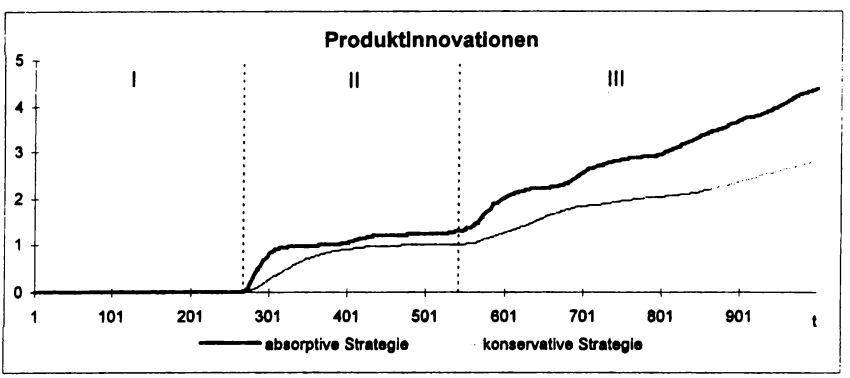


Abb. 47: Realisierung von Produktinnovationen

Dies wird auch in der Abbildung 47 verdeutlicht, in der sich die durchschnittliche Entwicklung der Produkttechnologien PDI_{it} für das absorptive und das konservative Lager wiederfindet. In Phase I befinden sich die Produkte aller Unternehmen noch auf der Qualitätsstufe zu Beginn der Simulation. Es wurden noch keine Produktinnovationen eingeführt. Erst in der Phase II finden wir den Wechsel auf die neue Trajektorie, der insbesondere von den absorptiven Unternehmen schnell durchgeführt wird. Das konservative Lager braucht insgesamt länger und hinkt in der durchschnittlichen Produktqualität hinter dem absorptiven Lager her.

Die relative Qualitätsposition, die sich in der nachfrageseitigen Bewertung der Produkte durch die Prohibitivpreise a_{it} widerspiegelt, ist in der Abbildung

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

48 dargestellt. In dem durch die Phase IIa beschriebenen Zeitraum verbessert sich die mittlere relative Qualitätseinschätzung für absorptive Unternehmen in dem Maße, wie es den Unternehmen gelingt, erfolgreich neue Produkte einzuführen. Entsprechend verringert sich die durchschnittliche relative Qualitätsposition der konservativen Unternehmen. Erst in der sich daran anschließenden Phase IIb kommt es durch den sukzessiven Wechsel der konservativen Unternehmen auf die neue technologische Trajektorie zu einer schrittweisen Annäherung der relativen Qualitätspositionen. Im weiteren Verlauf (Phase III in den Abbildung 47 und 48) führen die absorptiven Unternehmen erneut schneller eine Produktinnovation durch, wodurch sich der technologische Abstand vergrößert bzw. die relative Qualitätsposition zu den konservativen Unternehmen weiter verbessert.

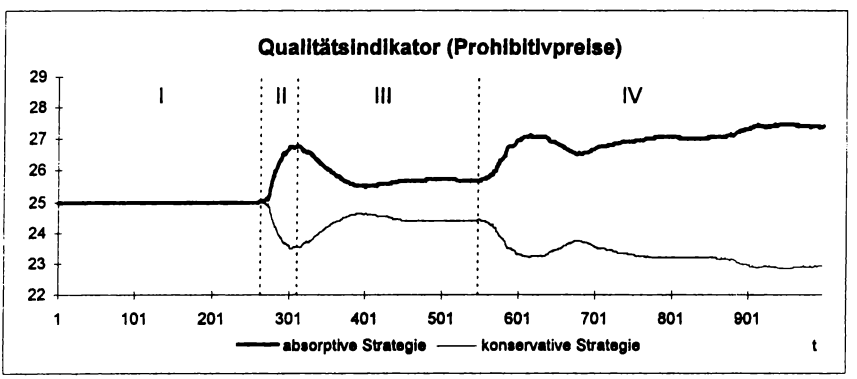


Abb. 48: Entwicklung der Prohibitivpreise

Die Einführung von Produktinnovationen zieht selbstverständlich auch ökonomische Konsequenzen nach sich. In der Abbildung 49 ist die Entwicklung der durchschnittlichen Marktanteile f_{it} des konservativen und des absorptiven Lagers illustriert. Der skizzierte Verlauf der Phase I ist weitgehend identisch mit den Ergebnissen des vorhergehenden Abschnitts, in dem das Oligopol ohne Produktinnovationen simuliert wurde, so daß eine Beschreibung an dieser Stelle nicht mehr notwendig erscheint. In der Phase II kommt es zur Produktinnovation des absorptiven Lagers. Der Wechsel auf eine neue Trajektorie ist zunächst mit einem ausgeprägten Marktanteilsverlust verbunden. Welche Ursachen können dafür verantwortlich gemacht werden? Mit einer Produktinnovation sind zwar auf der einen Seite neue technologische Möglichkeiten verbunden, die den Raum für weitere Prozeßinnovationen eröffnen, auf der anderen Seite sind die entsprechenden Unternehmen auf der neuen technologischen Trajektorie allerdings auch wieder mit hohen Stückkosten konfrontiert. M.a.W. die Unternehmen erfahren durch die Einführung einer Produktinnovation zwar eine höhere Qualitätseinschätzung durch die Nachfrager, die sich durch einen erhöhten Pro-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

hibitivpreis äußert. Dennoch müssen diese Unternehmen wegen ihrer hohen Produktionskosten auf ihren Absatzmärkten zunächst auch hohe Preise verlangen. In dieser Situation gelingt es den anderen, auf der alten Trajektorie verharrenden Unternehmen, durch den Preiswettbewerb Nachfrage auf sich zu ziehen und ihren Marktanteil auszudehnen.

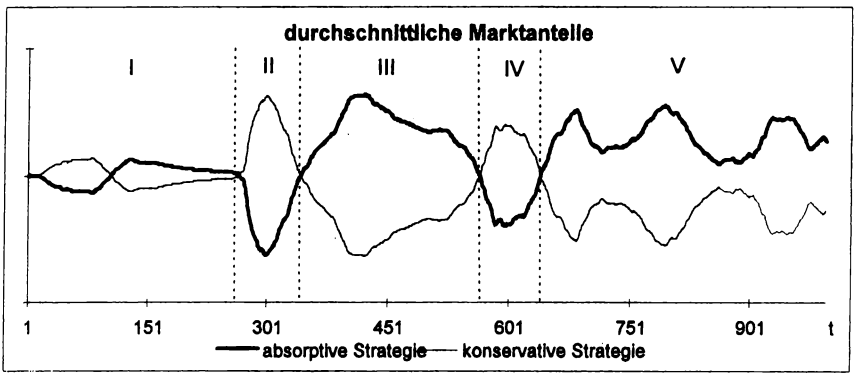


Abb. 49: Aufteilung des Marktes zwischen konservativen und absorptiven Unternehmen

Noch unerschöpfte technologische Möglichkeiten sind jedoch für hohe Kostensenkungspotentiale zu Beginn der neuen Trajektorie verantwortlich, die von den absorptiven Firmen in der zweiten Hälfte von Phase II auch entsprechend genutzt werden. Die so realisierten abnehmenden Stückkosten verschaffen dem absorptiven Lager nach kurzer Zeit wieder eine verbesserte Position auf ihren Absatzmärkten, wodurch sie Schritt für Schritt Marktanteile zurückgewinnen. Die Unternehmen des konservativen Lagers wechseln erst später auf die neue Trajektorie und sind dort zu einem Zeitpunkt mit denselben Problemen aus höheren Stückkosten konfrontiert, zu dem absorptive Unternehmen bereits erste Prozeßinnovationen realisiert haben und sich schon wieder um die Erschließung extensiver Opportunitäten aus den Spillover-Effekten bemühen. Dieser technologische Lag vergrößert den Marktanteilsverlust des konservativen Lagers in der weiteren Entwicklung (Phase III) im Vergleich zu dem entsprechenden Prozeß, der sich bereits auf der ersten Trajektorie abgespielt hat.

Diese Entwicklung wiederholt sich in der Phase IV, wenn das absorptive Lager ein weiteres Mal mit der Einführung neuer Produkte beginnt. Die damit einhergehenden Marktanteilsschwankungen fallen aber im Vergleich zur Phase II bereits etwas geringer aus, da sich die relative technologische Position der absorptiven Unternehmen, im Vergleich zum ersten Wechsel der technologischen Trajektorie, weiter verbessert hat. Im weiteren Verlauf der Phase V verfestigt sich diese Entwicklung: Trotz erneuten Wechsels der technologischen Trajekto-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

rie durch das absorptive Lager und den damit verbundenen anfänglichen Schwierigkeiten mit der neuen Technologie (hohe Stückkosten) sind die konservativen Unternehmen nicht mehr in der Lage, die Rolle eines temporären Marktführers an sich zu reißen.

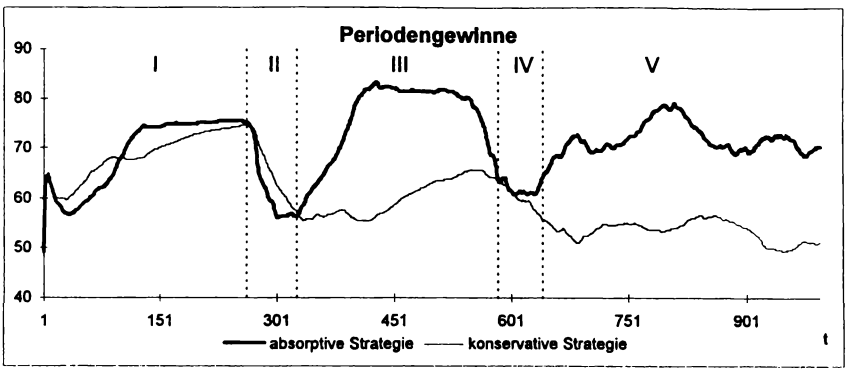


Abb. 50: Periodische Gewinne

Die Analyse der Gewinnentwicklung in Abbildung 50 deutet auf einen mit der Marktanteilsentwicklung vergleichbaren Verlauf. Er unterscheidet sich lediglich in der Ausprägung der Schwankungen, die durch den Trajektorienwechsel verursacht werden. Es zeigt sich, daß diese Schwankungen in den periodischen Gewinnen weitaus geringer ausfallen als bei den Marktanteilen. In der Phase II übernehmen die konservativen Firmen noch einmal mit geringem Abstand die führende Gewinnposition, in der Phase IV hingegen reichen die Marktanteilszuwächse der konservativen Unternehmen gerade noch aus, um zu den Gewinnen des absorptiven Lagers aufzuschließen. Verantwortlich dafür ist, daß sich die Unternehmen jetzt neben dem Preiswettbewerb auch in einem Qualitätswettbewerb befinden. Dieser Qualitätswettbewerb erlaubt es, trotz höherer Preise, Produkte abzusetzen, wenn sie durch eine höhere Qualität gekennzeichnet sind.

Große, durch Innovationsaktivitäten verursachte Schwankungen in den Marktanteilen werfen auch Fragen bezüglich der Entwicklung der Wettbewerbsintensität auf. Zur Beantwortung dieser Fragen haben wir für das simulierte Oligopol das Konzentrationsmaß CR_4 berechnet, dessen Verlauf in der Abbildung 51 veranschaulicht ist. Bestimmen wir den (linearen) Trend dieser Entwicklung, gekennzeichnet durch die gestrichelte Linie, so finden wir eine Konzentrationszunahme im Zeitablauf, die allerdings auf unterschiedliche Ursachen zurückzuführen ist:

Zu Beginn des Simulationszeitraums sind die ersten Konzentrationstendenzen auf die erfolgreichen Bemühungen des konservativen Lagers zurückzufüh-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

ren, über unmittelbare F&E-Aktivitäten ihre Stückkosten zu senken. Um die Perioden 300 und 600 sind es wieder die konservativen Unternehmen, die für die Konzentrationszunahme verantwortlich sind, indem sie Marktanteile der, gerade eine Produktinnovation einführenden, absorptiven Unternehmen an sich reißen.

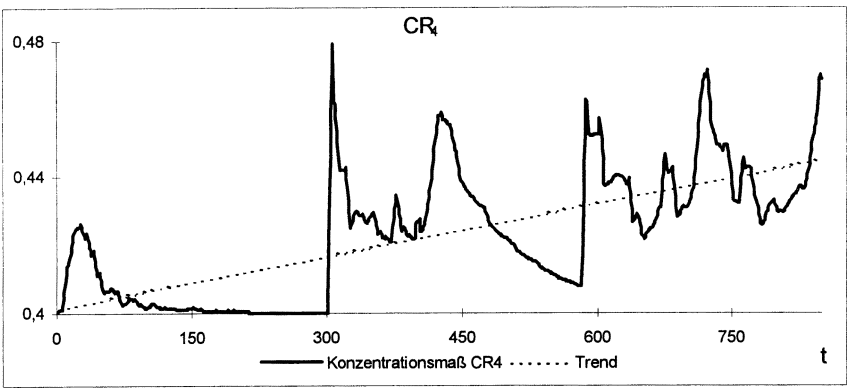


Abb. 51: Konzentrationsentwicklung und -trend

Ab diesem Zeitpunkt ändert sich allerdings die Zusammensetzung der im CR_4-Index zusammengefaßten Unternehmen. Waren es bisher immer konservative Firmen, die eine Konzentrationswelle ausgelöst haben und die schließlich von den auf- und sogar überholenden absorptiven Firmen nach und nach wieder aus dem Index verdrängt wurden, sind es im letzten Drittel des Simulationszeitraums ausschließlich absorptive Unternehmen, die den CR_4-Index konstituieren. In dieser Entwicklung spiegelt sich mittel- und langfristig *success-breeds-success* wider: Technologisch und ökonomisch erfolgreichere Unternehmen können ihren Erfolg im Zeitablauf weiter ausbauen und verursachen auf diese Weise eine Konzentrationszunahme auf den Märkten.

Im nächsten Schritt erweitern wir das heterogene Oligopol wieder um fünf Unternehmen, die ihren Forschungsanstrengungen die imitative Strategie unterlegen. Obwohl imitative Unternehmen im vorhergehenden Szenario sowohl ökonomisch als auch technologisch das schlechteste Ergebnis erzielen, können sie sich im Mehrtrajektorienfall deutlich besser behaupten. In der Abbildung 52a) ist zunächst der Verlauf der Produktinnovationen dieses Szenarios dargestellt. Nach anfänglichen Schwierigkeiten können imitative Unternehmen (gestrichelte Linie) technologisch mit den konservativen Firmen bereits nach ca. einem Drittel des Simulationszeitraums gleichziehen und diese sogar temporär überholen. Endgültig technologisch abhängen können sie die konservativen Wettbewerber nach ca. 600 Iterationen. Von nun an verläuft ihre Entwicklung mehr oder weniger mit einer zeitlichen Verzögerung parallel zu den absorptiven

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Unternehmen. Besonders deutlich ist diese verzögerte Parallelentwicklung im Verlauf der Prohibitivpreise in Abbildung 52b zu erkennen.

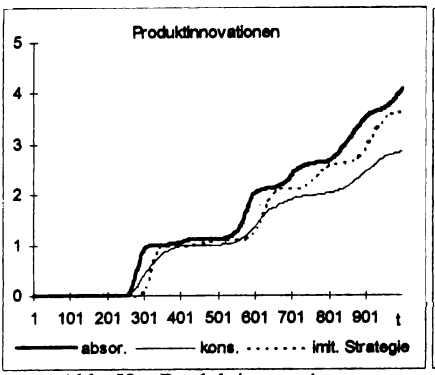


Abb. 52a: Produktinnovationen mit imitativen Unternehmen

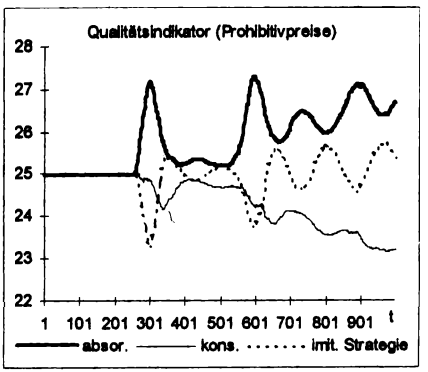


Abb. 52b: Relative Qualitätseinschätzung

Aber auch bei der ökonomischen Umsetzung der neuen Technologien schneidet das imitative Lager im Mehrtrajektorienfall besser ab. Bezüglich der Entwicklung der durchschnittlichen Marktanteile (Abb. 53) können imitative Unternehmen in den Phasen II und IV, in denen ihre absorptiven Konkurrenten neue Produkte einführen, noch mehr Nachfrage auf sich ziehen als das konservative Lager. Ziel der imitativen Anstrengungen sind ja immer die jeweils erfolgreichsten Technologien der Wettbewerber. Die Analyse des Szenarios mit der Beschränkung auf eine technologische Trajektorie hat ergeben, daß am Ende eines Technologiepfades absorptive Unternehmen mit niedrigeren Stückkosten produzieren als konservative Unternehmen. Somit richten sich die imitativen Anstrengungen in diesen Phasen auf die effizienten Technologien der absorptiven Firmen. Wenn dann das absorptive Lager selbst auf eine neue Trajektorie wechselt, verbleiben auf der alten Trajektorie imitative Unternehmen, die mit ähnlichen Technologien produzieren. Hierin liegt die Ursache für die, im Verhältnis zu den konservativen Unternehmen, größere Marktanteilsausweitung in dieser Phase. Aber auch in den *normalen* Phasen der technologischen Entwicklung gelingt es den imitativen Unternehmen in der Phase V und insbesondere in der Phase VII, zu den Marktanteilen des konservativen Lagers aufzuschließen und zeitweise sogar zu überholen.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

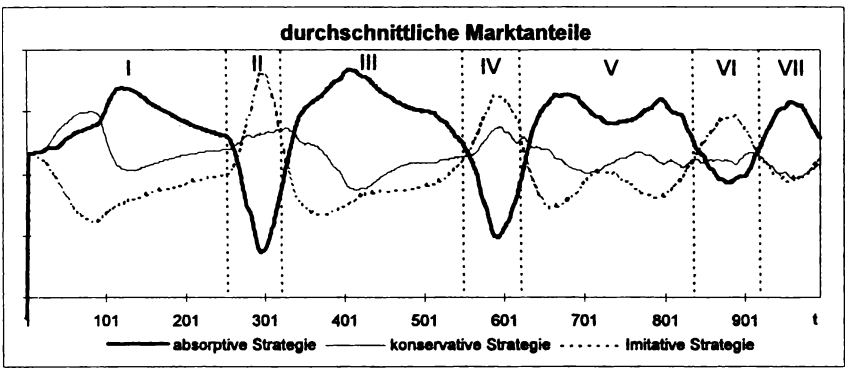


Abb. 53: Aufteilung des Marktes zwischen konservativen, absorptiven und imitativen Firmen

Aufgrund der Bedeutung, die im heterogenen Oligopol der Qualitätswettbewerb einnimmt, ist bezüglich der periodischen Gewinne (Abb. 54) sogar noch ein besseres Ergebnis der imitativen Strategie zu erwarten, da sie in der technologischen Entwicklung leichter Schritt halten können und über die zweite Hälfte des Simulationszeitraums hinweg eine höhere Qualitätseinschätzung der Nachfrager erfahren als ihre konservativen Konkurrenten. Tatsächlich sind die imitativen Firmen allerdings erst in der letzten Phasen VI in einer besseren Gewinnposition. Da sie selbst keine eigenen Forschungsanstrengungen durchführen, können sie nicht im gleichen Ausmaß Prozeßinnovationen realisieren wie die anderen Firmen. Somit sind ihre Produktionskosten relativ hoch, wodurch Vorteile des Qualitäts- durch Nachteile des Preiswettbewerbs kompensiert werden. Erst in den letzten 200 Perioden ist der technologische Abstand zu den konservativen Unternehmen groß genug, damit die positiven Effekte einer höheren Qualitätseinschätzung durch die Nachfrager durchschlagen.

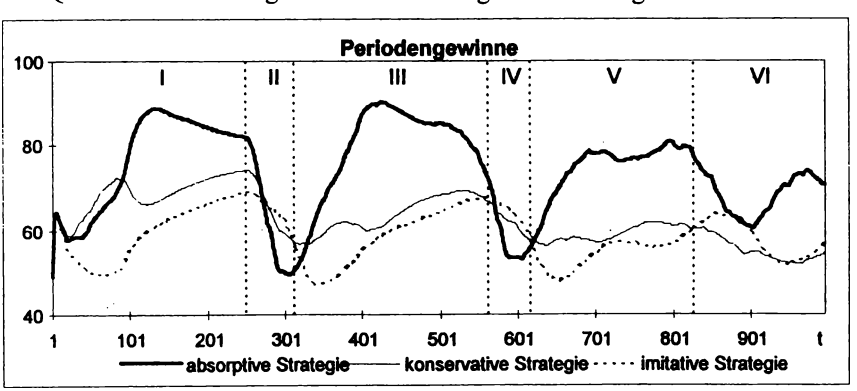


Abb. 54: Gewinnentwicklung mit imitativen Unternehmen

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Eine weitere Möglichkeit, die unterschiedlichen Strategien miteinander zu vergleichen, besteht in der Untersuchung der jeweiligen Effektivität der F&E-Ausgaben. Bezüglich Produktinnovationen geht bereits aus den Abbildungen E.47 und 52a) hervor, daß die Anwendung der absorptiven Strategie es den Firmen durchschnittlich häufiger und vor Unternehmen mit anderen Strategien erlaubt, neue Produkte zu erschließen. Zwischen der konservativen und der imitativen Strategie läßt sich die Frage der Vorteilhaftigkeit nicht unabhängig vom Zeithorizont der Simulationsexperimente beantworten. Während die konservativen Unternehmen in frühen Phasen der technologischen Entwicklung erfolgreicher in der Erschließung neuer Opportunitäten sind, gelingt den imitativen Unternehmen dagegen in weiter fortgeschrittenen Phasen häufiger der Wechsel auf eine neue technologische Trajektorie. Wie sieht es aber mit der F&E-Effektivität bei den Prozeßinnovationen aus? Die folgenden Abbildungen 55 stellen zu diesem Zweck die periodischen F&E-Budgets (inklusive den Aufwendungen für absorptive Fähigkeiten) den realisierten Kostenreduzierungen gegenüber. Es handelt sich bei der Darstellung um sogenannte *sun-flower-scatter-plots*, in denen die einzelnen Blütenblätter der Sonnenblumen die Anzahl der Beobachtungen beschreiben, die in das jeweilige Intervall fallen.

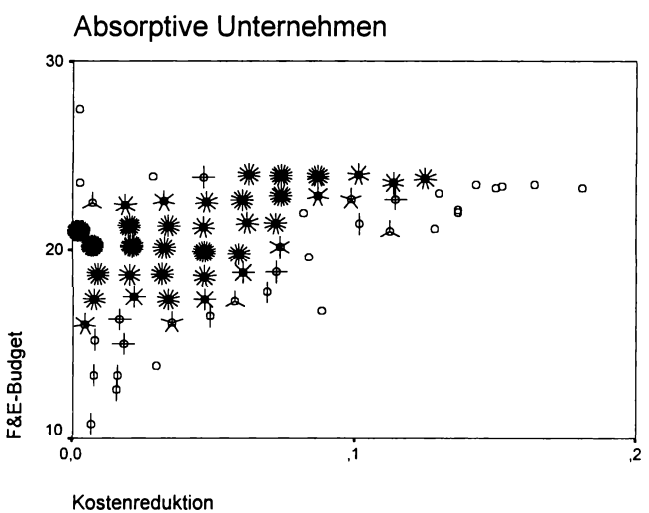


Abb. 55a: F&E-Effektivität der absorptiven Unternehmen

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

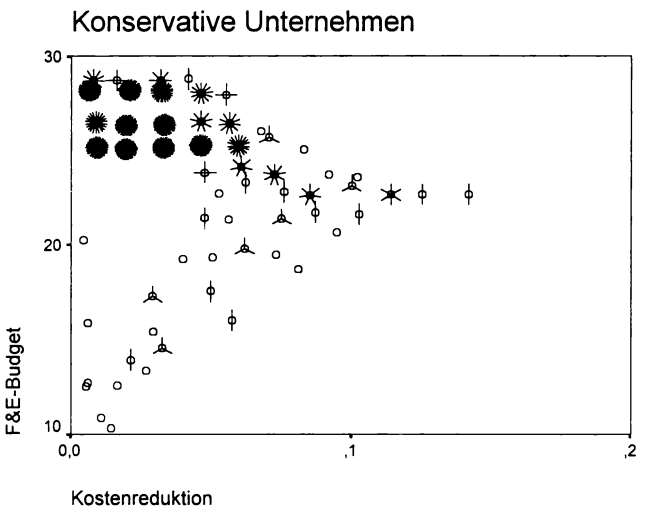


Abb. 55b: F&E-Effektivität der konservativen Unternehmen

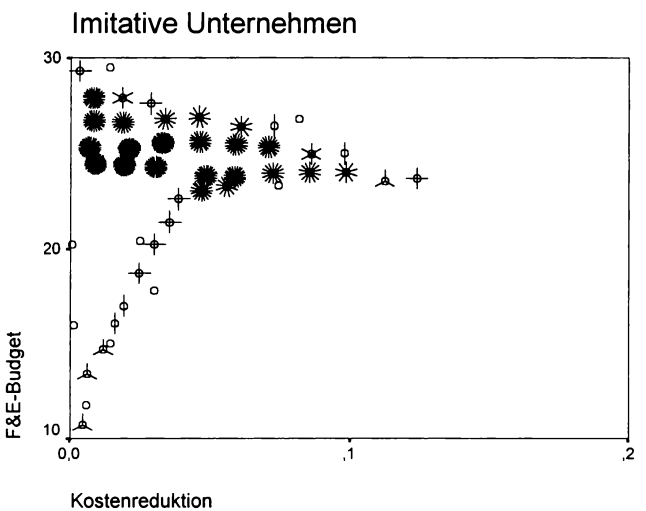


Abb. 55c: F&E-Effektivität der imitativen Unternehmen

Zunächst fällt auf, daß die F&E-Aufwendungen der absorptiven Unternehmen geringer ausfallen als die ihrer konservativen und imitativen Konkurrenten. Absorptive Firmen befinden sich häufiger in führenden technologischen Positionen, was sie veranlaßt, ihre F&E-Aufwendungen nicht zu erhöhen bzw. unter Umständen sogar zu senken. Gleichzeitig liegen ihre F&E-Erfolge, gemessen in

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Kostenreduktionen, zumindest teilweise über denen der konservativen und imitativen Unternehmen. Dafür zeichnen sich zwei Ursachen verantwortlich, die eng mit dem kollektiven Innovationsprozeß zusammenhängen:

a) Absorptive Unternehmen sind in der Lage, sich externes Know-how zu erschließen, dessen Qualität mit der Heterogenität im Oligopol zunimmt. Auf diese Weise greifen sie neben den begrenzten intensiven technologischen Chancen einer Trajektorie auch auf extensive technologische Möglichkeiten aus der gegenseitiger Befruchtung unterschiedlicher Technologien zurück.

b) Absorptive Unternehmen eröffnen häufiger als ihre Konkurrenten neue technologische Trajektorien, weshalb sie sich nicht im gleichen Ausmaß mit den erschöpften technologischen Opportunitäten einer einzelnen Trajektorie konfrontiert sehen wie ihre Wettbewerber.

Es zeigt sich somit auch bezüglich der F&E-Effektivität bei Prozeßinnovationen eine Überlegenheit der absorptiven Strategie, die ihre Ursache in der Anpassung an die Erfordernisse des kollektiven Innovationsprozesses findet. Im Gegensatz zur konservativen Strategie erkennen absorptive Unternehmen die Bedeutung externer Wissensquellen und versuchen über den Aufbau absorptiver Fähigkeiten, mit der allgemeinen technologischen Entwicklung Schritt zu halten und von ihr zu profitieren. Im Gegensatz zu den imitativen Unternehmen, die ebenfalls externe Wissensquellen berücksichtigen, stellen die absorptiven Firmen aber auf den ideenschaffenden Charakter der technologischen Spillover-Effekte ab und kombinieren externes technologisches Know-how mit den eigenen Kenntnissen und Fertigkeiten zur Überwindung der zwangsweise in der technologischen Entwicklung auftretenden Engpässe.

Der Vergleich der Strategien-Effektivität offenbart auch eine gewisse Überlegenheit der imitativen über die konservative Strategie (vorausgesetzt es existieren technologisch den konservativen Lösungen überlegene Technologien, die imitiert werden können). Imitative Unternehmen sind in ihren Bemühungen, mit dem Fortschrittstempo der allgemeinen technologischen Entwicklung Schritt zu halten erfolgreicher als die konservativen Wettbewerber. Die Ursache dafür liegt in einer zu langen Beschäftigung des konservativen Lagers mit den niedrigen bzw. bereits erschöpften technologischen Möglichkeiten einer Trajektorie, wodurch sie langfristig den Anschluß verlieren.

4. Entry/Exit: Langfristige Anteile absorptiver und konservativer Strategien

In einem letzten Schritt soll die langfristige Verteilung unterschiedlicher Strategien in dem heterogenen Oligopol untersucht werden. Die bisherige Ana-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

lyse hat ergeben, daß technologisch erfolgreichere Unternehmen in der Lage sind, ihre Marktanteile auf Kosten weniger erfolgreicher Firmen zu erhöhen und somit auch ökonomisch erfolgreicher sind. Diese Entwicklung wird jedoch mittelfristig wieder durch Wechsel in der Technologieführerschaft der Unternehmen, die ihre Ursache in den wissensbedingten Effekten absorptiver Fähigkeiten haben und die Eröffnung neuer Trajektorien unterbrochen. Die auf diese Weise entstehende Dynamik macht insbesondere in der langfristigen Analyse die Einbeziehung von Selektionsmechanismen erforderlich, die über das Verbleiben einzelner Unternehmen im Markt entscheiden. Als Selektionskriterium ziehen wir im folgenden die relative Marktposition der Firmen heran, die sich als kollektives Resultat der Wettbewerbs- und Innovationsprozesse der Unternehmen im Oligopol ergibt.

Diese Vorgehensweise steht in einer gewissen Analogie zur Analyse von biologischen Selektionsprozessen, wie sie von der evolutorischen Spieltheorie durchgeführt wird.[21] Selektion spiegelt sich dort in einer Fitness-Funktion wider, die den Anteil einer einzelnen Strategie in einer Population für die Zukunft bestimmt. In unserem Simulationsmodell co-evolviert im Unterschied zum Formalismus der evolutorischen Spieltheorie aber auch die Umwelt durch das von den Unternehmen an den Tag gelegte Verhalten und die von ihnen eingesetzten Technologien. Durch die sich wandelnde Umwelt wird dann wiederum erst die relative Fitness in der Population definiert.

In den folgenden Abbildungen 56a-d finden sich die relativen Strategieanteile eines Oligopols, in dem konservative und absorptive Unternehmen miteinander konkurrieren.[22] Ein einzelnes Unternehmen scheidet immer dann aus dem Markt, wenn sein Marktanteil f_{it} über einen Zeitraum von t_{limit}:=50 Perioden unterhalb des durchschnittlichen Marktanteils $\bar{f}_t$ der Unternehmen im Oligopol liegt. An seine Stelle tritt eine neue Unternehmung, deren Strategie durch einen, beide Strategien mit der gleichen Wahrscheinlichkeit berücksichtigenden, Zufallsprozeß bestimmt wird. Das neue Unternehmen weist bei seinem Markteintritt die durchschnittlichen ökonomischen Charakteristika (Stückkosten, Preise etc.) der anderen Oligopolisten auf, bietet allerdings ein Produkt mit einer überdurchschnittlichen Qualität ($\bar{a}_t + 1$) an. Auf diese Weise läßt sich die Ausbreitung, die Dominanz und das eventuelle Eindringen von Strategien im Oligopol untersuchen.

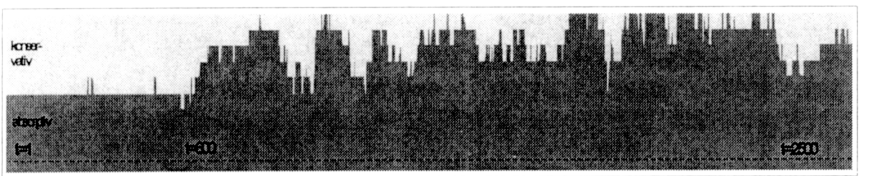
---

[21] Vgl. auch *Chiarmonte/Dosi* (1993, S. 116).

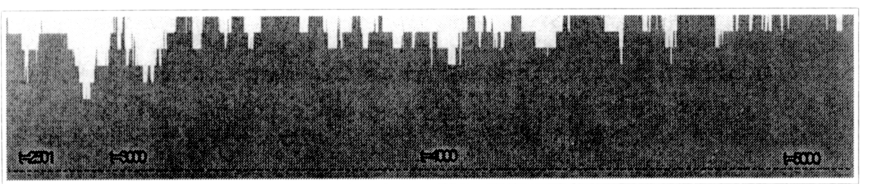
[22] Auf eine Berücksichtigung der imitativen Strategie wird in diesem Zusammenhang verzichtet, da per se die imitative Strategie mittelfristig immer auf technologische Impulse von außen angewiesen ist und somit eine dominante Position bereits ex ante auszuschließen ist.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

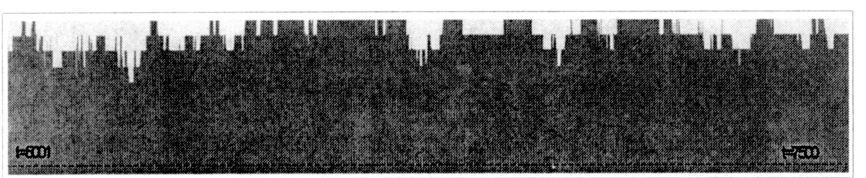
In der Abbildung ist der Anteil der konservativen Unternehmen durch die hellgraue Fläche und der Anteil der absorptiven Unternehmen durch die dunkelgraue Fläche repräsentiert. Da zur Untersuchung der Strategienanteilsentwicklung ein sehr langer Simulationszeitraum (10.000 Iterationen) gewählt wurde, ist die Graphik zur Verbesserung der Übersichtlichkeit in vier Teile geteilt worden, die jeweils für 2.500 Iterationen stehen. In der Darstellung finden sich die durchschnittlichen Strategieanteile aus 50 Simulationsläufen.



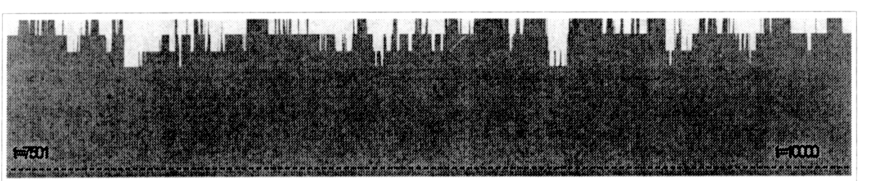
a)



b)



c)



d)

Abb. 56: Anteil konservativer und absorptiver Strategien

Die ersten Perioden sind zunächst durch eine im Vergleich zur Startverteilung unveränderten Strategienverteilung gekennzeichnet: Jeweils die Hälfte der Unternehmen unterlegt seinen Innovationsaktivitäten die konservative und die absorptive Strategie. In den vorhergehenden Simulationsexperimenten wurde deutlich, daß es den absorptiven Firmen erst mit der Einführung einer zweiten

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Produktinnovation gelingt, sich technologisch ausgeprägt von den konservativen Firmen abzusetzen. Dieser technologische Vorsprung führt nach ca. 600-700 Iterationen bei den ersten konservativen Unternehmen zu Marktanteilsverlusten und einer Erfüllung des Exit-Kriteriums, so daß sie aus dem Markt ausscheiden. Bei den auf diese Weise induzierten Markteintritten können sich durchschnittlich absorptive Firmen besser behaupten, so daß der Anteil der absorptiven Strategie in dieser Phase erstmals deutlich über 50 Prozent anwächst.

In den darauffolgenden ca. 1.500 Iterationen wird die konservative Strategie auf einen Anteil von 25 Prozent und weniger zurückgedrängt. Dennoch gelingt es der absorptiven Strategie in diesem Zeitraum nicht, über längere Perioden zur dominanten Strategie zu werden. Zwischen der 2.000 und der 3.000 Iteration sind Unternehmen mit konservativer Strategie in ihrem Bemühen, in die absorptive Population einzudringen, sogar vergleichsweise erfolgreich und nehmen immer wieder Anteile von bis zu 40 Prozent ein. In diesen Phasen treffen neue Unternehmen mit konservativer Strategie auf absorptive Firmen, die nach der Einführung einer Produktinnovation mit hohen Kosten produzieren müssen.

Ab ca. der 4.000 Iteration stellt sich jedoch eine nahezu dominante absorptive Population ein: Den neu eintretenden konservativen Unternehmen ist es nicht mehr möglich, mit dem Innovationstempo des absorptiven Lagers mitzuhalten. Deshalb fallen ihre Marktanteile im Vergleich zu den etablierten Unternehmen zu niedrig aus, um über längere Zeit im Oligopol zu verbleiben. Um die Periode 5.000 und im letzten Viertel des betrachteten Zeitraums wird allerdings deutlich, daß auch die absorptive Strategie nicht vollständig dominant ist. In diesen Abschnitten findet man immer wieder erfolgreiche Versuche konservativer Unternehmen, in die Population der absorptiven Firmen einzudringen, die zu Strategieanteilen bis zu 30 Prozent führen.

Über den gesamten Simulationszeitraum macht der Anteil der konservativen Unternehmen allerdings nur ca. 13 Prozent aus, während die absorptiven Unternehmen 87 Prozent für sich beanspruchen. Auch in einem weiteren Simulationsexperiment, in dem das Exit-Kriterium auf $t_{limit} := 25$ erniedrigt wurde, kann die konservative Strategie ihren Anteil nur auf knapp 16 Prozent erhöhen. Unter diesen Bedingungen haben es absorptive Unternehmen schwerer nach einer Produktinnovation die Phase, in der sie höhere Preise verlangen müssen, zu überleben, wovon das konservative Lager profitieren kann.

Die auf die Analyse der Strategienanteile ausgerichteten Simulationsexperimente zeigen, daß vor allem in der langen Frist die konservative Strategie der absorptiven Strategie unterlegen ist. Langfristig spielt in einem kollektiven Innovationsprozeß die Fähigkeit der Unternehmen, auf externe technologische Entwicklungen reagieren zu können und externes Know-how für eigene Belange

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

verwerten zu können, für das unternehmerische Überleben in sich permanent wandelnden Umwelten eine herausragende Rolle. Erst die Einbeziehung des ideenschaffenden Charakters der Spillover-Effekte in die Ausgestaltung der Innovationsaktivitäten ermöglicht es den Unternehmen, nachhaltig an dieser Entwicklung teilzunehmen und diese sogar selbst zu gestalten. Eine absolute Dominanz kann aber auch die absorptive Strategie nicht für sich beanspruchen, da in Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen temporär die konservative Strategie durchaus zu besseren Ergebnissen führen kann.

III. Zusammenfassung

Die Analyse des kollektiven Innovationsprozesses aus der Perspektive der neuen Innovationsökonomik läßt die Heranziehung der traditionellen Vorgehensweise mit ihrer Stabilitäts- und Gleichgewichtsorientierung nur wenig geeignet erscheinen. Insbesondere für die formale Beschreibung steht das restriktive Annahmengebäude der Neoklassik teilweise in einem deutlichen Widerspruch zu den von der neuen Innovationsökonomik betonten Aspekten. Wichtige Elemente wie die Heterogenität der Akteure, die mit dem Innovationsprozeß untrennbar verbundene Unsicherheit und daraus resultierend, das nur beschränkt rationale Verhalten der Akteure werden durch die Annahmen von vornherein genauso ausgeklammert wie Aspekte historischer Zeit und das zwangsweise Nebeneinander von gleichgewichtsfördernden, sowie -zerstörenden Tendenzen. Alternativ bietet sich statt dessen eine Vorgehensweise an, die zur Abbildung von ökonomischen und technologischen Entwicklungs- und Neuerungsprozessen dem Paradigma der evolutorischen Ökonomik verpflichtet ist. Wie der Name bereits vermuten läßt, werden in der evolutorischen Ökonomik wirtschaftliche Entwicklungen und deren spezifische Strukturen und Dynamiken analysiert, wobei ein wichtiger Schwerpunkt auf qualitativen Veränderungen wirtschaftlicher Prozesse liegt. In den von der evolutorischen Ökonomik in den letzten Jahren entwickelten Konzeptionen findet sich ein geeigneter Rahmen zur Analyse von Entwicklungsprozessen, der in den letzten beiden Abschnitten zur formalen Beschreibung des kollektiven Innovationsprozesses herangezogen wurde.

Unter Rückgriff auf synergetische Konzepte zur Selbstorganisation komplexer Systeme wurde zunächst die Entwicklung kooperativer Umwelten modelliert, die ja als wichtige Ursache für technologische Spillover-Effekte gelten, sobald von der Charakterisierung technologischen Know-hows als reines öffentliches Gut Abstand genommen wird. Ein wichtiges Ergebnis stellt die Evolution großer informeller Netzwerke als *kollektives Phänomen* dar, die sich in einer Umgebung, gekennzeichnet durch hohe Technologieintensität und der

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

damit verbundenen Unsicherheit, einstellen kann. Hinter dieser Entwicklung stehen stochastische Übergangsgesetze, die in Abhängigkeit von Einschätzungen bezüglich des Entwicklungspotentials und der Größe einer kooperativen Umwelt die Unternehmen veranlassen, dem informellen Netzwerk beizutreten oder ihm fernzubleiben. Das hierfür verwendete formale Instrumentarium läßt allerdings weder deterministische noch quantitative Aussagen zu. Es liegt in der Natur von Phasenübergängen und kritischen Fluktuationen als formales Pendant für zukunftsoffene Entwicklungen, daß über den tatsächlich eingeschlagenen Pfad nach diesen Umbrüchen keine Gewißheit mehr besteht. Stellt sich im Lauf der Entwicklung eine Bifurkation ein, besteht sowohl für die Institutionalisierung eines großen informellen Netzwerks als auch für eine nicht-kooperative Umwelt die gleiche Wahrscheinlichkeit. In diesem Punkt offenbart sich der deskriptive Charakter der evolutorischen Ökonomik, die zunächst nur an qualitativen Aussagen über Strukturen und deren vermeintlichen Veränderungen interessiert ist. Trotz der damit verbundenen Einschränkung der Aussagemöglichkeiten ist der vorgestellte Ansatz in der Lage, die Entstehung großer Spilloverpools aus informeller Kooperation zu erklären, indem er neben der individualistischen Perspektive, die ja auch bereits Gegenstand der neoklassischen Modellierung war, noch die institutionelle Perspektive und die damit zusammenhängenden Rückkopplungen zwischen Mikro- und Makroebene mit einbezieht.

Ein häufig zu vernehmender Kritikpunkt an der Verwendung von stochastischen Differentialgleichungsystemen ist die Unveränderlichkeit der Übergangsraten, die ja auch selbst Gegenstand der Evolution sein können. Dieser Einwand wird zumindest teilweise durch die Möglichkeit der Integration zeitabhängiger Übergangsraten entkräftet. Die Einbeziehung von Erkenntnissen aus der Theorie der Industrielebenszyklen integriert in die Übergangsraten solche zeitlichen Entwicklungsmuster der Kooperationsbereitschaft und des Abbaus technologischer Unsicherheit in der Technologieevolution. Es zeigt sich dabei sowohl die Möglichkeit nur temporär kooperativer Umgebungen, sowie das plötzliche Umschwenken eines über einen längeren Zeitraum stabilen informellen Netzwerks in eine nicht-kooperative Umgebung. Ein zweiter Kritikpunkt betrifft die Annahme gleicher Übergangswahrscheinlichkeiten für alle Akteure im Modell, wodurch sich deren Heterogenität nicht im Entscheidungsverhalten, sondern allenfalls in der Stochastizität der Übergangsgesetze widerspiegelt. Diesem Kritikpunkt ist allerdings nur insofern zuzustimmen, wenn durch die Anwendung des Versklavungsprinzips, d.h. der Konzentration auf eine langsame Variable - die in dem Entwicklungspotential eines informellen Netzwerks gesehen wird -, konstituierende Merkmale für informelle Netzwerke übergangen wurden. Aufschluß darüber können letztendlich nur weitere Fallstudien und empirische Untersuchungen der unternehmerischen Kooperationsbereitschaft im Innovationsprozeß geben.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Im Rahmen von Simulationsexperimenten eines heterogenen Oligopols konnte schließlich gezeigt werden, daß die Berücksichtigung des ideenschaffenden Charakters technologischer Spillover-Effekte in der Ausgestaltung unternehmerischer Innovationsprozesse langfristig mit entscheidenden Vorteilen verbunden sein kann. Obwohl der Aufbau von absorptiven Fähigkeiten mit Kosten einhergeht und dadurch für die unmittelbaren Forschungsprozesse weniger Mittel zur Verfügung stehen, birgt bei sich erschöpfenden intensiven technologischen Möglichkeiten der Rückgriff auf extensive Opportunitäten aus externem Know-how auf längere Sicht wesentliche technologische Vorteile in sich, die sich auch in ökonomische Vorteile übersetzen lassen. Die Einbeziehung des kognitiven Aspekts kollektiver Innovationsprozesse ist somit für eine Lösung des *Trade-offs* zwischen der Ausbeutung vorhandener Opportunitäten, die sich in der Realisierung zunächst höherer Fortschrittsraten niederschlagen und der Erschließung neuer Entwicklungspotentiale aus gegenseitiger Befruchtung verantwortlich.

Die in diesem Zusammenhang entstehenden *Falling-behind-*, *Catching-up-* und schließlich auch *Leapfrogging*-Effekte sind dabei ursächlich für charakteristische Strukturen und Entwicklungsmuster auf der Branchenebene, die sich allerdings erst bei der Betrachtung der Unternehmensebene offenbaren: Während auf Branchenebene über längere Phasen eine vergleichsweise gleichmäßige technologische Entwicklung (*normaler technischer Fortschritt*) zu beobachten ist, finden sich auf der Ebene der Unternehmen wechselnde Technologie- und Marktführerschaften.

Ein wichtiges Merkmal des vorgestellten Simulationsmodells ist die Endogenisierung der von der neuen Innovationsökonomik betonten Größen, wodurch aber die Aufgabe der analytischen Handhabbarkeit notwendig wurde. Auf der einen Seite bestimmen sich die Spilloverpools aus den Handlungen und den Innovationserfolgen der Unternehmen im Oligopol, welche auf der anderen Seite erst über Marktprozesse die Ressourcen verdienen müssen, die sie entweder in den Aufbau absorptiver Fähigkeiten oder in direkte Forschungstätigkeiten investieren. Das Ausschöpfen *gegebener* Entwicklungspotentiale ist dabei mit gleichgewichtsfördernden Kräften verbunden, die auf eine technologische Homogenisierung der Akteure hinauslaufen. Mit dem Erschließen *neuer* technologischer Opportunitäten verbinden sich dagegen die gleichgewichtszerstörenden Kräfte, die auch in der langen Frist die Entwicklungsdynamik im Oligopol aufrechterhalten.

Der Simulationsstudien häufig entgegengebrachte Kritikpunkt einer mangelnden Durchschaubarkeit wurde durch eine ausführliche Darstellung der Abläufe im Modell, einer schrittweisen Erweiterung einzelner Simulationsexperimente, die den Zugang zu den vom Modell erzeugten Strukturen erleichtern soll,

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

und der die Ergebnisse stützenden Sensitivitätsanalyse im Anhang zu entkräften versucht. Zudem bietet das ebenfalls im Anhang wiedergegebene Simulationsprogramm die Möglichkeit zum Ausprobieren. Die bisherigen Ausführungen machen desweiteren deutlich, daß numerische Methoden gerade in der evolutorischen Ökonomik aufgrund der dort gestellten Anforderungen an die Abbildung von heterogenen Akteuren und die Entwicklungsdynamik, die wiederum in der Regel mit Nicht-Linearitäten einhergeht, nicht nur große Vorteile besitzen, sondern geradezu notwendig sind.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

„The more there has been invented, the less there is left to be invented."

„The more there is invented, the easier it becomes to invent still more."

F. Machlup, 1984, S. 175

F. Resümee

Die herausragende Rolle des technischen Fortschritts für die wirtschaftliche Entwicklung von Volkswirtschaften gilt heutzutage als unbestritten. In der theoretischen Auseinandersetzung mit Innovationsprozessen zeigt sich insbesondere in der jüngeren Vergangenheit eine zunehmende Komplexität, die sich vor allem in der Ausdifferenzierung der wissenschaftlichen und technologischen Disziplinen widerspiegelt. Kaum eine neue technologische Errungenschaft läßt sich noch einem einzelnen spezifischen Wissensgebiet zuordnen. Vielmehr sind in diesem Prozeß vielfältige Verflechtungen zwischen den Akteuren und das Zusammenspiel der unterschiedlichsten Wissensquellen von maßgeblicher Bedeutung. Zusammengefaßt werden diese Entwicklungen in der Vorstellung des *kollektiven Innovationsprozesses*, mit dem sich die vorliegende Arbeit auseinandersetzt.

Ein wesentliches Merkmal in der Analyse kollektiver Innovationsprozesse ist die veränderte Interpretation, die technologische Spillover-Effekte erfahren. Das Kapitel B beschäftigt sich daher zunächst mit der theoretischen Auseinandersetzung mit den Fragen des technischen Fortschritts in der Volkswirtschaftslehre. Im einzelnen werden die Sichtweisen zweier unterschiedlicher Ansätze vorgestellt: Es handelt sich dabei um den traditionellen Ansatz der *Neoklassik*, mit ihrer Orientierung an der klassischen Mechanik und den Ansatz der *neuen Innovationsökonomik*, die sich an das Paradigma der evolutorischen Ökonomik anlehnt.

Weil die frühe Diskussion neoklassischer Provenienz ausschließlich auf die Anreiz- und Effizienzproblematik abstellt, kommt sie zu dem Schluß, daß technologische Spillover-Effekte eine negative Interpretation erfahren müssen. Durch sie werden die Anreize der Unternehmen, in Forschung und Entwicklung zu investieren, zu niedrig ausfallen. Fragen, die den Aufbau und Erwerb von Kenntnissen und Erfahrungen betreffen, sowie nach den Auswirkungen technologischer Heterogenität spielen wegen der Annahme vollständig rationaler

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Agenten, ausgestattet mit unbeschränkten Fähigkeiten, keine Rolle. Die offensichtliche Ausklammerung der eigentlichen Lern- und Experimentierprozesse, die hinter den unternehmerischen Innovationsaktivitäten stehen, stellt allerdings einen unbefriedigenden Zustand dar, der sich beispielsweise auch an einer zunehmenden Diskrepanz analytischer Aussagen und empirischer Ergebnisse äußert.

Die neue Innovationsökonomik setzt sich deswegen eine wirklichkeitsnähere Abbildung von Innovationsprozessen zum Ziel. Aus diesem Grund verabschiedet sie sich von der reinen Allokationsperspektive und wendet sich einer wissensbasierten Analyse zu. Mit der Kenntnisnahme nur unvollkommener Fähigkeiten und beschränkt rational handelnder Akteure gehen dann auch mit technologischen Spillover-Effekten weitaus geringere anreizmindernde Auswirkungen einher. Auf der einen Seite verliert neues technologisches Know-how seine Eigenschaften als reines öffentliches Gut. Es ist vielmehr durch Unternehmens- und Technologiespezifitäten gekennzeichnet, wodurch ein unmittelbares Durchsickern ausgeschlossen ist. Auf der anderen Seite müssen Unternehmen auch in der Lage sein, technologische Spillover-Effekte zu absorbieren. Da wegen der jetzt, nun technologisch heterogenen Ansätze der Akteure im Innovationsprozeß nicht ohne weiteres von solchen Fähigkeiten ausgegangen werden kann, vermindern sich die negativen Auswirkungen der Spillovers auf die Anreize noch einmal.

Gleichzeitig berücksichtigt die neue Innovationsökonomik explizit Rückkopplungen und gegenseitige Beeinflussungen der Akteure. Da die technologischen Möglichkeiten einzelner Technologiepfade nicht unbeschränkt sind, kommt diesen technologischen Interdependenzen sogar eine herausragende Rolle zu: Sie sind verantwortlich für gegenseitige Befruchtungen unterschiedlicher Technologien und der damit einhergehenden Erschließung völlig neuer technologischer Entwicklungspotentiale. Spillover-Effekte sind maßgeblich verantwortlich für die Vermittlung der wechselseitigen Beeinflussungen, weshalb sie jetzt eine ideenschaffende Interpretation erfahren. In diesem Zusammenhang der Abhängigkeit des Fortschrittsprozesses von zahlreichen unterschiedlichen Wissensquellen und Akteuren wird auch deutlich, weshalb in der neuen Innovationsökonomik von einem kollektiven Innovationsprozeß die Rede ist.

Cross-Fertilization-Effekte und die damit einhergehende Eröffnung neuer Entwicklungspotentiale sind allerdings keine selbstverständlichen Eigenschaften kollektiver Innovationsprozesse. Da neues technologisches Wissen nur noch latent Öffentlichen-Gut-Charakter aufweist, sind für die Entstehung von Spillover-Effekten auch noch andere Aspekte von Bedeutung. Neben vertrag-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

lich abgesicherten gemeinschaftlichen Forschungsprojekten spielen in diesem Zusammenhang informelle Netzwerke als Quelle für technologische Spillover-Effekte eine wichtige Rolle. Es handelt sich dabei um den freiwilligen Zusammenschluß von Unternehmen, Universitäten und anderen Institutionen und die in ihnen beschäftigten Wissenschaftler und Ingenieure mit der Zielsetzung, neues Know-how auszutauschen. Die Theorie steht damit vor der Aufgabe, diesen institutionell-kooperativen Aspekt kollektiver Innovationsprozesse zu erklären. Auf Unternehmensebene müssen zudem erst die Voraussetzungen für das Verständnis der Spillover-Effekte erworben werden. Auf diesen kognitiven Aspekt kollektiver Innovationsprozesse stellt die Berücksichtigung absorptiver Fähigkeiten ab, die genauso wie anderes technologisches Know-how nicht bereits ex-ante gegeben sind, sondern erst in einem zeit- und kostspieligen Prozeß aufzubauen sind.

Von Seiten der Neoklassik ist mit dem Versuch der Integration informeller Netzwerke und absorptiver Fähigkeiten in den traditionellen Analyserahmen auf diese Entwicklungen reagiert worden. Wie in Kapitel C dargelegt, handelt es sich dabei um spieltheoretische Modelle, die weiterhin auf das neoklassische Annahmengebäude zurückgreifen. Dadurch bleiben allerdings die Implikationen aus technologischer Heterogenität und des Umstands nur beschränkten Wissens bezüglich zukünftiger Handlungsalternativen nach wie vor ausgeklammert. Vor allem aus der Perspektive der im Kapitel D eingeführten evolutorischen Ökonomik bleibt diese Vorgehensweise bezüglich einer wirklichkeitsgetreuen Abbildung trotz des Abstellens auf die wesentlichen Aspekte des kollektiven Innovationsprozesses fragwürdig.

Mit Hilfe der Konzepte, die von der evolutorischen Ökonomik für die Analyse von Entwicklungsprozessen bereitgestellt werden, wird im Kapitel E eine alternative formale Modellierung des kollektiven Innovationsprozesses vorgestellt, die den Anforderungen der neuen Innovationsökonomik gerecht wird. Es zeigt sich dabei - was sich auch schon bei Analyse der neoklassischen Modelle abzeichnete -, daß die Grenzen der analytischen Lösbarkeit schnell erreicht werden und deshalb andere Modellierungstechniken erforderlich sind. Insbesondere die Berücksichtigung unterschiedlicher Akteure und ungleichgewichtiger Prozesse machen für die Analyse des kollektiven Innovationsprozesses numerische Simulationsstudien notwendig.

In dem einfachen Grundmodell der Evolution informeller Netzwerke kann zunächst noch auf analytischem Wege die Wahrscheinlichkeit informeller Kooperationen in Abhängigkeit von der Technologieintensität abgeleitet werden. Vor allem in einer durch hohe technologische Unsicherheit gekennzeichneten Umwelt ergibt sich, in diesem auf den Prinzipien der Selbstorganisation beru-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

hendem Modell, eine große Wahrscheinlichkeit für die Existenz einer stabilen kooperativen Umgebung. Innerhalb des neoklassischen Modellapparats wäre dieses Ergebnis als extrem unwahrscheinlich einzustufen. Gibt man allerdings die Annahme zeitunabhängiger Übergangsraten auf, verliert auch dieses Modell seine analytische Lösbarkeit und man ist auf numerische Verfahren angewiesen. Die in diesem Zusammenhang durchgeführten Simulationsexperimente führen vor Augen, wie beispielsweise mit dem Voranschreiten von Industrielebenszyklen, sich die Wahrscheinlichkeiten informelle Netzwerke anzutreffen verändern.

Bei der Integration von absorptiven Fähigkeiten in das Modell eines heterogenen Oligopols ist von Anfang an nur der Weg über Simulationsexperimente möglich. Dies liegt neben der Heterogenität der Akteure vor allem an der Berücksichtigung von echter Unsicherheit im Innovationsprozeß. Die methodische Trennung von programmierten Pseudo-Zufallszahlen und der Wahrnehmungsfähigkeit der im Modell repräsentierten Unternehmen schließt zwar auf der einen Seite eine analytische Behandlung im vornherein aus, auf der anderen Seite widerspricht allerdings jede andere Vorgehensweise in diesem Punkt den Anforderungen der evolutorischen Ökonomik, Neuerungen als etwas tatsächlich Neues und nicht *Bereits-Bekanntes-aber-zuvor-Unberücksichtigtes* abzubilden.

Außerdem läßt sich durch die numerische Analyse einer weiteren Forderung der evolutorischen Ökonomik nach einer endogenen Abbildung der für Innovationsprozesse als relevant erachteten Größen Rechnung tragen. So sind in dem vorgestellten Simulationsmodell sowohl der Aufbau des unternehmerischen Wissensstocks und der absorptiven Fähigkeiten sowie die Spilloverpools endogen modelliert. Diese Vorgehensweise ermöglicht die Aufdeckung von Strukturen bzw. Strukturbrüchen, obwohl sich auf Branchenebene eine weitgehende gleichmäßige technologische Entwicklung abzeichnet. Unter solche Strukturen fallen beispielsweise sich abwechselnde Marktführerschaften und temporäre Vor- und Nachteile einzelner Unternehmen mit unterschiedlichen Strategien. Die Simulationsexperimente verdeutlichen desweiteren, daß der Aufbau von absorptiven Fähigkeiten nicht nur positive Effekte für das betroffene Unternehmen mit sich bringt. Insbesondere auf kurze und mittlere Sicht können auch andere Strategien, die ausschließlich in eigene Forschungsaktivitäten investieren und externe Entwicklungen vernachlässigen, durchaus erfolgreich sein. Langfristig zeichnet sich jedoch eine gewisse Dominanz einer auf absorptive Fähigkeiten setzenden Strategie ab, wenn auch temporär immer wieder andere Strategien zumindest mit vergleichbaren technologischen und ökonomischen Ergebnissen aufwarten können.

Nicht übersehen werden darf allerdings, daß in den theoretischen Modellen der neuen Innovationsökonomik noch äußerst spekulative Elemente, wie z.B.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

der Rückgriff auf routinisierte Verhaltensweisen, verwendet werden. Dadurch wird die Notwendigkeit weiterer empirischer Untersuchungen und Fallstudien zur Unterstützung der oft auf Plausibilitätsüberlegungen beruhenden Annahmen unterstrichen. Im Zusammenhang mit der Analyse kollektiver Innovationsprozesse finden sich in der jüngeren Literatur jedoch bereits mehrere Studien mit bezüglich der vorliegenden Arbeit kompatiblen Ergebnissen. So untersucht beispielsweise Miyazaki (1994) Aspekte des kollektiven Innovationsprozesses in der optoelektronischen Industrie. Henderson (1994) und Iansiti und Clark (1994) weisen ebenfalls die Vorteilhaftigkeit unternehmerischer Strategien, die Elemente des kollektiven Innovationsprozesses berücksichtigen, in der pharmazeutischen Industrie, der Automobil- und Computerbranche nach. Besonders eindrückliche Evidenz findet die Bedeutung informeller Netzwerke und absorptiver Fähigkeiten in einer aktuellen Studie der *typesetter-industry* von Tripsas (1997). In dieser Branche, die in den letzten 100 Jahren von drei radikalen technologischen Umbrüchen - von mechanischen Druckmaschinen hin zu computergesteuerten Lasertechnologien - begleitet wurde, hat sich ein Unternehmen, die Firma *Mergenthaler Linotype,* über den gesamten Zeitraum in einer führenden Position halten können. Ihre immer wieder wechselnden Konkurrenten überlebten dagegen in der Regel nicht einen dieser Technologiesprünge. Als Erfolgsgeheimnis identifiziert Tripsas die Fähigkeit des Unternehmens, auf externe Entwicklungen zu reagieren und diese umzusetzen. Dafür macht sie im wesentlichen zwei Faktoren aus:

> „The details of the case studies demonstrate the importance of both elements of external integrative capability, internal investments in absorptive capacity and an external communication infrastructure. Without internal investments in absorptive capacity, firms were not particularly successful at integrating external knowledge. ... While internal investments in absorptive capacity are important, the development of an external communication infrastructure to transmit knowledge is equally critical. The communication linkages by which external knowledge is transmitted cannot be assumed to exist, and in fact are a significant source of interfirm heterogeneity."[1]

Zum Abschluß sei noch einmal auf die grundsätzlichen Ansätze in der Analyse von Innovationsprozessen eingegangen. Die unterschiedlichen Vorgehensweisen des neoklassischen Forschungsprogramms und der neuen Innovationsökonomik lassen sich anhand der vorgestellten Äußerungen Machlups anschaulich verdeutlichen. Die neoklassische Analyse beschränkt sich letztendlich in der Abbildung von Innovationsprozessen, entsprechend dem ersten Zitat von Machlup, auf eine vorgegebene Neuerung und Innovator-Imitator-Beziehungen. Technologische Spillover-Effekte sind zwar auch hier für die Diffusion des

[1] *Tripsas* (1997), S. 368f.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

neuen Know-hows verantwortlich, aber es entstehen dabei keine neuen technologischen Potentiale. Die entsprechende Innovation wird schlicht imitiert, wodurch neben dem Know-how auch eine im voraus gegebene Innovationsrente diffundiert. In der neuen Innovationsökonomik entstehen dagegen durch die Diffusion des Know-hows neue extensive technologische Möglichkeiten; Spillover-Effekte werden auf diese Weise mit ihrem ideenschaffenden Charakter in Verbindung gebracht, wodurch sich die Entwicklungsdynamik von Innovationsprozessen endogen aufrechterhält. D.h., je größer der Erfahrungsschatz und die Wissensbasis ist, desto größer wird, entsprechend Machlups zweitem Zitat, die Wahrscheinlichkeit der Erschließung neuer Zusammenhänge und Verbindungen mit den positiven Auswirkungen auf das Entwicklungspotential und die Entwicklungsdynamik.

Diese Erweiterung des Untersuchungsgegenstands und der Versuch einer größeren Wirklichkeitsnähe wird allerdings nur durch den Verzicht der Prognosefähigkeit der Modelle erreicht. Das Ziel der neuen Innovationsökonomik muß daher in der bescheideneren Erklärung und Beschreibung der Entstehung und Entwicklung von qualitativen Strukturen gesehen werden.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Anhang

Anhang C. II. Begründung der Annahme $sign\left(\frac{\partial r^*}{\partial \theta}\right) = sign\left(\frac{\partial \pi_r^i}{\partial \theta}\right)$:

Für die Bedingung 1. Ordnung gleichgewichtiger F&E-Ausgaben gilt:

(A.1) $$\frac{\pi^i(r_1^*, r_2^* \ldots, r_i^*, \ldots, r_n^* | \theta)}{\partial r_i} \overset{!}{=} 0 .$$

Das totale Differential davon schreibt sich:

(A.2) $$\frac{\partial^2 \pi^i}{\partial r_i \partial r_i} \cdot dr_i + \sum_{j \neq i} \frac{\partial^2 \pi^i}{\partial r_i \partial r_j} \cdot dr_j = -\frac{\partial^2 \pi^i}{\partial r_i \partial \theta} \cdot d\theta .$$

Substituiert man: $\alpha_i = \frac{\partial^2 \pi^i}{\partial r_i \partial r_i}$, $\beta_i^j = \frac{\partial^2 \pi^i}{\partial r_i \partial r_j}$, $\gamma^i = r_i^{'} = \frac{\partial^2 \pi^i}{\partial r_i \partial \theta}$ erhält man aus dem totalen Differential die folgende Matrix für alle n Unternehmen:

(A.3a) $$\begin{bmatrix} \alpha_1 & \beta_1^2 & \beta_1^3 & & \beta_1^n \\ \beta_2^1 & \alpha_2 & \beta_2^3 & & \beta_2^n \\ . & & & & . \\ . & . & & & . \\ \beta_n^1 & \beta_n^2 & & \beta_n^{n-1} & \alpha_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} dr_1 \\ dr_2 \\ . \\ . \\ dr_n \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} \gamma_1 d\theta \\ \gamma_2 d\theta \\ \\ . \\ \gamma_n d\theta \end{bmatrix}$$

Da es sich um ein symmetrisches Gleichgewicht handelt, läßt sich die Matrix vereinfachen zu:

(A.3b) $$\begin{bmatrix} \alpha & \beta & \beta & \ldots & \beta \\ \beta & \alpha & \beta & \ldots & \beta \\ . & & & & . \\ . & . & & & . \\ \beta & \beta & & \beta & \alpha \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} dr \\ dr \\ . \\ . \\ dr \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} \gamma d\theta \\ \gamma d\theta \\ . \\ . \\ \gamma d\theta \end{bmatrix}$$

wodurch man *n* identische Gleichungen folgenden Aussehens erhält:

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

(A.4a) $$[\alpha + (n-1)\beta] \cdot dr = -\gamma d\theta ,$$

beziehungsweise umformuliert:

(A.4b) $$\frac{dr}{d\theta} = -\frac{\gamma}{\alpha + (n-1)\beta} .$$

Gilt für das Oligopol das Stabilitätskriterium (vgl. Dixit, A.,1986), dann ist:

(A.5) $$\alpha + (n-1)\beta < 0 .$$

Daraus folgt, daß das Vorzeichen von $\frac{\partial r^{\bullet}}{\partial \theta}$ dem Vorzeichen von $\gamma = \frac{\partial \pi_r'}{\partial \theta}$ entsprechen muß. Analog läßt sich die Gleicheit der Vorzeichen für β, f und ξ zeigen.

Anhang E. I. Detailed-Balance-Bedingung und Fokker-Planck-Gleichung

1. Die Erfüllung der Detailed-Balance-Bedingung bei linearen Zustandsräumen

Bei linearen Zustandsräumen gilt in der stationären Lösung zusätzlich die *Detailed Balance*-Bedingung. Diese Bedingung besagt, daß nicht nur global ein Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Wahrscheinlichkeitsflüssen erreicht wird, sondern daß sich dieses Wahrscheinlichkeitsgleichgewicht auch zwischen allen benachbarten Zuständen einstellt. Als notwendige und hinreichende Bedingung ergibt sich dabei für eine geschlossene Schleife (*closed loop*):[1]

(A.6) $$\prod_{\tilde{N}=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} \frac{q_{nc\to c}(\tilde{N})}{q_{c\to nc}(\tilde{N})} = 1.$$

Im Fall eines linearen Zustandsraums ergibt sich für eine geschlossene Schleife beispielsweise $\tilde{N} \to \tilde{N}+1 \to \tilde{N}$. Eingesetzt in (A.5.1) erhalten wir:

(A.7) $$\prod_{\tilde{N}=N_1}^{N_1+1} \frac{q_{nc\to c}(\tilde{N})}{q_{c\to nc}(\tilde{N})} = \frac{q_{nc\to c}(\tilde{N}) \cdot q_{c\to nc}(\tilde{N})}{q_{c\to nc}(\tilde{N}) \cdot q_{nc\to c}(\tilde{N})} = 1,$$

[1] Vgl. *Haken*, (1990), S. 99-102.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

womit gezeigt ist, daß im Modell zur Evolution informeller Netzwerke bei zeitunabhängigen Übergangsraten die Bedingung der detailierten Bilanz erfüllt ist.

2. Die Fokker-Planck-Gleichung

Zur Herleitung der Fokker-Planck-Gleichung ist zunächst mit der Mastergleichung (46) eine Taylor-Reihen-Entwicklung ($\Delta t \to 0$) durchzuführen:[2]

$$\text{(A.8)} \quad \frac{\partial P(n;t)}{\partial t} = \Delta n \frac{\partial}{\partial n}[q_{nc\to c}(n)\cdot P(n;t) + \frac{(\Delta n)^2}{2}\frac{\partial^2}{\partial n^2}[q_{nc\to c}(n)\cdot P(n;t)] - \Delta n \frac{\partial}{\partial n}[q_{c\to nc}(n)\cdot P(n;t) + \frac{(\Delta n)^2}{2}\frac{\partial^2}{\partial n^2}[q_{c\to nc}(n)\cdot P(n;t)].$$

Da $\Delta n=1$ (Verhaltenswechsel eines Mitglieds der Population), läßt sich dieser Ausdruck vereinfachen zu:

$$\text{(A.9)} \quad \frac{\partial P(n,t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial n}\{[q_{nc\to c}(n) - q_{c\to nc}(n)]\cdot P(n,t)\} + \frac{1}{2}\frac{\partial^2}{\partial n^2}\{[q_{nc\to c}(n) + q_{c\to nc}(n)]\cdot P(n,t)\}.$$

Wird nun auf den stetigen Zustandsraum x zurückgegriffen, erhalten wir die Fokker-Planck-Gleichung unseres Systems:

$$\text{(A.5.5)} \quad \frac{\partial P(x;t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}[(\tilde{q}_{nc\to c}(x) - \tilde{q}_{c\to nc}(x))\cdot P(x;t)\} + \frac{\varepsilon}{2N}\frac{\partial^2}{\partial x^2}[(\tilde{q}_{nc\to c}(x) + \tilde{q}_{c\to nc}(x))\cdot P(x;t)]; \quad \varepsilon = \frac{1}{2N},$$

bzw. unter Heranziehung des Drift-Koeffizienten (53) und des Fluktuationskoeffizienten (54) die in Kapitel E. I wiedergegebene Form (55).

[2] Vgl. *Weidlich/Haag* (1983), S. 22-25.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Anhang E. II.1. Programmcode der Oligopol-Simulation

PROGRAM multi-trajectory;
CONST

i=10{15} *{Unternehmensanzahl};* A_0=25 *{Startwert für Prohibitivpreis};* h_0=0.85 *{Startwert für Reaktionskoeffizienten};* c_0=100 *{Startwert Stückkosten};* η=1.0 *{Steigungsparameter der Nachfrage};* γ_0=0.025 *{Startwert für F&E-Anteil};* q_0=0 *{Startwert für Produktqualität};* α=0.0005 *{F&E-Kapitalstock-Gewicht};*

τ=35 *{spezifische Steigung der sigmoiden Funktion};* δ=0.3 *{Spillover-Begrenzung};* λ=85 *{Poisson-Koeffizient};* exit=25 {Anzahl der Perioden bis zum Marktaustritt}; σ_{min}=0.95 *{1-σ_{min}:= Mindestanteil in absorptive Fähigkeiten};* σ_{max}=0.8 *{1-σ_{max} := höchster Anteil in absorptive Fähigkeiten};*

VAR

z, y, k, l, v, p: integer;	*{Schleifenvariablen}*
t: integer;	*{Zeitindex}*
vol: extended;	*{Summe über Output}*
ieitmax: extended;	*{max. Innovationserfolg für Imitation}*
f(R): extended;	*{Zufallszahl bei Prozeßinnovationen}*
a: array [0..i] of extended;	*{indiv.Prohibitivpreis}*
π: array [0..i] of extended;	*{Profit}*
h: array [0..i] of extended;	*{Reaktionskoeffizient}*
p: array [0..i] of extended;	*{Preise}*
x: array [0..i] of extended;	*{Mengen}*
c: array [0..i] of extended;	*{Stückkosten}*
f: array [0..i] of extended;	*{Marktanteil}*
r: array [0..i] of extended;	*{F&E-Budget}*
R: array [0..i] of extended;	*{kumuliertes F&E-Budget}*
ie: array [0..i] of extended;	*{Innovationserfolg (Prozeßinnovationen)}*
pr: array [0..i] of extended;	*{Wahrscheinl. für Produktinnovationen}*
ac: array [0..i] of extended;	*{absorptive capacity}*
q: array [0..i] of extended;	*{Produktqualität}*
qmit: array [0..i] of extended;	*{mittlere Produktqualitätaabweichung}*
γ: array [0..i] of extended;	*{F&E-Anteil des Umsatzes}*
σ: array [0..i] of extended;	*{1-σ in absorptive capacity}*
$F[G^{PC}]$: array [0..i] of extended;	*{ Spilloverfunkt. bei Prozeßinnovationen }*
$F[G^{PD}]$: array [0..i] of extended;	*{ Spilloverfunkt. bei Produktinnovationen }*
G^{PC}: array [0..i] of extended;	*{techn. Abstand zum Durchschnitt der anderen Technologien (Prozesse)}*
G^{PD}: array [0..i] of extended;	*{techn. Abstand zum Durchschnitt der anderen Technologien (Produkte)}*

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

```
RP^PC: array [0..i] of extended;   {techn. Abstand zur Frontier (Prozesse)}
RP^PD: array [0..i] of extended;   {techn. Abstand zur Frontier (Produkte)}
st: array [0..i] of integer;       {Strategien}
exit: array [0..i] of integer;     {Zähler für Marktaustritte}
summe: extended;                   {für Reaktionsfunktion in Markt}
sc^2: extended;                    {Varianz der Stückkosten}
sa^2: extended;                    {Varianz der Prohibitivpreise}
ρ: array [0..i] of extended;       {poisson-verteilte Zufallsvariable}
csum: extended;                    {Hilfsgröße, s. procedure VARIANZEN}
durchschnitt: extended;            {Hilfsgröße, s. procedure VARIANZEN}
h, ā, p̄, x̄, q̄, c̄, f : extended;   {Durchschnittswerte}
*****************************************************************
***************Bestimmung der Spilloverfunktion (Prozeß)************
*****************************************************************
procedure Distanz1; begin
  RP^PC[l]:= 0;        {relative Position auf Null setzen}
  k_min :=1000;    {Position eines fiktiven Technologieführer}
for l := 1 to i do begin
  k_min := c[l];
 for z := 1 to i do  begin {zunächst werden die minimalen Stückkosten im
                            Oligopol bestimmt}
     if c[z] < k_min then begin
       k_min := c[z]; end;
     RP^PC[l] :=k_min/c[l]; {daraus läßt sich die relative Technologieposition
                            einer Firma berechnen}
   end; end;
for l:=1 to i do begin{Berechnung der Spilloverfunktion}
 G^PC[l]:=0;  {tech. Lücke G  als Determinante der Spilloverfunktion}
  for z:=1 to i do begin
     if z<>l then G^PC[l]:= G^PC[l]+RP^PC[z]; end;
 G^PC[l]:= G^PC[l]/(n-1);
 G^PC[l]:=RP^PC[l]- G^PC[l];
   F[G^PC][l]:= (δ -Sqr(G^PC[l]))*ac[l];  {Spilloverfkt. als umgekehrte Parabel}
   if F[G^PC][l]<0 then F[G^PC][l]:=0;
 end; end;
*****************************************************************
************** Bestimmung der Spilloverfunktion (Produkt)************
*****************************************************************
procedure Distanz2; begin
  RP^PD[l]:= 0;      {relative Position}
  R_max :=0;        {Position des Technologieführers}
```

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

```
  for l := 1 to i do
   if q[l]>Rmax then{zunächst wird die höchste Qualitätsstufe im Oligopol
                     ermittelt}
   Rmax := q[l];
  for l := 1 to i do begin
RPPD[l] := q[l]/Rmax; end;  {aus dem Quotienten ergibt sich die relative
                             Technolgieposition einer Firma}
  for l:=1 to i do begin
   GPD[l]:=0;   {techn. Lücke G  als Determinante der Spilloverfunktion}
  for z:=1 to i do begin
   if z<>l then GPD[l]:= GPD[l]+ RPPD[z]; end;
    GPD[l]:= RMPPD[l]/n;
    GPD[l]:= RPPD[l]- GPD[l];
    F[GPD][l]:= (-δ*Sqr(GPD[l]))*ac[l]; {Spill.fkt.als umgekehrte Parabel}
    if F[GPD][l]<0 then F[GPD][l]:=0;
  end; end;
*****************************************************************
************************Strategienfestlegung**********************
*****************************************************************
procedure Strategie; begin
  for l:=1 to i do begin      {absorptive Strategie}
     case st[l] of
     1: begin
        σ[l]:=1-(RPPC[l]*RPPD[l]);   {in absorptive Fähigkeiten werden}
        if σ[l]> σmax then     {minimal 5% und maximal 20% des}
        σ[l]:= σmin;           {F&E-Budgets investiert}
        if σ[l]< σmax then
       σ[l]:= σmax; end;
     2: begin  σ[l]:=1; end;   {konservative Strategie}
     3: begin σ[l]:=1; end;    {imitative Strategie}
     0: begin Randomize; begin  {Exit-Firmen erhalten eine neue Strategie}
          st[l]:=Random(3)+1;   {Zufallsprozeß: Bestimmung der Entry-
                                 Strategie}
        exit[l]:=0; π[l]:=0; R[l]:=0; pr[l]:=0; ac[l]:=0; c[l]:= c̄ ; p[l]:= p̄ ;
        x[l]:= x̄ ; a[l]:= ā ; h[l]:= h̄ ;
        q[l]:= q̄ +1;  {Entry-Firmen steigen mit überdurchschnittlicher
                       Produktqualität ein}
        end; end; end; end; end;
```

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

```
*****************************************************************
**************Unit zur Festlegung der Produktqualität ***************
*****************************************************************
procedure quality; begin
    sqit:=0;   {Hilfsgröße: Summe über Qualitäten}
    qsqit:=0;   {Hilfsgröße: quadrierte Summe über Qualitäten}
    mitqit:=0;  {Hilfsgröße: mittleres Qualitätsniveau}
    staqit:=0;  {Hilfsgröße: Standardabweichung des Qualitätsniveaus}
    for l:=1 to i do begin
      sqit:=sqit+q[l];
      qsqit:=qsqit+Sqr(q[l]);
    end;
    mitqit:=sqit/ns;
    if (qsqit/n)-Sqr(sqit/n)>0 then
     staqit:=Sqrt((qsqit/n)-Sqr(sqit/n))
    else staqit:=0;
    for l:=1 to i do
      if staqit>0 then
        qmit[l]:=(q[l]-mitqit)/staqit
      else qmit[l]:=0;
    for l:=1 to i do begin
      ssit:=0;
      for y:=1 to i do begin
        ssit:=ssit+(qmit[l]-qmit[y])/2;
      end;
      sit[l]:=ssit/(i-1);
      a[l]:=A0*Exp(ssit*ln(n)/(Sqr(n)));  {Qualitätsveränderungen von Produktinnovationen beeinflussen}
   h[l]:=h0*(1-Abs(ssit)/n);   {Prohibitpreise a und oligopolistische Interdependenz h}
    end; end;
*****************************************************************
**************Unit zur Berechnung der Spilloverpools***************
*****************************************************************
procedure spilloverpool; begin
    for y:=1 to i do begin
        durchschnitt:= durchschnitt+c[y];  {Hilfsgröße: Summe der Kosten}
    end;
    for y:=1 to i do begin
        csum:= csum+Sqr(cit[y]);  {Hilfsgröße: Summe der quadrierten Kosten}
    end;
    sc2:= csum/n-Sqr(durchschnitt/n)  {Varianz in den Stückkosten}
```

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

```
      durchschnitt:=0.0; csum:=0.0; durchschnitt:=0.0;
      for y:=1 to i do begin
          amean:=amean+a[y];      {Hilfsgröße: Summe der Prohibitivpreise}
          asum:=asum+Sqr(a[y]);   {Hilfsgröße: Summe der quadrierten
                                   Prohibitivpreise}
        end;
      sa2:=(asum/n)-Sqr(amean/n); durchschnitt:=0.0; csum:=0.0; amean:=0.0;
      asum:=0.0;
    end;
    ****************************************************************
    **************Unit zur Bestimmung der Marktaustritte*****************
    ****************************************************************
    procedure exit; begin
      for l:=1 to i do   {falls der eigene Marktanteil über exit-Perioden kleiner}
      begin              {als der durchschnittliche Marktanteil ist, erfolgt ein}
       if f[l] < f       {Marktaustritt des betreffenden Unternehmens}
       then exit[l]:=exit[l]+1
       else exit[l]:=0 end;
      for l:=1 to i do begin
        if exit[l] > exit  {bei exit wird Strategievariable st zunächst auf 0 gesetzt}
        then st[l]:=0; end;
     end;
    ****************************************************************
    **************Unit zur Bestimmung des Marktgeschehens**************
    ****************************************************************
    procedure market1; begin
      for q:=1 to m do begin
        for y:=1 to i do
          summe:=summe+p[y];   {Hilfsgröße: Summe der Marktpreise}
      end; end;
    procedure market2; begin
      for l:=1 to i do begin
          p[l]:=((a[l]+c[l])/2)+((1/2)*(h[l]/(n-1))*(summe-p[l]));
{Reaktionsfunktion}
      end;
      for l:=1 to i do begin
        x[l]:=((a[l]-c[l])/(2*η))+(1/(2*η))*((h[l]/(n-1))*(summe-p[l]));
        {Outputbestimmung}
      end;
      summe:=0;
     for l:= 1 to i do begin   {Berechnung der Marktanteile}
     vol:= vol + x[l]; end;    {Hilfsgröße: Summe des Outputs}
```

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

```
    for l := 1 to i do begin
    f[l]:=x[l]/vol;
   end; end;
*****************************************************************
*************Berechnung der Gewinne und F&E-Routine*************
*****************************************************************
procedure gewinn; begin
    for l:=1 to i do begin
     π[l]:=(p[l]-c[l])*x[l]-(γ[l]*p[l]*x[l]);{Gewinn}
end;
for l:=1 to i do begin
    if (RP^PC[l]*RP^PD[l])<1 then
    γ[l]:=γ0*(1+(1-( RP^PC[l]*RP^PD[l]))) {F&E-Budget schwankt}
                                          {zwischen 2,5%+x }
    else                                  {und minimal 0,1% des Umsatzes }
    γ[l]:=γ[l]-0.005;        {falls die Firma an der technolog. Frontier ist,}
     if γ[l]<0.001 then      {wird das Budget pro Periode um 0,5% gekürzt}
     γ[l]:=0.001;
  end;  end;
*****************************************************************
Unit zur Bestimmung der Budgets für Forschung und absorptive Fähigkeiten
*****************************************************************
procedure forschung1; begin
    for l:=1 to i do begin
  r[l]:=(1-σ[l])*γ[l]*p[l]*x[l];              {Berechnung der F&E-Budgets}
       end;
    for l:=1 to i do begin
       ac[l]:= ac[l]+(σ[l]*γ[l]*p[l]*x[l]); {Anteil für absorptive Fähigkeiten}
      end; end;
*****************************************************************
***********Unit zur Bestimmung der F&E-Kapitalstöcke**************
*****************************************************************
procedure forschung2; begin
for  l:=1  to  i  do  R[l]:=R[l]+r[l];  end;  {Akkumulation  des  F&E-
                                                Kapitalstocks}
*****************************************************************
**********************Prozeßinnovationen**********************
*****************************************************************
procedure forschung3; begin
    randomize;
```

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

```
    for l:=1 to 10 do begin
      ψ:=random;
      f(R):=1-Exp(-α*R[l]);
      iez:=ie[l];
      if st[l]:=1 then do begin   {absorptive Unternehmen}
       if f(R)>ψ then
        ie[l]:= (1-Exp(((ξ+sc²)/(1+Exp(τ-F[G^PC][l]))))*-α*R[l])
        else ie[l]:=iez[l]; {F-Erfolg}
      else
       if st[l]:=2 then do begin  {konservative Unternehmen}
        ie[l]:= (1-Exp(-α*R[l]))
        else ie[l]:=iez[l]; end; end;
      if ie[l]<iez then ie[l]:=iez;
      end; end; end;
*****************************************************************
**********************Produktinnovationen**********************
*****************************************************************
procedure forschung4; begin
    randomize;
    for l:=1 to 10 do begin
        zz1:=random(λ);   {Berechnung der poisson-verteilten Zufallszahl}
        faku1:=1;
        for z:=1 to zz1 do begin
        faku1:=faku1 z;
        end;
 ρ[l]:=1-Exp(zz1*ln(λ))*Exp(-λ)/faku1;
        if st[l]=1 then do begin      {für absorptive Unternehmen}
          pr[l]:=1-Exp(((ξ+sa²)/ (1+Exp(τ-F[G^PD][l]))))*-α*R[l]);
        else
        if st[l]:=2 then do begin
 pr[l]:=1-Exp(-α*R[l]) {für konservative Unternehmen}
          end;  end;
        if pr[l]>ρ[l] then begin
 q[l]:=q[l]+1; R[l]:=0;c[l]:=c₀; ac[l]:=0; ie[l]:=0; d[l]:=1; pr[l]:=0;
        end; end; end; end;
*****************************************************************
***************Imitation von Prozeßinnovationen******************
*****************************************************************
procedure imitation 1; begin
 randomize;
 ie_max:=0;
```

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

```
  for st[l]:=3 do begin
  for l:=1 to i do begin
  if (ie_max < ie[l])  {Ermittlung des größten Innovationserfolgs der Konkur-
                        renz}
  then ie_max:=ie[l]
  else ie_max:=ie_max; end;
  μ:=random(20);     {Normal-verteilte Zufallsvariable im Intervall [0,8;1]}
  ie[z]:= ie_max*(1-μ/100)*(1-exp(-α*R[z]));
  end; end;
*****************************************************************
***************Imitation von Produktinnovationen*******************
*****************************************************************
procedure imitation2; begin
randomize; qit_max := 0;
  for l:= 1 to i do begin
       if qit_max < qit[l]  {Ermittlung der höchsten Produktqualität
                             der Konkurrenz}
       then qit_max:=qit[l]
       else qit_max:=qitmax; end;
  for st[l]:=3 do begin
  for l:= 1 to i do begin
      if (q[z] < q[l])
      then begin
      R[z]:=R[z]+r[z];
      pr[z]:=1-Exp(-α*R[z]);
       end; end; end;
    for z:= 1 to i do
    if st[l]:=3 then begin
      zz:=random;     {Normal-verteilte Zufallsvariable Intervall [0.99; 1]}
      if pr[z] > (1-zz/100)
      then  begin
      q[z]:=q[z]+1; qit[z]:=qit_max; R:=0; r[z]:=0; c[z]:=c0; ie[z]:=0; pr[z]:=0;
        end; end; end;
*****************************************************************
*******************Unit zur Berechnung der Stückkosten**************
*****************************************************************
procedure kosten; begin
  for l:=1 to i do
    if c[l] >= c_0*(1-ie[l]) then
      cit[l]:=c_0*(1-ie[l])
    else c[l]:=c[l]; end;
```

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

```
*****************************************************************
*******************Startwerte und Initialisierung*********************
*****************************************************************
BEGIN
summe:=0; durchschnitt:=0.0; csum:=0.0;
 for z:=1 to i do begin
  a[z]:=A0; q[z]:=1; p[z]:=110; x[z]:=10; r[z]:=0; R[z]:=0; ie[z]:=0;
  ac[z]:=0; c[z]:=c0; d[z]:=1; n:=i; γ[z]:=γ0;
  end;
   for l:=1 to 5 do      {Strategie festlegen}
     st[l]:=1;           {1:= absorptive Strategie}
 for l:=6 to 10 do
     st[l]:=2;           {2:= konservative Strategie}
 for l:=11 to 15 do
     st[l]:=3;           {3:= imitative Strategie}
 for k:=1 to t do
  begin      {Prozeduren t-mal aufrufen}
   Distanz1; Distanz2; strategie; quality; spilloverpool; forschung1; forschung2; forschung3; forschung4;
   imitation1; imitation2; kosten; markt1; markt2; gewinn; exit;
  end;
END.
```

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Anhang E. II. 2. Startwerte und Sensivitätsanalyse

Tabelle 4

Parameter und Spannbreiten in der Simulation

Parameter	Bezeichnung	Start-/ Referenzwert	zulässiger Bereich
h_0	oligopolistische Interdependenz	0,85	(*Startwert*)
a_0	Prohibitivpreis	25	(*Startwert*)
c_0	Stückkosten	100	(*Startwert*)
α	Gewicht des F&E-Kapitalstocks	0,0005	$0{,}005 \leq \alpha \leq 0{,}0001$
τ	Schwierigkeitsgrad im Aufbau absorptiver Fähigkeiten	35	$0 < \tau < 100$
δ	Steigungsparameter der Spilloverfunktion	0,3	$0{,}1 \leq \delta \leq 0{,}4$

Für die in der Tabelle 4 angegebenen Bereiche ändert sich qualitativ an den dargestellten Simulationsergebnissen nichts.

• Vergrößert man das F&E-Kapitalstockgewicht α über den angegebenen Bereich hinaus, verlieren die extensiven technologischen Opportunitäten an Bedeutung, da die intensiven Opportunitäten leichter zu erschließen sind und häufiger durch Trajektorienwechsel aufgefrischt werden. Verkleinert man dagegen α über den angegebenen Bereich hinaus, bleibt die langfristige Vorteilhaftigkeit der absorptiven Strategie erhalten, allerdings finden im betrachteten Zeitraum keine Produktinnovationen mehr statt.

• Vergrößert man den Schwierigkeitsgrad im Aufbau absorptiver Fähigkeiten τ auf Werte über 50, benötigen absorptive Unternehmen einen immer längeren Zeitraum, um Empfänger-Kompetenzen in ausreichender Höhe zu akkumulieren. Nimmt τ noch höhere Werte an (>100), gelingt es den absorptiven Unternehmen nicht mehr, ihren Nachteil durch verringerte Investitionen in direkte Forschung über die Integration externen Wissens zu kompensieren.

• Vergrößert man den Steigungsparameter δ auf Werte über 0,4, können absorptive Unternehmen zwar auf der ersten Trajektorie noch Vorteile erzielen, für den weiteren Verlauf nach einem Trajektorienwechsel stellt sich jedoch kein ausgeprägter Vorteil für die eine oder die andere Strategie mehr ein. Die ver-

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

meintliche Verbesserung des konservativen Lagers ist auf den jetzt kleineren Bereich von Technologien zurückzuführen, von dem absorptive Unternehmen in der Lage sind zu lernen.

• In der Abbildung 57 findet sich schließlich der Korridor der Profitwerte für absorptive Unternehmen. Innerhalb des durch die Minima und Maxima beschrieben Bereichs finden sich in der Monte-Carlo-Simulation Realisierungen der periodischen Profite.

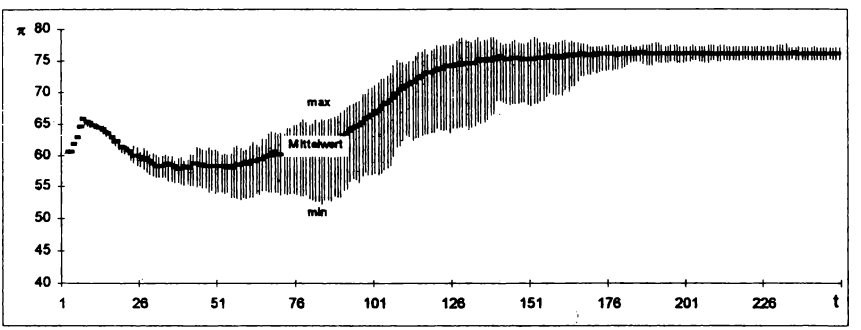


Abb. 57: Profitkorridor des absorptiven Lagers (100 Wiederholungen)

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Literaturverzeichnis

Abernathy, W. J./Utterback, J. M. (1978), Patterns of Industrial Innovation, Technology Review, Vol. 7, 40-47.

Abramowitz, M. (1956), Resource and Output Trends in the United States Since 1870, American Economic Review, Vol. 46, 5-23.

Allen, R. C. (1983), Collective Invention, Journal of Economic Behaviour and Organization, Vol. 4, 1-24.

Amendola, M./Gaffard, J. L. (1988), The Innovative Choice, Basil Blackwell, Oxford.

Antonelli, C. (1995), The Economics of Localized Technological Change and Industrial Dynamics, Dordrecht et al., Kluwer Academic Publishers.

Arrow, K. J. (1962a), The Economic Implications of Learning by Doing, Review of Economic Studies, Vol. 29, 155-173.

- (1962b), Economic Welfare and the Allocation of Resources, in: Nelson, R. R. (Hrsg.), The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors, Princeton, Princeton University Press.

- (1969), Classifactory Notes on the Production and Transmission of Technological Knowledge, AEA Papers and Proceedings, Vol. LXI, 29-35.

Arthur, B. (1989), Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Events, Economic Journal, Vol. 99, 116-131.

Atkinson, A. B./Stiglitz, J. E. (1969), A New View of Technological Change, Economic Journal, 79, 116-131.

Audretsch, D. B. (1996), Industrieökonomik, in: Von Hagen, J. et al. (Hrsg.), Handbuch der Volkswirtschaftslehre I, Berlin, Springer-Verlag.

Axelrod, R. (1984), The Evolution of Cooperation, New York, Basic Books.

Bain, J. S. (1956), Barriers to New Competition, New York, John Wiley and Sons.

Basalla, G. (1988), The Evolution of Technology, Cambridge, Cambridge University Press.

Birdzell, L. E./Rosenberg, N. (1986), How the West get Rich, The Economic Transformation of the Industrial World, New York: Basic Books.

Bona, J. L./Santos, M. S. (1997), On the Role of Computation in Economic Theory, Journal of Economic Theory, Vol. 72, 241-281.

Cantner, U. (1995), Technological Dynamics in Asymmetric Industries - R&D Spillovers and Absorptive Capacity, Institut für Volkswirtschaftslehre der Universität Augsburg, Volkswirtschaftliche Diskussionsreihe #143.

- (1996), Heterogenität und Technologische Spillovers: Grundelemente einer ökonomischen Theorie des technologischen Fortschritts, Habilitationsschrift, Universität Augsburg.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Cantner, U./Hanusch, H. (1997), Evolutorische Ökonomik - Konzeption und Analytik, WiSu, 8-9, 97, 776-785.

Cantner, U./Hanusch, H./Pyka, A. (1998), Routinized Innovations: Dynamic Capabilities in a Simulation Study, in: Eliasson, G., Green, C. (Hrsg.), Microfoundations of Economic Growth: A Schumpeterian Perspective, University of Michigan Press.

Cantner, U./Pyka, A. (1998a), Technological Evolution - An Analysis within the Knowledge-Based Approach, Structural Change and Economic Dynamics, Vol. 9, 85-108.

- (1998b), Absorbing Technological Spillovers, Simulations in an Evolutionary Framework, Industrial and Corporate Change, Vol. 7, 369-394.

Carlsson, B./Eliasson, G. (1994), The Nature and Importance of Economic Competence, Industrial and Corporate Change, Vol. 3, 687-711.

Carlsson, B./Stankiewicz, R. (1991), On the Nature, Function and Composition of Technological Systems, Journal of Evolutionary Economics, Vol. 1, 93-118.

Chiarmonte, F./Dosi, G. (1993), The Micro-Foundations of Competitiveness and their Macro-Economic Implications, In: Foray, D., Freeman, C. (Hrsg.), Technology and the Wealth of Nations, London, Pinter Publishers.

Clark, N./Juma, C. (1987), Long Run Economics - An Evolutionary Approach to Economic Growth, Pinter Publishers, London.

Cohen, M. D. et al. (1996), Routines and other Recurring Action Patterns of Organizations: Contemporary Reseach Issues, Industrial Structure and Corporate Change, Vol. 5, 653-698.

Cohen, W. M./Levin, R. C. (1989), Empirical Studies of Innovation and Market Structure, in: Schmalensee, R., Willig, R.D. (Hrsg.), Handbook of Industrial Organization, Volume II, Elsevier Science Publisher, North Holland.

Cohen W. M./Levinthal D. (1989), Innovation and Learning: The Two Faces of R&D, The Economic Journal, Vol. 99, 569-596.

- (1990a), The Implications of Spillovers for R&D Investment and Welfare: A New Perspective, Advances in Applied Micro-Economics, Vol. 5, 29-45.

- (1990b), Absorptive Capacity: A new Perspective on Learning and Innovation, Administrative Science Quarterly, Vol. 35, 128-152.

- (1994), Fortune favours the prepared Firm, Management Science, Vol. 40, No. 2, 227-251.

Coombs, R. (1988), Technological Opportunities and Industrial Organization, in: Dosi, G. et al. (Hrsg.), Technical Change and Economic Theory, Pinter Publishers London.

Cyert, R. M./March, J. G. (1963), A Behavioural Theory of the Firm, Cambridge, Blackwell.

Dahmèn, E. (1989), Development Blocks in Industrial Economics, in: Carlsson, B. (Hrsg.), Industrial Dynamics, Kluwer Academic Publishers, Dodrecht.

Dasgupta, P./Stiglitz, J. E. (1980a), Industrial Structure and the Nature of Inventive Activity, Economic Journal, 90, 266-293.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

- (1980b), Uncertainty, Industrial Structure, and the Speed of R&D, Bell Journal of Economics, Vol. 11, 1-28.

David, P. (1975), Technical Choice, Innovation and Economic Growth, Cambridge.

- (1985), Clio and the Economics of QWERTY, American Economic Review, Vol. 75, 332-337.

Davies, S. (1988), Technical Change, Producitivity and Market Structure, in: Davies, S., Lyons, B. (Hrsg.), Economics of Industrial Organisation, Longman, UK.

De Bresson, C. (1987), The Evolutionary Paradigm and the Economics of Technical Change, Journal of Economic Issues, Vol. 21, 751-762.

Dixit, A. (1986), Comparative Statics for Oligopoly, International Economic Review, Vol. 27, 107-122.

Dodgson, M. (1993), Technology Collaboration in Industry: Strategy, Policy and Internationalization in Innovation, Routledge, London and New York.

- (1996), Learning, Trust and Inter-Firm Linkages: Some theoretical Associations, in: Coombs, R. et al. (Hrsg.), Technological Collaboration in Industrial Innovation, Edward Elgar, London.

- (1994), Technological Collaboration and Innovation, in: Dodgson, M., Rothwell, R. (Hrsg.), The Handbook of Industrial Innovation, Edward Elgar, London, 1994.

Dosi, G. (1982), Technological Paradigms and Technological Trajectories: A suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technological Change, Research Policy, Vol. 11, 147-162.

- (1984), Technical Change and Industrial Transformation, London: Macmillan.

- (1988a), The Nature of the Inventive Process, in: Dosi, G. et al. (Hrsg.), Technical Change and Economic Theory, Pinter Publishers London.

- (1988b), Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation, Journal of Economic Literature, Vol. 24, 1120-1171.

Dosi, G. et al. (1994), The Dynamics of International Differentiation: A Multi-Country Evolutionary Model, Industrial and Corporate Change, Vol. 3, 225-242.

Dosi, G. et al. (1995), Norms as Emergent Properties of Adaptive Learning, IIASA working paper, Laxenburg, Austria.

Dosi, G./Egidi, M. (1991), Substantive and Procedural Rationality, An Exploration of Economic Behaviour under Uncertainty, Journal of Evolutionary Economics, Vol. 1, 145-168.

Eger, T./Weise, P. (1990), Normen als gesellschaftliche Ordner, in: Ökonomie und Gesellschaft, Jahrbuch 8: Individuelles Verhalten und kollektive Phänomene, Frankfurt Campus 65-111.

- (1995), Die Evolution von Normen aus Unruhen: Ein synergetisches Modell, In: Ökonomie und Gesellschaft, Jahrbuch 11, Markt, Norm und Moral, Frankfurt Campus, 192-209.

Eliasson, G. (12984), Micro-Heterogenity of Firms and the Stability of Industrial Growth, Journal of Economic Behaviour and Organization, Vol. 5, 3-4.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

- (1988), Schumpeterian Innovation, Market Structure, and the Stability of Industrial Development, in Hanusch, H. (Hrsg.), Evolutionary Economics, Cambridge, Cambridge University Press.

- (1990), The Firm as a Competent Team, Journal of Economic Behaviour and Organization, Vol. 19, 273-298.

- (1995), General Purpose Technologies, Industrial Competence and Economic Growth - With special Emphasis on the Diffusion of Advanced Methods of Integrated Production, Working Paper, Royal Institute of Technology, Stockholm.

Erdmann, G. (1993), Elemente einer evolutorischen Innovationstheorie, J. C. B. Mohr, Tübingen.

Faber, M./Proobs, J. L. (1990), Evolution, Time, and the Environment, Springer, Berlin.

Faulkner, W./Senker, J. (1996), Networks, Tacit Knowledge and Innovation, in: Coombs, R. et al. (Hrsg.), Technological Collaboration in Industrial Innovation, Edward Elgar, UK.

Fisher, F. M. (1983), Disequilibrium Foundations of Equilibrium Economics, Cambridge, Cambridge University Press.

Fölster, S. (1995), Do Subsidies to Cooperative R&D actually Stimulate R&D Investment and Cooperation, Research Policy, Vol. 24, 403-417.

Foray, D. (1995a), The Economics of Intellectual Property Rights and Systems of Innovation: The Persistence of National Practices vs. the New Global Model of Innovation, in: Hagedoorn, J. (Hrsg.), Technical Change and the World Economy, Edward Elgar.

- (1995b), Coalitions and Committees: How Users get involved in Information Technology Standardization, in: Hawkins, R. et al. (Hrsg.), Standards, Innovation and Competitiveness: The Politics and Economics of Technical Environments, Cheltenham, Edward Elgar.

Forrest, J. E. (1991), Models of the Process of Technological Innovation, Technological Analysis & Strategic Management, Vol. 3, 439-53.

Freeman, C. (1982), The Economics of Industrial Innovation, 2nd Edition, London: Pinter Publishers, London and Washington.

- (1991), Networks of Innovators, A Synthesis of Research Issues, Research Policy, Vol. 20, 499-514.

Freeman C./Perez, C. (1988), Structural Crisis of Adjustment: Business Cycles and Investment Behaviour, in: Dosi, G. et al. (Hrsg.), Technical Change and Economic Theory, Pinter Publishers, London.

Freeman, C./Soete, L. (1997), The Economics of Industrial Innovation, 3rd Edition, Pinter Publishers, London and Washington.

Fudenberg, D./Tirole, J. (1993), Game Theory, MIT-Press, Cambridge, Mass.

Fusfield, H. I. (1986), The Technical Enterprise, Present and Future Patterns, Cambridge, Massachussets.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Fusfield, H. I./Haklish, C. S. (1985), Cooperative R&D for Competitors, Harvard Business Review, Vol. 6, 66-76.

Georgescu-Roegen, N. (1971), The Entropy Law and the Economic Process, Cambridge, Cambridge University Press.

Geroski, P. A. (1995), Do Spillovers Undermine the Incentives to Innovate?, in: Dowrick, S. (Hrsg.), Economic Approaches to Innovation, Edward Elgar, London.

Gierer, G. (1981), Socioeconomic Inequalities: Effects of Self-Enhancement, Depletion and Redistribution, Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Vol. 196, 309-331.

Goodwin, R. (1951), The Non-Linear Accelerator and the Persistence of Business Cycles, Econometrica, Vol. 19, 1-17.

Gowdy, J. M. (1985), Evolutionary Theory and Economic Theory: Some Methodological Issues, Journal of Social Economy, Vol. 43, 316-324.

Granstrand, O./Sjolander, S. (1990), Managing Innovation in Multi-Technology Corporations, Research Policy, Vol. 19, 35-60.

Grupp, H. (1997), Messung und Erklärung des technischen Wandels, Springer Verlag, Berlin.

Hagedoorn, J./Schakenraad, J. (1990), Strategic Partnering and Technological Cooperation, in: Dankbaar, B. et al. (Hrsg.), Perspectives in Industrial Organization, Kluwer Academic Publishers, Dodrecht.

Hakanson, H./Johanson, J. (1988), Formal and Informal Cooperation Strategies in International Industrial Networks, In: Contractor, F.J., Lorange, P. (Hrsg.), Cooperative Strategies in International Business, Lexington Books, 369-379.

Haken, H. (1987), Advanced Synergetics, Berlin, Springer.

- (1990), Synergetik: Eine Einführung: Nichtgleichgewichtige Phasenübergänge und Selbstorganisation in Physik, Chemie und Biologie, Springer Berlin.

Hamburger, H. (1973), N-Person Prisonner's Dilemma, Journal of Mathematical Sociology, Vol. 3, 27-48.

Harabi, N. (1995), Channels of R&D Spillovers, Working Paper of the Volkswirtschaftliches Institut der Universität Zürich, 1995.

Heiner, R. A. (1983), The Origin of Predictable Behaviour, American Economic Review, Vol. 73, 560-595.

- (1988), Imperfect Decisions and Routinized Production: Implications for Evolutionary Modelling and Inertial Technical Change, in: Dosi, G. et. al (Hrsg.), Technical Change and Economic Theory, Pinter Publishers, London.

Henderson, R. (1994), The Evolution of Integrative Capability: Innovation in Cardiovascular Drug Discovery, Industrial and Corporate Change, Vol. 3, 607-630.

Henderson, R./Clark, K. (1990), Architectural Innovation, Administrative Science Quarterly, Vol. 35, 19-30.

Hodgson, G. (1989), Evolution and Intention in Economic Theory, in: Saviotti, P. P., Metcalfe, S .J. (Hrsg.), Evolutionary Theories of Economic Change, Present Status and Future Prospects, Harwood Academic Publishers, Chur.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

- (1993), Economics and Evolution: Bringing back Life into Economics, Cambridge, Polity Press, 1993.

Hohnerkamp, J. (1990), Stochastische dynamische Systeme: Konzepte, numerische Methoden, Datenanalysen, VCH-Verlagsgemeinschaft, Weinheim.

Holler, M. J./Illing, G. (1993), Einführung in die Spieltheorie, Springer-Verlag, Berlin.

Holmström, B./Tirole, J. (1989), The Theory of the Firm, in: Schmalensee, R., Willig, D. (Hrsg.), Handbook of Industrial Organization, Vol. 1, Amsterdam: North-Holland.

Iansiti, M./Clark, K. (1994), Integration and Dynamic Capability: Evidence from Product Development in Automobiles and Mainfraime Computers, Industrial and Corporate Change, Vol. 3, 557-605.

Imai, K./Baba, Y. (1991), Systemic Innovation and Cross-Border Networks, Transcending Markets and Hierachies to Create a new Techno-Economic System, in: OECD (Hrsg.), Technology and Productivity: the Challenge for Economic Policy, Paris, OECD.

Jagger, N./Miles, I. (1989), INFORMAL International Collaboration in Science: Analysis of a Survey conducted by ACOST, SPRU, University of Sussex, October, 1989.

Kahneman, D./Tversky, A. (1979), Prospect Theory, Econometrica, Vol. 47, 263-291.

- (1986), Rational Choices and the Framing of Decisions, in: Hogarth, R. M., Reder, M. W. (Hrsg.), Rational Choice, the Contrast between Economics and Psychology, Chicago, University of Chicago Press.

Kamien, M. I./Schwartz, N. L. (1970), Market Structure, Elasticity of Demand, and Incentive to Invent, Journal of Law and Economics, Vol. 13, 241-252.

Kennedy, C. (1964), Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution, Economic Journal, Vol. 74, 541-547.

Kirzner, I. M. (1973), Competition and Entrepreneurship, Chicago, Chicago University Press.

Klein, B. (1992), The Role of Positive Sum Games in Economic Growth, in: Scherer, M., Perlman, M. (Hrsg.), Entrepreneurship, Technological Innovation and Economic Growth, Studies in the Schumpeterian Tradition, Ann Arbor, University of Michigan Press.

Kleinknecht, A./Verspagen, B. (1990), Demand and Innovation, Schmookler-Re-Visited, Research Policy, Vol. 19, S. 387-398.

Klepper, S. (1997), Industry Life Cycles, Industrial and Corporate Change, Vol. 6, 145-82.

Klepper, S./Graddy, E. (1990), The Evolution of New Industries and the Determinants of Market Structure, Rand Journal of Economics, Vol. 21, 27-44.

Klepper, S./Simonis, K. L., (1997), The Making of an Oligopoly: Firm Survival and Technological Change in the Evolution of the U.S. Tire Industry, Papier vorgestellt am Workshop: Economic Evolution, Learning and Complexity, Augsburg, im Mai 1997.

Kline, S. J. (1985), Innovation is not a Linear Process, Research Management, July-August, 1985, 36-45.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Kline, S. J./Rosenberg, N. (1986), An Overview of Innovation, in: Landau, R. und Rosenberg, N. (Hrsg.), The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth, Washington D.C.

Knight, F. H. (1921), Risk, Uncertainty and Profit, Chicago.

Kobayashi, K. (1995), Knowledge Network and Market Structure: An Analytical Perspective, in: Batten, D., Casti, J., Thord, R. (Hrsg.), Networks in Action, Economics and Human Knowledge, Springer Verlag, Berlin.

Kodama, F. (1986), Technology Fusion and the New R&D, Harvard Business Review, July-August, 1992, 70-78.

Kuenne, R. E. (1992), The Economics of Oligopolistic Competition, Blackwell Publishers, Cambridge, Mass.

Kuhn, T. S. (1962), The Structure of Scientific Revolution, Chicago, Chicago University Press.

Kwasnicki, W. (1994), Knowledge, Innovation and Economy. An Evolutionary Explanation, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocslawskiej, Wroclaw.

- (1996), Innovation Regimes, Entry and Market Structure, Journal of Evolutionary Economics, Vol. 6, 375-410.

Lane, D. A. (1993), Artifical Worlds and Economics, Part 1 und 2, Journal of Evolutionary Economics, Vol. 3, 89-108, 177-197.

Levin, R. C./Klevorick, A. K./Nelson, R. R./Winter, S. G. (1987), Appropriating the Returns from Industrial Research and Development, Brookings Papers on Economic Activity, Vol. 3, 783-820.

- (1995), On the Sources and Significance of Interindustry Differences in Technological Opportunities, Research Policy, Vol. 24, 185-205.

Levin, R. C. (1988), Appropriability, R&D Spending and Technological Performance, AEA Papers and Proceedings, Vol. 78, 424-428.

Levin, R. C./Cohen, W. M./Mowery, D. C. (1985), R&D Appropriability, Opportunity and Market Structure: New Evidence on Some Schumpeterian Hypotheses, AEA Papers and Proceedings, Vol. 75, 20-24.

Levin, R. C./Reiss, P. C. (1984), Tests of a Schumpeterian Model of R&D and Market Structure, in: Griliches, Z. (Hrsg.), R&D, Patents and Productivity, Chicago, University of Chicago Press.

- (1988), Cost-reducing and Demand Creating R&D with Spillovers, Rand Journal of Economics, Vol. 19, 538-556.

Levinthal, D. A./March, J. G. (1984), A Model of Adaptive Organizational Change, Journal of Economic Behaviour and Organization, Vol. 2, 307-333.

Lundvall, B. A. (1988), Innovation as an Interactive Process: From User-Producer Interaction to National Systems of Innovation, in: Dosi, G. et. al. (Hrsg.), Technical Change and Economic Theory, Pinter Publishers London, 1988.

Macdonnald, S. (1992), Formal Collaboration and Informal Information Flow, International Journal of Technology Management, Vol. 7, 49-61.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Machlup, F. (1984), The Economics of Information and Human Capital, Princeton, Princeton University Press.

Malerba, F. (1992), Learning by Firms and Incremental Technical Change, The Economic Journal, Vol. 102, 845-849.

Malerba, F./Orsenigo, L. (1993), Technology Regimes and Firm Behaviour, Industrial and Corporate Change, Vol. 2, 45-71.

Malerba, F./Torrisi, S. (1992), Internal Capabilities and External Networks in Innovative Activities. Evidence from the Software Industry, Econonomics of Innovovation and New Technology, Vol.2, 49-71.

Mansfield, E. (1985), How Rapidly does new Industrial Technology leak out?, Journal of Industrial Economics, Vol. 34, 217-223.

- (1986), Patents and Innovation: An Empirical Study, Management Science, Vol. 32, 173-181.

Mansfield, E./Schwartz, M./Wagner, S. (1981), Imitation Costs and Patents: An Empirical Study, Economic Journal, Vol. 91, 907-918.

March, J. G. (1991), Exploration and Exploitation in Organizational Learning, Organization Science, Vol. 2, 71-87.

Metcalfe, S. J. (1989), Evolution and Economic Change, in: Silberston, A. (Hrsg.), Technology and Economic Process, London, MacMillan Press.

- (1994), Competition, Fisher's Principle and Increasing Returns to Selection, Journal of Evolutionary Economics, Vol. 4, 327-346.

- (1994), Evolution Economics and Technology Policy, Economic Journal, Vol. 104, 931-944.

Meyer, B. et al. (1996), Schumpeterian Competition in Heterogeneous Oligopolies, Journal of Evolutionary Economics, Vol. 6, 411-423.

Miyazaki, K. (1994), Search, Learning and Accumulation of Technological Competences: The Case of Optoelectronics, Industrial and Corporate Change, Vol. 3, 631-654.

Mody, A. (1993), Learning through Alliances, Journal of Economic Behaviour and Organization, Vol. 20, 151-170.

Mokyr, J. (1990), The Lever of Riches, Oxford University Press, New York.

Nelson, R. R. (1959), The Simple Economics of Basic Scientific Research, Journal of Political Economy, Vol. 67, 297-306.

- (1987), Understanding Technical Change as an Evolutionary Process, Amsterdam: Elsevier, North Holland.

- (1993), National Innovation Systems, Oxford, Oxford University Press.

- (1994), Routines, in Hodgson, G. et al. (Hrsg.), The Elgar Companion to Institutional and Evolutionary Economics, Aldershot, Edward Elgar, Vol. 2, 249-253.

- (1995), Recent Evolutionary Theorizing about Economic Change, Journal of Economic Literature, Vol. XXXIII, 48-90.

Nelson, R. R., Winter, S. G. (1982), An Evolutionary Theory of Economic Change, Cambridge, Mass., Cambridge University Press.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Pavitt, K. (1984), Sectoral Patterns of Technical Change, Towards a Taxonomy and a Theory, Research Policy, Vol. 13, 343-373.

Penrose, E. (1959), The Theory of the Growth of the Firm, Oxford, Basil Blackwell.

Pflüger, M. (1997), Folk-Theoreme, WiST, Heft 8, 412-416.

Polanyi, M., (1962), Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy, N.Y., Harper Torchbook.

Prigogine, I./Stengers, I. (1993), Das Paradox der Zeit, Zeit, Chaos und Quanten, München, Piper.

Pyka, A. (1997), Informal Networking, Technovation, Vol. 17, 207-220.

- (1998), Informal Networks and Industrial Life Cycles, Papier vorgestellt auf der Jahrestagung der EAEPE 1998 in Lissabon vom 5.-8. November.

Quintas, P./Guy, K. (1995), Collaborative, Pre-Competitive R&D and the Firm, Research Policy, Vol. 24, 325-348.

Romer, P. (1986), Increasing Returns and Long-run Growth, Journal of Political Economy, Vol. 94, 1002-1037.

Rosenberg, N. (1969), The Direction of Technical Change: Inducement Mechanisms and Focusing Devices, Economic Development and Cultural Change, 18, 1-24.

- (1974), Science, Invention and Economic Growth, Economic Journal, Vol. 84, 90-108.

- (1976), Perspectives on Technology, New York, Cambridge University Press.

- (1982), Inside the Black-box: Technology and Economics, New York, Cambridge University Press.

- (1994), Exploring the Black-box: Technology, Economics and History, New York, Cambridge University Press.

Rosenberg, N./Mowery, D. (1978), The Influence of Market Demand upon Innovation: A Critical Review of Some Recent Empirical Studies, Research Policy, Vol. 8, 103-153.

Rothwell, R. (1994), Industrial Innovation: Success, Strategy, Trends, in: Dodgson, M., Rothwell, *R.* (Hrsg.), The Handbook of Industrial Innovation, Cheltenham: Edward Elgar.

Sahal, D. (1981), Patterns of Technological Innovation, Reading Ma: Addison Wesley.

- (1985), Technological Guideposts and Innovation Avenues, Research Policy, Vol. 14, 61-82.

Saviotti, P. P. (1996), Technological Evolution and the Economy, Cheltenham: Edward Elgar Publishers.

Schelling, T. (1973), Hockey Helmets, Concealed Weapons, and Daylight Saving, Journal of Conflict Resolution, Vol. 17, 381-429.

- (1978), The Micro-Motives of Macro-Behaviour, N.Y., Norton.

Scherer, F. M. et al. (1959), Patents and the Corporation: A Report on Industrial Technology under Changing Public Policy, 2. Auflage, privat veröffentlicht.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Schmookler, J. (1962), Economic Sources of Inventive Activity, Journal of Economic History, Vol. 22, 1-10.

- (1966), Invention and Economic Growth, Cambridge Mass., Harvard University Press.

Schrader, S. (1989), Zwischenbetrieblicher Informationstransfer, Eine empirische Analyse kooperativen Verhaltens, Duncker&Humblot, Berlin.

- Informal Technology Transfer between Firms: Cooperation through Information Trading, Research Policy, Vol. 20, 153-170.

Schumpeter, J. A. (1912), Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, Duncker & Humblot, Berlin, 8. Auflage, 1993.

- (1942), Capitalism, Socialism and Democracy, London, Unwin.

- (1939), Business Cycles, A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process, New York, London, 1939.

Shubik, M. (1996), Simulations, Models and Simplicity, Complexity, Vol. 2, No. 1., 60.

Silverberg, G. (1988), Modelling Economic Dynamics and Technical Change: Mathematical Approaches to Self-Organization and Evolution, in: Dosi, G. et al. (Hrsg.), Technical Change and Economic Theory, Pinter Publishers, London and New York.

- (1990), Adoption and Diffusion of Technology as a Collective Evolutionary Process, in: Freeman, C., Soete, L. (Hrsg.), New Explorations in the Economics of Technical Change, London, Pinter Publishers.

Silverberg, G./Verspagen, B. (1994a), Learning, Innovation and Economic Growth: A Long-run Model of Industrial Dynamics, Industrial and Corporate Change, Vol. 3, 199-223.

- (1994b), Collective Learning, Innovation and Growth in a Boundedly Rational, Evolutionary World, Journal of Evolutionary Economics, Vol. 4, 207-226.

- (1996), From the Artificial to the Endogenous: Modelling Evolutionary Adaptation and Economic Growth, in: Helmstädter, E., Perlman, M., (Hrsg.), Behavioural Norms, Technological Progress, and Economic Dynamics, Studies in Schumpeterian Economics, Ann Arbor, University of Michigan Press.

Simon, H. A. (1955), A Behavioural Model of Rational Choice, Quarterly Journal of Economics, Vol. 69, 98-118.

- (1976), From Substantive to Procedural Rationality, in: Latsis, S. J. (Hrsg.), Method and Appraisal in Economics, Cambridge, London et al.

- (1979), Rational Decision Making in Business Organizations, American Economic Review, Vol. 69, 493-513.

- (1986), Rationality in Psychology and Economics, in: Hogarth, R. M., Reder, M. W. (Hrsg.), Rational Choice, The Contrast Between Economics and Psychology, Chicago, University of Chicago Press.

- (1991), Bounded Rationality and Organizational Learning, Organization Science, Vol. 2, 125-134.

Simon, H. A. et al. (1992), Economics, Bounded Rationality and the Cognitive Revolution, Edward Elgar, Cheltenham.

Simon, H. A./March, J.G. (1958), Organizations, New York.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Smith, J. M. (1982), Evolution and the Theory of Games, New York, Cambridge University Press.

Solow, R. (1957), Technical Change and the Aggregate Production Function, Review of Economic Statistics, Vol. 47, 312-320.

Spence, M. (1984), Cost Reduction, and Industry Performance, Econometrica, Vol. 52, 101-121.

Stiglitz, J. E. (1987), Learning to Learn, Localized Learning and Technological Progress, in: Dasgupta, P., Stoneman, P. (Hrsg.), Economic Policy and Technological Performance, Cambridge, Mass., Cambridge University Press.

Stoneman, P. (1983), The Economic Analysis of Technological Change, Oxford, Oxford University Press.

Taylor, M. (1976), Anarchy and Cooperation, John Wiley & Sons, London.

Teece, D. J. (1986), Profiting from Technological Innovation, Research Policy, Vol. 15, 286-305.

- (1987), Capturing Value from a Technological Innovation, in: Guile, B.R. et al. (Hrsg.), Technology and Global Industry, National Academic Press, Washington.

- (1988), Technological Change and the Nature of the Firm, in: Dosi, G. et al. (Hrsg.), Technical Change and Economic Theory, Pinter Publishers London.

Teece, D. J./Pisano , G. (1994), The Dynamic Capabilities of Firms: an Introduction, Industrial and Corporate Change, Vol. 3, 537-556.

Tripsas, M. (1997), Surviving Radical Technological Change through Dynamic Capability: Evidence from the Typesetter Industry, Industrial and Corporate Change, Vol. 6, 341-378.

Utterback, J. (1987), Innnovation and Industrial Evolution in Manufacturing Industries, in: Guile, B. R., Brooks, H. (Hrsg.), Technology and Global Industry - Companies and Nation in the World Economy, National Academic Press, Washington D.C.

Veblen, T. B. (1898), Why is Economics not an Evolutionary Science?, Quarterly Journal of Economics, Vol. 12, 371-397.

Verspagen, B. (1990), Localized Technological Change, Factor Substitution and the Productivity Slowdown, in: Freeman, C., Soete, L. (Hrsg.), New Explorations in the Economics of Technical Change, London, Pinter Publishers.

- (1992), Uneven Growth Between Interdependent Economies, Maastricht.

Von Hippel, E. (1976), The Dominant Role of the User in the Scientific Instrument Innovation Process, Research Policy, Vol. 5, 212-239.

- (1977), The Dominant Role of the User in Semiconductor and Electronic Subassembly Process Innovation, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 24, 60-71.

- (1989), Cooperation between Rivals: Informal Know-how Trading, in: Carlsson, B. (Hrsg.), Industrial Dynamics, Kluwer Academic Publishers.

Weidlich, W. (1972), The Use of Statistical Methods in Sociology, Collective Phenomena, Vol. 1, 51-59.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Weidlich, W./Braun, M. (1992), The Master-Equation Approach to Non-Linear Economics, Journal of Evolutionary Economics, Vol. 2, 233-267.

Weidlich, W./Haag, G. (1983), Concepts and Models of a Quantitative Sociology, Springer Berlin.

Weise, P. (1990), Der synergetische Ansatz zur Analyse der gesellschaftlichen Selbstorganisation, in: Ökonomie und Gesselschaft, Jahrbuch 8: Individuelles Verhalten und kollektive Phänomene, Frankfurt Campus 12-64.

- (1993), A Dynamic Analysis of Consumption Effects, Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Vol. 211, 159-72.

Winter, S. G. (1971), Satisfycing, Selection and the Innovating Remnant, Quarterly Journal of Economics, Vol. 85, 237-261.

- (1984), Schumpeterian Competition in Alternative Technological Regimes, Journal of Economic Behavior and Organization, Vol. 5, 287-320.

- (1988), On Coase, Competence and the Corporation, Journal of Law, Economics and Organization, Vol. 4, 163-180.

- (1989), Patents in Complex Contexts: Incentives and Effectiveness, in: Weil, V. et al. (Hrsg.), Owning Scientific and Technical Information, Rutgers University Press.

- (1994), Schumpeterian Competition in Alternative Technological Regimes, Journal of Economic Behaviour and Organization, Vol. 5, 287-320.

Witt, U. (1987), Individualistische Grundlagen der evolutorischen Ökonomik, Tübingen, Mohr Siebeck.

- (1992a), Evolutionary Economics: Some Principles, Journal of Evolutionary Economics, Vol. 2, 163.

- (1992b), Überlegungen zum gegenwärtigen Stand der evolutorischen Ökonomik, in: Bievert, B. (Hrsg.), Evolutorische Ökonomik: Neuerungen, Normen und Institutionen, Frankfurt a.M., Campus.

- (1993), Wann kommt es eigentlich zu wirtschaftlichem Fortschritt?, in: Wagner, A. (Hrsg.), Dezentrale Entscheidungsfindung bei externen Effekten, Tübingen.

- (1994), Wirtschaft und Evolution, Einige neuere theoretische Entwicklungen, WiSt, Heft 10, 503-512.

- (1997), Imagination and Leadership - The Neglected Dimension of an Evolutionary Theory of the Firm, Papers on Economics and Evolution, #9605.

Woeckener, B. (1992), Zur Relevanz der Mastergleichung zur Modellierung ökonomischer Prozesse, Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Vol. 210, 412-26.

- (1993), Konkurriende Innovationen, Netzwerk-Externalitäten und Standardisierung durch den Markt, in: Wagner, A. (Hrsg.), Dezentrale Entscheidungsfindung bei externen Effekten, Tübingen.

Zuscovitch, E., Justman, M. (1995), Networks, Sustainable Differentiation, and Economic Development, in: Batten, D., Casti, J., Thord, R. (Hrsg.), Networks in Action, Economics and Human Knowlege, Springer Verlag, Berlin.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Personenregister

Abernathy, W. J. 63
Abramowitz, M. 23
Allen, R. C. 73 f.
Amendola, M. 69
Antonelli, C. 53
Arrow, K. J. 13, 26 f., 32 f., 40 f., 81
Arthur, B. 57
Atkinson, A. B. 53, 57
Audretsch, D. B. 26, 47
Axelrod, R. 89 ff.

Baba, Y. 72
Bain, J. S. 25
Basalla, G. 69
Birdzell, L. E. 59
Bohr, N. 59
Bona, J. L. 189
Braun, M. 149

Cantner, U. 40, 44, 48, 63, 123, 149 f., 191, 204 f.
Carlsson, B. 46, 49 f., 74
Carnot, N. 59
Chiarmonte, F. 149, 189, 231
Clark, K. 78, 204, 240
Clark, N. 128
Cohen, M. D. 138 f.
Cohen, W. M. 39, 67, 81 ff., 103ff., 116, 149, 207
Cyert, R. M. 131

Dahmén, E. 74
Dasgupta, P. 27, 40 f., 43 f.
David, P. A. 53, 57, 142, 146
Davis, S. 26, 40
De Bresson, C. 128
Dodgson, M. 77, 160, 182
Dosi, G. 47 ff., 62 ff., 73 f., 131 ff., 137, 140, 149, 182, 189, 208, 231

Eger, T. 159 f., 178
Egidi, M. 131 ff.
Eliasson, G. 46 ff., 72, 76, 81, 149, 176
Erdmann, G. 26, 43, 55, 124, 133, 149, 155, 159, 167, 172

Faber, M. 128
Faulkner, W. 79
Fisher, F. M. 146
Fölster, S. 79
Foray, D. 99
Forrest, J. E. 29, 58
Freeman, C. 65, 78, 79, 159, 182, 192 f.
Fudenberg, D. 95 f.
Fusfield, H. I. 61, 72, 77, 124, 192

Gaffard, J. L. 69
Georgescu-Roegen, N. 145
Geroski, P. 33, 51, 80
Goodwin, R. 141, 154
Gowdy, J. M. 129
Graddy, E. 185
Granstrand, O. 181
Grupp, H. 28, 52
Guy, K. 79

Haag, G. 149, 153, 155 f., 159, 165, 167, 245
Hagedoorn, J. 77
Hakanson, H. 79
Haken, H. 141, 146, 149, 153 f., 164, 244
Haklish, C. S. 77, 192
Hamburger, H. 98
Hanusch, H. 142, 204
Harabi, N. 79
Heiner, R. 49, 131, 139
Henderson, R. 78, 204, 240
Hodgson, G. 128 f., 191
Hohnerkamp, J. 155

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Holler, M. J. 91, 95 f.
Holmström, B. 47
Iansiti, M. 240
Illig, G. 91, 95 f.
Imai, K. 72

Jagger, N. 79
Johanson, J. 79
Juma, C. 128
Justman, M. 77 f.

Kahneman, D. 131, 134
Kamien, M. 40
Kennedy, C. 23
Kirzner, I. 126
Klein, B. 60
Kleinknecht, A. 29
Klepper, S. 185
Klevorick, A. K. 36
Kline, S. J. 29 f., 58
Knight, F. H.26, 131
Kobayashi, K. 78 f.
Kodama, F. 71, 78
Kuenne, R. E. 191
Kuhn, T. 62, 64
Kwasnicki, W. 149, 189

Lane, D. 152
Levin, R. C. 36 ff., 59, 67
Levinthal, D. A. 81 ff., 101 ff., 116, 149, 207
Lyons, B. 26

Macdonnald, S. 77
Machlup, F. 237, 241 f.
March, J. G. 131, 137, 192 f.
Marconi, G. 59
Marshall, A. 47
Marx, K. 21
Maxwell, R. 59
Metcalfe, S. J. 131, 137, 192 f.
Meyer, B. 195
Miles, I. 79
Miyazaki, K. 240
Mody, A. 78
Mokyr, J. 69
Mowery, D. 29, 37

Nelson, R. R. 63, 65, 74, 77, 88, 128, 131, 137 f., 145, 148 f., 189 f., 197

Penrose, E. 46 ff.
Perez, C. 65
Pflüger, M. 96
Pisano, G. 207
Planck, M. 124
Prigogine, I. 141, 159
Proobs, J. L. 128
Pyka, A. 149, 185, 191, 204

Quintas, P. 79

Reiss, P. C. 41 f., 43 ff.
Ricardo, D. 21
Romer, P. 73
Rosenberg, N. 15, 28 f., 46, 55 f., 58 ff., 66 ff.

Sahal, D. 63, 65 f., 69
Santos, M. S. 189
Saviotti, P. P. 61, 129, 142
Schakenraad, J. 77
Schelling, T. 99 ff.
Scherer, F. 33
Schmookler, J. 28
Schrader, S. 78, 91
Schrödinger, P. 59
Schumpeter, J. A. 15, 26 f., 123, 126
Senker, J. 79
Shubik, M. 147, 190
Silverberg, G. 50, 71, 73, 128, 138, 151, 153, 155, 188, 197
Simon, H. A. 131 ff.
Simons, K. L. 185
Sjolander, S. 181
Smith, A. 21
Smith, J. M. 148
Soete, L. 159, 193
Solow, R. 21 f.
Spence, M. 43 f., 104 ff., 118
Stankiewicz, R. 73
Stengers, I. 141, 160
Stiglitz, J. E., 26, 40 f., 81, 43 f., 53 f., 57
Stoneman, P. 126

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Taylor, M. 99 f., 103
Teece, D. J. 49 f., 75, 207
Tirole, J. 47, 95 f.
Torrisi, S. 79
Tripsas, M. 241
Tversky, A. 131, 134

Utterback, J. M. 63

Veblen, T. 126
Verspagen, B. 28, 53, 55, 149, 151, 189, 197, 205
Voltaire 129
von Hippel, E. 68, 75, 77 f., 87 f., 90 ff., 97 f., 125, 177, 182

Wagner, S. 33
Weidlich, W. 149, 153, 155, 159, 165, 172, 245
Weise, P. 155, 159 f., 178
Winter, S. G. 35, 48, 60, 63, 65, 74, 128, 131, 137, 139, 149 f., 189 f., 191, 197, 201, 208
Witt, U. 48, 76, 123, 128 f., 137, 144, 146 f.
Woeckener, B. 159, 162

Zuscovitch, E. 76 f.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Sachwortregister

Abschwächung, langreichweitige 161 ff.
Akteur, repräsentativer 126 ff.
Allokationsperspektive 24 ff., 51 ff.
Analyse, statische 127 ff.
Aneignungsbedingungen 34 ff.
anreizbasiert 19, 21 72, 105
Anreizproblematik 50, 86
anreizreduzierend 17, 35, 47, 72, 108, 110, 112, 126, 191
Anspruchsniveau 138
artifical-time-scale 171, 212
Aspekt, kognitiver 47 ff.
Aspekt, kooperativer 47 ff.
Attrakor 155, 188 f.
Attraktionsgebiet 173, 188

Befruchtung, gegenseitige (siehe cross-fertilization)
Behaviourismus 132, 138
Bertrand-Annahme 40, 197
Beschränkungen, technologische 66 ff.
Bifurkation 156, 168, 175, 183
bimodal 175, 189
black-box 15, 46, 153

Carnegie-Mellon-School 132
Charakter, ideenschaffender 47, 120 ff.
Cobb-Douglas 22
competence-difficulty-gap 49, 139
conservation law 164
CR_4 225 f.
cross-fertilization 69 ff.
crossing over 142

demand-pull 28, 60
detailed balance 165, 244
development blocks 73
Differentialgleichung, stochastische 149, 160
Diskontrate 95, 99 ff., 105, 124
Divergenz 191
Dominanz 90, 180 ff., 210, 232, 234, 241
Drift-Koeffizient 166, 172, 245
Dynamik 125 ff., 153 ff.

economies of scale 66, 179
economies of scope 50
Effektivität 33, 111, 117, 229 ff.
efficiency effect 44
Eigentumsrechte, intellektuelle 17, 31, 34, 41, 85
Eintrittsbarriere 179
emergent 151
Engpässe, technologische (siehe technologische Beschränkungen)
Entrepreneur 27, 46, 127, 146, 186
entry 192, 209 ff., 231 ff.
entscheidungstheoretisch 20, 60
Ergodizität 164
Evolution, Darwinsche 142
Evolution, Lamarcksche 142
evolutionär stabil 151
Evolutionstheorie, biologische 17, 141
Evolutionstheorie, ökonomische 17, 122 ff., 152
exit 192, 209 ff., 231 ff.
experimentieren 73, 147
exploitation, exploration 192 ff.

Fähigkeiten, absorptive 73 ff., 94 ff., 190 ff.
Faktorproduktivität, totale 22
Fallstudie 148, 236, 241
first-mover-advantage 37
Fitness 142 f., 232
Fluktuation, kritische 154 f., 164, 172 ff., 235
Fluktuationskoeffizient 167, 245

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Fokker-Planck-Gleichung 165 ff., 244 ff.
Folk-Theorem 96
framing effects 135
Free-Rider 42 ff., 80, 96, 98, 100, 120, 152, 178 ff.
Frontier, technologische 217

Gefangenen-Dilemma 89 ff.
Geheimhaltung 30 ff.
Gleichgewicht, multiples 104, 177
Gleichgewichtsorientierung 122 ff.
growth accounting 19

Häufigkeitsabhängigkeits-Effekt 144, 146
Heterogenität 125 ff., 141 ff.
Heuristik 56, 64, 128, 139
homo oeconomicus 17, 122
Homogenität 125 ff.
Humankapital 48
hybridization 142

Industrielebenszyklus 183 ff.
Industrieökonomik 25, 39, 191
Informationslücke 132, 135
Ingenieurswissenschaft 27, 58
innovation avenues 65
innovation possibility frontier 22
Innovation, inkrementelle 59 ff.
Innovationsökonomik, neue 48, 58, 73, 141, 239
Innovationsprozeß, kollektiver 71 ff.
Innovationsprozeß, linear 27 ff.
Innovationsprozeß, vernetzter 36, 46 ff., 58 ff.
Institutionalisierung 16, 74, 76, 85, 236
Intention 142, 151, 156
Interdependenz, marktliche 203
Interdependenz, technologische 41, 55, 67, 105, 151
Irreversibilität 15, 17, 128, 145 ff.
Isomorphie 153

Klassik 21
Know-how, externes 67 ff.
Koexistenz 182 f.
Kompetenzlücke 132 f., 139
Komplexitätsreduktion 154, 209
Kondratieff-Zyklen 64
Konjunkturtheorie 154
Konzentration 43, 186, 189, 225 f.
Kreativität 131
Kumulativität 47, 50, 62, 145, 179, 199
künstliche Welten 152

latent öffentlich 51, 71, 79, 239
learning-by-doing 23, 56, 80
learning-by-interacting 208
learning-by-scaling 65
learning-by-using 56, 80
learning-to-integrate 208
Lern- und Experimentierprozesse 17, 131, 136, 147 f., 258
Lerneffekt 23, 36
Lernen 23, 49, 75 f., 105, 147, 192 f., 200, 255
Lernkurveneffekt 23, 36
Lokalität 52 ff.
Lösung, stationäre 154, 167, 169, 171, 175
Lotka-Volterra 141
Lücke, technologische 206 f.

Markov-Kette 190
Marktversagen 16, 29, 31
Mastergleichung 157 ff.
Mechanik, Newtonsche 15, 145
Methodenvielfalt 152
Mittelwertgleichung 167 ff.
Möglichkeiten, extensive 69 ff.
Möglichkeiten, intensive 69 ff.
Möglichkeiten, technologische 65 ff.
Monte-Carlo-Simulation 150, 212, 255
Muster, charakteristische 153 f., 218 f., 237
Mutation 130, 141 f.

Nash Gleichgewicht, teilspielperfektes 96
Nash-Gleichgewicht 44, 91, 97, 108f., 114, 139
national innovation systems 73
Naturwissenschaft 58, 62, 66, 69, 131, 153

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Neoklassik 15, 19 f., 147, 235, 238, 240
Neo-Schumpeter-Hypothesen 39
Netzwerke, informelle 74 ff., 89 ff., 157 ff.
Newcomer 179
Nicht-Linearität 17, 141, 152, 155, 237
Non-Tournament 18, 40, 104 f.
Normalisierungsbedingung 162, 164
not-invented-here-Syndrom 135
N-Personen-Gefangenen-Dilemma 99 ff.

Oligopol, heterogenes 192 ff.
Oligopoltheorie 24
Opportunitäten, technologische (siehe technologische Möglichkeiten)
Optimalkalkül 25, 48, 123, 125, 137 f., 157, 192, 197
Ordner 155, 170, 188 f.
Ordnungsparameter 155
Organisationstheorie, neue 192, 194

Paradigma, technologisches 62 ff.
Paradigmen-Trajektorien-Ansatz 61 ff.
Paradigmenwechsel 68 f.
Patent 31 ff.
Patentrennen 40
Pfadabhängigkeit 57, 128, 131, 144 ff.
Phänomen, kollektives 17, 153, 170, 235
Phasenübergang 176 f.
Physik, theoretische 18, 146, 149, 153
Plausibilität 148, 241
Population 142 f., 157 f., 166, 172, 176, 209, 232, 234
Populationsperspektive 130, 148 f., 153
Potentialfunktion 172 f.
Präferenzfunktion 186
Preiswettbewerb 195, 223, 224, 226
Prognosefähigkeit 243
Pseudo-Zufallszahl 150, 201 ff., 212, 241
Psychologie, experimentelle 132, 135
Psychologie, kognitive 17, 131, f.
puntuated equilibria 62

Qualitätswettbewerb 195, 225, 228

Rationalität 16 ff.
Rationalität, beschränkte 134 ff.
Rationalität, prozessuale 136 ff.
Rationalität, substantielle 136 ff.
Rationalitätspostulat 25, 46, 85, 123 f., 131, 134 ff.
Reaktionsfunktion 196 f., 204
receiver competence 49
Regime, technologisches 63, 170, 184
Replikatordynamik 142, 144, 151
reverse-engineering 35, 38, 75
Reversibilität 145
Reziprozität 76, 89
Risiko 25 f., 133
Robustheit 140, 212
Routine 132 ff.

satisfycing-behaviour 137 ff.
Selbstorganisation 152 ff.
Selbstverstärkung, kurzreichweitige 161 ff.
Selektion 65, 130, 141 f., 151, 232
Sensibilität 142
sigmoid 208
Simulation 17 ff., 59, 89, 109, 113 ff., 148 ff., 169 ff., 190 ff.
Skalenertrag 105, 196
Soziobiologie 130
Spezifität 47, 52 ff.
Spieltheorie 39 f., 88 f., 96, 105, 143, 151
Spieltheorie, evolutorische 151, 197, 220, 232
Spillover-Effekte 29 ff.
Stochastik 148, 155, 157, 162, 212
Strategie, absorptive 194
Strategie, dominante 91, 95 ff.
Strategie, imitative 193 f.
Strategie, konservative 193
struggle-for-survival 130
Subpopulation 142 ff.
Substitution 22, 111 f., 195, 198
success-breeds-success 186, 226
survival-of-the-fittest 130
Symmetrie 41 f., 44, 93, 108 f., 125 ff., 145, 147 ff, 160, 205
Synergetik 152 ff., 179, 190, 235
Synergie 14, 50, 72, 76, 84, 103, 146

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

Tacitness 52, 62, 78, 219
technological guideposts 63
Technologieführer 194, 206, 232
Technologie-Fusion 70
Technologieintensität 107, 159 ff.
Technologiespezifität 47, 52 ff., 68, 239
Technologietransfer 144
technology-push 28, 60
Theorie der Firma 47, 132, 138
Trajektorien, technologische 65 ff.
trial-and-error 124, 136, 144, 148
Trittbrettfahrerverhalten 31, 160
Turbo-Pascal 210

Übergangsrate 155
Übergangsrate, individuelle 159 ff.
Übergangsrate, totale 162 ff.
Übergangsrate, zeitabhängige 184 ff.
Ungleichgewicht 15, 73, 127 f.
unimodal 180 ff.
Unsicherheit, echte 123, 135, 139
Unsicherheit, intrinsische 157
Unsicherheit, prozessuale 132 ff.
Unsicherheit, substantielle 132 ff.
Unsicherheit, technologische 160, 184 f., 197, 203, 240
Unternehmensspezifität 52, 56 ff., 62, 85
Unternehmer, findiger 127

Variable, langsame 155, 236
Variation 130, 142 f., 151
Varietät 61, 130
Verhaltensheterogenität 144
Verhaltensorientierung 193
Versklavungsprinzip 236
Vorbehalt, epistemologischer 133
Vorsprung, technologischer 36, 126, 233

Wachstumstheorie 21 ff., 82
Wachstumstheorie, neue 72, 190
Wellen, lange 64
Wettbewerbsintensität 225
Wissen, externes (siehe Know-how, externes)
wissensbasiert 19, 46 ff., 58 ff., 81 ff., 104, 119 ff.
Wissensorientierung 227
Wohlfahrtsökonomik 24, 30

Yale-Survey 36 ff., 45

Zeit, historische 15, 17, 128, 130, 144 ff., 265
Zerstörung, kreative 124
Zufall 142, 155, 192, 200, 210, 232
Zustandsraum 158 ff., 165 ff.

DOI https://doi.org/10.3790/978-3-428-49671-6
Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:30:27
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH