

Konkurrenz und Diffusion von Technologien auf Märkten unter Standardisierungsdruck: Modellbildung, Simulation und Prognose

Von der Fakultät 10 (Wirtschafts- und Sozialwissenschaften) der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
(Dr. rer. pol.) genehmigte Abhandlung

vorgelegt von
Johann Valentowitsch
aus Minsk

Hauptberichter: Prof. Dr. Wolfgang Burr

Mitberichter: Prof. Dr. Andreas Größler

Tag der mündlichen Prüfung: 24.04.2019

Betriebswirtschaftliches Institut der Universität Stuttgart

2019

Geleitwort

Die Dissertation von Johann Valentowitsch zum Thema „Konkurrenz und Diffusion von Technologien auf Märkten unter Standardisierungsdruck: Modellbildung, Simulation und Prognose“ untersucht die Diffusionsprozesse für Innovationen in Märkten, in denen mehrere konkurrierende Technologien als Standardkandidaten im Wettbewerb stehen. Märkte unter Standardisierungsdruck sind durch eine hohe und spezifische Wettbewerbsdynamik gekennzeichnet. Die von dem Verfasser gewählte Problemstellung ist von großer Relevanz für die Wissenschaft und die unternehmerische Praxis. In der Wissenschaft ist die Analyse von Diffusionsprozessen für Innovationen mit Hilfe von nichtlinearen Simulationsmodellen bisher relativ wenig erforscht. Ein Ziel der Arbeit von Valentowitsch ist, die in diesem Zusammenhang oft verwendeten statischen Bass-Modelle weiter zu entwickeln und derart zu einer besseren Prognose von Diffusionsverläufen in Standardisierungswettbewerben zu gelangen. Die Arbeit von Valentowitsch trägt damit zur Reduzierung einer bedeutenden Forschungslücke bei. In der Unternehmenspraxis ist ein tiefgreifendes Verständnis von Diffusionsprozessen und Diffusionsverläufen zentral für den Erfolg von Unternehmen in Standardisierungswettbewerben. Insofern ist der Thematik der Arbeit von Johann Valentowitsch auch eine hohe Praxisrelevanz zuzusprechen. Dies umso mehr als in wettbewerblichen Standardisierungskämpfen die teilnehmenden Unternehmen oftmals erhebliche Ressourcen und ihre Reputation einsetzen und dabei hohe Risiken eingehen. Dies zeigen die Standardisierungskämpfe in der Vergangenheit, z. B. bei Videorekordern (VHS, Betamax, Video 2000), Hochleistungsspeichermedien (Blu-Ray vs. HD DVD), Kassettenrekordern (Rauschunterdrückungssysteme Dolby C, S versus DBX vs. Highcom, Nachfolgetechnologie für Kassettenrekorder MCC vs. Minidisk), Fernsehtechnologien (Pal vs. NTSC vs. Secam) in aller Deutlichkeit.

Die besondere Eigenleistung des Autors ist darin zu sehen, dass der Standardisierungswettbewerb mit einem von ihm selbst weiterentwickelten Simulationsmodell analysiert wird, das gegenüber den in diesem Themenkontext oft verwendeten Bass-Modell einige entscheidende Verbesserungen bei der Prognosegüte ermöglicht. Ein echter Fortschritt der Modellierung von Johann Valentowitsch im Vergleich zum Bass-Modell ist, dass das Scheitern von Diffusionsprozessen und der hinter ihnen stehenden Innovationen explizit im Modell berücksichtigt wird. Das vom Autor entwickelte Modell muss wie jedes Modell von vielen Faktoren der Wirklichkeit abstrahieren. Dem Autor ist es gelungen, eine auf das Wesentliche (Einfluss der Nachfrageseite, von Innovatoren vs. Imitatoren und von der Größe der Adopternetzwerke auf die Durchsetzung eines Standards im Wettbewerb) beschränkte Modellierung und Simulation von Standardwettbewerben stringent und effizient umzusetzen. Generell ist die vom Verfasser einfach gehaltene Modellierung zu befürworten und stets einer komplexen Modellierung vorzuziehen, wenn das einfache Modell bereits zufriedenstellende Ergebnisse erbringt (Occams Messer in der Wissenschaftstheorie), was die nachfolgende empirische Validierung aufzeigt. Das entwickelte Modell wird vom Verfasser mit Hilfe realer Marktdaten empirisch validiert und mit Ergebnissen auf Grundlage des Bass-Modells verglichen. Der Erkenntnisgewinn der Arbeit ist somit im Bereich der Methodenentwicklung und im Bereich der Anwendung von Simulationsmodellen auf ein Praxisproblem zu sehen. Der Fokus der Arbeit liegt nicht auf einer Weiterentwicklung der Diffusionstheorie sondern auf der Weiterentwicklung eines für Diffusionsprozesse in Standardwettbewerben besser geeigneten

Simulationsmodells. Von großem Erkenntniswert sind aber auch die sehr profunden, tiefgehenden Überblickdarstellungen über die verschiedenen Entwicklungslinien und Modelle der Diffusionsforschung, der Stand der Forschung wird vom Verfasser sehr gut referiert. Die Arbeit wird dadurch abgerundet, dass der Verfasser in Kapitel 4.6. sehr genau die Limitationen seiner realisierten Modellierung aufzeigt. Die Ausführungen sind sehr gut, ausgewogen und gut begründet.

Die Arbeit von Johann Valentowitsch ist kreativ angelegt sowie mit sehr viel Fleiß und Präzision geschrieben, der Verfasser geht bei seiner Analyse betont strukturiert und systematisch nach strengen wissenschaftlichen und methodischen Standards vor. Der Verfasser beweist mit der vorgelegten Dissertation seine Methodenkompetenz beim empirischen Arbeiten mit Simulationsmodellen. Der gelungenen Arbeit von Johann Valentowitsch ist eine gute Rezeption in der wissenschaftlichen Community zu wünschen.

Stuttgart, den 22.5.2019

Prof. Dr. Wolfgang Burr

Zusammenfassung (englisch)

Recent and ongoing advances in information and communication technologies dramatically increased the number of standard battles observable in the market. Thus, the formerly rare phenomenon has nowadays become a pervasive part of the modern economic landscape. Recognizing the growing importance of standard battles, a substantial amount of economic research was dedicated to processes of technology diffusion and adoption over the last three decades. However, despite extensive research on technology diffusion, our understanding of competitive forces that drive those market processes is still limited. As shown in this research work, formal models applied to current diffusion studies are not able to catch the full range of competitive dynamics and are thus not suitable for analysis of battles for technological dominance. Being more precisely, existing models of technology diffusion predominantly describe generational substitution effects explaining under which conditions new technology generations replace old ones or identify factors that are the most suitable to explain the rate of technology transition. However, diffusion models that focus on real standard battles describing competitive market dynamics are still missing. Addressing this research gap, the author proposes a new model that is applicable to the analysis of technology diffusion in a competitive market environment. The formulation of the model is based on theories of innovation adoption and diffusion, but it also takes the huge body of economic literature on standardization into account. The proposed model suggests that technology adoption is mainly driven by three factors: the innovative and imitative behavior of the adopters as well as the rivalry between installed user bases of the competing technologies. The adoption mechanism incorporated into the model is inspired by the model of mixed influence proposed by Bass. However, the conceptualization of the model is also influenced by research on network effects conducted over the last three decades. From that, this study follows an integrative approach synthesizing different streams of economic research in order to explain the adoption dynamics of market-based technology competition. To validate the model, empirical time series data on different historical standard battles is used. As shown by the author, the new competition-oriented model provides significant data fit explaining much of the variation in the observed adoption rates. Moreover, ex-ante predictions of adoption rates are more precise in the short run than adoption forecasts generated by the mixed influence model, which is nowadays commonly used in empirical literature to estimate technology diffusion. Given its high predictive power, the usefulness of the new competition-oriented model is discussed with regard to its applicability to scientific and practical problems.

Zusammenfassung (deutsch)

Die Häufigkeit und Intensität technologischer Standardkriege hat in Folge rasanter Entwicklungen auf den Gebieten der Informations- und Kommunikationstechnologien in den letzten Jahren spürbar zugenommen. Aus diesem Grund rückten in jüngster Vergangenheit Prozesse der Technologiediffusion und -adoption verstärkt in den Fokus der wirtschaftswissenschaftlichen Forschung. Trotz zahlreicher Beiträge auf diesem Gebiet ist unser heutiges Verständnis von den zugrunde liegenden Wettbewerbs- und Marktdynamiken jedoch nach wie vor stark limitiert. Wie in dieser Arbeit ausführlich gezeigt wird, sind die meisten konventionellen Diffusionsmodelle heute nicht in der Lage, die volle Bandbreite der kompetitiven Dynamiken zu erfassen, die sich im Rahmen technologischer Standardkriege regelmäßig auf Märkten unter Standardisierungsdruck entfalten. Aus heutiger Sicht bleibt die Modellbildung häufig darauf beschränkt, einfache Generationenfolgen von Technologien abzubilden. Bei dieser Form von Technologiesubstitution lassen sich jedoch nicht, die für Standardkriege typischen, erbittert geführten Dominanzkämpfe beobachten, die sich in Folge von mangelnder Interkomplementarität zwischen den konkurrierenden Technologien im Markt herausbilden. Zur Beschreibung derartiger Prozesse bedarf es daher anderer Modelle, die eine stärkere Fokussierung auf die eigentlichen Wettbewerbsprozesse und Marktdynamiken setzen. Um den gegenwärtigen Mangel an wettbewerbsorientierten Modellen zu begegnen, wird in dieser Arbeit unter Heranziehung von ökonomischen Adoptions- und Diffusionstheorien sowie unter Berücksichtigung der mittlerweile sehr umfangreichen Forschungsergebnisse auf den Gebieten der Standard- und Netzwerkforschung ein neues Modell formuliert, das sich zur Analyse von Diffusionsdynamiken auf Märkten unter Standardisierungs- und Wettbewerbsdruck heranziehen lässt. Mit Hilfe des neuen Modells kann gezeigt werden, dass die Adoption neuer Technologien durch drei wesentliche Faktoren erklärt werden kann, nämlich durch das innovative und imitative Verhalten der Innovationsnachfrager auf der einen Seite sowie das Größenverhältnis der konkurrierenden Anwendernetzwerke zueinander auf der anderen Seite. Der im Rahmen des Modells implementierte Adoptionsmechanismus leitet sich dabei vornehmlich aus der Klasse so genannter Mixed-Influence-Diffusionsmodelle ab. Allerdings erweitert das neue Modell den klassischen Mixed-Influence-Gedanken, indem es den Betrachtungshorizont auf mehrere Diffusionstechnologien ausweitet und dabei marktliche Interdependenzen zwischen den Technologien im Diffusionsprozess zulässt. Die Modellierung in dieser Arbeit verfolgt somit einen integrativen Ansatz, der unterschiedliche theoretische Sichtweisen in einem kompakten Modell vereinen soll. Um das aufgestellte Wettbewerbsmodell zu validieren, werden ökonomische Zeitreihendaten zu ausgewählten Standardkriegen verwendet, die in der Vergangenheit zu temporären Technologie-Lock-ins auf den jeweiligen Märkten geführt haben. Wie mit Hilfe dieser Datenreihen gezeigt werden kann, erklärt das neue wettbewerbsorientierte Modell dabei einen Großteil der beobachteten Adoptionsvarianz in den Daten und führt insgesamt betrachtet zu einem guten Daten-Fit. Zudem weisen ex ante Prognosen der Adoptionsraten, die auf Basis des Wettbewerbsmodells generiert wurden, eine höhere Genauigkeit auf als Schätzungen, die auf Grundlage des zu Referenzzwecken mitbetrachteten Standardmodells von Bass erstellt wurden. Aufgrund seiner hohen Prädiktabilität bietet das aufgestellte Wettbewerbsmodell zahlreiche Einsatzmöglichkeiten in Wissenschaft und Praxis. Diese werden im Rahmen der Arbeit ausführlich diskutiert und auf ihren Nutzen für die betriebswirtschaftliche Prognosepraxis hin untersucht.

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort	III
Zusammenfassung (englisch)	V
Zusammenfassung (deutsch)	VI
Inhaltsverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	X
Variablenverzeichnis	XIII
Abbildungsverzeichnis	XIV
Tabellenverzeichnis	XVI
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	4
1.2 Identifikation der Forschungslücke	9
1.3 Aufbau der Arbeit	18
2 Theoretisch-konzeptioneller Bezugsrahmen	24
2.1 Die Adoptions- und Diffusionstheorie	24
2.1.1 Adoptionskritische Faktoren	26
2.1.1.1 Innovationsspezifische Faktoren	29
2.1.1.2 Adopterspezifische Faktoren	34
2.1.1.3 Umweltbezogene Faktoren	35
2.1.2 Der Diffusionsprozess als makroskopischer Vorgang	38
2.2 Ein historischer Abriß der Diffusionsforschung	40
2.3 Elemente des Diffusionsprozesses	43
2.3.1 Die zeitliche Dimension	44
2.3.2 Die Kommunikation	49
2.3.3 Das soziale System	51
2.3.3.1 Das soziale System aus der Netzwerkperspektive	53
2.3.3.2 Ordnungsprinzipien sozialer Netzwerke	57
2.3.3.3 Analyseebenen sozialer Netzwerke	59
2.3.3.4 Strukturkomplexitäten sozialer Netzwerke	60
2.3.4 Die räumliche Dimension	65

2.4	Besonderheiten der Diffusionsdynamik.....	74
2.4.1	Diffusionsdynamik bei Netzeffekten.....	75
2.4.2	Diffusionsdynamik bei Kritische-Masse-Systemen	78
2.5	Standardisierung und Standardkriege.....	82
2.5.1	Fallbeispiel: Blu-Ray vs. HD-DVD.....	89
2.5.1.1	Strategie und Taktik von Toshiba und Sony	93
2.5.1.2	Konsortien hinter Blu-Ray und HD-DVD	94
2.5.1.3	Zusammenfassung	96
2.6	Synopsis und Abstraktion von Modellimplikationen.....	97
3	Formale Modellierung des Diffusionsprozesses	102
3.1	Das Internal-Influence-Model	107
3.2	Das External-Influence-Model.....	109
3.3	Das Mixed-Influence-Model	112
3.3.1	Modellrahmen	115
3.3.2	Mathematische Formulierung	119
3.3.3	Modellmechanik und Parametersensitivität.....	124
3.3.4	Kritische Würdigung des Modells.....	127
3.4	Das wettbewerbsorientierte Mixed-Influence-Model.....	131
3.4.1	Modellrahmen	132
3.4.2	Simulationslösungen.....	137
3.4.3	Chaotisches Verhalten.....	141
3.4.4	Kritische Würdigung des Modells.....	143
4	Empirische Analyse.....	146
4.1	Ökonometrische Modellierung.....	147
4.1.1	Linearer Schätzansatz	148
4.1.2	Nichtlinearer Schätzansatz	151
4.2	Statistische Testhypothesen	153
4.3	Datensatz und Datenaufbereitung.....	155

4.4	Ergebnisse der Parameterschätzungen	163
4.5	Prognose und Prognosegüte	166
4.5.1	In-sample Prognosen.....	169
4.5.2	Out-of-sample Prognosen.....	174
4.6	Limitationen der Analyse	182
5	Diskussion der Ergebnisse	188
6	Schlussbetrachtung.....	192
	Literaturverzeichnis	194
	Anhang.....	226
A1:	Herleitung der Schätzgleichung in der Adopter Domain	226
A2:	Das Bass-Modell als Sonderfall des Wettbewerbsmodells	227
A3:	Annahmen der OLS- und NLS-Schätzungen	228
A4:	Verwendete Software	229
A5:	Kontrollschätzungen (Autokorrelation).....	230
A6:	Vollständiger Datensatz.....	231
A7:	Ergebnisse der systematischen Literatur-Reviews	233
A8:	Simulation des Wettbewerbsmodells	238

Abkürzungsverzeichnis

AC-3	Mehrkanal-Tonsystem (Dolby Digital)
AVI	Audio Video Interleave
BD-ROM	Blu-Ray-Disc ROM (= read-only Memory)
Beta(max)	Betamax-Kassette von Sony
BLUE	Best Linear Unbiased Estimator
Blu-Ray	Blu-Ray-Disc
CCIR	Internationaler Beratender Ausschuss für den Funkdienst (Comité Consultatif International des Radiocommunications)
CD	Compact Disc
CES	Consumer Electronics Show (Fachmesse)
CFGS	China Film Giant Screen
C-Flash	Compact Flash (Speicherkarte)
DIVX	Videocodec
DOS	Disk Operating System
DVD	Digital Versatile Disc
DVD-R	Recordable DVD
DVD-R(A)	Recordable DVD (Authoring)
DVD-R(G)	Recordable DVD (General)
DVD-RAM	DVD–Random Access Memory
DVD-RW	Format für eine wiederbeschreibbare DVD
DVORAK	Tastaturlayout
FireWire	Bus für serielle Übertragung von Daten
FLAC	Free Lossless Audio Codec
FVD	Finalized Versatile Disc
GB	Gigabyte
Glide API	Glide Application Programming Interface
H.264/H.265	H.-Standards für audiovisuelle Anwendungen
HBO	Home Box Office (Fernsehprogrammanbieter)
HD-DVD	High Density Digital Versatile Disc
HE-AAC	High Efficiency Advanced Audio Coding
HomeRF	Home Radio Frequency (Funktechnik)

HP	Hodrick-Prescott-Filter
IMAX	Image Maximum
IuK	Informations- und Kommunikationstechnologien
KI	Konfidenzintervall
LTE	Long Term Evolution
MAE	Mean Absolute Error
MARE	Mean Absolute Relative Error
Mini SD	Mini Secure Digital Memory Card
Micro SD	Micro Secure Digital Memory Card
ML	Maximum-Likelihood
MMCD	Multimedia-CD
MOV	Quick Time Movie
MP3	MPEG-1 bzw. MPEG-2 Audio Layer III
MPEG	Moving Pictures Expert Group
MSE	Mean Square Error
NCSA	National Center for Supercomputing Applications
NLS	Non-linear Least Squares
NPAPI	Netscape Plugin Application Programming Interface
NTSC	National Television System Committee (Fernsehnorm)
ODF	Open Document Format
OLS	Ordinary Least Squares
OOXML	Open Office Extensible Markup Language
OpenGL	Open Graphics Library
o. V.	ohne Verfasser
PAL	Phase Alternating Line (Fernsehnorm)
PDA	Personal Digital Assistant (tragbarer Computer)
PPAPI	Pepper Plugin Application Programming Interface
QWERTY	Tastaturlayout
RA	Real Media Formate
RMSE	Root Mean Square Error
RMSRE	Root Mean Square Relative Error
SCI	Science Citation Index
SD	Secure Digital Memory Card
SDHC	Secure Digital High Capacity Memory Card

SECAM	Séquentiel couleur à mémoire (Fernsehnorm)
SEIS	Susceptible-Exposed-Infected-Susceptible (-Model)
SIS	Susceptible- Infected-Susceptible (-Model)
SIR	Susceptible -Infected-Recovered (-Model)
SIRS	Susceptible -Infected-Recovered- Susceptible (-Model)
SSCI	Social Sciences Citation Index
SxS	Speicherkarte (Side by Side)
UFC	USB Flash Card
Ultra AVX	Ultra Audio Video Experience
UNIX	Betriebssystem (kein Akronym)
USB	Universal Serial Bus
US-D	US-Dollar
VHS	Video Home System
VIF	Variance Inflation Factor
VMD	Versatile Multilayer Disc
WebM	Containerformat für Audio- und Videodaten
WiFi	Marke (wireless networking technology)
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WMV	Windows Media Video
X.400	E-Mail System (Message Handling System)
xD-Picture-Card	Extreme Digital Picture Card

Variablenverzeichnis

a	Adoption innerhalb einer Periode
A	kumulierte Adoption
β	Schätzkoeffizient (in ökonomischen Modellen)
$f()$	Dichtefunktion
$F()$	Verteilungsfunktion
$h()$	Hazardrate
ε	Fehlerterm (in ökonomischen Modellen)
i	Index zur Kennzeichnung von Technologie i
j	Index zur Kennzeichnung von Technologie j
λ	Wettbewerbsparameter
m	Marktpotential (Schreibweise in ökonomischen Modellen)
M	Marktpotential
\bar{N}	Größe des sozialen Systems (= Gesamtzahl aller Adoptoren)
p	Innovationskoeffizient
q	Imitationskoeffizient
σ^2	Varianz
t	Zeitindex

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Absatzprognosen mit Hilfe konventioneller Diffusionsmodelle.....	6
Abbildung 2:	Formen von marktlichen Interdependenzen bei Technologiediffusion	7
Abbildung 3:	Ergebnisse des systematischen Literatur-Reviews	13
Abbildung 4:	Einflussfaktoren auf den Marktausgang von Formatkriegen.....	14
Abbildung 5:	Das modifizierte Metcalfe'sche Gesetz.....	17
Abbildung 6:	Inhaltlicher Aufbau der Arbeit	23
Abbildung 7:	Die klassischen Adoptionsfaktoren.....	30
Abbildung 8:	Evolution der Diffusionstheorie	42
Abbildung 9:	Idealisierte Adoptions- und Diffusionskurven.....	46
Abbildung 10:	Komplexe soziale Netzwerke.....	61
Abbildung 11:	Skalenfreiheit.....	63
Abbildung 12:	Der Einfluss von Distanz auf diffusionsrelevante Prozesse	68
Abbildung 13:	Räumliche Diffusionsmuster ausgewählter Innovationen.....	71
Abbildung 14:	Hierarchische Diffusion.....	73
Abbildung 15:	Nachfragedynamik bei Netzwerkgütern.....	80
Abbildung 16:	Diffusion und Kritische Masse	81
Abbildung 17:	Feedbackeffekte und Nutzernetzwerk.....	88
Abbildung 18:	Absatzentwicklung von Playstation 3 und Xbox 360.....	91
Abbildung 19:	Konsortien hinter Blu-Ray und HD-DVD im Jahr 2006	95
Abbildung 20:	Nutzenwertentwicklung bei Standardwettkämpfen	100
Abbildung 21:	SI-Modellsimulation.....	104
Abbildung 22:	Klassische Social-Influence-Modelle.....	110
Abbildung 23:	Grafische Darstellung des Bass-Modells	124
Abbildung 24:	Parametersensitivität des Bass-Modells	125
Abbildung 25:	Spezialfälle des Bass-Modells	126
Abbildung 26:	Ausgewählte Erweiterungen des Bass-Modells.....	130
Abbildung 27:	Wirkbeziehungen im wettbewerbsorientierten Modell.....	136
Abbildung 28:	Mechanik und Parametersensitivität des Wettbewerbsmodells	139
Abbildung 29:	Chaotisches Verhalten im Wettbewerbsmodell.....	142
Abbildung 30:	Zur Schätzung verwendeten Zeitreihen	159
Abbildung 31:	Saisonbereinigung: Blu-Ray-Zeitreihe	161
Abbildung 32:	Saisonbereinigung: HD-DVD-Zeitreihe	162

Abbildung 33: In-sample Prognosen: Netscape und Internet Explorer	171
Abbildung 34: In-sample Prognosen: Betamax und VHS	172
Abbildung 35: In-sample Prognosen: HD-DVD und Blu-Ray	173
Abbildung 36: Konzeptionelle Darstellung der Prognosestrategie	175
Abbildung 37: Out-of-sample Prognose: Netscape.....	178
Abbildung 38: Out-of-sample Prognose: Internet Explorer	179
Abbildung 39: Out-of-sample Prognose: HD-DVD	180
Abbildung 40: Out-of-sample Prognose: Blu-Ray	181

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Verteilung der Beiträge auf inhaltliche Kategorien und Journals.....	11
Tabelle 2:	Wirkung ausgewählter Adoptionsfaktoren im Adoptionsprozess	28
Tabelle 3:	Ausgewählte Definitionen sozialer Netzwerke	55
Tabelle 4:	Ausgewählte Formatkriege im IuK-Sektor.....	85
Tabelle 5:	Formen der Technologiekonkurrenz	86
Tabelle 6:	Chronologie des Formatkrieges zwischen Blu-Ray und HD-DVD.....	90
Tabelle 7:	Filmtitel auf HD-DVD und Blu-Ray (US-Markt: 04.06. – 12.07.).....	94
Tabelle 8:	Strategien und Markterfolg von Toshiba und Sony im Vergleich.....	96
Tabelle 9:	Verdichtete Implikationen für die Modellierung	99
Tabelle 10:	Mixed-Influence-Modelle im Wandel der Zeit.....	114
Tabelle 11:	Grundannahmen des Bass-Modells.....	117
Tabelle 12:	Vergleich der Annahmen im Bass- und Wettbewerbsmodell	144
Tabelle 13:	Beschreibung der Daten	157
Tabelle 14:	Deskriptive Statistiken.....	157
Tabelle 15:	Hypothesenprüfung.....	164
Tabelle 16:	Parameterschätzungen des Wettbewerbsmodells	165
Tabelle 17:	Genauigkeit von in-sample Prognosen	170
Tabelle 18:	Genauigkeit von out-of-sample Prognosen.....	177
Tabelle 19:	Durbin-Watson-Test auf Autokorrelation.....	184
Tabelle 20:	Prüfung auf Multikollinearität.....	186
Tabelle 21:	Annahmen der OLS-Schätzung	228
Tabelle 22:	Annahmen der NLS-Schätzung	228
Tabelle 23:	Verwendete R-Pakete.....	229
Tabelle 24:	Time-Lag-Schätzungen.....	230
Tabelle 25:	Vollständiger Datensatz	231
Tabelle 26:	Zerlegung und Glättung der Zeitreihen	232
Tabelle 27:	Ergebnisse des systematischen Literatur-Reviews.....	233

1 Einleitung

Die Entwicklungsdynamiken vieler Branchen sind durch erhebliche Normierungs- und Standardisierungsbemühungen von staatlichen, privatwirtschaftlichen sowie sonstigen interessengeleiteten Akteuren gekennzeichnet (vgl. Theuvsen 2007, S. 34). Die Vereinheitlichung von Technologien und Prozessen bietet aus ökonomischer Perspektive zahlreiche Vorteile (vgl. Clement und Schreiber 2010, S. 209). Sie kann zum Beispiel zur Vermeidung von externen Effekten beitragen, ein gewisses Mindestmaß an Produkt- oder Servicequalität garantieren oder zur Reduzierung von gesamtwirtschaftlich anfallenden Kosten und zur Verringerung von Ineffizienzen beisteuern, die durch die Koexistenz unterschiedlicher Standards auf unstandardisierten Märkten entstehen können (vgl. Ehrhardt 2000, S. 1). Gerade auf Märkten, die nach dem Prinzip „the bigger the better“ funktionieren, lassen sich durch Standardisierung große Effizienzpotentiale realisieren (vgl. Wiedemer 2007, S. 1). Vor dem eigentlichen Produktwettbewerb entsteht in Branchen, die von Größeneffekten getrieben werden, daher häufig ein Wettbewerb um Standards (vgl. Schilling 1999, S. 266). In dieser Form des Wettbewerbs buhlen Anbieter unterschiedlicher Technologiestandards um potentielle Nachfrager (vgl. Lin und Huang 2014, S. 163). Dabei versuchen sie die Anwenderbasis des eigenen Standards zu erhöhen, indem sie die Wechselkosten der Nachfrager über signifikante Preis- und Qualitätsunterschiede kompensieren (vgl. Clement und Schreiber 2016, S. 217). Wird eine kritische Anwendermasse überschritten, kann der gesamte Markt zugunsten des dominanten Marktstandards kippen (vgl. Wiedemer 2007, S. 1). Die Anbieter neuer Technologien sind auf solchen Märkten deswegen um eine möglichst rasche Erreichung einer marktbeherrschenden Stellung bemüht (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 40). Marktbeherrschend wird ein Technologiestandard dabei immer dann, wenn er unter Neukäufern einer gewissen Produkt- oder Servicekategorie einen Marktanteil von mindestens 50 Prozent erlangt (vgl. Van de Kaa et al. 2014, S. 337). Kann der Standard diesen hohen Marktanteil über längere Zeitperioden aufrechterhalten, bildet sich eine dominante Nutzerbasis heraus (vgl. Katz und Shapiro 1994, S. 93 ff.). Diese höhlt dann den Kundenstamm aller anderen Konkurrenzstandards im Markt aus, so dass sich die ohnehin überlegene Marktposition des erfolgreichen Standards mit der Zeit immer weiter verfestigt (vgl. Blind 2011, S. 374).

Durch Standardisierungsbemühungen lassen sich grundsätzlich unterschiedliche ökonomische, politische oder auch technische Ziele verfolgen (vgl. David und Greenstein 1990, S. 4). Am häufigsten findet die technologische Vereinheitlichung jedoch statt, um ein Mindestmaß an Kompatibilität zwischen den einzelnen Komponenten technischer Systeme sicherzustellen (vgl. Farrell und Saloner 1987, S. 70). Solche Kompatibilitätsstandards lassen sich als Konventionen darüber begreifen, wie sich bestimmte, wiederholt stellende technische Probleme regeln und lösen lassen (vgl. Clement und Schreiber 2016, S. 63). Wer als Unternehmen einen marktlichen Kompatibilitätsstandard etablieren kann, wird temporär eine starke Marktposition erlangen, monopolnahe Renten erzielen und die Entwicklung industrieller Evolutionspfade über längere Zeiträume mitgestalten (vgl. Blind 2011, S. 374). Der Standardisierungsprozess kann dabei entweder als offener oder geschlossener Marktprozess erfolgen (vgl. Grathwohl 2015, S. 14). Bei offener Standardisierung werden grundsätzlich keine Marktakteure von der Nutzung einer bestimmten Technologie ausgeschlossen (vgl. Dieckmann und Hagenhoff 2004, S. 5). Es entsteht daher ein Wettbewerb zwischen unterschiedlichen Komponentenherstellern innerhalb eines Marktes (vgl. Clement und Schreiber 2000, S. 211). Bei geschlossener Standardisierung hingegen kann der Besitzer eines Technologiestandards andere von der Nutzung seiner Technologie ausschließen (vgl. Wey 1999, S. 250). In der Konsequenz führt dies zum Wettbewerb zwischen Standards um den gesamten Markt (vgl. Clement und Schreiber 2000, S. 211). Eine solche Wettbewerbssituation wird in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur auch häufig als Standard- oder Formatkrieg bezeichnet (vgl. Shapiro und Varian 1999a, S. 8). In der einschlägigen Fachliteratur sind zahlreiche Beispiele für Formatkriege dokumentiert: Blu-Ray vs. HD-DVD (vgl. Chang und Huang 2016, S. 37, Gallager 2012, S. 90), FireWire vs. USB (vgl. Van de Kaa und de Vries 2015, S. 222), VHS vs. Betamax (vgl. Park 2004, S. 937, Cusumano et al. 1992, S. 51), DIVX vs. DVD (vgl. Dranove und Gandal 2003, S. 363), MPEG-2 Audio vs. AC-3 (vgl. Van de Kaa und de Vries 2015, S. 222), DVD-RW vs. DVD+RW vs. DVD-RAM (vgl. Gauch 2008, S. 47, van Wegberg 2004a, S. 18), MMCD vs. SD (vgl. Chang 2013, S. 1), ODF vs. OOXML (vgl. Blind 2011, S. 373), QWERTY-Tastatur vs. DVORAK-Tastatur (vgl. David 1985, S. 332 ff.). Wie all diese Beispiele zeigen, lassen sich im Markt ausgetragene Standardwettkämpfe besonders häufig im IuK-Sektor beobachten. Diese Feststellung spiegelt einerseits die rasante technologische Entwicklung von Informations- und Kommunika-

tionstechnologien wider, sie deutet zugleich aber auch auf die zunehmende Bedeutung von Kompatibilitätsproblemen in diesem Sektor hin (vgl. Narayanan und Chen 2012, S. 1376). Die Konkurrenz zueinander inkompatibler Technologiestandards kann langfristig zu unterschiedlichen Gleichgewichtszuständen im Markt führen (vgl. David und Greenstein 1990, S. 3, Arthur 1989, S. 116). Auf der einen Seite können konkurrierende Standards zu einer dauerhaften Marktfragmentierung führen. In diesem Fall setzen sich mehrere Technologien im Markt durch und teilen diesen untereinander auf (vgl. Dubé et al. 2010, S. 216). Aktuell lässt sich eine derartige Fragmentierung zum Beispiel auf dem Markt für Spielekonsolen beobachten (vgl. Subramanian et al. 2011, S. 228). Mit PlayStation, Xbox und Wii teilen sich aktuell die drei großen Hersteller Sony, Microsoft und Nintendo den Löwenanteil des weltweiten Marktes für stationäre Spielekonsolen untereinander auf (vgl. Healey und Moe 2016, S. 250). Alle drei Konsolentypen basieren auf unterschiedlichen technologischen Lösungen. Sie wurden von den Herstellern bewusst als inkompatible Standards in den Markt eingeführt, um eine größtmögliche Wettbewerbsdifferenzierung zu gewährleisten (vgl. Corts und Lederman 2009, S. 123).

Technologiekonkurrenz muss jedoch nicht zwangsweise zu einer Zersplitterung des Marktes wie im Fall der stationären Spielekonsolen führen. Viele Märkte können nämlich auch nach dem The-Winner-Takes-All Prinzip funktionieren (vgl. Shapiro und Varian 1999b, S. 1). Bei dieser Form der Marktkonkurrenz entwickelt sich eine Technologie langfristig zum dominanten Marktstandard, während die im Wettbewerb unterlegene Technologie vom Markt verdrängt wird (vgl. Besen und Farrell 2002, S. 443, Hill 1997, S. 7). Beispiele für Technologien, die durch intensiven Wettbewerb aus den Märkten gedrängt wurden, sind in der wissenschaftlichen Literatur zu Genüge dokumentiert. Exemplarisch lassen sich hierfür das X.400 E-Mail-System (vgl. Jakobs 2013, S. 63), der HomeRF-Standard (vgl. Negus et al. 2000, S. 20), der Netscape-Browser (vgl. Spinello 2005, S. 343, Sebenius 2002, S. 43) oder die Quadrophonie (vgl. Postrel 1990, S. 169) anführen. All diese Technologien konnten sich aus den unterschiedlichsten Gründen nicht als dominante Standards in den jeweiligen Märkten positionieren und wurden infolgedessen von anderen Konkurrenztechnologien aus ihren Marktnischen gedrängt (vgl. Schilling 2002, S. 387). Diejenigen Technologien jedoch, die aus dem Wettbewerb siegreich hervorgegangen sind, konnten die jeweiligen Märkte über eine gewisse Zeit dominieren und in ihrer technologischen Entwicklung nachhaltig prägen (vgl. Besen und Farrell 2002, S. 443).

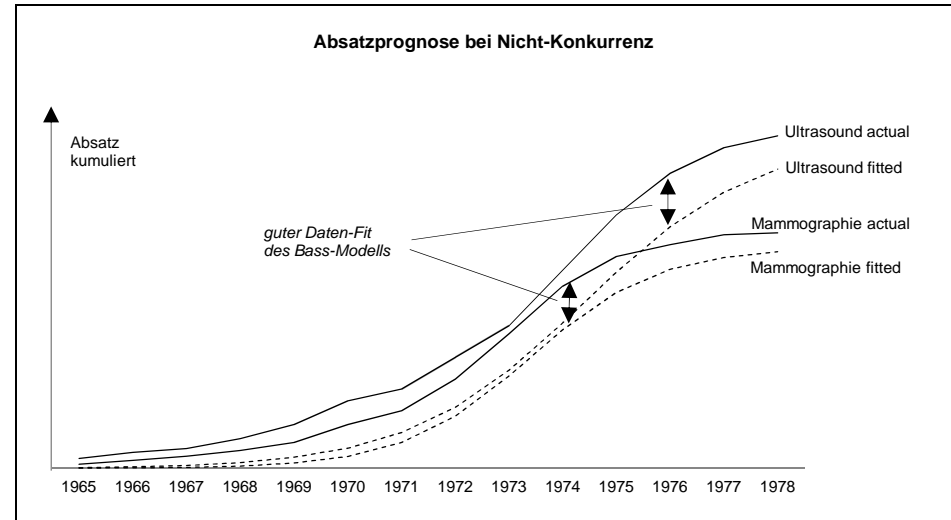
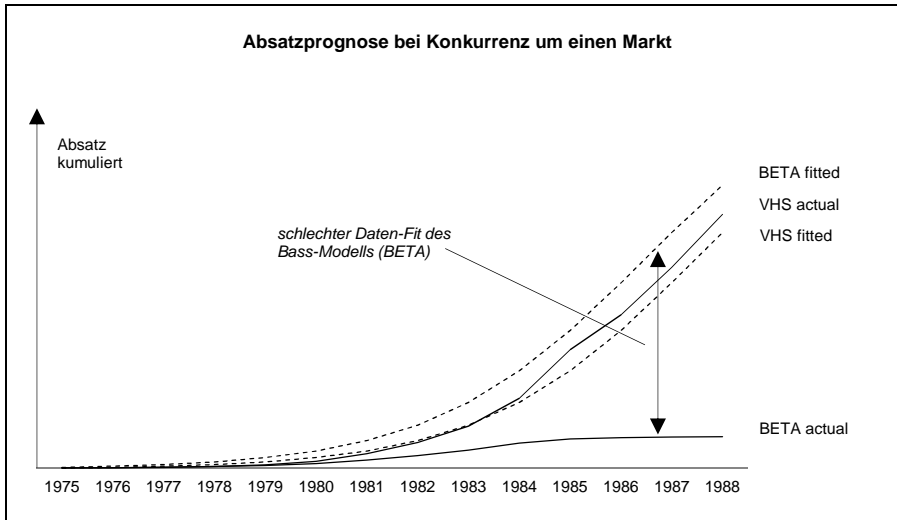
1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Wie die vorangegangene Diskussion deutlich gemacht hat, ist die Frage, welche Standards im marktlichen Technologiewettbewerb langfristig die Oberhand behalten und welche Faktoren einer Technologie im Wettbewerb letztendlich zur Dominanz verhelfen werden, unter praktischen und wissenschaftlichen Gesichtspunkten von enormer Bedeutung (vgl. Shapiro und Varian 1999a, S. 8). Trotz jahrzehntelanger und intensiver Forschung auf diesem Gebiet, lassen sich diese Fragen allerdings nach wie vor nicht zweifelsfrei beantworten. Von den Ökonomen wird die Dominanz eines Technologiestandards häufig ex post auf zufällige oder idiosynkratische Ereignisse in der Anfangsphase der Diffusion zurückgeführt (vgl. Schilling 2002, S. 387). Verfechter einer solchen evolutorischen Sichtweise fassen Standardkriege als vollständig pfadabhängige Marktprozesse auf (vgl. Blind 2011, S. 374, Besen und Farrell 1994, S. 118). Welchen Entwicklungspfad eine Technologie auf lange Sicht hin einschlagen wird und ob dieser Pfad schlussendlich zur marktlichen Dominanz führen wird, ist im Rahmen dieser Interpretation dabei weitgehend vom Zufall abhängig (vgl. Arthur 1989, S. 116, David 1985, S. 332). Einzelne Marktakteure, so die gängige Interpretation, haben daher kaum Möglichkeiten den Verlauf von Standardkriegen aktiv zu beeinflussen, sobald sich die marktlichen Dynamiken in einem klaren Entwicklungspfad verfestigt haben (vgl. Van de Kaa et al. 2014, S. 337). Die ex ante Prädiktabilität von marktlichen Prozessen ist bei einer derartigen Anschauung allerdings von vornherein unmöglich, weil jedes noch so kleine Zufallsereignis, das unterhalb der Auflösung des Beobachtermodells auf den Diffusionsprozess einwirkt, zu unvorhergesehenen Folgen für die Marktentwicklung führen kann. Modellgestützte Diffusionsprognosen müssen nach dieser Logik somit zwangsweise zu unbrauchbaren Ergebnissen führen, weil sie aufgrund ihrer Abstraktions- und Vereinfachungsprinzipien niemals alle relevanten Faktoren in die Berechnung einbeziehen können (vgl. David und Greenstein 1990, S. 3, Arthur 1989, S. 116).

Entgegen dieser am Zufall orientierten Sichtweise haben zahlreiche empirische Studien jedoch gezeigt, dass sich der Ausgang eines Formatkrieges nicht so zufällig und unvorhersehbar gestaltet, wie das die Verfechter der History-Matters-Sichtweise häufig suggerieren: „[...] examining a large number of standards races reveals a number of consistent patterns – technology selection is not as random as it might first appear” (Schilling 1999, S. 266). In zahlreichen Tiefenstudien wurden unter anderem

der Zeitpunkt des Markteintrittes (vgl. Schilling 2002, S. 387), die Verfügbarkeit von Komplementärgütern (vgl. Hill 1997, S. 7), die Anstrengungen des Marketings (vgl. Dranove und Gandal 2003, S. 363), die Preissetzungsstrategie (vgl. Besen und Farrell 1994, S. 117) sowie die Größe der Nutzerbasis (vgl. Farrell und Saloner 1986, S. 940) als besonders kritische Diffusionsfaktoren identifiziert. Auch wenn all diese Faktoren für eine valide Diffusionsprognose von Bedeutung sind, lassen sie sich simultan jedoch nur schwer innerhalb eines einzigen Modells abbilden. Die Auswahl relevanter Einflussgrößen stellt Praktiker und Wissenschaftler bei der Formulierung von Diffusionsmodellen daher regelmäßig vor schwerwiegende Probleme (vgl. Van de Kaa et al. 2014, S. 336). Werden zu wenige Faktoren erfasst, reduziert sich der Informationsgehalt der Modelle, was eine Ableitung von validen Diffusionsprognosen grundsätzlich erschwert (vgl. Bossel 1992, S. 36). Die Berücksichtigung von zu vielen Faktoren hingegen erhöht die Komplexität der Modelle und macht diese für praktische Anwendungen unbrauchbar. Modelltheoretisch liegt bei der Formulierung von Diffusionsmodellen also ein fundamentaler „Trade-Off“ zwischen den Vorteilen einer reduzierten Sichtweise und den Nachteilen einer komplexen Betrachtung vor (vgl. Saam und Gautschi 2015, S. 36). Bisher wurde dieses Spannungsverhältnis von den meisten Modelltheoretikern eindeutig zu Gunsten einer einfachen, reduzierten Modellierung aufgelöst (vgl. Krishnan und Suman 2009, S. 325, Mahajan et al. 1990, S. 1). Reduzierte Modelle vereinfachen das komplexe Marktgeschehen dahingehend, dass sie keine Möglichkeiten eines verfrühten Diffusionsabbruchs zulassen und Diffusionsprozesse als isolierte Marktvorgänge begreifen (vgl. Guo 2014, S. 208). Das Wettbewerbsumfeld spielt für die marktliche Ausbreitung im Rahmen solcher Modelle also keine Rolle. Wie zahlreiche Studien jedoch belegen, zeichnen sich reale Diffusionsprozesse entgegen dieser reduzierten Modellvorstellung nicht durch Isolation, sondern durch vielschichtige Interaktionen mit den im Markt befindlichen Substitutions- und Komplementärgütern aus (vgl. Bayus et al. 2000, S. 155). Werden solche interdependenten Zusammenhänge in der Modellierung nur unzureichend berücksichtigt, können die aus den Modellen abgeleiteten Prognosen zu massiven Fehleinschätzungen des Marktverhaltens führen.

Wie schwierig sich die Formulierung einer validen Diffusionsprognose bei marktlichen Interdependenzen gestaltet, wird in Abbildung 1 anhand ausgewählter Zeitreihen illustriert. Die Teilgrafik auf der rechten Seite zeigt den Diffusionsverlauf von



Jahr	VHS		Betamax		Prognosegüte		
	actual	fitted	actual	fitted	Gütemaß	VHS	Betamax
1975	-	-	20	546	MARE*	0,73	5,70
1976	110	546	195	1423	RMSRE**	1,33	8,25
1977	449	1423	619	2832	* Mean Absolute Relative Error: $MARE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left \frac{x_i - \hat{x}_i}{x_i} \right $ ** Root Mean Squared Relative Error: $RMSRE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \hat{x}_i}{x_i} \right)^2}$		
1978	1327	2832	1213	5082			
1979	2663	5082	2064	8656			
1980	5585	8656	3552	14275			
1981	12063	14275	6572	22974			
1982	21480	22974	10289	36119			
1983	35125	36119	14861	55276			
1984	58589	55276	20903	81772			
1985	99566	81772	24290	115885			
1986	129119	115885	25396	155969			
1987	168886	155969	26065	198311			
1988	213647	198311	26213	238292			

Anmerkung: Prognose beruht auf NLS-Schätzungen des Bass-Modells; Daten: Cusumano et al. (1992)

Jahr	Ultrasound		Mammographie		Prognosegüte		
	actual	fitted	actual	fitted	Gütemaß	Ultrasound	Mammographie
1965	5000	232	2000	52	MARE*	0,51	0,51
1966	8000	660	4000	172	RMSRE**	0,60	0,62
1967	10000	1449	6000	453	* Mean Absolute Relative Error: $MARE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left \frac{x_i - \hat{x}_i}{x_i} \right $ ** Root Mean Squared Relative Error: $RMSRE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \hat{x}_i}{x_i} \right)^2}$		
1968	15000	2893	9000	1103			
1969	22000	5504	13000	2595			
1970	34000	10135	22000	5928			
1971	40000	18056	29000	12977			
1972	56000	30817	45000	26280			
1973	72000	49504	68000	46726			
1974	100000	73372	92000	70006			
1975	128000	99053	107000	88960			
1976	149000	122056	113000	100611			
1977	162000	139512	118000	106582			
1978	168000	151165	119000	109359			

Anmerkung: Prognose beruht auf NLS-Schätzungen des Bass-Modells; Daten: Jukić (2011)

Abbildung 1: Absatzprognosen mit Hilfe konventioneller Diffusionsmodelle

Mammographie- und Ultrasound-Geräten in den USA. Die marktliche Ausbreitung beider Geräte erfolgte nahezu zeitgleich im Zeitraum von 1965 bis 1978. Trotz dieser zeitlichen Überlagerung der Diffusionsprozesse, befanden sich beide Produkte allerdings nie in direkter Konkurrenz zueinander. Sie wurden für unterschiedliche Anwendungsfelder entwickelt und wurden daher auch von unterschiedlichen Käufergruppen nachgefragt (vgl. Jukić 2011, S. 1756 ff.). In der Diffusionsphase lagen zwischen beiden Technologien folglich keine marktlichen Interdependenzen vor. Solche störungsfreien Diffusionsprozesse können etablierte Standardmodelle treffsicher prognostizieren. Wie die in Abbildung 1 dargestellten Schätzergebnisse zeigen, wird der Absatz beider Geräte nur mit einer geringen Fehlerabweichung prognostiziert. Anders verhält es sich hingegen, wenn die zu schätzenden Diffusionsprozesse von Wettbewerbsdynamiken zwischen den diffundierenden Technologien überlagert werden. Liegt Konkurrenz um einen Markt vor, so wie es beispielsweise in den 1980er Jahren zwischen den beiden Technologiestandards VHS und Betamax der Fall war, können konventionelle Modelle den Diffusionsverlauf nicht mehr treffsicher prognostizieren. In der Konsequenz werden Adoptionsraten drastisch über- oder unterschätzt. Wie das Beispiel in Abbildung 1 zeigt, prognostiziert das Bass-Modell, das hier stellvertretend für viele andere Modelle mit einem ähnlichen Modellierungsrahmen gewählt wurde, die Diffusionskurve von Betamax mit einer signifikanten Fehlerabweichung.

Effekt eines im Markt befindlichen Produkts auf ein neues Produkt

		positiv	kein Effekt	negativ
Effekt eines neuen Produkts auf ein bereits im Markt befindliches Produkt	positiv	Komplementäre Produkte (Hardware / Software)	Hilfs-Produkte (PC-Modem und Internet-Host-System)	Räuber-Beute-Produkte (PC-Betriebssystem und Webbrowser)
	kein Effekt	Zusatz-Produkte (PC und Scanner)	Unabhängige Produkte (Budgetrestriktion)	Gescheiterte Produkte (PC und PDA)
	negativ	Räuber-Beute-Produkte (Diskettenlaufwerk und Festplattenlaufwerk)	Technologische Substitute (5,25" Diskette und 3,5" Diskette)	Produktsubstitute in Gebrauch (Desktop-PC und Laptop-PC)

Eigene Darstellung in Anlehnung an Bayus et al. (2000, S. 155)

Abbildung 2: Formen von marktlichen Interdependenzen bei Technologiediffusion

Marktliche Interdependenzen wie im Fall von VHS und Betamax stellen im realen Marktgeschehen aber keine Seltenheit dar (vgl. Norton und Bass 1992, S. 66). Wechselwirkungen zwischen neuen und alten Technologiegenerationen sind ebenso wie Interaktionen zwischen neuen und bereits im Markt befindlichen Produkten für viele Diffusionsprozesse charakteristisch (vgl. Abbildung 2). Dieser komplexen Marktrealität steht heute jedoch eine weit verbreitete Modellierungspraxis entgegen, in der Diffusionsvorgänge a priori als störungsfrei definiert werden (vgl. Felten 2001, S. 15). Die daraus abgeleiteten Modelle betrachten Märkte als statisch und tolerieren keine Veränderung der Markt- und Wettbewerbsstruktur über die Zeit (vgl. Kalish und Lilien 1986, S. 195). Solche Modelle sind weit verbreitet und bestechen vor allem durch ihre konzeptionelle Einfachheit (vgl. Bass et al. 1994, S. 203). Obwohl diese Modelle in der Praxis gerade aufgrund ihrer Einfachheit geschätzt werden, bergen sie allerdings auch, wie im Fall der Betamax-Prognose gezeigt wurde, die Gefahr einer drastischen Fehlkalkulation. Die Vernachlässigung von Marktdynamiken in Form eines sich wandelnden Wettbewerbsumfelds stellt für die gängige Modellierungspraxis also ein ernstzunehmendes Problem dar (vgl. Hauser et al. 2006, S. 687).

Die vorliegende Arbeit adressiert genau diesen Sachverhalt und setzt sich das Ziel, ein dynamisches Modell zu entwickeln, das den Diffusionsverlauf konkurrierender Technologien wirklichkeitsnah abbilden und prognostizieren kann. Dabei soll die in der Wissenschaft und betriebswirtschaftlichen Praxis übliche Betrachtung von isolierten Diffusionsprozessen durch eine komplexe Marktbetrachtung mit mehreren, zeitgleich stattfindenden und sich überlagernden Diffusionsprozessen ersetzt werden. Aus der modellgestützten Analyse sollen dabei wichtige Implikationen für Wissenschaft und Praxis abgeleitet werden. Der Erkenntnisbeitrag der Arbeit wird also zweigeteilt sein: Einerseits wird die Arbeit aus wissenschaftlicher Sicht aufzeigen, welche Prozesse als Treiber im Standardisierungswettbewerb wirken und welchen Einfluss solche Vorgänge auf den marktlichen Ausgang von Standardwettkämpfen nehmen können. Aus praktischer Sicht hingegen werden die Erkenntnisse der Arbeit helfen, diffusionskritische Faktoren im Technologiewettbewerb zu identifizieren, die dann in der strategischen Planung der Unternehmen Berücksichtigung finden können. Die empirische Analyse ausgewählter Standardkriege im zweiten Teil der Arbeit wird zudem zeigen, dass technologische Diffusionsprozesse auf Märkten unter Wettbewerbs- und Standardisierungsdruck mit Hilfe des aufgestellten Modells valide prognostiziert werden können.

1.2 Identifikation der Forschungslücke

Der gegenwärtige Mangel an formalen Modellen, die zur Beschreibung von Diffusionsdynamiken bei Technologiekonkurrenz herangezogen werden können, wird in diesem Abschnitt mit Hilfe eines systematischen Literatur-Reviews aufgezeigt. Für einen systematischen Review ist die Offenlegung aller Such- und Auswahlkriterien charakteristisch (vgl. Sturma et al. 2016, S. 217). Dadurch soll eine maximale Transparenz und Objektivität der erzielten Ergebnisse gewährleistet werden (vgl. Rooney et al. 2014, S. 711). Obwohl die Ursprünge systematischer Literatur-Reviews in der Medizin liegen (vgl. Nightingale 2009, S. 381), findet diese Methode gegenwärtig auch in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften immer häufiger Anwendung (vgl. Geraldi et al. 2011, S. 966). Systematische Reviews unterscheiden sich von allen anderen literaturbasierten Analysemethoden, weil sie für sich den Anspruch erheben, Forschungsströmungen und Forschungslücken bei Vorlage einer geeigneten Stichprobe vollumfänglich und unverzerrt identifizieren zu können (vgl. Nightingale 2009, S. 381). Damit der Literatur-Review auch in dieser Arbeit ein umfassendes Bild liefert und die anfangs angesprochene Forschungslücke möglichst unverzerrt identifiziert, wird für die weitere Analyse eine repräsentative Literaturstichprobe benötigt (vgl. Machi und McEvoy 2009, S. 111). Repräsentative Stichproben lassen sich grundsätzlich nur aus umfangreichen Literaturdatenbanken gewinnen, die aufgrund ihrer Größe in der Lage sind, substantielle Teile der zu untersuchenden Forschungslandschaft abbilden zu können (vgl. Papaioannou et al. 2009, S. 116). Zur Identifikation der Forschungslücke in dieser Arbeit erscheinen die Datenbanken SSCI (Social Sciences Citation Index) sowie SCI Expanded (Science Citation Index) von Thomson Reuters als besonders geeignet (vgl. Ketzler und Zimmermann 2013, S. 1098). Beide Datenbanken sind multidisziplinär und zählen mit insgesamt über 7000 gelisteten Fachzeitschriften zu den weltweit größten Literaturdatenbanken überhaupt (vgl. Lee et al. 2011, S. 1895). Aufgrund ihrer Größe werden beide Datenbanken besonders häufig in bibliometrischen Studien sowie quantitativen Literaturanalysen zur Datengewinnung eingesetzt (vgl. Verbeek 2002, S. 209). Auch in der vorliegenden Arbeit werden sie zur Extraktion des Datenmaterials verwendet. Die Eingrenzung der Literatur innerhalb dieser Datenbanken erfolgt mit Hilfe einer Booleschen Suchsyntax:

```
"format* race*" OR "standard* race*"
OR "format* battle*" OR "standard* battle*"
OR "standard* war" OR "format* war"
OR "technolog* diffusion*" AND "model*"
OR "technolog* compet*" AND "model*"
OR "technolog* dominance*" AND "model*"
```

Angewandt wurde die oben beschriebene Suchsyntax auf die in den Datenbanken hinterlegten Überschriften der Literaturbeiträge. Auf eine Volltextrecherche wurde dabei bewusst verzichtet, weil ein im Vorfeld durchgeführter Suchlauf zu vielen irrelevanten Suchtreffern führte, die das gesamte Suchergebnis nur unnötigerweise verzerrten. Um dennoch eine möglichst umfassende Bestandsaufnahme zu erreichen, wurden für die Suche jeweils maximal mögliche Zeiträume festgelegt: Konkret bedeutet dies einen 27-jährigen Betrachtungszeitraum für die SSCI-Datenbank sowie eine 117-jährige Suchperiode für die erweiterte SCI-Datenbank. Das Ende der Betrachtungszeiträume wurde für beide Datenbanken einheitlich auf den 26. Juni 2017 festgelegt. Alle möglichen Beiträge mit einer Indizierung nach diesem Stichtag wurden in der Analyse also nicht mehr berücksichtigt. Mit Hilfe der oben beschriebenen Suchprozedur konnten aus über 53 Millionen Datenbankeinträgen insgesamt 143 potentiell relevante Beiträge identifiziert werden. Eine erste Sichtung aller Beiträge führte zu der Feststellung, dass zwei Drittel aller selektierten Studien Themenbereiche tangieren, die für die vorliegende Arbeit entweder gar keine oder nur eine sehr geringe inhaltliche Relevanz aufweisen. Hierzu gehören zum Beispiel Studien aus dem Bereich der Linguistik und Informationswissenschaft sowie Beiträge mit einer starken Ingenieurwissenschaftlichen Ausrichtung. Nach einer Eingrenzung auf die inhaltlich relevanten Kategorien: „Economics“, „Business“ und „Planning Development“ rückten in Summe nur noch 44 Literaturbeiträge in die engere Auswahl (vgl. Tabelle 1). Diese Beiträge wurden im zweiten Schritt einer intensiven Inhaltsanalyse unterzogen. Die Ergebnisse dieser Analyse werden detailliert im Anhang A7 zusammengefasst (vgl. Anhang A7, S. 233).

Eine grafische Auswertung des für die Analyse erhobenen Literaturmaterials erfolgt in Abbildung 3. Die Darstellung zeigt, dass das Forschungsinteresse am Themenfeld Technologiekonkurrenz in den letzten Jahren spürbar zugenommen hat. Während in den 1990er Jahren insgesamt nur 6 inhaltlich relevante Beiträge identifiziert werden

Inhaltliche Kategorien	Verteilung		Journals*	Verteilung	
	absolut	in %		absolut	in %
Business	18	41%	Tech. Forecasting and Social Change	7	16%
Economics	17	39%	Technology Analysis & Strategic Management	3	6%
Planning Development	9	20%	IEEE Transactions on Engineering Management	3	6%
Σ	44	100%	Journal of Engineering and Tech. Management	2	5%
			Economic Modelling	2	5%
			Technovation	2	5%
			andere	25	57%
			Σ	44	100%

*Anmerkung: * Journals nach Häufigkeit sortiert*

Tabelle 1: Verteilung der Beiträge auf inhaltliche Kategorien und Journals

konnten, stieg die Zahl der relevanten Studien in den 2000er Jahren um mehr als das Dreifache sprunghaft an. Die Tendenz dieser Entwicklung ist dabei nach wie vor positiv, so dass das untersuchte Forschungsfeld gegenwärtig als sehr vital eingestuft werden kann. Aus Abbildung 3 wird zudem ersichtlich, dass Beiträge mit einer formal-mathematischen Modellierung im aktuellen Forschungsdiskurs deutlich an Bedeutung gewinnen. Gleichwohl stellen solche Beiträge, gemessen an der gesamten Publikationsmenge, nach wie vor nur eine kleine Nische in der Diffusionsforschung dar. Von den insgesamt 44 als hoch relevant eingestuften Beiträgen beinhalteten nur 17 Beiträge einen formal-mathematischen Kern (vgl. Anhang A7, S. 233). Gerade diese Beiträge sind jedoch aufgrund ihrer inhaltlichen Nähe zum vorliegenden Forschungsvorhaben von besonderem Interesse für die spätere Modellierung. Die meisten mathematischen Beiträge in der Ergebnismenge modellieren Markt- und Diffusionsprozesse nur unter sehr allgemeinen Annahmen und schenken den besonderen Adoptionsdynamiken bei Technologiekonkurrenz nahezu keine Beachtung. Vier Studien aus dieser Stichprobe beschäftigen sich allerdings dezidiert mit marktlichen Konkurrenzprozessen im Kontext von Formatkriegen. Diese vier Studien sind aufgrund ihrer thematischen und methodischen Ausrichtung für die vorliegende Arbeit also von zentraler Bedeutung. Im Weiteren erfolgt deshalb eine inhaltliche Vorstellung dieser Beiträge unter Zusammenfassung der darin enthaltenen Erkenntnisse.

Der erste Beitrag in der Ergebnismenge (Liang et al. 1999) beschäftigt sich mit den Wettbewerbsstrategien der Technologieführerschaft und Technologiefolgerschaft nach Porter (1985, 1980). Die Autoren des Beitrags stellen sich die Frage, welche der beiden Strategien aus Sicht eines Technologieunternehmens beim Eintritt in neue Märkte optimaler Weise gewählt werden sollte. Die Antwort auf diese Frage leiten die Autoren aus einem mathematischen Entscheidungsmodell ab. Das Hauptergebnis der modellgestützten Analyse zeigt, dass das Festhalten am Status Quo aus unternehmerischer Perspektive langfristig stets die schlechteste Wahlalternative darstellt, und zwar unabhängig davon, in welcher strategischen Position (Führer/Folger) sich das Unternehmen zum Zeitpunkt seiner Entscheidung befindet (vgl. Liang et al. 1999, S. 55). Konsequenterweise schlussfolgern die Autoren, dass das Streben nach Marktdominanz für ein Technologieunternehmen immer die bestmögliche strategische Entscheidung darstellen muss. Mit diesem Ergebnis können Liang et al. unter formalen Gesichtspunkten erklären, warum Standardkriege entstehen und warum so viele Unternehmen den zum Teil ruinösen Wettbewerb im Rahmen offener Standardkriege überhaupt erst eingehen. Die entscheidungstheoretische Diskussion im Beitrag liefert wichtige Erkenntnisse für die Diffusionsforschung und ergänzt das in der Forschung nach wie vor noch unvollständige Bild von marktlichen Prozessen bei Technologiekonkurrenz. Trotz der wissenschaftlichen Tragweite dieser Erkenntnisse weist der soeben beschriebene Beitrag mit dem Forschungsvorhaben in der vorliegenden Arbeit jedoch kaum inhaltliche Schnittmengen auf. Zum einen kann das entscheidungstheoretische Modell im Beitrag nicht zur Ableitung von aggregierten Marktprognosen verwendet werden. Zum anderen weist die Modellstudie einen völlig anderen Forschungsfokus als die vorliegende Arbeit auf. Liang et al. modellieren die optimale Strategiewahl eines Unternehmens, beschäftigen sich jedoch nicht mit der Frage, ob die von den Unternehmen gewählten Strategien auch tatsächlich auf Zustimmung der Nachfrager im Markt stoßen werden. Bei der Erklärung von Marktprozessen rücken Liang et al. also anbieterseitige Faktoren in den Vordergrund. In der vorliegenden Arbeit jedoch wird der Fokus stärker auf nachfragebasierte Erklärungsansätze gelegt werden (vgl. Abschnitt 3.4).

Nachdem Liang et al. gezeigt haben, dass die offene Austragung von Standardkämpfen für Unternehmen trotz erheblicher Marktunsicherheiten eine durchaus sinnvolle Entscheidung darstellen kann, beschäftigen sich Van de Kaa et al. (2014) im zweiten Beitrag mit der grundsätzlichen Frage, ob sich Prozesse der marktlichen Technolo-

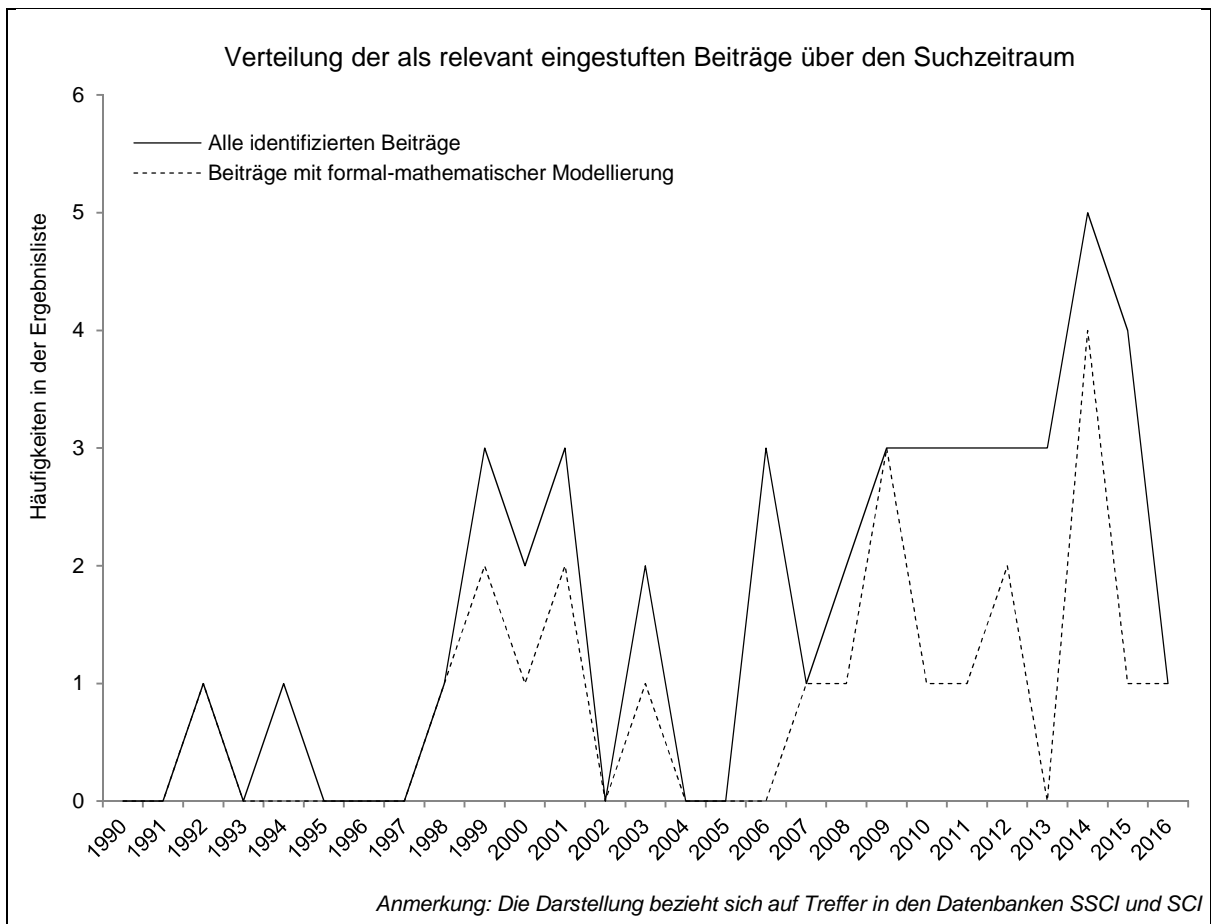


Abbildung 3: Ergebnisse des systematischen Literatur-Reviews

gieselection überhaupt modellieren lassen. Van de Kaa et al. wollen dabei wissen, ob der marktliche Auswahlprozess aufgrund seiner hohen Komplexität überhaupt im Rahmen eines Prognosemodells erfasst werden kann oder ob nicht jedweder Modellierungsversuch durch stochastische Einflüsse von vornherein zunichtegemacht werden wird. Nach der Analyse von neun historischen Standardkriegen kommen Van de Kaa et al. zu einem eindeutigen Ergebnis: Reale Standardkriege sind nicht vollständig pfadabhängig. Der marktliche Ausgang von Technologiekonkurrenzprozessen lässt sich nach Meinung der Autoren also grundsätzlich mit Hilfe geeigneter Erklärgrößen prognostizieren (vgl. Van de Kaa et al. 2014, S. 344). In ihrem Beitrag definieren die Autoren vier Gruppen von Einflussfaktoren, die den marktlichen Ausgang eines Formatkrieges maßgeblich prägen. Hierzu zählen nach Van de Kaa et al. insbesondere die Eigenschaften der Technologie, die Charakteristika der Unternehmen, die einen Standard unterstützen, die Eigenschaften der Stakeholder sowie die Vermarktungsstrategie, die bei der Markteinführung eines Standards gewählt wird (vgl. Abbildung 4). Die hier skizzierten Forschungsergebnisse sind für die vorlie-

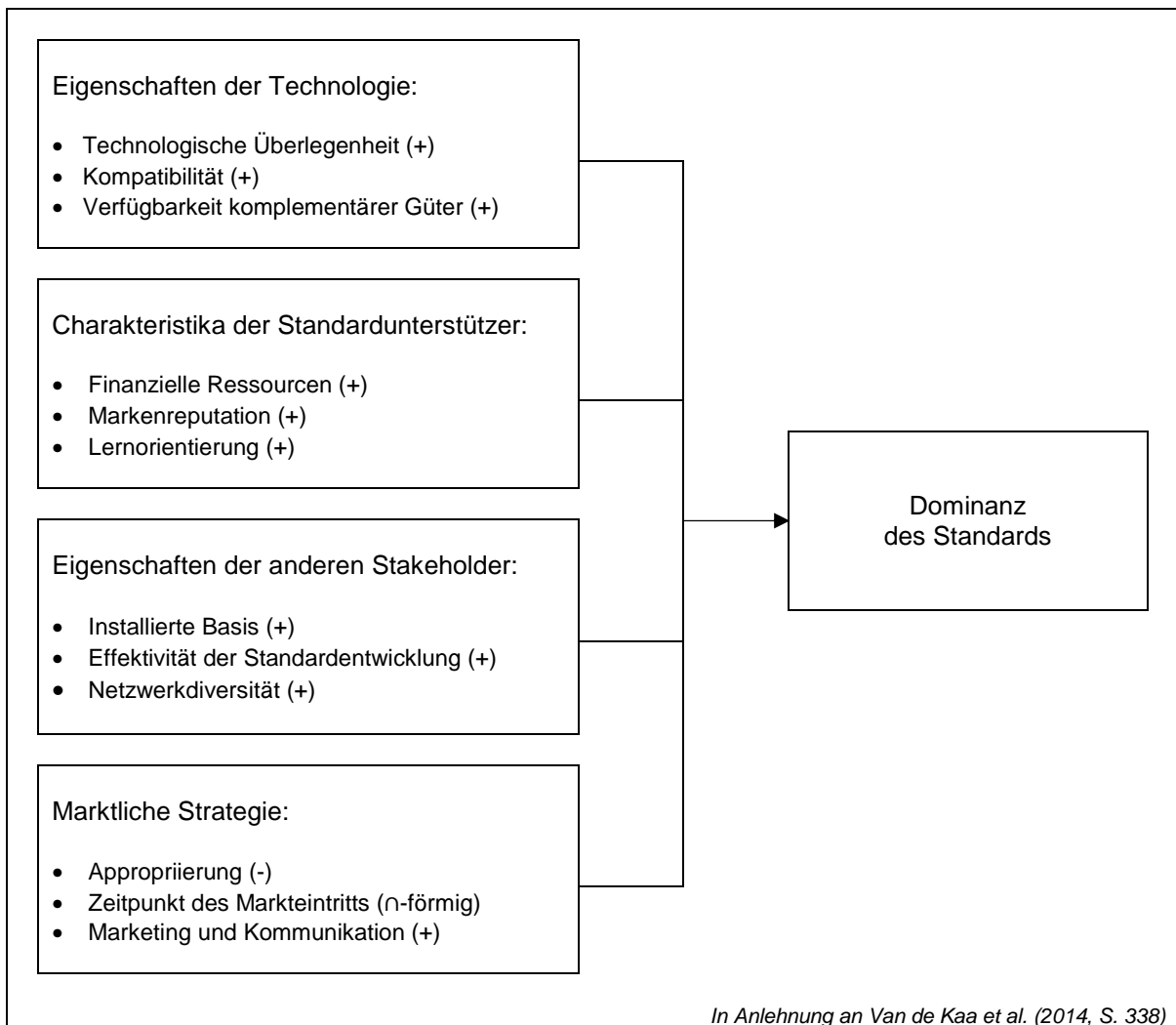


Abbildung 4: Einflussfaktoren auf den Marktausgang von Formatkriegen

gende Arbeit von enormer Bedeutung. Sie liefern eindeutige Indizien für die Vorhersagbarkeit von Formatkriegen und zeigen, dass die marktliche Selektion von Technologien kein komplett vom Zufall abhängiger Prozess ist. Insgesamt empfehlen Van de Kaa et al., Diffusionsprognosen nur auf Grundlage einer möglichst umfassenden Marktbeobachtung zu formulieren, in der anbieter- und nachfrageseitige Faktoren gleichermaßen Berücksichtigung finden. Tatsächlich sind solche holistischen Marktbeobachtungen zur Beschreibung von Diffusionsdynamiken im Rahmen eines mathematischen Modells jedoch aufgrund ihrer Komplexität und Vielschichtigkeit nur wenig geeignet. Abweichend von diesen Empfehlungen wird in der vorliegenden Arbeit daher ein Partialmodell formuliert, das sich ausschließlich auf nachfrageseitige Effekte fokussiert. Dabei wird gezeigt, dass eine nachfrageseitige Betrachtung ausreichend ist, um den Großteil der marktlichen Adoptionsdynamik zielführend erklären zu können (vgl. Abschnitt 3.4.4).

Der dritte Beitrag von Daidj et al. (2010) untersucht Mechanismen der Allianz- und Koalitionsbildung bei standardsetzenden Unternehmen. Der Einfluss von Unternehmenskonsortien auf den Ausgang technologischer Standardkriege wurde in den letzten Jahren in zahlreichen Studien thematisiert (vgl. Chang und Huang 2016, Van de Kaa und De Vries 2015, Gallagher 2012, Liu et al. 2012, Den Hartigh et al. 2009, Gauch 2008, Van Wegberg 2004a, Chiesa et al. 2002). All diese Studien beschreiben die Folgen der Konsortienbildung allerdings nur deskriptiv und werten diese Prozesse nicht systematisch mit Hilfe formalisierter Modelle aus. Im Unterschied hierzu stellen Daidj et al. ein formales Modell auf, das Prozesse der Koalitionsbildung als endogene Einflussgrößen in die Modellbetrachtung integriert. Die Ergebnisse der modellgestützten Analyse zeigen, dass Unternehmensnetzwerke hinter den standardsetzenden Unternehmen die Akzeptanz technologischer Innovationen im Markt entscheidend mitbeeinflussen können. Auch in der vorliegenden Arbeit wird die Wirkung standardsetzender Technologiekonsortien auf den Ausgang von Formatkriegen im Rahmen einer illustrativen Fallstudie beleuchtet. Bei der Formulierung des kompetitiven Modells bleibt dieser Aspekt jedoch weitgehend unberücksichtigt, da das aufgestellte Modell als reines Nachfragemodell konzipiert wird.

Der letzte Beitrag von Lopez-Sanchez et al. (2008) weist inhaltlich die wohl größte Schnittmenge mit der vorliegenden Arbeit auf. Die Autoren des Beitrags formulieren ein Simulationsmodell, das Wettbewerbsprozesse auf Netzwerkmärkten wirklichkeitsnah abbilden und das Kippen der Märkte zugunsten eines einzigen Standards allein durch die marktinhärente Wettbewerbsdynamik erklären kann. Konzeptionell basiert dieses Simulationsmodell auf einer Erweiterung des Metcalfe'schen Gesetzes. Das Metcalfe'sche Gesetz findet in netzwerktheoretischen Studien vergleichsweise häufig Anwendung (vgl. Stähler 2002, S. 227). Es beschreibt die nutzenmäßige Wertentwicklung eines Netzwerks in Abhängigkeit von seiner Mitgliederzahl (vgl. Masak 2009, S. 162). Dabei handelt es sich nicht um eine Gesetzmäßigkeit im physikalischen Sinne, sondern vielmehr um eine sehr zutreffende Beobachtung der Realität (vgl. Bächle 2016, S. 45). Diese besagt, dass sich der nutzenmäßige Wert eines Telekommunikationsnetzwerkes proportional zum Quadrat seiner Nutzerzahl entwickeln muss (vgl. Shapiro und Varian 1998, S. 184):

$$\text{Wert} = n \cdot (n - 1) = n^2 - n \quad (1)$$

mit $n = \text{Nutzer}$

Mit jedem zusätzlichen Nutzer steigt also der Nutzenwert für alle, die an diesem Netzwerk partizipieren, überproportional an. Dieser Zusammenhang lässt sich zum Beispiel bei einem Telefonnetzwerk beobachten. Jedes zusätzliche Telefongerät im Netz erhöht die Anzahl der möglichen Verbindungen überproportional, weil es theoretisch von jedem anderen Gerät aus dem Netz angewählt werden kann (vgl. Zerdick et al. 2001, S. 128).

Aus dem Metcalfe'schen Gesetz lässt sich eine konstante Nutzenzuwachsrate ableiten (vgl. Abbildung 5). Sie impliziert, dass das nutzenmäßige Wertwachstum des Netzwerkes unbegrenzt ist. Damit unterstellt das Metcalfe'sche Gesetz, dass die physische Leistungsfähigkeit des Netzwerks keinen natürlichen Beschränkungen unterworfen ist. Genau diese Annahme kritisieren Lopez-Sanchez et al. in ihrem Beitrag. Die Autoren argumentieren, dass die physischen Ressourcen eines Kommunikationsnetzwerkes endlich sind und dass sie deswegen nicht durch unendlich viele Nutzer gleichzeitig in Anspruch genommen werden können. Es liegen bei Netzwerkressourcen also stets natürliche Knappheitsprobleme vor, die durch das Metcalfe'sche Gesetz weitgehend ignoriert werden (vgl. Lopez-Sanchez et al. 2008, S. 86 f.). Aus diesem Grund schlagen Lopez-Sanchez et al. eine alternative Formulierung des Metcalfe'schen Gesetzes vor. Solange die Grenze der physischen Leistungsfähigkeit in einem Netzwerk nicht erreicht ist, definieren die Autoren die Wertzuwachsrate des Netzwerks als eine positive Funktion mit abnehmendem Grenzwert. Dieser positive Zusammenhang bleibt solange erhalten, bis das Netzwerk durch natürliches Wachstum an die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit stößt. Ist die physische Leistungsfähigkeit ausgereizt, trägt jeder zusätzliche Nutzer zur Verknappung der Netzwerkressourcen im Netzwerk bei. Der Wert des Gesamtnetzwerks sinkt also mit jedem weiteren Nutzer, sobald diese kritische Grenze überschritten wird (vgl. Abbildung 5). Das modifizierte Metcalfe'sche Gesetz implementieren Lopez-Sanchez et al. schließlich in ein Marktmodell. Dieses Marktmodell ist in der Lage, die Dynamik von The-Winner-Takes-All Märkten zu simulieren. Es kann zeigen, dass einige Standards langfristig den Markt dominieren, während andere aus dem Markt gedrängt werden. Das aufgestellte Modell wird von den Autoren jedoch als reines Simulationsmodell konzipiert. Deswegen findet im Beitrag auch keine empirische Validierung des Modells mit Hilfe realer Marktdaten statt.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der systematischen Literaturanalyse, dass die formale Modellierung von Diffusionsprozessen im Kontext technologischer Standard-

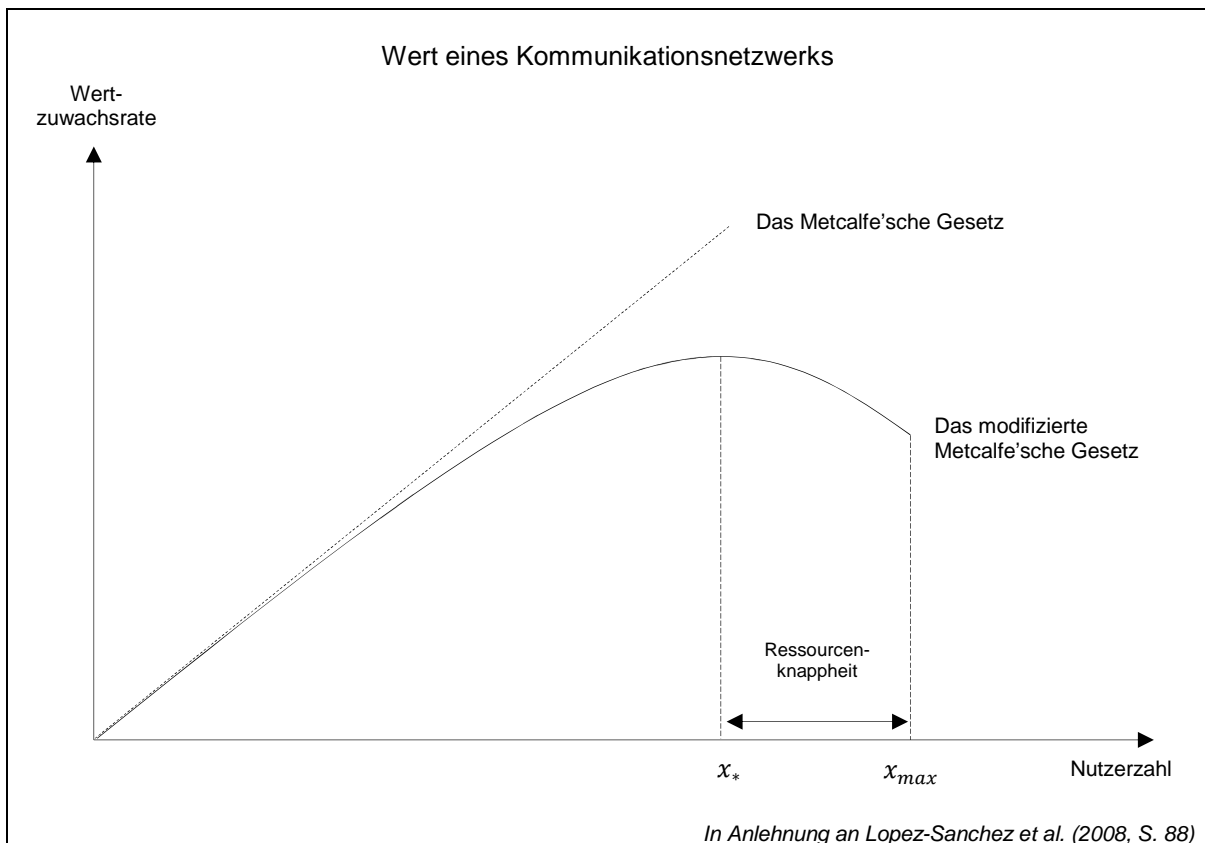


Abbildung 5: Das modifizierte Metcalfe'sche Gesetz

kriege in der Forschung bisher insgesamt nur wenig Beachtung erfahren hat. Bisherige Beiträge auf diesem Gebiet richten den Fokus entweder nicht auf echten Technologiewettbewerb (vgl. Collantes 2007, Loch und Huberman 1999) oder modellieren nur ausgewählte Teilaspekte im marktlichen Konkurrenzprozess (vgl. Van de Kaa et al. 2014, Ghezzi et al. 2013, Daidj et al. 2010, Liang et al. 1999). Viele Studien arbeiten das Themenfeld dabei nur konzeptionell auf und verzichten völlig auf eine formale Modellierung (vgl. Dao und Zmud 2015, M'Chirgui 2015, van de Kaa und de Vries 2015, Lin und Huang 2014, Dao und Zmud 2013, Van de Kaa 2013, Gallagher 2012, Fontana 2008, Augereau et al. 2006, Dranove und Gandal 2003). Die wenigen Beiträge, die im Rahmen der Literaturanalyse als relevant identifiziert werden konnten, weisen dabei trotzdem nur wenige inhaltliche Schnittmengen mit dem Forschungsvorhaben in der vorliegenden Arbeit auf. Die Ergebnisse des systematischen Literatur-Reviews decken somit nicht nur einen Mangel an formal-mathematischen Modellen zur Beschreibung von Marktprozessen bei Technologienkonkurrenz in der aktuellen Forschungsliteratur auf, sondern liefern auch empirische Evidenz für das Vorliegen einer echten Forschungslücke auf diesem Gebiet.

Wie bei jeder methodengestützten Analyse hängt auch bei einem systematischen Literatur-Review die Qualität des Forschungsergebnisses allerdings maßgeblich von der Qualität des zugrundegelegten Datenmaterials ab (vgl. Sturma et al. 2016, S. 219). Frei nach dem Motto: „Garbage in and garbage out“, kann auch der systematische Literatur-Review zu Verzerrungen und Fehleinschätzungen führen, wenn das für die Analyse verwendete Literaturmaterial zu selektiv ausgewählt wurde oder es für das Forschungsgebiet schlicht nicht repräsentativ genug ist (vgl. Lee et al. 2011, S. 1909). Ob also tatsächlich, wie oben beschrieben, eine Forschungslücke vorliegt, kann im Rahmen dieser Arbeit daher nicht mit restloser Gewissheit bestätigt werden. Relevante Studien könnten zum Beispiel aufgrund von Unvollständigkeiten in der Suchsyntax oder der Fokussierung auf Literaturdatenbanken, die das Forschungsfeld entgegen der Anfangsannahme nicht repräsentativ abbilden, unentdeckt geblieben sein. Ebenso könnte die Einschränkung auf englischsprachige Literatur zu Verzerrungen geführt haben. Nichtsdestotrotz liefert das Ergebnis der Literaturanalyse ein objektiveres Beurteilungskriterium zur Einschätzung der Forschungslücke als eine manuelle Datenbankrecherche, die kein strukturiertes Suchkonzept aufweist.

1.3 Aufbau der Arbeit

Das Forschungsdesign der Arbeit beruht auf einer deduktiven Vorgehensweise. Ausgehend von den zentralen Grundaussagen der betriebswirtschaftlichen Adoptions- und Diffusionstheorie sowie bezugnehmend auf neuere Entwicklungen in Bereichen der ökonomisch orientierten Standard- und Netzwerkforschung wird im Rahmen dieser Arbeit zunächst ein dynamisches Diffusionsmodell aufgestellt, das Markt- und Diffusionsdynamiken bei Technologiewettbewerb wirklichkeitstreu simulieren kann. Anschließend wird dieses Modell unter Zuhilfenahme realer Zeitreihendaten empirisch validiert. Dabei wird insbesondere die Prognosegüte des aufgestellten Modells einer kritischen Evaluation unterzogen. Mit Hilfe der empirischen Analyse wird dabei gezeigt, dass das aufgestellte Modell in der Lage ist, präzise Prognosen sowohl in der ex post als auch in der ex ante Betrachtung zu generieren. Außerdem wird über einen empirischen Vergleich demonstriert, dass das neue Modell Adoptionsdynamiken auf Märkten unter Standardisierungsdruck genauer prognostiziert als das zu Referenzzwecken mitbetrachtete Modell von Bass.

Im Einzelnen setzt sich die Arbeit inhaltlich wie folgt zusammen. Im zweiten Kapitel wird der Stand der Forschung im Bereich der Adoptions- und Diffusionstheorie aufgearbeitet. Rogers (2003, S. 12) definiert den Diffusionsprozess über vier wesentliche Elemente: Die Innovation als solche, die zur Verbreitung der Neuerung notwendigen (Kommunikations-) Kanäle, den Zeitaspekt sowie das soziale System, das die Grenzen der Diffusion determiniert. Diese vier Aspekte, die nach Auffassung vieler Autoren als konstitutive Elemente der Diffusionstheorie gewertet werden können, werden im Rahmen des zweiten Kapitels einer differenzierten Betrachtung unterzogen (vgl. Mann 2009, S. 99). Um das diffusionstheoretische Rahmenwerk zu komplettieren, wird diese von Rogers inspirierte Betrachtung außerdem um räumliche Aspekte erweitert (vgl. Gould 1969, S. 11). Dabei wird argumentiert, dass der Diffusionsprozess konzeptionell sowohl mit der zeitlichen wie auch mit der räumlichen Dimension untrennbar verbunden ist, so dass eine vollständige Analyse von Diffusionsdynamiken nur unter Beachtung beider Dimensionen erfolgen kann (vgl. Mahajan und Peterson 1979, S. 231). Die theoretische Diskussion kulminiert schließlich in der Feststellung, dass die marktliche Ausbreitung von Innovationen im Wesentlichen durch die reziproke Verhaltensimitation der Nachfrager vorangetrieben wird, die ihrerseits durch die räumliche und zeitliche Nähe zwischen den einzelnen Akteuren intensiviert wird (vgl. Young 2009, S. 1900). Obwohl die Theoriebetrachtung nahelegt, dass das imitative Verhalten grundsätzlich für alle Formen von Diffusionsprozessen relevant sein muss, spielt der Imitationsaspekt gerade zur Beschreibung von Diffusionsdynamiken auf Märkten mit positiven Netzeffekten eine besonders tragende Rolle (vgl. Page und Lopatka 2000, S. 954). Schließlich kann das am Imitationsprinzip orientierte Verhalten der Marktteilnehmer auf Märkten, die nach dem Größenprinzip funktionieren, die Bildung sich selbst verstärkender Feedbackschleifen begünstigen und zur Verfestigung von marktlichen Entwicklungstendenzen bis hin zu einer Lock-In-Situation vorantreiben (vgl. Shapiro und Varian 1998, S. 13).

Anschließend werden im zweiten Kapitel die Prozesse der marktlichen Standardisierung näher betrachtet. Dabei wird insbesondere gezeigt, dass die Etablierung von einheitlichen Standards die Unsicherheit auf Märkten reduziert, die Kompatibilität technischer Systeme erhöht und die Entstehung eines breit gefächerten Angebots an komplementären Gütern und Dienstleistungen begünstigt (vgl. Besen und Farrell 1994, S. 123). Es wird darüber hinaus gezeigt, dass Standardisierungsprozesse in den allermeisten Fällen Kompromisslösungen von gesellschaftlichen, politischen so-

wie auch wirtschaftlichen Entscheidungsträgern darstellen, die ohne marktliche Konfrontation zustande kommen (vgl. Hess und Matt 2013, S. 46). Hin und wieder jedoch können keine Konsensentscheidungen erzielt werden, so dass die Rivalitäten zwischen den standardsetzenden Akteuren als ultima ratio auf Märkten ausgetragen werden müssen (vgl. van Wegberg 2004a, S. 24). Derartige Konkurrenzprozesse können vielfältige Formen annehmen und sich insbesondere in der Intensität des Wettbewerbs deutlich voneinander unterscheiden (vgl. Lee und O'Connor 2003, S. 244). Zu Klassifizierungszwecken wird in dieser Arbeit vor allem eine Unterscheidung zwischen evolutionären und revolutionären Wettbewerbsformen vorgenommen (vgl. Shapiro und Varian 1999a). Wobei der Fokus für die spätere Analyse in erster Linie auf den revolutionären Wettbewerb gelegt wird. Die im Rahmen der theoretischen Ausarbeitung vertieften Überlegungen werden am Ende des zweiten Kapitels mit Hilfe eines illustrativen Fallbeispiels abgerundet. Das Fallbeispiel greift die marktliche Konkurrenz zwischen den japanischen Elektronikherstellern Sony und Toshiba in den frühen 2000er Jahren auf (vgl. Cozzarin et al. 2012, S. 377). Beide Unternehmen lieferten sich in dieser Periode einen erbitterten Marktkampf um die Nachfolgetechnologie der konventionellen DVD (vgl. den Hartigh et al. 2009, S. 18). Als Fallbeispiel expliziert dieser Konkurrenzkampf dabei besonders gut, welche komplexen Marktprozesse einen technologischen Standardkrieg begleiten und wie Märkte binnen kurzer Zeit zugunsten eines Standards kippen können (vgl. Schilling 2002, S. 387). Es dient darüber hinaus zur Verdeutlichung der im zweiten Kapitel beschriebenen Theoriebestandteile und erfüllt somit eine vornehmlich illustrative Funktion (vgl. Rimscha und Sommer 2016, S. 370).

Auf diesen Vorüberlegungen aufbauend wird im dritten Kapitel dann ein dynamisches Nachfragemodell zur Beschreibung von interdependenten Diffusionsprozessen auf Märkten unter Standardisierungsdruck entwickelt. Den Ausgangspunkt der Modellbildung stellt dabei das in der Forschungsliteratur weit verbreitete Bass-Modell dar (vgl. Weiber 1993, S. 36). Als ein so genanntes Social-Influence-Modell beschreibt das Bass-Modell Adoptionsprozesse in Abhängigkeit von externer und interner Systemnachfrage, die auch als intrinsisch und extrinsisch motivierte Innovationsnachfragen des sozialen Systems aufgefasst werden können (vgl. Maier 2011, S. 84). Dieser als Mixed-Influence bezeichnete Adoptionsmechanismus wird auch im Rahmen des neuen Wettbewerbsmodells implementiert. Im Unterschied zum Bass-Modell wird in dieser Arbeit allerdings ein kompetitives Marktumfeld mit mehreren Konkurrenzpro-

dukten modelliert (vgl. Bähr-Seppelfricke 1999, S. 17). Die dadurch entstehende Wettbewerbsdynamik wird im Modell nachfrageseitig über das Größenverhältnis der Anwendernetzwerke abgebildet. Die kompetitiven Elemente versetzen das auf diese Weise hergeleitete Wettbewerbsmodell dabei in die Lage, interdependente Diffusionsprozesse treffsicher simulieren und prognostizieren zu können (vgl. Abschnitt 4.4). In dieser Hinsicht ist das Wettbewerbsmodell den meisten etablierten Diffusionsmodellen, die Prozesse der Konkurrenz entweder stark vereinfachen oder per Annahme ganz ausschließen, deutlich überlegen (vgl. Di Benedetto 2010, S. 115, Cansier 2005, S. 110).

Hieran anknüpfend widmet sich das vierte Kapitel der empirischen Validierung des zuvor aufgestellten Wettbewerbsmodells. Hierzu werden zunächst unterschiedliche ökonometrische Schätzansätze diskutiert, mit deren Hilfe die Parameter des Modells prinzipiell geschätzt und kalibriert werden können (vgl. Mahajan et al. 1986, S. 203). Anschließend erfolgt dann die eigentliche Schätzung der Parameter, die mit Hilfe ausgewählter linearer und nichtlinearer Verfahren realisiert wird (vgl. Abschnitt 4.1). Die Ergebnisse der Schätzungen zeigen, dass das Wettbewerbsmodell insgesamt einen recht guten Daten-Fit generiert und sich daher zur Analyse von Marktdynamiken bei Technologiekonkurrenz eignet. Im zweiten Schritt der empirischen Analyse wird die Prognosefähigkeit des Wettbewerbsmodells ermittelt. Hierzu werden auf Basis von zuvor durchgeführten Parameterschätzungen vergleichende in- und out-of-sample Prognosen berechnet. Wie ein direkter Vergleich ausgewählter Gütemaße zeigt, kann das Wettbewerbsmodell dabei insgesamt deutlich präzisere ex ante Prognosen generieren als das zu Referenzzwecken mitbetrachtete Modell von Bass. Wie aus der kennzahlengestützten Analyse weiterhin ersichtlich wird, offenbart das Wettbewerbsmodell seine hohe Prognosekraft vor allem bei Kurzfristbetrachtungen.

Im fünften Kapitel werden schließlich Implikationen der Arbeit für Wissenschaft und Praxis diskutiert sowie mögliche Anwendungsfelder des Wettbewerbsmodells aufgezeigt. Aus wissenschaftlicher Sicht wird dabei argumentiert, dass ein Großteil der Adoptions- und Diffusionsdynamik allein durch nachfrageseitige Faktoren erklärt werden kann. Damit grenzt sich die Arbeit deutlich von allen anderen Diffusionsstudien ab, die anbieterzentrierte Erklärungsansätze in den Vordergrund gerückt und/oder nachfrageseitige Aspekte zur Erklärung von Technologiediffusion als zweitrangig erachtet haben (vgl. unter anderem Flamm 2013, Blind 2011, Chiesa et al.

2002). Aus Sicht der betriebswirtschaftlichen Praxis hingegen zeigt die Arbeit, dass standardsetzende Unternehmen möglichst frühzeitig eine aggressive Expansionsstrategie zur Sicherung von Marktanteilen verfolgen müssen (vgl. Lee und O'Connor 2003, S. 243). Um den langfristigen Wettbewerbserfolg einer Technologie zu sichern, ist also eine möglichst rasche Bildung großer Nutzernetzwerke erforderlich (vgl. Lin und Huang 2014, S. 163). Wie mit Hilfe des Wettbewerbsorientierten Modells gezeigt werden kann, setzen große Nutzernetzwerke imitative Adoptionsprozesse in Gang, die das Potential besitzen, die marktliche Ausbreitung von neuen Technologiestandards deutlich zu beschleunigen.

Die Arbeit wird in Kapitel 6 unter Bezugnahme auf die anfängliche Zielsetzung mit einer kurzen Zusammenfassung aller wesentlichen Ergebnisse abgeschlossen.

Abbildung 6 fasst nachfolgend den inhaltlichen Aufbau der Arbeit sowie das zugrundeliegende Design der Forschungsarbeit konzeptionell zusammen. Wie aus dieser Darstellung deutlich wird, weist die konzeptionelle Gestaltung der Arbeit einen fokussierten Aufbau auf, der auf die Ableitung und Validierung eines wettbewerbsorientierten Diffusionsmodells ausgerichtet ist.

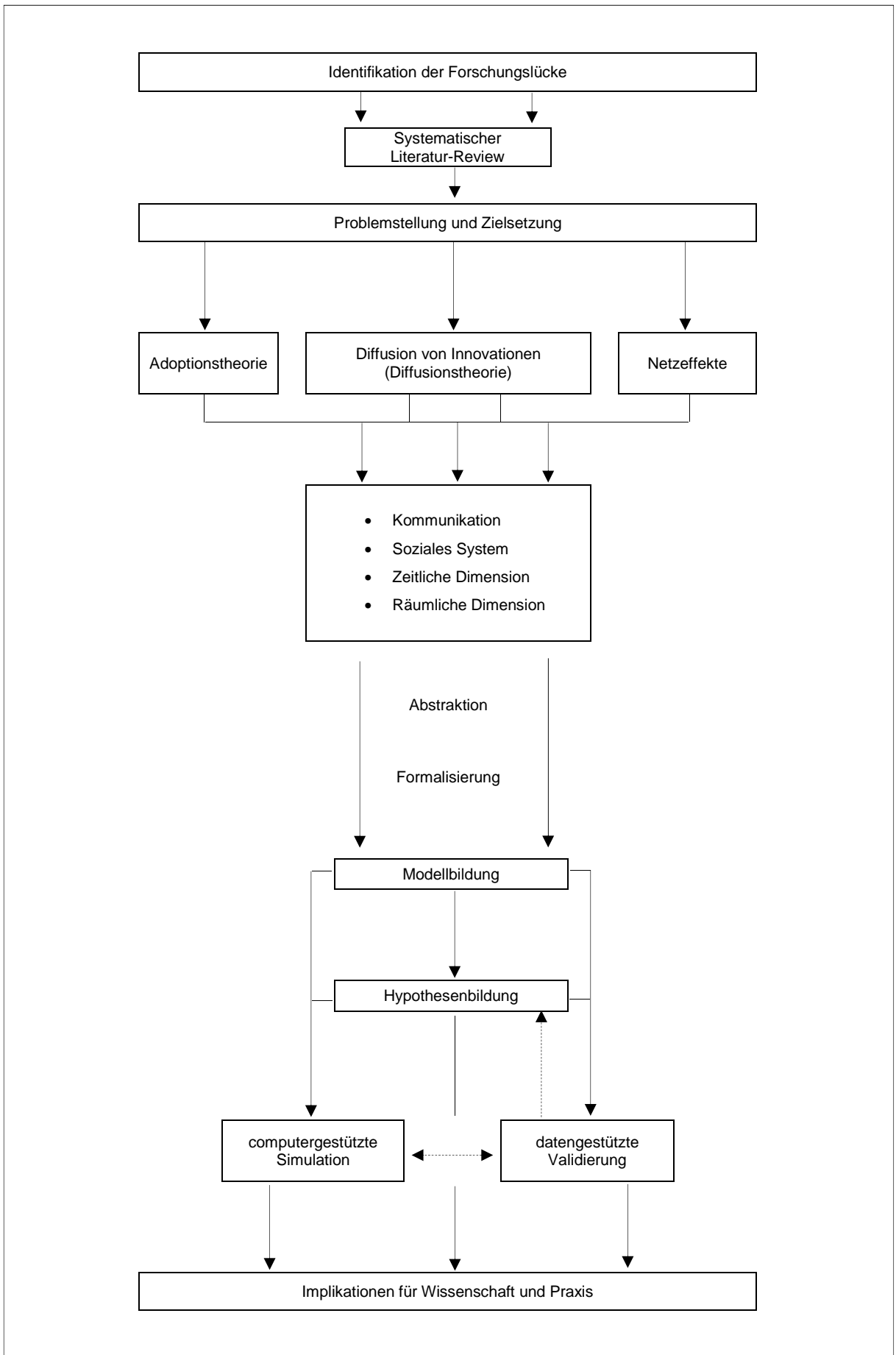


Abbildung 6: Inhaltlicher Aufbau der Arbeit

2 Theoretisch-konzeptioneller Bezugsrahmen

2.1 Die Adoptions- und Diffusionstheorie

Die betriebswirtschaftliche Diffusionstheorie liefert einen breiten Erklärungsrahmen, um die marktliche Durchsetzung von Innovationen strukturiert erfassen und analysieren zu können (vgl. Meade und Islam 2006, S. 519 f.). Die Ausbreitung einer Innovation im Markt wird im Rahmen dieser Theorie als ein komplexer sozialer Vorgang aufgefasst, der aus vielschichtigen Interaktionen zwischen diversen organisationalen, politischen sowie individuellen Akteuren resultiert (Peres et al. 2010, S. 91). Solche Interaktionen lassen sich im Rahmen der Diffusionstheorie als aufeinander bezogene, wechselseitige Handlungen zwischen den jeweiligen Marktakteuren begreifen (vgl. Hofbauer et al. 2009, S. 216). Sie dienen vornehmlich zur Weitergabe von Informationen, können jedoch auch den Transfer von finanziellen Ressourcen oder anderen materiellen Werten im Blick haben (vgl. Rogers und Kincaid 1981, Rogers und Shoemaker 1971). Interaktive Handlungen können, wenn sie den Zweck einer Verhaltensänderung beim jeweils anderen verfolgen, als bewusste und mit strategischer Absicht durchgeführte Handlungen interpretiert werden (vgl. Scholl 2013, S. 205). Interaktionen können jedoch auch ohne tiefere Absicht zustande kommen (vgl. Delia 1980, S. 97). Das zufällige Aufeinandertreffen zweier Freunde zum Beispiel wird unweigerlich einen Informationsaustausch zwischen den beiden induzieren (vgl. Hofbauer 2005, S. 24). Auch wenn der Informationstransfer in diesem Fall unbeabsichtigt erfolgen mag, können die im Gespräch ausgetauschten Informationen dennoch ausreichen, um eine manipulative Wirkung auf das Verhalten der beiden Gesprächspartner zu entwickeln (vgl. Granovetter 1974, S. 52 ff., Granovetter 1973, S. 1360 ff.). Im Zweifel genügt hierfür allein die Beobachtung des jeweils anderen (vgl. Hofbauer 2005, S. 24). Die Art und Weise, wie potentielle Nachfrager über eine Innovation kommunizieren, nimmt also ganz erheblichen Einfluss darauf, wie sich die Neuerung im Markt ausbreitet und ob diese ihr volles Marktpotential ausschöpfen wird oder nicht (vgl. Rogers 2003, S. 18). Die Betrachtung von Kommunikationsprozessen stellt aus diesem Grund einen wichtigen Teilaspekt innerhalb der Diffusionstheorie dar (vgl. Schmidt 2009, S. 18). Die Forschungsliteratur differenziert dabei zwischen Kommunikationsprozessen mit hohem und geringem Formalitätsgrad (vgl. Rogers und Shoemaker 1971, S. 251). Formeller Informationstransfer vollzieht sich aus diffusionstheoretischer Sicht vor allem über massenmediale Kanäle

(vgl. Weimann und Brosius 1994, S. 323). Er wirkt sich zum Beispiel in Form von Werbung auf die Meinungsbildung von potentiellen Adoptoren im Markt aus (vgl. Robertson 1967b, S. 17). Informeller Austausch hingegen findet eingebettet in soziale Beziehungsnetzwerke statt (vgl. Wejnert 2002, S. 306). Die soziale Interaktion innerhalb solcher Netzwerke ist in den letzten Jahren zunehmend in den Blickwinkel der Diffusionsforschung gerückt (vgl. Rogers 2003, S. 330 ff.). Auch ein Abschnitt dieser Arbeit widmet sich einer tiefergehenden Betrachtung netzwerktheoretischer Aspekte (vgl. Abschnitt 2.3.3). Wie im Weiteren noch gezeigt werden wird, stellen soziale Netzwerke dabei aus konzeptionelle Sicht der Selbstorganisation unterworfenen, relationalen Strukturgebilde dar, die auf wechselseitigen Beziehungen einer Menge von Akteuren basieren und durch den interdependenten Charakter dieser Beziehungen dauerhaft in ihrer Form zusammengehalten werden (vgl. Hofbauer et al. 2009, S. 214). Soziale Netzwerke übernehmen bei der Diffusion von Innovationen dabei eine wichtige Bindefunktion, indem sie den Raum für reziproke Lern- und Austauschprozesse eröffnen und den Informationsfluss zwischen den Netzakteuren in geordnete Bahnen lenken (vgl. Hotz-Hart und Rohner 2014, S. 79, Mazzarol 2013, S. 175 ff.). Als strukturgebende Elemente verknüpfen diese Netzwerke dabei nicht nur die einzelnen Innovationsnachfrager miteinander, sondern setzen diese auch mit makroskopischen Strukturen und Prozessen im Markt in Beziehung (vgl. Weyer et al. 1997, S. 249, Parker 1994, S. 355).

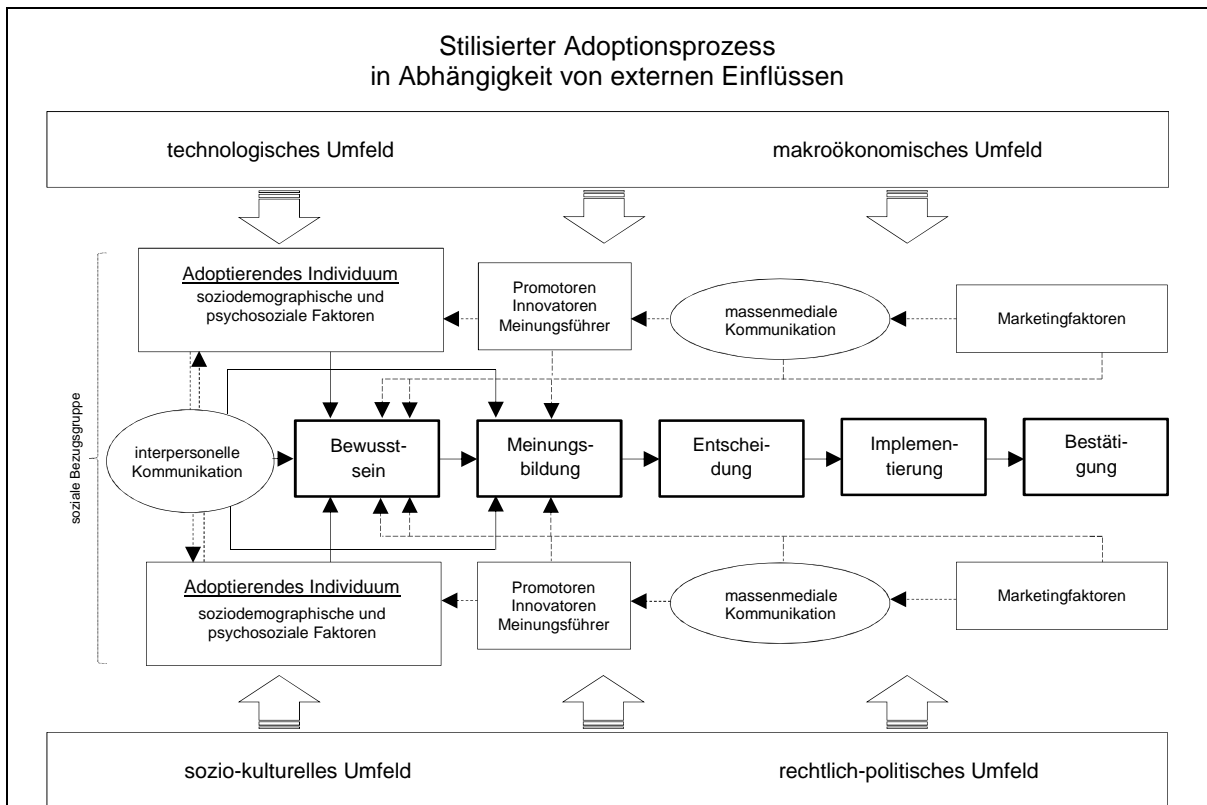
Wie die vorangegangene Diskussion deutlich macht, lassen sich innerhalb der Diffusionstheorie unterschiedliche Betrachtungs- und Analyseebenen unterscheiden (vgl. Wirsam und Hensel 2008, S. 46). Obwohl das Hauptaugenmerk der Theorie auf der Analyse aggregierter Prozesse liegt, beschäftigt sich ein Teil der Diffusionsforschung auch intensiv mit Prozessen auf der Ebene einzelner Individuen (vgl. Hauser et al. 2006, S. 689). Gegenstand dieser Individualbetrachtung stellt der Adoptionsprozess im engeren Sinne dar (vgl. Regier 2007, S. 3). Im Unterschied zum Diffusionsprozess, der die Durchsetzung einer Innovation im Markt auf einer makroskopischen Analyseebene charakterisiert, beschreibt der Adoptionsprozess die Entscheidungsfindung einzelner Individuen bei der Übernahme einer Innovation (vgl. Peres et al. 2010, S. 91). Der Adoptionsprozess stellt dabei allerdings keinen echten Vorgang innerhalb einer biologischen oder organisationalen Adoptionseinheit dar, sondern lässt sich vielmehr als ein idealisiertes Konzept begreifen, das zu analytischen Zwecken entwickelt wurde, um unterschiedliche Phasen und Teilprozesse, die als wie-

derkehrende Muster bei der Übernahme einer Innovation auftreten, unterscheiden und beschreiben zu können (vgl. Karnowski 2013, S. 514). Häufig werden in der Forschungsliteratur fünf charakteristische Phasen der Adoption unterschieden (vgl. Gopalakrishnan und Damanpour 1997, S. 17). Hierzu zählen nach Rogers die Phasen der Bewusstseins- und Meinungsbildung, der Entscheidung und Implementierung sowie die abschließende Phase der Bestätigung (vgl. Rogers 2003, S. 168 ff.). Eine besonders wichtige Stufe im Adoptionsprozess stellt die Phase der Meinungsbildung dar (vgl. Rogers 2003, S. 177). In dieser Adoptionsphase wägen die potentiellen Adoptoren die für sie wichtigen Vor- und Nachteile einer Innovation gegeneinander ab. Sie evaluieren dabei den relativen Nutzen der Innovation und stellen diesem die Risiken der Adoption entgegen (vgl. Wejnert 2002, S. 301 f.). Derartige Evaluationsprozesse können durch eine extensive Auseinandersetzung des Adopters mit der Innovation gekennzeichnet sein, sie können jedoch auch als impulsive, begrenzte oder zufällige Prozesse in Erscheinung treten und sich in der kognitiven sowie emotionalen Involvierung des Adopters deutlich voneinander unterscheiden (vgl. Klophaus 1995, S. 58 ff.).

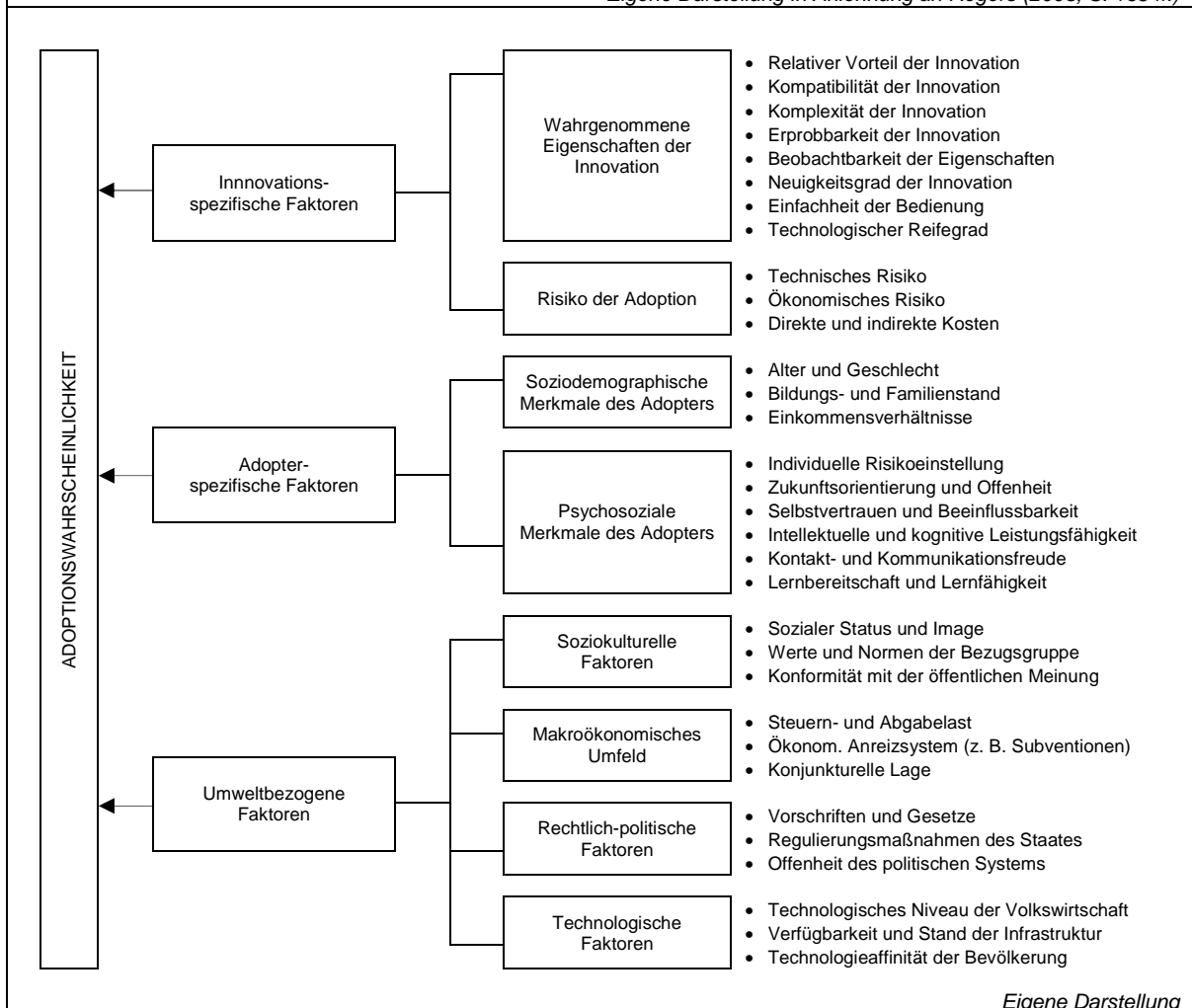
2.1.1 Adoptionskritische Faktoren

Die individuelle Meinungsbildung im Adoptionsprozess kann durch zahlreiche Faktoren zugunsten einer Übernahme oder einer Ablehnung der Innovation beeinflusst werden (vgl. Schmidt 2009, Borchert et al. 2003, Wejnert 2002, Hübner und Felser 2001). Die Wirkung dieser Faktoren auf die Adoptionswahrscheinlichkeit ist allerdings nicht immer eindeutig (vgl. Schmidt 2009, S. 19 ff.). Einige Einflussfaktoren wie der Komplexitätsgrad einer Innovation oder der mit der Nutzung einer Neuerung verbundene relative Vorteil wirken sich direkt auf die individuelle Adoptionswahrscheinlichkeit aus (vgl. Rogers 2003, S. 229). Andere Einflussgrößen hingegen entfalten ihre Wirkung auf den Adopter über moderierende und mediierende Effekte nur indirekt (vgl. Wejnert 2002, S. 318 f.). Eine solche indirekte Beeinflussung wird in der Adoptionsforschung vor allem Faktoren aus dem sozialen und kulturellen Umfeld des Adopters zugesprochen (vgl. Steinhoff 2006, S. 26). Also all jenen Einflüssen, die nicht direkt mit der Innovation in Verbindung stehen, sondern als exogene Faktoren den Handlungs- und Verhaltensrahmen des Adopters definieren (vgl. Trommsdorff 2009,

S. 174). Um die Menge der adoptionskritischen Einflussfaktoren systematisch beschreiben zu können, reduzieren viele Autoren diese auf drei wesentliche Hauptkategorien, die sich aus den innovations-, individuen- und umweltbezogenen Faktoren zusammensetzen (vgl. Roßnagel 2009, S. 26, Schmidt 2009, S. 20, Hensel und Wirsam 2008, S. 23, Kuhn 2007, S. 38, Weiber 1992, S. 5). Die Zuordnung der Adoptionsfaktoren zu den jeweiligen Kategorien lässt sich allerdings nicht immer überscheidungsfrei vornehmen, da die Grenzen zwischen den einzelnen Faktorgruppen oft nicht trennscharf gezogen werden können (vgl. Binsack 2003, S. 18 ff., Kollmann 1998, S. 117 ff.). Die Komplexität einer technischen Innovation zum Beispiel lässt sich einerseits als ein spezifisches Merkmal der Innovation selbst begreifen (vgl. Brown 2002, S. 5 ff., Lederer et al. 2000, S. 269 ff.). Sie hängt dabei im Wesentlichen von der Variabilität der verwendeten Baugruppen, der funktionalen Zuordnung der einzelnen Komponenten im Produkt, der zugrunde gelegten Schnittstellenarchitektur sowie vielen anderen technischen Faktoren ab, die in ihrer Gesamtheit das technische Produkt definieren (vgl. Klöcker 1981, S. 28). Für ein ganzheitliches Bild reicht diese produktbezogene Sicht jedoch bei Weitem nicht aus, denn ein auf dem Markt verfügbares Produkt kann auch dann als komplex charakterisiert werden, wenn es den Nachfragern Schwierigkeiten bereitet, seine Leistung und Funktionsweise richtig zu erfassen (vgl. Mayer 1996, S. 65). Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass die Komplexität selbst keine Eigenschaft des Produkts im technischen Sinne sein kann (vgl. Karahanna et al. 1999, S. 187 ff., Davis 1989, S. 320). Denn ob eine Innovation komplex ist oder nicht, ergibt sich letztendlich nur aus der subjektiven Einschätzung der Nachfrager im Markt (vgl. Rogers 2003, S. 257). Jeder Adopter bewertet die Innovation dabei völlig unterschiedlich (vgl. Binsack 2003, S. 36 f.). Nicht technikaffine Adoptoren kommen zu anderen Einschätzungen als Adoptoren, die im Umgang mit ähnlichen Technologiekonzepten vertraut sind (vgl. Gatignon und Robertson 1991, S. 318). Die Komplexität der Innovation lässt sich also mit Hilfe objektiver Kriterien nicht greifen, weil die individuellen Evaluationsprozesse selbst subjektiven wie auch situativen Einflüssen unterliegen (vgl. Schmidt 2009, S. 22). Somit könnte der Faktor Komplexität ebenso den individuen-spezifischen Einflussgrößen zugeordnet werden, weil sich seine Wirkung erst durch die individuelle Wahrnehmung in einer komplexen Interaktion zwischen den Erfahrungen, Einstellungen und Emotionen des Adopters entfaltet (vgl. Regier 2007, S. 77 ff.). Dieses Beispiel zeigt, dass eine überschneidungsfreie Kategorienbildung zur Einteilung der unterschiedli-



Eigene Darstellung in Anlehnung an Rogers (2003, S. 168 ff.)



Eigene Darstellung

Tabelle 2: Wirkung ausgewählter Adoptionsfaktoren im Adoptionsprozess

chen Faktoren nicht möglich ist (vgl. Roßnagel 2009, S. 27). Trotz der unscharfen Abgrenzung hilft die kategoriale Zuordnung der Faktoren allerdings, das komplexe Zusammenspiel der unterschiedlichen Einflüsse im Adoptionsprozess strukturiert verstehen zu können (vgl. Schmidt 2009, S. 19). Nachfolgend werden die drei wesentlichen Faktorkategorien deshalb einer näheren Betrachtung unterzogen (vgl. Tabelle 2).

2.1.1.1 Innovationsspezifische Faktoren

Die innovationsspezifischen Faktoren stehen mit der Innovation unmittelbar in Beziehung und werden durch das adoptierende Individuum subjektiv wahrgenommen (vgl. Schmidt 2009, S. 22). Sie wirken sich auf den Adoptionsprozess am stärksten aus und können im realen Marktgeschehen bis zu 90 Prozent der beobachteten Adoptionsvarianz erklären (vgl. Rogers 2003, S. 221). Zu den wichtigsten innovationsspezifischen Adoptionsfaktoren zählt Rogers (2003, S. 229) den relativen Vorteil, die Kompatibilität, die Komplexität, die Testbarkeit sowie die Beobachtbarkeit der Innovation (vgl. Abbildung 7). Nachfolgend erfolgt eine kurze Charakterisierung dieser Faktoren:

1. Der relative Vorteil (Relative Advantage): Der relative Vorteil ist als Sammelbegriff zu verstehen, der sich auf alle technischen, wirtschaftlichen, sozialen und emotionalen Vorteile bezieht, die sich aus der Nutzung einer Innovation ergeben (vgl. Binsack 2003, S. 30). Die Vorteile können aus ökonomischer Sicht als Zeiterparnisse oder als Verbesserungen der Qualität beziehungsweise Kosteneffektivität aufgefasst werden (vgl. Greenhalgh et al. 2004, S. 594). Je stärker positive Konsequenzen mit der Nutzung einer Innovation antizipiert werden können, desto mehr marktliche Akzeptanz erfährt die Neuerung und desto schneller ist sie in der Lage, ihr Marktpotential zu erreichen (vgl. Bagozzi und Lee 1999, S. 218). Da der relative Vorteil von den Nachfragern subjektiv empfunden wird, sind die individuellen Wahrnehmungen der Kosten- oder Nutzenrelation einer Innovation gegenüber vergleichbaren Substitutionslösungen im Markt entscheidend für die jeweiligen Adoptionsentscheidungen der Nachfrager (vgl. Hofbauer 2004, S. 21). Die Beurteilungsheterogenität der Nachfrager im Markt kann allerdings zu sehr unterschiedlichen Bewertungen der Innovation sowie größeren Differenzen in den individuellen Adoptionsprozessen führen (vgl. Litfin 2000, S. 27).

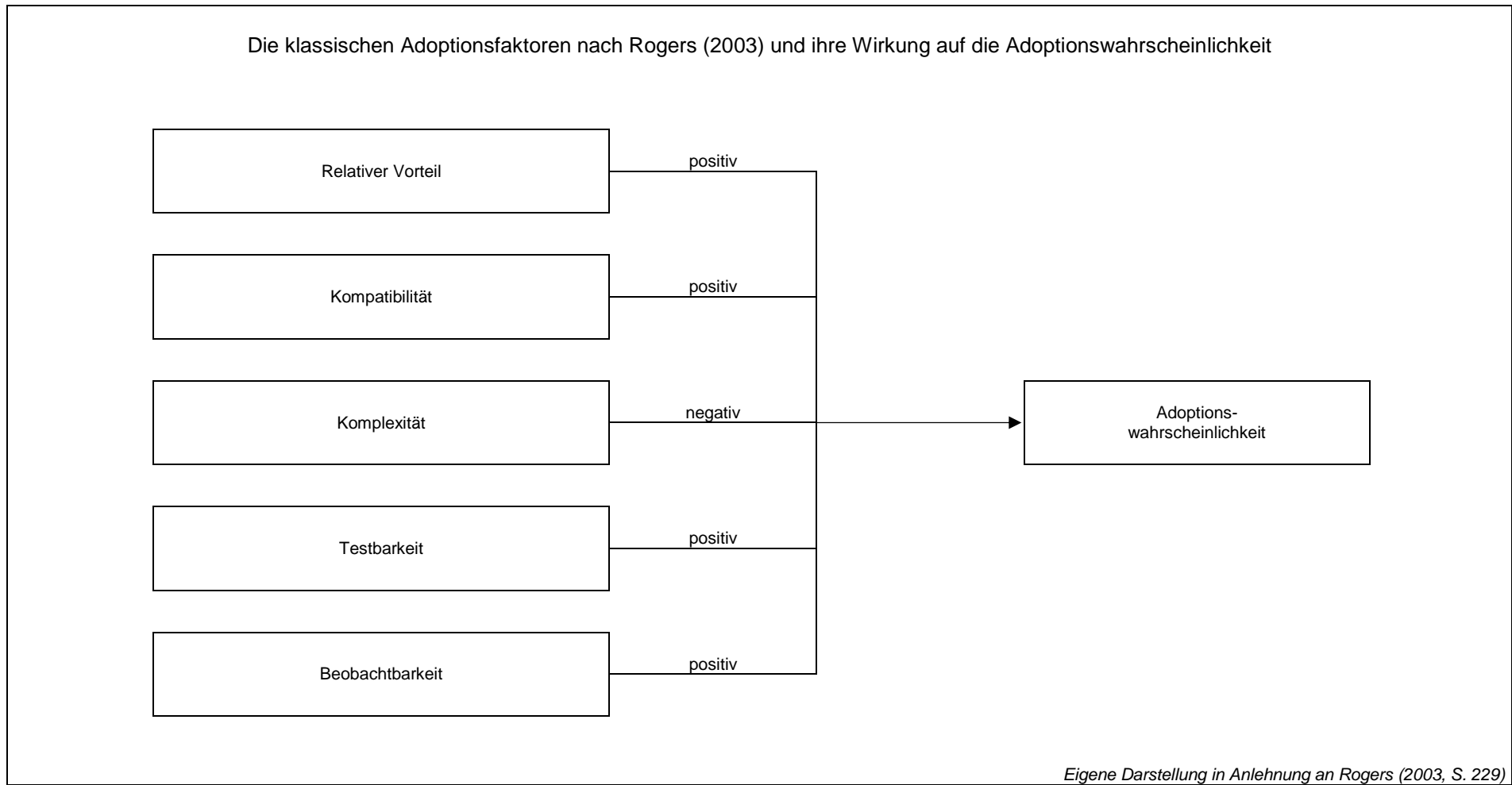


Abbildung 7: Die klassischen Adoptionsfaktoren

2. Die Kompatibilität (Compatibility): Die Kompatibilität der Innovation bestimmt, in welchem Ausmaß die Neuerung mit Erfahrungen und etablierten Verhaltensmustern des Nachfragers sowie den Werten und Normen der ihn umgebenden soziokulturellen Umwelt übereinstimmt (vgl. Rogers 2003, S. 240 ff.). Das Kompatibilitätskonstrukt lässt sich auch als Grad der notwendigen Anpassung auslegen, die durch die Adoption der Innovation induziert und vom Nachfrager verlangt wird. Da individuelle Anpassungen allerdings stets mit Umstellungskosten verbunden sind, kann eine schwache Kompatibilität mit einer geringen Adoptionsbereitschaft assoziiert werden (vgl. Binsack 2003, S. 30).

3. Die Komplexität (Complexity): Die Komplexität einer Innovation wirkt adoptionshemmend, weil sie den Nachfragern Schwierigkeiten bereitet, das funktionale Spektrum der Neuerung und damit auch den potentiellen Nutzen der Innovation evaluieren und antizipieren zu können (vgl. Mayer 1996, S. 65). Zudem geht ein hoher Komplexitätsgrad mit einem erhöhten Lernaufwand einher, da die Nutzung einer komplexen Innovation den Erwerb neuer Fähigkeiten und Kenntnisse erfordert (vgl. Mahler und Stoetzer 1995, S. 7). Die Komplexität einer Innovation kann von verschiedenen Individuen und auch sozialen Schichten unterschiedlich wahrgenommen werden. Sie stellt somit kein objektives, technisches Kriterium dar, sondern reflektiert lediglich die subjektiven Einschätzungen bestimmter Innovationsnachfrager im Markt (vgl. Hofbauer 2004, S. 21).

4. Die Testbarkeit (Triability): Die Testbarkeit der Innovation bezieht sich auf die Möglichkeit, eine Neuerung im Vorfeld der Adoption erproben oder testen zu können (vgl. Rogers 2003, S. 258). Ein frühes Experimentieren mit einem unbekanntem Produkt reduziert Unsicherheiten im Adoptionsprozess und wirkt daher adoptionsfördernd (vgl. Schmidt 2009, S. 23). Zur Entfaltung der adoptionsförderlichen Wirkung, muss die Innovation allerdings nicht zwingend durch den Adopter selbst ausprobiert werden. Häufig genügt schon die Testerfahrung einer Drittperson, um den Adopter in seiner Meinungsbildung entscheidend zu beeinflussen („trial-by-others“).

5. Die Beobachtbarkeit (Observability): Die Beobachtbarkeit spiegelt die Sichtbarkeit technischer Eigenschaften sowie wichtiger Leistungsmerkmale der Innovation wider (vgl. Binsack 2003, S. 30). Sie ist notwendig, um imitative Prozesse in Gang zu setzen und das subjektive Adoptionsrisiko zu senken (vgl. Rogers 2003, S. 258). Lassen sich die wesentlichen Eigenschaften einer Innovation problemlos erkennen,

so sind potentielle Adoptoren umso eher zu einer Übernahme der Neuerung bereit (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 24).

Die oben genannten Faktoren gelten in der Adoptionsforschung als generische Erfolgsfaktoren, weil sie ihre Wirkung auf die marktliche Akzeptanz einer Innovation branchen- und situationsübergreifend entfalten (vgl. Steinhoff 2006, S. 27). Die Wirkintensität dieser Faktoren auf die individuelle Adoptionswahrscheinlichkeit ist im Zeitablauf jedoch nicht stabil, sondern kann sich mit voranschreitender Marktdurchdringung deutlich ändern (vgl. Karnowski 2013, S. 517). Der relative Vorteil einer Innovation kann zum Beispiel mit zunehmender Durchsetzung einer Neuerung im Markt steigen (vgl. Mahler 2001, S. 30). Der Grund hierfür liegt in der positiven Rückkopplung begründet, die zwischen der Nutzerbasis einer Innovation und der im Markt verfügbaren Menge an komplementären Gütern und Dienstleistungen besteht (vgl. Shapiro und Varian 1998, S. 175). Je mehr Individuen sich zur Nutzung einer bestimmten Innovation entschließen, desto größer werden auch die marktlichen Anreize, komplementäre Güter und Dienstleistungen zu dieser Innovation anzubieten (vgl. Clement und Schreiber 2016, S. 60). Umgekehrt gilt auch, je mehr marktliche Komplemente ein innovatives Produkt vorweisen kann, desto attraktiver erscheint seine Nutzung aus Sicht der einzelnen Nachfrager (vgl. Arthur 1990, S. 92 f.). Die hier beschriebene Rückkopplung wirkt sich mittel- bis langfristig positiv auf die durch die Nachfrager wahrgenommene Vorteilhaftigkeit der Innovation aus, weil sich mit zunehmender Marktpenetration auch das mit der Innovation einhergehende Komplementärangebot im Markt erhöht (vgl. Karnowski 2013, S. 517). Ebenso können auch Veränderungen der Marktpreise Einfluss auf die Entwicklung des relativen Vorteils einer Innovation nehmen (vgl. Diller 2008, S. 289). Typischerweise sinkt der Preis einer technologischen Innovation im Laufe ihres marktlichen Lebenszyklusses ab (vgl. Voigt 2003, S. 711 f.). In der Marketingliteratur wird eine derartige Preisgestaltung als Skimming-Strategie bezeichnet (vgl. Schneider 2007, S. 126). Bei dieser Form der Preissetzung verlangen die Anbieter von technologischen Innovationen zum Zeitpunkt der Markteinführung einen möglichst hohen Preis, der dann mit zunehmender Durchsetzung der Neuerung im Markt sukzessive reduziert wird (vgl. Simon und Fassnacht 2016, S. 301). Mit einer solchen Preisgestaltung wird versucht, die maximale Zahlungsbereitschaft der Konsumenten abzuschöpfen und das Gewinnpotential der Innovation bestmöglich zu verwerten (vgl. Dean 1969, S. 534 ff.). Der im Zeitverlauf sinkende Skimming-Preis wirkt sich dabei maßgeblich auf die Re-

lation der Innovation zu potentiellen Substitutionslösungen im Markt aus (vgl. Voigt 2003, S. 711 f.). Aus Konsumentensicht wird die Innovation umso attraktiver, je stärker der marktliche Preis fällt (vgl. Karnowski 2013, S. 517). Die Skimming-Strategie erhöht also mit der Zeit aus den zuvor genannten Gründen den relativen Vorteil der Innovation. Wie dieser kurze Exkurs zeigt, passt sich die Wirkung innovationsspezifischer Faktoren im Zeitablauf dynamisch an Veränderungen wichtiger Marktparameter wie den Preis oder die Größe des Nutzernetzwerkes an (vgl. Karnowski 2017, S. 24 f.). Sie ist also nicht statisch, sondern variiert mitunter ganz erheblich in den unterschiedlichen Lebenszyklusphasen der Innovation (vgl. Rogers 2003, S. 230).

Unter innovationsspezifischen Einflüssen sind neben den klassischen fünf Rogers-Faktoren auch die direkten und indirekten Kosten der Adoption zu subsumieren (vgl. Love et al. 2005, S. 949). Direkte Adoptionskosten lassen sich als rein monetäre Kosten begreifen (vgl. Tornatzky und Klein 1982, S. 36). Sie können zum Beispiel in Form von Patent- und Lizenzgebühren in Erscheinung treten, die für die Nutzung einer lizenzrechtlich geschützten Innovation zu entrichten sind (vgl. Wejnert 2002, S. 301). Indirekte Adoptionskosten hingegen lassen sich in der Regel nicht monetär beziffern, weil sie mit der Übernahme der Innovation auch nur indirekt in Beziehung stehen (vgl. Hein und Ranschnabel 2016, S. 95). So kann die Übernahme einer organisationalen Innovation beispielsweise weitreichende Umstrukturierungsmaßnahmen in der adoptierenden Organisation bewirken, den Verlust von Mitarbeitern hervorrufen oder Veränderungen von etablierten Managementpraktiken in der Organisation induzieren (vgl. Dahlman et al. 1985, S. 1 ff.). Die tatsächlichen Kosten derartiger Maßnahmen lassen sich monetär nur schwer greifen und werden daher in ihrer Höhe häufig unterschätzt (vgl. Love et al. 2005, S. 949). Auch auf individueller Ebene kann die Übernahme einer Innovation indirekte Adoptionskosten verursachen (vgl. Mohr et al. 2006, S. 97). Das Erlernen einer neuen Software zum Beispiel oder das Zurechtfinden im Tagesablauf nach der Definition neuer Arbeitsprozesse kann aus Sicht des adoptierenden Individuums zeitaufwändig und zu Lasten der individuellen Effizienz fallen (vgl. Besen 2002, S. 144 ff.). Diese durch die Adoption einer Neuerung verursachten Effizienz- und Zeitverluste lassen sich auf individueller Ebene als Opportunitäts- oder Wechselkosten des Adopters auffassen (vgl. Shapiro und Varian 1999a, S. 15). Sie entstehen, weil der Adopter bei der Übernahme einer Innovation seine routinierten Verhaltensweisen umstellen muss und weil er auch die Nicht-Adoption beziehungsweise die Substitution der Innovation durch eine andere Neue-

nung als echte Handlungsalternative in Erwägung ziehen kann (vgl. Burnam et al. 2003, S. 109 ff.). Wie die zuvor genannten Beispiele zeigen, müssen indirekte Adoptionskosten nicht notwendigerweise als monetäre Größen definiert sein, gleichwohl bringen sie Effekte zum Ausdruck, die bei Vorlage der hierfür notwendigen Informationen in Geldwerten bewertet und quantifiziert werden können (vgl. Wejnert 2002, S. 301).

2.1.1.2 Adopterspezifische Faktoren

Die zu erwartenden kognitiven, emotionalen oder monetären Kosten der Adoption wirken sich ebenso wie die klassischen Rogers-Faktoren auf das subjektiv empfundene Adoptionsrisiko aus (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 24). Je mehr eine Innovation von den bekannten kognitiven Strukturen des Adopters abweicht, desto höher fällt auch das subjektiv empfundene Adoptionsrisiko aus (vgl. Gatignon und Robertson 1991, S. 318). Ausschlaggebend für das individuelle Risikoempfinden sind dabei vor allem die Persönlichkeitsmerkmale des Adopters (vgl. Quazi und Talukder 2011, S. 38). Ein Individuum, das Neuerungen grundsätzlich skeptisch gegenübersteht, wird die mit der Übernahme einer Innovation einhergehenden Risiken deutlich anders bewerten als ein innovationsfreudiges Individuum, das über einen ausgeprägten Abenteuersinn verfügt und Neuerungen allein aus der Lust an Veränderung gerne ausprobiert (vgl. Fantapié Altobelli 1991, S. 27). Der Risikowahrnehmung kann also grundsätzlich eine subjektive Komponente zugesprochen werden, die je nach Einstellung und Grundhaltung des Adopters zu sehr unterschiedlichen Einschätzungen der Adoptionsrisiken führen kann (vgl. Berger 2013, S. 40). Darüber hinaus hängt das individuelle Risikoempfinden auch von den marktlichen Informationsasymmetrien zwischen den Anbietern und Nachfragern einer Innovation ab (vgl. Fischer 2013, S. 104). In der Regel weisen die Nachfrager bei der Übernahme einer ihnen unbekanntem Neuerung signifikante Informationsdefizite auf, die ihnen die Abschätzung aller möglichen funktionalen, ökonomischen und psycho-sozialen Konsequenzen ihrer Adoptionsentscheidung erschweren (vgl. Talke 2005, S. 35). Derartige Informationsasymmetrien sind umso größer, je höher der Radikalitätsgrad der zur Adoption anstehenden Innovation ist (vgl. Hauschildt und Salomo 2007, S. 182). Da radikale Innovationen völlig neue Produktkategorien begründen, verfügen Nachfrager bei der Adoption solcher Neuerungen über keinen geeigneten Erfahrungsschatz, der

ihnen die Risikoevaluation und damit auch die Entscheidung für und wider die Innovation erleichtern kann (vgl. Regier 2007, S. 9 f.). Um derartige Informationsdefizite im Adoptionsprozess dennoch kompensieren zu können, greifen Nachfrager häufig auf externe Informationsquellen zurück, die sie zum Beispiel in Form von Produktbewertungen oder Produkttests vorfinden können (vgl. Mudambi und Schuff 2010, S. 185 ff.).

2.1.1.3 Umweltbezogene Faktoren

Neben den bisher diskutierten Faktoren wirken sich auch Einflüsse aus dem unmittelbaren Umfeld des Adopters auf den Prozess der individuellen Entscheidungsfindung aus (vgl. Wejnert 2002, S. 310 ff.). Bei diesen auf das Umfeld des Adopters bezogenen Faktoren differenziert die Adoptionsforschung zwischen sozialen, kulturellen, politischen, rechtlichen, ökonomischen und technologischen Einflussfaktoren (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 25). Obwohl die umweltbezogenen Faktoren als exogene Einflüsse nur den Rahmen des individuellen Adoptionsprozesses bestimmen, können sie in Summe dennoch eine starke Wirkung auf das Adoptionsverhalten des Einzelnen entfalten (vgl. Schmidt 2009, S. 19 f.). Für eine ganzheitliche Analyse von Adoptionsprozessen ist die Betrachtung dieser Einflüsse daher unerlässlich (vgl. Steinhoff 2006, S. 26).

Im Nachfolgenden wird zunächst die Wirkung von rechtlichen und politischen Faktoren diskutiert. Diese Faktoren sind für das Verständnis von Adoptionsvorgängen besonders wichtig, weil sie den legalen Möglichkeitsraum aufspannen und damit die juristischen Grenzen des individuellen Handlungsspielraumes festlegen (vgl. Baum und Oliver 1991, S. 189). Indem sie das Adoptionsverhalten des Einzelnen reglementierend steuern, stellen diese Faktoren dabei nicht nur die legalen Weichen der marktlichen Diffusion, sondern begründen auch die für die Adoption von Innovationen notwendigen Anreizstrukturen im System (vgl. Bathelt und Depner 2003, S. 128). Die konkrete Ausgestaltung des rechtlich-politischen Rahmens ist dabei historisch gewachsen und spiegelt in ihrer Struktur die verschiedenen Interessen- und Wertvorstellungen sämtlicher am System partizipierender Akteure wider (vgl. Cooke et al. 1997, S. 480). Auch wenn er evolutionär gewachsen ist, stellt der rechtlich-politische Rahmen selbst kein starres und dogmatisches Ordnungsgebilde dar (vgl. Langer 2014, S. 151 ff.). Spontane Meinungswechsel einzelner Akteure oder ganzer Ak-

teursgruppen können die vorherrschende politische Interessenlage kurzfristig ändern und damit auch eine Verschiebung der adoptions- und diffusionspolitischen Schwerpunktsetzung im System induzieren (vgl. Köppl 2008, S. 210 f., Köppl 1998, S. 1 ff.). Tritt der Staat als gesetzgebende oder regulierende Instanz für die Interessen einzelner Gruppen ein, kann er die Akzeptanz bestimmter Innovationen durch Subventionsleistungen oder andere Formen der steuerlichen Begünstigung wirksam fördern (vgl. Jacobsson und Lauber 2006, S. 256 ff.). Eine solche Einflussnahme des Staates lässt sich aktuell zum Beispiel in der gezielten Förderung von erneuerbaren Energien oder elektrisch betriebenen Fahrzeugen beobachten (vgl. Langer 2014, S. 199 ff.). Die staatliche Regulierung kann jedoch auch als hemmender Faktor die Durchsetzung bestimmter Innovationen im Markt einschränken oder ganz unterbinden (vgl. Kurz et al. 1989).

Auch wenn marktliche Beziehungen häufig formalen Charakter tragen und der regulierenden staatlichen Kontrolle unterliegen, sind viele soziale Interaktionen, die für die Adoption und Diffusion von Innovationen im Markt erforderlich sind, dennoch keiner staatlichen Regelsetzung ausgesetzt, sondern werden allein durch informelle Prinzipien, so genannte Normen, bestimmt (vgl. Hahn 2004, S. 100). Soziale Normen stellen von der Gesellschaft anerkannte Verhaltenskonventionen dar (vgl. Hofbauer 2009, S. 209). Sie entstehen durch das Zusammenwirken von Menschen und versteigen sich im Zeitverlauf, indem sie rückkoppelnd die Ursachen stabilisieren, aus denen sie entstanden sind (vgl. Weise et al. 1993, S. 375). Obwohl sie nicht kodifiziert und rechtlich bindend sind, werden Normen von allen Mitgliedern einer sozialen Einheit als verpflichtend wahrgenommen, weil sie als mehrheitlich akzeptierte Muster, die Art und Weise, wie Menschen miteinander zusammenleben und in Aktion treten determinieren (vgl. Trommsdorff 2009, S. 174). Als gesellschaftliche Verhaltensstandards erleichtern Normen dabei alle Formen von Entscheidungsfindungen im Alltag, weil sie den Handlungen einzelner Subjekte einen einheitlichen Rahmen vorgeben, der von der Allgemeinheit akzeptiert und erwartet wird (vgl. Hofbauer et al. 2009, S. 209). Innovationen, die nicht mit diesen gesellschaftlichen Normvorstellungen kompatibel sind, erfahren aus den oben genannten Gründen häufig starke Adoptionswiderstände im Markt (vgl. Talke 2005, S. 42). Auch wenn soziale Normen bedeutende Adoptionsbarrieren konstituieren können, ist das Normgefüge selbst nicht starr und unflexibel (vgl. Leimeister 2004, S. 118). Mit zunehmender Durchsetzung einer Innovation im Markt findet auch eine immer stärkere Integration der marktlichen

Neuerung in das soziale System statt. Dieser graduelle Prozess kann sich auf lange Sicht in einer Anpassung des sozialen Normgefüges äußern und schlussendlich zur Erosion der anfänglichen Adoptionsbarrieren führen (vgl. Rogers 2003, S. 241).

Wie aus vorangegangenen Überlegungen ersichtlich wurde, reflektieren soziale Normen eine gesellschaftliche Idealvorstellung über das, was die Allgemeinheit im sozialen Kontext als richtig und erstrebenswert erachtet (vgl. Lamnek 2018, S. 20). Die konkrete Norm leitet sich dabei zunächst aus einer abstrakten Idee ab, die zwar in der Gesellschaft Einklang findet und von der Mehrheit geteilt wird, aber dennoch einen weniger bindenden Charakter als die Norm selbst aufweist (vgl. Vester 2009, S. 55). Solche gesellschaftlichen Ideen und Vorstellungen, die zwar nicht zur Norm geworden sind, aber dennoch tief in der Gesellschaft verankerte Ideale reflektieren, konstituieren in Summe das kulturelle Wertegefüge des sozialen Systems (vgl. Hofbauer et al. 2009, S. 211). Auch wenn dieses Wertegefüge einen weniger restriktiven Charakter trägt und die Handlungen und Verhaltensweisen sozialer Subjekte nicht in dem Maße wie die in der Gesellschaft verankerte Norm prägt, kann die vorherrschende Wertkomposition im System das Verhalten des Einzelnen dennoch stark beeinflussen (vgl. Hofbauer et al. 2009, S. 211). Ein Grund hierfür liegt im besonderen Entstehungsprozess kultureller Werte begründet, denn als gesellschaftliche Idealvorstellungen werden diese nicht von einer staatlichen Instanz verordnet, sondern kristallisieren sich erst mit der Zeit aus dem Prozess der sozialen Interaktion heraus. Kulturelle Werte sind zudem beständig und werden von einer Generation an die nächste vermittelt (vgl. Papcke und Oesterdiehoff 2001, S. 175). Die in der Generationenfolge tradierten Werte wirken dabei identitätsstiftend und handlungsleitend, sie reduzieren individuelle Unsicherheiten und bieten den Menschen einen einheitlichen Orientierungsrahmen (vgl. Funke und Schroer 1998, S. 100). Die kulturelle Prägung über diese Werte bestimmt dabei, wie Menschen bestimmte Vorgänge wahrnehmen, interpretieren und zueinander in Beziehung setzen (vgl. Hoppe und Heinze 2016, S. 7). Die Kultur lässt sich also als eine beständige Schablone begreifen, die individuelle Interaktionsvorgänge im sozialen System einerseits mit Sinn erfüllt, andererseits aber steuert und koordiniert (vgl. Hofbauer et al. 2009, S. 211). Der zuletzt genannte Koordinationsmechanismus ist für die Adoptionsforschung von besonderem Interesse, weil sich Kultur nicht nur prägend auf alltägliche Formen der sozialen Interaktion auswirkt, sondern auch eine reglementierende Wirkung auf das Adoptionsverhalten einzelner Individuen entfaltet (vgl. Erumban und de Jong 2006, S. 302).

2.1.2 Der Diffusionsprozess als makroskopischer Vorgang

Wie die vorangegangene Diskussion zeigt, ist der Adoptionsprozess auf individueller Ebene höchst komplex. Das adoptierende Individuum ist bei seiner Entscheidungsfindung einer schier unendlichen Gemengelage verschiedenster Faktoren ausgesetzt (vgl. Binsack 2003, S. 18 ff.). Nach Abwägung all dieser Faktoren wird das adoptierende Individuum schlussendlich eine Entscheidung entweder für oder gegen die Adoption der marktlichen Neuerung treffen (vgl. Rogers 2003, S. 177 ff.). Diese Entscheidung muss für den außenstehenden Beobachter nicht notwendigerweise rational erscheinen, für das adoptierende Individuum stellt sie jedoch die logische Konsequenz seiner kognitiven Evaluationsprozesse sowie seiner psychischen und emotionalen Verfassung zum Zeitpunkt der Entscheidungsfindung dar. Auch wenn individuelle Adoptionsentscheidungen willkürlich erscheinen mögen, lassen sich in der aggregierten Betrachtung häufig deutliche Muster oder Tendenzen im kollektiven Adoptionsverhalten erkennen (vgl. Einhorn 1976, S. 198). Die Untersuchung solcher Adoptionsmuster im Aggregat ist Gegenstand der Diffusionstheorie (vgl. Parker 1994, S. 355). Als makroskopischer Vorgang beschreibt der Diffusionsprozess die zeitliche Ausbreitung von Innovationen im Markt oder einem anderen Aufnahmesystem (vgl. Rogers 2003, S. 5). Nach Witte stellt die Diffusion von Innovationen „die Verbreitung des Anwendens einer Neuerung [...]“ dar (Witte 1973, S. 2). Als Neuerung ist dabei nicht notwendigerweise eine Innovation im betriebswirtschaftlichen Sinne zu verstehen (vgl. Karnowski 2013, S. 513). Denn als Innovationen können im Rahmen der Diffusionstheorie alle Objekte, Praktiken sowie auch abstrakte Ideen bezeichnet werden, die von potentiellen Adoptoren als neu wahrgenommen werden und die das Potential aufweisen, langfristige Veränderungen der sozialen Struktur oder der sozialen Interaktion zu bewirken (vgl. Rogers 2003, S. 12). Ebenso wie die Adoption einer Innovation auf der disaggregierten Ebene zu Veränderungen des individuellen Verhaltens führt, setzt auch die Diffusion von Innovationen vielfältige Veränderungen auf der aggregierten Ebene in Gang (vgl. Hertel 2014, S. 15). Die durch die Ausbreitung von Innovationen induzierten Wandelprozesse können zum Beispiel zu strukturellen Verschiebungen im kollektiven Konsumverhalten führen oder das Aufbrechen routinierter Verhaltensweisen im sozialen System bewirken (vgl. Gopalakrishnan und Damanpour 1997, S. 18). Solche Veränderungen können auf kleine Gruppen von Individuen beschränkt sein, sie können jedoch auch größere Zusam-

menschlüsse von Individuen oder sogar die Gesellschaft als Ganzes betreffen (vgl. Wahl 1998, S. 18). Jede Art von Veränderung, egal ob zum Guten oder zum Schlechten, kann unter den Betroffenen potentiell zu Konflikten führen (vgl. Hotz-Hart und Rohner 2014, S. 86). Dieses der Diffusion von Innovationen inhärente Konfliktpotential äußert sich auf Märkten typischerweise in Form von Diffusionswiderständen (vgl. Talke 2005, S. 27 ff.). Starke Diffusionswiderstände können die marktliche Diffusion einer Innovation komplett zum Erliegen bringen (vgl. Steinhoff 2006, S. 124). Die von den Widerständen betroffene Innovation kann sich dann nicht im Markt durchsetzen und erleidet einen frühzeitigen Diffusionsabbruch (vgl. Hauschildt und Salomo 2007, S. 182). Als Beispiel hierfür lässt sich der gescheiterte Kleinwagen Janus (1957/1958) von der Firma Zündapp anführen, der infolge einer nicht durchdachten Sitzplatzanordnung bei kurvenreichen Fahrten wiederholt für Übelkeit und Schwindelgefühle sorgte und deswegen von den Konsumenten nicht akzeptiert wurde (vgl. Reichwald et al. 2007, S. 17 f.). In weniger extremen Fällen führen Adoptionswiderstände lediglich zu einer Schwächung oder Verlangsamung des Diffusionsprozesses. Eine Innovation erreicht dann ein deutlich geringeres Marktpotential oder benötigt längere Zeitperioden bis zur vollständigen Diffusion (vgl. Schmidt 2009, S. 32). Das Ausmaß der marktlichen Widerstände gegenüber einer Neuerung hängt dabei nicht selten vom Radikalitätsgrad der Innovation ab (vgl. Talke 2005, S. 139 f.). Radikale Innovationen lösen auf Märkten diskontinuierliche Entwicklungen aus und führen zu nachhaltigen Veränderungen des Wirtschafts- und Sozialgefüges (vgl. Freeman und Perez 1988, S. 45 f.). Im Unterschied zu inkrementellen Innovationen stoßen sie daher auf wesentlich größere Adoptionswiderstände im Markt und diffundieren deswegen auch deutlich langsamer (vgl. Scigliano 2003, S. 62). Gleichzeitig lassen sich jedoch auch radikale Innovationen beobachten, die sich binnen kürzester Zeit erfolgreich im Markt durchsetzen konnten. Das Internet zum Beispiel diffundierte in den entwickelten Volkswirtschaften innerhalb von nur 16 Jahren nach Erscheinen des ersten grafischen Webbrowsers nahezu vollständig (vgl. Wunnava und Leiter 2009, S. 413). Auch digitale Mobilfunktelefone oder die Personal Computer benötigten trotz ihres starken Neuigkeitsgrades vergleichsweise kurze Zeitspannen für die marktliche Durchsetzung (vgl. Doms und Lewis 2006, S. 1 ff., Rouvinen 2006, S. 46 ff.). Die rasche Diffusion dieser Technologien widerspricht dabei nicht den vorhergehenden Überlegungen, sondern spiegelt vielmehr die Höhe des relativen Vorteils dieser Technologien wider (vgl. Steinhoff 2006, S. 108 f.).

2.2 Ein historischer Abriss der Diffusionsforschung

Die Diffusionstheorie zeichnet sich im Unterschied zu vielen anderen ökonomischen Theorien durch ein hohes Maß an Offenheit gegenüber Einflüssen aus anderen Fachdisziplinen aus (vgl. Wejnert 2002, S. 298). Im Laufe ihrer Evolution durchlebte die Theorie deshalb diverse Entwicklungsschübe, die durch neue Erkenntnisse und Trends in den unterschiedlichsten Wissenschaftsbereichen ausgelöst wurden (vgl. Karnowski 2013, S. 513 ff.). Die historischen Wurzeln der Theorie lassen sich auf soziologische Studien des frühen 19. Jahrhunderts zurückführen (vgl. Rogers 2003, S. 44 f.). Den entscheidenden Stimulus zur Begründung einer eigenständigen Diffusionsforschung lieferte dabei vor allem der französische Soziologe Gabriel de Tarde (vgl. von Pape 2009, S. 275). De Tarde erkannte als einer der Ersten, dass Diffusionsprozesse systematischen Mustern und Gesetzmäßigkeiten folgen, die ihrerseits aus Gesetzmäßigkeiten im menschlichen Verhalten resultieren (vgl. Müller 2004, S. 12). Insbesondere die menschliche Veranlagung, das Verhalten des jeweils anderen zu beobachten und zu kopieren, erkannte der französische Soziologe als eine der wesentlichen Triebkräfte im Diffusionsprozess (vgl. Rogers 2003, S. 41). Zahlreiche, ehemals von de Tarde erarbeitete Ansätze wie das Meinungsführer-Konzept oder die S-förmige Diffusionskurve, sind auch heute noch fest in der modernen Diffusionsforschung verankert (vgl. Kinnunen 1996, S. 436, ff., Valente und Rogers 1995, S. 246).

Einen ebenfalls wichtigen Beitrag zur Etablierung der Diffusionsforschung als eine eigenständige Wissenschaftsdisziplin leisteten die frühen Forschungsarbeiten des deutschen Soziologen Georg Simmel (vgl. Schönborn 2012, S. 187). Mit seinem Konzept „des Fremden“, einer Person die zwar im sozialen System existiert aber an der Interaktion des Systems nur begrenzt partizipiert, legte Simmel den Grundstein für die spätere Beschreibung sozialer Abgrenzung und Innendifferenzierung im sozialen System – ohne die eine Identifikation unterschiedlicher Adoptergruppen im sozialen System undenkbar gewesen wäre (vgl. Verhoog 2018, S. 96). Auch die auf Homophilie basierende Ordnungsstruktur sozialer Beziehungen und Netzwerke, die im späteren Verlauf dieser Arbeit noch eine tiefere Betrachtung erfahren wird (vgl. Abschnitt 2.3.3), wurde im Grunde genommen schon durch Simmel postuliert (vgl. Ebermann 2017, S. 19). Georg Simmel war dabei mit seinen Überlegungen seiner Zeit deutlich voraus. So unterstrich er zum Beispiel schon frühzeitig die Bedeu-

tung sozialer Kommunikations- und Interaktionsprozesse für die Durchsetzung von Neuerungen und beschäftigte sich als einer der ersten systematisch mit der Ausbreitung von Modetrends (vgl. Frisby 1994, S. 342).

Obwohl die Anfänge der Diffusionsforschung vor allem durch eine soziologische Denktradition geprägt wurden, können die späteren Entwicklungsimpulse nicht mehr eindeutig dem Bereich der klassischen Soziologie zugeordnet werden (vgl. Rogers 2003, S. 43 ff.). Als multiperspektivische Forschungsströmung entwickelte sich die Diffusionsforschung stattdessen unter Einflüssen diverser Wissenschaftsdisziplinen, darunter auch der Geographie, Anthropologie, Biologie und der Physik, zu dem, was die moderne Diffusionsforschung heute ausmacht (vgl. Rogers 2003, S. 43 ff.). Die interdisziplinäre Ausrichtung der Diffusionsforschung führte dabei zur Entstehung einer großen Vielfalt an unterschiedlichen Erklärungsansätzen (vgl. Valente und Rogers 1995, S. 247, Strang und Meyer 1993, S. 488). Das große Interesse an diffusionstheoretischen Zusammenhängen führte zudem zu einer raschen Verbreitung diffusionstheoretischer Denkansätze in den unterschiedlichsten Wissenschaftsbereichen (vgl. Taddicken 2016, S. 34). So hat sich die Diffusionstheorie heute in zahlreichen Wissenschaftsdisziplinen, darunter auch in der betriebswirtschaftlichen Marketing- und Innovationsforschung, als zentrales Denk- und Forschungsparadigma etabliert (vgl. Peres et al. 2010). Dank ihres multidisziplinären Charakters stellt die Diffusionstheorie dabei ein äußerst dynamisches und produktives Forschungsfeld dar (vgl. Abbildung 8). Allein zum gegenwärtigen Stand lassen sich weit über 5000 publizierte Diffusionsstudien identifizieren (vgl. Rogers 2003, S. xviii). Die große Zahl an Publikationen auf diesem Gebiet spiegelt vornehmlich den starken Anwendungsbezug der Theorie wider, reflektiert aber auch die Möglichkeit, diffusionstheoretische Gedanken auf unterschiedliche Forschungsfragestellungen übertragen und anwenden zu können (vgl. Karnowski 2013, S. 525). Die besondere Handhabbarkeit diffusionstheoretischer Konzepte macht diese auch für zahlreiche Anwendungsfelder in der betriebswirtschaftlichen Praxis interessant (vgl. Ullmann 2012, S. 35). Insbesondere in der strategischen Absatzplanung finden diffusionstheoretische Überlegungen und Modelle daher häufig Anwendung (vgl. Eggert 2003, S. 3 ff.).

Trotz steigender Publikationsraten hat sich das Grundgerüst der Diffusionstheorie in den letzten Jahren allerdings kaum nennenswert verändert (vgl. Katz 1999, S. 145). Auch unter methodischen Gesichtspunkten lässt sich in der Diffusionsforschung eine

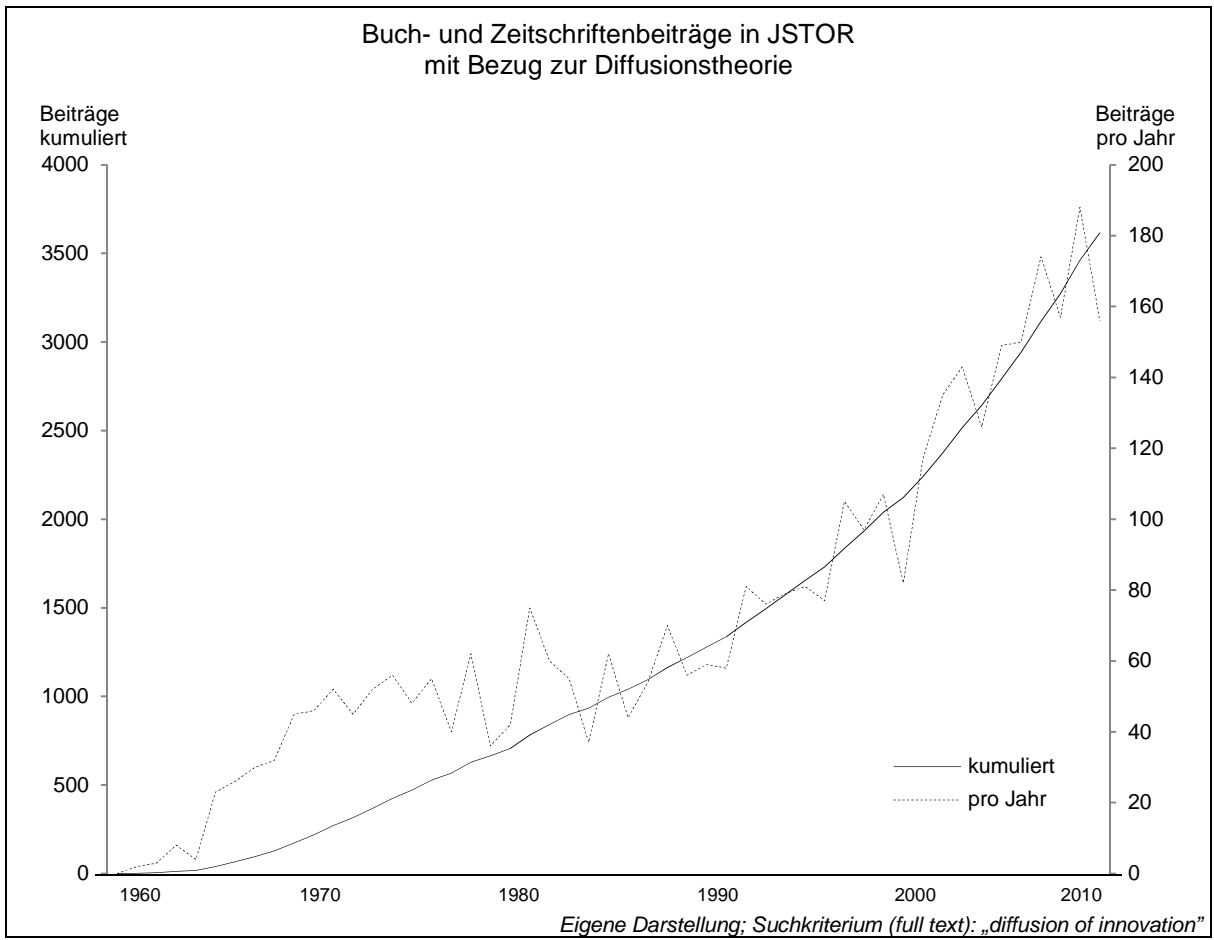


Abbildung 8: Evolution der Diffusionstheorie

deutliche Entwicklungsstagnation beobachten (vgl. Meyer 2004, S. 59). Ein möglicher Grund hierfür liegt in der weit verbreiteten Anwendung der Fallstudienmethodik begründet, die zwar eine Fülle an empirischen Erkenntnissen generiert, aber keine echte Generalisierung der Beobachtungen erlaubt. Wie Rogers treffend formulierte, brauchen wir nicht noch mehr von derselben Forschung, weil die auf Einzelfallanalysen beschränkte Diffusionsliteratur zur Entwicklung eines einheitlichen Theorierahmens nur unzureichend beitragen kann (vgl. Rogers 2003, S. xxi). Dabei sind große Fragen der Diffusionsforschung nach wie vor ungeklärt (vgl. Wejnert 2002, S. 318 ff.). Insbesondere mangelt es an tragfähigen Konzepten, um die unterschiedlichen Betrachtungsebenen innerhalb der Diffusionstheorie sinnvoll miteinander zu verknüpfen (vgl. Delre et al. 2010, S. 268).

Neue Lösungsansätze diesbezüglich erhoffen sich Diffusionstheoretiker vor allem aus einer stärkeren Integration netzwerktheoretischer Ansätze (vgl. Strang und Meyer 1993, S. 488). Als empirisch orientierte Forschungsrichtung verfügt die Netzwerktheorie über ein reichhaltiges Instrumentarium, das zur Beschreibung von sozia-

len Interaktionen im wirtschaftlichen Kontext herangezogen werden kann (vgl. Marx 2010, S. 155 f.). Zudem versteht sich die Netzwerktheorie von vornherein als Bindeglied zwischen individuellen Prozessen auf der einen und strukturellen Dynamiken auf der anderen Seite (vgl. Morath 2002, S. 21). Indem sie soziale Netzwerke als funktionale Brücken zwischen den Handlungsebenen einzelner Subjekte und der makroskopischen Strukturebene konzeptualisiert, ordnet die Netzwerktheorie dem relationalen Beziehungsgeflecht der Individuen eine wichtige, integrative Funktion in der Mesoebene des sozialen Systems zu (vgl. Weyer et al. 1997, S. 60 f.). Dem allgemeinen Trend folgend werden auch in der vorliegenden Arbeit konzeptionelle Erklärungsansätze aus der Netzwerktheorie berücksichtigt, um die Ursprünge aggregierter Systemdynamiken mit individuellem Verhalten der ökonomischen Subjekte zu begründen (vgl. hierzu Abschnitt 2.2.3). Ansätze aus der Netzwerktheorie finden sich dabei auch in der Konzeptualisierung des Diffusionsmodells wider, das auf einer imitativen Grundlogik fußt und damit interaktive Prozesse zwischen den Adoptoren zum Ausdruck bringt (vgl. hierzu Abschnitt 3).

2.3 Elemente des Diffusionsprozesses

Nachdem im letzten Abschnitt die Grundzüge der Adoptions- und Diffusionstheorie skizziert wurden, widmen sich die nachfolgenden Abschnitte dieser Arbeit einer tiefergehenden Betrachtung diffusionstheoretischer Zusammenhänge. Grundsätzlich lässt sich der Diffusionsvorgang als ein von Kommunikation getriebener Prozess der raum-zeitlichen Verbreitung einer marktlichen Neuerung im sozialen System auffassen (vgl. Rogers 2003, S. 12). Die auf diese Weise vorgenommene Charakterisierung der marktlichen Diffusion spiegelt alle wesentlichen Elemente wider, die für das theoretische Grundgerüst der betriebswirtschaftlichen Diffusionstheorie von Bedeutung sind (vgl. Mann 2009, S. 99 ff.). Im Einzelnen handelt es sich dabei um die Elemente: Zeit (vgl. Abschnitt 2.3.1), Kommunikation (vgl. Abschnitt 2.3.2), Struktur des sozialen Systems (vgl. Abschnitt 2.3.3) sowie den geografischen Raum (vgl. Abschnitt 2.3.4). Die charakteristischen Eigenschaften von Diffusionsprozessen werden im Weiteren unter Bezugnahme auf die oben genannten Elemente einer genaueren Analyse unterworfen. Sinn und Zweck dieser detaillierten Darstellung liegt in der Notwendigkeit begründet, die Komplexität der marktlichen Diffusionsdynamik zu-

nächst verstehen zu müssen, um sie anschließend im Rahmen eines Diffusionsmodells abstrahieren und auf das Nötigste reduzieren zu können. Die folgenden Ausführungen sollen also die konzeptionellen Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Betrachtungsebenen der Diffusionstheorie erfassen und den Blick für die dynamische Natur von marktlichen Diffusionsvorgängen schärfen. Die dargelegten Grundlagen werden anschließend im Rahmen der hieran anknüpfenden mathematischen Modellierung weiterentwickelt und formalisiert werden (vgl. Abschnitt 3).

2.3.1 Die zeitliche Dimension

Das originäre Ziel diffusionstheoretischer Überlegungen liegt in der Vorhersage künftiger Adoptionsdynamiken begründet, die auf der Beobachtung zeitlich wiederkehrender Muster und Gesetzmäßigkeiten beruht (vgl. Schmidt 2009, S. 29, Talke 2005, S. 25). Da der Fokus der Diffusionstheorie auf der aggregierten Analyse einzelner Adoptionsentscheidungen liegt, lassen sich derartige Muster vor allem in den spezifischen Persönlichkeitsprofilen der Innovationsnachfrager beobachten (vgl. Litfin 2000, S. 21). Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass Innovationsnachfrager im sozialen System mit der Adoption von marktlichen Neuerungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten beginnen und dass die Dauer der individuellen Entscheidungsprozesse einer deutlichen Zeitvariation unterliegt (vgl. vom Hofe et al. 2011, S. 100, Roßnagel 2009, S. 24). Die zeitliche Heterogenität in der Adoptionsdynamik kann im Einzelfall sehr unterschiedliche Gründe aufweisen, im Aggregat jedoch zeigen sich auffällige Muster, die sich auf charakteristische Persönlichkeitsunterschiede sowie Differenzen in den sozio-ökonomischen Merkmalen der Nachfragergruppen zurückführen lassen (vgl. Litfin 2000, S. 48). Ausgehend von der Annahme, dass der Zeitpunkt der individuellen Adoption den Grad der Risiko- und Innovationsbereitschaft eines Nachfragers reflektiert, geht die Diffusionsforschung idealtypisch davon aus, dass marktliche Neuerungen zunächst von besonders innovationsfreudigen und risikobereiten Individuen nachgefragt werden (vgl. Schmidt 2009, S. 29, Rogers 2003, S. 280). Nachfrager mit einer geringeren Innovationsbereitschaft hingegen adoptieren Neuerungen vornehmlich in den späten Stadien der marktlichen Diffusion, wenn das Risiko der Adoption ein geringes und für sie akzeptables Niveau erreicht hat (vgl. Weiber 1992, S. 10). Je später sich ein Nachfrager zur Übernahme einer Neuerung entschließt,

desto geringer ist also die Ausprägung seiner individuellen Risikobereitschaft (vgl. Müller 2004, S. 36). Hierbei ist wichtig anzumerken, dass die frühen Innovationsnachfrager Neuerungen allein aus intrinsischer Motivation heraus adoptieren, während die Motivlage der späteren Nachfrager in erster Linie durch sozialen Druck sowie den Wunsch nach Verhaltenskonformität bestimmt wird (vgl. Bass 2004, S. 1834). Dabei gilt: Je mehr Nachfrager sich im Zeitablauf zur Adoption einer bestimmten Innovation entscheiden, desto größer wird der Druck auf die verbleibenden Nachfrager im System, die Neuerung ebenfalls zu adoptieren (vgl. Eckhoff 2001, S. 41 ff., Hofbauer 2004, S. 19 f.).

Formal lässt sich diese selbstverstärkende Adoptionsdynamik mit Hilfe einer Glockenkurve, nachfolgend Adoptionskurve genannt, beschreiben (vgl. Abbildung 9, untere Kurve). Die Adoptionskurve stellt die Adoptionsrate in Abhängigkeit von der Zeit dar und entspricht idealtypisch der Dichtefunktion einer Normalverteilung (vgl. Stoetzer und Mahler 1995, S. 13). Der charakteristische Funktionsverlauf entspricht dabei einer unimodalen, symmetrischen Verteilung (vgl. Schmidt 2009, S. 30). Die Adoptionsrate ist in den Anfangsstadien der marktlichen Diffusion zunächst auf einem geringen Niveau (vgl. Hofbauer 2004, S. 12). Mit voranschreitender Marktdurchdringung der Innovation jedoch wächst die Adoptionsrate stetig an und erreicht bei rund 50 Prozent des Marktpotentials schließlich ihren Maximalwert (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 32). Nach Überschreitung des Adoptionsmaximums weist die Adoptionskurve einen fallenden Verlauf aus, wobei sich die Adoptionsrate nach vollständiger Diffusion der Innovation wieder auf dem ursprünglichen Null-Niveau einpendelt (vgl. Roßnagel 2009, S. 33). Die kumulierte Darstellung aller adoptionsbejahenden Individualentscheidungen der Nachfrager über die Zeit wird als Diffusionskurve bezeichnet (vgl. Abbildung 9, obere Kurve). Im Unterschied zur Adoptionskurve beschreibt die aggregierte Diffusionskurve aus mathematischer Sicht ein beschränktes Wachstum, wobei die Schranke des dargestellten Wachstumsprozesses als absolutes Markt- oder Adoptionspotential definiert wird (vgl. Hofbauer 2004, S. 10 f.). Der Verlauf der Diffusionskurve weist in der Regel einen typischen, S-förmigen Verlauf auf, weshalb die Diffusionskurve in der einschlägigen Fachliteratur auch unter der Bezeichnung S-Kurve bekannt ist (vgl. Rogers 2003, S. 281). Auf Grundlage der soeben skizzierten Adoptions- und Diffusionskurven lassen sich, wie in Abbildung 9 dargestellt, unterschiedliche Adopterkategorien definieren (vgl. Rogers 2003, S. 281). Mit Blick auf die Innovationsbereitschaft der Nachfrager werden im Rahmen der

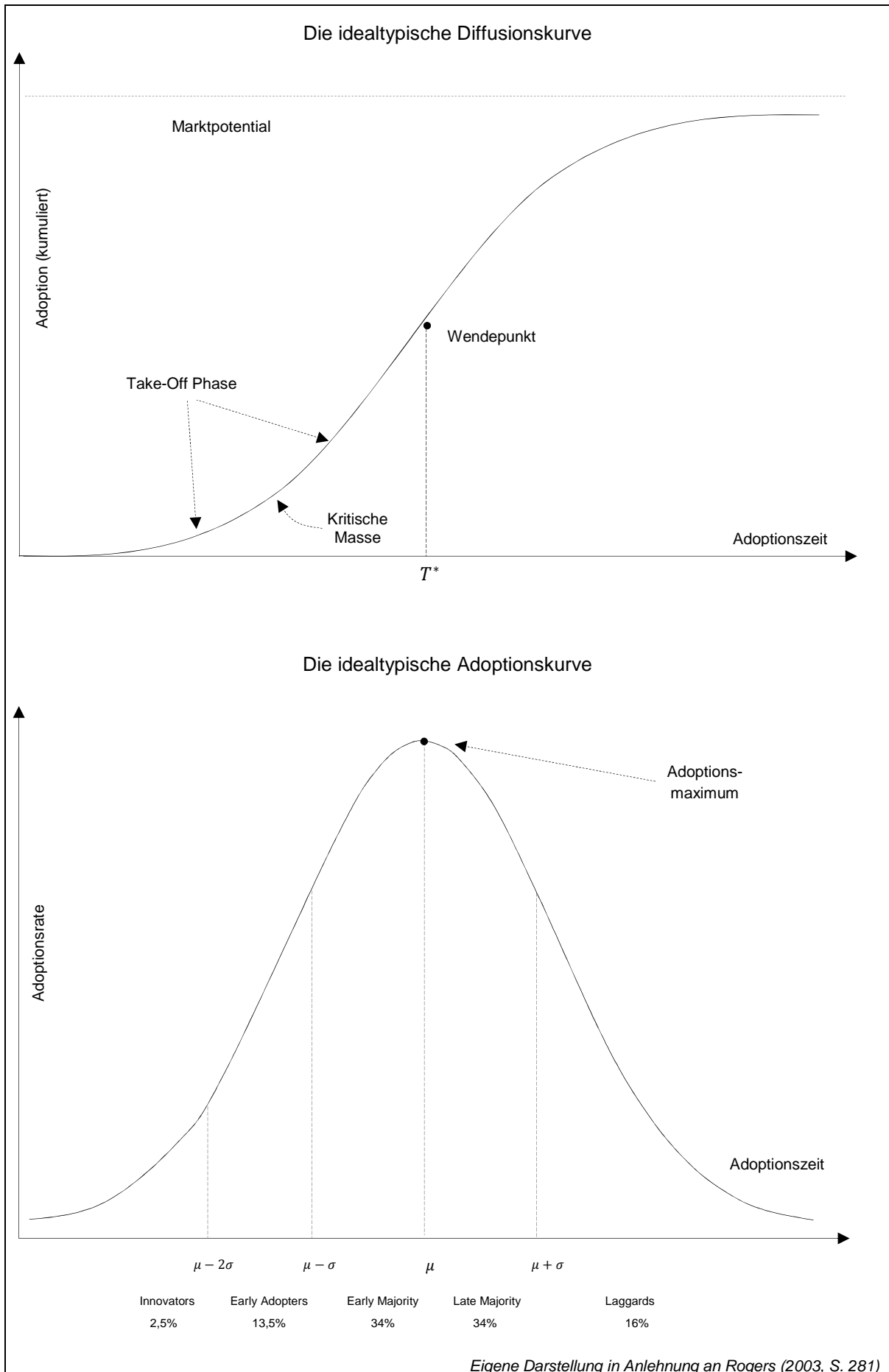


Abbildung 9: Idealisierte Adoptions- und Diffusionskurven

der Diffusionstheorie fünf spezifische Adopterkategorien unterschieden (vgl. Schmidt 2009, S. 30, Müller 2004, S. 35). Diese umfassen die Gruppen der Innovatoren und frühen Adoptoren, die daran anknüpfende frühe und späte Mehrheit sowie die abschließende Gruppe der so genannten Nachzügler (vgl. Rogers 2003, S. 22). Die spezifischen Merkmale der soeben genannten Gruppen sind für das Verständnis von Interaktions- und Kommunikationsdynamiken im sozialen System von großer Bedeutung (vgl. Hofbauer 2004, S. 6 f.). Die einzelnen Adoptergruppen werden im Folgenden deshalb einer genaueren Betrachtung unterworfen.

In der Anfangsphase der marktlichen Diffusion leistet vor allem die Gruppe der Innovatoren einen wesentlichen Beitrag, der über späteren Erfolg oder Misserfolg einer Innovation maßgeblich mitentscheidet (vgl. Kaas 1973, S. 38 ff.). Innovatoren sind kosmopolitisch orientiert und adoptieren marktliche Neuerungen als erste Nachfrager im sozialen System (vgl. Rogers 1963, S. 252). Sie sind gut vernetzt und tragen als Gate-Keeper in besonderer Weise zur Verbreitung von Innovationen bei: „Innovators are more socially integrated within their neighborhoods. They interact with more people; perceive themselves to be more popular; perceive the neighborhood to be more socially oriented; and believe in formal organizations more, although they belong to somewhat fewer“ (Robertson 1967a, S. 28). Um das Risiko der Adoption tragen zu können, verfügen Innovatoren zudem über die hierfür notwendigen finanziellen Ressourcen (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 32). Diese sichern sie im Falle eines marktlichen Scheiterns der Neuerung vor drohenden Innovationsverlusten ab und senken dadurch die individuellen Adoptionsbarrieren der Nachfrager (vgl. Rogers 2003, S. 282). Dabei verfügen Innovatoren grundsätzlich über ein höheres Maß an Unsicherheitstoleranz als alle anderen Nachfragergruppen im sozialen System, das sie über die ungewissen Erfolgsaussichten einer Innovation im frühen Stadium der marktlichen Diffusion hinwegblicken lässt (vgl. Karnowski 2017, S. 21, Roßnagel 2009, S. 34). Ironischerweise werden Innovatoren von ihrem sozialen Umfeld häufig negativ wahrgenommen (vgl. Eckhoff 2001, S. 68 f., Weiber 1992, S. 11). Sie gelten als Träumer oder unzeitgemäße Vordenker, denen das Ausleben ihrer Abenteuerlust wichtiger erscheint als das Streben nach sozialer Anerkennung (vgl. Rogers 1963, S. 252). Aus diesem Grund reicht ihr Einfluss auf das soziale System trotz exponierter Stellung oftmals nicht aus, um einen nachhaltigen, selbsttragenden Diffusionsprozess initiieren zu können (vgl. Bass 2004, S. 1834). Ihre Rolle beschränkt sich daher lediglich auf die Initialzündung der marktlichen Diffusion (vgl. Trommsdorff und

Steinhoff 2013, S. 52). Die proaktive Förderung der Ausbreitung hingegen wird erst durch die nachfolgenden Nachfrageschichten übernommen, insbesondere durch die frühen Adoptoren (vgl. Dressler und Telle 2009, S. 112 ff.).

Im Unterschied zu den exzentrischen Innovatoren ist die Gruppe der frühen Adoptoren besser in das soziale System integriert und genießt in ihrem sozialen Umfeld ein höheres Ansehen (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 32). Dank ihrer guten Sozialstellung besetzen frühe Adoptoren zentrale Positionen in den Kommunikationsnetzwerken des Sozialgefüges und treten deswegen auch häufig als Meinungsführer oder Change Agents auf (vgl. Rogers 2003, S. 283). In ihrer Funktion als Meinungsführer animieren sie dabei weniger innovationsaffine Nachfrageschichten zur Übernahme von marktlichen Neuerungen und beschleunigen damit den Diffusionsvorgang (vgl. Dressler und Telle 2009, S. 113). Je mehr Menschen eine Innovation adoptieren, desto größer wird der soziale Druck auf die verbleibenden Individuen, dem Beispiel der Adoptoren Folge zu leisten (vgl. Karnowski 2017, S. 22). Aus diesem Grund adoptieren nach und nach auch die Mitglieder der frühen und späten Mehrheit die Innovation (vgl. Rafinejad 2007, S. 88 ff.). Diese Gruppen begegnen der Innovation allerdings mit mehr Skepsis und Vorsicht als ihre Vorgänger (vgl. Karnowski 2017, S. 22). Ihre Adoptionsentscheidung spiegelt also in erster Linie ökonomische und rationale Überlegungen wider und ist weniger emotional oder spontan motiviert (vgl. Rogers 2003, S. 283 f.). Die Nachzügler übernehmen eine Innovation schließlich als letzte Gruppe des sozialen Systems (vgl. Roßnagel 2009, S. 35). Nachzügler befinden sich häufig in einer isolierten sozialen Position (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 32). Sie vertreten Minderheitenmeinungen, folgen traditionellen Werten, weisen eine starke Rückwärtsorientierung auf und sind von vornherein skeptisch gegenüber Neuerungen (vgl. Schmidt 2009, S. 28, Müller 2004, S. 36 f.). Das große Misstrauen gegenüber Innovationen lässt sich dabei überwiegend durch die limitierte Ressourcenausstattung der Nachzügler begründen (vgl. Schmidt 2009, S. 28). Durch den Mangel an finanziellen Ressourcen weist die Gruppe der Nachfrager bei der Übernahme von Innovationen ein deutlich erhöhtes Sicherheitsbedürfnis auf (vgl. Karnowski 2017, S. 22). Nachzügler adoptieren daher erst, wenn das marktliche Scheitern der Innovation unwahrscheinlich und das Risiko einer Fehlinvestition minimal wird (vgl. Müller 2004, S. 36 f.).

2.3.2 Die Kommunikation

Aus kommunikationswissenschaftlicher Perspektive kann die Diffusion von Innovationen als eine spezifische Form verbaler und/oder non-verbaler Kommunikation zwischen den handelnden Subjekten eines sozialen Systems verstanden werden (vgl. Mahler und Stoetzer 1995, S. 10). Dabei ist Kommunikation grundsätzlich ein wesentlicher Bestandteil des menschlichen Verhaltens (vgl. Barabási 2003, S. 49 f.). In seinem Streben nach sozialer Interaktion nimmt der Mensch unentwegt am reziproken Austausch von Informationen teil (vgl. Hofbauer 2005, S. 25). Dabei tauscht er bewusst oder unbewusst auch jene Informationen aus, die zur marktlichen Diffusion von Innovationen beitragen können (vgl. Hofbauer 2005, S. 24). Die für die Adoption einer marktlichen Neuerung relevanten Informationen können im sozialen System über unterschiedliche Kommunikationskanäle übermittelt werden (vgl. Rogers und Shoemaker 1971, S. 251). Die Diffusionsforschung unterscheidet hierbei häufig zwischen massenmedialer und persönlicher Kommunikation (vgl. Rogers und Shoemaker 1971, S. 251). Massenmediale Kommunikation über Rundfunk-, Internet- oder Printmedien eignet sich besonders, um die Aufmerksamkeit der Nachfrager zu wecken und ein erstes Bewusstsein für das Vorhandensein der Innovation zu schaffen (vgl. Schulz 1972, S. 50). Massenmedien verfügen dabei über eine hohe Reichweite und können daher einen starken Einfluss auf die Bildung von Meinungstendenzen im Diffusionsprozess nehmen (vgl. Ebermann 2017, S. 51). Auch wenn massenmediale Kommunikation in der Frühphase der marktlichen Diffusion eine durchaus wichtige Aufklärungs- und Informationsrolle übernimmt, ist ihr Einfluss auf die Adoptionswahrscheinlichkeit dennoch wenig effektiv (vgl. Rogers 2003, S. 205 f., Mahler und Stoetzer 1995, S. 11). Eine weitaus größere Wirkung auf die Nachfrager hingegen entfaltet die persönliche Kommunikation, die in der Forschung auch häufig synonym als interpersonelle oder zwischenmenschliche Kommunikation betitelt wird (vgl. Höflich 2016, S. 17). Im Vergleich zu massenmedialer Kommunikation, die Informationen immer nur in eine Richtung vom Sender an den Empfänger adressiert, weist die persönliche Kommunikation den entscheidenden Vorteil der Bidirektionalität auf (vgl. Rogers und Shoemaker 1971, S. 251 ff.). Alle in den Kommunikationsprozess integrierten Subjekte können also zugleich Sender und Empfänger von Informationen sein (vgl. Mann 2009, S. 103). Der bidirektionale Charakter ist dabei für die Verbreitung von marktlichen Neuerungen von großer Bedeutung, weil er Möglichkeiten für

Rückkopplungen und gezielte Informationsanfragen eröffnet und die Kommunikationspartner aktiv in den Austausch von Informationen einbindet (vgl. Mann 2009, S. 103). Die meinungsbildende Beeinflussung durch persönliche Kommunikation wurde in vielen kommunikationswissenschaftlichen Studien als treibende Kraft im Diffusionsprozess identifiziert (vgl. zum Beispiel Friestad und Wright 1994, Leonard-Barton und Deschamps 1988, Myers 1972, Schramm 1963, Katz 1957, Katz und Lazarsfeld 1957, Merton 1957). Die manipulative Wirkung durch persönliche Kommunikation ist allerdings nicht bei allen Individuen im sozialen System gleichermaßen effektiv (vgl. Müller 2004, S. 31). Einige Menschen genießen aufgrund ihrer sozialen Stellung oder fachlichen Qualifikation eine höhere Glaubwürdigkeit und Reputation, so dass ihre Empfehlungen auf deutlich mehr Vertrauen und Zustimmung stoßen als die Meinungen anderer Individuen im System (vgl. Lewin 1947, S. 143). Eine besonders starke Wirkung auf die Meinungsbildung entfaltet nachweislich die Gruppe der so genannten Meinungsführer (vgl. Rogers 2003, S. 300). Wie keine andere soziale Gruppe verfügen Meinungsführer über weitläufige Kontakte, die sie als Informationsbroker nutzen, um größere Brücken zwischen peripheren und zentralen Bereichen von Kommunikationsnetzwerken zu schlagen (vgl. Burt 1999, S. 37). Ihre überlegene Stellung im sozialen Beziehungsgeflecht verschafft Meinungsführern zudem deutliche Informationsvorsprünge, die sie als Informationsintermediäre zur Beeinflussung ihres sozialen Umfelds einsetzen können, um Verhaltensänderungen der ihnen nahestehenden Individuen zu bewirken (vgl. Dressler und Telle 2009, S. 117).

Die Grenzen eines sozialen Systems stellen in der Regel natürliche Kommunikationsbarrieren dar, die Innovationsnachfrager verschiedener sozialer Systeme aufgrund von sprachlichen oder kulturellen Differenzen von einer direkten, grenzübergreifenden Kommunikation abhalten (vgl. Debus 2002, S. 57). Wie jedes natürliche System weist allerdings auch das soziale System keine völlig von der Außenwelt isolierte Struktur auf (vgl. Sedlacek 2010, S. 13). Tatsächlich können die Grenzen sozialer Systeme einen hohen Grad an Durchlässigkeit aufweisen, was eine Beeinflussung der systeminternen Kommunikationsdynamiken durch Informationsemittenten von außen ermöglicht (vgl. Rogers 2003, S. 207). Um interne und externe Informationsquellen strukturiert unterscheiden zu können, hat sich in der Diffusionsforschung die Differenzierung zwischen lokalen und kosmopolitischen Quellen etabliert (vgl. Rogers 2003, S. 207, Merton 1948, S. 180). Während lokale Informationsemittenten Teil des sozialen Systems sind, befinden sich kosmopolitische Informations-

quellen außerhalb des Systems (vgl. Ebermann 2017, S. 59). Diese Informationsquellen ermöglichen also den Informationsfluss über die Grenzen lokaler Kommunikationsnetzwerke hinweg und besitzen zudem das Potential, die Informationsvielfalt lokal gebundener und daher in ihren Möglichkeiten der Informationsbeschaffung limitierter Netzwerke, zu erweitern (vgl. Rogers 2003, S. 207). Sie erfüllen damit eine wichtige Brückenfunktion, indem sie segregierte Märkte verbinden und den Austausch zwischen unterschiedlichen sozialen Gruppen fördern (vgl. Ebermann 2017, S. 59).

2.3.3 Das soziale System

„It is unthinkable to study diffusion without some knowledge of the social structure in which potential adopters are located as it is to study blood circulation without adequate knowledge of the veins and arteries“
(Katz 1961, S. 72).

Das soziale System lässt sich als eine Menge miteinander verbundener Einheiten begreifen, die zur Erreichung eines gemeinsamen Ziels oder zur Lösung eines gemeinsamen Problems zusammenwirken (vgl. Rogers 2003, S. 23). Als Einheiten lassen sich im Sinne dieser Definition einzelne Individuen, Gruppen, Organisationen oder ganze Subsysteme wie das politische oder wirtschaftliche System auffassen (vgl. Müller 2004, S. 26). Die einzelnen Elemente oder Akteure des sozialen Systems lassen sich dabei eindeutig voneinander differenzieren, weil sie für sich genommen unterscheidbare Eigenheiten im Kommunikations- und Interaktionsverhalten aufweisen (vgl. Ebermann 2017, S. 77 f.). Auch wenn die Kenntnis der individuellen Interaktionsmuster eine gewisse Vorhersagbarkeit der Adoptionsdynamik im System erlaubt, verhalten sich soziale Systeme dennoch in ihrer Ganzheit qualitativ anders als die Summe ihrer Elemente in der isolierten Betrachtung (vgl. Beushausen 2002, S. 37). Die Funktionsweisen sozialer Systeme sind komplex, weil sie von einer nicht trivialen Eigendynamik sowie der Fähigkeit zur ständigen Anpassung und Veränderung ihrer Tiefenstrukturen bestimmt werden (vgl. Ulrich und Probst 1995, S. 58). Das Verhalten sozialer Systeme lässt sich aus diesem Grund nicht ohne weiteres planen, berechnen oder vorausschauen (vgl. Woll 1994, S. 177). Ein System ist „ein dynamisches Ganzes, das als solches bestimmte Eigenschaften und Verhaltensweisen besitzt. Es besteht aus Teilen, die so miteinander verknüpft sind, dass kein Teil

unabhängig ist von anderen Teilen und dass das Verhalten des Ganzen beeinflusst wird vom Zusammenwirken aller Teile“ (Ulrich und Probst 1995, S. 30). Durch die beständige Wechselwirkung zwischen den Teilen des Systems und der systemischen Ganzheit bildet sich ein charakteristisches Interaktionsmuster im System heraus, die sich nicht auf die Eigenschaften der Systemeinzelteile zurückführen lässt (vgl. Ulrich 1989, S. 188).

Trotz hoher Komplexität in der Eigendynamik verhalten sich soziale Systeme allerdings dennoch nicht beliebig, sondern bilden sinnhafte Ordnungs- und Verhaltensstrukturen aus (vgl. Köster und Kruse 2012, S. 265). In Analogie zu biologischen Zellsystemen, die sich zum Schutz vor schädlichen Umwelteinflüssen mit einer schützenden Außenhülle umgeben, grenzen sich auch soziale Systeme eindeutig gegenüber ihren Umwelten ab (vgl. Sedlacek 2010, S. 13). Die Existenz sozialer Systeme stellt dabei eine direkte Folge dieser Abgrenzung dar: Soziale Systeme existieren also nur dank ihrer Umwelten und sind in ihrer Existenz zugleich strukturell auf diese ausgerichtet (vgl. Ahrweiler und Pyka 2015, S. 857). Die Abgrenzung gegenüber der Außenwelt ist aus systemtheoretischer Perspektive als operative Grenzziehung zu verstehen, die sich aus dem Zusammenspiel von systemimmanenten Interaktions- und Kommunikationsmustern herausbildet (vgl. Pfeffer 2017, S. 50). Die auf Basis von Kommunikation geführte Innen-Außen-Differenzierung sozialer Systeme erzeugt im Systeminneren einen Zustand stabiler Ordnung, der auf lange Sicht hin zur Beständigkeit und zum Erhalt des Systems in seiner Ganzheit beiträgt (vgl. Preyer 2012, S. 121). Die strukturelle Ordnung verleiht dem System dabei eine gewisse Widerstandsfähigkeit und spendet seinen Systemmitgliedern Orientierungs- und Verhaltenssicherheit (vgl. Kirchhoff 2015, S. 98). Nach Luhmannscher Interpretation lassen sich soziale Systeme auch als komplexe Ausdrucksformen für Sinnzusammenhänge begreifen (vgl. Beushausen 2016, S. 45). Als strukturierte Beziehungsgefüge sind soziale Systeme in der Lage, die Komplexität der zwischenmenschlichen Interaktion sinnhaft zu orientieren (vgl. Henecka 2000, S. 138). Da die Umwelt sozialer Systeme stets komplexer erscheint als ihre innere Struktur, suchen Systeme stets nach Möglichkeiten, die äußeren Komplexitäten ihrer Umwelten in einer minderkomplexen Weise nach innen abzubilden (vgl. Luhmann 1984, S. 92 ff.). Die System-Umwelt-Differenz gestaltet also das Dasein sozialer Systeme als permanentes Wechselspiel von Selektion und Reduktion äußerer Komplexität mittels Sinn (vgl. Rörig 2006, S. 84).

2.3.3.1 Das soziale System aus der Netzwerkperspektive

Wie lebende Organismen zeichnen sich auch soziale Systeme über autopoietische Merkmalszüge aus (vgl. Maturana und Varela 1987, S. 56, Luhmann 1984, S. 43). Sie unterliegen komplexen Prinzipien der rekursiven Selbstorganisation, die in Summe mannigfaltig zur Erhaltung des Gesamtsystems zusammenwirken (vgl. Reese-Schäfer 2016, S. 350). Soziale Systeme befinden sich dabei in einem immerwährenden Prozess der Reproduktion ihrer selbst (vgl. Rörig 2006, S. 84). Sie nehmen ihre Umwelt selektiv wahr und integrieren von außen nur das, was ihnen zur Reproduktion von bereits vorhandenen Strukturen und Mustern notwendig erscheint (vgl. Luhmann 2018, S. 13). Ihre selektive Wahrnehmungsweise können sie dabei nicht grundlegend ändern, ohne zugleich auch ihre spezifische Identität zu verlieren (vgl. Pillkahn 2011, S. 105). Soziale Systeme sind also in ihrer Evolution an feste Entwicklungspfade gebunden, die sie nicht ohne weiteres verlassen oder überwinden können: „Sie entwickeln ihre eigene, pfadabhängige Geschichte, erfüllen aber keine historische Mission“ (Welskopp 2014, S. 68). Bei der Reproduktion ihrer systemischen Strukturen beziehen sich soziale Systeme dabei ausschließlich auf sich selbst (vgl. Rörig 2006, S. 84). Sie entwickeln spezifische Strukturelemente, die sich aufeinander beziehen, sich ergänzen oder ineinander überführen lassen (vgl. Welskopp 2014, S. 68). Die immerwährende Erneuerung ihrer Struktur stellt also einen selbstreferentiell geschlossenen Prozess der Erzeugung immer gleicher Handlungs- und Kommunikationsmuster aus sich selbst heraus dar (vgl. Kneer und Nassehi 1993, S. 69). Die Regelmäßigkeit dieser Reproduktion eröffnet den Raum für die Genese von nachrangigen Strukturen innerhalb des Systems, die von Systemtheoretikern häufig als soziale Beziehungs- oder Affiliationsnetzwerke konzipiert werden (vgl. Mützel und Fuhse 2010, S. 20). Netzwerke können in diesem Sinne als strukturelle Gebilde aufgefasst werden, in denen Kommunikation entstehen, sich stabilisieren und verändern kann (vgl. Fuhse 2011, S. 31). Soziale Netzwerke entstehen dabei selbst als Sinnstrukturen aus der Logik systemischer Kommunikationsprozesse heraus, indem Kommunikation als Handeln auf personale Identitäten zugerechnet wird (vgl. Fuhse 2009, S. 288). Netzwerke formen „die gemeinsame Wirklichkeit der im Netzwerk Agierenden, die wiederum durch ihre Interaktion diese Netzwerkwirklichkeit formen. [...] Medium und Impuls [...] ist die Kommunikation durch die schlussendlich Netzwerke zusammengehalten werden“ (Morath 2002, S. 27).

Die Konzeption von Netzwerken hat in der Systemforschung eine lange Tradition, gleichwohl stellt die Interpretation der Netzwerke als eigenständiges Denkparadigma eine relativ neue Entwicklung in der Forschungsliteratur dar (vgl. Scott 2013, S. 11 ff., Jansen 2003, S. 37 ff.). Aus heutiger Sicht genießt das Netzwerkparadigma in vielen Teilbereichen der wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Forschung ein besonders starkes Interesse, weil das neue Netzwerkkonzept Möglichkeiten eröffnet, die soziologische Systemlehre mit dem vor allem im wirtschaftswissenschaftlichen Kontext vorherrschendem, relationalem Systemverständnis zu vereinen (vgl. Fuhse 2009, S. 288). Als multiperspektivischer Ansatz löst die Netzwerkperspektive damit einen lang schwelenden Konflikt zwischen den Vertretern einer eher voluntaristisch geprägten Individualsicht und den Verfechtern eines am Determinismus orientierten Systemverständnisses (vgl. Morath 2002, S. 21). Soziale Netzwerke werden in der Forschung also bewusst als theoretische Bindeglieder konzipiert, die eine akteursbasierte Individualbetrachtung mit der Analyse systemischer Strukturen im makroskopischen Aggregat verbinden und verknüpfen lassen können (vgl. Schubert 1994, S. 20). Das Netzwerkkonzept schließt somit den weiten Bogen um die konzeptionelle Lücke zwischen strukturellem Rahmen des Systems und dem individuellen Handeln des einzelnen Akteurs (vgl. Schenk 1984, S. 11). Auf konzeptioneller Ebene können Netzwerke auch als Mikro-Makro-Scharniere des Systems aufgefasst werden, weil sie als strukturelle Instanzen fungieren, über die systemische Werte und Normen, aber auch die gruppen- und milieuspezifischen Verhaltenserwartungen an die individuellen Handlungsakteure weitergegeben werden (vgl. Weyer 2000, S. 239).

Da der Netzwerkbegriff im Wesentlichen durch die Kriterien der empirischen Zugänglichkeit und methodischen Beherrschbarkeit bestimmt wird und keine theoretische Vorbelastung aufweist, erscheint seine Verwendung in vielen theoretischen Kontexten weitgehend unproblematisch (vgl. Holzer und Schmidt 2009, S. 228). Die in der Forschungsliteratur häufig benutzte Netzwerkmetapher trifft dabei selbst keine theoretische Aussage und ist in ihrem Wesenskern frei von jedweder Theoriekonnotation (vgl. Morath 2002, S. 21). Aus diesem Grund wird der Netzwerkbegriff in der Forschungsliteratur häufig einfach nur intuitiv verwendet, um auf eine irgendwie geartete, relationale Struktur zwischen sozialen Einheiten aufmerksam zu machen, ohne jedoch eine theoretische Begründung für die Entstehung und Funktionsweise des Netzwerks liefern zu müssen (vgl. Holzer und Schmidt 2009, S. 228). Als Erklärungsansatz spielen soziale Netzwerke auch bezogen auf die betriebswirtschaftliche

Autor / Jahr	Definitionsansätze
	A social network is ...
Merrill und Hripcsak (2008, S. 780)	„[...] a group of collaborating (or competing) entities that have some type of relationship and interact within a shared environment often referred to as a community”
Wasserman und Faust (2008, S. 20)	„[...] a finite set or sets of actors and the relation or relations defined on them. The presence of relational information is a critical and defining feature of a social network”
Lea (2006, S. 121)	„[...] a set of people, organizations, or other social entities, connected by a set of socially meaningful relationships, such as friendship or co-working or information exchange, and interactions to better achieve desired outcomes, by sharing expertise, resources, and information“
Chatters und Taylor (2005, S. 524)	„[...] the collections of relationships that surround individuals, are described in terms of characteristics such as size, homogeneity, proximity, and reciprocity“
Lehmann (2005, S. 372)	„[...] a set of persons who are connected by social relations”
Rogers (2003, S. 23)	„[...] a set of interrelated units engaged in joint problem solving to accomplish a common goal”
Castilla et al. (2000, S. 219)	„[...] a set of nodes or actors (persons or organizations) lined by social relationships or ties of a specified type“
Ibarra (1993, S. 59)	„[...] the set of relationships defined by an individual and his or her direct contacts with others“
Milardo (1988, S. 20)	„[...] a collection of individuals who know and interact with a particular target individual or couple“
Knoke und Kuklinski (1982, S. 12)	„[...] specific type of relation linking a defined set of persons, objects or events“
Laumann et al. (1978, S. 458)	„[...] a set of nodes (e.g., persons, organizations) linked by a set of social relationships (e.g., friendship, transfer of funds, overlapping membership) of a specified type“
Mitchel (1969, S. 2)	„[...] a specific set of linkages among a defined set of persons, with the additional property that the characteristics of these linkages as a whole may be used to interpret the social behavior of the persons involved“
Speck und Rueveni (1969, S. 182)	„[...] group of persons who maintain an ongoing significance in each other's lives by fulfilling specific human needs“

Tabelle 3: Ausgewählte Definitionen sozialer Netzwerke

Adoptions- und Diffusionstheorie eine wichtige Rolle: „[...] in many cases adoption is better accounted for as a network based decision [...]“ (Wejnert 2002, S. 306). Der Begriff des sozialen Netzwerks ist in der betriebswirtschaftlichen Diffusionsforschung allerdings, trotz immer größer werdender Popularität in der Verwendung, nach wie vor nicht einheitlich definiert (vgl. Tabelle 3). Die bisher geführten Abgrenzungsversuche weisen jedoch alle eine konzeptionelle Gemeinsamkeit auf, indem sie die Bedeutung von sozialen Relationen als strukturbildende Elemente sozialer Netzwerke hervorheben (vgl. unter anderem Merrill und Hripcsak 2008, S. 780, Wassermann und Faust 2008, S. 20, Lea 2006, S. 121). Netzwerke werden nach diesem relationalem Verständnis also erst durch die Interaktion spezifischer individueller oder organisationaler Akteure konstituiert, sie existieren daher nicht trotz oder ohne Akteure, sondern nur durch sie (vgl. Morath 2002, S. 25).

Aus pragmatischen Überlegungen heraus fassen einige Autoren den Netzwerkbegriff auch synonym zum sozialwissenschaftlichem Systembegriff auf (vgl. Wiedemer 2007, S. 78, Morrath 2002, S. 19, Sydow 1992, S. 75). Beide Begriffe bezeichnen eine Form von organisierter Komplexität: „[Sie] beziehen sich auf den Sachverhalt, dass Elemente in selektiver Weise miteinander verknüpft werden – und zwar so, dass die Realisierung einiger (und das Ausbleiben anderer) Verknüpfungen einem bestimmten Muster oder Strukturierungsprinzip folgt“ (Holzer und Fuhse 2010, S. 313). Für die Analyse von Diffusionsprozessen erachtet auch Rogers dieses grundlegende Ordnungs- und Strukturierungsprinzip sozialer Netzwerke als essentiell (vgl. Rogers 2003, S. 23 f.). Stabile soziale Strukturen, formellen oder informellen Charakters, spiegeln Regelmäßigkeiten und Muster von menschlichen Handlungen wider und erlauben somit ihre Vorhersagbarkeit (vgl. Schmidt 2009, S. 29). Sie helfen, die Komplexität des realen Sozialgefüges zu reduzieren, indem sie bestimmte Ereignisse, Verbindungen oder Transaktionen wahrscheinlicher erscheinen lassen als andere (vgl. Holzer und Fuhse 2010, S. 314). Da sich die Tiefenstrukturen eines sozialen Systems nicht direkt beobachten lassen, bezieht sich der Strukturbegriff in diesem Kontext auf die Realisierung sozialer Interaktionen, zum Beispiel in Form eines Informations- oder Ressourcenaustauschs zwischen den Akteuren (vgl. Fuhse 2011, S. 31 ff.). Die Beziehungen zwischen den Entitäten eines sozialen Netzwerks stellen somit Manifestationen sozialer Interaktionen dar, die sich entweder direkt beobachten oder zumindest indirekt erschließen und rekonstruieren lassen (vgl. Holzer und Fuhse 2010, S. 314).

2.3.3.2 Ordnungsprinzipien sozialer Netzwerke

Auch wenn die Entstehung sozialer Netzwerke keinem übergeordneten Masterplan unterliegt, bildet sich ihre Struktur dennoch nicht völlig zufällig aus, sondern folgt in ihrer Genese bestimmten Ordnungs- und Regulierungsprinzipien (vgl. Welskopp 2014, S. 68, Köster und Kruse 2012, S. 265). Eines dieser Prinzipien, das die Interaktion innerhalb sozialer Netzwerke grundlegend regelt, wird durch das so genannte Homophilie-Konzept zum Ausdruck gebracht (vgl. McPherson et al. 2001, S. 415 ff.). Lazarsfeld und Merton (1954, S. 23) definieren Homophilie als „[...] tendency for friendships to form between those who are alike in some designated respect.“ Als soziale Wesen tendieren alle Menschen dazu, Kontakt zu anderen Mitmenschen mit ähnlichen Wertvorstellungen, Lebensauffassungen und sozialen Charakteristika wie Geschlecht, Alter, Religiosität oder Ethnizität zu bevorzugen (vgl. Cohen 1977, S. 227 ff.). Frei nach dem Motto: „Gleich und Gleich gesellt sich gern“, suchen Menschen dabei bewusst oder unbewusst die Nähe von Gleichgesinnten (vgl. Yavas und Yücel 2014, S. 354). „Clustering in society is something we understand intuitively. Humans have an inborn desire to form cliques and clusters that offer familiarity, safety, and intimacy“ (Barabási 2003, S. 49 f.). Homophilie wurde in einer Vielzahl von empirischen Studien als das charakteristische Strukturelement menschlicher Interaktion schlechthin nachgewiesen (vgl. McPherson et al. 2001, S. 416 f.). Das häufige Vorkommen homophiler Sozialstrukturen hat aus diffusionstheoretischer Sicht einen einfachen Grund: Homophile Netzwerke fördern die Effektivität menschlicher Interaktions- und Kommunikationsprozesse (vgl. Rogers und Bhowmik 1970, S. 523 ff.). Die zwischenmenschliche Interaktion fällt beispielsweise deutlich leichter, wenn die Kommunikationspartner eine gemeinsame Sprache sprechen, ähnliche Meinungen und Überzeugungen vertreten oder die gleichen Interessen teilen (vgl. Rogers 2003, S. 305 f.). Kommunikation unter Gleichgesinnten beugt dabei Missverständnissen vor und hilft, kognitive Dissonanzen der am Informationsaustausch beteiligten Individuen zu reduzieren (vgl. Ebermann 2017, S. 60). Auch wenn die Diffusionsforschung insgesamt zu einer eher positivistischen Sicht auf das Homophilie-Phänomen tendiert, lassen sich die Auswirkungen homophiler Netzwerkstrukturen tatsächlich jedoch nicht eindeutig als positiv oder negativ identifizieren (vgl. Yavas und Yücel 2014, S. 355). Auf der einen Seite wirken sich homophile Strukturen förderlich auf den Diffusionsprozess aus, weil sie durch die enge Bindung und Kontaktintensität der Indivi-

duen das Erreichen einer kritischen Masse im Netzwerk begünstigen (vgl. DiMaggio und Garip 2011, S. 1887 ff.). Auf der anderen Seite jedoch neigen homophile Netzwerke zu einer ausgeprägten Cluster- und Cliquesbildung, so dass Neuerungen zwar innerhalb dieser Cliques eine schnelle Ausbreitung erfahren, bei der Diffusion im Gesamtnetz jedoch aufgrund fehlender Brückenkontakte zwischen den Clustern deutlich ausgebremst werden können (vgl. Centola 2010, S. 1269 ff.).

Die Organisation in homogene Gruppen birgt für die einzelnen Individuen viele Vorteile, sie lässt aber auch abgeschottete Informationspools entstehen, die für den Informationsfluss innerhalb sozialer Netzwerke hinderlich sein können (vgl. Yavas und Yücel 2014, S. 359). Da die Zugänge zu derartigen Informationspools für Außenstehende begrenzt sind, kommt Kontaktpersonen, die unterschiedliche soziale Gruppen miteinander verbinden, bei der Diffusion von Innovationen eine wichtige Rolle als so genannte Boundary Spanner (Tushman 1977, S. 587), Gatekeeper (vgl. White 1950, S. 383, Lewin 1947, S. 143) oder Informationsbroker zu (vgl. Burt 1992, S. 65). Boundary Spanner schlagen Brücken zwischen zentralen und peripheren Bereichen eines Netzwerks; damit verbinden sie unterschiedliche soziale Gruppen miteinander und tragen zur vertikalen Vernetzung innerhalb des sozialen Systems bei (vgl. Tushman 1977, S. 590). Aufgrund ihrer verbindenden Funktion stellen Boundary Spanner einen wichtigen Bestandteil des sozialen Netzwerks dar: „They are the thread of society, smoothly bringing together different races, levels of education, and pedigrees“ (Barabási 2003, S. 56). Als Brückenkontakte leisten Boundary Spanner also insgesamt einen wichtigen Beitrag für den Transfer von Informationen innerhalb des sozialen Systems (vgl. Bergenholtz 2011, S. 74). Sie agieren in sozialen Netzwerken jedoch nicht ausschließlich als Wissens- oder Informationsintermediäre, sondern können auch als Vermittler in besonderer Weise die Vertrauensbildung im Netzwerk katalysieren und somit die Austauschintensität zwischen weit entfernten Bereichen im Netzwerk erhöhen (vgl. Williams 2002, S. 111). Da sie zudem als interne Außenposten eines Netzwerks wahrgenommen werden, wirkt die Grundhaltung von Boundary Spannern in gewisser Weise ins Netzwerk zurück (vgl. Bensmann 2018, S. 98). Sie wirkt blockierend, wenn der Boundary Spanner als machtbewusster Gatekeeper agiert, der den Informationsfluss selektiv und manipulativ regelt und wirkt öffnend, wenn der Boundary Spanner seine soziale Position nutzt, um Verbindungen zwischen den ansonsten isolierten Netzakteuren zu schlagen (vgl. Bensmann 2018, S. 98).

2.3.3.3 Analyseebenen sozialer Netzwerke

Wie die vorangegangene Diskussion deutlich macht, lassen sich bei der Untersuchung sozialer Netzwerke unterschiedliche Analyseebenen identifizieren (vgl. Jansen 2003, S. 58). Im Groben können hierbei mindestens zwei Betrachtungsebenen unterschieden werden: Eine individualistische Akteursebene sowie eine aggregierte Systemebene, wobei die Grenze zwischen den beiden nicht immer eindeutig und trennscharf gezogen werden kann (vgl. Metz 2017, S. 210 f.). Die makroskopische Betrachtung geht im Rahmen der Netzwerkanalyse fließend in eine mikroskopische Betrachtung über (vgl. Morath 2002, S. 24). Das soziale Aggregat im Sinne einer systemischen Betrachtung kann grundsätzlich als ein globales Netzwerk konzipiert werden (vgl. Latour 1996, S. 371 f.). Dieses lässt sich wiederum je nach Forschungsfokus in eine Vielzahl von kleineren Teilnetzwerken unterteilen (vgl. Morath 2002, S. 24). Die Netzwerkanalyse durchbricht also die klassische Mikro-Makro-Differenzierung der wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Forschung und definiert ein völlig eigenständiges Denkparadigma (vgl. Aderhold 2004, S. 128). Obwohl der Netzwerkforschung als Brückenperspektive großes theoretisches Potential zugesprochen werden kann, beschränken sich viele netzwerktheoretische Ansätze in ihrer Analyse trotzdem nur auf kleinräumige Strukturen (vgl. Metz 2017, S. 210). Sie fokussieren sich zum Beispiel auf die Identifikation und Beschreibung einzelner, für das Funktionieren des Netzwerkes besonders wichtiger Knotenpunkte (zum Beispiel Boundary Spanner) oder richten ihr Augenmerk auf die Analyse dyadischer und triadischer Interaktionen zwischen ausgewählten Knoten (vgl. Jansen 2003, S. 60 ff., Pappi 1987, S. 129 ff.). Nicht selten werden im Rahmen dieser fokussierten Betrachtung auch Netzwerkpositionen der untersuchten Akteure an ihre individuellen Attribute oder Verhaltensweisen geknüpft sowie die mit der Position im Netzwerk verbundenen Potentiale unter Gesichtspunkten wie Macht, Reputation oder Einfluss beleuchtet (vgl. Metz 2017, S. 210). Eine ähnliche Zielsetzung verfolgen auch Positionsanalysen, die auf ausgewählte Netzwerkareale mit dichten und losen Verknüpfung eingehen (vgl. Aderhold 2004, S. 122), strukturelle Löcher im Netzwerk untersuchen (vgl. Burt 2015, S. 149 ff., Burt 2007, S. 119 ff., Burt 2004, S. 349 ff.) und das damit verbundene Brokerage-Potential näher beleuchten (vgl. Metz 2017, S. 210). Die beschränkte Sicht auf ausgewählte Netzwerkareale wird der komplexen Wirklichkeit von sozialen Netzwerken allerdings nicht vollständig gerecht (vgl. Weyer 2014,

S. 60 ff.). Wie vor allem Vertreter einer relationalen Perspektive häufig kritisieren, findet das individuelle Handeln einzelner Akteure nicht völlig isoliert und abgeschottet statt, sondern spielt sich vielmehr eingebettet in größere soziale Strukturen des Gesamtsystems ab (vgl. Granovetter 1992, S. 53 ff., Schenk 1984, S. 11). „Die Grundeinheit des Sozialen ist weder der Handelnde allein noch die Beziehung zwischen zwei Handelnden, sondern gerade die Dualität von Handelndem und Beziehung“ (Holzer und Schmidt 2009, S. 233). Der Schlüssel zum Verständnis soziologischer Vorgänge liegt also im Spannungsfeld zwischen den individuellen Interaktionsprozessen und den komplexen Wechselwirkungen dieser Interaktionen mit dem Rest des sozialen Netzwerks begründet (vgl. Granovetter 1985, S. 487). Eine zu starke Konzentration auf mikroskopische Interaktionsprozesse im Netzwerk kann dazu führen, dass systemische Prozesse der Genese und Reproduktion sozialer Strukturen völlig aus dem Blickfeld verloren werden (vgl. Weyer 2000, S. 238). Aber auch die Betrachtung von Netzwerken aus einem zu aggregierten Blickwinkel heraus kann Gefahr laufen, die Binnendifferenzierung der Individuen im Netzwerk zu vernachlässigen und die Heterogenität der sozialen Akteure übermäßig zu vereinfachen (vgl. Aderhold 2004, S. 128).

2.3.3.4 Strukturkomplexitäten sozialer Netzwerke

Auf der Ebene ganzer Netzwerke sind Fragen nach den grundlegenden Organisations- und Strukturierungsprinzipien von Netzwerken angesiedelt (vgl. Metz 2017, S. 211). Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen allerdings keine Teilmengen von größeren Sozialstrukturen, sondern komplette soziale Netzwerke (vgl. Jansen 2003, S. 66 ff.). Solche Gesamtnetzwerke werden in der Forschung als komplexe Netzwerke charakterisiert (vgl. Boccaletti et al. 2006, S. 175 ff.). Komplexe Netzwerke zeichnen sich im Wesentlichen durch ihr unvorhersehbares Verhalten aus (vgl. Strogatz 2001, 268 ff.). Die Reaktion dieser Netzwerke auf bestimmte innere und äußere Stimuli kann also nicht und wenn, dann nur bedingt, aus dem Wissen über die Funktionsweisen ihrer Einzelelemente abgeleitet werden (vgl. Albert und Barabási 2002, S. 47). Diese Eigenschaft lässt sich in erster Linie auf die nicht trivialen Topologien komplexer Netzwerke zurückführen (vgl. Albert und Barabási 2000, S. 5234 ff.). Die Beziehungsstruktur in solchen Netzwerken folgt nämlich nur beschränkt regulären

Ordnungsprinzipien (vgl. Wang und Chen 2003, S. 6 ff.). Einerseits zeigen die Verbindungen in komplexen Netzwerken regelhafte, durch Prozesse der Selbstorganisation hervorgebrachte Muster (vgl. Luhmann 1995, S. 410.). Gleichzeitig aber tragen auch diese regulären Strukturen selbst als Ergebnisse indeterminierter Netzwerkprozesse einen Zufallscharakter, so dass eine ganz konkrete Realisierung der Netzwerkstruktur auch bei Kenntnis aller Startparameter nicht mit Sicherheit vorausbestimmt werden kann (vgl. Albert und Barabási 2002, S. 47). Wie in Abbildung 10 dargestellt, streben komplexe Netzwerke einerseits nach Regelhaftigkeit und Ordnung, unterliegen aber andererseits in ihrer Strukturgenese stochastischen Einflüssen. Komplexe Netzwerke entstehen daher im Spannungsverhältnis zwischen Regelmäßigkeit und Zufall, was sich schlussendlich auch in ihrer zwischen diesen beiden Extremen liegenden Organisationsstruktur wiederfinden lässt (vgl. Abbildung 10).

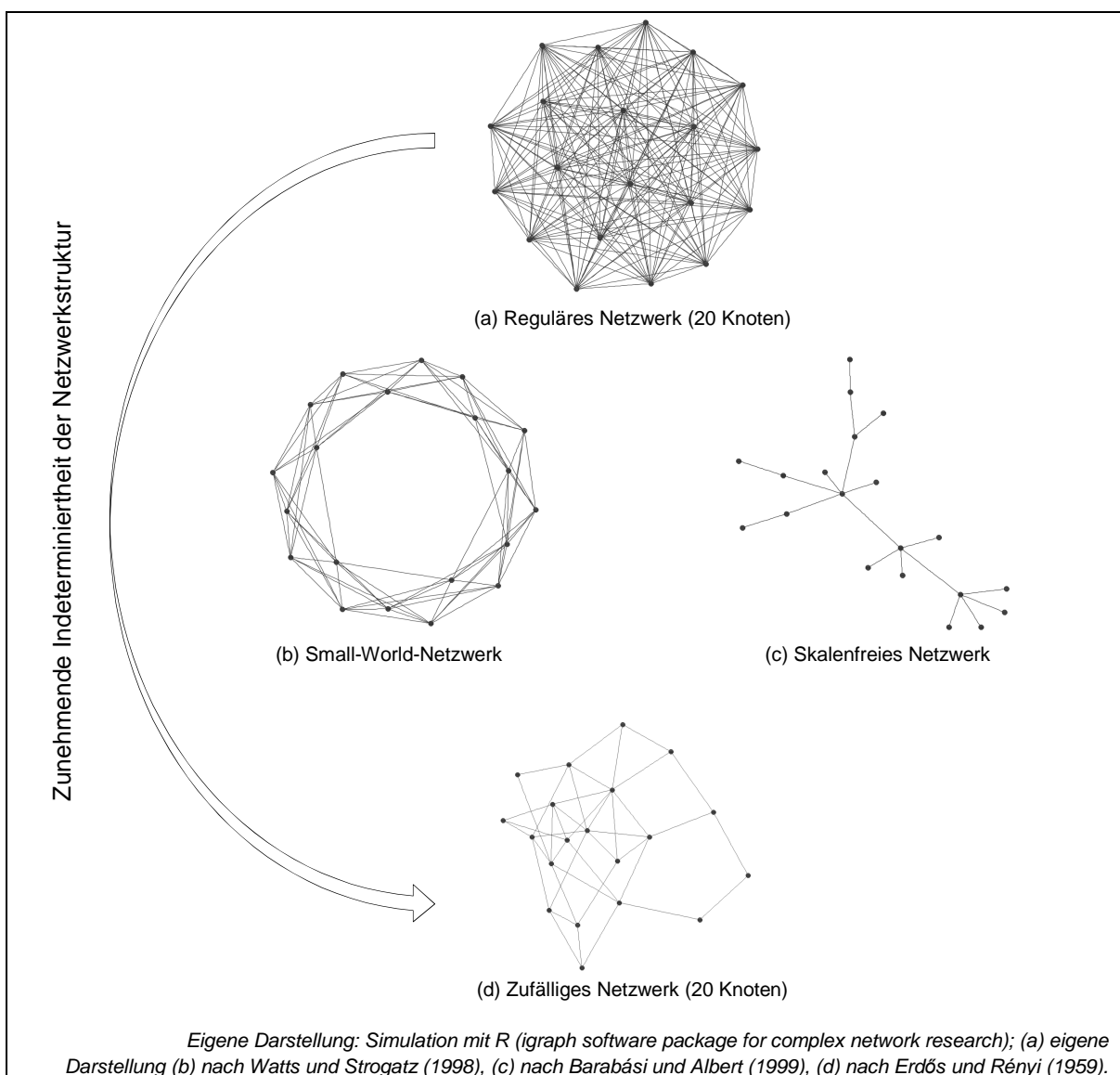


Abbildung 10: Komplexe soziale Netzwerke

Komplexe Netzwerke können nach unterschiedlichen Kriterien klassifiziert werden (vgl. Jansen 2003, S. 66 ff.). Am bekanntesten und in der Netzwerkforschung am gebräuchlichsten ist die Differenzierung nach den Kriterien: Small-World und Skalenfreiheit (vgl. Wang und Chen 2003, S. 6 ff.). Als Small-World-Netzwerke werden grundsätzlich all jene Netzwerke bezeichnet, die sich über kurze Distanzen (Zwischenkontakte) zwischen zufällig ausgewählten Knotenpunkten (Akteuren) im Netzwerk charakterisieren lassen (vgl. Watts und Strogatz 1998, S. 440). Die kurzen Beziehungsketten innerhalb solcher Netzwerke sind dabei entscheidend für die Diffusion von Innovationen, da sie eine rasche Verbreitung innovationsrelevanter Informationen gewährleisten (vgl. Newman 2000, S. 8). Empirische Belege für den Small-World-Charakter sozialer Netzwerke lieferte erstmalig der US-amerikanische Psychologe Stanley Milgram (vgl. Gehrke et al. 2010, S. 189). In seiner berühmt gewordenen Studie wies Milgram empirisch nach, dass zufällig ausgewählte Personen durchschnittlich über nur etwa sechs Ecken und Kanten miteinander verbunden sind (vgl. Milgram 1967, S. 61 ff.). Auch wenn das Forschungsdesign und die Aussagekraft der Milgram-Studie in der modernen Soziologie durchaus kritisch diskutiert werden (vgl. Schnettler 2009, S. 166, Kleinfeld 2002, S. 61 ff.), ist das Milgram-Experiment für die Forschung dennoch von unschätzbarem Wert (vgl. Erickson und Kringas 1975, S. 586, Klovdahl 1989, S. 189), weil es in der akademischen Welt das Bewusstsein für die Dichte menschlicher Beziehungsnetzwerke weckte und durch seine Erkenntnisse die Entwicklung in vielen Teilbereichen der soziologischen Forschung nachhaltig prägte (vgl. Schnettler 2009, S. 167). Inzwischen wurde der Small-World Charakter sozialer Netzwerke auch in zahlreichen anderen empirischen Untersuchungen bestätigt (vgl. Gehrke et al. 2010, S. 191 f.). So wurden Small-World Eigenschaften zum Beispiel in Künstlernetzwerken auf dem Broadway (vgl. Uzzi und Spiro 2005, S. 477 ff.), in den Beziehungsstrukturen US-amerikanischer Kongressabgeordneter (vgl. Tam Cho und Fowler 2010, S. 124 ff.), in Publikationsnetzwerken berühmter Ökonomen (vgl. Goyal et al. 2006, S. 403 ff.) oder auch im Beziehungsgeflecht deutscher Unternehmen (vgl. Kogut und Walker 2001, S. 317 ff.) empirisch nachgewiesen.

Neuere netzwerktheoretische Studien haben gezeigt, dass Small-World-Netzwerke häufig auch die Eigenschaft der Skalenfreiheit aufweisen (vgl. Barabási und Bonabeau 2003, S. 50 ff.). Skalenfreie Netzwerke neigen zur Bildung fraktaler Mus-

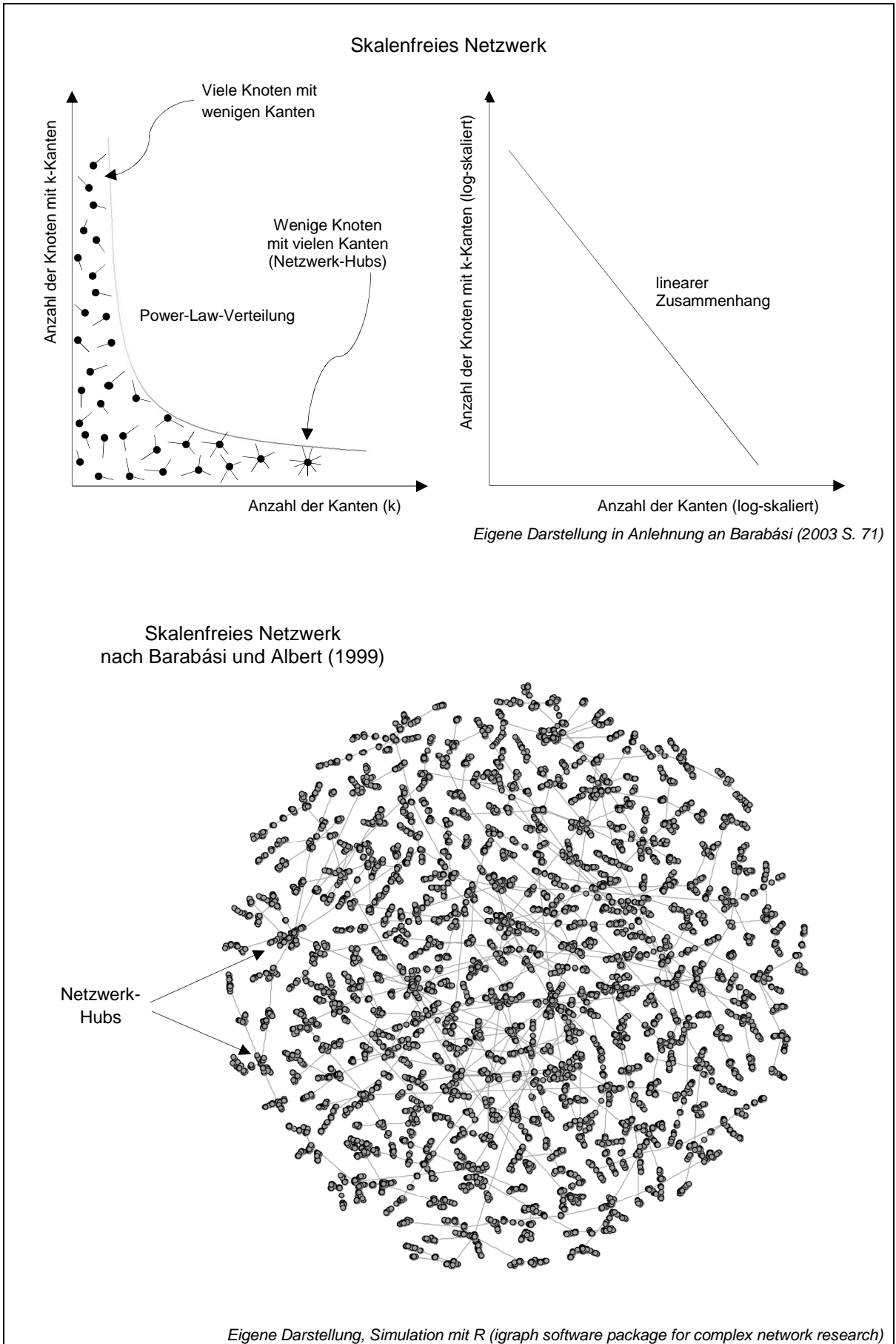


Abbildung 11: Skalenfreiheit

ter, so dass ein kleiner Ausschnitt des Netzwerkes in seiner Struktur dem Aufbau des Gesamtnetzes ähnelt (vgl. Barabási und Albert 1999, S. 509). Abbildung 11 illustriert diesen Sachverhalt mit Hilfe eines simulierten, skalenfreien Netzwerks bestehend aus 25.000 Knotenpunkten. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass Knotenpunkte mit vielen Kanten in skalenfreien Netzen selten anzutreffen sind, wohingegen Knotenpunkte mit wenigen Kanten häufig vorkommen (vgl. Barabási und Bonabeau 2003, S. 50 ff.). Diese spezifische Struktur sozialer Netzwerke hat im Kern einen ökonomischen Grund, denn die Übermittlung von Informationen kann in einem Netzwerk nur dann effektiv erfolgen, wenn für die Informationsübertragung möglichst kurze Pfade gewählt werden (vgl. Hayashi 2006, S. 776). Dies ist wiederum nur dann möglich, wenn das Netzwerk zentrale Knotenpunkte aufweist, die ihrerseits mit vielen anderen Knoten im Netzwerk vernetzt sind (vgl. Clement und Schreiber 2016, S. 255). Allen skalenfreien Netzen ist genau dieses Ordnungsprinzip immanent (vgl. Barabási und Bonabeau 2003, S. 50 ff.). Einige wenige Akteure, so genannte Hubs, verfügen über deutlich mehr Kontakte als andere (vgl. Barabási und Albert 1999, S. 509 ff.). Derartige Hubs tragen in nicht unerheblichem Maße zur Verbreitung von Innovationen in den sozialen Netzwerken bei (vgl. Laciana und Rovere 2011, S. 1139 ff.). Als zentrale Netzwerkknoten entfalten Hubs eine manipulative Wirkung auf das Adoptionsverhalten vieler weiterer Innovationsnachfrager (vgl. Barabási 2003, S. 130). Sie adoptieren Neuerungen deutlich schneller als der Rest des sozialen Systems, weil sie aufgrund ihrer exponierten Stellung im System mit Innovationen häufiger in Berührung kommen als andere: „[...] social hubs adopt sooner than other people [...] because they are exposed earlier to an innovation as a result of their multiple social links“ (Goldenberg et al. 2009, S. 1). Das Vorkommen von Netzwerkhubs wirkt sich daher stimulierend auf den gesamten Diffusionsvorgang aus (vgl. Delre et al. 2010, S. 267 ff., Janssen und Jager 2003, S. 343 ff.). Skalenfreie Netzwerke erweisen sich darüber hinaus als besonders beständig und robust gegenüber strukturellen Veränderungen. Den Ausfall einiger zentraler Netzwerkknoten können sie problemlos kompensieren, ohne dass das Gesamtnetz in seiner Struktur zusammenbrechen muss (vgl. Watts 1999, S. 493 ff.). Skalenfreie Netzwerke sind somit persistent gegenüber schädlichen Umwelteinflüssen sowie unvorhergesehenen Veränderungen im Laufe ihrer Evolution. Damit wirkt die skalenfreie Struktur sozialer Netzwerke der Gefahr eines frühzeitigen Diffusionsabbruchs entgegen und garantiert zugleich eine rasche Verbreitung von Informationen (vgl. Barabási 2003, S. 114).

2.3.4 Die räumliche Dimension

Das bisher in dieser Arbeit skizzierte Verständnis von Diffusionsvorgängen orientierte sich überwiegend an der von Rogers geprägten Formulierung der Diffusionstheorie (vgl. Rogers 2003, S. 5). Wie in Abschnitt 2.2.1 gezeigt wurde, begreift Rogers den eigentlichen Ausbreitungsprozess einer Innovation als einen streng dynamischen Vorgang (vgl. Peres et al. 2010, S. 91 ff.). Das dynamische Wesen des Diffusionsprozesses resultiert bei Rogers dabei direkt aus seinem prozessualen Verständnis individueller Adoptionsvorgänge heraus, die er als zeitliche Abfolge von festen, wiederkehrenden Adoptionsphasen konzipiert (vgl. Rogers 2003, S. 168 ff.). In der soziologischen und wirtschaftswissenschaftlichen Diffusionsforschung stellt diese Sichtweise auch heute noch ein sehr weit verbreitetes Denk- und Konzeptualisierungsschema dar (vgl. von Pape 2009, S. 274 ff.). Die große Akzeptanz des von Rogers geprägten Konzeptes innerhalb der Diffusionsforschung hat dabei zunächst gute Gründe (vgl. Karnowski 2017, S. 55 ff.). So können zum Beispiel durch den zeitbezogenen Charakter der Analyse regelmäßig auftretende Muster im Diffusionsprozess erkannt und im Rahmen einer am Zeitaspekt orientierten Theorie vereinheitlicht werden (vgl. zum Beispiel die zeitliche Kategorisierung von Adoptoren in Abschnitt 2.2.1). Trotz des großen theoretischen Potentials einer solchen Analyse, ist die auf den Faktor Zeit fixierte Betrachtung in der Diffusionsforschung nicht unumstritten (vgl. Blaikie 1978, S. 278 ff.). Insbesondere von den Vertretern einer raumökonomischen Sicht wird häufig kritisiert, dass die von Rogers formulierte Theorie reale Diffusionsphänomene auf eine bedenkliche Weise vereinfache (vgl. Camagni 1985, S. 83 ff.). Wie im Weiteren noch gezeigt werden wird, erweist sich dabei vor allem die Vernachlässigung der Raumdimension als ein ernstzunehmendes Problem (vgl. Morrill 1970, 259 ff.). Kritiker merken in diesem Zusammenhang daher zu Recht an, dass die von Rogers inspirierte Theorie, Diffusionsprozesse nicht als raumbezogene Ausbreitungsprozesse konzipiert und somit den wahren raum-zeitlichen Charakter von Diffusionsvorgängen nicht vollständig abbildet (vgl. Gould 1969, S. 11). Der Vorwurf ist hierbei nicht völlig aus der Luft gegriffen, sondern stützt sich auf zahlreiche empirische Erkenntnisse aus wirtschaftsgeographischen und raumökonomischen Studien (vgl. Baptista 1999, S. 107 ff., Hägerstrand 1967, S. 165 ff., Griliches 1957, S. 501 ff.). Diese legen nahe, dass Ausbreitungsvorgänge grundsätzlich als lokale, das heißt, an geographische Räume gekoppelte Prozesse aufgefasst werden müs-

sen (vgl. Mahajan und Peterson 1979, S. 231 ff.). Sie zeigen, dass die Diffusion einer Neuerung selbst an die Interaktionsräume der am Diffusionsprozess partizipierenden Subjekte gebunden ist, weil der Ausbreitungsprozess als Ganzes auf zwischenmenschliche Nähe sowie direkte Face-to-Face Interaktion angewiesen ist (vgl. Blaikie 1978, S. 287, Hägerstrand 1967, S. 165 ff.). Dabei ist es völlig unerheblich, ob der Diffusionsvorgang als ein epidemischer Prozess (Adoption einer Innovation erfolgt durch engen Kontakt mit anderen Adoptoren ähnlich einer virologischen Erkrankung) oder als ein durch Lern- und Imitationseffekte getriebener Prozess aufgefasst wird, weil beide Konzeptualisierungen räumliche Nähe als zwingende Vorbedingung von Diffusion annehmen (vgl. Young 2009, S. 1900). Auch wenn viele Autoren in der Konzeption nicht explizit auf den hohen Stellenwert der Raumdimension hinweisen, spielt diese bei der theoriegestützten Erklärung von Diffusionsphänomenen tatsächlich aber eine ganz wesentliche Rolle (vgl. Bertuglia et al. 1997, S. 3, Davelaar und Nijkamp 1997, S. 18). So erlaubt die räumliche Nähe zum Beispiel eine effektive Verhaltenssynchronisation der Nachfrager, indem sie den Übersprung von Informationen begünstigt, die Kontaktintensität zwischen den am Adoptionsprozess beteiligten Akteuren anregt oder sonstige Formen des sozialen Austausches und der Interaktion auf lokaler Ebene fördert (vgl. Capello und Lenzi 2014, S. 196, Ossenbrügge 2001, S. 91, Bertuglia et al. 1997, S. 8). Die kurze geographische Distanz stellt also aus diffusionstheoretischer Sicht das entscheidende Kriterium dar, durch das die Imitationspotentiale der Innovationsnachfrager überhaupt erst zur Entfaltung kommen können (vgl. Windhorst 1983, S. 15 f., Blaikie 1978, S. 285, Hägerstrand 1967, S. 158). Die Analyse von Diffusionsprozessen aus einer raumorientierten Perspektive stellt aus diesem Grund eine wichtige Erweiterung der von Rogers konzipierten Diffusionstheorie dar (vgl. Linder 2003, S. 23).

Im Folgenden wird die Entwicklung der räumlichen Diffusionsforschung kurz skizziert werden. Die überblicksartige Darstellung soll zeigen, welche Potentiale eine raumbezogene Analyse grundsätzlich besitzt und warum Diffusionsvorgänge letztendlich nur auf der Basis einer gemeinsamen Betrachtung von Raum und Zeit sinnvoll konzipiert werden können (vgl. Mahajan und Peterson 1979, S. 231 ff.). Die Anfänge der raumbezogenen Diffusionsanalyse lassen sich auf kulturgeographische Studien des frühen 20. Jahrhunderts zurückführen (vgl. Linder 2013, S. 24). Die kulturgeographische Forschung stellt selbst innerhalb der Geowissenschaften einen eigenständigen Forschungszweig dar, der sich aufgrund seines anthropologischen Bezugs deutlich

von der physischen Geographie unterscheidet (vgl. Gebhardt et al. 2007, S. 64 ff.). Als anthropogene Wissenschaft beschäftigt sich die Kulturgeographie dabei im Wesentlichen mit Prozessen der Genese und der Veränderung von Kulturlandschaften sowie den damit einhergehenden Wechselwirkungen zwischen der Gesellschaft als Ganzes und der physischen Umwelt (vgl. Bender 2009, S. 189, Eisel 1980, S. 107 ff.). Kulturgeographische Forschung stützt sich dabei implizit auf die Annahme, dass strukturelle Evolutionsprozesse der Gegenwart mit Hilfe von Regelmäßigkeiten von Entwicklungen in der Vergangenheit begründet und erklärt werden können (vgl. Borsdorf 2007, S. 109 ff.). Ziel dieser an der Veränderung von Kulturräumen interessierten Forschung ist es daher, den Ursprung neuer kultureller Erscheinungen zu ergründen, um ein besseres Verständnis von strukturellen und funktionellen Zusammenhängen von Kulturlandschaften in der Gegenwart zu erlangen (vgl. Linder 2013, S. 24).

Die frühen Forschungsbestrebungen der Kulturgeographen erweisen sich in der rückblickenden Betrachtung als ein echter Glücksfall für die Diffusionsforschung. Denn das Wirken der Kulturgeographen konnte sich abseits des diffusionstheoretischen Mainstreams entfalten, was die Entwicklung einer eigenständigen, nicht durch die soziologische Forschung beeinflussten, räumlichen Diffusionstheorie begünstigte (vgl. Liefner und Schätzl 2012, S. 69). Die Kulturgeographen waren dabei historisch betrachtet die Ersten, die den räumlich differenzierten Charakter von Diffusionsprozessen erkannten und die Ausbreitungsprozesse unter räumlichen Gesichtspunkten einer systematischen Analyse unterwarfen (vgl. Bender 2009, S. 189). Ihre weitreichenden Erkenntnisse stießen außerhalb der humangeographischen Forschung allerdings zunächst auf nur wenig Beachtung (vgl. Linder 2013, S. 24). Die wahre Bedeutung der raumbezogenen Analyse wurde stattdessen erst Jahre später durch die populär gewordenen Publikationen des schwedischen Geographen Torsten Hägerstrand evident (vgl. Camagni 2017, S. 57). Hägerstrand veröffentlichte seine Ideen erstmalig in der 1952 erschienenen Dissertationsschrift „The Propagation of Innovation Waves“ und konkretisierte seine gedanklichen Konzepte in der einige Jahre später erschienenen Monographie „Innovation Diffusion as a Spatial Process“ (vgl. Linder 2013, S. 24). Beide Werke markieren aus heutiger Sicht die Geburtsstunde der raumorientierten Diffusionsforschung als eigenständige Wissenschaftsdisziplin (vgl. Ormrod 1990, S. 109). Diese am geographischen Raum interessierte Wissenschaft analysiert die Ausbreitung von Innovationen im klaren Gegen-

satz zu Rogers völlig losgelöst von allen sozioökonomischen Rahmenbedingungen (vgl. Windhorst 1983, S. 73). Der konzeptionelle Fokus der Analyse bezieht sich stattdessen ausschließlich auf die Lagebeziehung der im geographischen Raum verteilten Individuen zueinander (vgl. Linder 2013, S. 25). Die geographische Diffusionsforschung postuliert dabei, dass die räumliche Nähe zwischen den Nachfragern einer Innovation wie ein Diffusionskatalysator wirken müsse, der die Interaktionswahrscheinlichkeiten zwischen den lokalen Adoptionsakteuren erhöhe und den Informationsaustausch intensiviere (vgl. Hägerstrand 1967, S. 264). Abbildung 12 stellt diesen Zusammenhang idealtypisch dar. Die Darstellung zeigt dabei sehr deutlich, dass Innovationen mit steigender Entfernung zum Innovationszentrum nicht nur langsamer diffundieren, sondern auch insgesamt ein deutlich reduziertes Diffusionspotential erreichen (vgl. Morill 1986, S. 2 ff.).

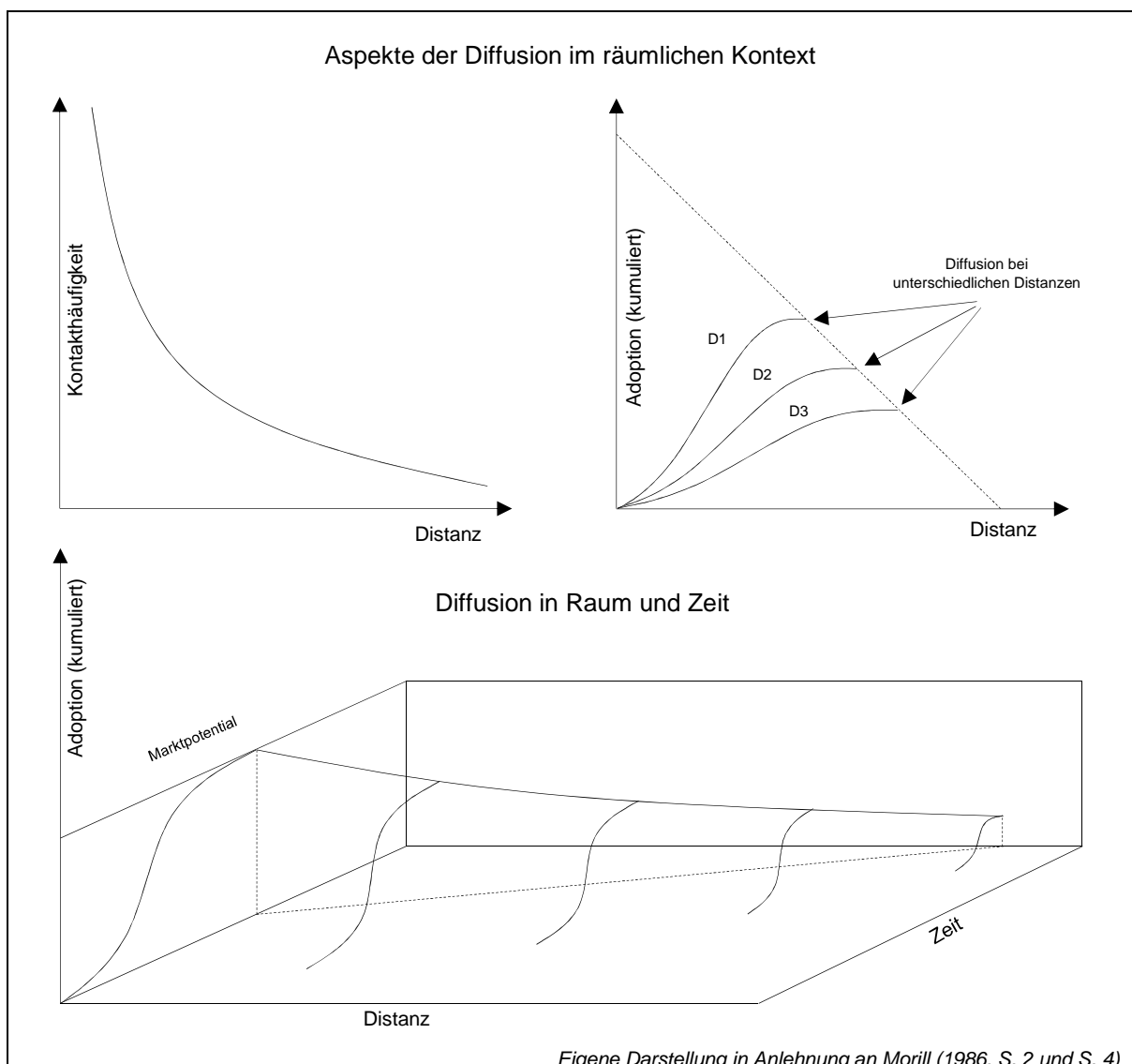


Abbildung 12: Der Einfluss von Distanz auf diffusionsrelevante Prozesse

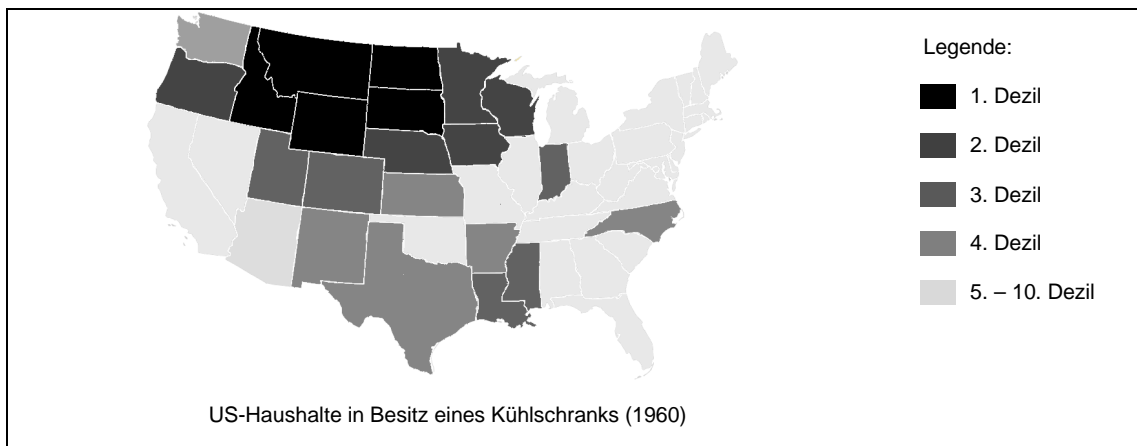
Für die diffusionshemmende Wirkung räumlicher Entfernung existieren in der geographischen Diffusionsforschung unterschiedliche Erklärungsansätze (vgl. Oerlemans et al. 2001, S. 60, Brown 1975, S. 185). Der wohl populärste Ansatz orientiert sich an der vielfach nachgewiesenen, kommunikationshemmenden Wirkung geographischer Entfernung (vgl. Liefner und Schätzl 2012, S. 69, Morill 1986, S. 2). Da eine effektive Kommunikation für die erfolgreiche Diffusion von Neuerungen notwendig ist (vgl. Abschnitt 2.2.2), kann die Beeinträchtigung sozialer Kommunikationsprozesse zu einer erheblichen Verlangsamung oder Störung des gesamten Diffusionsvorgangs führen (vgl. Hägerstrand 1967, S. 264). Außerdem wird mit steigender geographischer Entfernung auch die Bildung von regionalen Gruppen und Cliques begünstigt, die sich durch unterschiedliche Präferenzparameter deutlich voneinander differenzieren (vgl. Ormrod 1990, S. 110). Geographische Distanz begünstigt also die Ausdifferenzierung sozialer Beziehungsnetzwerke und fördert damit die Entstehung einer an Norm- und Wertvorstellungen orientierten Vielfalt in der sozialen Struktur (vgl. Oerlemans et al. 2001, S. 60 ff.). Unterschiedliche Regionen können aus diesem Grund völlig unterschiedliche Sozialstrukturen entwickeln und divergierende Adoptionspräferenzen aufweisen (vgl. Baptista 2000, S. 515 ff.). Die Unterschiede im Adoptionsverhalten sind dabei tendenziell umso größer, je weiter die Regionen voneinander entfernt sind (vgl. Erumban und de Jong 2006, S. 302 ff.). In geographisch segregierten Räumen können sich daher gänzlich unterschiedliche Innovationen durchsetzen und völlig gegensätzliche Innovationskulturen etablieren (vgl. Baptista 1999, S. 107 ff.). Ein besonders prägnantes Beispiel hierfür stellt die Diffusion von Kino- und Videofilmen dar (vgl. Kim 2004, S. 207). Manche Blockbuster-Produktionen können ein weltweites Publikum begeistern, andere Filme hingegen zeichnen sich durch einen ausgeprägten Lokalkolorit aus und sprechen daher auch nur ein begrenztes Regionalpublikum an (vgl. Matusitz und Payano 2012, S. 123 ff., Ainslie et al. 2005, S. 508 ff.). Ausgeprägte Regionalunterschiede im Adoptionsverhalten lassen sich aber auch bei technologischen Innovationen beobachten und wie empirische Studien zeigen, sind derartige Regionaleffekte nicht ausschließlich auf den Business-to-Consumer Bereich beschränkt, sondern treten auch bei Diffusionsprozessen im Business-to-Business Bereich in Erscheinung (vgl. Kumar 2014, S. 1 ff., Tellis et al. 2003, S. 188 ff., Van Everdingen und Waarts 2003, S. 217 ff., Baptista 2000, S. 515 ff., Kelley und Helper 1999, S. 79 ff., Straub 1994, S. 23 ff, Takada und Jain 1988, S. 1 ff.).

Für die räumliche Ausdifferenzierung sind jedoch nicht ausschließlich unterschiedliche lokale Präferenzen der Innovationsnachfrager verantwortlich, denn auch strukturelle Unterschiede im eigentlichen Diffusionsprozess können Divergenzen im räumlichen Adoptionsverhalten begründen (vgl. Kräftke et al. 1997, S. 63). Die wirtschaftsgeographische Forschung macht hierfür vor allem zwei strukturelle Effekte verantwortlich. Diese werden in der einschlägigen Literatur als Nachbarschafts- und Hierarchieeffekte bezeichnet (vgl. Hägerstrand 1967, S. 158). Beide Effekte wirken sich bei realen Diffusionsprozessen unabhängig voneinander auf die Ausbreitung von Neuerungen im Raum aus; sie können sich aber trotzdem gegenseitig überlagern und in der Wirkung verstärken (vgl. Tucher von Simmelsdorf 1994, S. 60). Nachfolgend werden beide Effekte in ihrer Diffusionswirkung kurz beschrieben. Der Nachbarschaftseffekt lässt sich zunächst auf all jene Ausbreitungsprozesse beziehen, die ihr Diffusionspotential aus dem persönlichen Kontakt zwischen den räumlich lokalisierten Akteuren schöpfen (vgl. Kräftke et al. 1997, S. 63).

Der Nachbarschaftseffekt stellt daher im Wesentlichen nur eine metaphorische Umschreibung für einen lokalisierten, epidemischen Diffusionsprozess dar (vgl. Koschatzky 2001, S. 99). Nachfrager übernehmen eine bestimmte Innovation also erst, wenn sie die Neuerung in ihrem direkten Umfeld beobachten und ausprobieren können oder wenn sie durch persönliche Mund-zu-Mund Propaganda von dieser Neuerung erfahren (vgl. Müller-Steinfahrt 2006, S. 321). Die durch den Nachbarschaftseffekt verursachte Diffusion verläuft vergleichsweise langsam und nimmt in ihrer Intensität mit steigender Entfernung zum primären Innovationszentrum wellenförmig ab (vgl. Schätzl 1996, S. 114). Die wellenförmige Ausbreitung der Neuerung ist dabei selbst distanzabhängig und folgt konzentrischen Kreisen, die sich vom Zentrum der Innovation auf das Hinterland ausbreiten (vgl. Liefner und Schätzl 2012, S. 69). Der angenommene Wellencharakter von räumlichen Ausbreitungsprozessen konnte dabei ebenso wie die mit steigender Distanz sinkende Diffusionsintensität in zahlreichen Studien empirisch nachgewiesen werden (vgl. Ormrod 1990, S. 113, Mahajan und Peterson 1979, S. 237 f.). Einige ausgewählte Beispiele hierfür werden in Abbildung 13 gezeigt. Aus der Darstellung wird ersichtlich, dass Innovationen nicht von allen Regionen zeitgleich nachgefragt werden, sondern im Zeitablauf vom Innovationsursprung ausgehend in alle Raumrichtungen diffundieren.

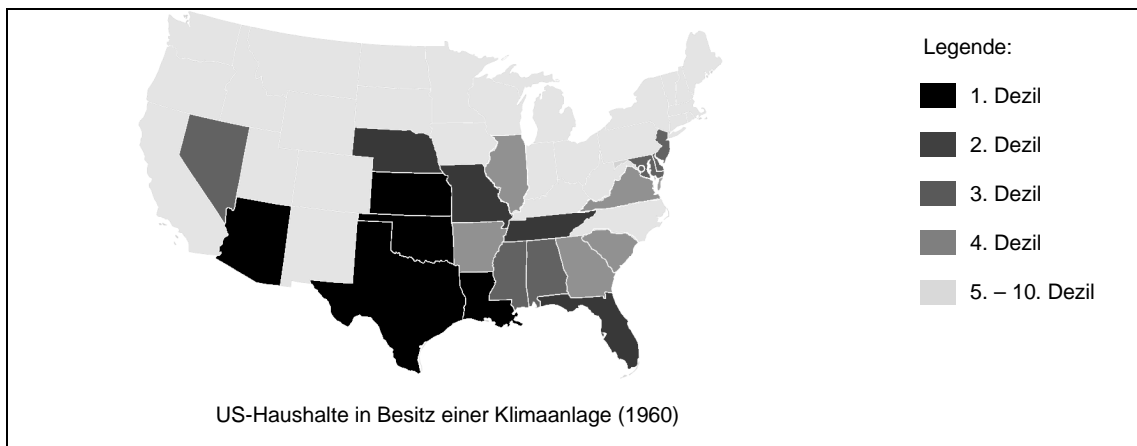
Völlig anders hingegen gestaltet sich die räumliche Ausbreitung von Innovationen, wenn der Diffusionsprozess nicht der epidemischen Diffusionslogik des Nach-

Diffusion von Kühlschränken



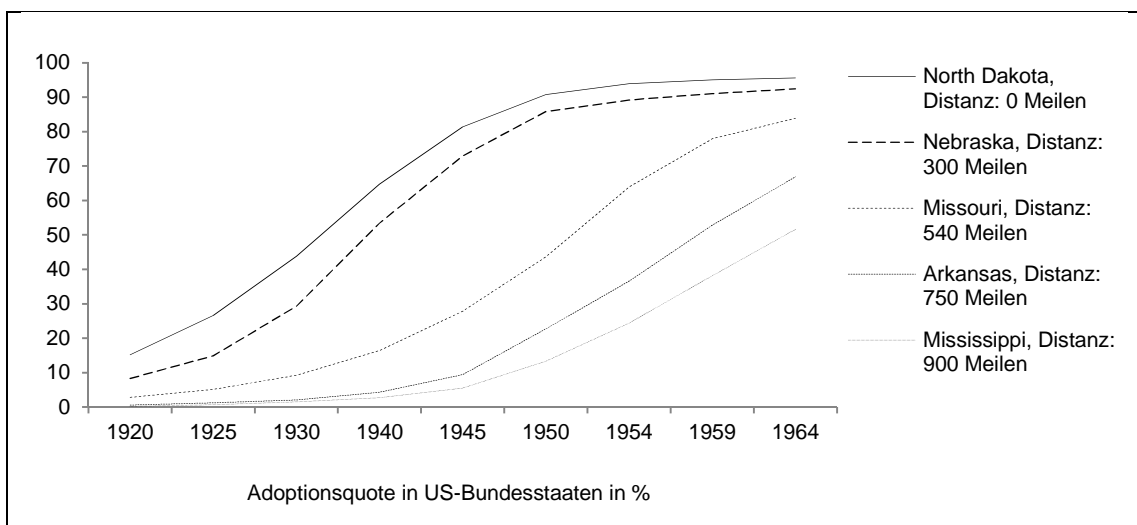
Eigene Darstellung in Anlehnung an Ormrod (1990, S. 113 f.)

Diffusion von Klimaanlage



Eigene Darstellung in Anlehnung an Ormrod (1990, S. 113 f.)

Diffusion von Traktoren



Eigene Darstellung in Anlehnung an Mahajan und Perterson (1979, S. 237 f.)

Abbildung 13: Räumliche Diffusionsmuster ausgewählter Innovationen

barschaftseffektes folgt, sondern einem klaren, hierarchischem Prinzip unterworfen ist (vgl. Müller-Steinfahrt 2006, S. 321). Ist der Hierarchieeffekt wirksam, vollzieht sich die Ausbreitung von Neuerungen sprunghaft entlang der hierarchischen Raumordnungsstruktur (vgl. Windhorst 1983, S. 97). Die Diffusion der Innovation folgt dabei immer zielgerichtet von Räumen höherer Hierarchieordnung zu Räumen niedrigerer Hierarchieordnung: *nationales Zentrum* → *regionales Zentrum* → *lokales Zentrum* (vgl. Tucher von Simmelsdorf 1994, S. 60). Insgesamt betrachtet kann der hierarchische Diffusionsprozess am ehesten mit einer räumlichen Ausgleichsbewegung verglichen werden, die zwischen den zentralen und peripheren Gebieten im Raum wirkt (vgl. Krätke et al. 1997, S. 63). Das Konzept der hierarchischen Diffusion stützt sich dabei implizit auf die Annahme, dass Innovationen zunächst in großen urbanen Zentren entstehen und von dort aus langsam in die peripheren Räume durchsickern (vgl. Koschatzky 2001, S. 100). Das angenommene Kern-Peripherie-Gefälle regt dann, der Logik des Konzeptes folgend, regionale Ausgleichsbewegungen an, die mit der Zeit für eine gleichmäßige Verteilung von Innovationen im gesamten Diffusionsraum sorgen (vgl. Liefner und Schätzl 2012, S. 70). Diese konzeptionelle Sichtweise ist dabei im Kern mit der von Rogers propagierten Diffusionstheorie kompatibel (vgl. Blättel-Mink und Menez 2015, S. 90). Um die beiden Sichtweisen zusammenbringen zu können, bedarf es allerdings der zusätzlichen Annahme, dass innovationsaffine Nachfrager tendenziell in urbanen Zentren konzentriert sind, während konservative und innovationskritische Individuen eher in peripheren Räumen verortet sind (vgl. Fliedner 1993, S. 145). Unter dieser Annahme kann die hierarchische Diffusion dann als eine alternative Ausdrucksweise für dieselben sozio-ökonomischen Diffusionsphänomene betrachtet werden, die schon von der klassischen soziologischen Diffusionsforschung analysiert und beschrieben worden sind (vgl. Wimmer und Roth 1994, S. 117). Die kanalisierende Wirkung hierarchischer Diffusionsprozesse im Raum wird in Abbildung 14 idealtypisch dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die hierarchische Diffusion stets unidirektional erfolgt (vgl. Tucher von Simmelsdorf 1994, S. 60). Sie ist zudem weniger störanfällig für natürliche geographische Diffusionsbarrieren als die durch den persönlichen Kontakt induzierte Diffusion (vgl. Koschatzky 2001, S. 99). Während Gebirge, Flüsse oder andere geographische Diffusionshemmnisse die Ausbreitung einer Innovation auf lokaler Ebene hindern können, bleibt der Diffusionsimpuls über ein hierarchisch organisiertes Kommunikationssystem auch trotz solcher Hindernisse weitgehend erhalten (vgl. Morill 1968, S. 1 ff.).

Wie stark Diffusionsvorgänge von den Nachbarschafts- und Hierarchieeffekten geprägt werden, hängt in der Realität von vielen unterschiedlichen Faktoren ab (vgl. Brown 1975, S. 185 ff.). Einige Autoren vermuten beispielsweise, dass die Ausbreitung einer Neuerung im Raum stark von der Art und Intensität der betrachteten Innovation abhängig sein könnte (vgl. Liefner und Schätzl 2012, S. 70). Radikale Innovationen könnten also zu deutlich anderen Adoptionsmustern im Raum führen als inkrementelle Innovationen und auch Neuerungen im Konsumgüterbereich könnten unter räumlichen Gesichtspunkten anders nachgefragt werden als Neuerungen im Investitionsgüterbereich (vgl. Pedersen 1970, S. 203 ff.). Anhaltspunkte für diese Vermutung lieferten erstmalig empirische Studien in den 1970er Jahren. Diese konnten zeigen, dass die räumliche Ausbreitung von Industrieinnovationen eher hierarchischen Prinzipien folgt, während die räumliche Diffusion von Innovationen im Konsumgüterbereich tendenziell wellenförmige Ausbreitungsmuster aufweist (vgl. Ri-

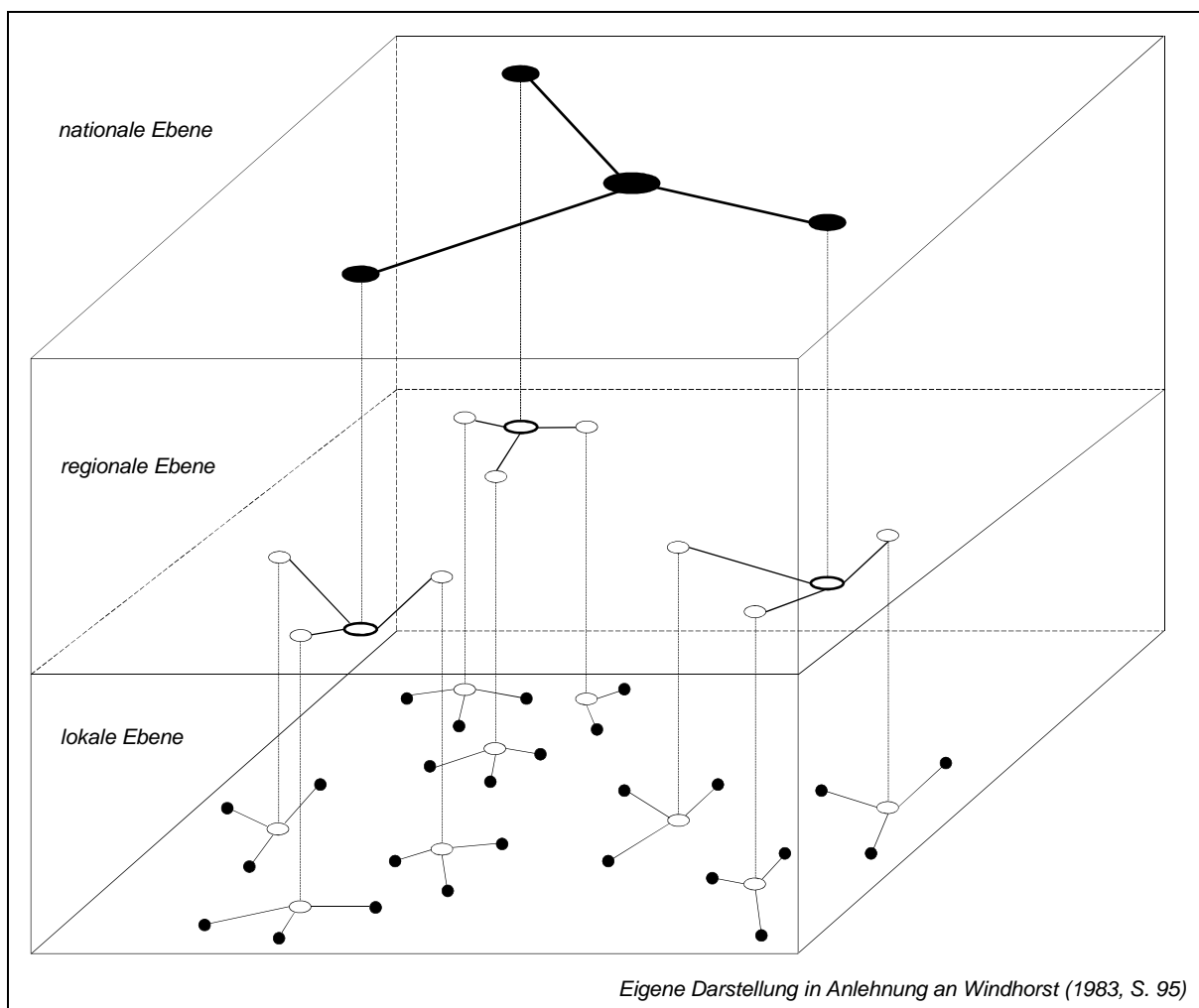


Abbildung 14: Hierarchische Diffusion

chardson 1973, S. 127). Auch der geographische Betrachtungsmaßstab scheint für die Frage, ob räumliche Diffusionsmuster eher von wellenförmigen oder hierarchischen Tendenzen dominiert werden, von Bedeutung zu sein (vgl. Liefner und Schätzl 2012, S. 70). So sprechen einige Beobachtungen dafür, dass mit zunehmendem Betrachtungsmaßstab die hierarchische Diffusion deutlich wichtiger wird, weil diese Form der räumlichen Diffusion weniger von den zwischenmenschlichen Kontakten der Innovationsnachfrager abhängig ist und somit keine starke Bindung an den geographischen Raum aufweist (vgl. Wirth 1979, S. 202 ff.).

2.4 Besonderheiten der Diffusionsdynamik

Die konzeptionell-theoretische Darstellung in dieser Arbeit beschränkte sich bisher überwiegend auf die Beschreibung grundlegender Adoptions- und Diffusionszusammenhänge, die durch die klassische wirtschaftswissenschaftliche und soziologische Diffusionstheorie postuliert und propagiert werden. Ein wichtiger Aspekt, der vor allem bei der Analyse von Diffusionsdynamiken im Rahmen von Standardkriegen von Bedeutung ist, wurde in dieser Darstellung bisher jedoch weitgehend ausgeblendet. Es handelt sich hierbei um die Frage, inwiefern die marktlichen Erwartungen der Nachfrager Einfluss auf den Diffusionserfolg einer Innovation nehmen und wie diese nachfrageseitige Erwartungsbildung den Ausgang eines Formatkrieges zu Gunsten des einen oder anderen Konkurrenzstandards entscheiden kann (vgl. Besen und Farrell 1994, S. 118). Um die aufgeworfene Frage beantworten zu können, ist es zunächst ratsam, sich zu vergegenwärtigen, dass Standardkriege durch eine Konkurrenzsituation gekennzeichnet sind, in der die unterschiedlichen Technologiestandards um möglichst viele neue Nutzer im Markt konkurrieren (vgl. Schilling 1999, S. 265). Die tatsächliche Größe der jeweiligen Nutzernetzwerke, die häufig auch als installierte Basis bezeichnet werden, stellt dabei einen besonders kritischen Faktor für den marktlichen Durchsetzungserfolg einer Innovation dar (vgl. Farrell und Saloner 1986, S. 265). Wie zahlreiche Studien gezeigt haben, kann das Scheitern vieler Technologien im Standardisierungswettbewerb ex post auf das Nichterreichen einer hinreichend großen Nutzerbasis zurückgeführt werden (vgl. Blind 2011, S. 373 ff., Jakobs 2013, S. 63 ff., Dranove und Gandal 2003, S. 363 ff., Keil 2002, S. 205 ff.). Der marktliche Diffusionserfolg im Standardisierungswettbewerb hängt also offen-

sichtlich nicht unwesentlich vom Überschreiten einer kritischen Nutzermasse im sozialen System ab, ohne die kein nachhaltiger und selbsttragender Diffusionsvorgang initiiert werden kann (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 39). Kritische-Masse-Effekte nehmen dabei selbst als charakteristische Merkmale marktlicher Standardwettkämpfe ihren Ursprung in den nachfragebasierten Skaleneffekten, die auf Märkten unter Standardisierungsdruck häufig eine ganz spezifische Eigendynamik induzieren (vgl. Clement 2000, S. 45). Im Folgenden werden diese Effekte ebenso wie die daraus resultierenden Besonderheiten in der aggregierten Diffusionsdynamik einer genaueren Betrachtung unterworfen.

2.4.1 Diffusionsdynamik bei Netzeffekten

Märkte, die empfindlich auf die Größenrelationen der Nutzerbasen diffundierender Produkte oder Services reagieren, werden in der Fachliteratur auch häufig als Netzwerkmärkte oder Netzeffektmärkte bezeichnet (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 34, Schoder 1995, S. 73). Auf solchen Märkten ist es üblich, dass der Nutzen, den ein Verbraucher aus dem Konsum eines Gutes (nachfolgend Netzwerkgut genannt) ableitet, positiv von der Gesamtkonsumentenzahl des gleichen Gutes abhängt (vgl. Allen 1988, S. 257 ff.). Ein reines Netzwerkgut, sei es ein Telefon, ein Faxgerät oder ein Instant-Messaging-Dienst, ist ohne eine Möglichkeit der Interaktion und des Austausches mit anderen Nutzern wertlos (vgl. Katz und Shapiro 1994, S. 93). Damit ein Netzwerkgut also seinen Nutzen überhaupt erst entfalten kann, muss sich zunächst ein hinreichend großes Nutzernetzwerk etablieren, das die Möglichkeit des Austauschs mit anderen Nutzern gewährleistet (vgl. Katz und Shapiro 1985, S. 424 ff.). Jeder zusätzliche Nutzer im Netzwerk erhöht dabei die Möglichkeit des Austauschs und steigert somit auch den potentiellen Nutzenwert des Netzwerkgutes (vgl. Economides 1996, S. 673 ff.). Die Größe des Nutzernetzwerks stellt dabei aus Sicht der Kunden auch einen wichtigen Indikator für die Stabilität des marktlichen Umfeldes dar (vgl. Katz und Shapiro 1992, S. 55 ff.). Je größer das Nutzernetzwerk, desto stabiler der Markt und umso geringer die Adoptionsunsicherheiten für potentielle Kunden (vgl. Farrell und Klemperer 2007, S. 1967 ff.). Ein großes Nutzernetzwerk kann den Konsumenten zudem signalisieren, dass ein zufriedenstellendes Angebot an komplementären Gütern und Dienstleistungen rund um das Netzwerkgut existiert

(vgl. Besen und Farrell 1994, S. 123). Komplementäre Güter und Dienstleistungen sind dabei für die Adoption zahlreicher Netzwerküter von großer Bedeutung (vgl. Gallagher 2012, S. 95). Zum Beispiel macht der Kauf eines DVD-Players aus Sicht eines Konsumenten nur dann Sinn, wenn auch die entsprechenden Inhalte auf einer DVD in ausreichendem Umfang erhältlich sind (vgl. Gallagher und Wang 2002, S. 306 ff.). Ohne ein passendes Speichermedium und die darauf gespeicherten Inhalte ist das Abspielgerät an und für sich also nutzlos (vgl. Gallagher 2012, S. 91). Stehen komplementäre Angebote in nicht ausreichender Menge zur Verfügung, kann dieser Mangel die Durchsetzung des Netzwerkutes im Markt stark beeinträchtigen und im Extremfall sogar zu einem Scheitern der Diffusion führen (vgl. Gallagher und Wang 2002, S. 303 ff., Moore und Benbasat 1991, S. 192 ff.). So wird in der aktuellen Forschungsliteratur zum Beispiel die Verknappung des verfügbaren Komplementärangebots als ein wesentlicher Grund für das marktliche Scheitern des HD-DVD-Standards Anfang der 2000er Jahre diskutiert (vgl. M'Chirgui 2015, S. 21, Gallagher 2012, S. 92). Auch das produktbegleitende Serviceangebot kann spürbare Auswirkungen auf die Adoption und Diffusion eines Netzwerkutes haben (vgl. Gallagher und Wang 2002, S. 306 ff.). Katz und Shapiro beispielsweise stellten fest, dass die Diffusion ausländischer Güter auf inländischen Märkten spürbar langsamer verläuft, wenn der ausländische Anbieter noch kein flächendeckendes Servicenetzwerk installiert hat (vgl. Katz und Shapiro 1985, S. 424). Die Verfügbarkeit von komplementären Services, so die Vermutung der Autoren, hat dabei unterschiedliche adoptionsförderliche Wirkungen. So deutet ein großes After-Sales Serviceangebot zum Beispiel auf eine große Verkaufsstückzahl hin, was von den Nachfragern einer Innovation als ein valides Signal für die marktliche Akzeptanz des neuen Produktes wahrgenommen werden kann (vgl. Katz und Shapiro 1985, S. 424). Ein großes Service-Angebot reduziert zudem auch potentielle Unsicherheiten im Adoptionsprozess und trägt gerade im After-Sales Bereich zu einer Reduzierung von technischen Risiken bei, die in Verbindung mit der Adoption einer für die Nachfrager unbekanntenen Neuerung auftreten können (vgl. Farrell und Klemperer 2007, S. 1967 ff.).

Insgesamt betrachtet induzieren Netzwerküter auf Märkten nachfrageseitige Skaleneffekte, die unter ökonomischen Gesichtspunkten als externe Markteffekte aufgefasst werden können (vgl. Wiedemar 2007, S. 7). In der einschlägigen Fachliteratur wird diese spezielle Form von externen Markteffekten auch häufig vereinfacht als

Netzwerk- oder Netzeffekte bezeichnet (vgl. Farrell und Saloner 1986, S. 940 ff.). Liebowitz und Margolis definieren solche Netzeffekte als „[...] the change in the benefit, or surplus, that an agent derives from a good when the number of other agents consuming the same kind of good changes“ (Liebowitz und Margolis 1995a, S. 2). Nach dieser Definition liegen Netzeffekte also immer dann vor, wenn der Nutzen eines Produktes an die Gesamtnutzerzahl des Produktes im Markt gekoppelt ist. Die ökonomische Literatur unterscheidet dabei grundsätzlich zwischen direkter und indirekter Kopplung (vgl. Chou und Shy 1990, S. 259 ff.). Direkte Netzeffekte liegen vor, wenn mit jedem zusätzlichen Anwender eines Netzwerk-gutes der Nutzen für alle anderen Anwender ebenfalls ansteigt (vgl. Clements 2004, S. 633). Dies ist zum Beispiel ganz klassisch bei einem Telefon- oder Telefaxgerät der Fall (vgl. Katz und Shapiro 1985, S. 424). Je mehr Telefongeräte an das Gesamtnetz angeschlossen sind, desto mehr Personen lassen sich potentiell über das Telefon erreichen. Mit jedem neuen Besitzer eines Telefons, das an das Gesamtnetzwerk angeschlossen ist, steigt also unmittelbar auch der Nutzen an, den alle anderen Besitzer eines Telefons aus der Nutzung des Gerätes beziehen (vgl. Katz und Shapiro 1994, S. 94). Indirekte Netzeffekte hingegen liegen vor, wenn der Wert eines Netzwerk-gutes mit dem im Markt verfügbarem Angebot an komplementären Gütern und Dienstleistungen korreliert ist (vgl. Church et al. 2008, S. 337). Zum Beispiel erhöht, wie bereits vorhin schon erwähnt, das Angebot an verfügbaren Multimediainhalten auf einer DVD den Nutzen eines DVD-fähigen Abspielgerätes (vgl. Gallagher und Wang 2002, S. 303). Hierbei handelt es sich allerdings nur um eine mittelbare Nutzenerhöhung, die mit dem eigentlichen Kauf eines DVD-Players nur indirekt in Beziehung steht. Zusammenfassend lässt sich also festhalten, dass Netzeffekte immer dann vorliegen, wenn mehrere Güter aufgrund ihrer Kompatibilität und ihres komplementären Charakters in einer Vermarktungs- und Nutzenbeziehung zueinander stehen, wodurch diese Güter ein fiktives Netzwerk zwischen den Nachfragern konstituieren (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 36).

Liegen Netzeffekte vor, so neigen Märkte aufgrund von positiven Feedback-Schleifen zur Ausprägung temporärer Monopole (vgl. Shapiro und Varian 1998, S. 176). Die zeitliche Persistenz solcher Monopole in der realen Wirtschaft ist ein Indiz dafür, dass Kunden in der Regel nicht unmittelbar zwischen unterschiedlichen Substituten oder konkurrierenden Produkten wechseln können (vgl. Page und Lopatka 2000, S. 954). Aufgrund von anfallenden Wechselkosten sind Verbraucher also in gewis-

ser Weise an die eigene, initiale Adoptionsentscheidung gebunden (vgl. Arthur 1989, S. 116 ff.). Diese Bindung wird in der Literatur auch als Lock-in-Effekt bezeichnet (vgl. Liebowitz und Margolis 1995b, S. 212). Die Stärke des Lock-ins ist dabei von der Höhe der jeweiligen Wechselkosten abhängig (vgl. Clement und Schreiber 2016, S. 223). Je mehr die Adoption eines Gutes mit Lern- und Umstellungsprozessen verbunden ist, desto höher gestalten sich die entsprechenden Kosten des Wechsels (vgl. Liebowitz und Margolis 1995b, S. 212). Ein Technologiewechsel unmittelbar nach der Adoption erscheint daher in Fällen, die besonders hohe Anschaffungsinvestitionen oder Umgewöhnungsprozesse erfordert haben, eher unwahrscheinlich (vgl. Arthur 1989, S. 116 ff.). Netzeffekte können aus diesem Grund die Bildung von Pfadabhängigkeiten begünstigen, was zu einer Verfestigung von bereits eingeschlagenen Evolutionspfaden in der Technologie- und Marktentwicklung führen kann (vgl. David 1985, S. 332 ff.).

2.4.2 Diffusionsdynamik bei Kritische-Masse-Systemen

Wie aus der vorausgegangenen Diskussion deutlich wurde, weisen marktliche Prozesse auf Netzwerkmärkten einige Besonderheiten auf, die sie in ihrer Dynamik deutlich von anderen Märkten unterscheiden (vgl. Rogers 2003, S. 343). Der wohl größte Unterschied liegt dabei in der starken Sensitivität solcher Märkte gegenüber Kritische-Masse-Effekten verortet, die ihrerseits aus dem Zusammenspiel direkter und indirekter Netzeffekte im Markt resultieren (vgl. Clement 2000, S. 45). Als kritische Masse kann dabei die Mindestzahl von Nutzern verstanden werden, die überschritten werden muss, damit sich ein dauerhafter Produktnutzen zur Gewinnung neuer Nutzer aus dem sozialen System entwickeln kann (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 39). Damit der Diffusionsvorgang zu einem selbsttragenden Prozess werden kann, ist das Überschreiten dieser kritischen Anwendermasse für eine marktliche Neuerung von existenzieller Bedeutung (vgl. Chou und Shy 1990, S. 259 ff.). Wird die kritische Masse nicht erreicht, so scheidet in aller Regel auch die marktliche Durchsetzung der Innovation (vgl. Sundqvist et al. 2002, S. 553). Gründe für ein Nichterreichen der kritischen Anwendermasse können dabei sehr vielfältig sein. Häufig allerdings kann für das Verfehlen der kritischen Masse die zu hohe Unsicherheit im Adoptionsprozess verantwortlich gemacht werden, die potentielle Nachfrager einer Innovation sehr vor-

sichtig und reserviert agieren lässt (vgl. Gehrke et al. 2010, S. 193). Die Nachfrager verharren dabei in ihrem status-quo, beobachten das Übernahmeverhalten der anderen Nachfrager im Markt und weigern sich, das Risiko einer Initialadoption als Erste zu tragen (vgl. Clement und Schreiber 2016, S. 253). „It seems likely that individuals base their choice on what they expect the others to decide. Thus, the individual's effort to decide hinges upon 'watching the group' - the other members in the community of actual/potential subscribers - to discern what the group choice may be. [...] The outcome for the group then turns literally upon everybody watching while being watched“ (Allen 1988. S. 260). Dieses marktliche Abstimmungsproblem ist in der Literatur auch unter dem Begriff des Pinguin-Effekts bekannt (vgl. Clement und Schreiber 2016, S. 253). Wobei der Pinguin-Effekt in Analogie zum biologischen Verhalten wilder Pinguine eine Marktsituation charakterisiert, in der die Adoptionsdynamik, trotz Interesse der Nachfrager an der Neuerung, vollständig zum Erliegen kommen kann, wenn sich keine hinreichend große Nachfragermenge zu einer Initialadoption der Neuerung entschließt (vgl. Choi 1997, S. 422).

Das Problem der kritischen Masse lässt sich anschaulich an einer stilisierten Angebots- und Nachfragekurve verdeutlichen (vgl. Abbildung 15). Nehmen wir an, ein Netzwerkut sei durch einen konstanten Durchschnittskostenverlauf gekennzeichnet. Aus mikroökonomischen Standardüberlegungen heraus müssen bei konstanten Durchschnittskosten auch konstante Grenzkosten vorliegen. Bei vollkommener Konkurrenz würde die Angebotskurve daher einer waagrechten Linie in Höhe der Durchschnitts- beziehungsweise der Grenzkosten entsprechen. In Anlehnung an Rohlfs kann die Nachfragekurve für ein Netzwerkut durch eine umgekehrt u-förmige Kurve beschrieben werden (vgl. Rohlfs 1974, S. 28). Die Schnittpunkte beider Kurven (A und B) repräsentieren dabei lokale Gleichgewichte. Im Bereich zwischen A und B ist die Zahlungsbereitschaft der Konsumenten höher als der tatsächliche Angebotspreis, so dass die Nachfrage in diesem Bereich ansteigen wird bis schlussendlich Punkt B erreicht ist. Übersteigt der Angebotspreis des Netzwerkutes hingegen die Zahlungsbereitschaft der Konsumenten (Punkt C), so verzichten die Konsumenten auf ihren Kauf, mit der Folge, dass sich die nachgefragte Menge wieder bei Punkt B einpendelt. Punkt B stellt somit ein stabiles Gleichgewicht dar. Das lokale Gleichgewicht in A hingegen ist nicht stabil. Haben nur wenige Nachfrager das Netzwerkut erworben (Punkt D), so übersteigt ihre Zahlungsbereitschaft den tatsächli-

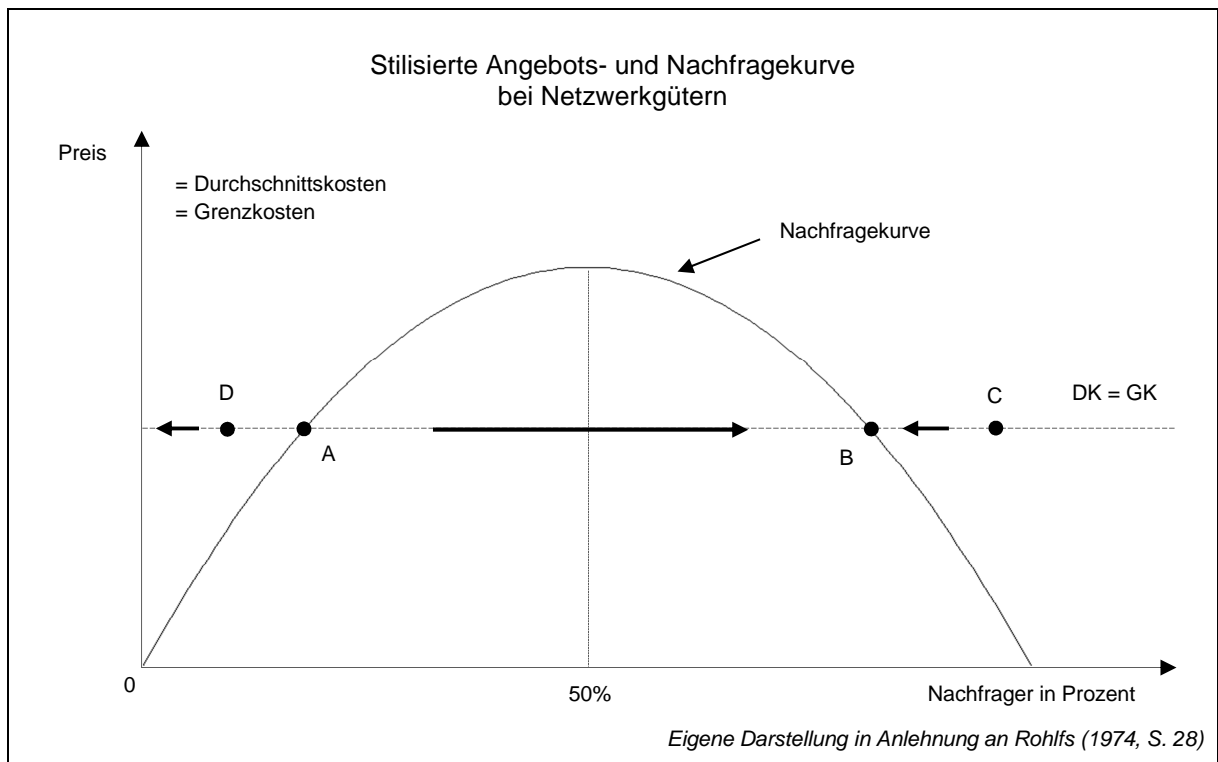


Abbildung 15: Nachfragedynamik bei Netzwerk­gütern

chen Angebotspreis. Folglich bewegt sich auch die Nachfrage nach dem Netzwerk­gut gegen Null. Der Nullpunkt schließlich stellt in sich selbst ein stabiles Gleichgewicht dar. Punkt A repräsentiert in dieser stilisierten Betrachtung die kritische Masse an Kunden, die notwendig sind, damit die Gesamtnachfrage im System auf Punkt B ausgeweitet werden kann. Dieser Punkt stellt also einen kritischen Schwellenwert dar, bei dessen Überschreitung die selbsttragenden Marktprozesse in Gang gesetzt werden, die die Diffusion des Netzwerk­gutes vorantreiben (vgl. Clement und Schreiber 2016, S. 237 f.). Der Zeitpunkt, an dem die kritische Masse eines Systems erreicht wird, lässt sich analytisch auch aus der Ableitung einer Diffusionsgleichung bestimmen (vgl. Abbildung 16). Beim Überschreiten der kritischen Masse erreicht der Diffusionsprozess seine maximale Beschleunigung (vgl. Sundqvist et al. 2002, S. 554). Unterhalb der kritischen Masse überwiegen negative Netzeffekte, oberhalb der kritischen Masse hingegen dominieren positive Netzeffekte (vgl. Clement und Schreiber 2016, S. 237 f.). Der Kritische-Masse-Punkt determiniert somit eine kritische Schwelle für das gesamte System, die über Erfolg oder Misserfolg der Innovationsdiffusion entscheidet: „Positive feedback makes the strong get stronger and the weak get weaker, leading to extreme outcomes. [...] if a technology is on a roll [...] positive feedback translates into rapid growth: success feeds on itself“ (Shapiro und Varian 1998, S. 175 f.).

Das Überschreiten der kritischen Masse wird in der Diffusionsforschung häufig auch synonym mit dem Begriff des Take-Offs gleichgesetzt (vgl. Chandrasekaran und Tellis 2007, S. 39 ff.). Golder und Tellis definieren den Take-Off als einen Übergangszeitraum im Lebenszyklus einer Innovation (Golder und Tellis 1997, S. 257). Der Take-Off charakterisiert dabei den Übergang von einer Phase langsamer Diffusion in eine Phase beschleunigter Diffusion (vgl. Schmidt 2009, S. 31). Die genaue Kenntnis, wann ein neues Produkt den Zeitpunkt des Take-Offs erreicht, ist für Manager und Marketingfachleute von großer Bedeutung, denn auf den Take-Off folgt in aller Regel ein rasanter Anstieg der Absatzzahlen, die einer unternehmensinternen Abstimmung von Ressourcen und Produktionskapazitäten bedarf (vgl. Agarwal und Bayus 2002, S. 1024 ff., Golder und Tellis 1997, S. 256 ff.). Zu wissen, wann mit dem Take-Off gerechnet werden kann, ist also aus unternehmerischer Sicht mit entscheidenden Vorteilen auf der operativen und strategischen Ebene verbunden (vgl. Schmidt 2009, S. 31).

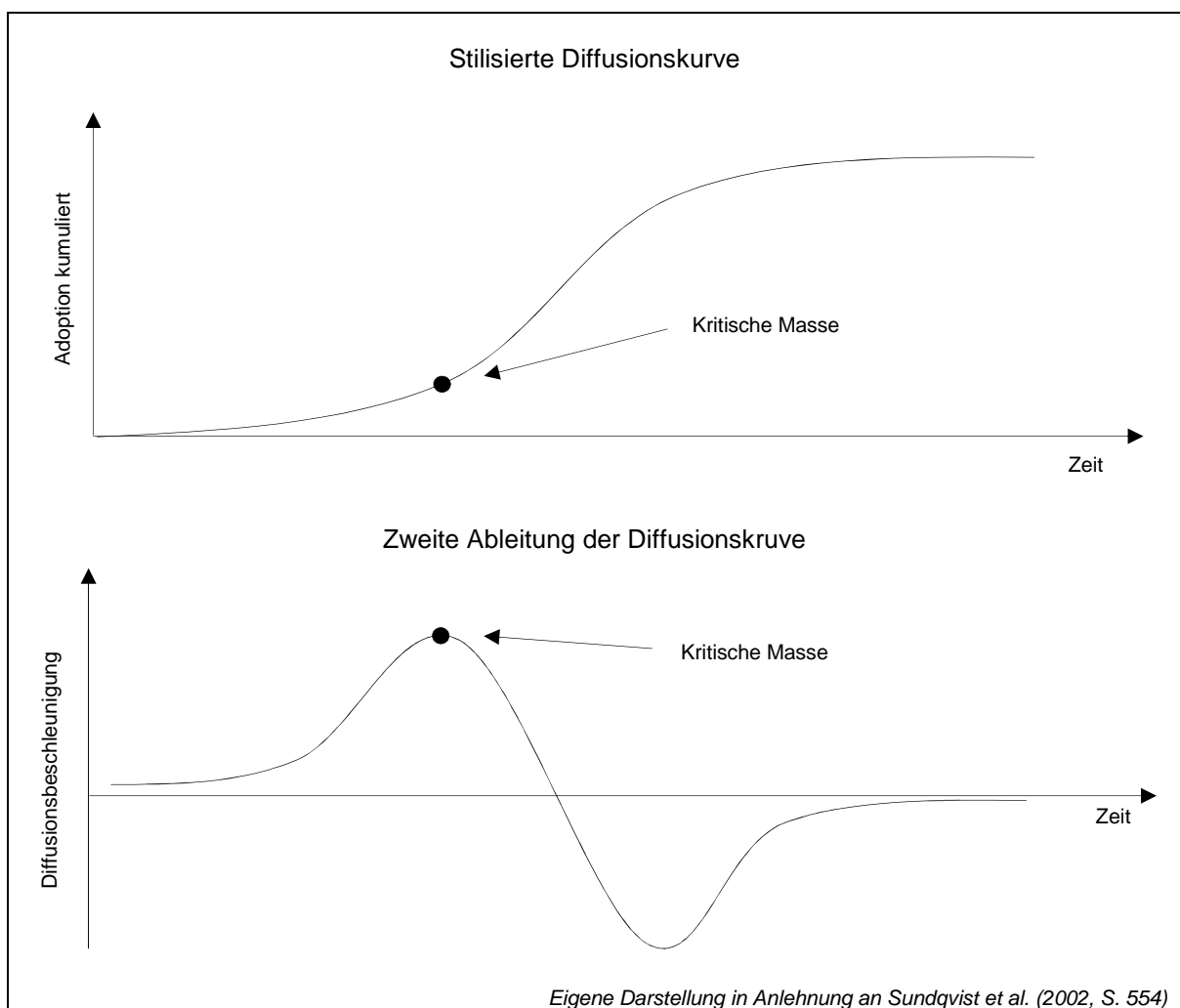


Abbildung 16: Diffusion und Kritische Masse

2.5 Standardisierung und Standardkriege

Nachdem in den Abschnitten 2.1 bis 2.4 die adoptions- und diffusionstheoretischen Grundlagen skizziert wurden, soll der Interessenfokus in diesem Abschnitt auf technologische Standardisierungsprozesse gerichtet werden. Da das Hauptaugenmerk in dieser Arbeit auf der Beschreibung von technologischen Diffusionsprozessen liegt, ist dieser Schritt notwendig, um die zum Verständnis von marktlichen Standardisierungs- und Diffusionsdynamiken erforderliche Theoriebasis zu komplettieren sowie auch, um den konzeptionellen Bezugsrahmen für die spätere Modellanalyse vollumfänglich aufzuspannen. Um in dieser Betrachtung begriffliche Konfusion zu vermeiden, erscheint es zunächst notwendig den Begriff „Standard“ zu konkretisieren (vgl. Grathwohl 2015, S. 11). Im Allgemeinen versteht die wissenschaftliche Literatur unter Standardisierung eine Verringerung der Variantenvielfalt (vgl. Knorr 1993, S. 26). Standardisierung kann daher als ein Vereinheitlichungsprozess aufgefasst werden, durch den der potentielle Möglichkeitsraum soweit reduziert wird, bis im Extremfall nur noch eine mögliche Alternative als so genannter Standard übrig bleibt (vgl. Grathwohl 2015, S. 12). Die wissenschaftliche Literatur trifft dabei häufig eine Unterscheidung hinsichtlich der rechtlichen Verbindlichkeit von Standards (vgl. Ehrhardt 2001, S. 14). Wird ein Standard rechtlich vorgeschrieben, so handelt es sich um einen de jure Standard (vgl. Feng 2006, S. 201). Kann sich ein Standard hingegen eigenständig durch freiwillige Übernahmen etablieren, so wird er als ein de facto Standard bezeichnet (vgl. Schoechle 2009, S. 145).

Je nach Blickwinkel können grundsätzlich unterschiedliche Typen von Standards differenziert werden (vgl. Riillo 2009, S. 2). Für die Analysezwecke in dieser Arbeit erscheint zunächst eine Unterscheidung zwischen technischen und gesellschaftlichen Standards sinnvoll (vgl. Fräßdorf 2009, S. 5). Gesellschaftliche Standards regeln die Art und Weise, wie Menschen miteinander interagieren und zusammenleben (vgl. Hofbauer 2009, S. 209). Solche, das soziale Verhalten von Menschen bestimmenden Standards, entstehen aus dem Inneren des gesellschaftlichen Systems heraus und werden in der Regel durch alle Mitglieder der Gesellschaft etabliert (vgl. Weise et al. 1993, S. 375). Sie können als Verhaltensnormen, kulturelle Konventionen oder juristische Regelwerke in Erscheinung treten und definieren die relevanten Ausdrucksformen kultureller und sozialer Erwartungsstrukturen in der Gesellschaft (vgl. Becke 2008, S. 190). Im Unterschied hierzu ist der Wirkungsradius tech-

nischer Standards weitaus geringer. Allgemein können technische Standards als ein von den meisten Marktteilnehmern akzeptiertes Konzept zur Lösung technischer Probleme aufgefasst werden (vgl. Kleinaltenkamp 1993, S. 19). Technische Standards definieren also die Menge technischer Spezifikationen, die von einem Produzenten entweder tazit oder in Folge eines formalen Agreements eingehalten werden (vgl. David und Greenstein 1990, S. 4). Grundsätzlich lassen sich durch technische Standardisierung zwei unterschiedliche Ziele verfolgen: Technische Standards können entweder eine bestimmte Mindestqualität technischer Komponenten sicherstellen oder die Kompatibilität zwischen unterschiedlichen komplementären Komponenten gewährleisten (vgl. David und Greenstein 1990, S. 4). Technische Standardisierung garantiert somit in diesem Kontext, dass technische Komponenten in größere technologische Systeme integriert und durch eine Vielzahl unterschiedlicher Akteure genutzt und verwertet werden können (vgl. Van de Kaa et al. 2011, S. 1397 ff.).

Technische Standardisierung kann dabei durch gesetzgebende, staatliche Organe zum Wohle der Allgemeinheit oder auf Wunsch einzelner Interessengruppen erzwungen werden (vgl. Greenstein 1992, S. 538 ff., David und Greenstein 1990, S. 29 ff.). In der Regel werden politisch motivierte Standardisierungsprozesse durch nationale und internationale Organisationen koordiniert (vgl. Straube et al. 2007, S. 1). Auf internationaler Ebene sind in diesem Zusammenhang insbesondere die International Standards Organization sowie das European Committee for Standardization zu nennen (vgl. Duque-Antoñ 2002, S. 1). Auf nationaler Ebene spielen das Deutsche Institut für Normung sowie die Bundesnetzagentur eine wesentliche Rolle (vgl. Ehrhardt 2000, S. 21). Häufig kontrollieren diese Organisationen die Einhaltung von Normen und sanktionieren Verfehlungen geltender Standardvorschriften bei Bedarf (vgl. Scherer 2002, S. 182). Sie nehmen somit regulierenden Einfluss auf das Marktgeschehen. Standardisierung kann jedoch auch auf freiwilliger Basis durch Abkommen und Kooperationsbestrebungen zwischen staatlichen und nichtstaatlichen Akteuren zustande kommen (vgl. Grathwohl 2015, S. 14). Standardisierungsbestrebungen müssen dabei nicht zwingend kommerzielle Absichten verfolgen (vgl. Thum 1995, S. 23). Einheitliche Standards können sich nämlich auch bei so genannten Free-to-Use Technologien etablieren (vgl. Wey 1999, S. 250). Die Technologiestandards können in diesem Fall durch jeden Anwender frei genutzt, modifiziert und erweitert werden (vgl. Diekmann und Hagenhoff 2004, S. 5). Als Beispiel hierfür kann das Betriebssystem UNIX genannt werden, das Ende der 1960er Jahre von den Bell

Laboratories entwickelt wurde und anschließend als quelloffenes Betriebssystem vor allem an US-amerikanischen Universitäten starke Verbreitung fand (vgl. Schilling 1999, S. 265). Später diente UNIX als Vorbild für alle unter GNU/Linux subsumierbaren Betriebssysteme, die auch heute noch als freie Software in unterschiedlichen Varianten verfügbar sind (vgl. Willemer 2014, S. 26). Dass sich Marktstandards auf Basis einer Free-to-Use Technologie herausbilden, stellt allerdings abseits des IuK-Sektors eher eine Ausnahme und nicht den Normalfall dar (vgl. Hess und Matt 2013, S. 46). Weitaus häufiger erfolgt die Entwicklung neuer Technologiestandards stattdessen mit eindeutigen Kommerzialisierungsabsichten (vgl. van Wegberg 2004a, S. 24). In der wissenschaftlichen Literatur wird in diesem Kontext auch häufig von proprietären Standards gesprochen (vgl. Clement und Schreiber 2016, S. 65). Im Rahmen einer proprietären Standardisierung sind die jeweiligen Marktakteure bestrebt, ihre Technologien als dominante Marktdesigns zu etablieren (vgl. Soh 2010, S. 438). Dabei geht die Entwicklung eines dominanten Designs typischerweise mit großen Zeit- und Ressourceninvestitionen einher (vgl. Schilling 1999, S. 265). Ex ante ist den am Standardisierungsprozess beteiligten Akteuren dabei in der Regel nicht klar, welche Technologiealternativen sich schlussendlich zu dominanten Designs entwickeln werden und welche nicht (vgl. Picht 2013, S. 183). Standardsetzende Unternehmen tragen somit aufgrund dieser großen Marktunsicherheiten ein nicht unerhebliches Standardisierungsrisiko (vgl. Sosa 1999, S. 176). Gerade in Wettbewerbssituationen, die durch Konkurrenz mehrerer Standards gekennzeichnet sind, kann sich der eigene Technologiestandard daher als eine teure Fehlinvestition entpuppen (vgl. zum Beispiel HD-DVD für Toshiba und Betamax für Sony). Aus diesem Grund stellen Formatkriege im realen Wirtschaftsgeschehen in der Regel absolute Ausnahmeerscheinungen dar (vgl. Gallagher 2012, S. 90).

Wird die Rivalität standardsetzender Akteure trotz der großen Risiken im Markt ausgetragen, so führt dies, wie zahlreiche Beispiele aus der Vergangenheit zeigen, nicht selten zu einem ruinösen Konkurrenzkampf (vgl. Devlin 2009, S. 228). Derartige Wettkämpfe stellen dabei an und für sich genommen kein charakteristisches Merkmal moderner Märkte dar (vgl. Gallagher 2012, S. 90). Wie zum Beispiel der historische Konkurrenzkampf zwischen den unterschiedlichen Spurweitenstandards im Schienenverkehr nord- und südamerikanischer Staaten oder auch die offen ausgetragenen Marktrivalitäten zwischen den Vertretern von Wechselstrom und Gleichstrom im späten 19. Jahrhundert belegen, stellen Standardkämpfe grundsätzlich kei-

Zeitraum	Umkämpfter Bereich	Konkurrierende Formate
Ab 1990	Webbrowser	Netscape, Internet Explorer, NCSA Mosaic, Opera, etc.
	3D-Grafik	DirectX, OpenGL, Glide API
	Drahtlose Übertragung	WiFi, Bluetooth
	Streaming	MOV, AVI, WMV, RA, MPEG, XviD, DivX
Ab 2000	Speicherkarten	SxS, UFC, C-Flash, SDHC, miniSD, microSD, MiniCard, xD-Picture Card, etc.
	Beschreibbare DVDs	DVD+R, DVD+RW, DVD-R, DVD-R(A), DVD-R(G), DVD-RW, DVD-RAM
	Hochauflösende DVDs	Blu-Ray, HD-DVD, HVD, FVD, VMD
	Digitale Audioformate	MP3, Ogg Vorbis, MPEG-4 Audio, Windows Media Audio, FLAC, HE-AAC
Ab 2010	Digitale Videoformate	H.264/H.265, WebM, Theora
	Mobilfunkstandards	WiMAX, LTE-Advanced
	Kinoformate	IMAX, Dolby Cinema, CFGS; Ultra AVX, Barco Escape, Extra Experience
	Browser-Plug-ins	NPAPI, PPAPI

Quellen: Van de Kaa und de Vries (2015), Chang (2013), Gallagher (2012), Gauch (2008), Spinello (2005), Jenkins et al. (2004), van Wegberg (2004a), Dranove und Gandal (2003), Gregory und Katzman (2003), Keil (2002)

Tabelle 4: Ausgewählte Formatkriege im IuK-Sektor

ne neuen Markterscheinungen dar (vgl. Shapiro und Varian 1999, S. 9 ff.). Auch wenn Formatkriege per se kein Novum der modernene Märkte sind, so hat ihre Intensität in den letzten Jahren, begünstigt durch die starke Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien, dennoch spürbar zugenommen (vgl. Varian et al. 2004, S. 38). Tabelle 4 zeigt hierzu eine kleine Auswahl der wohl bekanntesten Formatkriege, die in den letzten Jahren durch technologische Entwicklungen im IuK-Sektor induziert wurden. Das vermehrte Auftreten von Standardwettkämpfen im IuK-Sektor kann dabei ein Stück weit auch als Folge der Durchsetzung von internetbasierten Technologien sowie den daraus resultierenden Veränderungen im Medienkonsum gewertet werden (vgl. Shin et al. 2015, S. 152). Die zunehmende Häufung von Formatkriegen in diesem Sektor deutet aber auch auf eine Verschärfung des wettbewerblichen Umfeldes sowie auf immer eine größer werdende technische Komplexität der IuK-Märkte hin (vgl. Narayanan und Chen 2012, S. 1376).

Die Intensität des marktlichen Wettbewerbs, dahingehend ist sich die wissenschaftliche Literatur weitestgehend einig, richtet sich dabei in erster Linie nach dem Ausmaß an Kompatibilität, die ein Standard gegenüber den bereits etablierten Technologien im Markt aufweist (vgl. Köster 1999, S. 89). Findet durch einen neuen technischen Standard nur eine inkrementelle Verbesserung statt, so führt diese Entwicklung häu-

fig zu einem evolutionären Wettbewerb zwischen den alten und neuen Technologiegenerationen im Markt (vgl. Shapiro und Varian 1999a, S. 16). Solche Wettbewerbssituationen sind dabei in aller Regel durch einen hohen Grad an Interkompatibilität geprägt, so dass die Wechselkosten von einem alten technischen Standard auf einen neuen technischen Standard vergleichsweise gering bleiben (vgl. Sandred 2001, S. 65). Als Beispiel hierfür lässt sich unter anderem die technologische Entwicklung des Personal Computers anführen, die insgesamt betrachtet einen recht hohen Grad an Rückwärtskompatibilität vorweisen kann (vgl. Sherif 2009, S. 345). Die hohe Kompatibilität ist dabei nicht zufällig, sondern spiegelt das Ergebnis einer koordinierten Produktgestaltung wider, die als eine bewusste und mit strategischer Absicht getroffene Entscheidung der standardsetzenden Akteure verstanden werden muss (vgl. Grathwohl 2015, S. 16).

Liegt im Unterschied zu der soeben beschriebenen Wettbewerbssituation allerdings keine Kompatibilität zwischen den alten und neuen Markttechnologien vor, so finden auf den jeweiligen Märkten disruptive Wandelprozesse statt, die durch einen revolutionären Wettbewerb gekennzeichnet sind (vgl. Shapiro und Varian 1999a, S. 15). Der Übergang im Home-Video Bereich von VHS-basierten Wiedergabesystemen auf die neue DVD-Technologie stellte um die Jahrtausendwende beispielsweise einen solchen revolutionären Standardwechsel dar (vgl. Lee und O'Connor

		Technologie B	
		kompatibel	nicht kompatibel
Technologie A	kompatibel	rivalisierend evolutionär	Evolution vs. Revolution
	nicht kompatibel	Revolution vs. Evolution	rivalisierend revolutionär

*Eigene Darstellung in Anlehnung an
Shapiro und Varian (1999a, S. 16)*

Tabelle 5: Formen der Technologiekonkurrenz

2003, S. 244). Die neue DVD-Technologie war inkompatibel zu der alten VHS-Technologie und erforderte von den Konsumenten entweder den Verzicht auf die Wiedergabe alter Filmtitel auf VHS oder die komplette Neuanschaffung dieser auf der DVD. Folgerichtig ging der Wechsel von VHS auf DVD also nur mit hohen Wechselkosten der Nachfrager einher (vgl. Lin und Huang 2014, S. 169).

Sind die neuen, konkurrierenden Standards inkompatibel zueinander aber beide kompatibel zu der alten Technologie, wird die Wettbewerbssituation als rivalisierende Evolution bezeichnet (vgl. Sandred 2001, S. 67). Als Beispiel lässt sich hierfür der Konkurrenzkampf zwischen DVD und DivX anführen (vgl. Dranove und Gandal 2003, S. 363). Obwohl beide Technologiestandards inkompatibel zueinander sind, können ältere Datenträger wie die CD problemlos auf DVD- und DivX-basierten Systemen wiedergegeben werden (vgl. Shapiro und Varian 1999a, S. 16). Die Wechselkosten von der alten Technologie auf die neue sind unter diesen Gesichtspunkten vergleichsweise gering (vgl. van Wegberg 2004b, S. 238). Die fehlende Kompatibilität zwischen den neuen Standards verursacht jedoch Wechselkosten zwischen den neuen Technologien in einer nicht zu vernachlässigenden Höhe (vgl. Dranove und Gandal 2003, S. 364).

Schlussendlich können Standardkriege auch in einer Situation münden, in der sowohl Inkompatibilität zueinander als auch zu der alten Technologie vorliegt (vgl. Sandred 2001, S. 67). Eine derartige Wettbewerbskonstellation wird in der Fachliteratur als rivalisierend revolutionär bezeichnet (vgl. Shapiro und Varian 1999a, S. 15). Aus Sicht der Konsumenten ist das Adoptionsrisiko in diesem Fall am höchsten. Die Wechselkosten vom alten Standard auf den neuen sind hoch (vgl. Nonaka und Teece 2001, S. 140). Entscheidet man sich für den falschen Standard, können irreversible Verluste und weitere Umstellungskosten entstehen (vgl. Seba 2006, S. 106). Rivalisierend evolutionäre Standardkriege zeichnen sich daher durch besonders geringe Adoptionsraten in der Anfangsphase der Diffusion aus (vgl. Beck 2006, S. 44). Die Nachfrager beobachten in solchen Fällen das Marktgeschehen besonders kritisch und warten auf erste Marktsignale, die Anhaltspunkte auf die bevorstehende Dominanz des einen oder anderen Standards geben könnten (vgl. Vercoulen und van Wegberg 1998, S. 9). Einen neuen Standard adoptiert die große Masse der Nutzer erst, wenn sie glaubhafte Erwartungen bilden kann, dass der von ihnen gewählte Standard den Kampf um Marktdominanz auch tatsächlich gewinnen wird (vgl. Picot et al. 2001, S. 67).

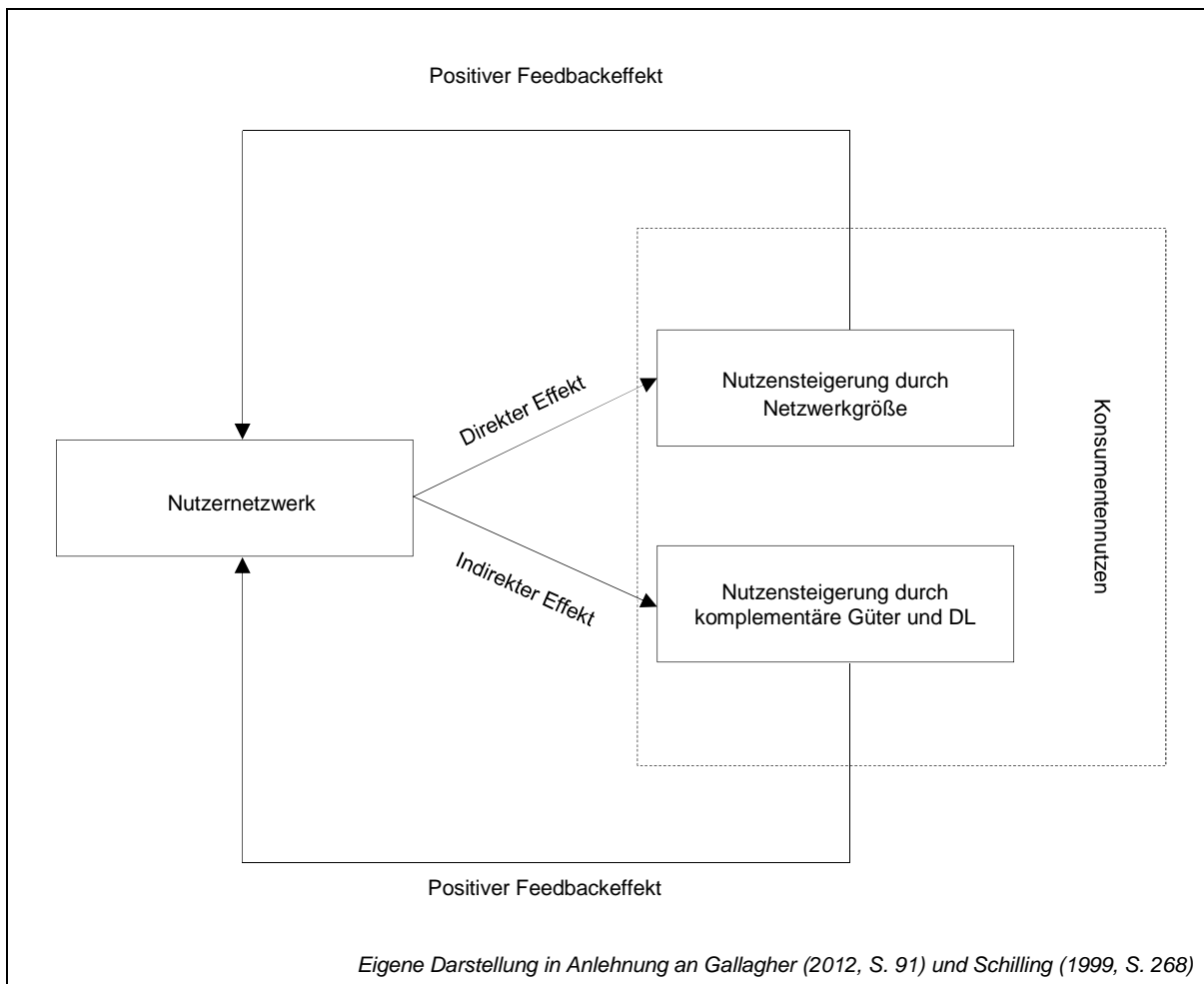


Abbildung 17: Feedbackeffekte und Nutzernetzwerk

Standardkriege treten vornehmlich in Märkten und Industrien auf, die durch positive Konsumexternalitäten gekennzeichnet sind (vgl. Abschnitt 2.3). Direkte Netzwerkexternalitäten führen dazu, dass die Technologie aus Sicht der Nachfrager mit einem umso höheren Nutzen in Verbindung gebracht wird, je mehr Konsumenten diese Technologien tatsächlich nutzen (vgl. Farrell und Saloner 1986, S. 940 ff., Katz und Shapiro 1985, S. 424 ff.). Zugleich bewirkt die Verfügbarkeit von Komplementärgütern einen positiven indirekten Effekt, der die Technologienutzung stimuliert (vgl. Abbildung 17). Zusammen führen beide Effekte zu einer Rückkopplung, die sich positiv auf die Anwenderbasis auswirkt, so dass immer mehr Nutzer die Technologie adoptieren und das Nutzernetzwerk dadurch noch weiter an Größe gewinnt (vgl. Shapiro und Varian 1998, S. 175). In der Konsequenz kommt es zur Bildung eines so genannten Feedback-Kreislaufs mit selbstverstärkender Wirkung (increasing returns). Im Rahmen technologischer Standardkriege kann die positive Rückkopplungsdynamik durch den simultanen Diffusionsprozess konkurrierender Technologien empfindlich gestört werden. Ein Technologiestandard kann zum Beispiel die Nutzerbasis des

konkurrierenden Standards aushöhlen oder das Erreichen einer kritischen Masse verlangsamen. Wie genau sich Märkte bei Technologiewettbewerb verhalten und welches Marktergebnis am Ende eines Standardkrieges schlussendlich zu erwarten ist, lässt sich jedoch mit Hilfe einfacher, theoretischer Überlegungen nicht genau vorhersagen. Im nachfolgenden Abschnitt werden die hier diskutierten Effekte anhand eines in der Forschungsliteratur viel beachteten Fallbeispiels (Blu-Ray vs. HD-DVD) illustriert. Dabei wird gezeigt, dass reale Wettbewerbsprozesse äußerst komplex und vielschichtig sein können, und dass die Größe der Anwenderbasis als einer der wichtigsten Erfolgsfaktoren im Kampf um die Marktdominanz verstanden werden kann (vgl. Wurster 2011, S. 79).

2.5.1 Fallbeispiel: Blu-Ray vs. HD-DVD

Anfang der 2000er Jahre nahmen mit Sony und Toshiba zwei große japanische Elektronikhersteller die Entwicklung eines neuen Technologiestandards zur Ablösung der konventionellen DVD auf. Beide Unternehmen setzten dabei auf den so genannten blauen Laser. Blaues Licht verfügt über eine kürzere Wellenlänge als rotes Licht. Daher kann ein blauer Laser Daten viel kompakter anordnen als ein roter (vgl. Cozzarin et al. 2012, S. 380). Die Kapazität des Speichermediums kann mit Hilfe des blauen Lasers somit um ein Vielfaches erhöht werden. Gegenüber einer gewöhnlichen DVD mit ihren 4 bis 5 GB Speicherkapazität können blaue DVDs bis zu 25 GB Datenvolumen auf einer Seite aufnehmen. Die enorme Ausweitung der Speicherkapazität erlaubte in den frühen 2000er Jahren die Wiedergabe von Filmtiteln in einer nie dagewesenen Bildauflösung und legte somit den Grundstein für moderne High Definition Entertainmentsysteme (vgl. Gallagher 2012, S. 91).

Noch vor Toshiba brachte Sony am 10. April 2003 den ersten Videorecorder auf den Markt, der die neue, als Blu-Ray bezeichnete Disc wiedergeben konnte (vgl. Cozzarin et al. 2012, S. 380). Nur wenige Monate nach Sonys Debüt stellte auch Toshiba der interessierten Fachwelt einen ersten Prototyp seines blauen DVD-Players auf der internationalen CES-Messe vor. Offiziell führte Toshiba für seine blaue Disc die Bezeichnung HD-DVD ein (vgl. den Hartigh et al. 2009, S. 18). Wie bei neuen Technologien üblich, verlief die anfängliche Diffusion von Blu-Ray und HD-DVD zunächst schleppend (vgl. Gallagher 2012, S. 93).

Zeitpunkt	HD-DVD	Zeitpunkt	Blu-Ray
Okt. 2002	Toshiba stellt den ersten Prototyp mit der Bezeichnung Advanced Optical Disc vor.	1993	Shuji Nakamura entwickelt die erste blaue Leuchtdiode.
Jan. 2004	Toshiba stellt den ersten Prototyp eines HD-DVD-Players vor.	Feb. 2002	Das Blu-Ray-Projekt wird offiziell vorgestellt.
Nov. 2004	Universal Pictures, Paramount Pictures, Warner Bros., New Line Cinema und HBO kündigen ihre Unterstützung von HD-DVD an.	Apr. 2003	Erstes Blu-Ray-Gerät wird vorgestellt (Sony BDZ-S77).
Apr. 2005	Sony und Toshiba beginnen Verhandlungen über ein einheitliches Format.	Aug. 2005	Verhandlungen über die Vereinheitlichung zwischen Sony und Toshiba scheitern.
Sep. 2005	Microsoft und Intel geben ihre Unterstützung von HD-DVD bekannt.	2006	Technische Details neuer BD-ROM-Laufwerke werden bekannt gegeben.
Jan. 2006	Microsoft kündigt ein zusätzliches HD-DVD-Laufwerk für die Xbox 360 an.	Jun. 2006	Erste Blu-Ray-Player werden ausgeliefert.
Mär. 2006	Toshiba bringt den ersten HD-DVD-Player auf den Markt.	Jun. 2006	Erste Filmtitel erscheinen auf der Blu-Ray-Disc.
Nov. 2006	Verkaufsbeginn von Xbox 360 mit HD-DVD in Japan.	Nov. 2006	Verkaufsbeginn von Playstation 3 mit Blu-Ray in Japan und Nordamerika.
Aug. 2007	Microsoft kündigt an, den Verkaufspreis für Xbox 306 mit HD-DVD in den USA um 20 US-D zu senken.	Aug. 2007	Paramount Pictures und Dreamworks stellen die Unterstützung von Blu-Ray zugunsten von HD-DVD ein.
Jan. 2007	Toshiba bringt HD-DVD-Schreiblaufwerke für Desktop PCs auf den Markt.	Jan. 2007	Verkaufszahlen der Blu-Ray-Disc übersteigen erstmalig die von HD-DVD.
Jan. 2008	Toshiba reduziert die Preise für HD-DVD-Player auf 199,99 US-D.	Jan. 2008	Warner Bros. gibt die Kooperation mit Toshiba zugunsten von Blu-Ray auf.
Feb. 2008	Netflix und BestBuy wenden sich von der HD-DVD ab.	Feb. 2008	Walmart verzichtet auf den Vertrieb von HD-DVDs und führt nur noch Blu-Rays im Sortiment.
Feb. 2008	Toshiba kündigt an, alle Aktivitäten rund um die HD-DVD einzustellen.		

Eigene Darstellung in Anlehnung an den Hartigh et al. (2009, S. 18 ff.)

Tabelle 6: Chronologie des Formatkrieges zwischen Blu-Ray und HD-DVD

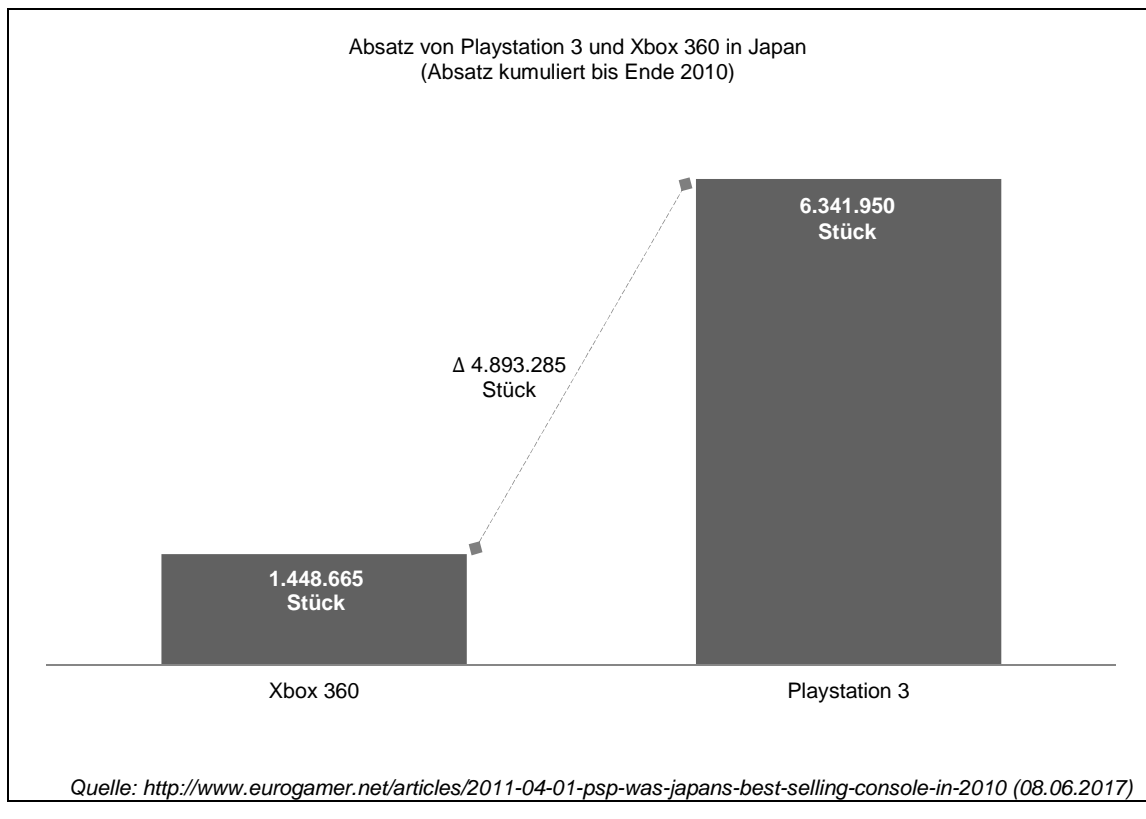
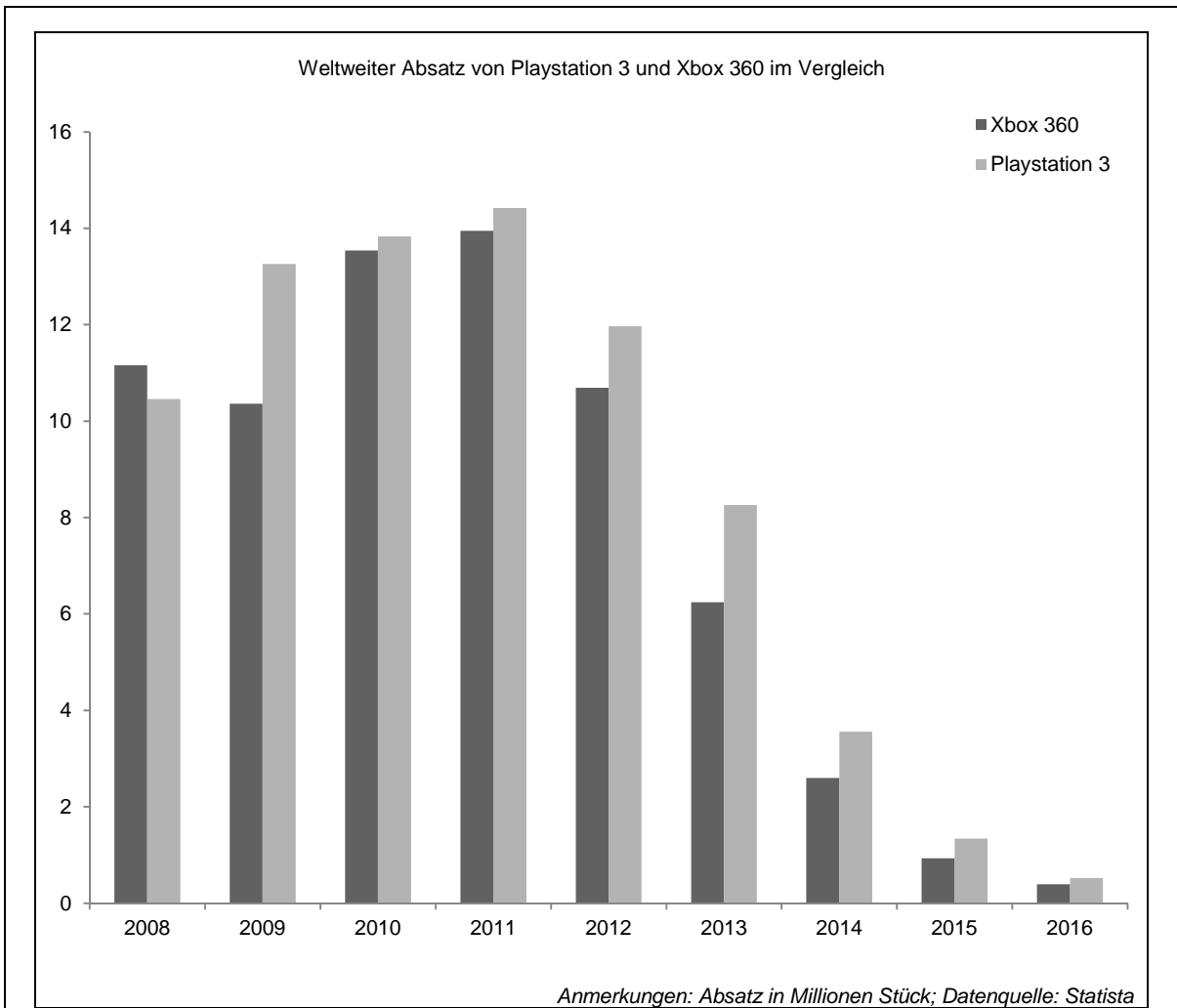


Abbildung 18: Absatzentwicklung von Playstation 3 und Xbox 360

Die Absätze von Stand-Alone-Playern beliefen sich einige Monate nach Markteinführung auf lediglich 25.000 Stück bei Sony sowie 120.000 Stück bei Toshiba (vgl. Gallagher 2012, S. 92). Die anfängliche Akzeptanz der neuen Technologien im Markt war also nicht besonders hoch. Infolgedessen haben sich sowohl Toshiba als auch Sony aktiv um die Förderung des Bekanntheitsgrades ihrer Technologien sowie den Aufbau eines breiten Komplementärangebots bemüht. Besondere Bedeutung wurde dabei Kooperationspartnerschaften mit großen Filmstudios beigemessen. Ende 2004 konnte sich Toshiba die Unterstützung einiger der wichtigsten US-amerikanischen Filmproduzenten sowie Fernsehsender sichern, darunter Universal Studios, Paramount Pictures, Warner Bros., New Line Cinema sowie HBO. Auch gegenüber Sony sicherten namhafte Unternehmen wie Walt Disney, Lionsgate oder Metro Goldwyn Mayer schon zu einem frühen Zeitpunkt ihre Unterstützung zu (vgl. Christ und Slowak 2009, S. 15 ff.).

In den ersten Jahren der Marktkonkurrenz konnte sich weder Toshiba noch Sony als eindeutiger Marktführer positionieren. Eine offensichtliche Trendwende zugunsten der Blu-Ray-Technologie löste erst die Markteinführung von Sonys Playstation 3 aus. Neben zahlreichen Funktionalitäten verfügte Sonys Spielekonsole auch über einen integrierten Player, der die Wiedergabe von hochauflösenden Blu-Ray-DVDs direkt über die Spielekonsole ermöglichte (vgl. Gallagher 2012, S. 92). Zwar verfolgte Toshiba mit Microsofts Xbox 360 ein ganz ähnliches Konzept, die Playstation 3 verkaufte sich jedoch im weltweiten Vergleich etwas besser (vgl. Abbildung 18). Allein auf dem japanischen Heimatmarkt übertrafen die kumulierten Absatzzahlen der Playstation 3 den Absatz der konkurrierenden Xbox 360 um das Vierfache (vgl. Abbildung 18). Nach erfolgreicher Markteinführung von Playstation 3 gewann die Blu-Ray-Disc einen deutlich Absatzschub. Im Januar 2007 überstiegen auf dem US-Markt die Absätze der Blu-Ray-Disc erstmalig die Verkaufszahlen der HD-DVD. Im Laufe des Jahres kündigten zudem mehrere Unternehmen an, die Unterstützung von Toshibas HD-DVD zeitnah aufgeben zu wollen. Im Januar 2008 wendete sich Warner Bros. als letztes große Filmstudio von der HD-DVD ab (vgl. McBride 2008). Im Februar desselben Jahres kündigte schließlich Walmart an, den Vertrieb von HD-DVDs zugunsten der Blu-Ray-Disc einstellen zu wollen. Nur drei Tage später meldete Toshiba offiziell die Einstellung aller laufenden HD-DVD-Projekte an. Der Standardkrieg war damit endgültig zugunsten der Blu-Ray-Disc entschieden (vgl. den Hartigh et al. 2009, S. 18 ff.).

2.5.1.1 Strategie und Taktik von Toshiba und Sony

Die Preispolitik gehört zu den mit Abstand wichtigsten strategischen Instrumenten, die ein Unternehmen anwenden kann, um wirkungsvolle Kaufanreize zu setzen (vgl. Agarwal und Bayus 2002, S. 1024 ff., Golder und Tellis 1997, S. 256 ff.). Viele Unternehmen versuchen daher gerade im Anfangsstadium der Diffusion, die Absatzentwicklung neuer Produkte durch niedrige Preise zu stimulieren (vgl. Lee und O'Connor 2003, S. 241). Auch Toshiba förderte im Kampf um die Marktdominanz den Absatz seiner HD-DVD-Player durch günstige Preise. Toshibas Geräte waren im Durchschnitt um 100 bis 200 US-D günstiger als die Konkurrenzprodukte von Sony. Bei einzelnen Rabattaktionen verlangte das Unternehmen sogar Rekordpreise von nur 99 US-D. Diesen kompetitiven Preisnachteil kompensierte Sony durch eine spiegelbildliche Preissetzungsstrategie bei der Playstation 3. Eine Playstation 3 kostete bei Einführung auf dem US-amerikanischen Markt 599 US-D. Nur ein Jahr später lag der Preis bei nur noch 399 US-D pro Gerät. Damit konnte die Playstation 3 zwar preislich nicht mit Toshibas Stand-Alone-Playern konkurrieren, im direkten Vergleich mit einer Xbox 360 war sie jedoch die preiswertere Alternative, denn mit 458 US-D verlangte Microsoft einen deutlich höheren Preis für seine mit einem HD-DVD Add-on ausgestattete Konsole (vgl. Gallagher 2012, S. 92).

Eine absatzfördernde Wirkung können Unternehmen auch durch eine geschickte Kommunikationspolitik, zum Beispiel in Form von Produktvorankündigungen, erreichen (vgl. Lee und O'Connor 2003, S. 241). Bilden Konsumenten glaubhafte Erwartungen, dass das von ihnen gewählte Produkt im Marktwettbewerb Erfolg haben wird, sind sie auch dann zum Kauf bereit, wenn sich noch kein großes Nutzernetzwerk etabliert hat (vgl. Kahan und Klausner 1997, S. 745). Genau diese Erwartungsbildung können Unternehmen durch taktische Vorankündigungen prägen, indem sie zum Beispiel öffentlichkeitswirksame Serviceversprechen abgeben, technischen Support garantieren oder ein ausreichendes Komplementärangebot in der Zukunft zusichern (vgl. Lee und O'Connor 2003, S. 250). Im Fall von Blu-Ray und HD-DVD wurde vor allem Letzteres durch Sony und Toshiba exzessiv praktiziert (vgl. Gallagher 2012, S. 91). Beide Unternehmen gaben schon frühzeitig bekannt, dass die von ihnen unterstützen Spielekonsolen über HD-DVD- bzw. Blu-Ray-fähige Laufwerke verfügen werden. Auch Kooperationsabsichten mit Spieleherstellern sowie großen Filmstudios wurden von beiden Unternehmen noch vor Erscheinen erster Film- und Spieletitel öffentlichkeitswirksam kommuniziert (vgl. den Hartigh et al. 2009, S. 16).

2.5.1.2 Konsortien hinter Blu-Ray und HD-DVD

Diffusionsprozesse auf Märkten mit Netzwerkeffekten werden in hohem Maße durch die Verfügbarkeit komplementärer Güter und Dienstleistungen bestimmt (vgl. Shurmer 1993, S. 232). Im Fall von Blu-Ray und HD-DVD konnten die standardsetzenden Unternehmen binnen kurzer Zeit große Konsortien zur Unterstützung der eigenen Technologiestandards aufbauen (vgl. Abbildung 17). Das Komplementärangebot der Partnerunternehmen in den jeweiligen Konsortien hat dabei wesentlich zum Abbau von Adoptionsunsicherheiten sowie zur Vergrößerung des Netzwerknutzens beigetragen (vgl. Christ und Slowak 2009, S. 1 ff.). Eine zentrale Funktion innerhalb der Konsortien erfüllten die großen Filmstudios, die durch die Bereitstellung von Multimediainhalten auf den jeweiligen Datenträgern den Kauf eines entsprechenden Abspielgerätes überhaupt erst initiierten (vgl. Gallagher 2012, S. 92). Insgesamt wurden auf der Blu-Ray-Disc in der heißen Konkurrenzphase der Jahre 2006 und 2007 spürbar mehr Filmtitel veröffentlicht als auf der HD-DVD. Noch deutlicher kommt dieses Verhältnis zugunsten der Blu-Ray-Disc allerdings bei Blockbuster-Filmen mit einem Umsatz von über 100 Millionen US-D zur Geltung. Tabelle 7 zeigt, dass nicht alle Filmstudios exklusiv nur einen der beiden Standards unterstützt haben. Einige Filmstudios wie Warner oder Paramount veröffentlichten zumindest zeitweise ihre Filmtitel sowohl auf Blu-Ray als auch auf HD-DVD. Eine derartige Form der Dreieckskooperation verfolgten jedoch nicht ausschließlich Filmstudios, auch Unternehmen wie Hewlett-Packard, NEC oder Hitachi unterstützten anfänglich, wie Abbildung 19 zeigt, beide Standards.

Konsortium	Filmstudio	Anzahl der Filme auf Blu-Ray	davon Blockbuster	Anzahl der Filme auf HD-DVD	davon Blockbuster
Blu-Ray	Buena Vista	54	13	0	0
Blu-Ray	Sony Pictures	98	15	0	0
Blu-Ray	Fox	46	15	0	0
Blu-Ray	Lionsgate	32	3	0	0
HD-DVD	Paramount	30	9	40	1
HD-DVD	Universal	0	0	140	31
Blu-Ray / HD-DVD	Warner Bros.	104	23	125	3
		Σ 364	Σ 78	Σ 305	Σ 35

Anmerkungen: Blockbuster = Umsatz > 100 Millionen US-D; Datenquelle: Gallagher (2012, S. 93)

Tabelle 7: Filmtitel auf HD-DVD und Blu-Ray (US-Markt: 04.06. – 12.07.)

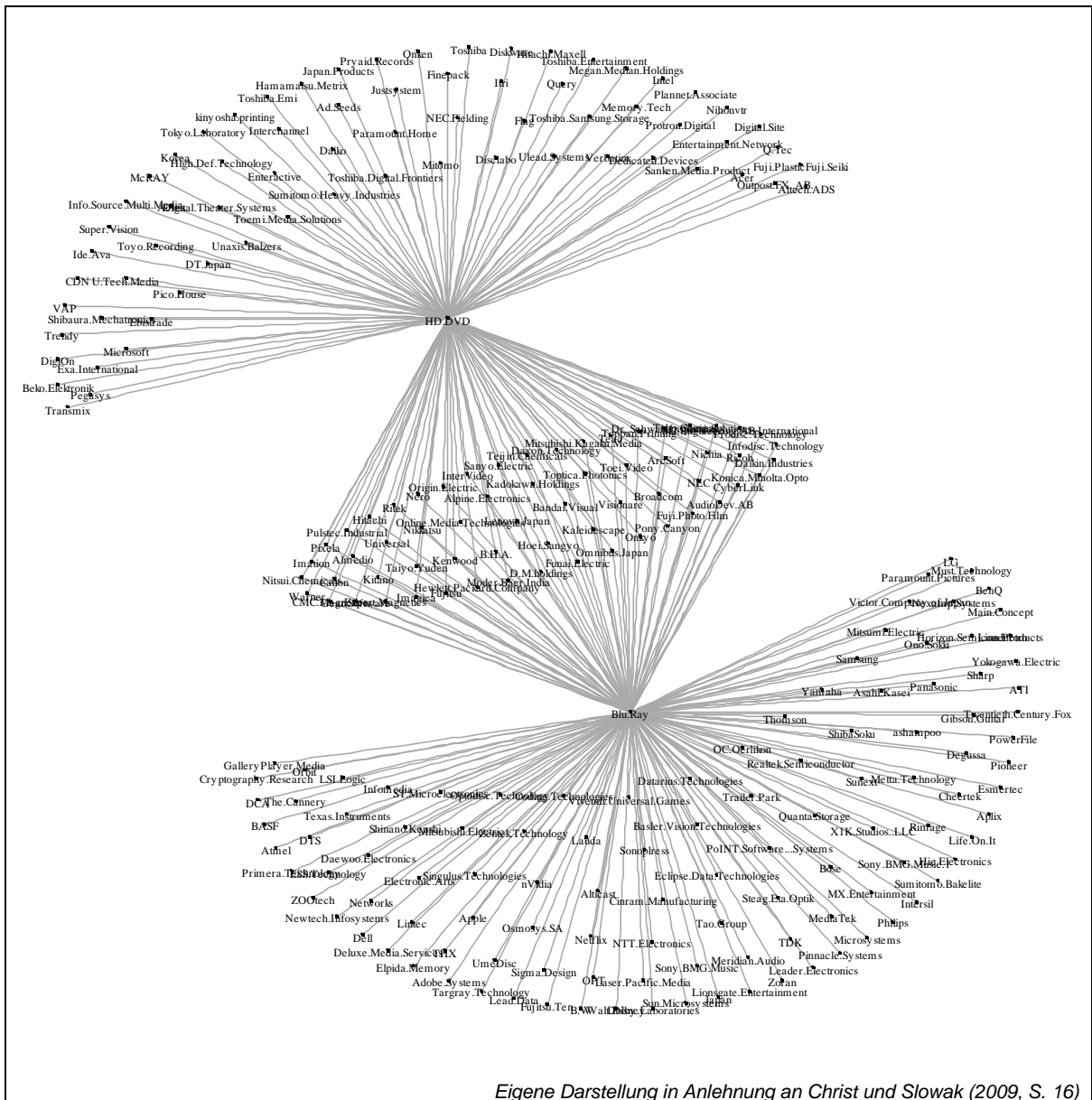


Abbildung 19: Konsortien hinter Blu-Ray und HD-DVD im Jahr 2006

Obwohl noch bis Ende 2006 beide Konsortien annähernd gleich viele Kooperationspartner aufwiesen, verlor das Unternehmensnetzwerk hinter der HD-DVD in den darauf folgenden zwei Jahren systematisch die Unterstützer. In der Schlussphase des Formatkrieges beschleunigte sich dieser Erosionsprozess zunehmend, vor allem nachdem zentrale Akteure wie Netflix, Walmart, Warner Bros. und BestBuy ihre Kooperationsvereinbarungen mit Toshiba auflösten (vgl. Tabelle 6). Die fehlende Unterstützung für den HD-DVD-Standard wird in der einschlägigen Forschungsliteratur von den meisten Autoren als ein wesentlicher Grund für den schlussendlichen Siegeszug der Blu-Ray-Technologie gewertet (vgl. Gallagher 2012, S. 90 ff., Christ und Slowak 2009, S. 1 ff., den Hartigh et al. 2009, S. 1 ff.).

2.5.1.3 Zusammenfassung

Auch wenn Sony und Toshiba den Formatkrieg unter ähnlichen Startvoraussetzungen begannen und beide Unternehmen sich in ihren Marktstrategien nur geringfügig voneinander unterschieden, so haben viele Anzeichen trotzdem schon frühzeitig auf einen bevorstehenden Siegeszug der Blu-Ray-Technologie gedeutet (vgl. Christ und Slowak 2009, S. 22). Obwohl Sonys Blu-Ray-Player signifikante Preisnachteile gegenüber Toshibas Konkurrenzgeräten aufwies, gelang es Sony trotzdem deutlich besser, ein funktionierendes Unterstützungsnetzwerk mit großer Kundenreichweite für seine Blu-Ray-Disc aufzubauen (vgl. Christ und Slowak 2009, S. 16). Das komplementäre Blu-Ray-Angebot übertraf das Angebot des HD-DVD-Konsortiums um Längen (vgl. den Hartigh 2009, S. 21). Insbesondere die Kopplung der neuen Blu-Ray-Technologie an die Playstation 3 erwies sich als ein großer strategischer Erfolg (vgl. Gallagher 2012, S. 95). Der daraufhin einsetzende Blu-Ray-Boom drängte die konkurrierende HD-DVD schließlich dauerhaft aus dem Markt (vgl. den Hartigh 2009, S. 19). In der nachfolgenden Tabelle werden abschließend die wesentlichen Fakten zum Standardkrieg zwischen Toshiba und Sony zusammengefasst.

	HD-DVD (Toshiba)	Blu-Ray (Sony)
Preissetzung und Absatz:	Preisvorteil: Stand-Alone-Player <ul style="list-style-type: none"> • 578.000 HD-DVD-Player verkauft* Preisnachteil: Xbox 360 mit HD-DVD Add-on <ul style="list-style-type: none"> • 300.000 Xbox 360 Geräte verkauft* 	Preisnachteil: Stand-Alone-Player <ul style="list-style-type: none"> • 370.000 Blu-Ray-Player verkauft* Preisvorteil: Playstation 3 <ul style="list-style-type: none"> • 2.300.000 Playstation 3 Geräte verkauft*
Kommunikationsstrategie:	Produktvorankündigungen	Produktvorankündigungen
Kooperationsstrategie:	Konsortien-Bildung: <ul style="list-style-type: none"> • HD-DVD Promotion Group (Dez. 2004) 	Konsortien-Bildung: <ul style="list-style-type: none"> • Blu-Ray-Disc Founder Group (Mai 2002) • Blu-Ray-Disc Association (Mai 2004)
Unterstützungsnetzwerk:	Nach anfänglichem Wachstum geschrumpft	Kontinuierlich gewachsen
Komplementäres Angebot:	Nach anfänglichem Wachstum geschrumpft Weniger Filmtitel als auf Blu-Ray	Kontinuierlich gewachsen Mehr Filmtitel als auf HD-DVD
Nutzerzahlen:	Umgekehrt u-förmige Entwicklung	Dauerhaft wachsende Entwicklung
Verkaufszahlen:	2,6 Millionen HD-DVDs verkauft*	4 Millionen Blu-Rays verkauft*
Langfristiger Erfolg:	Nein	Ja

Anmerkungen: () Zahlenangaben beziehen sich auf den US-Markt in 2007, Datenquelle: Gallagher (2012, S. 96)*

Tabelle 8: Strategien und Markterfolg von Toshiba und Sony im Vergleich

2.6 Synopsis und Abstraktion von Modellimplikationen

Die theoretische Ausarbeitung in dieser Arbeit verfolgte bis zu diesem Punkt das Ziel, einen möglichst breiten Überblick über die wichtigsten Konzepte und Erkenntnisse diffusionstheoretischer Forschung darzulegen. Der Fokus der Betrachtung wurde dabei sowohl auf klassische Ansätze wie die soziologische Diffusionstheorie nach Rogers als auch auf neuere Ansätze aus dem Bereich der netzwerk- und systemtheoretischen Forschung gerichtet (vgl. Abschnitte 2.1 bis 2.3). In die Betrachtung flossen darüber hinaus auch fallstudienbasierte Darstellungen mit ein, die auf einer tiefergehenden Analyse realer Diffusionsprozesse bei Technologiekonkurrenz fußen sowie ökonomische Überlegungen zu Netzeffekten, die Besonderheiten von Diffusionsdynamiken auf Netzwerkmärkten thematisieren (vgl. Abschnitte 2.4 bis 2.5). Auf dieser konzeptionellen Vielfalt aufbauend wird in der weiteren Darstellung nun eine Synopsis der wesentlichen Erkenntnisse angestrebt. Dabei sollen die wichtigsten Theoriezusammenhänge destilliert und auf einige wenige Annahmen reduziert werden. Die auf diese Weise vorgenommene Verdichtung und Abstraktion diffusionstheoretischer Zusammenhänge soll dann im nächsten Schritt das konzeptionelle Fundament der modellgestützten Analyse bilden. Insgesamt können aus dem theoretischen Diskurs sieben wesentliche Implikationen für die Formalisierung von Diffusionsdynamiken im Rahmen eines kompetitiven Modells abgeleitet werden (vgl. Tabelle 9). Diese werden im Folgenden kurz skizziert und diskutiert.

Die wohl wichtigste Implikation, die sich aus der Betrachtung der ökonomischen und soziologischen Theorien destillieren lässt, bezieht sich auf den Sachverhalt, dass marktliche Adoptionsdynamiken unter soziodemographischen Gesichtspunkten deutlich differenziert verlaufen. Wie die konzeptionellen Überlegungen in Abschnitt 2.3 belegen, fragen die Mitglieder des sozialen Systems marktliche Neuerungen also nicht homogen und einheitlich nach, sondern adoptieren Innovationen in Abhängigkeit von ihrer individuellen Risiko- und Innovationsneigung zu unterschiedlichen Zeitpunkten sowie auch aus unterschiedlichen Motiven heraus (vgl. Annahme A1, Tabelle 9). Zudem lässt sich durch die in diesem Kapitel geführte Theorieaufarbeitung deutlich zeigen, dass die Übernahme der marktlichen Neuerungen bei einigen wenigen Individuen völlig losgelöst von sozialen Zwängen und Erwartungen erfolgt. Diese systemunabhängigen Nachfrager adoptieren marktlichen Neuerungen allein aus persönlichen Motiven heraus und fragen Innovationen in der Regel mit deutlichen Zeit-

vorsprüngen gegenüber allen anderen Nachfragern im System nach (vgl. Annahme A2, Tabelle 9). Gründe hierfür können unter anderem in der exponierten Stellung dieser frühen Nachfrager im sozialen Beziehungsgeflecht liegen und/oder aus der überlegenen Ressourcen- und Informationsausstattung dieser Nachfrager resultieren (vgl. hierzu insbesondere die Diskussion um die Rolle der Meinungsführer, Boundary Spanner und Netzwerk-Hubs in den Abschnitten 2.3.3.2 und 2.3.3.3). Die intrinsisch motivierte Innovationsnachfrage dieser Individuen liefert im frühen Stadium der marktlichen Diffusion einen wichtigen Adoptionsimpuls, der die Nachfragedynamik im Gesamtsystem nachhaltig befeuert. Diese Initialadoption ist unter diffusionstheoretischen Gesichtspunkten dabei besonders wichtig, weil sie einerseits die Überwindung einer kritischen Adoptionsschwelle im System sicherstellen und andererseits die Herausbildung eines sich selbst tragenden Diffusionsprozesses fördern kann.

Obwohl die intrinsisch motivierten Innovationsnachfrager für die Durchsetzung von Neuerungen im Markt einen wesentlichen Beitrag leisten, stellen diese Nachfrager zahlenmäßig jedoch nur einen kleinen Teil des sozialen Gesamtsystems dar. Im Unterschied zu den intrinsisch motivierten Adoptoren fällt die Mehrheit der Nachfrager im sozialen System ihre Entscheidung für und wider eine Innovation nicht für sich genommen und isoliert, sondern lässt sich bei der Adoption von marktlichen Neuerungen durch eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren leiten und beeinflussen. Eine besonders große Wirkung auf die Adoptionsabsichten der Nachfrager entfalten dabei insbesondere diejenigen Faktoren, die aus dem Systeminneren Einfluss auf das Sozialverhalten nehmen und sich in Form eines beständigen sozialen Drucks reglementierend und kanalisierend auf die individuellen Adoptionsprozesse auswirken (vgl. Annahme A3, Tabelle 9). Die durch die soziale Beeinflussung initiierte Innovationsnachfrage ist in ihrer Höhe selbst von der Größe der installierten Basis abhängig. Mit zunehmender Durchdringung einer Innovation im Markt steigt aus diesem Grund auch die systemische Nachfrage nach dieser Neuerung kontinuierlich an (vgl. Annahme 4, Tabelle 9). Je mehr Nachfrager eine Neuerung übernehmen, desto größer wird also der resultierende soziale Druck auf die verbleibenden Nicht-Adoptoren, dem Beispiel der anderen Folge zu leisten (vgl. Annahme 5, Tabelle 9). Die Durchsetzung einer Innovation im Markt gestaltet sich folglich aufgrund positiver Rückkopplungseffekte zwischen der installierten Basis und den noch verbleibenden Nicht-Adoptoren im System als ein sich selbst verstärkender Prozess (vgl. Annahme 6, Tabelle 9).

Annahme A1	Die Nachfrager im sozialen System adoptieren marktliche Neuerungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten.
Implikation	→ <i>Die marktliche Nachfrage muss zeitlich heterogen modelliert werden.</i>
Annahme A2	Einige Individuen adoptieren früher als andere, weil sie die Neuerung aus intrinsischer Motivation heraus übernehmen (Adoption auf individueller Basis).
Implikation	→ <i>Intrinsisch motivierte Nachfrage wird nicht durch Dynamiken im sozialen System induziert und muss daher als exogene Größe im Modell Berücksichtigung finden.</i>
Annahme A3	Einige Individuen adoptieren später als andere, weil sie die Neuerung aus extrinsischer Motivation heraus übernehmen (Adoption durch sozialen Druck aus dem System heraus).
Implikation	→ <i>Extrinsisch motivierte Nachfrage wird durch Dynamiken im sozialen System induziert und muss daher als endogene Größe im Modell Berücksichtigung finden.</i>
Annahme A4	Der Adoptionsdruck im sozialen System steigt mit wachsender Durchdringung der Innovation im Markt kontinuierlich an.
Implikation	→ <i>Die Höhe der extrinsisch motivierten Nachfrage muss im Modell im Zeitverlauf ansteigen.</i>
Annahme A5	Die Größe der installierten Basis wirkt sich aufgrund von positiven Netzeffekten stimulierend auf die (extrinsische) Innovationsnachfrage im sozialen System aus.
Implikation	→ <i>Die Höhe der (extrinsischen) Innovationsnachfrage muss im Modell positiv von der Größe der installierten Basis abhängen.</i>
Annahme A6	Die installierte Basis kann sich im Zeitablauf dynamisch ändern. Daher passt sich auch die (extrinsische) Innovationsnachfrage in ihrer Höhe dynamisch an die Größenveränderungen der installierten Basis an.
Implikation	→ <i>Die extrinsische Innovationsnachfrage muss im Modell in Abhängigkeit von der installierten Basis als eine variable Größe konzipiert werden, die sich im Zeitablauf dynamisch anpassen kann.</i>
Annahme A7	Die Adoptionsentscheidung zwischen zwei konkurrierenden Standards wird immer zugunsten des Standards mit dem größten Nutzernetzwerk getroffen.
Implikation	→ <i>Im Modell muss (bei Vorlage aller hierzu notwendigen Informationen) eine rationale Erwartungsbildung der Nachfrager bei der Adoption angenommen werden.</i>
<p><i>Anmerkung: Die hier gewählte Unterscheidung von extrinsischen und intrinsischen Nachfragen ist nicht identisch mit der Konzeptualisierung im Rahmen von Mixed-Influencen Modellen.</i></p>	

Tabelle 9: Verdichtete Implikationen für die Modellierung

Neben dieser Sozialdynamik, die im Grunde genommen bei der Diffusion einer jeden Innovation im Markt beobachtet werden kann, muss bei der späteren Modellbildung aber auch eine andere Form der Marktdynamik berücksichtigt werden, die aus der Konkurrenz mehrerer Standards um den gleichen Markt resultiert. Ganz konkret müssen im Rahmen des Modells Aussagen darüber getroffen werden, unter welchen Bedingungen sich Nachfrager zu Gunsten des einen oder anderen Standards im Markt entscheiden und wie sich ihre Entscheidung auf das Adoptionsverhalten aller anderen Nachfrager im System auswirkt. Aus der theoretischen Analyse in Abschnitt 2.4 lässt sich hierzu schlussfolgern, dass die Nachfrager grundsätzlich stets zur Adoption derjenigen Technologie tendieren werden, die über das größere Nutzernetzwerk verfügt (vgl. Annahme 7, Tabelle 9). Wie in vorangegangenen Abschnitten ausführlich diskutiert wurde, stellt die Größe des Nutzernetzwerks aus Sicht der Nachfrager ein valides Marktsignal dar, das nicht nur die Verfügbarkeit komplementärer Güter und Dienstleistungen im Markt anzeigt, sondern auch die künftige Marktdominanz der konkurrierenden Standards glaubhaft signalisieren kann. Dabei ist es durchaus plausibel anzunehmen, dass ein derartiges Signal von den Nach-

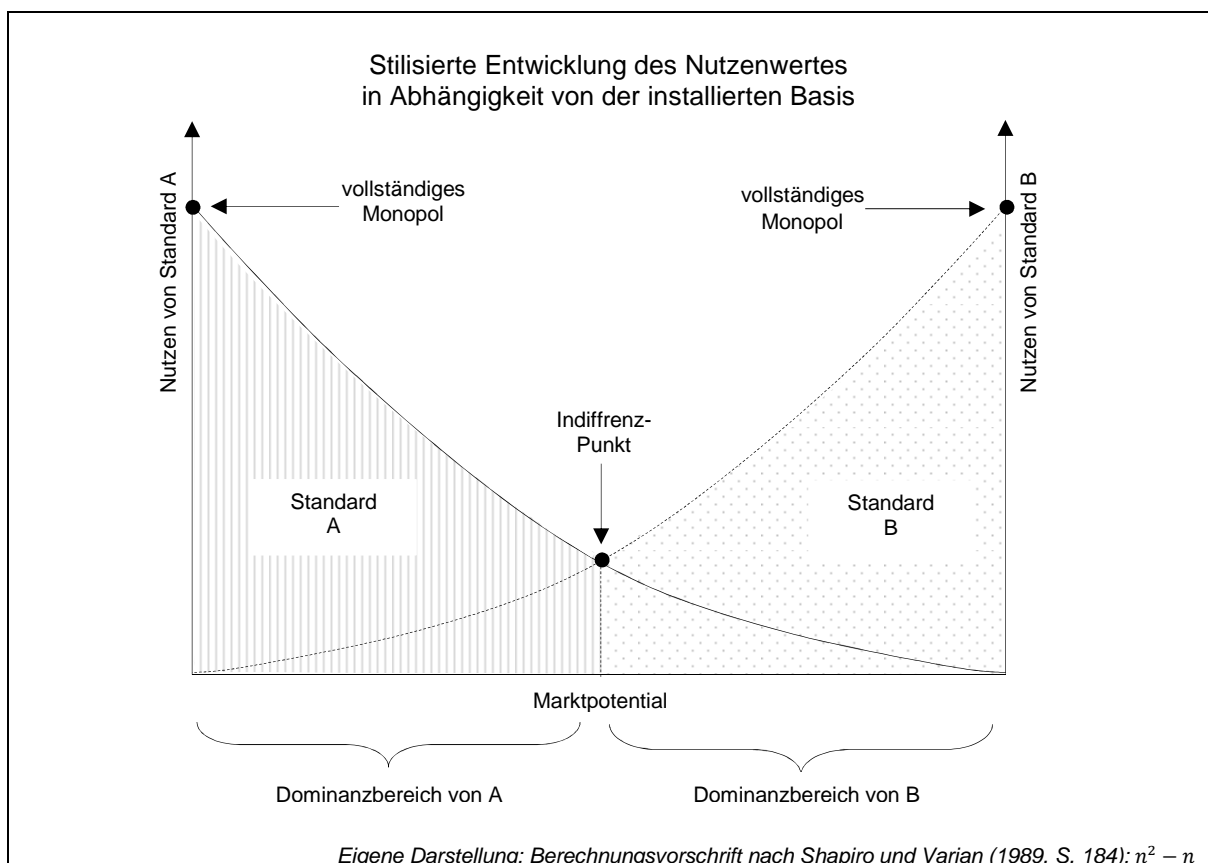


Abbildung 20: Nutzenwertentwicklung bei Standardwettkämpfen

fragern im Rahmen ihrer Adoptionsentscheidung adäquat berücksichtigt werden wird. Es ist ferner naheliegend anzunehmen, dass jeder einzelne Nachfrager die Signalwirkung, die die Größe des Nutzernetzwerks auf alle anderen Adoptoren im System entfaltet, in seiner Entscheidungsfindung ebenfalls antizipiert. Aus dieser Logik heraus muss die Adoptionsdynamik des Gesamtsystems bei rationaler Erwartungsbildung der Nachfrager und Antizipation der Signalwirkung eindeutig zu Gunsten des Standards mit der in Relation größten installierten Basis tendieren. Der hier verfolgte Gedankengang lässt sich anschaulich mit Hilfe einer stilisierten Abbildung verdeutlichen. In Abbildung 20 wird hierzu der idealtypische Zusammenhang zwischen der installierten Basis und dem Nutzenwert zweier Technologiestandards skizziert, die auf einem Markt mit positiven Netzeffekten um Nachfrager beziehungsweise potentielle Nutzer konkurrieren. In der Darstellung fällt auf, dass die um das Marktpotential konkurrierenden Standards A und B beide eindeutige Dominanzbereiche aufweisen, in denen die Nachfrager bei angenommener Rationalität jeweils einen der beiden Standards klar favorisieren müssen. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass die Nachfrager immer denjenigen Standard bevorzugt adoptieren werden, der zur Realisierung eines höheren Nutzenniveaus führen wird. Bei Märkten mit Netzeffekten ist der nutzenmäßige Wert aber, wie die konzeptionelle Überlegungen in Abschnitt 2.4 gezeigt haben, eng an die Größe des jeweiligen Nutzernetzwerks gekoppelt. Aus diesem Grund müssen die Nachfrager in dieser idealisierten Betrachtung stets den Standard mit der in Relation größten erwarteten Nutzerbasis bevorzugen.

Aus den an dieser Stelle getroffenen Annahmen über die marktliche Diffusionsdynamik lassen sich eindeutige Implikationen für die weitere Modellierung ableiten (vgl. Tabelle 9). Unter Berücksichtigung dieser theoretischen Implikationen kann im nächsten Schritt ein formales Marktmodell hergeleitet werden, mit dessen Hilfe die Nachfragedynamiken auf Märkten unter Wirkung von positiven Netzeffekten im Sinne der ökonomischen und soziologischen Diffusionstheorie wirklichkeitsnah reproduziert und erklärt werden können. Die nachfolgende Modellbildung reflektiert somit insgesamt alle wesentlichen konzeptionell-theoretischen Überlegungen, die in diesem Kapitel zusammengetragen und diskutiert wurden, und ist darüber hinaus konform mit den wichtigsten Annahmen und Grundaussagen diffusionstheoretischer Forschung. Die konkrete Übersetzung der Theorieinhalte in ein formal-mathematisches Modell erfolgt direkt im Anschluss an dieses Kapitel.

3 Formale Modellierung des Diffusionsprozesses

Wie im vorherigen Kapitel gezeigt wurde, weisen Diffusionsprozesse auf Märkten, die durch Wettbewerbs- und Konkurrenzsituationen gekennzeichnet sind, einige charakteristische Besonderheiten auf, die bei der Formulierung eines formalen Diffusionsmodells zwingend Berücksichtigung finden müssen (vgl. hierzu Abschnitt 2.4). Zum einen werden wettbewerbsorientierte Diffusionsprozesse durch nachfrageseitige Netzwerk- und Feedbackeffekte begleitet, so dass der Adoptionsdruck auf jedes einzelne Individuum umso weiter zunimmt, je größer die erwartete Anwenderbasis einer Neuerung im Markt wird (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 39). Zum anderen stellen Diffusionsprozesse aber auch bei Vernachlässigung aller Wettbewerbsaspekte schon für sich genommen komplexe soziale Vorgänge dar: Menschen lernen voneinander, tauschen Informationen aus, beeinflussen die Adoptionsentscheidungen anderer und lassen sich selbst von Meinungen ihrer Mitmenschen leiten (vgl. Hofbauer 2004, S. 6 f.). Als Adoptionssubjekte sind die Mitglieder des sozialen Systems zudem keinesfalls alle gleich (vgl. Litfin 2000, S. 48). Wie in der vorangegangenen Theorieausarbeitung dargelegt wurde, unterscheiden sich die Innovationsnachfrager in ihren sozioökonomischen Eigenschaften ebenso wie in ihren Adoptionsmotiven sehr deutlich voneinander (vgl. Hofbauer 2005, S. 24). Diese Heterogenität des sozialen Systems hat zur Folge, dass unter formalen Gesichtspunkten bei der Modellbildung mindestens zwei Gruppen von Nachfragern unterschieden werden müssen, nämlich solche, die aus intrinsischen Gründen heraus adoptieren und solche, die ihre Adoptionsentscheidungen von äußeren Einflüssen und Meinungen Dritter abhängig machen (vgl. Bass 2004, S. 1834). Die Komplexität der sozialen Realität stellt also insgesamt betrachtet recht hohe Anforderungen an die Formulierung eines mathematischen Modells (vgl. Vespignani 2012, S. 32). Dieses muss nämlich, wenn es der sozialen Realität gerecht werden will, mehrere Faktoren gleichzeitig berücksichtigen: Es muss einerseits die besondere Nachfragedynamik auf Netzwerkmärkten im Blick haben und muss aber auch zwischen den unterschiedlichen Nachfragergruppen im sozialen System differenzieren können (vgl. hierzu auch Abschnitt 2.6). In der Forschung findet gegenwärtig eine Vielzahl unterschiedlicher Diffusionsmodelle Anwendung, denen der soeben aufgezeigte Spagat zwischen den makroskopischen Dynamiken im sozialen Aggregat und den mikroskopischen Prozessen auf der individuellen Ebene unterschiedlich gut gelingt (vgl. Peres et al. 2010, S. 91 ff., Krishnan und

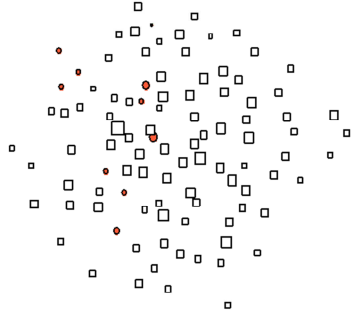
Suman 2009, S. 325 ff.). Um einen groben Überblick über diese vielfältige Modell-landschaft zu erhalten, wird im Weiteren eine kurze Charakterisierung der unterschiedlichen Modellierungsansätze, die sich in jahrzehntelanger Forschung in der Diffusionsliteratur herausgebildet haben, angestrebt. Grundsätzlich können in der einschlägigen Fachliteratur drei wesentliche Klassen von Diffusionsmodellen unterschieden werden (vgl. Young 2009, S. 1900):

1. Modelle auf Grundlage von sozialer Ansteckung (social contagion)
2. Modelle auf Grundlage von sozialem Lernen (social learning)
3. Modelle auf Grundlage von sozialer Beeinflussung (social influence)

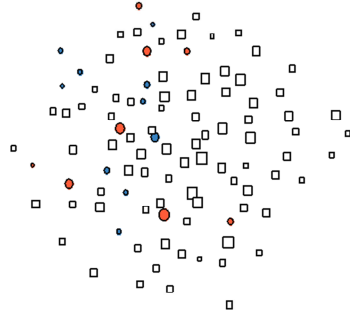
Modelle auf Grundlage von sozialer Ansteckung stellen insgesamt betrachtet die älteste unter den genannten Modellklassen dar (vgl. Hethcote 2000, S. 600). Zu den bekanntesten Vertretern dieser Modellkategorie, die Adoptionsprozesse als rein epidemische Vorgänge auffasst, gehören vor allem die aus der Biologie entlehnten SI-Modelle (vgl. Kermack und McKendrick 1927, S. 700 ff.). SI-Modelle nehmen sich biologische Ansteckungsprozesse aus der Natur zum Vorbild (vgl. Prüßl et al. 2008, S. 21). Ihr namensgebendes Akronym beschreibt dabei einen einfachen epidemischen Prozess: „Susceptible → Infected“ (vgl. Vega-Redondo 2007, S. 76). Die Ausbreitung von Innovationen wird im Rahmen dieser Modelle also ähnlich einer virologischen Erkrankung durch direkten Kontakt zwischen den Mitgliedern des sozialen Systems abgebildet (vgl. Zhang und Wang 2016, S. 1). Wer eine Innovation adoptiert, wird in gewisser Weise ansteckend für alle anderen (vgl. Prüßl 2008, S. 21). Je mehr infizierte Individuen ein System aufweist, desto größer wird die Gefahr der Ansteckung für die noch verbleibenden, gesunden Individuen im System (vgl. Vega-Redondo 2007, S. 76). Um die aus der Biologie entlehnte Infektionslogik auf die marktliche Ausbreitung von Neuerungen anwenden zu können, unterstellen Modelltheoretiker häufig, dass die Adoption von Innovationen durch den persönlichen Kontakt und/oder durch Word-of-Mouth-Effekte zwischen den Mitgliedern des sozialen Systems in Gang gesetzt und über den gesamten Diffusionszyklus hinweg aufrechterhalten wird (vgl. Zhang et al. 2016, S. 21). Da die Adoptionswahrscheinlichkeit dabei an die Anzahl der Adoptoren im System gekoppelt ist, nimmt der Adoptionsdruck im Rahmen von SI-Modellen solange zu, bis alle Nachfrager Kenntnis von der Neuerung erlangt und diese schließlich adoptiert haben (vgl. Abrahamson und Rosenkopf 1997, S. 289). In Abbildung 21 wird ein klassischer epidemischer Diffusions-

Simulation einer epidemischen Diffusion in einem dynamischen Small-World-Netzwerk

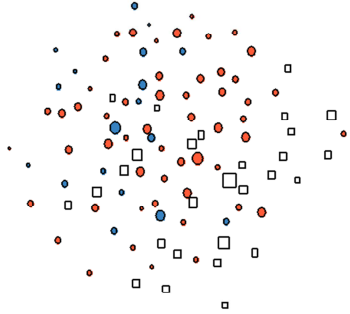
Netzwerkdurchdringung
in Periode 1



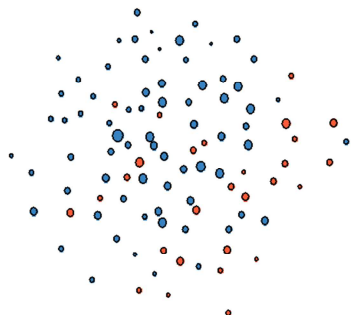
Netzwerkdurchdringung
in Periode 4



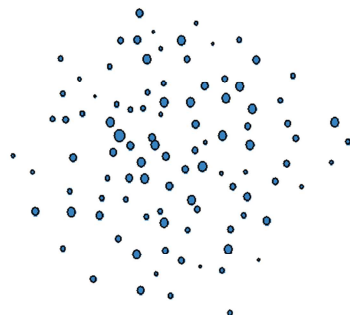
Netzwerkdurchdringung
in Periode 8



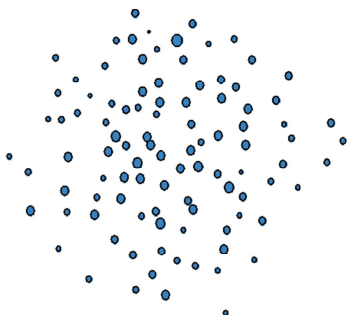
Netzwerkdurchdringung
in Periode 12



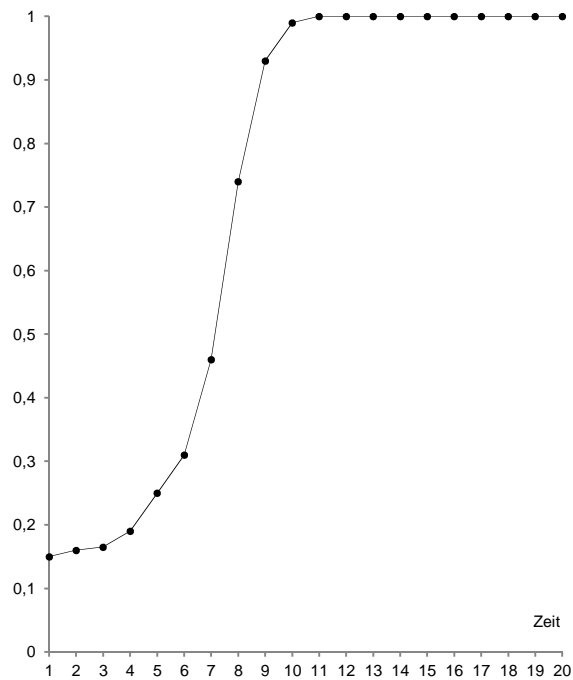
Netzwerkdurchdringung
in Periode 16



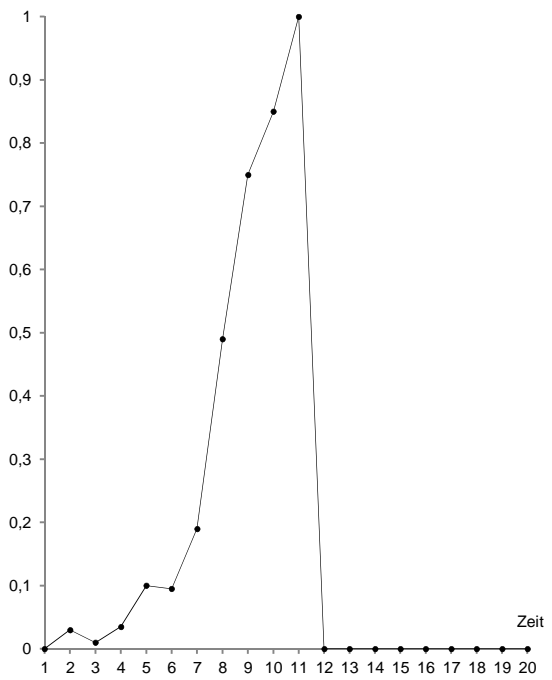
Netzwerkdurchdringung
in Periode 20



□ Non adopters ● New adopters ● Adopters



Simulierte Diffusionskurve



Simulierte Adoptionskurve

Eigene Darstellung; Simulation mit R-package „rdiffnet“

Abbildung 21: SI-Modellsimulation

verlauf auf Grundlage eines solchen SI-Modells simuliert. Die Abbildung zeigt, dass auch ein einfaches SI-Modell im Stande ist, die S-förmige Diffusionskurve gut zu approximieren. Dank ihrer intuitiven Handhabbarkeit genießen SI-Modelle heute in zahlreichen Naturwissenschaften ebenso wie in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften eine große Popularität (vgl. Vitanov und Ausloos 2012, S. 69, Eichner und Kretzschmar 2003, S. 81, Hethcote 2000, S. 599). Obwohl die auf Ansteckungsprinzipien beruhenden Modelle eine besonders einfache Konzeptualisierung von marktlichen Diffusionsdynamiken erlauben, liefern sie insgesamt betrachtet jedoch für das Forschungsvorhaben in dieser Arbeit trotzdem keinen passenden Modellrahmen. Die Gründe hierfür sind vielfältig: Auf der einen Seite lassen sich marktliche Konkurrenzprozesse aufgrund der epidemischen Grundlogik nicht ohne weiteres in den formalen Rahmen solcher Modelle implementieren. Auf der anderen Seite nehmen SI-Modelle aber auch eine sehr weitreichende Dekomposition realer Prozesse vor, so dass die angestrebte Modellierung Gefahr läuft, diffusions- und wettbewerbskritische Aspekte zu stark zu vereinfachen.

Im Unterschied zu den soeben beschriebenen epidemischen Modellen basieren Modelle der zweiten Kategorie auf einem lernorientierten Ansatz und bilden Adoptionsprozesse auf einer entscheidungstheoretischen Grundlage ab (vgl. Jensen 1982, S. 183). Innovationen werden im Rahmen dieser auf Lernprozessen basierenden Modellklasse aus konzeptioneller Sicht immer dann adoptiert, wenn die Nachfrager durch die Beobachtung ihres sozialen Umfeldes hinreichend von der Sinn- und Vorteilhaftigkeit einer marktlichen Neuerung überzeugt werden (vgl. Kapur 1995, S. 173). Aus diffusionstheoretischer Sicht beruht die abgebildete Adoptionsdynamik dabei auf der einfachen Annahme, dass alle Marktteilnehmer das Verhalten der jeweils anderen beobachten und aus den beobachteten Handlungen Rückschlüsse für das eigene Adoptionsverhalten ableiten (vgl. Munshi 2004, S. 186). Social-Learning-Modelle beschreiben somit im Kern eine adaptive und lernorientierte Adoptionsdynamik (vgl. Bala und Goyal 1986, S. 595 ff.). Im Fokus dieser Modelle stehen aus diesem Grund vor allem disaggregierte Prozesse, die sich auf der Individualebene zwischen den einzelnen Nachfragern abspielen und dabei entweder diffusionsförderliche oder diffusionshemmende Wirkungen entfalten. Aufgrund ihres disaggregierten Charakters eignet sich diese Modellklasse also vor allem für die Analyse von Adoptionsentscheidungen einzelner Individuen (vgl. Young 2009, S. 1900). Für eine holistische Diffusionsanalyse im Aggregat eignet sich diese Modellklasse jedoch nicht.

Im Unterschied zu Modellen der ersten beiden Kategorien, stellen Modelle auf Grundlage von sozialer Beeinflussung, gemessen an ihrem Verbreitungsgrad, die mit Abstand wichtigste Modellklasse in der Diffusionsforschung dar (vgl. Hall 2005, S. 467). In diesen Modellen adoptieren die Nachfrager eine Innovation erst, wenn sich in ihrem sozialen Umfeld eine hinreichend große Nutzer- beziehungsweise Anwenderbasis etabliert hat (vgl. Easingwood et al. 1983, S. 273). Aus konzeptioneller Sicht werden die Adoptionsentscheidungen innerhalb dieser Modelle also vornehmlich durch sozialen Druck induziert (vgl. Robinson und Lakhani 1975, S. 1113). Die Übernahmen marktlicher Neuerungen spiegeln in solchen Modellen daher in erster Linie den Wunsch der Innovationsnachfrager nach Normkonformität, Gruppenzugehörigkeit und sozialer Kohäsion wider (vgl. Bass 1969, S. 216). Von Modelltheoretikern wird dabei zumeist unterschwellig angenommen, dass die marktliche Ausbreitung von Neuerungen einen Zustand kognitiver Dissonanz hervorruft, der zu unmittelbaren Spannungen zwischen den Adoptoren und Nicht-Adoptoren im System führen kann (vgl. Mason et al. 2007, S. 281). Dieses kognitive Spannungsfeld empfinden vor allem die Nicht-Adoptoren als unangenehm und störend (vgl. Festinger 1962, S. 3). Sie wollen es daher möglichst schnell auflösen, indem sie gruppenkonform handeln und die marktliche Neuerung ebenfalls übernehmen (vgl. Young 2009, S. 1900). Im Kern beruhen Social-Influence-Modelle also auf einer Imitationslogik, die von dem Wunsch nach sozialem Ausgleich und sozialer Assimilation getrieben wird (vgl. Bass 2004, S. 1834). Die Nachfrager imitieren in ihrem Streben nach sozialer Homogenität das Verhalten der jeweils anderen Nachfrager und tragen damit selbst zur Verbreitung einer Innovation im Gesamtsystem bei (vgl. Horsky und Simon 1983, S. 2). Die hieraus entstehende Imitationsdynamik führt im Ergebnis zur Bildung von sich selbst verstärkenden Kreisläufen im Markt, so dass die Ausbreitung einer Neuerung mit jeder zusätzlichen Adoption im System immer weiter Beschleunigung erfährt (vgl. Bass 1969, S. 216). Social-Influence-Modelle bilden somit indirekt auch positive Rückkopplungseffekte ab, die sich bei der Diffusion von Innovationen auf Netzeffektmärkten herausbilden können (vgl. Schilling 1999, S. 268). Insgesamt betrachtet scheinen Social-Influence-Modelle somit für das Forschungsvorhaben in dieser Arbeit den wohl besten Modellierungsrahmen zur Verfügung zu stellen. In den nachfolgenden Abschnitten erfolgt aus diesem Grund eine tiefergehende Betrachtung dieser Modellkategorie, wobei der Fokus insbesondere auf das so genannte Mixed-Influence-Model gelegt werden wird (vgl. Abschnitt 3.4).

3.1 Das Internal-Influence-Model

Wie im letzten Abschnitt bereits angesprochen wurde, beruhen formale Modelle, deren Wirkmechanismen auf Grundlage von sozialer Beeinflussung funktionieren, grundsätzlich auf der Annahme, dass sich die Ausbreitung von Innovationen direkt aus dem imitativen Verhalten der Nachfrager im Markt ableiten lässt (vgl. Bass 2004, S. 1834). Die Beschreibung und Konzeption der hierfür maßgeblichen Imitationsprozesse hat in der diffusionstheoretischen Forschung eine lange Tradition, die sich streng genommen bis in die frühen Anfänge der soziologischen Diffusionsforschung zurückverfolgen lässt (vgl. Kinnunen 1996, S. 432). Bereits im 19. Jahrhundert interpretierte Gabriel de Tarde als einer der Stammväter der modernen Diffusionsforschung, Imitation als eine instinktive Verhaltensweise, die jedem Menschen natürlicherweise angeboren ist und die das individuelle Handeln des Einzelnen zu jedem Zeitpunkt im Leben auf einer unbewussten Ebene prägt und leitet (vgl. Papilloud 2018, S. 240). Als Verfechter einer mechanistisch-atomistischen Anschauung postulierte de Tarde dabei, dass Menschen ähnlich wie physikalische Teilchen oder Partikel in der Masse gewissen Ordnungs- und Strukturierungsprinzipien gehorchen, so dass selbst komplexe soziale Kollektive in der makroskopischen Betrachtung bestimmten rationalen Mechaniken unterworfen sein müssen (vgl. Jonas 1981, S. 24). De Tarde verglich diese sozialen Prozesse der Masse mit einem Zustand kollektiver Hypnose, in dem der Einzelne durch sein individuelles Handeln zwar zur Ausbreitung von makroskopischen Trends in der Gesellschaft beiträgt, seinen Beitrag jedoch nicht bewusst wahrnimmt (vgl. Müller, 2012, S. 266). Ein berühmtes Beispiel für solche Vorgänge beschrieb Georg Simmel in seiner 1905 erschienenen Monographie „Philosophie der Mode“ (vgl. Kinnunen 1996, S. 437). In seiner Studie, die auch heute noch zu den Klassikern der soziologischen Diffusionsforschung zählt, beschäftigte sich Simmel mit Auffälligkeiten und Mustern in der sozialen Interaktion, die bei der Diffusion neuer Modetrends periodisch in Erscheinung treten und somit auf das Vorhandensein gewisser Gesetzmäßigkeiten im imitativen Wechselspiel im Sozialsystem hinweisen (vgl. Busche 2015, S. 223). Den Ausgangspunkt für Simmels Überlegungen bildete die Annahme eines hierarchisch gegliederten Gesellschaftssystems, in dem neue Modetrends stets unidirektional von gesellschaftlichen Schichten höherer Ordnung in Schichten niedrigerer Sozialordnung diffundieren (vgl. Schnierer 1995, S. 47). Simmel unterstrich dabei, dass die Ausbreitung neuer

Modeerscheinungen grundsätzlich aus gegensätzlichen sozialen Bestrebungen heraus resultiert, nämlich aus dem Wunsch nach individueller Differenzierung auf der einen Seite und aus dem Drang nach sozialer Gleichheit und Homogenität auf der anderen Seite (vgl. Marino 2017, S. 14). Nach Simmel reflektiert die Dynamik der Mode also stets die Wechselwirkung zwischen kollektiver Imitation und individueller Einzigartigkeit (vgl. Schiermer 2010, S. 128). Obwohl Simmel damit die Bedeutung des Individuums im Diffusionsprozess heraushob, begriff er soziale Ausbreitungsprozesse dennoch, ähnlich wie de Tarde, als komplexe Imitationsvorgänge, die in der Analyse nicht ausschließlich auf der individuellen Bedeutungsebene verortet werden können (vgl. Westerbarkey 2010, S. 238).

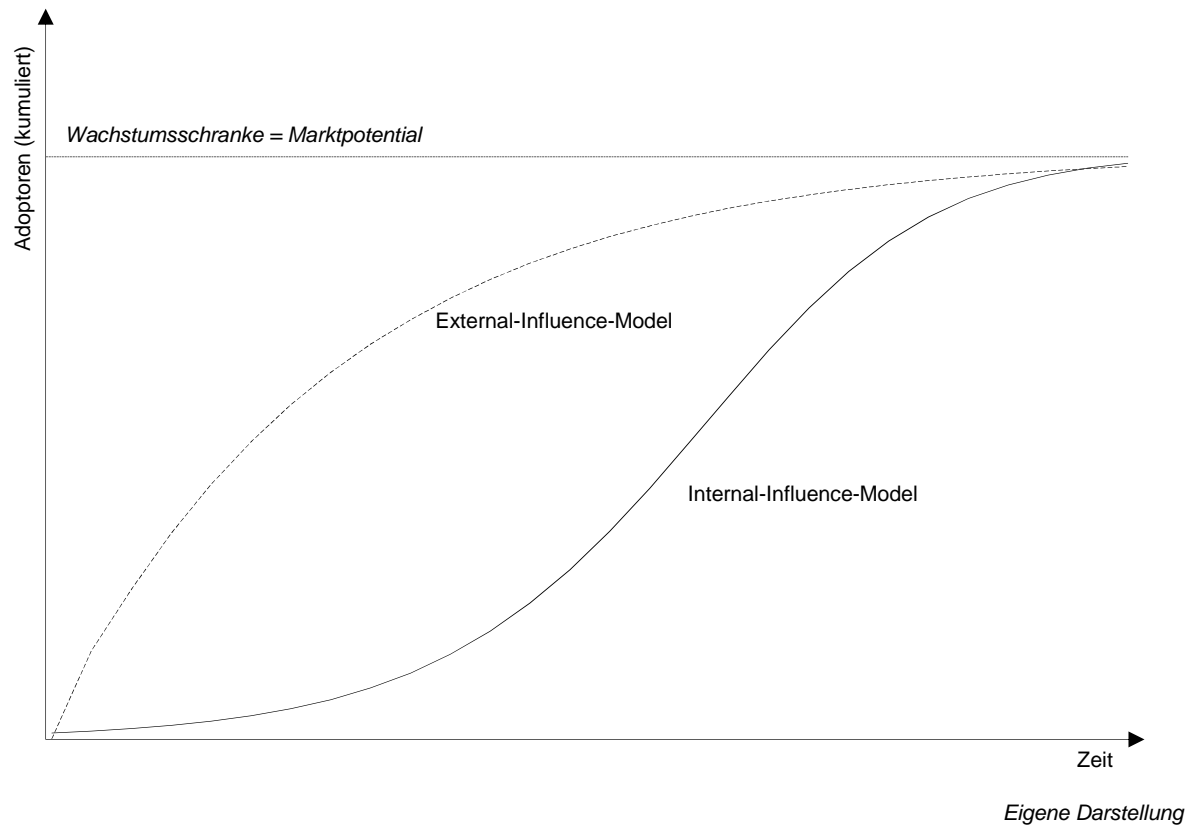
Auch wenn die soziologische Forschung, wie der kurze historische Exkurs gezeigt hat, gesellschaftliche Imitationsdynamiken schon früh als komplexe soziale Vorgänge identifiziert hat, setzte die an der Modellierung interessierte Wissenschaftspraxis diese Vorgänge lange Zeit trotzdem nur mit einfachen epidemischen Prozessen gleich (vgl. Godin 2017, S. 26, Meade und Islam 2006, S. 522). Insofern ist es wenig verwunderlich, dass die ersten formalen Imitationsmodelle zunächst als reine Kontakt- oder Ansteckungsmodelle entworfen wurden, in denen der Imitationsgedanke lediglich als ein symbolischer Ausdruck für die soziale Ansteckung Verwendung fand (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 53). Zu den ältesten formal-mathematischen Modellen, die dieser Modellierungstradition zugeordnet werden können, zählt das sogenannte Pure-Imitation-Model (vgl. Weiber 1993, S. 36). Das Pure-Imitation-Model wurde von Edwin Mansfield Anfang der 1960er Jahre entworfen und fand innerhalb kürzester Zeit sowohl in der betriebswirtschaftlichen wie auch in der soziologischen Diffusionsforschung eine breite Anwendung (vgl. Godin 2017, S. 26). Mansfield selbst zog das Modell zur Beschreibung der Variation von Imitationsraten (Adoptionsrate) heran, die er bei der Diffusion ausgewählter technologischer Innovationen dokumentiert hatte (vgl. Mansfield 1961, S. 741). Von anderen Autoren wurde sein Modell später aber auch zur Vorhersage von Adoptionsraten und/oder zu Simulationszwecken verwendet (vgl. beispielsweise Easterling et al. 2003, S. 159, Rai et al. 1998, S. 101, Romeo 1977, S. 66). Für die große Popularität des Modells in der wissenschaftlichen Praxis lassen sich unterschiedliche Gründe anführen. Als besonders wichtig in diesem Kontext muss jedoch die sehr leicht verständliche und intuitive Mathematik des Modells genannt werden (vgl. Godin 2017, S. 26). Mansfield beschrieb den Diffusionsprozess nämlich mit Hilfe einer einfachen logistischen Wachstumsfunk-

tion, so dass mathematisch betrachtet das Modell lediglich ein simples beschränktes Wachstumsmodell darstellt (vgl. Fokas 2007, S. 9). Die Wachstumsschranke im Modell kann dabei, je nach Auslegung, entweder als Populationslimit oder, wie es in der betriebswirtschaftlichen Forschungspraxis weitaus häufiger der Fall ist, als das maximale Marktpotential interpretiert werden (vgl. Weiber 1993, S. 36). Da im Mansfield-Modell die über die Zeit aggregierten Adoptionsentscheidungen durch eine logistische Funktion beschrieben werden, erhält die aus dem Modell resultierende Diffusionskurve den für viele reale Ausbreitungsprozesse charakteristischen S-förmigen Verlauf (vgl. Vollerthun 2001, S. 86). Weil der S-förmige Verlauf dabei allerdings streng genommen nur aus den mathematischen Eigenschaften der Logarithmusfunktion heraus resultiert, treffen viele Modelltheoretiker zusätzlich weitreichende behavioristische Prämissen, die den Funktionsverlauf auf einen verhaltenswissenschaftlichen Ursprung zurückführen sollen (vgl. Lekvall und Wahlbin 1973, S. 363 ff.). Eine in diesem Kontext besonders häufig anzutreffende Annahme betrifft die für die Diffusion und Adoption von Neuerungen relevanten Interaktionskanäle, über welche die potentiellen Innovationsnachfrager mit einander in Aktion treten, um innovationsrelevante Informationen austauschen zu können (vgl. Horsky und Simon 1983, S. 9). Ganz im Sinne der soziologischen Netzwerktheorie betonen viele Autoren dabei die Bedeutung von persönlichen Austauschprozessen über soziale Beziehungsnetzwerke und identifizieren die hierbei auftretenden Word-of-Mouth-Effekte als wesentliche Triebfedern der sozialen Imitations- und Adoptionsdynamiken (vgl. Zhang et al. 2016, S. 21). Der Adoptionsdruck im logistischen Modell resultiert also nach dieser Auffassung aus systeminternen Dynamiken heraus, weshalb das logistische Diffusionsmodell in der Fachliteratur auch häufig als „Model of Internal Influence“ bezeichnet wird (vgl. Sultan et al. 1990, S. 70).

3.2 Das External-Influence-Model

Im Unterschied zum logistischen Diffusionsmodell, das imitative Diffusionsprozesse auf systeminterne Faktoren zurückführt, entwickelte sich in der marketingorientierten Diffusionsforschung parallel dazu eine alternative Modellvariante, die marktliche Ausbreitungsprozesse ausschließlich auf systemexterne Faktoren zu reduzieren versucht (vgl. Fourt und Woodlock 1960, S. 31 ff.). In der Fachliteratur hat sich für

Social-Influence-Modelle im Vergleich
(Simulation für 28 Perioden mit $M = 100$)



External-Influence-Model
→ Exponentielles Modell

$$A_t = a(M - A_{t-1})$$

Annahmen bezüglich der Koeffizienten:

$a \neq 0$ (interner Einfluss)
 $b = 0$ (externer Einfluss)

Internal-Influence-Model
→ Logistisches Modell

$$A_t = bA_{t-1}(M - A_{t-1})$$

Annahmen bezüglich der Koeffizienten:

$a = 0$ (interner Einfluss)
 $b \neq 0$ (externer Einfluss)

Mixed-Influence-Model
→ Semilogistisches Modell

$$A_t = a(M - A_{t-1}) + bA_{t-1}(M - A_{t-1})$$

Annahmen bezüglich der Koeffizienten:

$a \neq 0$ (interner Einfluss)
 $b \neq 0$ (externer Einfluss)

mit a = Koeffizient des externen Einflusses, b = Koeffizient des internen Einflusses, A_t = Adopterbestand in Periode t , M = Marktpotential und t als Zeitindex

Eigene Darstellung in Anlehnung an Weiber (1993, S. 36)

Abbildung 22: Klassische Social-Influence-Modelle

dieses Modell aufgrund seiner exklusiven Fokussierung auf externe Einflüsse sinngemäß die Bezeichnung „Model of External Influence“ etabliert (vgl. Weiber 1992, S. 148). Unter systemexternen Einflüssen subsumiert das Modell dabei all diejenigen Effekte, die sich zum Beispiel durch massenmediale Kanäle in Form von Werbung oder journalistischer Berichtserstattung auf das soziale System von außen einwirken (vgl. Mahajan et al. 1990, S. 6). Der eigentliche Anreiz zur Adoption entsteht also im Rahmen des Modells nicht aus der Interaktion im Sozialsystem heraus, sondern wird von außen in das soziale System hineingetragen (vgl. Eckhoff 2001, S. 45). Da die alleinige Begründung von Adoptions- und Diffusionsprozessen über externe Werbe- und Medieneinflüsse unter verhaltenswissenschaftlichen Gesichtspunkten jedoch häufig kritisiert wurde, neigen viele Modelltheoretiker heute dazu, die externen Einflüsse nicht mehr als massenmediale, sondern als motivationale Effekte zu begreifen (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 51). Dabei wird der externe Einfluss mit intrinsisch motivierten Nachfragern in Verbindung gebracht, also all jenen Nachfragern im Markt, die Neuerungen allein aus innerer Überzeugung heraus und völlig unabhängig von den Meinungen Dritter übernehmen (vgl. Shun-Chen 2006, S. 680). Das External-Influence-Model wird aus diesem Grund, stellenweise auch in Analogie zum logistischen Modell, als Pure-Innovation-Model bezeichnet und der externe Einfluss als Innovationseffekt interpretiert (vgl. Weiber 1992, S. 148). Da der Innovationseffekt dabei als eine konstante Größe definiert wird, zeigt die kumulierte Innovationsnachfrage im Modell unter mathematischen Gesichtspunkten einen exponentiell abnehmenden Kurvenverlauf (vgl. Maier 2011, S. 78). In Abbildung 22 werden die Kurvenverläufe der beiden Imitations- und Innovationsmodelle gegenübergestellt (vgl. Vollerthun 2001, S. 86). Die Darstellung zeigt, dass beide Modelle aufgrund unterschiedlicher Modellannahmen im Ergebnis zu deutlich unterschiedlichen Diffusionskurven führen (vgl. Abbildung 22). Insbesondere in den frühen Stadien der marktlichen Diffusion neigt das exponentielle Diffusionsmodell dazu, die Innovationsnachfrage deutlich höher auszuweisen als das im logistischen Diffusionsmodell der Fall gewesen wäre (vgl. Maier 2011, S. 78 ff.). Während die imitativen Dynamiken im logistischen Modell wesentlich mehr Zeit benötigen, bis sie ihre Wirkung in vollen Zügen entfalten können, steigt die Innovationsnachfrage im exponentiellen Modell bereits unmittelbar nach Beginn der marktlichen Diffusion sprunghaft an. Trotz unterschiedlicher Modellmathematik lässt sich bei den dargestellten Modellen allerdings auch eine wichtige Gemeinsamkeit feststellen, denn sowohl das logistische als auch das exponentiel-

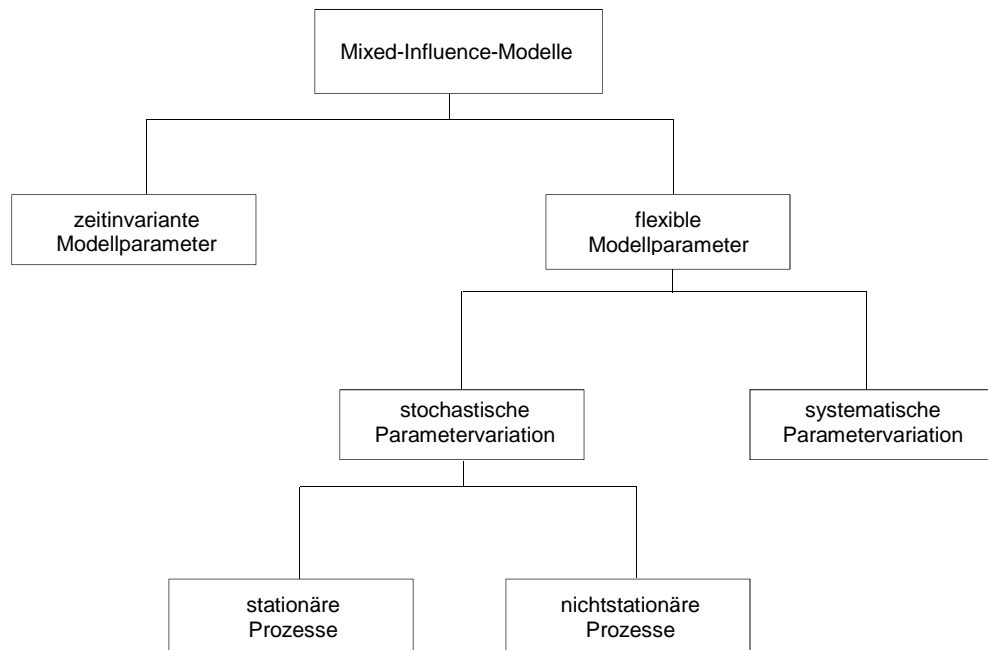
le Modell stellen im Kern beschränkte Wachstumsprozesse dar, so dass die Diffusionsdynamiken in beiden Fällen durch das absolute Nachfragerpotential in Form einer natürlichen Schranke begrenzt werden (vgl. Mertens und Falk 1994, S. 171). Abschließend lässt sich festhalten, dass beide Modelle zwei theoretische Extremfälle abbilden und reale Diffusionsvorgänge daher nicht wirklich treffend beschreiben (vgl. Weiber 1993, S. 36). Aus diesem Grund wird im nächsten Abschnitt diskutiert, wie der Imitationsgedanke des logistischen Modells mit dem Innovationsaspekt des exponentiellen Modells sinnvoll synthetisiert werden kann, um eine wirklichkeitsnähere Beschreibung marktlicher Adoptionsdynamiken zu erreichen.

3.3 Das Mixed-Influence-Model

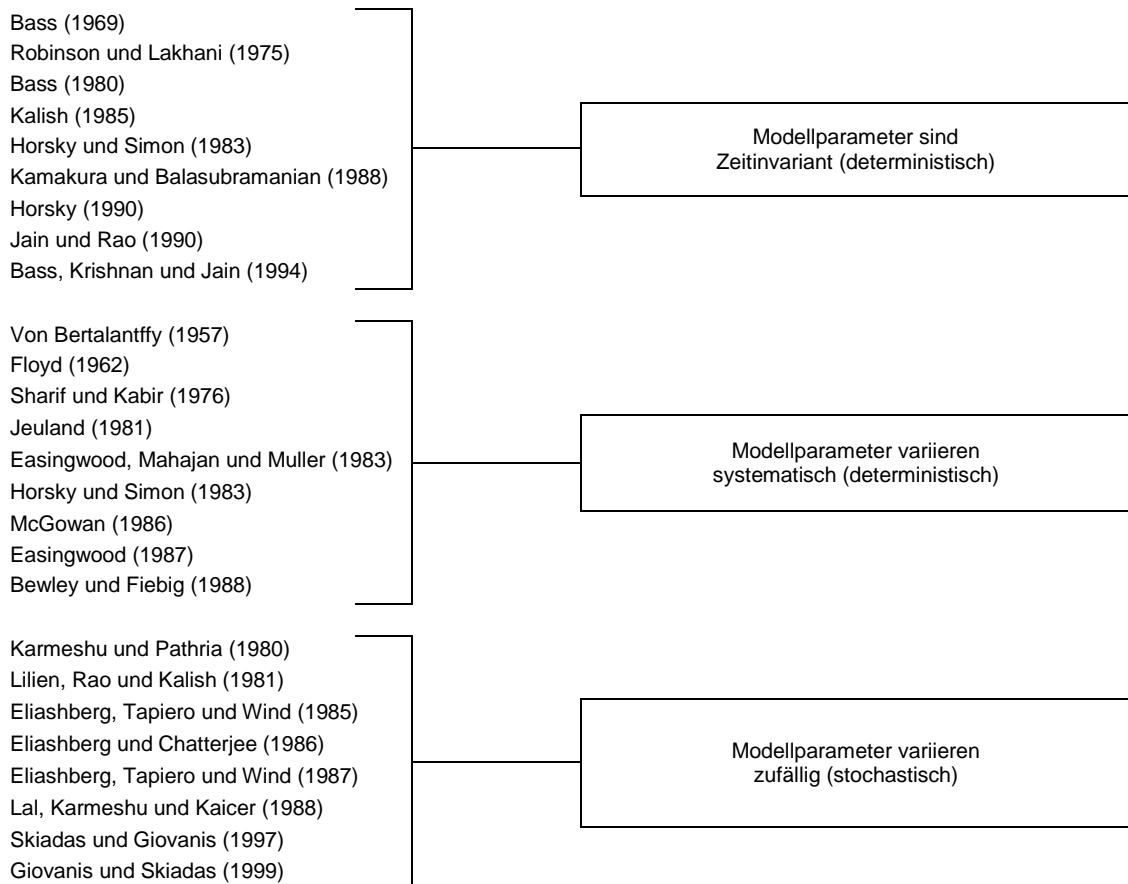
Wie in der bisherigen Darstellung gezeigt wurde, reduzieren die exponentiellen und logistischen Modelle reale Adoptionsdynamiken sehr drastisch, indem sie restriktive Verhaltensannahmen treffen, die das volle Spektrum sozialer Prozesse, die bei der Adoption marktlicher Neuerungen in Erscheinung treten können, stark einschränken (vgl. Abschnitt 3.1 und 3.2). In der wirtschaftswissenschaftlichen Forschung waren und bleiben diese Modelle daher Gegenstand kontroverser und auch kritischer Diskussion (vgl. Bähr-Seppelfricke 1999, S. 17). Vor allen unter behavioristischen Gesichtspunkten wird diesen Modellen häufig vorgeworfen, dass sie zwar mathematisch elegant, unter verhaltenswissenschaftlichen Aspekten jedoch untragbar seien (vgl. Mertens 2004, S. 192). In Reaktion auf die langanhaltende Kritik an der klassischen Konzeptualisierung entwickelte sich Ende der 1960er Jahre daher eine alternative Modellvariante, die der behavioristischen Kritik entgegenwirken sollte, indem sie systeminterne Effekte ebenso wie systemexterne Einflüsse auf den Diffusionsprozess in einem gemeinsamen Modellrahmen vereinen und parallel darstellen konnte (vgl. Weiber 1993, S. 36). Derartige Modelle, die sowohl externe wie auch interne Faktoren in der Betrachtung kombinieren, werden in der Fachliteratur als Mixed-Influence-Modelle bezeichnet (vgl. Mahajan und Peterson 1985, S. 21). Die Synthetisierung systeminterner und systemexterner Faktoren lässt sich in der Modellierungspraxis am einfachsten durch eine additive Verknüpfung des exponentiellen und logistischen Diffusionsmodells erreichen (vgl. Hesse 1987, S. 17). Zu den mit Abstand bekanntesten Vertretern dieser additiven Modelle gehört das 1969 formulierte Bass-

Modell (vgl. Young 2009, S. 190). Das Bass-Modell begreift den internen und externen Einfluss als zeitinvariant und deterministisch (vgl. Bass 1969, S. 216). Beide Einflussgrößen lassen sich also zu jedem Zeitpunkt exakt aus der zugrundeliegenden Diffusionsgleichung ableiten und quantifizieren (vgl. Mertens 2012, 194 f.). Dabei wird im Rahmen des Bass-Modells grundsätzlich unterstellt, dass alle endogenen wie auch exogenen Einflüsse, die zum Beispiel in Form von Marketing-Mix-Variablen auf den Diffusionsprozess einwirken, bereits implizit in den beiden Parametern des Modells erfasst sind (vgl. Maier 2011, S. 84). Die Starrheit des originären Bass-Modells bezogen auf seine konstante Parameterformulierung konnte in den letzten Jahren durch unterschiedliche Erweiterungen des ursprünglichen Modellrahmens weitgehend korrigiert werden (vgl. Schmidt 2009, S. 52). Im Streben, die Koeffizienten des Bass-Modells explizit mit bestimmten Marketingvariablen zu verknüpfen, formulierten viele Autoren nachträglich Modelle, deren Parameter flexibel auf Veränderungen der Marketinginstrumente reagieren können (vgl. Maier 2011, S. 84). In älteren Modellen wurde dabei zunächst eine systemische Variation der Koeffizienten betrachtet (zum Beispiel als Folge einer bei Neuprodukteinführungen üblichen Skimming-Preissetzung), spätere Modelle hingegen erlaubten auch eine völlig zufällige also stochastische Variation (vgl. Mahajan et al. 1990, S. 3). Um einen Überblick über die zahlreichen Weiterentwicklungen zu geben, werden in Tabelle 10 die wesentlichen Entwicklungslinien von Mixed-Influence-Modellen, die sich im Laufe der Zeit ergeben haben, zusammengefasst. Aus der überblicksartigen Darstellung wird ersichtlich, dass die Frage nach einer angemessenen Parameterspezifikation den Forschungsdiskurs bis in die frühen 1990er Jahre dominierte (vgl. Mahajan et al. 1990, S. 3). Die aktuelle Forschung auf diesem Gebiet entfernt sich jedoch zunehmend weg von der überwiegend mathematisch geführten Debatte (vgl. Hauser und Tellis 2006, S. 690). Stattdessen rücken heute verstärkt Fragen der Mikrofundierung sowie Generalisierung von Mixed-Influence-Modellen in den Vordergrund (vgl. Boehner und Gold 2012, S. 75.). Modelltheoretiker richten dabei den Forschungsfokus vermehrt auf stochastische Modellierung, die beispielsweise nicht-deterministische Interaktionseffekte zwischen den Nachfragern auf der Individualebene simulieren soll (vgl. Shun-Chen 2006, S. 680). Obwohl derartige Modelle für konkrete praktische Anwendungen im betriebswirtschaftlichen Kontext häufig zu komplex erscheinen, sind sie für die Forschung dennoch notwendig und wichtig, um eine verhaltenstheoretische Verallgemeinerung zu erreichen (vgl. Jha et al. 2008, S. 413).

Wesentliche Entwicklungslinien von Mixed-Influence-Modellen
skizziert am Beispiel des Bass-Modells



Eigene Darstellung



Eigene Darstellung

Tabelle 10: Mixed-Influence-Modelle im Wandel der Zeit

3.3.1 Modellrahmen

Da die von Bass gewählte Modellspezifikation im weiteren Verlauf der Arbeit den Ausgangspunkt für die Ableitung eines wettbewerbsorientierten Diffusionsmodells bilden wird, muss in diesem Abschnitt zunächst der formale Modellrahmen der klassischen Bass-Spezifikation näher betrachtet werden. Wie im vorherigen Abschnitt bereits angedeutet wurde, lässt sich die Höhe der Innovationsnachfrage im Bass-Modell über zwei konstante Modellparameter bestimmen (vgl. Schmidt 2009, S. 52). Diese werden als Koeffizienten der Innovation und Imitation bezeichnet (vgl. Bass 2004, S. 1834). Der Innovationskoeffizient lässt sich sinngemäß als Koeffizient des externen Systemeinflusses begreifen (vgl. Mahajan et al. 1990, S. 5). Er bestimmt die Höhe der intrinsisch motivierten Nachfrage nach einer Innovation und legt zugleich den Anteil der Initialnachfrager nach der Neuerung im Gesamtsystem fest (vgl. Mahajan et al. 1995, S. 81). Bass selbst bezeichnet die Gruppe der initialen Nachfrager als Innovatoren (vgl. Bass 1969, S. 216). Innovatoren treffen ihre Adoptionsentscheidungen losgelöst vom sozialen Druck und sind deswegen nicht auf irgendwelche Adoptionsvorbilder angewiesen (vgl. Fantapié Altobelli 1991, S. 27). Sie adoptieren Innovationen daher noch vor allen anderen Nachfragern des sozialen Systems (vgl. Mahajan et al. 1990, S. 2). Indem sie zum Beispiel als Meinungsführer oder Change Agents agieren, können Innovatoren zudem eine besonders starke Strahlwirkung auf den Rest des sozialen Systems entwickeln (vgl. Gehrke et al. 2010, S. 192). Als Kommunikatoren übernehmen sie dabei häufig auch Funktionen von Informationsmittlern, weil sie die Vorzüge einer Innovation öffentlichkeitswirksam präsentieren können und weil sie die Vorteile der Neuerung dank ihrer exponierten Stellung im sozialen System über unterschiedliche Kanäle an besonders viele potentielle Nachfrager kommunizieren können (vgl. Goldenberg et al. 2009, S. 3, Müller 2004, S. 30, Maier 1995, S. 89). Obwohl die Innovatoren deswegen als echte Adoptionsvorreiter verstanden werden können, die maßgeblich zur Reduktion von Unsicherheiten und zum Abbau von Adoptionsbarrieren beitragen, ist ihr Einfluss auf die marktliche Ausbreitung einer Neuerung tatsächlich jedoch verhältnismäßig gering, weil sie als Gruppe zahlenmäßig nur einen sehr kleinen Bruchteil der Individuen im sozialen System ausmachen (vgl. Rogers 2003, S. 283). Der weitaus größere Teil der Menschen hingegen ist in seiner Entscheidungsfindung nicht unabhängig, sondern lässt sich bei der Adoption einer Neuerung durch Meinungen und Erfahrungen

anderer Individuen beeinflussen und lenken (vgl. Van den Bulte und Lilien 1995, S. 2045). Im Rahmen des Bass-Modells wird diese, für soziale Beeinflussung empfängliche Mehrheit, sinngemäß als die Gruppe der Imitatoren bezeichnet (vgl. Bass 1969, S. 216). Ausschlaggebend für die Meinungsbildung dieser Gruppe sind systeminterne Einflüsse in Form von persönlicher Interaktion und Kommunikation (vgl. Mahajan et al. 1990, S. 5). Die Imitatorennachfrage nach einer Innovation konzeptualisiert Bass im Modell als zeitvariabel und koppelt diese an die Anzahl der Adoptoren im System: Je mehr Individuen eine Innovation adoptieren, desto größer wird der soziale Druck auf die verbleibenden Nicht-Adoptoren im System (vgl. Bass 2004, S. 1834). Das Bass-Modell beschreibt somit eine klassische Form von positiven Konsumexternalitäten und reflektiert indirekt auch positive Rückkopplungen im Nachfrageverhalten wie sie in Abschnitt 2.4 bereits ausführlich diskutiert wurden (vgl. Lechman 2017, S. 22). Das Bass-Modell liefert damit ein sehr mächtiges Analyseinstrument, das selbst komplexe soziale Dynamiken stark reduziert abbilden und beschreiben kann (vgl. Felten 2001, S. 19).

Damit das Bass-Modell die sozialen und marktlichen Prozesse aber auch tatsächlich über nur wenige Einflussparameter wirksam beschreiben kann, müssen aus modelltheoretischer Sicht vergleichsweise starke Annahmen getroffen werden (vgl. Späth 1995, S. 92). Diese Annahmen stellen sicher, dass die marktliche Komplexität ebenso wie die Vielschichtigkeit der sozialen Interaktion soweit reduziert werden können, dass die der Adoption von Neuerungen zugrundeliegenden soziale Dynamiken im Modell abstrahiert und durch einfache mathematische Formeln konzeptualisiert werden können (vgl. Schühle 2014, S. 73). Die wichtigsten Annahmen, die von unterschiedlichen Autoren bei der Definition des Modells dabei teils explizit erwähnt, teils auch nur implizit zur Komplexitätsreduktion unterstellt wurden, sind in Tabelle 11 zusammengefasst (vgl. Bass 1969, S. 217). Die Betrachtung dieser Prämissen zeigt, dass die Formulierung des Bass-Modells im Grunde genommen ohne jedwede Verhaltensannahmen getroffen werden kann (vgl. Rohlfing 2010, S. 70, Späth 1995, S. 92). Zwar verweist Bass in seinem Ursprungsbeitrag wiederholt auf die von Rogers (1962) antizipierten behavioristischen Erklärungsansätze, um sein Modell zumindest ansatzweise in der sozialwissenschaftlichen Theorie zu verankern, eine verhaltenstheoretische Begründung für die von ihm beschriebene Diffusionsdynamik liefert er damit jedoch streng genommen nicht (vgl. Van den Bulte und Stremersch 2004, S. 532). Um diesen konzeptionellen Missstand ein Stück weit zu beheben, ha-

(BM1)	Es werden ausschließlich langlebige Konsumgüter betrachtet.
(BM2)	Kein technologischer Fortschritt: Die Eigenschaften der Diffusionsgüter ändern sich also nicht mit der Zeit.
(BM3)	Der Diffusionsprozess entfaltet sich frei von Angebotsrestriktionen.
(BM4)	Die Innovationsnachfrage ist unabhängig von marktlichen Interdependenzen.
(BM5)	Wiederholungskäufe werden ausgeschlossen.
(BM6)	Das Marktpotential ist über den gesamten Diffusionszeitraum konstant.
(BM7)	Das soziale System ist geschlossen und isoliert.
(BM8)	Alle potentiellen Nachfrager lassen sich den beiden Gruppen der Innovatoren und Imitatoren zuordnen.

Eigene Darstellung in Anlehnung an Bähr-Seppelfricke (1999, S. 17 f.) und Bass (1969, S. 216 f.)

Tabelle 11: Grundannahmen des Bass-Modells

ben einige Autoren in der Vergangenheit versucht, die modellinhärente Adoptionsdynamik nachträglich durch eine lernorientierte Adoptionslogik zu begründen (vgl. Steele 2009, S. 163, Dellarocas et al. 2007 S. 532). Von den Verfechtern einer behavioristischen Sichtweise wurde dabei unterstellt, dass sich die Mitglieder des sozialen Systems bei der Adoption von marktlichen Neuerungen unentwegt durch Learning-by-Seeing und Learning-by-Showing Prozesse gegenseitig beeinflussen und somit die Diffusion einer Neuerung im Markt durch unterschiedliche Lernprozesse entweder bewusst als aktive Lernsubjekte oder unbewusst als passiv am Lernprozess beteiligte Akteure vorantreiben (vgl. Duan et al. 2008, S. 1007). In der ökonomischen Literatur werden die hier angesprochenen Effekte auch häufig unter den Bezeichnungen Learning-from-Others oder Relational-Learning subsumiert (vgl. Foster und Rosenzweig 1995, S. 1176). Trotz inhomogener Begrifflichkeit beschreiben all diese Bezeichnungen ein einheitliches Phänomen, nämlich das der indirekten Interaktion, die durch unterschiedliche Formen von implizitem Lernen innerhalb des sozialen Systems induziert wird (vgl. Irwin und Klenow 1994, S. 1200). Indirekte Interaktionsphänomene besitzen in der Diffusionsliteratur dabei einen besonders hohen Stellenwert, weil reale Adoptionsentscheidungen in der Regel nicht durch den direkten bilateralen Austausch zwischen den Nachfragern zustande kommen, sondern ihren Ur-

sprung vielmehr in der indirekten Beobachtung bestimmter Verhaltensweisen nehmen, ohne dass hierfür eine direkte Interaktion der Adoptionsakteure erforderlich wird (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 55). Die Wahrscheinlichkeit der Imitation ist bei indirekter Interaktion dabei stark situations- und kontextabhängig (vgl. Fisher und Price 1992, S. 479). Wie soziologische Studien zeigen, replizieren Nachfrager das Verhalten der jeweils anderen umso wahrscheinlicher, wenn sie sich selbst in einer Konkurrenzsituation um die Gunst eines dritten Akteurs befinden (vgl. Burt 1987, S. 1291). Ein Unternehmen ist zum Beispiel umso eher zur Adoption einer vom Kunden erwünschten Innovation bereit, wenn es beobachten kann, dass ein Konkurrenzunternehmen diese Neuerung ebenfalls nutzt (vgl. Friemel 2010, S. 831). Dass reale Imitations- und Adoptionsprozesse tatsächlich oftmals keine direkte Interaktion voraussetzen, wird sogar noch deutlicher, wenn der Adoptionsimpuls in Folge einer ähnlichen strukturellen Einbettung der Adoptionsakteure erzeugt beziehungsweise verstärkt wird (vgl. Granovetter 1985, S. 482). Imitatives Verhalten, das durch strukturelle Einbettung induziert wird, lässt sich im sozialen Alltag grundsätzlich recht häufig beobachten. Stellen wir uns beispielsweise die folgende Situation vor: Ein Mann beobachtet auf dem Nachhauseweg zu seiner Frau, wie ein anderer Mann bei einem Blumenhändler einen Strauß Blumen kauft (vgl. Friemel 2010, S. 831). Auch wenn die beiden Männer sozial völlig unabhängig voneinander agieren, kann das beobachtete Verhalten trotzdem einen Imitationsimpuls auslösen, das den Beobachter ebenfalls zum Blumenkauf anregen wird, weil die Handlungen der beiden Männer in einen ähnlichen sozialen und relationalen Kontext, nämlich die Beziehung zu einer Frau, eingebettet sind (vgl. Feder und Savastano 2006, S. 1287).

Wie dieser kurze Exkurs zeigt, kann die Verknüpfung des Bass-Modells mit indirekten Interaktionsprozessen, die in Folge von sozialen Lernprozessen entstehen, auf der konzeptionellen Ebene durchaus interessante Möglichkeiten für eine behavioristische Mikrofundierung des Modells eröffnen (vgl. Steele 2009, S. 163, Dellarocas et al. 2007, S. 532). Allerdings war eine solche verhaltenswissenschaftliche Fundierung der Modellmechanik von Bass selbst bei der Formulierung seines Modells nie wirklich intendiert (vgl. Schmalen und Xander 2002, S. 452, Bass et al. 1994, S. 203 ff.). Ein Grund für die strikte Ablehnung verhaltenswissenschaftlicher Aspekte im Modell resultiert dabei unter anderem aus der Tatsache, dass die verschiedenen Lernprozesse im sozialen System nur eine Möglichkeit von vielen darstellen, wie sich das imitative Verhalten der Nachfrager bei der Adoption von marktlichen Neuerungen auf der

individuellen Ebene tatsächlich äußern und entfalten kann (vgl. Bass 2004, S. 1835). Entscheidend hierbei ist aber im Rahmen des Bass-Modells nicht das wie, sondern allein die Höhe der Einflüsse, die in Summe auf den Adoptionsprozess ausgeübt werden (vgl. Mahajan et al. 1995, S. 80). Und eben diese Effekte werden im Bass-Modell, so zumindest die Annahme, durch den Imitationskoeffizienten bereits in voller Höhe abgebildet (vgl. Maier 2011, S. 84). Zudem plädiert Bass auch grundsätzlich dafür, einen einfachen Modellierungsansatz stets einer komplexen Modellbildung vorzuziehen, wenn das einfache Modell alle wesentlichen Elemente, die durch seinen formalen Rahmen hätten erfasst werden sollen, bereits zufriedenstellend abbilden und beschreiben kann (vgl. Bass 1986, S. 29).

3.3.2 Mathematische Formulierung

Nachdem in den beiden letzten Abschnitten vor allem die theoretisch-konzeptionellen Grundlagen des Bass-Modells diskutiert wurden, muss an dieser Stelle nun seine mathematische Konzeptualisierung nähert betrachtet werden. Prinzipiell lässt sich die mathematische Schreibweise des Bass-Modells entweder in einer zeitdiskreten oder in einer zeitstetigen Formulierung herleiten (vgl. Bass 1969, S. 217 ff.). In ökonomischen Arbeiten wird hierfür stellenweise auch synonym von der Formulierung in der Adopter- oder Time-Domain gesprochen (vgl. Albers 2005, S. 420). Sowohl die zeitdiskreten als auch die zeitstetigen Modellvarianten haben dabei ihre Vor- und Nachteile. Je nach Zielsetzung und Länge der zur Verfügung stehenden Zeitreihen kann also mal die eine oder die andere Formulierung sinnvoller erscheinen (vgl. Putsis 1996, S. 265). In der einschlägigen Fachliteratur lassen sich aus diesem Grund prinzipiell beide Varianten des Modells vorfinden (vgl. Böhm 2004, S. 234). Allerdings wird die zeitstetige Variante in ökonomischen Arbeiten eindeutig bevorzugt, weil sie bei Anwendung nichtlinearer Schätzverfahren stabilere Schätzergebnisse generieren kann (vgl. Srinivasan und Mason 1986, S. 169). Im Folgenden werden beide Konzeptualisierungsmöglichkeiten kurz vorgestellt werden. Zu Beginn soll dabei zunächst die Modellformulierung in der zeitstetigen Betrachtung diskutiert werden. Das zeitstetige Modell definiert die Zeitspanne, die eine Innovation bis zur vollständigen Erreichung der Marktsättigung benötigt, als ein Kontinuum. Die mathematische Beschreibung des Diffusionsprozesses erfolgt aus diesem Grund mit Hilfe ei-

ner Differentialgleichung (vgl. Meyer 2003, S. 184). Allgemein finden Differentialgleichungen in der mathematischen Modellierung immer dann Anwendung, wenn das Änderungsverhalten bestimmter Größen zueinander charakterisiert werden soll (vgl. Karpfinger 2017, S. 340). Speziell auf die Diffusionsmodellierung bezogen, können Differentialgleichungen also insbesondere zur Beschreibung der Innovationsnachfrage in Abhängigkeit von der Zeit herangezogen werden (vgl. Meyer 2003, S. 184). Im Beitrag von Bass wird die dem Modell zugrunde gelegte Differentialgleichung aus der so genannten Hazardrate abgeleitet (vgl. Bass 1969, S. 217). Die Hazardrate stellt allgemein betrachtet eine wichtige Kenngröße aus der statistischen Ereigniszeitanalyse dar (vgl. Engelhardt 2002, S. 86). Vereinfacht ausgedrückt lässt sie sich dabei als eine bedingte Eintrittswahrscheinlichkeit eines bestimmten Ereignisses interpretieren (vgl. Diekmann und Mitter 1984, S. 39). Für die Hazardrate existieren in der statistischen Praxis zahlreiche Anwendungsfelder: In der epidemiologischen Statistik zum Beispiel findet die Hazardrate Anwendung, um Infektions- oder Sterbewahrscheinlichkeiten innerhalb von biologischen Populationen zu bestimmen (vgl. Engelhardt 2002, S. 86). Aufgrund der in Abschnitt 3 diskutierten Nähe zwischen den Mixed-Influence-Modellen sowie den epidemischen Modellen kann auch im Bass-Modell die Hazardrate als eine Ansteckungswahrscheinlichkeit interpretiert werden (vgl. Bass und Srinivasan 2002, S. 300). Bezogen auf die konkrete funktionale Beziehung wird im Bass-Modell dabei angenommen, dass sich die Hazardrate als eine lineare Funktion darstellen lässt, die positiv von der Anzahl der Adoptoren im System abhängig ist (vgl. Bähr-Seppelfricke 1999, S. 16). Die Hazardrate definiert somit im Bass Modell die zeitabhängige Adoptionswahrscheinlichkeit des Marktes. Konkret beschreibt sie dabei, in welcher Höhe eine Innovation zu einem Zeitpunkt t nachgefragt werden wird, unter der Bedingung, dass ein gewisser Anteil der Individuen im Markt die Neuerung bis t bereits adoptiert hat (vgl. Bass 1969, S. 217):

$$h(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = p + qF(t) \quad (2)$$

Die Koeffizienten p (Innovationskoeffizient) und q (Imitationskoeffizient) stellen im Rahmen dieser Betrachtung konstante Modellparameter dar (vgl. Bass 1969, S. 217). Beide Koeffizienten sind dabei per Annahme positiv und von null verschieden (vgl. Sokele 2016, S. 317).

Aus Gründen der Vereinfachung wurde die Hazardrate bisher als eine bedingte Adoptionswahrscheinlichkeit interpretiert (vgl. Bass und Srinivasan 2002, S. 300). Diese Vereinfachung ist unter mathematischen Gesichtspunkten allerdings nur für sehr kleine Betrachtungszeiträume zulässig, weil die Hazardrate aus statistischer Sicht keine Wahrscheinlichkeitsverteilung, sondern eine bedingte Dichte beschreibt (vgl. Albers et al. 2009, S. 335). Aus diesem Grund wird die Hazardrate in der statistischen Analyse korrekterweise als Quotient zwischen den relativen und kumulativen Dichtefunktionen angegeben (vgl. Mertens 2005, S. 178). Für die Hazardrate im Bass-Modell gilt folglich der in Gleichung 2 angegebene Zusammenhang $h(t) = f(t)/1 - F(t)$ (vgl. Strohe 1994, S. 27). Die kumulative Verteilungsfunktion $F(t)$ beschreibt dabei den Gesamtanteil des Marktes, der eine Innovation bis zum Zeitpunkt t adoptiert hat (vgl. Bass 1969, S. 217). Die Ableitung der Verteilungsfunktion nach der Zeit $f(t) = d[F(t)]/dt$ charakterisiert dann folgerichtig den relativen Anteil des Marktes, der die Neuerung in der Betrachtungsperiode t übernehmen wird (vgl. Bass 1969, S. 217).

Für die weitere Modellentwicklung kann in Anlehnung an die ursprüngliche Formulierung von Bass der Parameter M definiert werden, der das absolute Marktpotential charakterisiert, das eine Innovation im Rahmen ihrer marktlichen Ausbreitung maximal erreichen kann (vgl. Bass 1969, S. 217). Hierbei muss allerdings angemerkt werden, dass der Marktparameter M in der ursprünglichen Modellformulierung als konstanter Wert aufgefasst wurde (vgl. Jacob 2009, S. 190). Da die wahre Höhe des Parameters jedoch unbekannt ist, muss das Marktpotential zunächst als exogene Größe von außen vorgegeben werden (vgl. Bass 1969, S. 222). In der Praxis wird die Höhe des unbekanntem Parameters häufig durch Schätzung, Marktbeobachtung oder schlicht durch naives Raten ermittelt (vgl. Gatignon et al. 2016, S. 303). Da dieses Vorgehen unter methodischen Gesichtspunkten jedoch unbefriedigend ist, setzen einige Autoren den Parameter auch approximativ mit der Größe des gesamten Sozialsystems gleich oder normieren den Koeffizienten einfach auf 1, um eine prozentuale Interpretation im Modell zu erreichen (vgl. Ihde 1996, S. 101). Für die weitere Diskussion soll M jedoch weder normiert werden, noch mit der Größe des sozialen Systems gleichgesetzt werden, sondern wie in der ursprünglichen Betrachtung von Bass als ein zunächst unbekannter Parameter behandelt werden. Gegeben das absolute Marktpotential M muss für die relative Verteilungsfunktion $f(t)$ aus mathematischen Überlegungen heraus der Zusammenhang $f(t) = a_t/M$ gelten (vgl. Bass

1969, S. 217). Wobei a_t in diesem Ausdruck die periodenweise Zahl der Neuadoptionen im Markt beschreibt. Das Einsetzen dieser Beziehung in Gleichung 2 liefert nach Umformung schließlich eine erste mögliche Formulierung des Bass-Modells in der Form:

$$a_t = [pM + qF(t)M][M - F(t)M] \quad (3)$$

Da die in Gleichung 3 hergeleitete Schreibweise allerdings noch die kumulative Verteilungsfunktion $F(t)$ enthält, substituieren viele Autoren diesen Ausdruck durch $F(t) = A_t/M$ (vgl. Mertens 2005, S. 179). Die Anwendung dieser Substitutionsvorschrift auf Gleichung 3 führt schließlich zu der allgemein üblichen Darstellung des Bass-Modells in der zeitdiskreten Betrachtung (vgl. Bass 1969, S. 217):

$$a_t = \left[pM + q \frac{A_t}{M} M \right] \left[M - \frac{A_t}{M} M \right] \quad (4)$$

$$\Leftrightarrow a_t = [pM + qA_t][M - A_t] \quad (5)$$

Dabei stellt A_t die Anzahl der kumulierten Adoptionen einer Innovation bis t dar, wohingegen a_t die relative Anzahl der Adoptionen der Neuerungen in t bezeichnet (vgl. Bass 2004, S. 1835). Aus der Betrachtung von Gleichung 5 wird ersichtlich, dass sich die ursprüngliche Differentialgleichung in der zeitdiskreten Formulierung auf eine periodenweise Darstellung mit Hilfe einer Differenzgleichung reduziert hat (vgl. Schmidt 2009, S. 41). Wie die nachfolgenden Umformungsschritte jedoch zeigen, kann die zeitdiskrete Modellvariante wieder jederzeit in das zeitstetige Modell überführt werden (vgl. Bass 1969, S. 217 ff.). Um das zeitdiskrete Modell in ein zeitstetiges Modell zu transformieren, müssen beide Seiten von Gleichung 5 lediglich durch das Marktpotential M dividiert und die resultierende Gleichung dann anschließend vereinfacht werden (vgl. Chandrasekaran und Tellis 2007, S. 47):

$$\Leftrightarrow \frac{a_t}{M} = \left[p \frac{M}{M} + q \frac{A_t}{M} \right] \left[\frac{M}{M} - \frac{A_t}{M} \right] \quad (6)$$

$$\Leftrightarrow \frac{a_t}{M} = \left[p + q \frac{A_t}{M} \right] \left[1 - \frac{A_t}{M} \right] \quad (7)$$

$$\Leftrightarrow f(t) = [p + qF(t)][1 - F(t)] \quad (8)$$

Der in Gleichung 8 abgebildete Zusammenhang stellt nun schließlich das Bass-Modell in der üblichen zeitstetigen Betrachtung dar (vgl. Norton und Bass 1987, S. 1071). Auch wenn die beiden Formulierungen in den zeitstetigen und zeitdiskreten Betrachtungen unter mathematischen Gesichtspunkten völlig äquivalent sein müssen, weist die zeitstetige Modellvariante insgesamt trotzdem einen entscheidenden Vorteil gegenüber der zeitdiskreten Formulierung auf, weil sie sich durch eine Differentialgleichung beschreiben lässt, die explizit durch numerische Lösungsverfahren oder asymptotische Näherungsverfahren gelöst werden kann (vgl. Bungartz et al. 2013, S. 64, Chandrasekaran und Tellis 2007, S. 48). Die konkrete Lösung der nichtlinearen Differentialgleichung im Bass-Modell wird beschrieben durch (vgl. Bass 1969, S. 218):

Zeitstetige Diffusionskurve:

$$\Rightarrow F(t) = \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \quad (9)$$

Zeitstetige Adoptionskurve:

$$\Rightarrow f(t) = \frac{(p+q)^2}{p} \cdot \frac{e^{-(p+q)t}}{\left(1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}\right)^2} \quad (10)$$

Beide Ausdrücke werden in der Literatur als Lösungen des Bass-Modells bezeichnet (vgl. Norton und Bass 1987, S. 1071). Im Unterschied zu gewöhnlichen Gleichungen, deren Lösungen durch feste Zahlen oder Parameterwerte bestimmt werden, stellen Lösungen von Differentialgleichungen selbst Funktionen dar, die von variablen Größen abhängig sind. Diese speziellen Lösungsfunktionen werden im weiteren Verlauf der Arbeit vor allem zur Anwendung von nichtlinearen Schätzverfahren benötigt werden (vgl. Abschnitt 4.1.2). Sie lassen sich aber auch, wie im nachfolgenden Abschnitt gezeigt werden wird, zu Visualisierungszwecken heranziehen, um den zeitlichen Verlauf der aggregierten Diffusionskurve $F(t)$ sowie der disaggregierten Adoptionskurve $f(t)$ in einem Zeitdiagramm abzubilden.

3.3.3 Modellmechanik und Parametersensitivität

Nachdem im letzten Abschnitt die mathematische Formulierung des Bass-Modells hergeleitet wurde, werden in diesem Abschnitt die Mechanik sowie die Parametersensitivität des Modells diskutiert werden. Hierzu werden die beiden Lösungen des zeitstetigen Modells für bestimmte Parameterwerte von p und q in einem Zeitdiagramm abgebildet (vgl. Abbildung 23). Aus der Abbildung wird deutlich, dass das Bass-Modell eine glockenförmige Adoptionskurve sowie eine zum Wendepunkt hin punktsymmetrische Diffusionskurve generiert (vgl. Mahajan et al. 1990, S. 4). Die Lage und Form der Kurven reagieren dabei sensitiv auf die Variation der entsprechenden Parameter. Die Koeffizienten des Modells wirken sich insbesondere empfindlich auf die Höhe der initialen Nachfrage nach einer Neuerung im sozialen System aus (vgl. Wintz 2010, S. 40). Die Initialnachfrage wird im Modell durch das Produkt der beiden Parameter p und M definiert und hängt somit kritisch vom Wert des Innovationskoeffizienten sowie von der Größe des potentiell erreichbaren Marktpotentials ab (vgl. Mahajan et al. 1990, S. 5). Da mit zunehmender Marktsättigung das noch erreichbare Marktpotential sinkt, nimmt im Rahmen des Modells auch die Nach-

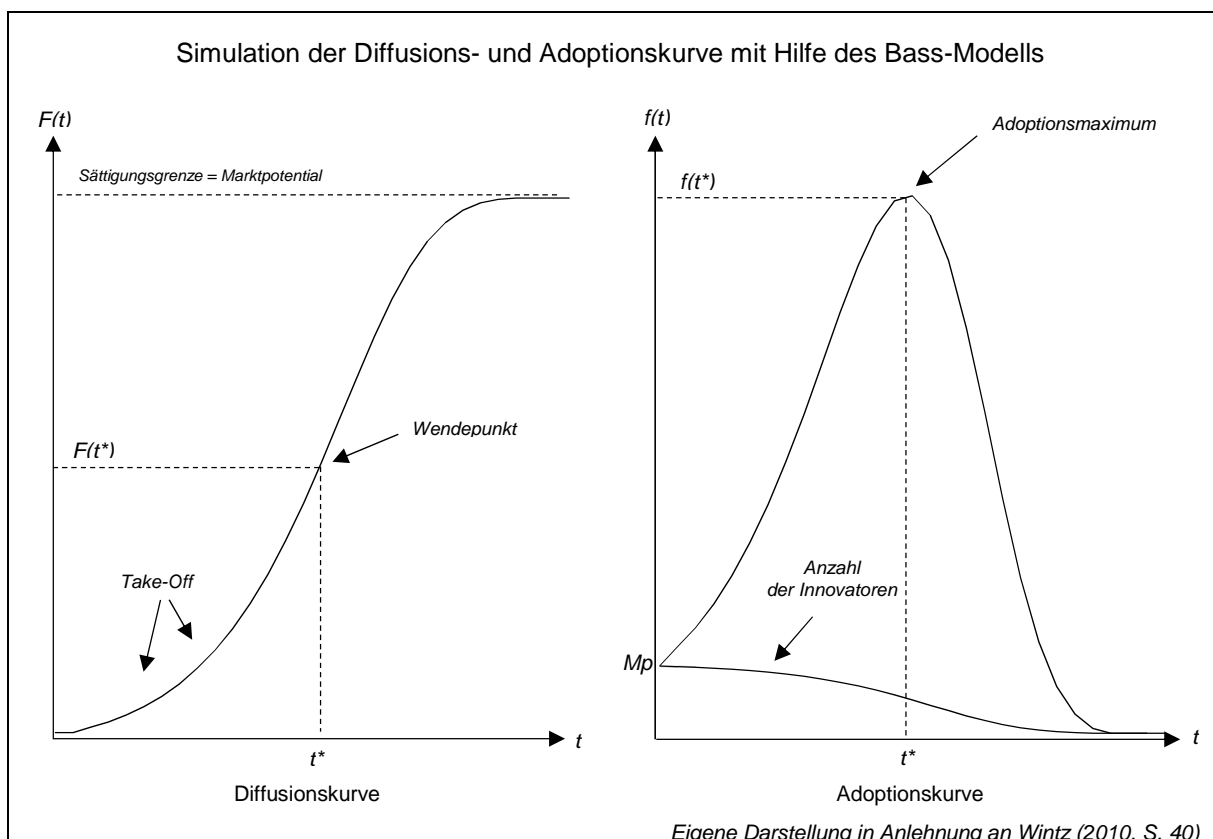


Abbildung 23: Grafische Darstellung des Bass-Modells

frage der Innovatoren nach der Neuerung sukzessive ab (vgl. Abbildung 23). Aber im Unterschied zu der klassischen Konzeptualisierung nach Rogers treten die Innovatoren im Bass-Modell über den gesamten Diffusionszyklus hinweg in Erscheinung (vgl. Sabel und Weiser 2000, S. 37).

Abbildung 24 zeigt, wie sich die beiden Modellparameter p und q konkret auf die Formen der Diffusions- und Adoptionskurven auswirken. Wie aus Abbildung 24 dabei ersichtlich wird, kann der Innovationskoeffizient p als Skalenparameter interpretiert werden (vgl. Gribba 2006, S. 60). Er verkürzt bei hoher Ausprägung die Dauer der marktlichen Take-Off Phase und reduziert die Zeit, die eine Innovation benötigt, um innerhalb des Systems zu diffundieren (vgl. Maier 2001, S. 82). Der Imitationskoeffizient q hingegen dehnt und staucht die Adoptionskurve und wirkt sich somit indirekt auch formgebend auf die aggregierte Diffusionskurve aus (vgl. Wintz 2010,

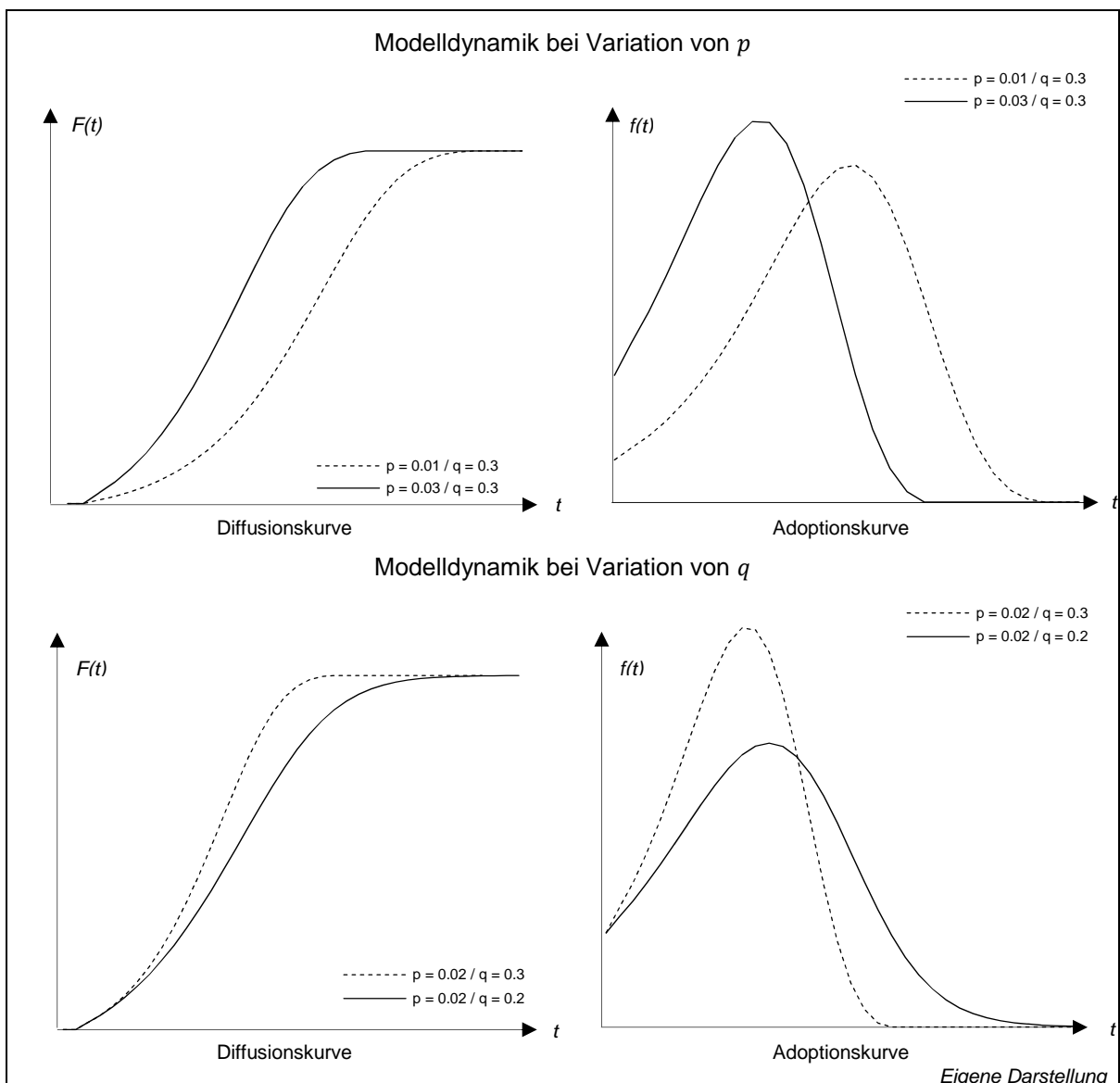


Abbildung 24: Parametersensitivität des Bass-Modells

S. 38). Ist der Imitationskoeffizient betragsmäßig klein, verlangsamt sich die gesamte Imitationsdynamik im System, so dass auch die Innovation spürbar langsamer diffundiert (vgl. Gribba 2006, S. 60). Da das Bass-Modell durch seine Abhängigkeit von den Parametern p und q für die Diffusionsgleichung keine eindeutige funktionale Form vorschreibt, lässt sich bei der Simulation des Modells für unterschiedliche Parameterwerte eine Vielzahl an unterschiedlichen Kurvenverläufen realisieren. Bei geeigneter Wahl der Modellparameter lässt sich das Bass-Modell sogar komplett in ein logistisches oder exponentielles Diffusionsmodell überführen (vgl. Hensel und Wirsam 2008, S. 59). Liegt der Innovationskoeffizient bei null, so reduziert sich die Modellgleichung zu einem einfachen Imitationsmodell, das in Abschnitt 3.2 bereits ausführlich diskutiert wurde (vgl. Mansfield 1961, S. 741 ff.). Beträgt stattdessen der Wert des Imitationskoeffizienten null, dann entspricht das Bass-Modell einem exponentiellen Diffusionsmodell, dessen Adoptionsdynamik ausschließlich durch externe Einflüsse bestimmt wird (vgl. Fourt und Woodlock 1960, S. 31 ff.).

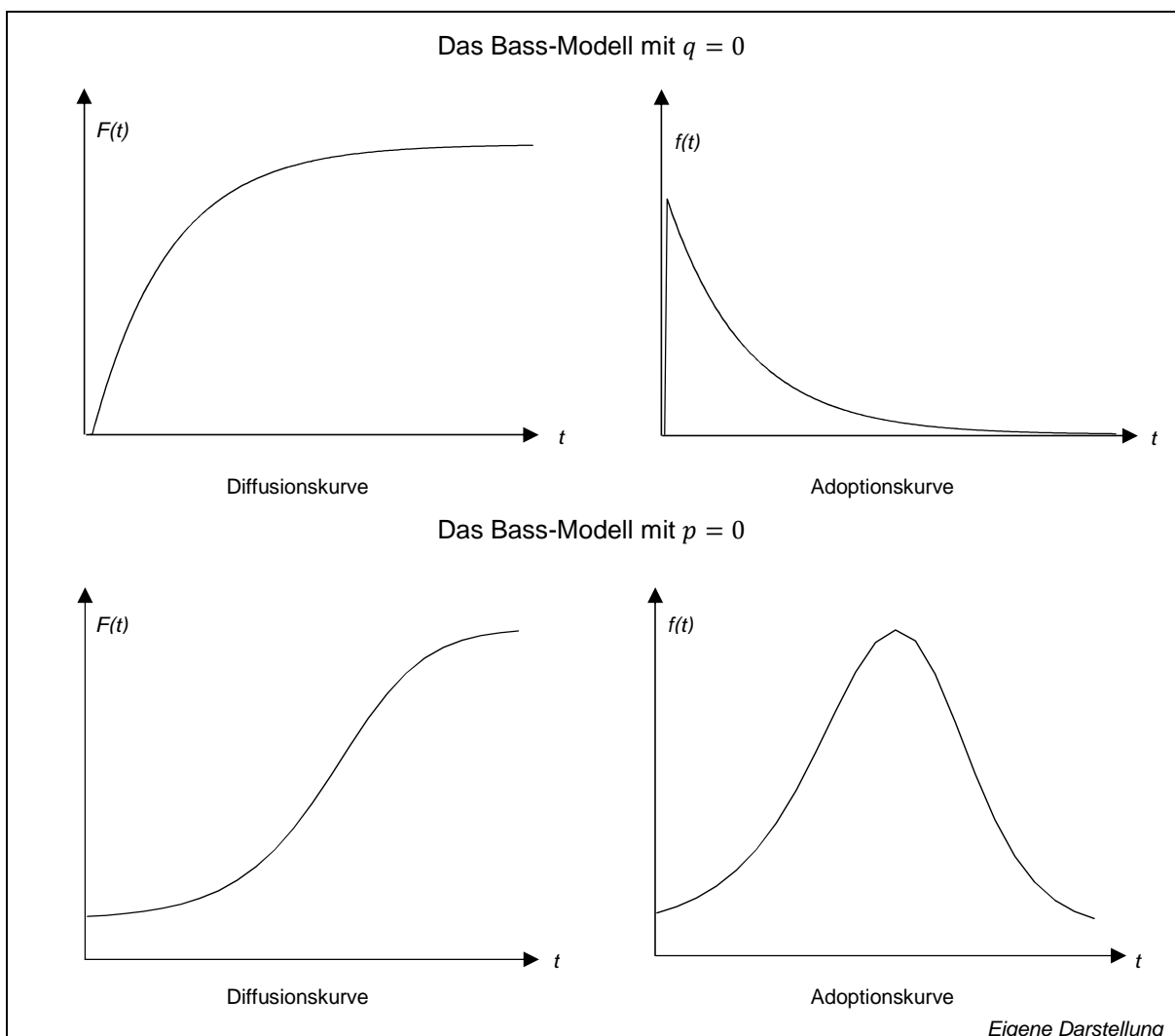


Abbildung 25: Spezialfälle des Bass-Modells

3.3.4 Kritische Würdigung des Modells

Das Bass-Modell erfreut sich auch heute noch dank seiner einfachen Handhabbarkeit und Flexibilität in zahlreichen Wissenschaftsdisziplinen, darunter auch in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, großer Beliebtheit (vgl. Bass 2004, S. 1833). Allein zum gegenwärtigen Stand können in der einschlägigen Fachliteratur weit über 200 Anwendungsstudien des Bass-Modells identifiziert werden (vgl. Boehner und Gold 2012, S. 76). Auch in der betriebswirtschaftlichen Praxis wird dem Modell seit Jahren hoher Stellenwert beigemessen (vgl. Bass 1986, S. 29). Zahlreiche Unternehmen, darunter auch so namhafte wie IBM, AT&T, Eastman Kodak, RCA, DirecTV und Sears, haben das Bass-Modell in der Vergangenheit nachweislich zur Schätzung und Planung von Absatzzahlen sowie von Markt-Penetrationsraten benutzt (vgl. Bass et al. 2001, S. 82, Bass 1986, S. 29, Kalish und Lilien 1986, S. 194). Trotz seiner großen Beliebtheit in Wissenschaft und Praxis war und bleibt das Bass-Modell allerdings auch aufgrund von seiner äußerst restriktiven Annahmensetzung in der Forschungsliteratur Gegenstand intensiver Kritik (vgl. Schühle 2014, S. 73). Im Folgenden findet eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Kritikpunkte statt, die in der Fachliteratur besonders häufig gegen das Bass-Modell hervorgebracht wurden (vgl. Bähr-Seppelfricke 1999, S. 17 f.).

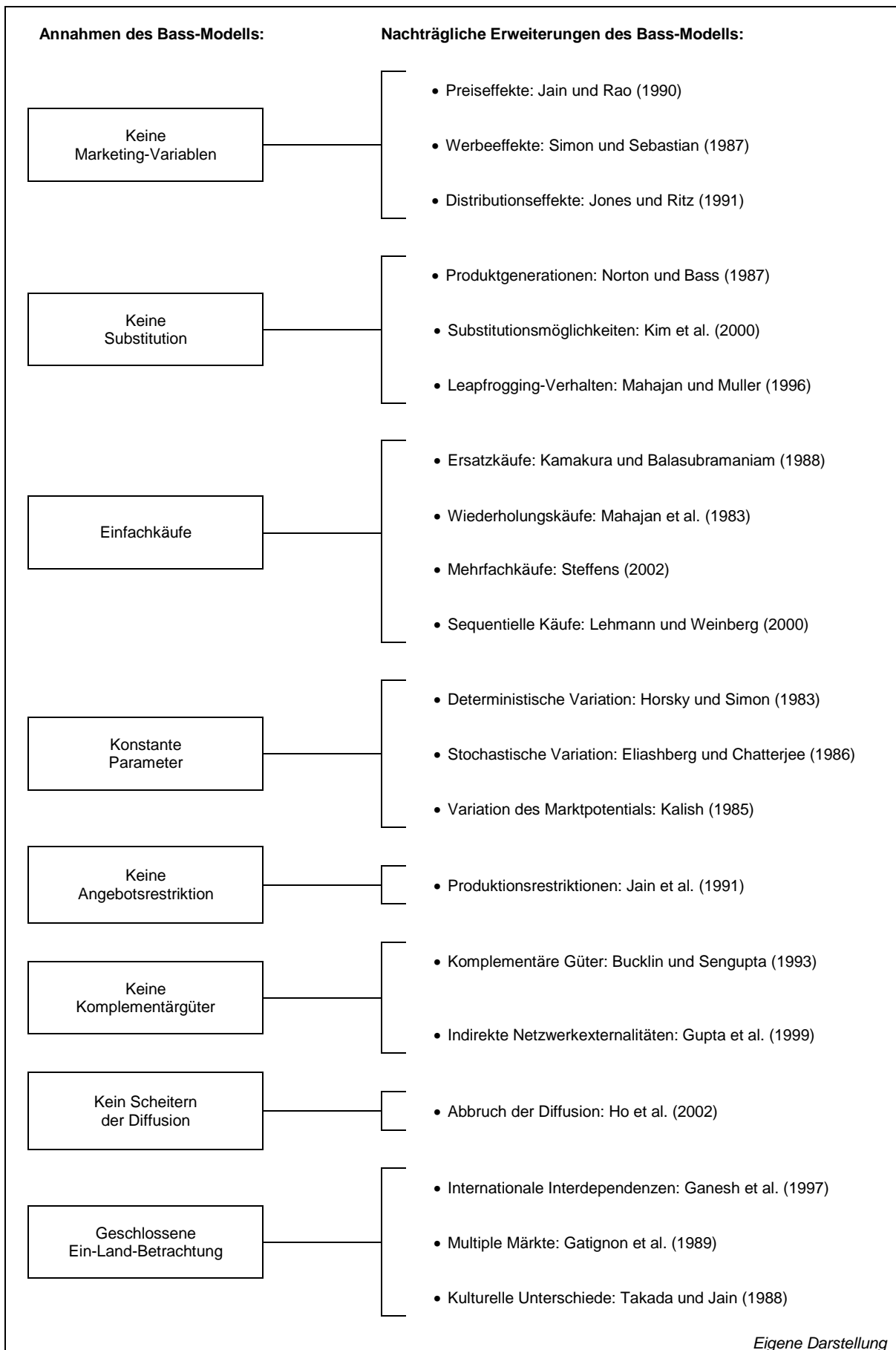
Anlass für wiederholte Kritik lieferte in der Vergangenheit zunächst die mathematische Konzeption des Bass-Modells (vgl. Di Benedetto 2010, S. 115, Cansier 2005, S. 110). Vor allem die Annahme konstanter Parameterwerte wurde von Modelltheoretikern dabei sehr kontrovers diskutiert (vgl. Meade und Islam 2006, S. 529). Kritiker der statischen Parameterfestsetzung warfen der Bass-Spezifikation vor, dass die Zeitinvarianz-Prämisse für kurze Zeiträume zwar eine durchaus gute Approximation darstellen kann, bei längeren Betrachtungs- und Prognosezeiträumen jedoch nicht sinnvoll und plausibel begründet werden kann (vgl. Chandrasekaran und Tellis 2007, S. 48). Dass die statische Parameterkonzeptualisierung von Bass zu Problemen führen kann, zeigt sich insbesondere dann, wenn historische Diffusionsprozesse, die nicht selten mehrere Jahrzehnte andauerten, mit Hilfe des klassischen Bass-Modells analysiert werden sollen (vgl. Mahajan et al. 1979, S. 52). Für eine vollständige Marktdurchsetzung in den USA benötigte der Kühlschrank beispielsweise weit über 40 Jahre, die elektrisch betriebene Trommelwaschmaschine erreichte die Marktsättigung erst nach etwa 60 Jahren und das Telefon benötigte für seine Diffusion sogar

mehr als 70 Jahre (vgl. Hall 2005, S. 468). Bei Diffusionsprozessen von derartiger Länge kann a priori davon ausgegangen werden, dass strukturelle Verschiebungen in der sozio-demographischen Zusammensetzung des sozialen Systems ebenso wie Änderungen in der Präferenz- und Nachfragestruktur des Marktes erhebliche Verwerfungen in der tatsächlichen Adoptionsdynamik induzieren werden (vgl. Heeler und Hustad 1980, S. 1008). Auf das Bass-Modell bezogen implizieren große Betrachtungszeiträume also signifikante Verschiebungen im Verhältnis der Innovatoren- und Imitatorennachfrage zueinander, die durch die konstante Parametersetzung des Modells jedoch nicht sinnvoll abgebildet werden können (vgl. Kalish und Lilien 1986, S. 195). Ebenso kann das in seinen Parametern starre Bass-Modell dynamische Veränderungen der Marktgröße über die Zeit nicht adäquat berücksichtigen, so dass dadurch insbesondere bei Langzeitprognosen große Verzerrungen erwartet werden können (vgl. Guo 2014, S. 208). Neben einer statischen Parameterwahl wird am Bass-Modell außerdem häufig kritisiert, dass seine Konzeptualisierung einen starken Pro-Innovation-Bias aufweist (vgl. Lunn 2015, S. 195). Die Frage, ob sich eine Innovation im Markt durchsetzen wird oder nicht, darf im Rahmen des Bass-Modells also streng genommen gar nicht erst gestellt werden, weil die Logik des Modells auf der starken, positivistischen Annahme beruht, dass jede Innovation grundsätzlich mit Vorteilen für den Konsumenten verbunden ist und daher auch früher oder später im gesamten Markt diffundieren wird (vgl. Downs und Mohr 1976, S. 700). Ein marktliches Scheitern von Innovationen ist im Rahmen des Bass-Modells also explizit nicht vorgesehen (vgl. Felten 2001, S. 15). Inwiefern diese Annahme mit tatsächlichen Gegebenheiten realer Märkte vereinbart werden kann, ist unter Modelltheoretikern bis heute äußerst strittig (vgl. Gluesing 2012, S. 128). Fakt ist, dass Innovationen in der Realität auch trotz vielversprechender Vorteile für den Verbraucher auf Ablehnung im Markt stoßen können (vgl. Nwuba 2013, S. 463 ff., Cooper 1979, S. 93 ff., Crawford 1977, S. 51 ff.). In der Forschungsliteratur sind zahlreiche Beispiele für gescheiterte Innovationen dokumentiert, darunter zum Beispiel der Ford Edsel (vgl. Musolf 2008, o.S., Willensky 1970, S. 46 ff.), die Spielekonsole Dreamcast von Sega (vgl. Thomke 1999, o.S.) oder das Videophone, das in den 1990er Jahren trotz erheblicher Vermarktungsbemühungen durch AT&T nicht vom Markt akzeptiert wurde (vgl. Gomes 1998, o.S., Bulkeley 1996, o.S.).

Für anhaltende Kritik an der Modellformulierung von Bass sorgte in der Vergangenheit auch die starke Fokussierung der Modellmechanik auf nachfrageseitige Effekte

(vgl. Mahajan et al. 1990, S. 14). Dabei wurde dem Bass-Modell vor allem vorgeworfen, dass es als nachfragebasiertes Modell die Wirkung produktbezogener Faktoren, die in Abschnitt 2.1.1.1 als so genannte Rogers-Faktoren vorgestellt wurden, deutlich unterschätzt. Da im Bass-Modell per Annahme für jede Innovation Nachfrage generiert werden kann, hebt das Modell die Wirkung dieser Faktoren auf die Akzeptanz und Adoptionsbereitschaft der Nachfrager also in gewisser Weise aus (vgl. Felten 2001, S. 15). Die Vernachlässigung der Rogers-Faktoren erweist sich dabei allerdings als ein ernstzunehmendes Problem, weil in unzähligen empirischen Studien genau diese Faktoren als wesentliche Determinanten der individuellen Adoptionsentscheidung ermittelt werden konnten (vgl. Wejnert 2002, S. 318). Wenn das Bass-Modell also diese Faktoren in der Betrachtung explizit außen vor lässt, ignoriert es damit auch die Erkenntnisse jahrzehntelanger Diffusion- und Adoptionsforschung. Eine unzureichende Berücksichtigung der Rogers-Faktoren im Modell wird aus diesem Grund auch mit größerer Wahrscheinlichkeit zu Fehleinschätzungen in der späteren Prognoseformulierung führen (vgl. Mahajan et al. 1990, S. 14). Als besonders kritisch erweist sich in diesem Zusammenhang vor allem die mangelnde Berücksichtigung des Neuigkeitsgrades einer Innovation. Da die Übernahme radikaler Innovationen größere Verhaltensanpassungen der Nachfrager erfordert und generell mit größeren Unsicherheiten für den einzelnen Adopter verbunden ist, stoßen radikale Innovationen auf größere Adoptionswiderstände im Markt und diffundieren daher auch deutlich langsamer als inkrementelle Innovationen (vgl. Freeman und Perez 1988, S. 45). Gleichzeitig ist auch die Gefahr eines frühzeitigen Diffusionsabbruchs bei radikalen Innovationen höher, was innerhalb des Bass-Modells jedoch keine ausreichende Berücksichtigung findet (vgl. Mahajan et al. 1990, S. 14).

Aufgrund der zahlreichen Limitationen, die sich aus der restriktiven Prämissengestaltung des Bass-Modells ergeben, wurde die von Bass vorgeschlagene Modellspezifikation in der Vergangenheit zahlreichen Anpassungen und Erweiterungen unterzogen (vgl. Schmidt 2009, S. 53). Einige ausgewählte Modifikationen des klassischen Modellrahmens werden in Abbildung 26 zusammengefasst. Aus dieser Darstellung wird ersichtlich, dass in den letzten Jahren nahezu alle Annahmen des Bass-Modells erfolgreich flexibilisiert und damit deutlich realitätsnäher gestaltet werden konnten (vgl. Mahajan et al. 1990, S. 3). Für eine weiterführende Diskussion dieser Modellerweiterungen können an dieser Stelle die Literaturarbeiten von Peres et al. (2010, S. 91 ff.) sowie Meade und Islam (2006, S. 519 ff.) empfohlen werden.



Eigene Darstellung

Abbildung 26: Ausgewählte Erweiterungen des Bass-Modells

3.4 Das wettbewerbsorientierte Mixed-Influence-Model

Wie die modelltheoretische Diskussion in Abschnitt 3.3 gezeigt hat, werden im Standardmodell von Bass bis auf die Größe des Marktpotentials keine anderen Marktparameter bedacht. Wichtige strukturelle Besonderheiten der Märkte wie zum Beispiel die Verfügbarkeit von Produktsubstituten oder die Größe von Nutzernetzwerken bleiben in dieser Modellbetrachtung somit gänzlich unberücksichtigt (vgl. Kim et al. 2000, S. 496, Norton und Bass 1992, S. 66). Für die Analyse und Prognose von marktlichen Adoptionsdynamiken, die durch Standardisierungs- und Wettbewerbseffekte gekennzeichnet sind, erscheint das reduzierte Standardmodell von Bass daher völlig ungeeignet (vgl. Schmidt 2009, S. 53). Um diesen Mangel zu beheben, werden im Folgenden Möglichkeiten aufgezeigt, wie marktliche Wettbewerbsprozesse in das formale Grundgerüst des Bass-Modells implementiert werden können (vgl. Abschnitt 3.3.1). Konkret wird dabei die bisher angenommene Ein-Produkt-Betrachtung des Bass-Modells durch eine Mehr-Produkt-Betrachtung im Rahmen eines neuen wettbewerbsorientierten Modells ersetzt werden. Dadurch soll in diesem neuen Modell die Abbildung von marktlichen Situationen ermöglicht werden, in denen mehrere Produkte oder Technologiestandards simultan um dasselbe Diffusionspotential konkurrieren können (vgl. Bayus et al. 2000, S. 155). Während im Bass-Modell langfristig jede Innovation die Marktsättigung erreicht, gestaltet sich die Dynamik des Wettbewerbsmodells, wie im Weiteren noch gezeigt werden wird, in Folge der Betrachtungsausweitung auf mehrere Diffusionsgüter deutlich komplexer. So können sich im Rahmen des Wettbewerbsmodells zum Beispiel völlig unterschiedliche Gleichgewichtszustände herausbilden, die bei entsprechenden Parameterwerten zeitlich persistent und somit auf lange Sicht hin stabil bleiben können. Ganz konkret kann die Wettbewerbsdynamik im Modell entweder zu einer Koexistenz-Lösung führen, in der mehrere Technologiestandards das absolute Marktpotential untereinander aufteilen (vgl. Dubé et al. 2010, S. 216 ff.) oder in einer The-winner-takes-all-Lösung münden, in der ein bestimmter Standard auf lange Sicht hin den Markt dominiert, indem er den Kundenstamm aller anderen Konkurrenzstandards kontinuierlich aushöhlt (vgl. Schilling 2002, S. 387 ff.). Das Wettbewerbsmodell erlaubt also eine deutlich differenziertere Analyse von Markt- und Adoptionsdynamiken als es bisher mit Hilfe des einfachen Standardmodells von Bass möglich gewesen wäre. Die Vorstellung des Wettbewerbsmodells ist im Weiteren wie folgt gegliedert. Zunächst wird in Abschnitt 3.4.1

der formal-mathematische Rahmen des neuen Modells präsentiert werden. Hieran anknüpfend werden dann in Abschnitt 3.4.2 die verschiedenen Marktlösungen des Modells simuliert und charakterisiert werden. Dabei werden auch potentiell chaotische Lösungen zur Diskussion gestellt, die bei einer bestimmten Parameterkonstellation zu oszillierenden und damit nichtdeterministischen Diffusionsverläufen im Modell führen können (vgl. Abschnitt 3.4.3). Die Vorstellung des formalen Modellrahmens wird in Abschnitt 3.4.4 schließlich mit einer kritischen Würdigung aller modelltheoretischen Überlegungen sowie unter Bezugnahme auf die besonders wichtigen Limitationen des Wettbewerbsmodells zum Abschluss gebracht werden.

3.4.1 Modellrahmen

Um den formalen Modellrahmen des Wettbewerbsmodells zu definieren, muss zunächst die klassische Ein-Produkt-Betrachtung des Bass-Modells durch eine Mehr-Produktbetrachtung ersetzt werden. Dadurch soll die Starrheit des originären Bass-Modells soweit flexibilisiert werden, dass die im Modell beschriebenen Adoptionsprozesse auch auf Märkte, die durch Produktinterdependenzen sowie Standardisierungsdynamiken gekennzeichnet sind, übertragen werden können. Um die Anwendbarkeit des Modells dabei möglichst breit zu halten, wird bei den folgenden Überlegungen bewusst nicht zwischen Produkten und den zugrundeliegenden Technologien differenziert werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird die Anzahl der betrachteten Diffusionsgüter im Wettbewerbsmodell auf nur zwei Produkte beschränkt bleiben. Grundsätzlich wäre im Rahmen des Modells auch eine Ausweitung der Betrachtung auf n -Güter denkbar, allerdings würde sich durch eine derartige Verallgemeinerung auch die Modellkomplexität erhöhen, was einerseits zu Lasten der Übersichtlichkeit im Modell fallen würde und andererseits aber keinen großen Erkenntnismehrwert liefern könnte (vgl. Bass 1986, S. 29). Da viele Standardkriege zudem durch Wettbewerbssituationen zwischen nur zwei marktlichen Standards gekennzeichnet sind, gibt es auch keine echte empirische Notwendigkeit für eine Ausweitung der Betrachtung auf n -Güter (vgl. Chakravarti und Xie 2006, S. 225). Um die um das Marktpotential konkurrierenden Güter im weiteren Verlauf der Arbeit klar voneinander unterscheiden zu können, werden diese im Folgenden mit den Indizes i und j indiziert. Beide Güter werden dabei im Rahmen des wettbewerbsorientierten Mo-

dells als echte Substitutionsgüter aufgefasst, das heißt, sie befriedigen beide ähnliche Bedürfnisse im Markt und werden von den Nachfragern bis zu einem gewissen Grad als austauschbar wahrgenommen (vgl. Edling 2008, S. 82). Auch wenn sie als Substitute aus Sicht der Nachfrager identische Funktionen erfüllen mögen, basieren sie dabei dennoch auf unterschiedlichen Technologien (vgl. Porter 1992, S. 49). Dieser Sachverhalt lässt sich gut am Beispiel von Blu-Ray- und HD-DVD-Playern verdeutlichen. Beide Player-Varianten erfüllten im Wettbewerbskampf um die marktliche Dominanz, weitgehend identische Funktionen. Diese lagen vornehmlich in der Wiedergabe von Multimedia-Inhalten begründet, die aus einer mit dem jeweiligen Player kompatiblen Speicher-Disc herausgelesen werden mussten (vgl. Gallagher 2012, S. 91). Beide Standards basierten dabei allerdings auf unterschiedlichen technologischen Lösungen, so dass ihre technischen Funktionen zu wahrnehmbaren Qualitätsunterschieden führten (vgl. Gallagher 2012, S. 91). Solange solche qualitativen Unterschiede zwischen den Substituten nicht zu groß werden, sind die Nachfragen nach beiden Standards aufgrund der Substitutionseigenschaft direkt voneinander abhängig (vgl. Edling 2008, S. 82). Eben diese Kopplung der partiellen Nachfragen nach Standard i und Standard j stellt, wie im Weiteren noch gezeigt werden wird, die wesentliche Neuerung in der Konzeption des Wettbewerbsmodells dar. Durch die Verschränkung beider Nachfragen erhält das Wettbewerbsmodell eine gewisse konzeptionelle Ähnlichkeit mit einer ganz eignen Klasse von Diffusionsmodellen, die Ablösungsdynamiken bei mehreren Produkt- oder Technologiegenerationen abzubilden versuchen (vgl. Jiang und Jain 2012, S. 1887 ff., Danaher et al. 2001, S. 501 ff., Mahajan und Muller 1996, S. 109 ff.). Allerdings unterscheidet sich das Wettbewerbsmodell auch von diesen Mehr-Generationen-Modellen deutlich, weil es den Fokus nicht auf die Beschreibung des so genannten Leapfrogging-Verhaltens legt, das stark vereinfacht gesprochen als eine bewusste Verschiebung der Nachfrage auf eine in der Zukunft zu erwartende Produktgeneration definiert werden kann (vgl. Jiang und Jain 2012, S. 1888).

Neben der soeben angesprochenen Substitutionsprämisse wird im Rahmen des Wettbewerbsmodells außerdem angenommen, dass die Nutzung eines der beiden Technologiestandards die zeitgleiche Verwendung des konkurrierenden Standards ausschließen soll. Jeder Innovationsnachfrager muss somit im Rahmen des Modells zwischen genau zwei Alternativen im Markt wählen. Dabei spiegelt die an dieser Stelle getroffene Exklusivitätsannahme das Kauf- und Adoptionsverhalten vieler

Nachfrager im realen Marktgeschehen durchaus treffend wieder. Wer sich seinerzeit beispielsweise einen HD-DVD-Player gekauft hat, wollte in der Regel nicht noch zusätzlich einen Blu-Ray-Player erwerben. Diese Notwendigkeit ergab sich in der Realität erst als Toshiba Anfang 2008 offiziell die Unterstützung des HD-DVD-Standards für beendet erklärte (vgl. den Hartigh et al. 2009, S. 21). Da alle HD-DVD-Player nach dieser Ankündigung aufgrund des zu geringen Komplementärangebots nahezu nutz- und wertlos geworden waren, sahen sich viele Nachfrager gezwungen, auf die konkurrierende Blu-Ray-Technologie umzusteigen (vgl. Gallagher 2012, S. 98). Um derartige Wechselprozesse über den gesamten Wettbewerbszyklus hinweg abbilden zu können, wird die initiale Kaufentscheidung der Nachfrager im Rahmen des wettbewerbsorientierten Modells als eine reversible Entscheidung konzipiert. Stellen die Nutzer eines neuen Produktes also fest, dass sie sich für den scheinbar falschen Standard entschieden haben, können sie das anfangs erworbene Produkt auch zu einem späteren Zeitpunkt durch eine andere im Markt verfügbare Alternative ersetzen. Liegen positive Netzeffekte vor, so repräsentiert diese Wechselentscheidung dann die rationale Erwartungsbildung der Konsumenten (vgl. Katz und Shapiro 1985, S. 426). Da alle anderen Marktparameter im Wettbewerbsmodell ausgeblendet werden, hängt die Erwartungsbildung im Modell ausschließlich von der größenmäßigen Entwicklung der Nutzerbasis einer Technologie ab (vgl. Egyedi 2014, S. 214). Ein Technologiestandard mit einem größeren Nutzerkreis verspricht, wie in Abschnitt 2.4 bereits ausführlich diskutiert wurde, ein größeres Angebot an komplementären Gütern und Dienstleistungen und wirkt auf potentielle Nutzer daher attraktiver (vgl. Shapiro und Varian 1998, S. 175). Sobald die Konsumenten also beobachten, dass eine der beiden Technologien den Markt zu dominieren beginnt, werden sie den Technologiestandard mit dem größeren Nutzerkreis eindeutig vorziehen (vgl. Katz und Shapiro 1985, S. 426). Die wettbewerbsorientierte Adoptionslogik wird im Modell durch den Wettbewerbsparameter λ beschrieben. Dieser setzt die aus Sicht der Nachfrager erwarteten Nutzerzahlen beider Technologien¹ zueinander ins Verhältnis und lässt die aus dem Verhältnis resultierende Relation beider Größen multiplikativ in die Höhe des Imitationskoeffizienten q einfließen:

$$\lambda_{ti} = (E[A_{ti}]/E[A_{tj}])q_{ti} \quad \lambda_{tj} = (E[A_{tj}]/E[A_{ti}])q_{tj} \quad (12)$$

¹ Die Erwartungswerte beziehen sich in dieser Darstellung auf die Nutzerzahlen von Technologie i und j , die Konsumenten bei vollständiger und vollkommener Information sowie bei störungsfreier Diffusion erwarten können. Die Entwicklung der Nutzerbasis bei störungsfreier Diffusion kann mit Hilfe des klassischen Bass-Modells simuliert werden und in Gleichung 12 des wettbewerbsorientierten Modells eingespeist werden.

Weisen in dieser Betrachtung die Nutzernetzwerke der Technologien i und j dabei gleich viele Nutzer auf ($A_{ti} = A_{tj}$), so sind ceteris paribus die Innovationsnachfrager bei ihrer Adoptionsentscheidung indifferent zwischen den beiden Alternativen ($\lambda_{ti} = \lambda_{tj} = 1$). Verwenden hingegen mehr Nutzer Technologie i als Technologie j , so erhöht dies einerseits die Adoptionswahrscheinlichkeit von Technologie i ($\lambda_{ti} > 1$), senkt aber im Umkehrschluss auch die Adoptionswahrscheinlichkeit von Technologie j ($\lambda_{tj} < 1$). Aufgrund von Symmetrieeigenschaften im Modell würden diese Überlegungen spiegelbildlich ebenso für den Fall gelten, wenn das Nutzernetzwerk von Technologie j größer als das von Technologie i wäre. Da im Rahmen des Wettbewerbsmodells beide Technologien als Substitute in denselben Markt diffundieren, besteht das Marktpotential aus der Gesamtzahl potentieller Adoptoren im System abzüglich der Nutzer, die sich bereits für einen der anderen Technologiestandards entschieden haben:

$$M_{ti} = \bar{N} - A_{tj} \quad M_{tj} = \bar{N} - A_{ti} \quad (13)$$

Anders als im Bass-Modell wird die Adoptionsdynamik im Wettbewerbsmodell in der zeitdiskreten Form allerdings nicht mehr durch eine einzelne Differenzgleichung beschrieben, sondern vielmehr über ein ineinander gekoppeltes System von Differenzgleichungen abgebildet. Konkret werden dabei die um den Wettbewerbsparameter λ erweiterten, zeitdiskreten Adoptionsgleichungen über das gemeinsame Marktpotential zueinander in Beziehung gesetzt. Es ergeben sich somit in Anlehnung an die Formulierung von Bass für die beiden Technologien i und j Adoptionsgleichungen der folgenden Form:

$$a_{ti} = p_i M_{ti} + (q_i - p_i) A_{ti} - \left(\frac{\lambda_{ti}}{M_{ti}} \right) A_{ti}^2 \quad (14)$$

und

$$a_{tj} = p_j M_{tj} + (q_j - p_j) A_{tj} - \left(\frac{\lambda_{tj}}{M_{tj}} \right) A_{tj}^2 \quad (15)$$

Dabei bezeichnet a_t in beiden Adoptionsgleichungen die Anzahl der Adoptionen in Periode t , während A_t die Anzahl der kumulierten Adoptionen bis t beschreibt. Im Unterschied zu der Formulierung nach Bass werden in den beiden Differenzgleichungen die Koeffizienten des internen Systemeinflusses durch den Wettbewerbspa-

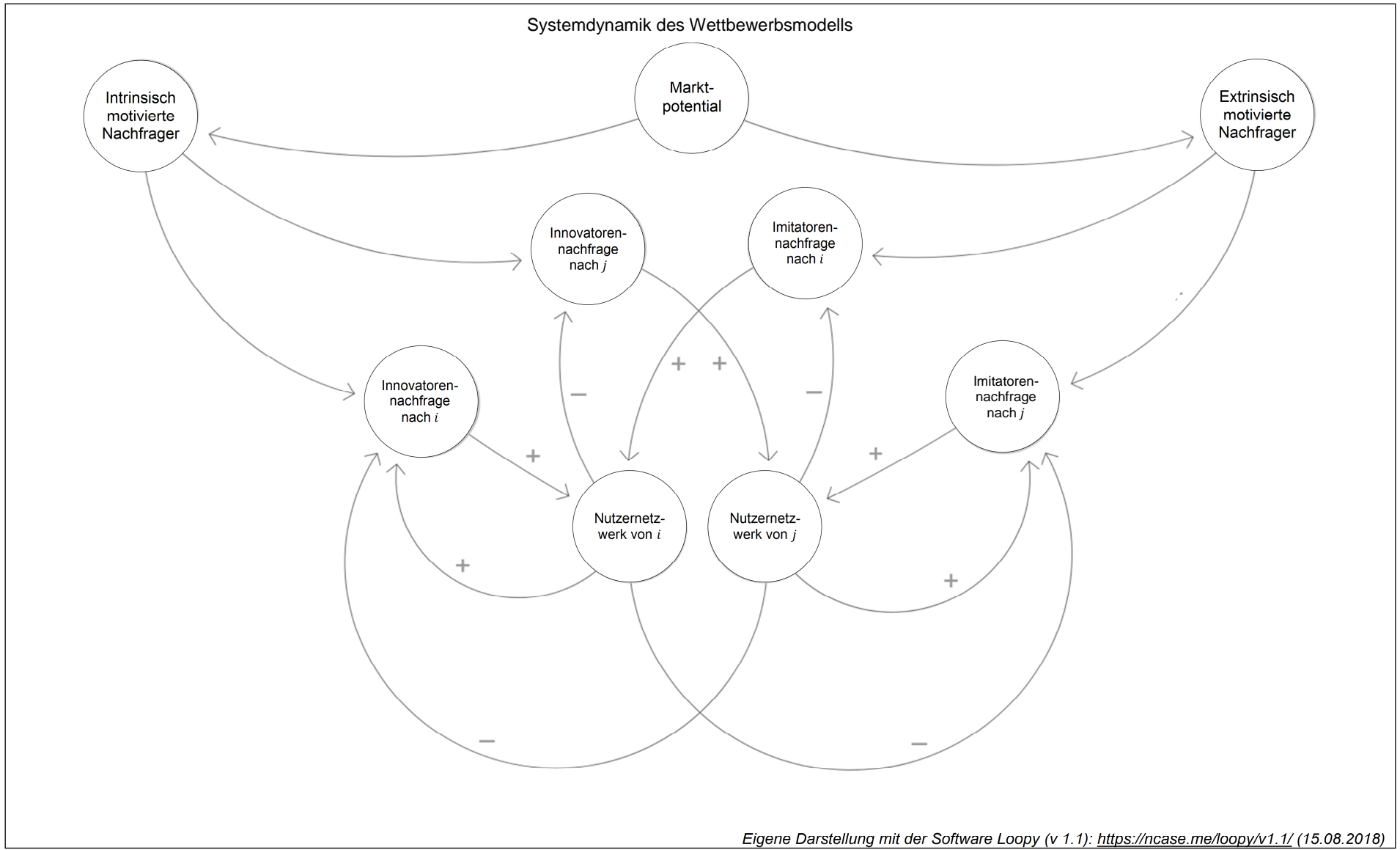


Abbildung 27: Wirkbeziehungen im wettbewerbsorientierten Modell

parameter λ ersetzt. Die Höhe der Imitatorennachfrage kann daher im Rahmen des Wettbewerbsmodells dynamisch auf Veränderungen der partiellen Marktpotentiale M_{ti} und M_{tj} reagieren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Adoptionsdynamiken im Rahmen des Wettbewerbsmodells durch das Wechselspiel von Innovations- und Imitationskräften beschrieben werden, die ihrerseits in direkter Beziehung zu den Erwartungen der Nutzer an die künftige Entwicklung des Gesamtmarktes stehen (vgl. Egyedi 2014, S. 214). Kippt der Markt zugunsten eines bestimmten Technologiestandards, setzt dies im wettbewerbsorientierten Modell Adoptionspotentiale in Form von wechselwilligen Nachfragern frei, die ihre Initialentscheidung zugunsten des dominanten Technologiestandards überdenken (vgl. Gandal 2002, S. 81). Rückkopplungen im aufgestellten Gleichungssystem können dabei die modellinhärenten Dynamiken verstärken und zur Bildung von dauerhaften und stabilen Marktlösungen führen (vgl. Shapiro und Varian 1998, S. 176). Da die durch das Wettbewerbsmodell beschriebenen Dynamiken dabei insgesamt betrachtet aber recht komplex sind, ist es ratsam, die verschiedenen Wechselwirkungen im Modell in einem Flussdiagramm zu betrachten. In Abbildung 27 werden hierzu alle wesentlichen Wirkungsketten vereinfacht in einem so genannten Flow-Chart zusammengefasst. Wie aus dieser Abbildung ersichtlich wird, sind im Rahmen des wettbewerbsorientierten Modells zahlreiche positive wie auch negative Feedbackschleifen abgebildet. Die einzelnen Einflussgrößen können sich daher im Modell in ihrer Wirkung gegenseitig verstärken und/oder abschwächen. Welche konkreten Marktdynamiken aus diesem komplexen Beziehungsgeflecht dabei schlussendlich in der aggregierten Betrachtung resultieren, lässt sich jedoch nicht intuitiv aus der Betrachtung des abgebildeten Wirkgeflechts ableiten. Aus diesem Grund wird das aggregierte Modellverhalten im Folgenden mit Hilfe einer simulationsbasierten Analyse näher untersucht werden müssen.

3.4.2 Simulationslösungen

Nachdem im letzten Abschnitt der Modellrahmen des neuen Wettbewerbsmodells skizziert wurde, werden an dieser Stelle nun mögliche Lösungen des Modells präsentiert und diskutiert werden. Sind die Parameter der externen und internen Systeminflüsse für beide Konkurrenztechnologien identisch ($p_i = p_j$ und $q_i = q_j$), so

ergibt sich im Modell eine symmetrische Lösung, in der das Marktpotential zwischen den beiden Technologiealternativen i und j völlig gleichmäßig aufgeteilt wird. Für diesen speziellen Fall sind die Nachfrager in ihrer Adoptionsentscheidung weitgehend indifferent. Bei einer derartig unbestimmten Präferenzordnung im Markt entscheidet ausschließlich der Zufall, ob der einzelne Nachfrager Standard i oder Standard j adoptieren wird. Im Ergebnis resultiert somit eine völlig symmetrische Lösung, in der beide Standards jeweils von der Hälfte aller Konsumenten nachgefragt werden. Eine derartige Lösung wird im Weiteren als Marktfragmentierung bezeichnet (vgl. Dube et al. 2010, S. 223). Sie stellt für das Modell einen gleichgewichtigen Zustand dar, weil die Aufteilung des Marktes *ceteris paribus* über längere Zeitperioden stabil bleiben kann. In der Realität kann die Stabilität einer solchen Marktlösung jedoch durchaus kritisch gesehen werden, denn schon kleinste Störungen in Form von geringen Nachfrageverschiebungen können das fragile Gleichgewicht zusammenbrechen lassen (vgl. Koski und Kretschmer 2004, S. 8).

Auch wenn sich Fälle dauerhafter Marktfragmentierung in der realen Welt hin und wieder beobachten lassen, kommt ihre Existenz dabei nicht ausschließlich durch die im Modell abgebildete Nachfragedynamik zustande (vgl. Egyedi 2014, S. 214). Vielmehr sind für die dauerhafte Marktaufteilung politische, geographische oder anbieterseitige Faktoren ausschlaggebend, die im Wettbewerbsmodell in dieser Form nicht betrachtet werden können (vgl. Chiariglione 1997, S. 79). Zum Beispiel kann die dauerhafte Etablierung der drei Fernsehstandards NTSC, PAL und SECAM weitgehend auf politische Gründe zurückgeführt werden (vgl. Hamelink 1995, S. 257). Auf der Suche nach einem einheitlichen System zur Übertragung von Farbsignalen beim analogen Fernsehen kam es 1965 bei der Abstimmung im internationalen beratenden Ausschuss für den Funkdienst (CCIR) in Wien zu einer folgenreichen Blockbildung: Während Frankreich und die Sowjetunion geschlossen für die SECAM-Norm stimmten, setzte sich Deutschland aktiv für den Erhalt des von der Telefunken GmbH entwickelten PAL-Standards ein (vgl. Austin und Milner 2001, S. 419). Ebenso stimmten die USA für die Etablierung eines eigenen Verfahrens, das bis heute als die NTSC-Norm bekannt ist (vgl. Hamelink 1995, S. 257). Das Ergebnis dieser historischen Abstimmung prägte die technologische Entwicklung im Fernsehmarkt nachhaltig, weil der politische Beschluss seinerzeit rund um den Globus einheitliche Formate entstehen ließ, die den Weltmarkt für Fernsehtechnik bis heute tiefgreifend prägen (vgl. Austin und Milner 2001, S. 419). Solche politisch motivierten Entschei-

Zeitabhängige Mechanik des Differenzgleichungssystems im Wettbewerbsmodell

Diffusion von Technologie i mit zeitinvarianten Parametern p_i und q_i

Diffusion von Technologie j mit zeitinvarianten Parametern p_j und q_j

Entwicklung des Marktpotentials

Periode t	Adoptionsrate in Periode t	Technologienutzer	Wettbewerbsparameter	Adoptionsrate in Periode t	Technologienutzer	Wettbewerbsparameter	Teilmarkt i	Teilmarkt j	Gesamt
0	$a_{it_0} = p_i M_{it_0}$	$A_{it_0} = 0$	$\lambda_{it_0} = q_i$	$a_{jt_0} = p_j M_{jt_0}$	$A_{jt_0} = 0$	$\lambda_{jt_0} = q_j$	$M_{it_0} = \bar{N}$	$M_{jt_0} = \bar{N}$	\bar{N}
1	$a_{it_1} = p_i M_{it_1} + (q_i - p_i) A_{it_1} - \left(\frac{\lambda_i}{M_{it_1}}\right) A_{it_1}^2$	$A_{it_1} = a_{it_0} + A_{it_0}$	$\lambda_{it_1} = \frac{E[A_{it_1}]}{E[A_{jt_1}]} q_i$	$a_{jt_1} = p_j M_{jt_1} + (q_j - p_j) A_{jt_1} - \left(\frac{\lambda_j}{M_{jt_1}}\right) A_{jt_1}^2$	$A_{jt_1} = a_{jt_0} + A_{jt_0}$	$\lambda_{jt_1} = \frac{E[A_{jt_1}]}{E[A_{it_1}]} q_j$	$M_{it_1} = \bar{N} - A_{jt_0}$	$M_{jt_1} = \bar{N} - A_{it_0}$	\bar{N}
2	$a_{it_2} = p_i M_{it_2} + (q_i - p_i) A_{it_2} - \left(\frac{\lambda_i}{M_{it_2}}\right) A_{it_2}^2$	$A_{it_2} = a_{it_1} + A_{it_1}$	$\lambda_{it_2} = \frac{E[A_{it_2}]}{E[A_{jt_2}]} q_i$	$a_{jt_2} = p_j M_{jt_2} + (q_j - p_j) A_{jt_2} - \left(\frac{\lambda_j}{M_{jt_2}}\right) A_{jt_2}^2$	$A_{jt_2} = a_{jt_1} + A_{jt_1}$	$\lambda_{jt_2} = \frac{E[A_{jt_2}]}{E[A_{it_2}]} q_j$	$M_{it_2} = \bar{N} - A_{jt_1}$	$M_{jt_2} = \bar{N} - A_{it_1}$	\bar{N}
3	$a_{it_3} = p_i M_{it_3} + (q_i - p_i) A_{it_3} - \left(\frac{\lambda_i}{M_{it_3}}\right) A_{it_3}^2$	$A_{it_3} = a_{it_2} + A_{it_2}$	$\lambda_{it_3} = \frac{E[A_{it_3}]}{E[A_{jt_3}]} q_i$	$a_{jt_3} = p_j M_{jt_3} + (q_j - p_j) A_{jt_3} - \left(\frac{\lambda_j}{M_{jt_3}}\right) A_{jt_3}^2$	$A_{jt_3} = a_{jt_2} + A_{jt_2}$	$\lambda_{jt_3} = \frac{E[A_{jt_3}]}{E[A_{it_3}]} q_j$	$M_{it_3} = \bar{N} - A_{jt_2}$	$M_{jt_3} = \bar{N} - A_{it_2}$	\bar{N}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
T	$a_{iT} = p_i M_{iT} + (q_i - p_i) A_{iT} - \left(\frac{\lambda_i}{M_{iT}}\right) A_{iT}^2$	$A_{iT} = a_{iT-1} + A_{iT-1}$	$\lambda_{iT} = \frac{E[A_{iT}]}{E[A_{jT}]} q_i$	$a_{jT} = p_j M_{jT} + (q_j - p_j) A_{jT} - \left(\frac{\lambda_j}{M_{jT}}\right) A_{jT}^2$	$A_{jT} = a_{jT-1} + A_{jT-1}$	$\lambda_{jT} = \frac{E[A_{jT}]}{E[A_{iT}]} q_j$	$M_{iT} = \bar{N} - A_{jT-1}$	$M_{jT} = \bar{N} - A_{iT-1}$	\bar{N}

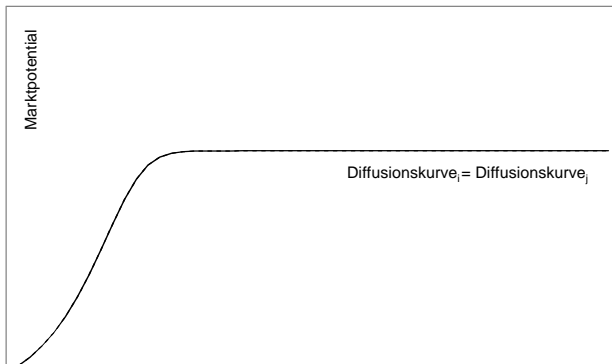
Anmerkung: Die Erwartungswerte $E[A_{it}]$ und $E[A_{jt}]$ repräsentieren die erwartete Entwicklung der Nutzernetzwerke aus Sicht der Adoptoren bei vollständiger und vollkommener Information ohne die störenden Einflüsse der konkurrierenden Technologie. Beide Erwartungswerte lassen sich über eine störungsfreie Schätzung des klassischen Bass-Modells ermitteln. Sie entsprechen dabei exakt der im Bass-Modell geschätzten Zahl an Adoptoren.

Simulationsergebnisse bei Variation der Modellparameter (Simulation mit $\bar{N} = 100$)

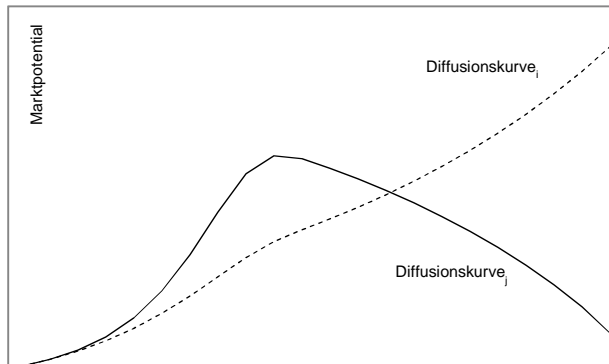
Dauerhafte Marktfragmentierung

Winner-takes-it-all-Markt

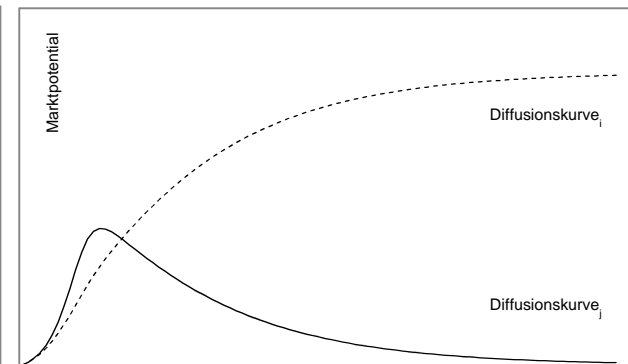
Winner-takes-it-all-Markt



Technologie i : $p_i = 0.02$ $q_i = 0.3$
 Technologie j : $p_j = 0.02$ $q_j = 0.3$



Technologie i : $p_i = 0.02$ $q_i = 0.45$
 Technologie j : $p_j = 0.02$ $q_j = 0.30$



Technologie i : $p_i = 0.01$ $q_i = 0.3$
 Technologie j : $p_j = 0.01$ $q_j = 0.4$

Eigene Darstellung

Abbildung 28: Mechanik und Parametersensitivität des Wettbewerbsmodells

dungen können nachfrageorientierte Modelle wie das Wettbewerbsmodell selbstverständlich nicht abbilden. Auf freien Märkten, die nicht maßgeblich von politischen Instanzen reguliert werden, stellen solche dauerhaften Marktsegmentierungen jedoch auch eher die Ausnahme und nicht den Normalfall dar, weil Wettbewerbsprozesse über die Zeit unweigerlich zu Verschiebungen in der Konkurrenzrelation führen (vgl. Koski und Kretschmer 2004, S. 8). Diese können dann von den Konsumenten in ihrem Nachfrageverhalten antizipiert werden, was im Umkehrschluss zu einer Präferenzverschiebung im Markt und konsequenterweise zu einem Zusammenbruch des fragilen Fragmentierungsgleichgewichts führen muss.

Ganz anders hingegen gestaltet sich die im Wettbewerbsmodell beschriebene Marktdynamik, wenn sich die partiellen Marktnachfragen nach den beiden Technologien i und j voneinander unterscheiden, so dass einer der beiden Standards insgesamt betrachtet stärker nachgefragt wird als der andere. Eine solche Nachfragestruktur wird im Rahmen des wettbewerbsorientierten Modells durch eine asymmetrische Parameterwahl zum Ausdruck gebracht ($p_i \neq p_j$ und $q_i \neq q_j$). Derartige Asymmetrien in den Parametern resultieren dabei langfristig stets in einer Winner-takes-all-Lösung, weil modellinhärente Rückkopplungen alle noch so kleinen Ungleichheiten in den Präferenzen auf lange Sicht hin verstärken (vgl. Egyedi 2014, S. 214). Wird ein kritischer Punkt überschritten, so kippt das im Rahmen des Modells abgebildete Marktsystem schließlich zu Gunsten des dominanten Standards. Weil alle anderen Formen und Quellen von potentiell relevanten Interdependenzen im Modell über die Ceteris-Paribus-Annahme ausgeblendet werden (vgl. Bayus et al 2000, S. 155), stellt diese durch einen marktlichen Lock-in charakterisierte Wettbewerbssituation für sich genommen eine stabile Lösung dar. Solche Ein-Standard-Lösungen stellen auf realen Märkten grundsätzlich keine Seltenheiten dar, so gingen beispielsweise der VHS-Standard oder die Blu-Ray-Disc als eindeutige Marktsieger aus den jeweiligen Standardwettkämpfen hervor, um nur einige besonders bekannte Beispiele hierfür zu nennen (vgl. Gallagher 2012, S. 96, Cusumano et al. 1992, S. 88).

Die beiden im Rahmen des Wettbewerbsmodells möglichen Lösungen, also Marktfragmentierung auf der einen Seite oder Marktkonzentration auf der anderen Seite, können mit Hilfe einer geeigneten Parameterwahl simuliert werden. In Abbildung 28 werden hierzu ausgewählte Simulationslösungen für unterschiedliche Parameterkonstellationen einander gegenübergestellt. Zum besseren Verständnis der zugrundeliegenden Modellmechanik werden in dieser Darstellung auch die periodenweisen

Berechnungsschritte des Wettbewerbsmodells offengelegt. Insgesamt betrachtet zeigt die Abbildung dabei sehr deutlich, dass die aggregierten Diffusionskurven im Modell sensitiv auf Veränderungen der Größenrelationen beider Nutzernetzwerke reagieren. Die in Abbildung 28 gezeigten Märkte funktionieren also nach dem Prinzip „the bigger, the better“ und unterliegen bezogen auf ihre Anpassungsdynamik der starken Wirkung von Netzwerkeffekten. Aus der Betrachtung der beiden rechten Teilabbildungen wird außerdem deutlich, dass Diffusionsvorgänge im Rahmen des wettbewerbsorientierten Modells auch einen frühzeitigen Abbruch erleiden können, was im Standardmodell nach Bass aufgrund der positivistischen Grundprämisse konzeptionell nicht darstellbar gewesen wäre (vgl. Lunn 2015, S. 195).

3.4.3 Chaotisches Verhalten

Die beiden bisher betrachteten Fälle führten zu eindeutigen und stabilen Marktlösungen: Der Markt wurde entweder dauerhaft aufgeteilt oder kippte zugunsten einer dominanten Technologie. An dieser Stelle erweckt das Wettbewerbsmodell allerdings einen falschen Eindruck von Determiniertheit, denn das zugrunde liegende Gleichungssystem ist in seinem Wesen nicht linear und kann deshalb zu chaotischen und auf den ersten Blick unerwarteten Realisationen führen (vgl. Abbildung 29). Chaotisches Verhalten ist dabei generell kein spezifisches Problem des Wettbewerbsmodells. Auch andere Modelle wie zum Beispiel das logistische Diffusionsmodell oder das Bass-Modell können bei entsprechender Parametersetzung chaotische Zustände erzeugen (vgl. Weiber 1993, S. 39). In der mathematisch orientierten Systemforschung wird bei Modellierungsansätzen, die zur Ausprägung chaotischer Verhaltenszüge neigen, grundsätzlich zwischen deterministischen und nichtdeterministischen Chaoszuständen unterschieden (vgl. Kappelhoff 2004, S. 123 ff.). Letztere verletzen das Fundamentalprinzip der starken Kausalität, so dass selbst kleine Variationen in den Anfangsbedingungen zu großen und unvorhergesehenen Auswirkungen auf das Makroverhalten führen können (vgl. Loistl und Betz 1996, S. 6). Nichtdeterministische chaotische Systeme können dabei eine Systemdynamik induzieren, die weder sinnvoll simuliert, noch prognostiziert werden kann (vgl. Herold und Völker 2011, S. 5). Chaos bedeutet in diesem Kontext also, dass sich keine sinnvollen Anhaltspunkte mehr finden lassen, die eine effektive Kontrolle der modellinhärenten

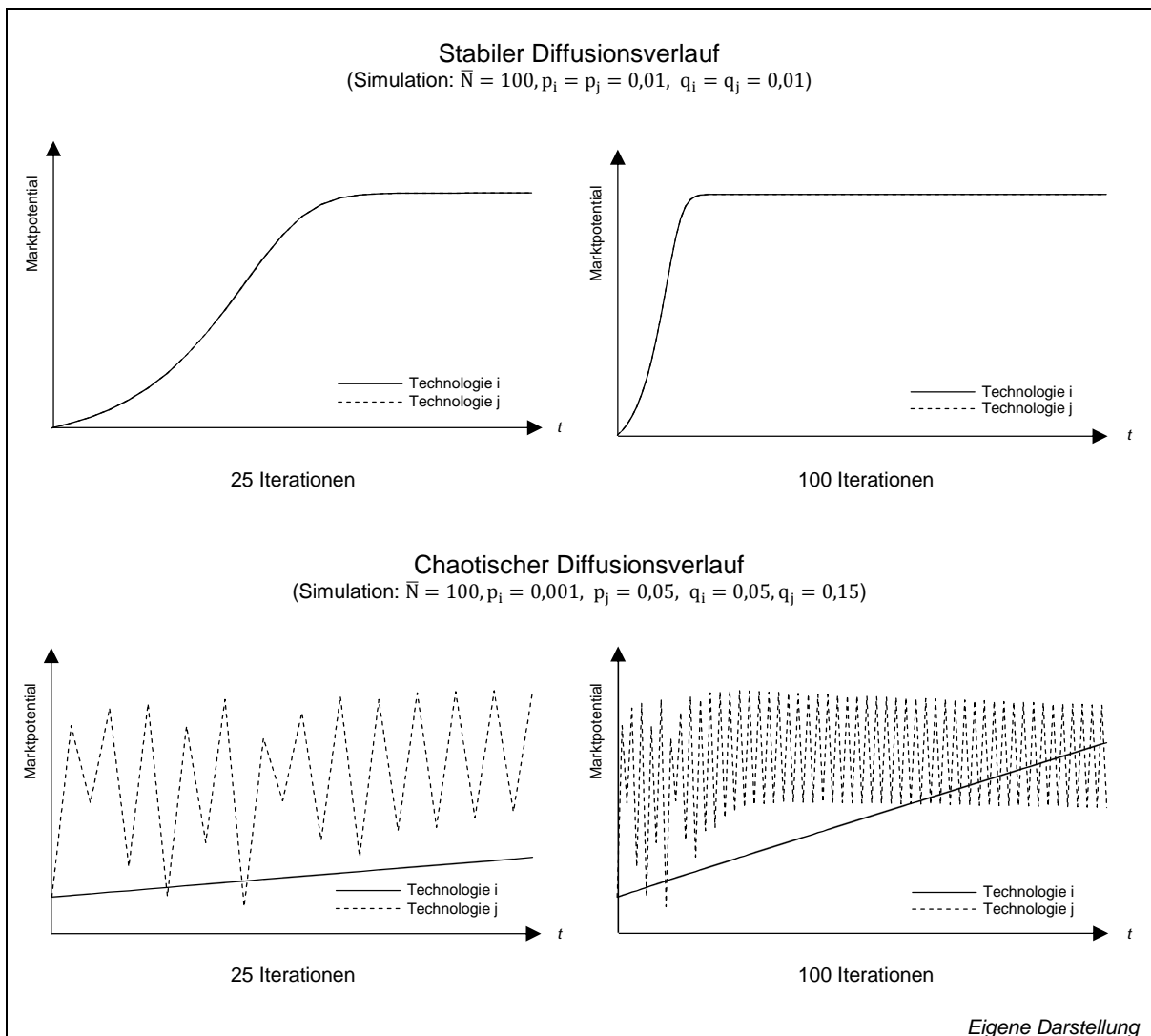


Abbildung 29: Chaotisches Verhalten im Wettbewerbsmodell

Prozesse ermöglichen würden (vgl. Weiber 1993, S. 41). Die Koexistenz von Chaos und Ordnung stellt in natürlichen dynamischen Systemen grundsätzlich keine Seltenheit dar (vgl. Mainzer 1999, S. 3). Komplexe sozioökonomische Systeme wie Unternehmen, Märkte oder ganze Gesellschaften können auf der einen Seite durch Selbstorganisationsmechanismen stabile Ordnungsstrukturen erzeugen (vgl. Allen 1982, S. 142). Auch wenn diese Ordnungszustände beständig erscheinen mögen, sind sie in Wirklichkeit sehr fragil, weil derartige Systeme in ihrem Kern nichtlinear und gekoppelt bleiben (vgl. Werndl 2009, S. 2). Ihre Dynamik resultiert somit aus unzähligen Feedbackschleifen, die das Gesamtsystem urplötzlich aus einem geregelten Zustand in einen chaotischen Zustand überführen können (vgl. Gollub und Baker 1996, S. 74, Kellert 1993, S. 32).

Die Frage, wie auf das latent vorhandene Chaospotential von Diffusionsmodellen reagiert werden muss, wurde in der Diffusionsforschung in den vergangenen Jahren bereits ausführlich diskutiert (vgl. Schmalen und Binninger 1994, S. 5). Nach Weiber lassen sich hierbei zwei mögliche Vorgehensweisen unterscheiden: So können unrealistische, durch chaotisches Systemverhalten hervorgebrachte Werte einerseits ex post aufgrund von sachlogischen Überlegungen einfach ausgeschlossen werden. Andererseits aber lassen sich auch schon ex ante Anwendungsfelder überlegen, in denen die Diffusionsmodelle zu plausiblen, das heißt also in diesem Sinne, zu nicht chaotischen Lösungen führen werden (vgl. Weiber 1993, S. 43). Angesichts des in Abbildung 29 skizzierten Chaospotentials, erscheint eine solche Plausibilitätsprüfung auch für das Wettbewerbsmodell sinnvoll. Hierzu lässt sich das Konvergenzverhalten der Schätzalgorithmen, die bei der Bestimmung von Parameterwerten im Modell noch Verwendung finden werden, zu Rate ziehen. Wie in Kapitel 4 noch gezeigt werden wird, können die Lösungsalgorithmen in allen Schätzungen des Wettbewerbsmodells erfolgreich gegen einen Grenzwert konvergieren. Damit liegen alle in dieser Arbeit durchgeführten Parameterschätzungen im stabilen, also nicht chaotischen Bereich (vgl. Abschnitt 4.4). Aus diesem Grund kann im Folgenden auf eine tiefergehende Diskussion der Chaos-Problematik verzichtet werden.

3.4.4 Kritische Würdigung des Modells

Das in diesem Kapitel vorgestellte Wettbewerbsmodell weist gegenüber der klassischen Ein-Produkt-Betrachtung des Bass-Modells mehrere Vorzüge auf. Die wichtigsten Unterschiede zwischen den beiden Modellierungsansätzen werden dabei in Tabelle 12 abgebildet. Wie aus dieser Darstellung ersichtlich wird, kann sich die Höhe der Imitationsnachfrage im Wettbewerbsmodell im Zeitablauf dynamisch ändern. Zwar wird die Größe des gesamten Sozialsystems auch weiterhin als konstant angenommen, jedoch können sich die partiellen Marktpotentiale der beiden konkurrierenden Technologien im Wettbewerbsmodell dynamisch an den Präferenzen und Erwartungen der Nachfrager anpassen. Damit ist das Wettbewerbsmodell der Parameterstarrheit des aggregierten Bass-Modells deutlich überlegen. Auch werden im Wettbewerbsmodell Mehrfachkäufe sowie Substitutionsmöglichkeiten zugelassen, die im Standardmodell von Bass noch keine Berücksichtigung fanden. Als kompetitives Mo-

dell stellt das erweiterte Wettbewerbsmodell zudem ein wichtiges Bindeglied zwischen der ökonomisch orientierten Standardforschung sowie der soziologisch geprägten Diffusionsforschung dar, indem es Ausbreitungsprozesse auf kompetitiven Märkten unter Standardisierungsdruck bei Berücksichtigung von Netzwerkeffekten und Erwartungsbildungen der Nachfrager auf der aggregierten Ebene des Gesamtsystems abbildet. Im Unterschied zu den klassischen Diffusionsmodellen rückt das Wettbewerbsmodell damit nicht die systeminhärente Innovations- und Imitationsdynamik in den Vordergrund, sondern konzentriert sich in erster Linie auf die Beschreibung komplexer Konkurrenzprozesse zwischen den diffundierenden Technologien. Es zeigt, wie sich einige Technologien durch selbstverstärkende Marktmechanismen als dominante Marktstandards durchsetzen, während andere durch nachfragebasierte Prozesse aus dem Markt gedrängt werden.

Bei all seinen Vorzügen trifft das Wettbewerbsmodell jedoch auch vereinfachende Annahmen, die seine Aussagekraft ein Stück weit einschränken können. So wird zum Beispiel die Erwartungsbildung der Nachfrager im Wettbewerbsmodell unter der Annahme vollkommener und vollständiger Information sowie uneingeschränkter Rationalität modelliert. Es wird also angenommen, dass alle potentiellen Adoptoren zu

Bass-Modell	Wettbewerbsmodell
<ul style="list-style-type: none"> • Einfachkäufe • Keine Substitutionseffekte • Ein-Produkt-Betrachtung • Innovationskoeffizient statisch • Imitationskoeffizient statisch • Gesamtmarktgröße konstant 	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrfachkäufe • Substitutionseffekte möglich • Mehr-Produkt-Betrachtung • Innovationskoeffizient statisch • Imitationskoeffizient dynamisch • Gesamtmarktgröße konstant (partielle Marktgrößen dynamisch)

Eigene Darstellung

Tabelle 12: Vergleich der Annahmen im Bass- und Wettbewerbsmodell

jedem Zeitpunkt im Diffusionsprozess genau wissen, welche der beiden Technologien die größere Nutzerbasis aufweist. Zudem wird davon ausgegangen, dass alle Nachfrager diese Information vollkommen identisch bewerten, indem sie den Technologiestandard mit der größeren Nutzerbasis stets dem Technologiestandard mit dem geringeren Nutzerkreis vorziehen. Ein derartiges Kalkül erweist sich unter den im Modell getroffenen Annahmen bei Vorliegen positiver Netzwerkeffekte als eine völlig rationale Entscheidung. Inwiefern reale Adoptionsentscheidungen jedoch tatsächlich rational getroffen werden ist unter Modelltheoretikern strittig (vgl. Gigerenzer und Selten 2002, S. 37, Stocké 2002, S. 35, Rubinstein 1997, S. 13, Simon 1959, S. 253 ff.). Darüber hinaus muss an dieser Stelle bedacht werden, dass die Einschätzung der Nachfrager im Modell allein aus dem Vergleich der Größenrelation beider Nutzernetzwerke resultiert und somit nicht zwingend die tatsächliche technologische Überlegenheit eines Technologiestandards oder eines Produktes reflektiert. Konsequenterweise ist im Rahmen des Modells also durchaus denkbar, dass auch technologisch inferiore Standards die Marktdominanz erlangen. Damit bestätigt das wettbewerbsorientierte Modell aber auch ein Stück weit die empirische Realität, denn die ökonomische Standardforschung kennt viele Beispiele, in denen inferiore Standards als Sieger aus dem Standardisierungswettbewerb hervorgegangen sind, darunter die QWERTY-Tastatur (vgl. Lewin 2001, S. 70), Microsofts Betriebssystem MS-DOS (vgl. Sherden 2011, S. 68) oder Sonys Magnetbandsystem Beta-max (vgl. Liebowitz und Margolis 1996, S. 283 ff.), um nur einige besonders bekannte Beispiele hierfür zu nennen. Zwar wurden in der Vergangenheit tatsächlich viele Standardkriege durch eine Wettbewerbssituation zwischen nur zwei Standards charakterisiert, jedoch lassen sich auch Beispiele finden, die durch eine deutlich komplexere Konkurrenzsituation gekennzeichnet waren. Ein besonders anschauliches Beispiel hierfür stellt der in den 2000er Jahren ausgetragene Konkurrenzkampf zwischen den vielfältigen wiederbeschreibbaren DVD-Formaten dar: DVD-RAM vs. DVD-R(A) vs. DVD-R(G) vs. DVD-RW vs. DVD+R vs. DVD+RW (vgl. Katzman 2003, S. 410 ff.). Falls sich im Zuge zunehmender Digitalisierung solche Konkurrenzsituationen häufen sollten, kann eine Verallgemeinerung des Wettbewerbsmodells durch eine Ausdehnung der Betrachtung auf n -Standards angestrebt werden. Die in dieser Arbeit nicht vorgenommene Generalisierung des Modells muss also in späteren Forschungsarbeiten noch erfolgen.

4 Empirische Analyse

Nachdem im letzten Kapitel das klassische Mixed-Influence-Modell um kompetitive Aspekte erweitert und der formale Rahmen des auf diese Weise hergeleiteten Wettbewerbsmodells diskutiert wurde, befasst sich dieses Kapitel nun mit seiner empirischen Validierung. Hierzu werden im nachfolgenden Abschnitt zunächst unterschiedliche Verfahren und Methoden präsentiert, die sich ganz grundsätzlich zur Schätzung der Parameter im Wettbewerbsmodell heranziehen lassen (vgl. Putsis und Srinivasan 2000, S. 263 ff.). In dieser überblickartigen Darstellung wird dabei zum Ausdruck gebracht werden, dass in älteren empirischen Arbeiten vor allem lineare Verfahren zur Schätzung eingesetzt wurden, wohingegen heute nichtlineare Schätzansätze in der Anwendung dominant sind (vgl. Putsis 1996, S. 269). Die bevorzugte Verwendung nichtlinearer Verfahren hat unter methodischen Gesichtspunkten gute Gründe, schließlich liefern diese Ansätze in der Praxis, wie zahlreiche Studien belegen, präzisere und weitaus stabilere Ergebnisse (vgl. Bähr-Seppelfricke 1999, S. 124). Aus diesem Grund werden nichtlineare Schätzansätze auch in der vorliegenden Arbeit favorisiert betrachtet werden. Da aber in der empirischen Diffusionsforschung nach wie vor viele Autoren mit linearen Schätzverfahren operieren, werden die Parameter des wettbewerbsorientierten Modells zu Referenzzwecken auch mit Hilfe dieser Verfahren geschätzt werden. Weil die Herangehensweisen bei linearen und nichtlinearen Schätzungen dabei allerdings recht unterschiedlich sind, werden im Weiteren Möglichkeiten aufgezeigt, wie das Wettbewerbsmodell für beide Schätzvarianten ökonometrisch spezifiziert werden kann. Auf Grundlage dieser ökonometrischen Spezifikationen werden dann in den Abschnitten 4.2 bis 4.4 statistische Testhypothesen formuliert und die Parameter des Modells mit Hilfe realer Marktdaten auf ihre Wirksamkeit hin untersucht werden. Abschließend widmen sich die Abschnitte 4.4 bis 4.6 den statistischen Anpassungseigenschaften des Wettbewerbsmodells. Hierbei werden insbesondere die ex post Fit-Eigenschaften des Modells sowie die Präzision der ex ante Prognosen evaluiert. Vorwegnehmend lässt sich dabei schon jetzt festhalten, dass das Wettbewerbsmodell sowohl eine hohe Anpassungsgüte in der ex post Betrachtung als auch eine hohe Genauigkeit bei kurzfristigen ex ante Prognosen aufweisen wird. Mehr noch, wie der in Abschnitt 4.5 vorgenommene Vergleich mit dem Referenzmodell von Bass zeigen wird, sind die auf der Grundlage des Wettbewerbsmodells erstellten Marktprognosen zudem auch häufig präziser.

4.1 Ökonometrische Modellierung

Grundsätzlich können in der einschlägigen Fachliteratur zwei mögliche Herangehensweisen unterschieden werden, die sich zur Schätzung der Modellparameter einschlagen lassen (vgl. Bähr-Seppelfricke 1999, S. 124). Die erste und zugleich ältere Vorgehensweise wurde ursprünglich von Bass zur Schätzung der Parameter im Mixed-Influence-Modell vorgeschlagen (vgl. Satoh 2001, S. 2). Sie beruht auf der Gaußschen OLS-Schätzung und setzt ein in den Parametern lineares Schätzmodell voraus (vgl. Bass 1969, S. 219). Mit Hilfe der OLS-Methode wird die Summe der Residuenquadrate minimiert oder anders ausgedrückt, die Fehlerabweichung der linearen Regressionsfunktion auf das kleinstmögliche Niveau reduziert (vgl. Cameron und Trivedi 2005, S. 70). Auf diese Weise errechnet die OLS-Schätzung also Parameterwerte, die zu einer Regressionsfunktion mit der geringsten durchschnittlichen Fehlerabweichung führen (vgl. Auer und Rottmann 2015, S. 423). Im Unterscheid zu dieser klassischen Herangehensweise basieren neuere Ansätze in der Diffusionsforschung allerdings nicht mehr auf linearen Schätzungen, sondern verwenden nichtlineare Schätzalgorithmen, die eine schrittweise Annäherung an die gesuchten Parameterwerte ausgehend von bestimmten Startwerten erlauben (vgl. Putsis 1996, S. 269). Als iterative Verfahren setzen diese Schätzansätze dabei keine linearisierten Modellgleichungen mehr voraus (vgl. Urban und Mayerl 2008, S. 125). Die Parameter können daher direkt mit Hilfe von zeitstetigen Differentialgleichungen beziehungsweise ihren Lösungsfunktionen geschätzt werden (vgl. Schmittlein und Mahajan 1982, S. 61). Obwohl beide Ansätze streng genommen aus denselben Modellgleichungen abgeleitet werden und daher unter formalen Gesichtspunkten äquivalent sein müssen, führen sie in der Praxis dennoch zu deutlichen Unterschieden in den Ergebnissen (vgl. Ihde 1996, S. 97 ff.). Nichtlineare Schätzungen liefern dabei, wie viele Studien belegen, generell stabilere Ergebnisse und zeichnen sich durch eine höhere Prognosegüte aus (vgl. Bähr-Seppelfricke 1999, S. 124). Aus diesem Grund haben sich nichtlineare Schätzansätze heute in der empirischen Forschung weitgehend als Standardverfahren zur Schätzung von Parametern bei Diffusionsmodellen etabliert (vgl. Putsis 1996, S. 269).

Prinzipiell können die Parameter einer nichtlinearen Diffusionsgleichung auf unterschiedliche Art und Weise geschätzt werden. In den letzten Jahren wurden hierfür zahlreiche mögliche Ansätze, darunter die Maximum-Likelihood-Methode (vgl. Sch-

mittlein und Mahajan 1982, S. 57), die algebraische Schätzung (vgl. Mahajan und Sharma 1986, S. 331), das Hierarchical-Bayes-Verfahren (vgl. Lenk und Rao 1990, 42), die Genetischen Algorithmen (vgl. Venkatesan et al. 2004, 451) sowie das Nonlinear-Least-Squares-Verfahren vorgeschlagen (vgl. Srinivasan und Mason 1986, S. 169). Breite Anwendung in der empirisch orientierten Diffusionsforschung fand von allen diesen Ansätzen allerdings nur das zuletzt erwähnte NLS-Verfahren (vgl. Putsis und Srinivasan 2000, S. 263 ff.). Die bevorzugte Verwendung der NLS-Schätzung hat dabei vor allem methodische Gründe. Wie Mahajan et al. in einer umfassenden Untersuchung gezeigt haben, liefert dieses Schätzverfahren ex ante besonders präzise Schätzergebnisse (vgl. Mahajan et al. 1986, S. 203 ff.). Damit ist das NLS-Verfahren bei der Schätzung von Diffusionsmodellen vielen anderen Schätzansätzen eindeutig überlegen. Auch in der vorliegenden Arbeit wird auf das nichtlineare NLS-Verfahren daher besonderes Augenmerk gelegt werden, allerdings wird auch das klassische lineare OLS-Verfahren Anwendung finden, weil es nach wie vor in vielen empirischen Studien häufig implementiert wird (vgl. Satoh 2001, S. 2). Da sich die beiden Verfahren jedoch zum Teil erheblich in ihren Annahmen unterscheiden sowie auch unterschiedliche Ansprüche an das zu schätzende Modell definieren, werden die verschiedenen Herangehensweisen der OLS- und NLS-Schätzungen in den nachfolgenden Abschnitten kurz skizziert werden müssen.

4.1.1 Linearer Schätzansatz

Der lineare Ansatz basiert auf der Idee, die Parameter der Diffusionsgleichung mit Hilfe diskreter Zeitreihenbeobachtungen direkt zu schätzen (vgl. Bass 1969, S. 219). Hierzu wird aus dem theoretischen Modell zunächst ein ökonometrisches Modell gebildet, das als eine Linearkombination der zu schätzenden Koeffizienten dargestellt werden kann (vgl. Urban und Mayerl 2008, S. 125). Um das Wettbewerbsmodell in ein solches lineares Schätzmodell zu überführen, muss die Modellgleichung zunächst in ihrer zeitdiskreten Form als Differenzgleichung betrachtet werden (vgl. Satoh 2001, S. 3):

$$A_t - A_{t-1} = pM_t + (q - p)A_t - \left(\frac{\lambda}{M_t}\right)A_t^2 \quad (16)$$

Da die Differenz zwischen den kumulierten Adopterbeständen bei zwei gegebenen Zeitpunkten als die Adoptionsrate in dieser Referenzperiode aufgefasst werden kann, lässt sich die obige Diffusionsgleichung wie folgt umschreiben:

$$\Rightarrow \quad a_t = pM_t + (q - p)A_t - \lambda \frac{A_t^2}{M_t} \quad (17)$$

Dabei beschreibt $a_t = A_t - A_{t-1}$ die relative Änderung des Adopterbestands, die sich zwischen den diskreten Zeitpunkten t und $t - 1$ einstellt. Zur Erinnerung: Das Marktpotential M und der Wettbewerbsparameter λ sind im Wettbewerbsmodell definiert als $M_{it} = \bar{N} - A_{jt}$ und $\lambda_i = q_i(E[A_{it}]/E[A_{jt}])$. Die Substitution beider Ausdrücke in Gleichung 17 führt unter Berücksichtigung der beiden Technologiealternativen i und j somit zu folgendem Ausdruck:

$$\Rightarrow \quad a_{it} = p(\bar{N} - A_{jt}) + (q - p)A_{it} - \left(\frac{\frac{E[A_{it}]}{E[A_{jt}]} q}{\bar{N} - A_{jt}} \right) A_{it}^2 \quad (18)$$

Die auf diese Weise hergeleitete mathematische Beziehung ist für die Schätzung allerdings noch nicht geeignet, weil die exogenen Variablen im Modell komplexe Interaktionen untereinander aufweisen. Die obige Gleichung muss daher weiter vereinfacht werden. Wie in Anhang A1 ausführlich dargelegt wird, kann der oben abgebildete Ausdruck dabei formal wie folgt umgeformt werden:

$$\Rightarrow \quad a_{it} = p\bar{N} - p(A_{it} + A_{jt}) + q \left(A_{it} - \left(\frac{E[A_{it}]}{E[A_{jt}]} \right) \left(\frac{A_{it}^2}{\bar{N} - A_{jt}} \right) \right) \quad (19)$$

Durch Hinzufügen eines stochastischen Fehlerterms ε_t kann aus dieser Gleichung schließlich das zu schätzende Modell hergeleitet werden:

$$\Rightarrow \quad a_{it} = p\bar{N} - p(A_{it} + A_{jt}) + q \left(A_{it} - \left(\frac{E[A_{it}]}{E[A_{jt}]} \right) \left(\frac{A_{it}^2}{\bar{N} - A_{jt}} \right) \right) + \varepsilon_t \quad (20)$$

Allerdings ist auch diese Modellgleichung für die Schätzung noch nicht endgültig geeignet, weil sie noch nicht vollständig linear in den Parametern ist. Dieser Umstand

ist dabei ganz konkret der als konstant angenommenen Marktgröße \bar{N} geschuldet, die eine Zerlegung der Schätzvorschrift als Linearkombination der Schätzkoeffizienten verhindert (vgl. Urban und Mayerl 2008, S. 125). Um das Modell dennoch linearisieren zu können, muss für die absolute Marktgröße \bar{N} ein Wert vorgegeben werden. Da die wahre Marktgröße dabei nicht bekannt ist, muss sie approximativ bestimmt werden. Im Folgenden wird als Approximation der Maximalwert beider Teilmärkte $\bar{N} = \max(M_{it} + M_{jt})$ verwendet. Da die Schätzungen in der vorliegenden Arbeit auf Vergangenheitsdaten zurückgreifen, liegen die Realisierungen der Variablen M_{it} und M_{jt} zum Zeitpunkt der Schätzung bereits vor, so dass die vorgeschlagene Approximation problemlos durchgeführt werden kann. Bei einer zukunftsgerichteten Analyse, in der M_{it} und M_{jt} noch nicht bekannt sind, könnte das absolute Diffusionspotential jedoch auch anderweitig geschätzt oder approximiert werden (vgl. Gatignon et al. 2016, S. 303). Durch die Zuweisung eines approximierten Wertes für \bar{N} lassen sich alle übrigen Parameter des hergeleiteten Modells mit Hilfe einer linearen OLS-Schätzung bestimmen:

$$\underbrace{a_{it}}_{= y_t} = \underbrace{p\bar{N}}_{= \beta_0} - \underbrace{p(A_{it} + A_{jt})}_{= x_{1t}} + \underbrace{q\left(A_{it} - \frac{E[A_{it}]}{E[A_{jt}]} \frac{A_{it}^2}{N - A_{jt}}\right)}_{= x_{2t}} + \varepsilon_t \quad (21)$$

$$\Rightarrow \quad y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \varepsilon_t \quad (22)$$

Mit Hilfe des linearen OLS-Verfahrens wird die Summe der quadrierten Fehlerterme minimiert und eine Regressionsfunktion mit der bestmöglichen Annäherung an die zugrundeliegenden Daten errechnet (vgl. Cameron und Trivedi 2005, S. 70). Sind die Annahmen der OLS-Schätzung erfüllt (vgl. Anhang A3, S. 228), so stellt das OLS-Verfahren unter allen anderen linearen Verfahren die beste, unverzerrte Schätzvorschrift dar (vgl. Urban und Mayerl 2008, S. 125). Wie im Folgenden jedoch gezeigt werden wird, können gerade bei Parameterschätzungen auf der Grundlage von Zeitreihendaten die strengen Anforderungen der OLS-Schätzung häufig nicht erfüllt werden (vgl. Jaakkola 1996, S. 75). Die Probleme resultieren dabei in erster Linie aus den Längen der zur Verfügung stehenden Zeitreihen. Weil der eigentliche Zweck von Diffusionsmodellen in der Prognose künftiger Adoptionsdynamiken begründet liegt,

weisen die zur Schätzung verwendeten Datenreihen in der Regel nur wenige Beobachtungspunkte auf (vgl. Meade und Islam 2001, S. 577 ff.). Damit liefern diese Datenreihen für eine klassische OLS-Schätzung aber schlicht zu wenig Datenmaterial. Als Richtwert für die Mindestgröße einer Datenreihe hat sich in der Literatur eine Stichprobe mit annähernd 30 Beobachtungen etabliert (vgl. Auer und Rottmann 2015, S. 460). Für Schätzungen mit weniger als 30 Beobachtungen kann die Normalverteilungsannahme asymptotisch nicht gewährleistet werden, so dass die OLS-Schätzung zu stark verzerrten Ergebnissen führen kann (vgl. Dreger et al. 2014, S. 361). Zudem leiden die Schätzergebnisse der OLS-Regression häufig unter Autokorrelation, was zu Effizienzverlusten und Verfälschungen der Testaussagen führen kann (vgl. Auer und Rottmann 2015, S. 550). Aus diesem Grund ziehen viele Autoren in der Praxis das in seinen Annahmen weniger restriktive NLS-Verfahren vor (vgl. Putsis 1996, S. 269). Im Unterschied zur OLS-Schätzung reagiert die NLS-Schätzung weitaus weniger empfindlich auf kurze Datenreihen, was sie insgesamt betrachtet als die deutlich überlegenere Schätzvariante erscheinen lässt (vgl. Srinivasan und Mason 1986, S. 170).

4.1.2 Nichtlinearer Schätzansatz

Die nichtlineare Schätzung ist in der Berechnung um einiges anspruchsvoller und komplexer als das anwendungsleichte OLS-Verfahren (vgl. Wooldridge 2002, S. 339). Zwar liegt sowohl OLS als auch NLS ein ganz ähnliches Minimierungsproblem zugrunde, aber im Unterschied zur OLS-Schätzung produziert das NLS-Verfahren deutlich komplexere Gleichungssysteme für die, im Gegensatz zur OLS-Schätzung, keine analytischen Lösungen mehr existieren (vgl. Davidson und MacKinnon 2004, S. 224 ff.). Aus diesem Grund wird für die nichtlineare Schätzung ein iteratives Vorgehen benötigt, das sich Schritt für Schritt den gesuchten Werten der β -Koeffizienten annähert (vgl. Wooldridge 2002, S. 372). In der Praxis werden für diese Iteration verschiedene numerische Lösungsverfahren verwendet (vgl. Anders 1995, S. 17). Auch wenn die Berechnungsvorschriften dabei im Detail unterschiedliche Lösungswege einschlagen mögen, weisen sie im Wesentlichen doch alle eine ganz ähnliche Vorgehensweise auf (vgl. Srinivasan und Mason 1986, S. 171). So werden zu Beginn des Iterationsprozesses jeweils möglichst plausible Parameterwer-

te als Startwerte vorgegeben (vgl. Schühle 2014, S. 165). Ausgehend von diesen Startwerten versuchen die meisten Algorithmen dann, schrittweise einen etwas besseren β -Wert zu ermitteln (vgl. Teräsvirta et al. 2010, S. 380). Hierzu legen sie zunächst fest, in welche Richtung sie die Suche forcieren werden und definieren dann, unter welchen Bedingungen der Suchprozess gegebenenfalls abgebrochen und neu gestartet werden muss (Stopp-Kriterium). Am Ende einer Suchschleife wird dann evaluiert, ob der ermittelte β -Wert nah genug am lokalen Minimum der Zielfunktion liegt. Ist dies der Fall, wird die Suchprozedur unterbrochen (Konvergenz des Schätzers), andernfalls wird eine alternative Suchrichtung festgelegt und die Suchschleife erneut gestartet (vgl. Anders 1995, S. 17 ff.). Damit die numerischen Algorithmen ihre iterative Berechnung aber überhaupt erst vornehmen können, muss zur Optimierung zunächst eine Zielfunktion vorgegeben werden (vgl. Davidson und MacKinnon 2004, S. 224 ff.). Diese wird bei der NLS-Schätzung über den bedingten Erwartungswert der abhängigen Skalar-Variablen y als eine nichtlineare Zuordnung spezifiziert (vgl. Cameron und Trivedi 2005, S. 151):

$$E[y_k | \mathbf{x}_k] = g(\mathbf{x}_k, \boldsymbol{\beta}) \quad (23)$$

Wobei der Ausdruck $g(\cdot)$ eine genau spezifizierte Funktion kennzeichnet und die Vektoren \mathbf{x} und $\boldsymbol{\beta}$ alle unabhängigen Variablen sowie Regressionskoeffizienten des Modells beschreiben (vgl. Lee 2010, S. 133). Die Funktionsweise der NLS-Schätzung unterscheidet sich dabei im Ansatz nicht von der in Abschnitt 4.1.1 diskutierten OLS-Schätzung. Auch der NLS-Algorithmus minimiert die Fehlerquadratsumme, wobei die Fehler als Differenzen zwischen der abhängigen Variablen und dem bedingten Erwartungswert definiert sind (vgl. Cameron und Trivedi 2005, S. 151):

$$\min \sum_k \{y_k - g(\mathbf{x}_k, \boldsymbol{\beta})\}^2 \quad (24)$$

Das lineare Regressionsmodell stellt dabei mit $g(\mathbf{x}, \boldsymbol{\beta}) = \mathbf{x}'\boldsymbol{\beta}$ einen Sonderfall der nichtlinearen Formulierung dar (vgl. Lee 2010, S. 133). Da im Unterschied zum linearen Modell der funktionale Zusammenhang $g(\cdot)$ jedoch beliebig festgelegt werden kann, ist das nichtlineare Regressionsmodell deutlich flexibler und weniger restriktiv als das lineare Modell (vgl. Cameron und Trivedi 2005, S. 151). Obwohl die NLS-

Methode in der Fachwelt mehrheitlich als das beste Verfahren zur Schätzung von Diffusionsparametern angesehen wird (vgl. Meade und Islam 2006, S. 529), kann diese Schätzmethode in der Praxis allerdings trotzdem eine empfindliche Wirkung auf die verwendeten Zeitreihendaten zeigen (vgl. Venkatesan et al. 2004, S. 452). Der NLS-Algorithmus kann zum Beispiel sensitiv auf die Vorgabe von Startwerten reagieren, was im schlimmsten Fall eine Nichtkonvergenz der Suchprozedur oder eine Verzerrung der Schätzergebnisse verursachen kann (vgl. Srinivasan und Mason 1986, S. 171).

Unter den Annahmen für das nichtlineare Regressionsmodell (vgl. Anhang A3, S. 228) kann gezeigt werden, dass der NLS-Schätzer asymptotisch normalverteilt und konsistent ist (vgl. Wooldridge 2002, S. 349 ff.). Damit ist die Verteilung der Schätzparameter näherungsweise bestimmt, so dass auch Standardfehler und Konfidenzintervalle der Parameterschätzungen berechnet werden können (vgl. Ruckstuhl 2006, S. 11). Im Unterschied zum OLS-Verfahren besitzt der NLS-Schätzer allerdings nicht die Güteeigenschaften der Effizienz und der Erwartungstreue (vgl. Anders 1995, S. 15). Letzteres hat gravierende Konsequenzen, weil der Erwartungswert des Schätzers somit nicht dem wahren Wert der zu schätzenden Parameter entspricht (vgl. Auer und Rottmann 2015, S. 328). Die Konfidenzintervalle der NLS-Schätzung gelten also nur approximativ und können je nach Datenlage sogar unbrauchbar sein (vgl. Ruckstuhl 2006, S. 1). Aus diesem Grund benötigt der NLS-Algorithmus gute Startwerte, die der iterativen Suchprozedur mit größerer Sicherheit zu einer Lösung verhelfen (vgl. Bähr-Seppelfricke 1999, S. 148). In der ökonometrischen Praxis werden deshalb oftmals Parameterwerte einer zuvor durchgeführten OLS-Schätzung als Startwerte für den NLS-Algorithmus vorgegeben (vgl. Srinivasan und Mason 1986, S. 171). Die Verwendung der OLS- und NLS-Verfahren gestaltet sich somit häufig sequentiell (vgl. Schühle 2014, S. 165).

4.2 Statistische Testhypothesen

Bevor das aufgestellte Wettbewerbsmodell für Prognosezwecke genutzt werden kann, muss zunächst die empirische Gültigkeit der in Abschnitt 3.4 postulierten mathematischen Zusammenhänge validiert werden. Von besonderem Interesse sind hierbei vor allem die Koeffizienten des internen und externen Einflusses im Modell.

Zur Erinnerung: Beide Parameter stellen im Rahmen des Modells sicher, dass die wettbewerbsorientierte Adoptionsdynamik gleichermaßen durch extrinsisch wie auch intrinsisch motivierte Nachfrager induziert wird (vgl. Tabelle 9, S. 99). Die Annahmensetzung im Wettbewerbsmodell erfordert also, dass die Werte der Innovations- und Imitationskoeffizienten zwingend von null verschieden sein müssen (vgl. Abbildung 22, S. 110). Wäre einer der beiden Parameter gleich null, so würde sich der angenommene Mixed-Influence-Zusammenhang des Wettbewerbsmodells zu einem reinen Innovations- oder Imitationsprozess reduzieren (vgl. Abschnitte 3.1 und 3.2). Methodisch lässt sich die Forderung nach Parameterwerten, die sich signifikant von null unterscheiden sollen, mit Hilfe eines zweiseitigen t-Tests überprüfen (vgl. Wang und Jain 2003, S. 20). Dieses Testverfahren basiert auf der Studentschen t-Verteilung und wird heute in der empirischen Forschung weitgehend als Standardverfahren zur Überprüfung der Wirksamkeit akzeptiert (vgl. Auer und Rottmann 2015, S. 463). Die Hypothesenpaare zum Test lassen sich in der ökonometrischen Praxis grundsätzlich unterschiedlich formulieren, für die Zwecke in dieser Untersuchung jedoch ist die Betrachtung folgender Testhypothesen sinnvoll:

H ₀ :	$\hat{\beta}_{p_i} = 0$	und	$\hat{\beta}_{p_j} = 0$	}	Hypothesenpaar für den Innovationskoeffizienten
H ₁ :	$\hat{\beta}_{p_i} \neq 0$	und	$\hat{\beta}_{p_j} \neq 0$	}	
H ₀ :	$\hat{\beta}_{q_i} = 0$	und	$\hat{\beta}_{q_j} = 0$	}	Hypothesenpaar für den Imitationskoeffizienten
H ₁ :	$\hat{\beta}_{q_i} \neq 0$	und	$\hat{\beta}_{q_j} \neq 0$	}	

Wie die Darstellung zeigt, sind die Hypothesen dabei so formuliert, dass die Nullhypothese bei möglichst geringen Signifikanzniveaus widerlegt werden kann. Wird die Nullhypothese abgelehnt, so führt dies im Umkehrschluss zur Bestätigung der Gegenhypothese (vgl. Wang und Jain 2003, S. 20). Die Hypothesentests in dieser Arbeit werden standardmäßig zu den in der wissenschaftlichen Literatur üblichen Signifikanzniveaus von 10%, 5%, 1% und 0,1% durchgeführt (vgl. Winker 2017, S. 153). Es ist wichtig zu beachten, dass die zu prüfenden Zusammenhänge dabei als ungerichtete Testhypothesen formuliert werden. Es werden also keine klassischen Jedito-Aussagen überprüft, sondern vielmehr theoretische Zusammenhänge auf ihre tatsächliche Existenz hin untersucht (vgl. Auer und Rottmann 2015, S. 464). Eine gerichtete Formulierung wäre im Wettbewerbsmodell allerdings auch nicht wirklich zielführend, weil im Rahmen des Modells sowohl positive als auch negative Parame-

ter sinnvoll interpretiert werden können. Parameterwerte im positiven Bereich können beispielsweise mit positiven Einflüssen auf die Adoptionsrate assoziiert werden, während Parameterwerte im negativen Bereich negative Adoptionsraten signalisieren (vgl. Weiber 1993, S. 39). Zwar lassen sich negative Adoptionsraten nicht direkt erklären, weil sich in der Realität aus naheliegenden Gründen weder negative Käufe, noch negative Adoptionen beobachten lassen, modelltheoretisch aber können negative Adoptionen trotzdem sinnvoll als Ausdruck für die Wechselentscheidungen von Nachfrager aufgefasst werden, wie sie im Rahmen des Wettbewerbsmodells explizit postuliert und erwartet werden (vgl. Abschnitt 3.4).

4.3 Datensatz und Datenaufbereitung

Nachdem in den bisherigen Abschnitten die unterschiedlichen Herangehensweisen der linearen und nichtlinearen Schätzungen diskutiert wurden, beschreibt dieser Abschnitt schließlich das zur Schätzung verwendete Datenmaterial. In der weiteren empirischen Analyse werden ausschließlich Sekundärdaten Verwendung finden, die für die Untersuchung aus unterschiedlichen Quellen zusammengetragen und anschließend manuell aufbereitet und bereinigt wurden. Mehrere Gründe sprechen dabei gegen eine eigenständige Primärerhebung in dieser Arbeit: Zum einen sind viele Standardkriege in der wissenschaftlichen Fachliteratur gut dokumentiert (vgl. Wurster 2011, S. 56). Die für die Schätzungen notwendigen Daten können somit direkt aus den Literaturquellen entnommen werden (vgl. Ritala et al. 2014, S. 240). Datensätze aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen erweisen sich dabei als besonders vertrauenswürdig, weil sie im Rahmen des Review-Prozesses einer kritischen Begutachtung von mindestens zwei ausgewiesenen Fachleuten Stand gehalten haben (vgl. Björk und Solomon 2013, S. 915). Darüber hinaus ist eine Primärerhebung in den meisten Fällen aber auch schlicht nicht möglich, weil die erforderlichen Daten nicht zugänglich und/oder schwer beobachtbar sind (vgl. Valente 2005, S. 105). Da zur Schätzung der Modellparameter aggregierte Marktdaten benötigt werden, lassen sich die notwendigen Datenreihen zudem nur unter hohem Aufwand eigenständig erheben (vgl. Ritala et al. 2014, S. 240). Weil die zur Schätzung erforderlichen Daten außerdem für Unternehmen häufig einen hohen strategischen Stellenwert besitzen, werden diese als sensibel empfundenen Daten in der Regel auch nicht der interes-

sierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Aus Gründen der begrenzten Datenverfügbarkeit wird daher in vielen Studien genauso wie auch in dieser Arbeit die Schätzung auf Basis von Sekundärdaten vorgezogen (vgl. Collantes 2007, S. 270).

Wie in der vorhergehenden Darstellung bereits angesprochen wurde, werden zur empirischen Validierung des wettbewerbsorientierten Modells aggregierte Marktdaten von verschiedenen Standardwettkämpfen herangezogen. Konkret werden in dieser Arbeit drei historische Wettbewerbssituationen betrachtet, die jeweils durch die marktliche Konkurrenz zweier rivalisierender Technologiestandards bestimmt wurden. Im Einzelnen werden dabei die Standardisierungs- und Diffusionsdynamiken zwischen den beiden Magnetbandformaten VHS und Betamax, den Webbrowservarianten Netscape und Internet Explorer sowie den High-Definition-DVD-Standards Blu-Ray und HD-DVD betrachtet. Die marktliche Durchsetzung dieser Formate wurde in allen drei Fällen unterschiedlich operationalisiert (vgl. Tabelle 13). Während der Verbreitungsgrad der beiden Browservarianten Netscape und Internet Explorer über die Anzahl der tatsächlich installierten Browser nahezu ideal erfasst werden konnte, müssen die Diffusionsraten der anderen Technologien im Datensatz über die jeweiligen Produktionsmengen beziehungsweise die erzielten Umsatzerlöse approximiert werden. Beide Approximationen können dabei jedoch die tatsächliche Verbreitung der betrachteten Technologien im Markt auch ein Stück weit verfälscht wiedergeben (vgl. Avagyan et al. 2017, S. 404, Landsman et al. 2014, S. 193). So sagen beispielsweise die Produktionsmengen von VHS- und Betamax-Recordern nur indirekt etwas über die tatsächlichen Absatzmengen beziehungsweise Adoptionen im Markt aus und ebenso hängen auch die erzielten Umsatzerlöse mit Blu-Ray-Discs und HD-DVDs nur indirekt mit der tatsächlichen Diffusion beider Standards im Markt zusammen, weil die Daten zum Beispiel durch Mehrfachkäufe verzerrt sein könnten (vgl. Albers 2005, S. 423). Dennoch stellen diese Approximationen insgesamt betrachtet eine gute Annäherung an die marktliche Diffusionsdynamik dar, mit der das Adoptionsverhalten der Nachfrager im Markt zufriedenstellend abgebildet werden kann (vgl. Waarts et al. 2002, S. 418).

In Tabelle 14 werden die einzelnen Datenreihen, die zur Charakterisierung der marktlichen Dynamiken erhoben wurden, detailliert beschrieben. Besonderes Augenmerk liegt dabei vor allem auf der Länge der betrachteten Zeitreihen sowie auf der Periodizität, mit der die jeweiligen Marktdaten gemessen und dokumentiert wurden. Wie andere Autoren im Kontext von Zeitreihenschätzungen bereits ausführlich

Betrachtete Diffusionstechnologie		Zeitreihenlänge	Periodizität	Markt	Datenquelle
VHS	Produktionsmenge in Tausend	14 Perioden	jährlich	Weltmarkt	Cusumano et al. (1992)
Betamax	Produktionsmenge in Tausend	14 Perioden	jährlich	Weltmarkt	Cusumano et al. (1992)
Netscape	Installierte Browser in Millionen ¹	26 Perioden	quartalsweise	Weltmarkt	Jenkins et al. (2004)
Internet Explorer	Installierte Browser in Millionen ¹	26 Perioden	quartalsweise	Weltmarkt	Jenkins et al. (2004)
HD-DVD	Umsatzvolumen im stationären Handel ²	22 Perioden	wöchentlich	US-Markt	Nielsen VideoScan
Blu-Ray	Umsatzvolumen im stationären Handel ²	22 Perioden	wöchentlich	US-Markt	Nielsen VideoScan

Anmerkungen: (1) Stichtag: Quartalsbeginn; (2) Einige Einzelhändler ausgenommen, darunter Walmart

Tabelle 13: Beschreibung der Daten

Betrachtete Diffusionstechnologie	Min.	Max.	Median	Mittelwert	Standardabweichung	Erste Beobachtung	Letzte Beobachtung
VHS	1	44761	7948	15261	16997	1975	1988
Betamax	20	6042	979	1872	1920	1975	1988
Netscape	1796	5432	4154	4086	1111	01.01.1996	01.04.2002
Internet Explorer	62	15766	4156	5107	4635	01.01.1996	01.04.2002
HD-DVD	10000	58000	25000	26886	12543	22.10.2006	21.07.2007
Blu-Ray	5000	65000	45000	36545	20243	22.10.2006	21.07.2007

Tabelle 14: Deskriptive Statistiken

diskutiert haben, lassen sich durch längere Zeitreihen Verzerrungen der Parameterschätzungen deutlich reduzieren (vgl. Venkatesan et al. 2004, S. 452). Zudem verringert sich bei einer höheren Periodizität der Beobachtungen auch der Time-Interval-Bias in den Schätzungen (vgl. Putsis 1996, S. 271). Länge und Periodizität der Zeitreihen liefern somit wichtige Indizien zur Beurteilung der Qualität des verwendeten Datenmaterials (vgl. Stier 2001, S. 1). Als empirische Faustregel hat sich zur Formulierung von nachfragebasierten Prognosen eine kritische Zeitreihenlänge von mindestens drei Beobachtungen etabliert (vgl. Friend und Zehle 2009, S. 107). Datenreihen mit weniger als drei Beobachtungswerten liefern nur sehr unpräzise Prognoseergebnisse und sollten daher entweder auf mehr Beobachtungen ausgeweitet oder zumindest extrapoliert werden (vgl. Putsis 1996, S. 270). Wie aus Tabelle 14 allerdings ersichtlich wird, liegt die Länge aller zur Schätzung verwendeten Zeitreihen eindeutig über diesem kritischen Schwellenwert.

Zu Problemen bei der Schätzung kann auch die hohe Periodizität einiger Datenreihen im Datensatz führen (vgl. Peers 2011, S. 44). Stark frequentierte Daten unterliegen in der Regel saisonalen Einflüssen, die bei der Schätzung der Modellparameter nachweislich zu Verzerrungen führen können (vgl. Fernández-Durán 2014, S. 252). Auffällige saisonale Schwankungen lassen sich im Datensatz, wie aus Abbildung 30 ersichtlich wird, vor allem in den Umsatzentwicklungen der Blu-Ray- und HD-DVD-Player feststellen. Solche Nachfragefluktuationen sind bei stark frequentierten Daten an und für sich genommen nicht unüblich (vgl. Teräsvirta et al. 2010, S. 10). Sie können zum Beispiel konjunkturelle Effekte aber auch saisonale Einflüsse wie das Weihnachtsgeschäft widerspiegeln (vgl. Abbildung 30, untere Grafik). Um potentielle Verzerrungen durch solche Effekte zu vermeiden, müssen diese zyklischen Schwankungen allerdings aus den verwendeten Zeitreihen entfernt werden (vgl. Putsis 1996, S. 270). Methodisch lässt sich eine saisonale Bereinigung auf zwei unterschiedliche Arten lösen: Die saisonalen Effekte können entweder durch zusätzliche Dummy-Variablen in den Schätzgleichungen herausgerechnet (vgl. Sebastian 1985, S. 110) oder durch Glättungs- und Filterungsverfahren eliminiert werden (vgl. Kydland und Prescott 1990, S. 9). In dieser Arbeit werden zur Bereinigung der Zeitreihen die zuletzt genannten Filterungsverfahren Verwendung finden. Die Filterung wird dabei über den in der Zeitreihenanalyse häufig verwendeten Hodrick-Prescott-Filter realisiert (vgl. de Jong und Sakarya 2016, S. 310). Auch wenn die Verwendung des Hodrick-Prescott-Filters unter methodischen Gesichtspunkten nicht

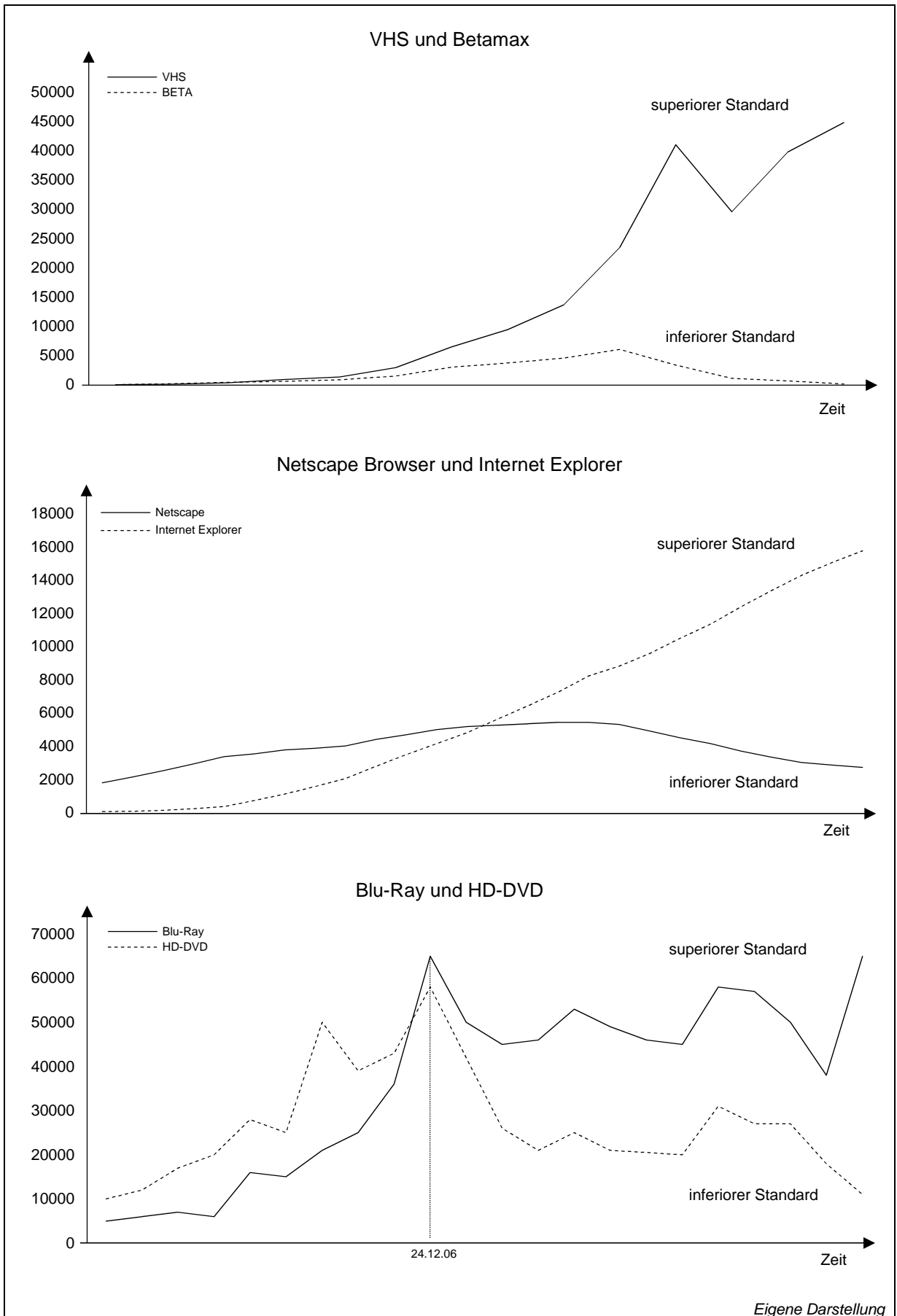


Abbildung 30: Zur Schätzung verwendeten Zeitreihen

Eigene Darstellung

unumstritten ist, so hat sich dieser Filter heute doch weitgehend als ein Standardverfahren etabliert (vgl. Cogley und Nason 1995, S. 254). Formal kann der Hodrick-Prescott-Filter wie folgt dargestellt werden (vgl. Hodrick und Prescott 1997, S. 3):

$$\min_{\tau} \left\{ \sum_{t=1}^T (y_t - \tau_t)^2 + \theta \sum_{t=1}^T [(\tau_t - \tau_{t-1}) - (\tau_{t-1} - \tau_{t-2})]^2 \right\} \quad (25)$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

Dabei bezeichnet y_t in dieser Darstellung die logarithmierten Werte der zu glättenden Zeitreihe, während τ_t die Trendkomponente der Zeitreihe beschreibt (vgl. Ravn und Uhlig 2002, S. 372). Die Glättung mit Hilfe des Hodrick-Prescott-Filters beruht grundsätzlich auf der Idee, die Datenreihe in eine zyklische Komponente c_t sowie eine feste Wachstumskomponente τ_t aufzuspalten (vgl. Hodrick und Prescott 1997, S. 3):

$$y_t = \tau_t + c_t \quad (26)$$

Die zyklische Komponente beinhaltet dabei alle irregulären Schwankungen, stochastischen Effekte sowie saisonalen Einflüsse, denen eine Zeitreihe potentiell unterworfen sein kann (vgl. Neusser 2009, S. 36). Eben diese zyklischen Einflüsse sollen durch den Hodrick-Prescott-Filter eliminiert werden (vgl. Burhop und Wolff 2004, S. 143). Hierzu führt der Hodrick-Prescott-Filter einen so genannten Bestrafungsparameter (θ) ein, der Abweichung vom Trend bestraft und die Zeitreihe auf diese Weise glättet (vgl. Stamford 2005, S. 24). In der Literatur hat sich zur Glättung von Datenreihen mit wöchentlicher Beobachtungsperiodizität ein Richtwert von $\theta = 1600 \cdot 12^4$ etabliert (vgl. Ravn und Uhlig 2002, S. 371). In den Abbildungen 31 und 32 sind die Auswirkungen der Glättung bei unterschiedlichen Gewichtungen der zyklischen Komponente dargestellt. Wie aus diesen Abbildungen deutlich wird, reduzieren sich die Ausschläge um den langfristigen Trend der Zeitreihen umso stärker, je schwächer die jeweiligen zyklischen Komponenten gewichtet werden (vgl. Burhop und Wolff 2004, S. 143). Dabei zeigt sich insgesamt eine deutliche Reduzierung von saisonbedingten Schwankungen, so dass die Glättung effektiv zur Filterung saisonaler Einflüsse beiträgt (vgl. Putsis 1996, S. 270).

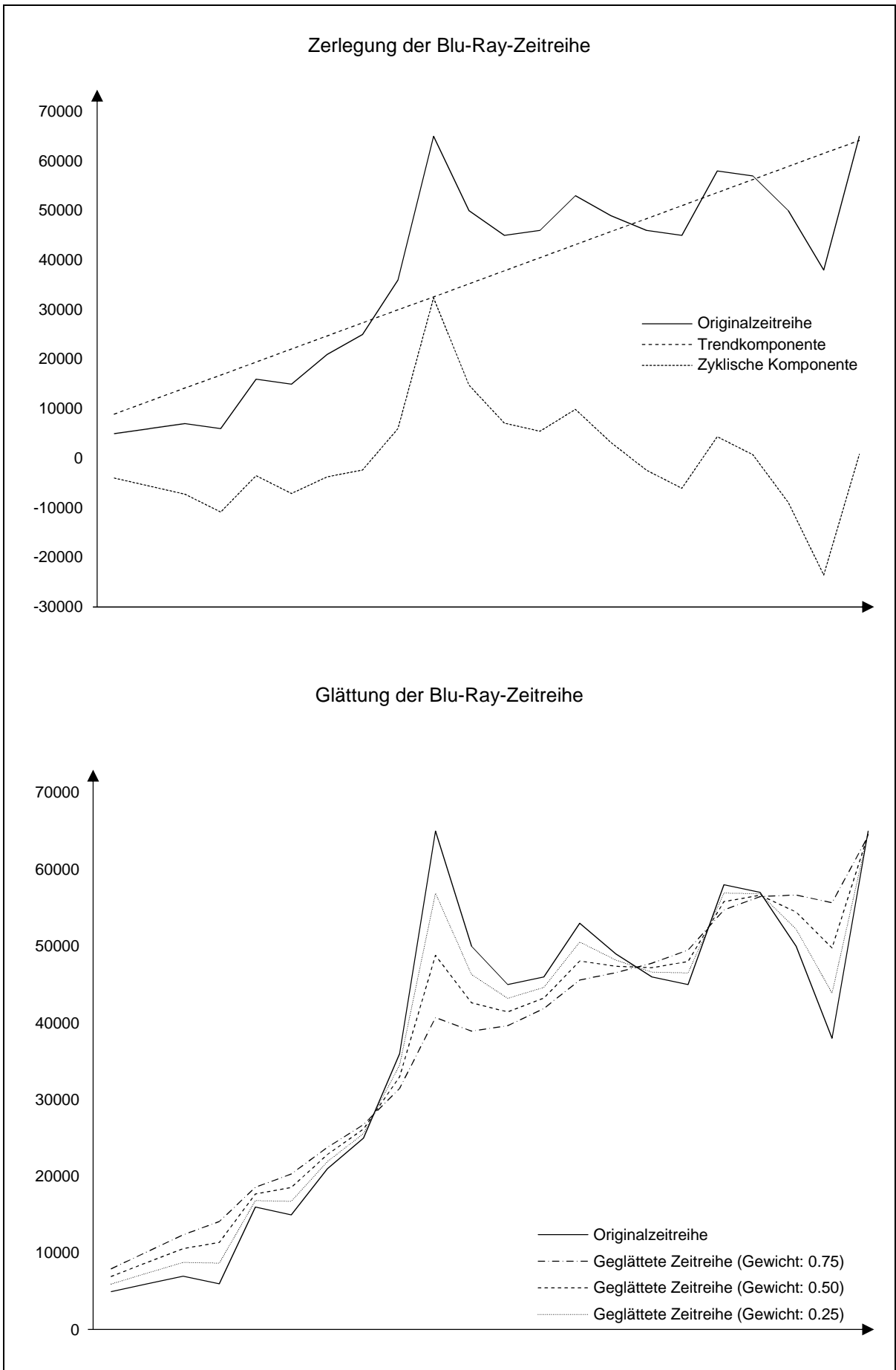


Abbildung 31: Saisonbereinigung: Blu-Ray-Zeitreihe

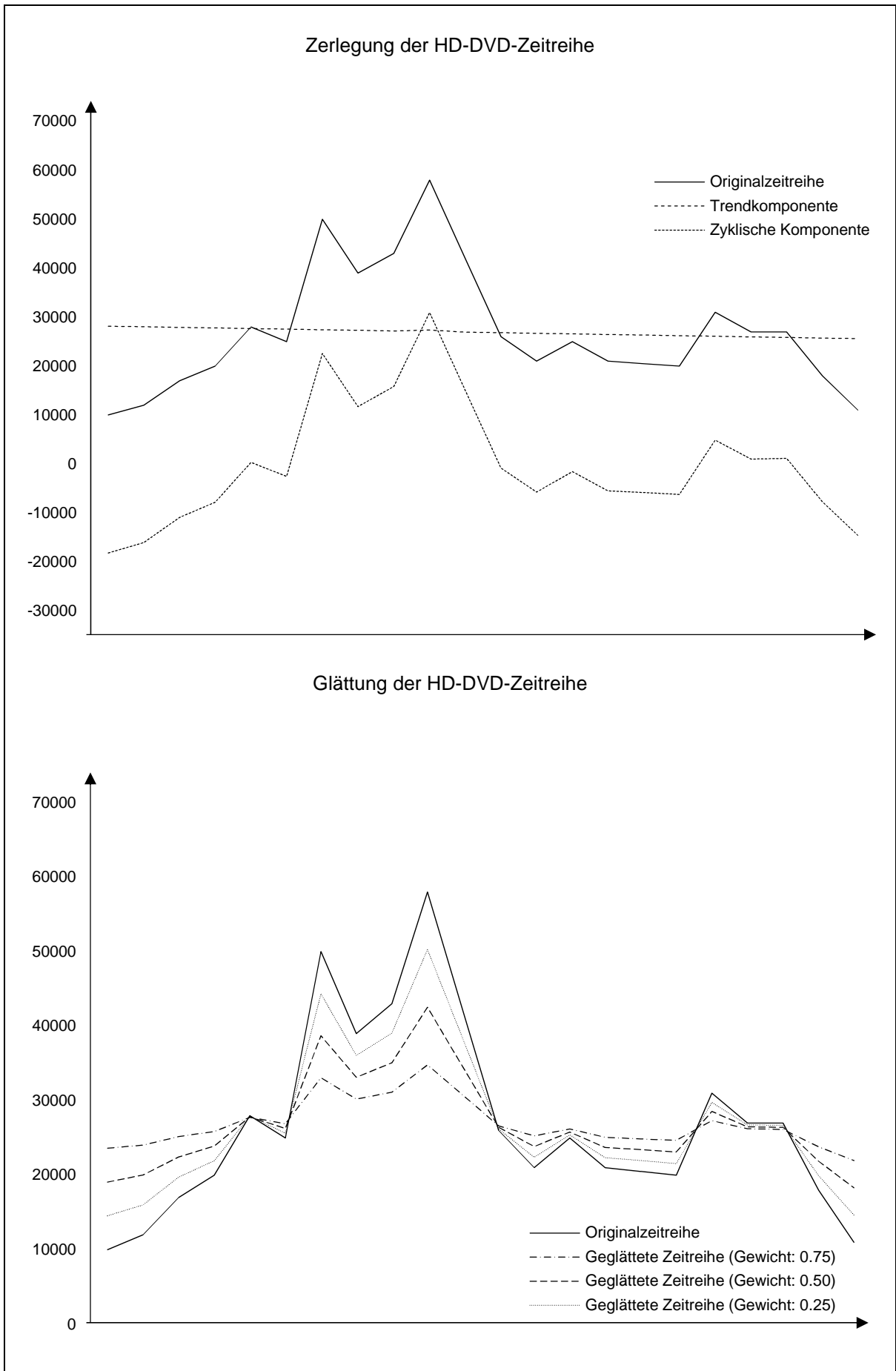


Abbildung 32: Saisonbereinigung: HD-DVD-Zeitreihe

4.4 Ergebnisse der Parameterschätzungen

Nachdem die zur Schätzung benötigten Zeitreihen für die empirische Analyse geglättet und von saisonalen Einflüssen bereinigt worden sind, können in diesem Abschnitt die Parameter des wettbewerbsorientierten Modells geschätzt und mit Parameterschätzungen des konventionellen Bass-Modells verglichen werden. Die Schätzungen des Bass-Modells sollen dabei als Referenzwert dienen, um einerseits die Vorzüge der wettbewerbsorientierten Modellierung aufzuzeigen und andererseits die Verbesserungen der statistischen Schätzpräzision im Wettbewerbsmodell zu belegen. Dabei ist ein Vergleich mit dem Bass-Modell in der empirischen Diffusionsforschung nicht unüblich (vgl. Jaakkola 1996, S. 69). Viele Autoren ziehen das Bass-Modell als Referenzmodell heran, weil es in der Diffusionsforschung die mit Abstand bekannteste und am weitesten verbreitete Modellvariante darstellt (vgl. Young 2009, S. 190). Wie in den vorhergehenden Abschnitten bereits angesprochen wurde, werden die Parameter des Wettbewerbsmodells dabei mit Hilfe des linearen OLS- und des nichtlinearen NLS-Ansatzes geschätzt. Die Ergebnisse dieser Schätzungen sind ausführlich in den Tabellen 15 und 16 dokumentiert. Wie aufgrund von unterschiedlichen Herangehensweisen dieser Schätzansätze zu erwarten war, haben beide Schätzverfahren im Ergebnis zu deutlich unterschiedlichen Parameterschätzungen geführt. Die Unterschiede zeigen sich dabei sowohl in den großen Abweichungen der Punktschätzungen voneinander als auch in den spürbaren Unterschieden der entsprechenden Signifikanzniveaus. Das in seinen Annahmen flexiblere NLS-Verfahren führte dabei, wie aus Tabelle 16 ersichtlich wird, tendenziell zu Parameterschätzungen mit höherer statistischer Signifikanz. In drei von vier Schätzungen weist der NLS-Ansatz Parameterwerte aus, die sich zumindest auf dem 10%-Niveau statistisch signifikant von null unterscheiden. Viele Parameterschätzungen sind aber auch auf dem 1%-Niveau und auf dem 0,1%-Niveau signifikant von null verschieden. Auffällig ist zudem, dass die getestete Wirksignifikanz der Modellparameter durch die NLS-Schätzungen häufiger bestätigt werden kann als durch die Ergebnisse der OLS-Schätzungen. Der nichtlineare Schätzansatz führt also in der Gesamtbetrachtung zu präziseren Parameterschätzungen als der lineare Schätzansatz. Außerdem wird aus Tabelle 15 deutlich, dass die getesteten Nullhypothesen bei der Blu-Ray-Zeitreihe sowohl durch die OLS- als auch NLS-Schätzungen statistisch nicht widerlegt werden können.

Getesteter Zusammenhang	Zeitreihe	Schätzverfahren	Irrtumswahrscheinlichkeit	Entscheidung
Innovationskoeffizient ungleich null	Netscape	OLS	< 0,1%	bestätigt
Innovationskoeffizient ungleich null	Netscape	NLS	< 10%	bestätigt
Imitationskoeffizient ungleich null	Netscape	OLS	> 10%	abgelehnt
Imitationskoeffizient ungleich null	Netscape	NLS	> 10%	abgelehnt
Innovationskoeffizient ungleich null	Internet Explorer	OLS	< 1%	bestätigt
Innovationskoeffizient ungleich null	Internet Explorer	NLS	< 0,1%	bestätigt
Imitationskoeffizient ungleich null	Internet Explorer	OLS	> 10%	abgelehnt
Imitationskoeffizient ungleich null	Internet Explorer	NLS	< 0,1%	bestätigt
Innovationskoeffizient ungleich null	Betamax	OLS	> 10%	abgelehnt
Innovationskoeffizient ungleich null	Betamax	NLS	< 1%	bestätigt
Imitationskoeffizient ungleich null	Betamax	OLS	< 1%	bestätigt
Imitationskoeffizient ungleich null	Betamax	NLS	< 1%	bestätigt
Innovationskoeffizient ungleich null	VHS	OLS	> 10%	abgelehnt
Innovationskoeffizient ungleich null	VHS	NLS	< 5 %	bestätigt
Imitationskoeffizient ungleich null	VHS	OLS	> 10%	abgelehnt
Imitationskoeffizient ungleich null	VHS	NLS	< 0,1%	bestätigt
Innovationskoeffizient ungleich null	HD-DVD	OLS	< 5%	bestätigt
Innovationskoeffizient ungleich null	HD-DVD	NLS	< 10%	bestätigt
Imitationskoeffizient ungleich null	HD-DVD	OLS	< 1%	bestätigt
Imitationskoeffizient ungleich null	HD-DVD	NLS	< 0,1%	bestätigt
Innovationskoeffizient ungleich null	Blu-Ray	OLS	> 10%	abgelehnt
Innovationskoeffizient ungleich null	Blu-Ray	NLS	> 10%	abgelehnt
Imitationskoeffizient ungleich null	Blu-Ray	OLS	> 10%	abgelehnt
Imitationskoeffizient ungleich null	Blu-Ray	NLS	> 10%	abgelehnt

Anmerkung: „abgelehnt“ bedeutet in dieser Darstellung, dass die dazugehörige Nullhypothese (Koeffizient=0) nicht widerlegt werden kann, so dass sich der geprüfte Parameter statistisch nicht signifikant von null unterscheidet.

Tabelle 15: Hypothesenprüfung

Diffusionstechnologie	N	OLS-Schätzung				NLS-Schätzung					
		Innovationskoeffizient	Imitationskoeffizient	Innovationskoeffizient	Imitationskoeffizient	Marktpotential					
Netscape	25	0,0500 (0,0090)	*** (0,0035)	-0,0016 (0,0035)	-	0,0124 (0,0060)	†	-0,272 (0,3971)	-	10250,0 (158,4)	***
Internet Explorer	25	-0,0665 (0,0227)	** (0,0319)	-0,0261 (0,0319)	-	0,0680 (0,0133)	***	0,0212 (0,0504)	***	8813,0 634,8	***
Betamax	13	0,0197 (0,0141)	-	1,6370 (0,4686)	**	-0,0352 (0,0104)	**	-30,7622 (9,1972)	**	843,2477 (120,1711)	***
VHS	13	0,0319 (0,0208)	-	-0,0034 (0,0040)	-	0,0060 (0,0024)	*	6,555 (0,4058)	***	6884,0 (430,0)	***
HD-DVD	21	-0,2507 (0,0964)	*	0,3849 (0,1260)	**	-0,2553 (0,1244)	†	1,4820 (0,1765)	***	91167,1827 (6562,8243)	***
Blu-Ray	21	-0,1321 (0,1007)	-	-0,0999 (0,0825)	-	0,0493 (0,0497)	-	0,3976 (0,5610)	-	102400,0 (44820,0)	*

Anmerkungen: Alle Angaben gerundet auf vier Nachkommastellen; Standardfehler in Klammern; Signifikanzniveaus: >10% (-), 10% (†), 5% (*), 1% (**), 0,1% (***); Schätzungen für HD-DVD und Blu-Ray basieren auf saisonbereinigten Daten

Tabelle 16: Parameterschätzungen des Wettbewerbsmodells

Wie in Tabelle 16 außerdem gezeigt wird, führen die verwendeten Schätzverfahren in einigen Fällen zu Parameterschätzungen mit unterschiedlichen Vorzeichen. Die Ergebnisse der OLS- und NLS-Schätzungen widersprechen sich also ein Stück weit. Der zunächst widersprüchlich erscheinende Vorzeichenwechsel wurde allerdings in fünf von sieben Fällen auf keinem der üblichen statistischen Niveaus signifikant geschätzt, so dass die problematischen Ergebnisse durch die geringe statistische Signifikanz wieder etwas relativiert und entkräftet werden können. Bemerkenswert ist zudem, dass beide Schätzansätze in etwa der Hälfte aller Schätzungen übereinstimmend negative Parameterwerte ermittelt haben. Dieses Ergebnis entspricht weitgehend den Erwartungen, weil es für die marktlich inferioren Standards eine „negative“ Adoptionsdynamik vorhersagt. Da negative Parameterwerte im Rahmen des Wettbewerbsmodells mit Wechselentscheidungen der Nachfrager assoziiert werden können beziehungsweise als negative Netzwerkeffekte aufgefasst werden können, stützen diese Ergebnisse die im Rahmen des wettbewerbsorientierten Modells getroffene Annahme, dass die im Markt konkurrierenden Standards über das gemeinsame Marktpotential miteinander wechselwirken, und zwar in der Form, dass die Nachfrager die großemäßige Entwicklung der Nutzernetzwerke beobachten und diese in ihrer Adoptionsentscheidung antizipieren (vgl. Abschnitt 3.4.1). Verliert ein Technologiestandard das Vertrauen der Nachfrager, so reduziert sich in einer Kettenreaktion sein Nutzernetzwerk, was im Umkehrschluss die Marktposition des konkurrierenden Standards verbessert und den negativen Trend des unterlegenen Standards noch weiter bestärkt (vgl. Katz und Shapiro 1985, S. 426).

4.5 Prognose und Prognosegüte

Nachdem im letzten Abschnitt der Arbeit die Ergebnisse der Parameterschätzungen präsentiert wurden, wird in den nachfolgenden Abschnitten schließlich die Genauigkeit der Vorhersagekraft des Wettbewerbsmodells evaluiert werden. Die Begriffe Vorhersage und Prognose werden dabei im weiteren Verlauf der Arbeit weitgehend synonym verwendet. Die synonyme Begriffsverwendung soll dabei allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass zwischen den beiden Begriffen durchaus inhaltliche Unterschiede existieren (vgl. Brühl 2015, S. 272). Eine Prognose bezeichnet im Allgemeinen eine zukunftsgerichtete Aussage, deren Eintritt mit einer gewissen Wahr-

scheinlichkeit berechnet werden kann (vgl. Picot 1977, S. 2149). Eine Vorhersage hingegen ist breiter gefasst und benennt alle zukunftsbezogenen Aussagen, darunter auch all jene, deren Eintrittswahrscheinlichkeiten nicht berechnet werden können (vgl. Krumeich 2018, S. 14). Nicht alles, was vorhersagbar ist, kann also auch prognostiziert werden (vgl. Döhrn 2014, S. 6). Eine derart strenge Auslegung der Begriffe erscheint im Folgenden jedoch nicht zweckmäßig, zumal in der wissenschaftlichen Literatur keine trennscharfe und allgemein anerkannte Definition dieser Begriffe existiert (vgl. Barth 2009, S. 13 ff.). Wenn also im Weiteren von Vorhersagen, Projektionen oder Vorausschätzungen gesprochen wird, sind damit immer Prognosen im zuvor beschriebenen Sinne gemeint.

Die empirische Prognoseforschung unterscheidet grundsätzlich zwischen zwei verschiedenen Arten von Prognosetechniken, nämlich den so genannten out-of-sample Prognosen auf der einen Seite sowie den als in-sample Prognosen bezeichneten Verfahren auf der anderen Seite (vgl. Döhrn 2014, S. 12). Häufig werden beide Prognosearten auch als ex post und ex ante Betrachtungen bezeichnet (vgl. Küsters 2012, S. 427). In-sample Prognosen leiten sich aus Informationen ab, die in Form von Datenreihen zum Zeitpunkt der Schätzung bereits vorliegen (vgl. Lang 2005, S. 135). Derartige Prognosen versuchen also, bereits vorhandene Beobachtungswerte in einer Stichprobe mit Hilfe eines zugrunde gelegten ökonomischen Modells bestmöglich zu reproduzieren (vgl. Moosmüller 2004, S. 114). Derartige Prognosetechniken finden häufig Anwendung, um den Daten-Fit eines Modells zu evaluieren oder die Parameter des Modells zu kalibrieren (vgl. Fink und Siebe 2011, S. 284). Zur Ermittlung der wahren Vorhersagekraft eines Modells sind in-sample Betrachtungen jedoch nicht geeignet, da sie lediglich die Anpassung der Regressionsfunktion an die tatsächlichen Datenreihen berechnen (vgl. Moosmüller 2004, S. 114). Wie zahlreiche empirische Studien zeigen, liefern Modelle mit guter ex post Anpassung zudem nicht notwendigerweise auch eine hohe Prognosegenauigkeit bei ex ante Betrachtungen (vgl. Küsters 2012, S. 428). Die Güte eines Prognosemodells lässt sich somit nur durch die Anwendung der Schätzung auf eine Zeitreihe über die Grenzen der Stichprobe hinaus evaluieren (vgl. Auer und Rottmann 2010, S. 606). Solche zukunftsgerichteten Schätzungen bezeichnet die einschlägige Fachliteratur als out-of-sample oder ex ante Prognosen (vgl. Döhrn 2014, S. 12).

Zur objektiven Ermittlung der Prognosegüte sind Evaluationsmaße erforderlich, die nicht nur die Prognosefehler berechnen, sondern auch eine Vergleichbarkeit der

evaluierten Modelle hinsichtlich ihrer Vorhersagegenauigkeit erlauben (vgl. Küsters 2012, S. 423 ff.). In dieser Arbeit werden zur Bestimmung der Prognosegüte drei ausgewählte Evaluationsmaße herangezogen, die standardmäßig in vielen empirischen Studien Anwendung finden (vgl. Hyndman und Koehler 2006, S. 682):

- Mean Absolute Error (MAE):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N |\hat{y}_i - y_i| \quad (32)$$

- Mean Square Error (MSE):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - y_i)^2 \quad (33)$$

- Root Mean Square Error (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad (34)$$

In allen drei Formeln bezeichnet n jeweils die Anzahl der Beobachtungspunkte in der betrachteten Datenreihe, während $(\hat{y}_i - y_i)$ die Abweichung der geschätzten Werte \hat{y}_i von den tatsächlichen Realisationen der Zeitreihe y_i beschreibt (vgl. Barrot 2009, S. 548). Je geringer dabei die durchschnittliche Abweichung, desto genauer ist das jeweilige Prognoseverfahren (vgl. Vogel 2015, S. 15). Damit gilt für alle drei Evaluationsmaße: Je geringer ihr Wert, desto besser die Anpassung der Schätzfunktion an die realen Beobachtungspunkte und desto höher fällt die Genauigkeit der jeweiligen Prognosen aus (vgl. Wooldridge 2012, S. 659). Neben dieser allgemeinen Tendenz weist jedes Gütemaß allerdings auch eine ganz eigene Akzentsetzung in der Berechnung auf, die im Folgenden kurz diskutiert werden soll.

Der Mean Absolute Error kann als durchschnittliche Abweichung zwischen tatsächlichen und prognostizierten Werten interpretiert werden (vgl. Vogel 2015, S. 16). Die Einbindung der Betragsfunktion in der Berechnungsvorschrift verhindert dabei, dass sich positive wie auch negative Fehler in der Summe auslöschen (vgl. Yaffee und McGee 2000, S. 16). Der Mean Absolute Error nimmt somit eine Gleichgewichtung aller Abweichungen vor, das heißt, kleinen Fehlern wird in der Berechnung dieselbe Bedeutung beigemessen wie großen (vgl. Döhrn 2014, S. 156). Im Gegensatz hierzu differenzieren die beiden Gütemaße MSE und RMSE zwischen großen und kleinen Abweichungen, wobei größere Fehler durch die Quadrierung $(\hat{y}_i - y_i)^2$ stärker ins Gewicht fallen als kleine (vgl. Kennedy 2003, S. 361).

In der empirischen Prognoseforschung finden grundsätzlich alle drei Evaluationsmaße häufig Anwendung, wenn verschiedene Prognosemodelle verglichen und das Modell mit der geringsten Fehlerabweichung ermittelt werden soll (vgl. Feindt und Kerzel 2015, S. 37 ff.). Derartige Modellvergleiche erlauben diese Gütemaße allerdings nur, wenn die Schätzungen der Modelle mit exakt denselben Datenreihen durchgeführt werden (vgl. Küsters 2012, S. 432). Vergleiche zwischen den Prognosemodellen über unterschiedliche Zeitreihen hinweg sind aufgrund der skalenabhängigen Messung unzulässig und können zu Fehlinterpretationen führen (vgl. Armstrong 2001, S. 459). Für eine weiterführende Diskussion dieser Problematik kann an dieser Stelle der Beitrag von Hyndman und Koehler (2006, S. 679 ff.) empfohlen werden.

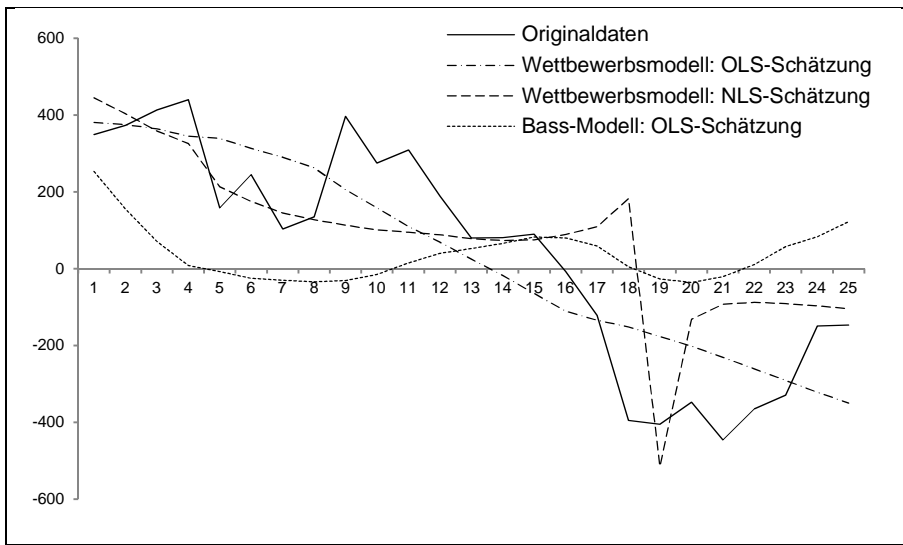
4.5.1 In-sample Prognosen

Bevor das Wettbewerbsmodell außerhalb des Bereichs gesicherter Werte für Prognosezwecke verwendet werden kann, muss zunächst seine Anpassungsgüte innerhalb der Kalibrierungsstichprobe analysiert werden (vgl. Vogel 2015, S. 16). In diesem Abschnitt werden also die Parameter des wettbewerbsorientierten Modells innerhalb einer Datenreihe geschätzt, deren Ausprägungen zum Zeitpunkt der Schätzung bereits bekannt sind (vgl. Döhrn 2014, S. 12). Es werden somit im Folgenden noch keine echten Prognosen erstellt, sondern lediglich Schätzungen zur Evaluation des Daten-Fits berechnet (vgl. Crone 2010, S. 141). Hierzu werden in Tabelle 17 die in Abschnitt 4.5 präsentierten Gütemaße für Parameterschätzungen des Wettbewerbsmodells und des Bass-Modells ausgewiesen. Offenkundig zeigt das Wettbewerbsmodell in nahezu allen Fällen eine deutlich bessere, in diesem Sinne also eine genauere Vorhersagekraft als das etablierte Bass-Modell. Lediglich der Diffusionsverlauf der Internet-Explorer-Zeitreihe wurde durch das Bass-Modell im Durchschnitt mit einem geringeren Prognosefehler geschätzt (vgl. Tabelle 17). Als Erklärung für das schlechte Schätzergebnis des Bass-Modells kann die mangelnde Berücksichtigung marktlicher Interdependenzen im Modell identifiziert werden (vgl. Chandrasekaran und Tellis 2007, S. 53). Während im Rahmen des Bass-Modells unterstellt wird, dass jede Technologie früher oder später im gesamten Markt diffundieren muss, ohne dass dabei Wechselwirkungen zwischen den betrachteten Diffusionsgütern zuge-

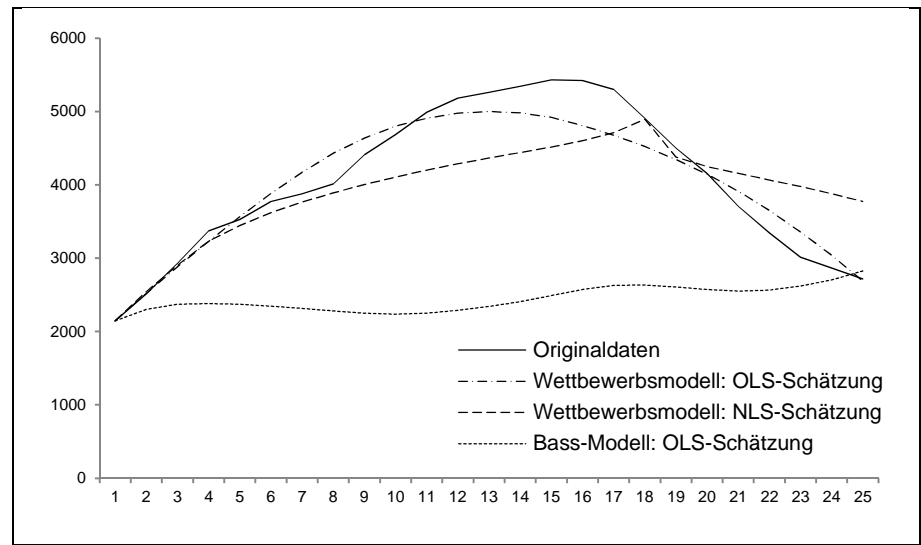
Diffusionstechnologie	Evaluationskriterium	N	Wettbewerbsmodell: OLS		Wettbewerbsmodell: NLS		Bass-Modell: OLS	
Netscape	MAE	25	125,58	*	138,38		243,00	
Netscape	MSE	25	20555,28	*	36760,74		76645,33	
Netscape	RMSE	25	143,37	*	191,73		276,85	
Internet Explorer	MAE	25	125,03		235,12		92,33	*
Internet Explorer	MSE	25	22860,86		78301,31		13468,17	*
Internet Explorer	RMSE	25	151,20		279,82		116,05	*
Betamax	MAE	13	522,03	*	556,20		813,18	
Betamax	MSE	13	459263,30	*	523993,90		1224974,00	
Betamax	RMSE	13	677,69	*	723,87		1106,79	
VHS	MAE	13	5257,58		2946,04	*	3802,27	
VHS	MSE	13	57077074,00		18771619,00	*	33279191,00	
VHS	RMSE	13	7554,94		4332,62	*	5768,81	
HD-DVD	MAE	21	1604,62		1600,00	*	1601,40	
HD-DVD	MSE	21	3650274,00		3542516,00	*	4441334,00	
HD-DVD	RMSE	21	1910,57		1908,54	*	2107,45	
Blu-Ray	MAE	21	1782,80	*	2053,26		2046,15	
Blu-Ray	MSE	21	6423091,00	*	6897925,00		6851848,00	
Blu-Ray	RMSE	21	2534,38	*	2626,39		2617,60	

Anmerkungen: Alle Angaben gerundet auf zwei Nachkommastellen; Größte Prognosegüte mit * gekennzeichnet

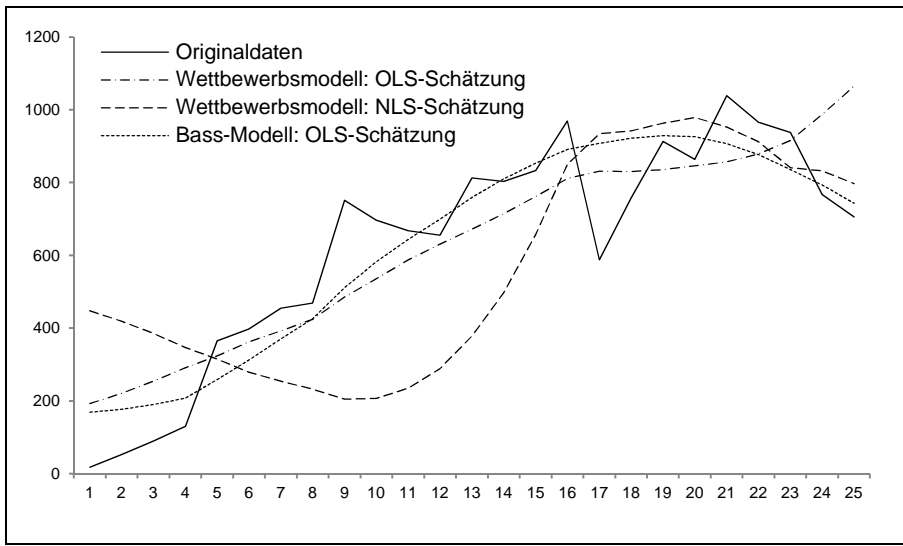
Tabelle 17: Genauigkeit von in-sample Prognosen



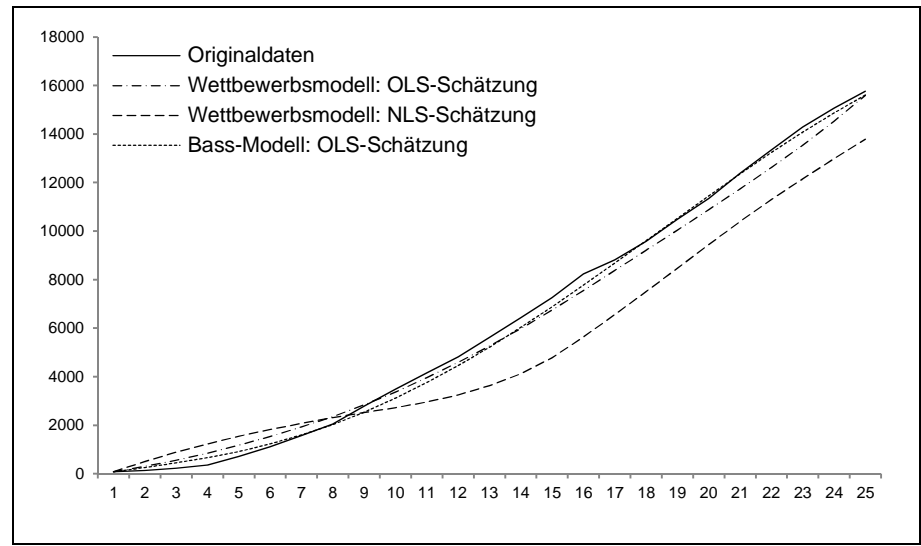
Adoptionsrate: Netscape



Aggregierte Adoption: Netscape

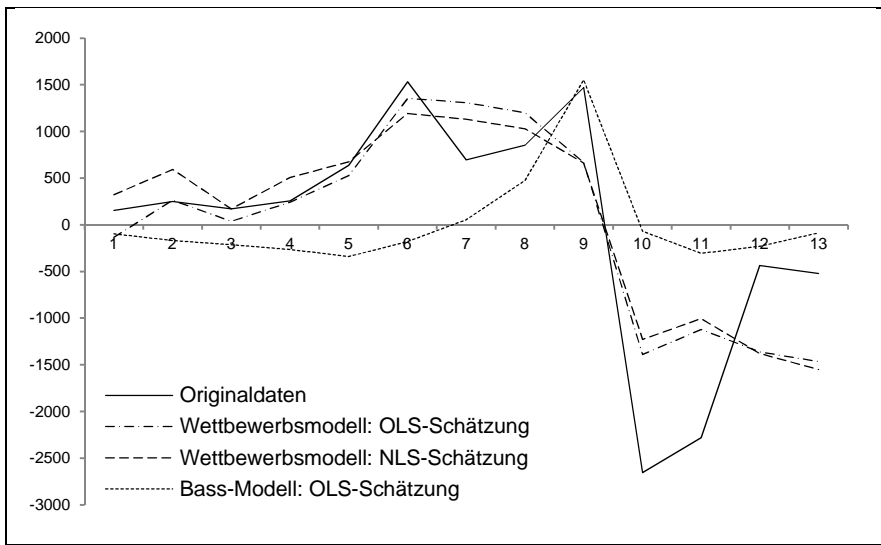


Adoptionsrate: Internet Explorer

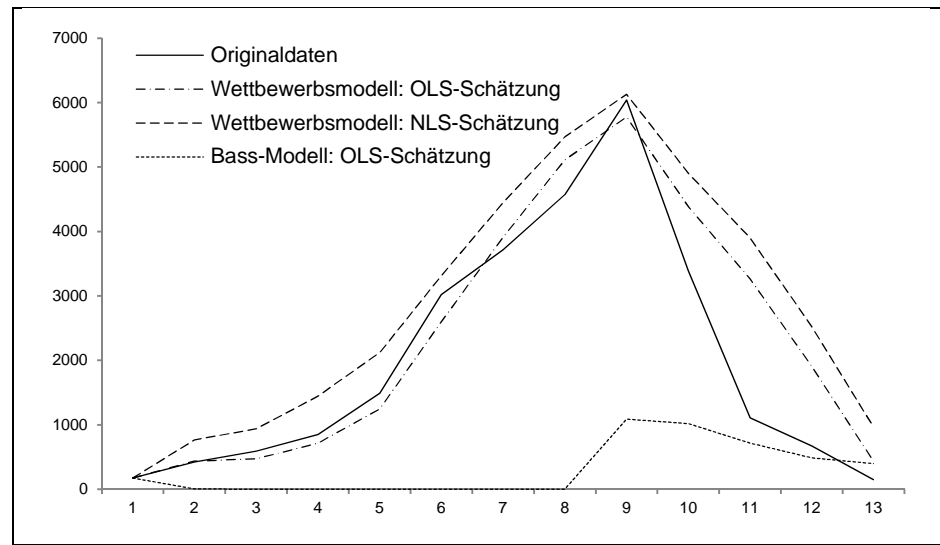


Aggregierte Adoption: Internet Explorer

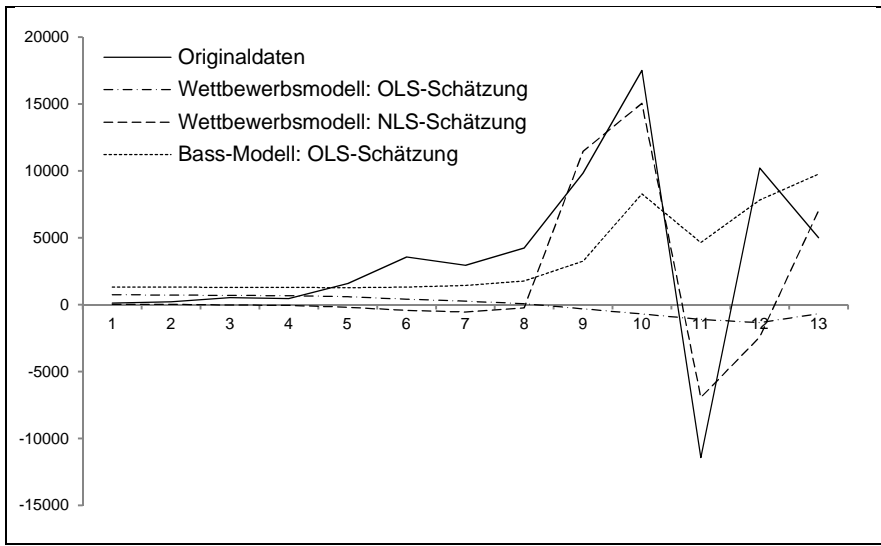
Abbildung 33: In-sample Prognosen: Netscape und Internet Explorer



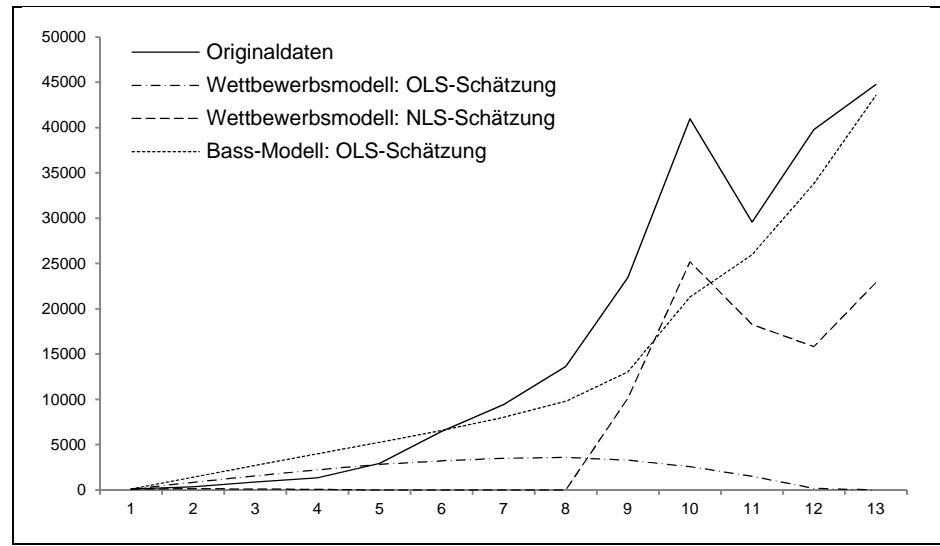
Adoptionsrate: Betamax



Aggregierte Adoption: Betamax

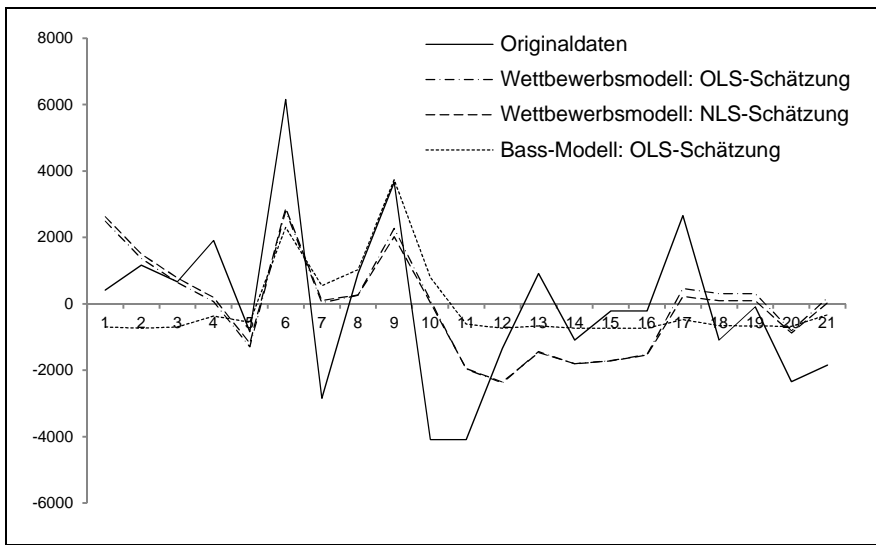


Adoptionsrate: VHS

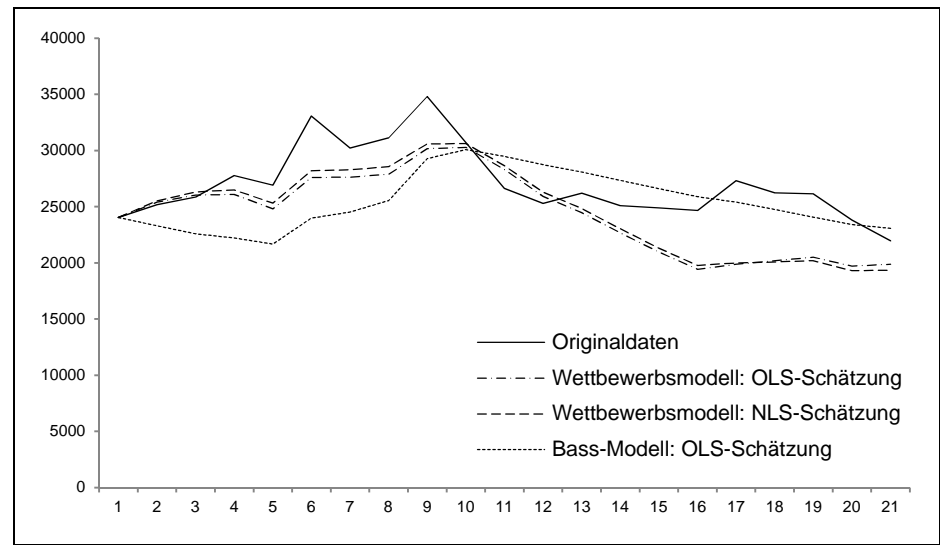


Aggregierte Adoption: VHS

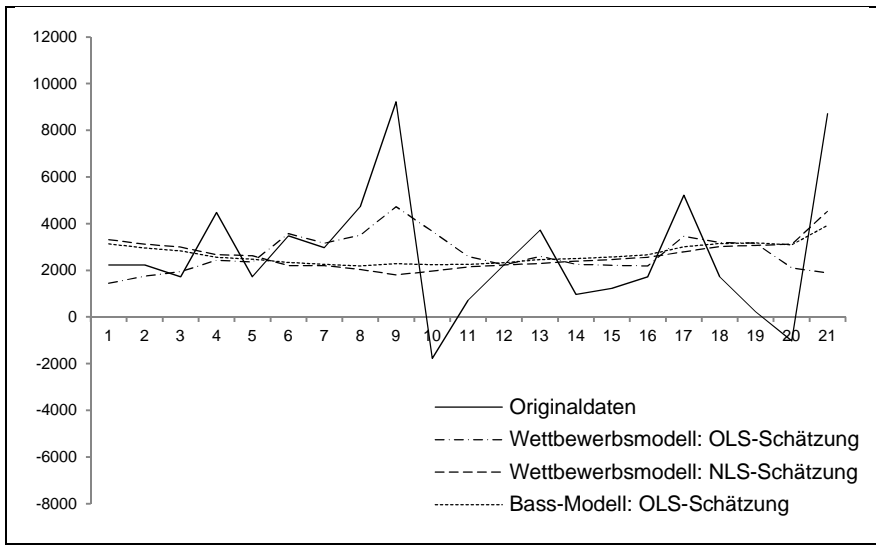
Abbildung 34: In-sample Prognosen: Betamax und VHS



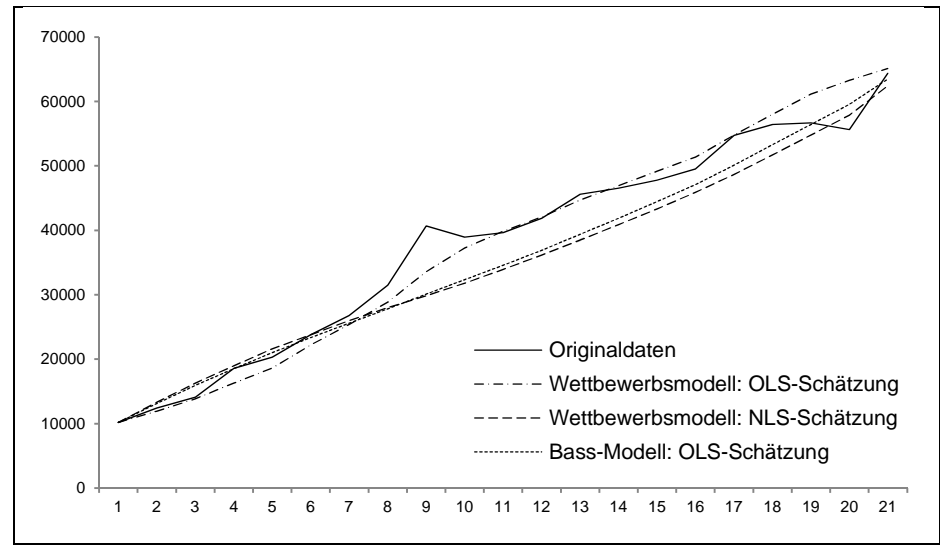
Adoptionsrate: HD-DVD



Aggregierte Adoption: HD-DVD



Adoptionsrate: Blu-Ray



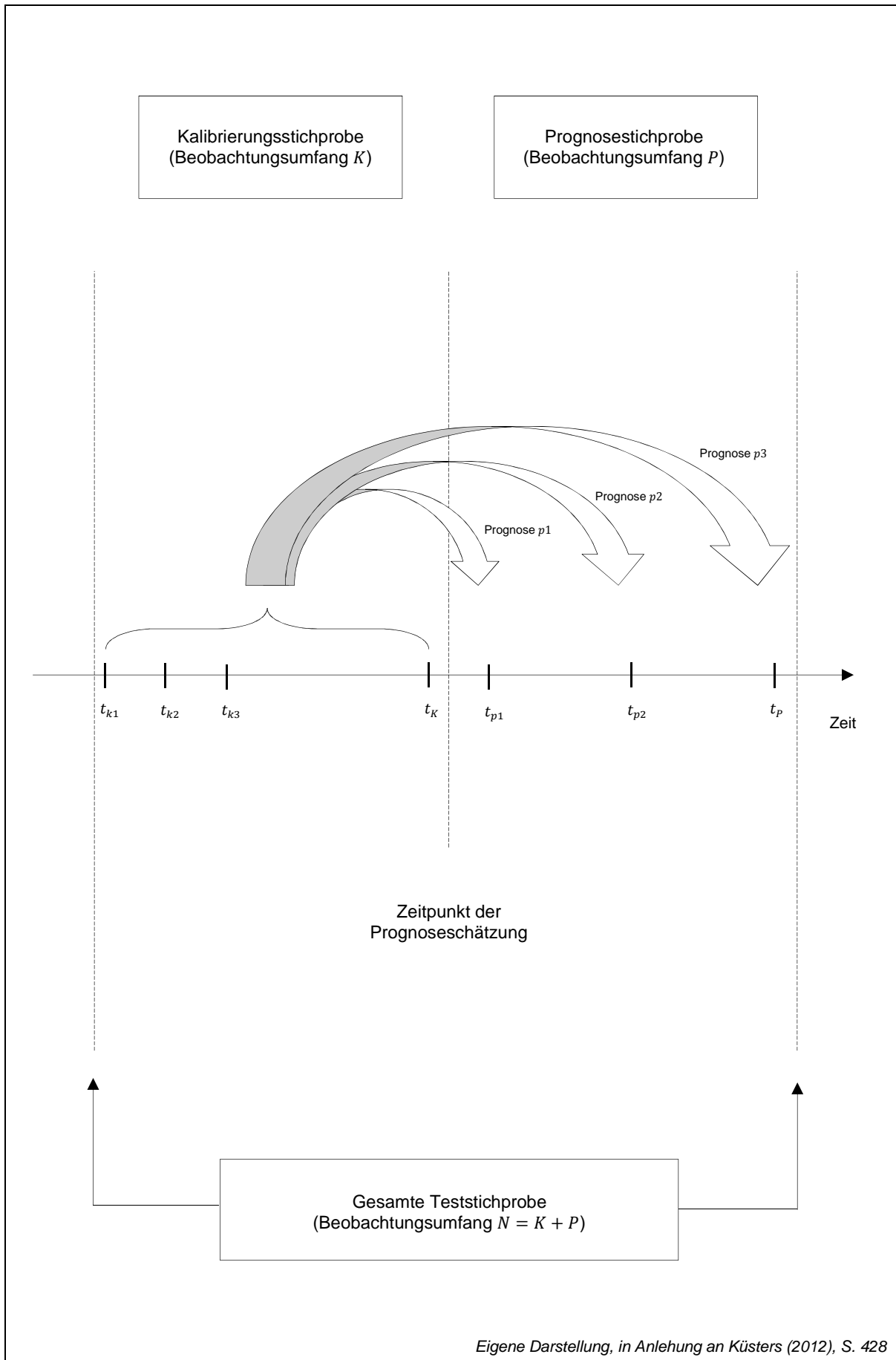
Aggregierte Adoption: Blu-Ray

Abbildung 35: In-sample Prognosen: HD-DVD und Blu-Ray

lassen werden, differenziert das Wettbewerbsmodell ganz bewusst zwischen superioren und inferioren Technologiestandards im Markt und liefert somit eine wesentlich komplexere und realitätsnähere Beschreibung der Diffusionsdynamik (vgl. Abschnitt 3.4.1). Wie aus den Abbildungen 33 und 35 ersichtlich wird, führen die Schätzungen auf Basis des Bass-Modells daher vor allem in der Betrachtung von marktlich inferioren Technologiestandards zu großen Fehlerabweichungen. Das Wettbewerbsmodell hingegen kann in den meisten Fällen sowohl die Diffusionsraten der superioren als auch der inferioren Technologiestandards mit hoher Genauigkeit prognostizieren (vgl. Tabelle 17). Ob allerdings das lineare OLS-Verfahren oder das nichtlineare NLS-Verfahren die Parameter des Wettbewerbsmodells dabei besser schätzt, kann mit Hilfe der untersuchten Zeitreihen nicht geklärt werden. Einerseits führten die OLS-basierten Schätzungen zu genaueren Prognosen der Netscape-, Betamax- und Blu-Ray-Zeitreihen, andererseits jedoch prognostizierten die NLS-Schätzungen den Diffusionsverlauf von VHS-Recordern und HD-DVDs unter statistischen Gesichtspunkten mit einer höheren Präzision.

4.5.2 Out-of-sample Prognosen

Out-of-sample Prognosen lassen sich grundsätzlich auf zwei unterschiedliche Arten berechnen (vgl. Döhrn 2014, S. 12). Sie können entweder als „echte“ Vorausberechnungen einer in der Zukunft liegenden (das heißt zum Zeitpunkt der Prognose noch nicht bekannten) Realisierung einer Zeitreihe oder als Pseudoprognosen innerhalb einer Teststichprobe ermittelt werden (vgl. Küsters 2012, S. 429). Da in dieser Arbeit ausschließlich Standardkriege mit bereits bekanntem Ausgang analysiert werden und die Realisationen der Zeitreihen zum Zeitpunkt der Prognosen vollumfänglich bekannt sind, bedarf es keiner zukunftsgerichteten Vorausberechnung mehr. Aus diesem Grund wird nachfolgend die Prognosegenauigkeit des Wettbewerbsmodells innerhalb von bereits erhobenen Teststichproben evaluiert (vgl. Vogel 2015, S. 16). Hierzu wird die betrachtete Zeitreihe zunächst in eine Kalibrierungs- und eine Prognosestichprobe unterteilt (vgl. Abbildung 36). Die Kalibrierungsstichprobe wird dabei zur Ermittlung von Modellparametern genutzt. Anschließend werden diese zur Schätzung von Beobachtungspunkten innerhalb der Prognosestichprobe verwendet. Der Umfang der Kalibrierungsstichprobe bleibt dabei unabhängig vom Prognose-



Eigene Darstellung, in Anlehnung an Küsters (2012), S. 428

Abbildung 36: Konzeptionelle Darstellung der Prognosestrategie

horizont konstant. Zur Berechnung von Ein-Perioden-Prognosen wird also dieselbe Kalibrierungsstichprobe verwendet wie zur Berechnung von Mehr-Perioden-Prognosen. Für die Analysezwecke in dieser Arbeit wird der Prognosehorizont dabei bei allen Zeitreihen einheitlich auf maximal 5 Perioden festgelegt. Die Kalibrierungsstichproben entsprechen daher in allen Fällen exakt $N - 5$ Beobachtungen. Für die beiden Zeitreihen VHS und Betamax reduziert sich damit allerdings der Umfang der Kalibrierungsstichprobe auf einen bedenklichen Wert von nur 8 Beobachtungen. Eine sinnvolle Kalibrierung der Modellparameter kann bei derart kurzen Zeitreihen nicht gewährleistet werden (vgl. Dreger et al. 2014, S. 361). Aus diesem Grund wird in der nachfolgenden Betrachtung auf eine Prognoseberechnung für VHS und Betamax verzichtet. Die Kalibrierungsstichproben der anderen Zeitreihen sind mit jeweils 16 und 20 Beobachtungen hingegen deutlich länger und daher für eine valide Parameterschätzung auch besser geeignet (vgl. Schmidt 2009, S. 269).

Die Ergebnisse der Prognosen werden in Tabelle 18 überblicksartig zusammengefasst. Die Ergebnisse der Schätzungen werden dabei nach kurzfristigen Ein-Perioden-Prognosen sowie langfristigen Fünf-Perioden-Prognosen unterschieden. Wie aus dieser Darstellung ersichtlich wird, führten die Schätzungen auf Basis des wettbewerbsorientierten Modells bei allen kurzfristigen Prognosen ausnahmslos zu präziseren Vorhersagen als die Schätzungen auf Grundlage des Bass-Modells. In den Abbildungen 37 und 40 werden die prognostizierten Zeitreihenverläufe sowie die dazugehörigen Konfidenzintervalle grafisch visualisiert. Aus der Betrachtung dieser Schaubilder wird deutlich, dass die wahren Beobachtungswerte häufig innerhalb der 99%-igen Konfidenzintervalle liegen. Auch bei langfristigen Prognosen liefert das wettbewerbsorientierte Modell in gut der Hälfte aller Fälle deutlich präzisere Vorhersagen als das etablierte Bass-Modell. Auffällig ist hierbei, dass durch Schätzungen auf Grundlage des Wettbewerbsmodells sowohl Diffusionsverläufe marktlich inferiorer wie auch superiorer Standards realitätsnah vorhergesagt werden können, während das Bass-Modell bei der Schätzung von inferioren Marktstandards an seine Grenzen zu stoßen scheint. In der Gesamtbetrachtung scheint das Wettbewerbsmodell somit einen deutlich besseren Prognoserahmen zu liefern, um marktliche Dynamiken bei Standardisierungswettbewerb zu beschreiben.

Diffusionstechnologie	Evaluationskriterium	Kalibrierungsstichprobe	Wettbewerbsmodell: OLS		Wettbewerbsmodell: NLS		Bass-Modell: OLS		
			Prognosehorizont:		Prognosehorizont:		Prognosehorizont:		
			1 Periode	5 Perioden	1 Periode	5 Perioden	1 Periode	5 Perioden	
Netscape	MAE	20	189,47	* 143,66	* 387,39	230,54	593,08	536,35	
	MSE	20	35900,02	* 28337,78	* 150072,40	67644,93	351749,70	291570,30	
	RMSE	20	189,47	* 168,34	* 387,39	260,09	593,08	539,97	
Internet Explorer	MAE	20	326,12	* 298,98	443,70	319,06	389,72	296,90	*
	MSE	20	106354,30	* 105892,20	196869,70	116202,60	151881,70	96365,51	*
	RMSE	20	326,12	* 325,41	443,70	340,89	389,72	310,42	*
HD-DVD	MAE	16	1993,15	* 3550,18	2341,78	1549,31	3133,28	1464,10	*
	MSE	16	3972647,00	* 13470681,00	5483934,00	2904062,00	* 9817444,00	3078876,00	
	RMSE	16	1993,15	* 3670,24	2341,78	1704,13	* 3133,28	1754,67	
Blu-Ray	MAE	16	20213,60	48353,19	1739,52	* 2957,18	* 2206,13	3100,67	
	MSE	16	408589625,00	4431334232,00	3025930,00	* 17266473,00	4867010,00	11117963,00	*
	RMSE	16	20213,60	66568,27	1739,52	* 4155,30	2206,13	3334,36	*

Anmerkungen: Alle Angaben gerundet auf zwei Nachkommastellen; Größte Prognosegüte mit * gekennzeichnet

Tabelle 18: Genauigkeit von out-of-sample Prognosen

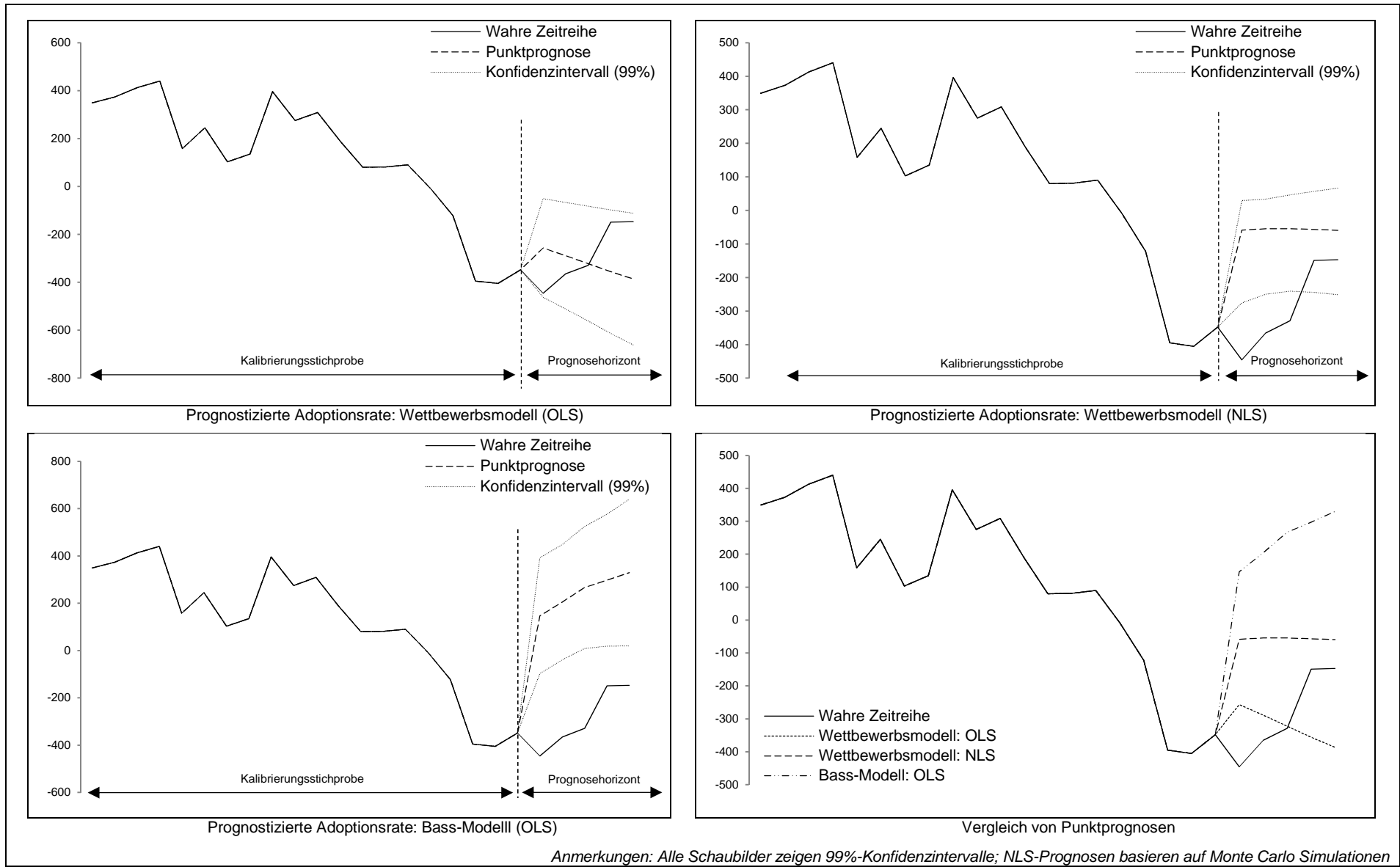


Abbildung 37: Out-of-sample Prognose: Netscape

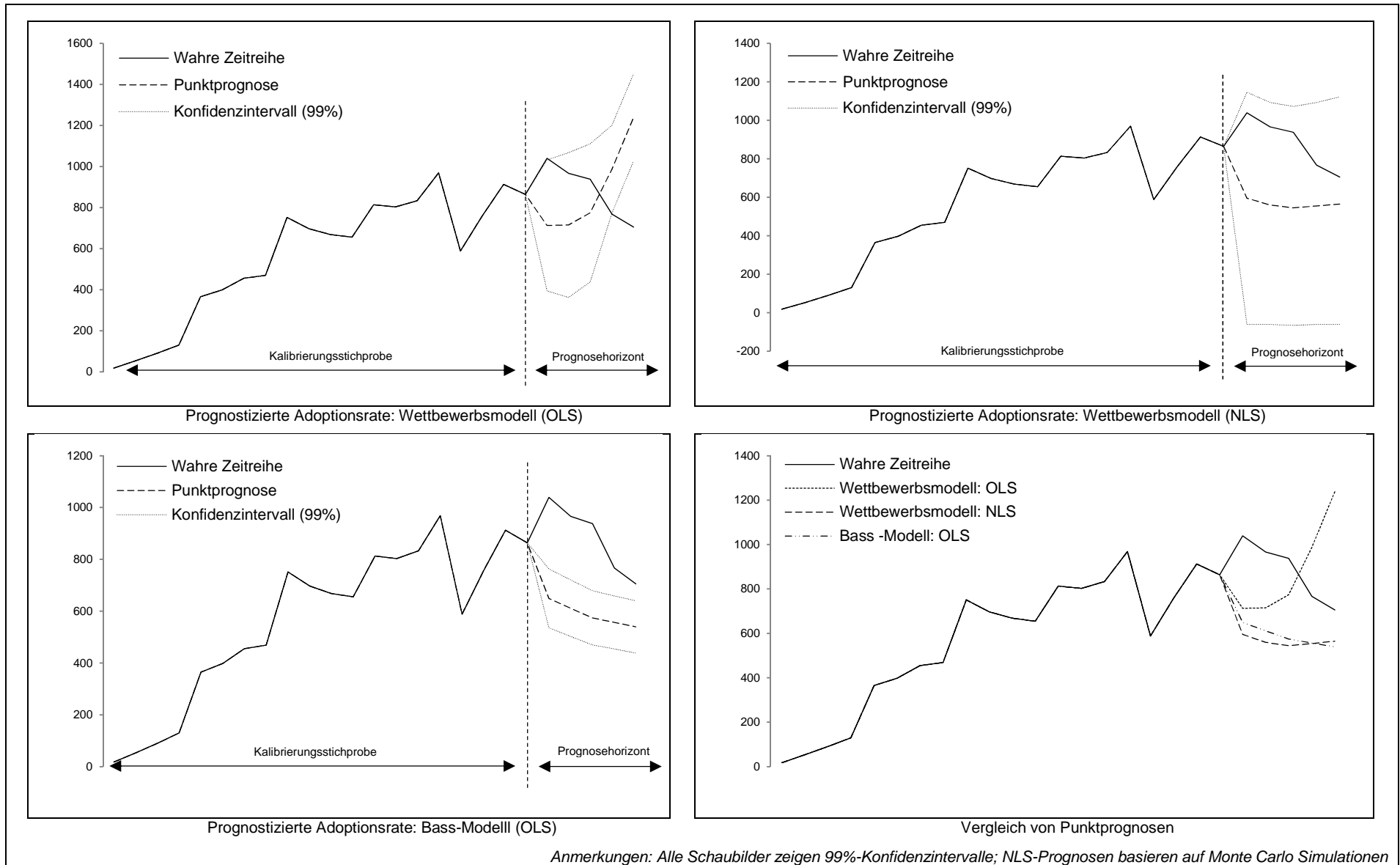


Abbildung 38: Out-of-sample Prognose: Internet Explorer

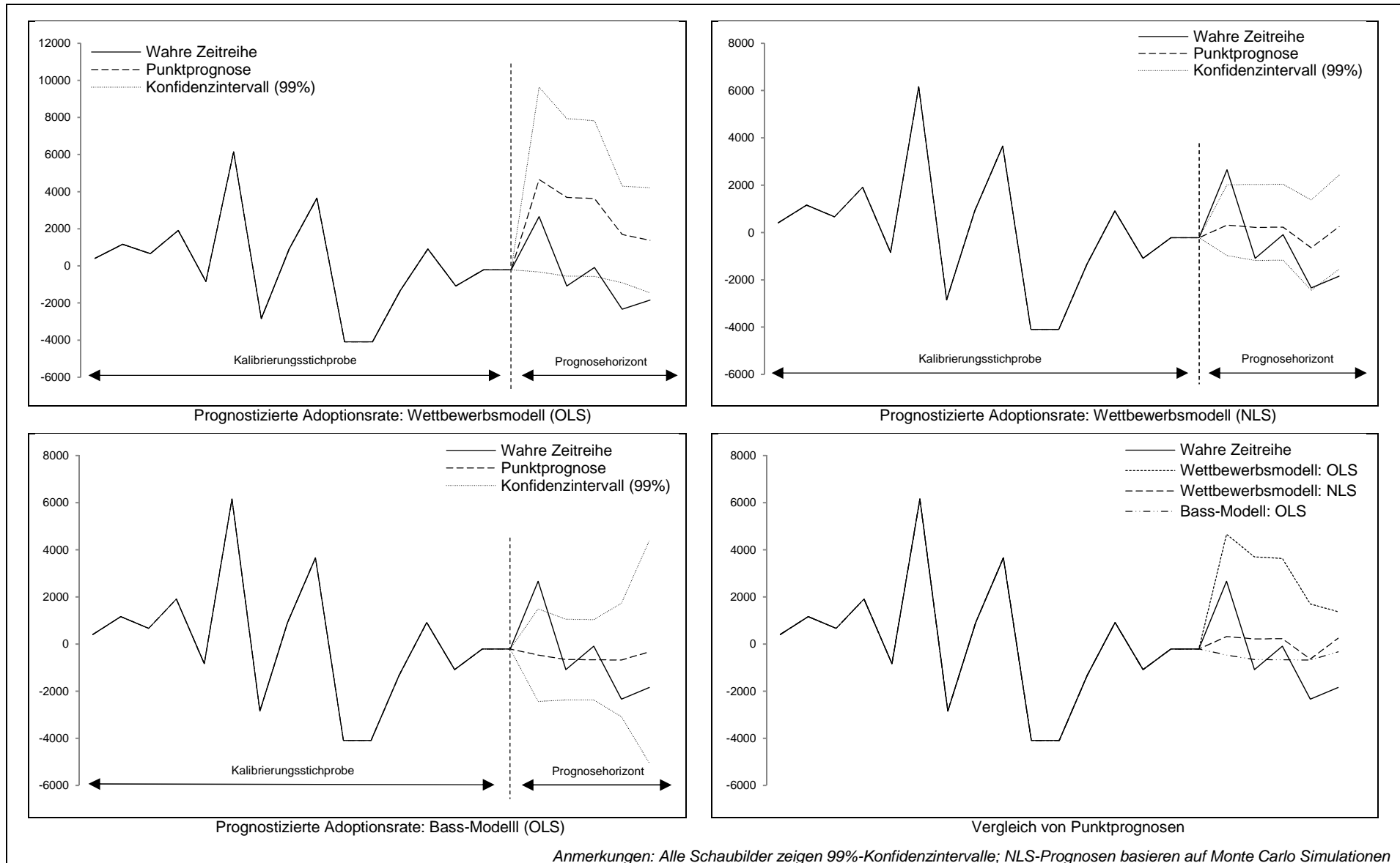
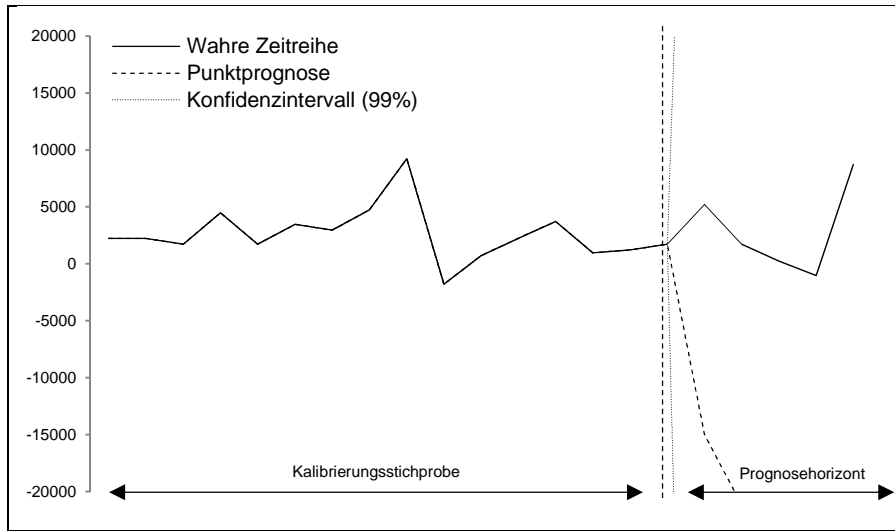
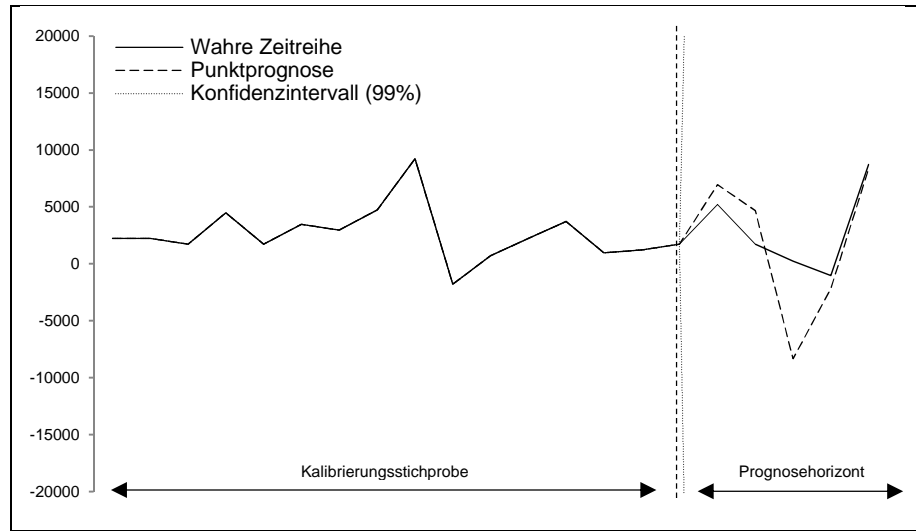


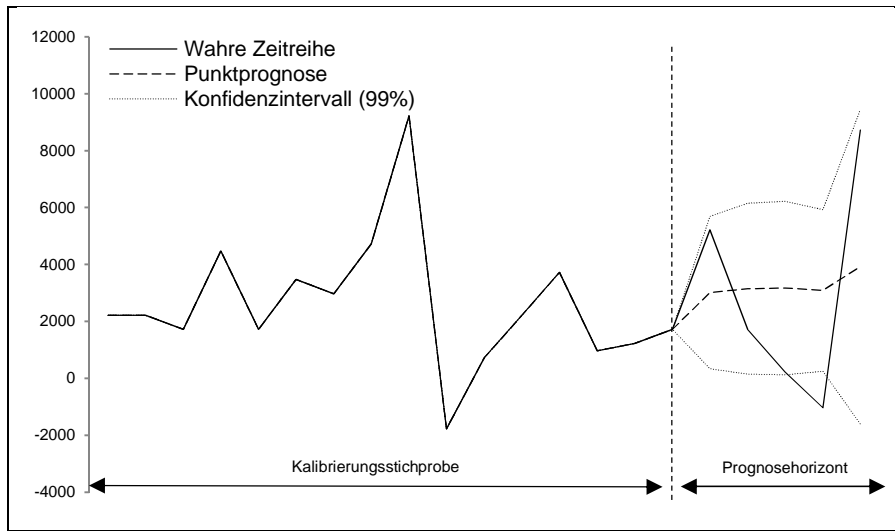
Abbildung 39: Out-of-sample Prognose: HD-DVD



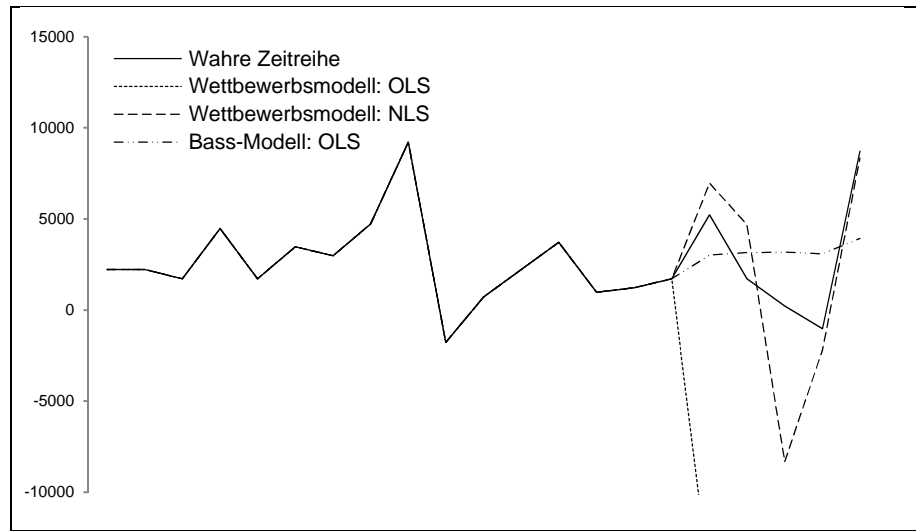
Prognostizierte Adoptionsrate: Wettbewerbsmodell (OLS)



Prognostizierte Adoptionsrate: Wettbewerbsmodell (NLS)



Prognostizierte Adoptionsrate: Bass-Modell (OLS)



Vergleich von Punktprognosen

Anmerkungen: Alle Schaubilder zeigen 99%-Konfidenzintervalle; NLS-Prognosen basieren auf Monte Carlo Simulationen

Abbildung 40: Out-of-sample Prognose: Blu-Ray

4.6 Limitationen der Analyse

In Rahmen der empirischen Ausarbeitung wurde gezeigt, dass mit Hilfe des wettbewerbsorientierten Modells in Situationen, die durch direkte marktliche Konkurrenz mehrerer Technologiestandards gekennzeichnet sind, eine präzise Prognose von Adoptionsdynamiken erreicht werden kann. Wie im Folgenden jedoch gezeigt werden wird, besitzen die erstellten Prognosen aus unterschiedlichen Gründen nur eingeschränkt Gültigkeit. Limitierende Aspekte, die für die Interpretation der Ergebnisse besonders kritisch sind, sollen daher im Weiteren kurz diskutiert werden. Die wohl größte Einschränkung ergibt sich dabei für die Analyse aus einer fundamentalen Annahme, die jeder theorie- und methodengestützten Prognose zugrunde gelegt wird. Diese Annahme besagt, dass die in der Kalibrierungsstichprobe beobachtbaren Entwicklungstendenzen mittel- bis langfristig konstant bleiben müssen (vgl. Becker 1993, S. 229). Allen Prognosen liegt somit eine naive Vorstellung zugrunde, dass innerhalb des Prognosezeitraumes keine tiefgreifenden Veränderungen und Strukturbrüche eintreten werden (vgl. Crone 2010, S. 68). Die Berechnung von Prognosen setzt somit eine statistische Umwelt voraus, deren Rahmenbedingungen sich im Zeitablauf entweder nicht oder nur geringfügig ändern (vgl. Theil 1966, S. 1). Hierin offenbart sich allerdings ein fundamentaler Widerspruch, der allen Prognoseverfahren latent innewohnt, denn als „Projektionen bestimmter Zustände [sind Prognosen] nur dann von Interesse, wenn die Konstanz des Zustandes [den sie projizieren sollen] nicht von vornherein unter allen Umständen gesichert ist [...]. Die Ungewissheit und Veränderlichkeit der Erscheinungen geben [also] erst den Anstoß zu Prognose-tätigkeit“ (Rothschild 1969, S. 21, zitiert nach Döhrn 2014, S. 9). Welche Daseinsberechtigung aber besitzen solche Prognosen dann überhaupt, wenn sie von einer konstanten Fortsetzung von Entwicklungstrends ausgehen, obwohl sie dynamische Prozesse und Systeme beschreiben wollen? Unter logischen Gesichtspunkten müssen alle Prognosen somit an den eigenen Ansprüchen scheitern (vgl. Simmerl und Vogl 2017, S. 26). Eine derart drastische Fundamentalkritik an der Prognostik ist zwar durchaus berechtigt, erscheint aber für die vorliegende Untersuchung nicht wirklich zielführend, weil soziale Systeme als zentrale Untersuchungsgegenstände dieser Arbeit, ihrem Wesen nach tatsächlich häufig rigide sind (vgl. von Lüde et al. 2009, S. 245). Sie reagieren auf eintretende Veränderungen daher oftmals schwerfällig und zeitverzögert (vgl. Welsch 2010, S. 97). Zudem stellen unvorhergesehene

Ereignisse, die das Potential besitzen, auf systemischer Ebene strukturelle Veränderungen auszulösen, auf kurze Sicht keinesfalls den Normalfall dar (vgl. Samonas 2015, S. 140). Für kurze Prognosezeiträume kann die Annahme konstanter Entwicklungstrends also durchaus als eine sinnvolle Annäherung an die Wirklichkeit aufgefasst werden (vgl. Döhrn 2014, S. 9).

Etwas weniger abstrakte Kritik lässt sich hingegen an den in dieser Arbeit gewählten Schätz- und Prognoseverfahren üben. Als Standardverfahren wurde im Rahmen der empirischen Analyse in dieser Arbeit die OLS-Methode zur Kalibrierung der Modellparameter verwendet. Die Schätzung von Zeitreihen mit Hilfe der OLS-Methode verletzt jedoch, wie im Weiteren noch gezeigt werden wird, einige der grundlegenden Annahmen des linearen Regressionsmodells (vgl. Tabelle 20, Anhang A3, S. 228). So wird zum Beispiel im Rahmen von Zeitreihenbetrachtungen die Annahme einer Zufallsstichprobe verletzt, weil die Beobachtungen in einer Zeitreihe nicht als zufällige Realisationen einer Variablen, sondern als zeitlich geordnete Werte vorliegen (vgl. Treyer 2003, S. 152). Die Verteilung der Störterme kann daher eine inhomogene Varianz aufweisen (Heteroskedastizität), so dass die Ergebnisse der OLS-Schätzung ihre Effizienzeigenschaft verlieren (vgl. Wooldridge 2012, S. 352). Effizienz wird in der ökonometrischen Praxis auch häufig mit der Wirksamkeit eines Schätzverfahrens gleichgesetzt (vgl. Stoetzer 2017, S. 135). Dabei gilt: Ein Schätzverfahren ist umso effizienter, je geringer die Streuung der Schätzwerte um die Parameter (vgl. Urban und Mayerl 2011, S. 242). Nicht-effiziente Schätzungen führen also bei der Berechnung der Parameter zu großen Standardfehlern und damit zu Ergebnissen mit geringer statistischer Signifikanz (vgl. Davidson und MacKinnon 1999, S. 105).

Die Fehlerterme von Zeitreihenmodellen können zudem von Autokorrelation betroffen sein (vgl. Billeter und Vlach 2011, S. 26). Unter Autokorrelation wird dabei in der statistischen Praxis ein systematischer, jedoch nicht notwendigerweise kausaler, Zusammenhang zwischen den Fehlertermen aus Folge- und Vorperioden verstanden (vgl. Hackl 2005, S. 192). Liegen Autokorrelationen vor, so sind die OLS-Schätzungen verzerrt (vgl. Auer und Rottmann 2011, S. 554). Die Interpretation der geschätzten Parameter kann in diesen Fällen zu schwerwiegenden Fehleinschätzungen in der Prognoseformulierung führen (vgl. Wooldridge 2012, S. 353). Zur Aufdeckung von möglichen Verzerrungen in der Analyse wurden alle in dieser Arbeit geschätzten Prognosemodelle daher nachträglich mit Hilfe des Durbin-Watson-Tests

Testmodell		Teststatistik	p-Value	Autokorrelation
Netscape	OLS-Schätzung	DW = 0,75836	4,815e-05	liegt tendenziell vor
Internet Explorer	OLS-Schätzung	DW = 0,82208	1,558e-04	liegt tendenziell vor
Betamax	OLS-Schätzung	DW = 1,8053	2,909e-01	liegt tendenziell nicht vor
VHS	OLS-Schätzung	DW = 1,8276	5,136e-01	liegt tendenziell nicht vor
HD-DVD	OLS-Schätzung	DW = 1,7795	3,896e-01	liegt tendenziell nicht vor
Blu-Ray	OLS-Schätzung	DW = 1,9649	6,207e-01	liegt tendenziell nicht vor

Anmerkungen: Zweiseitiger Test; getestete Nullhypothese: Wahre Autokorrelation gleich Null

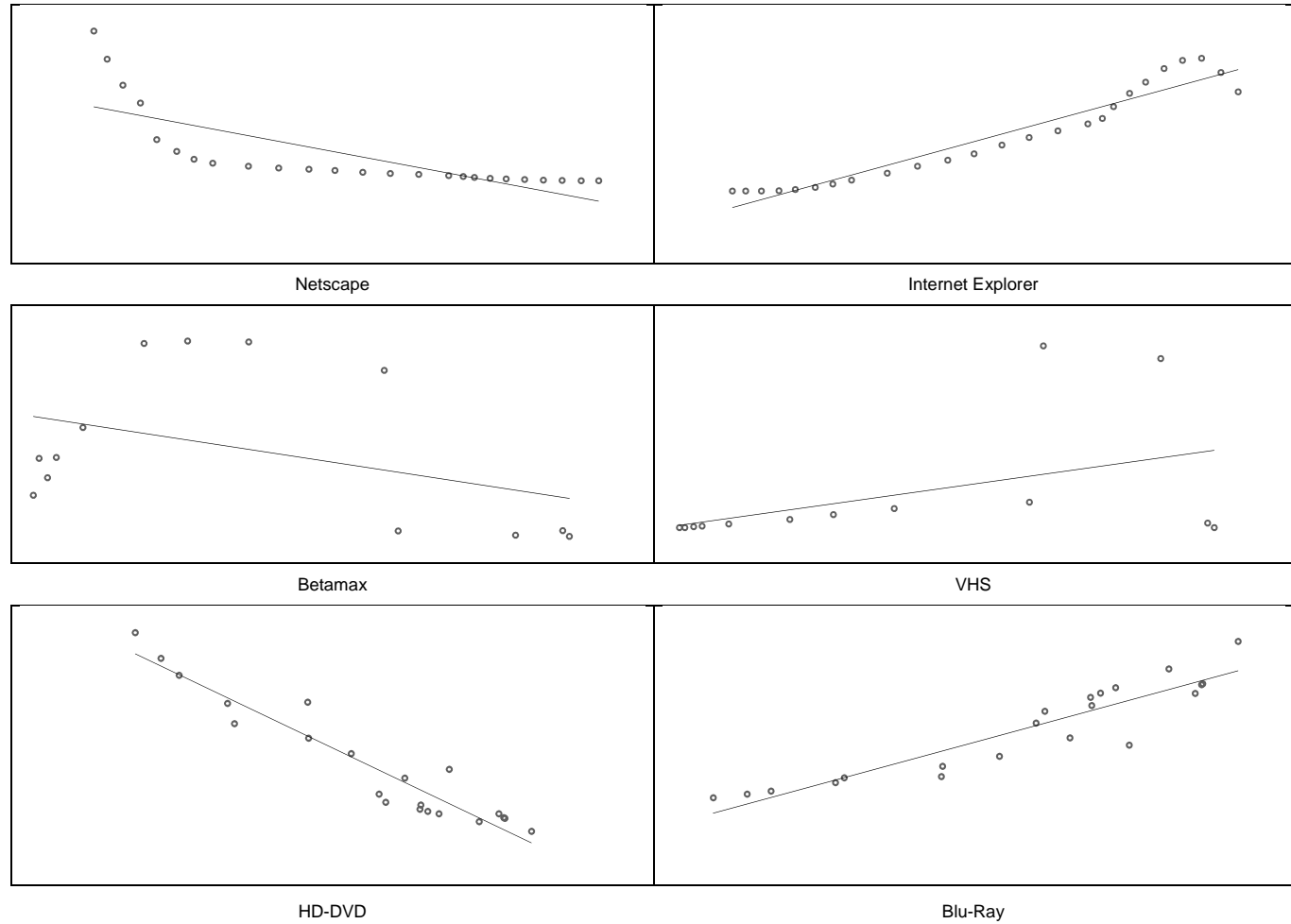
Tabelle 19: Durbin-Watson-Test auf Autokorrelation

auf potentielle Autokorrelationen hin untersucht (vgl. Durbin und Watson 1951, S. 159 ff., Durbin und Watson 1950, S. 409 ff.). Die Ergebnisse dieser Testreihen sind in Tabelle 19 aufgeführt. Die in Tabelle 19 ausgewiesenen Durbin-Watson-Koeffizienten können dabei grundsätzlich Werte zwischen 0 und 4 annehmen (vgl. Brosius 2011, S. 579). Liegt der Wert des Durbin-Watson-Koeffizienten weit außen an den Rändern des erlaubten Wertebereichs, das heißt also, irgendwo nahe 0 oder nahe 4, so sind die Residuen mit hoher Wahrscheinlichkeit autokorreliert. Umgekehrt liegt tendenziell eine geringe Autokorrelationsgefahr vor, wenn der Wert des betrachteten Koeffizienten nahe 2 liegt (vgl. Brosius 2011, S. 579). Wie aus der Zusammenfassung in Tabelle 19 insgesamt ersichtlich wird, kann sich der Anfangsverdacht auf Autokorrelation in den meisten Fällen dank guter Testergebnisse nicht erhärten. Allerdings zeigen die betragsmäßig geringen Durbin-Watson-Koeffizienten für Netscape und Internet Explorer, dass beide Schätzungen mit hoher Wahrscheinlichkeit autokorrelierte Fehler aufweisen. Um diesen Umstand zu begegnen, wurden alle Schätzungen der problematischen Zeitreihen unter Einbindung von zeitverzögerten („lagged variables“) abhängigen Variablen erneut geschätzt. Dieses Vorgehen stellt in der Zeitreihenanalyse grundsätzlich eine häufig gewählte Vorgehensweise dar, von der angenommen wird, dass sie helfen kann, potentielle Verzerrungen durch autokorrelierte Fehlerterme auszugleichen und zu reduzieren (vgl. Tiemann 2009, S. 219). Die Ergebnisse dieser Kontrollschätzungen werden im Anhang A5 aufgeführt. Da die zu Kontrollzwecken durchgeführten Time-Lag-Schätzungen jedoch im Wesentlichen die Ergebnisse der ursprünglichen Schätzergebnissen bestätigen, wird an dieser Stelle auf eine ausführliche Diskussion dieser Schätzungen verzichtet.

Ebenso wird in der empirischen Diffusionsliteratur häufig bemängelt, dass die OLS-Schätzung mit schweren Multikollinearitätsproblemen behaftet sein kann (vgl. Schmittlein und Mahajan 1982, S. 59). Das Problem der Multikollinearität liegt dabei per Definition immer dann vor, wenn unabhängige Modellvariablen untereinander hohe Korrelationswerte aufweisen (vgl. Wooldridge 2012, S. 94). Von diesem Problem können tendenziell auch einige Schätzungen in der vorliegenden Arbeit betroffen sein. In Tabelle 20 werden die Varianzinflationsfaktoren zu den Schätzungen und die paarweisen Korrelationen zwischen den Modellregressoren abgebildet. Starke Korrelationen zwischen den unabhängigen Variablen lassen sich dabei sowohl grafisch aus den Korrelationsplots als auch analytisch aus den hohen Werten einiger Varianzinflationsfaktoren ableiten (vgl. Schneider 2009, S. 224). Zwar existiert in der Literatur kein eindeutig festgelegter Grenzwert, dessen Überschreitung als klares Signal für Multikollinearität gewertet werden kann, jedoch sind sich die meisten Empiriker in dieser Sache dahingehend einig, dass betragsmäßig große Varianzinflationsfaktoren ($VIF > 10$) ein starkes Indiz für das Vorliegen multikollinearer Zusammenhänge definieren (vgl. Cleff 2011, S. 177). Wie aus Tabelle 20 hierzu ersichtlich wird, überschreiten mit HD-DVD und Internet Explorer gleich zwei Schätzungen diesen Grenzwert. In beiden Fällen muss also von unerwünschten Folgen multikollinearer Zusammenhänge zwischen den Modellregressoren ausgegangen werden. Multikollinearität ist dabei an und für sich genommen nicht ungewöhnlich, wenn quadratische und kubische Multiplikationsterme in die Regressionsgleichung integriert werden (vgl. Ghisletta et al. 2015, S. 50). Zur Erinnerung: Auch das Wettbewerbsmodell beinhaltet komplexe Interaktionsterme mit Potenzen zweiter und dritter Ordnung (vgl. Abschnitt 3.4). Unter methodischen Gesichtspunkten ist Multikollinearität vor allem deswegen problematisch, weil sie zu großen Schätzfehlern (Standardfehlern) führt und somit insgesamt Ergebnisse mit nur geringer Schätzgenauigkeit liefert (vgl. Backhaus et al. 2016, S. 107). Aus modelltheoretischer Sicht stellen hohe Multikollinearitätswerte jedoch nicht zwangsläufig eine Annahmeverletzung des linearen Regressionsmodells dar (vgl. Schulze und Porath 2012, S. 517). Solange zwischen den Regressoren hohe Korrelation (paarweise Korrelation ≈ 1), nicht aber eine perfekte Kollinearität vorliegt (paarweise Korrelation $\neq 1$), ist die Kollinearitätsannahme nicht verletzt (vgl. Anhang A3, Tabelle 21, S. 228). Um die durch Multikollinearität verursachten Schätzprobleme zu umgehen, werden alle Schätzungen in dieser Arbeit auch mit Hilfe des weniger restriktiven und in seinen Annahmen flexibleren NLS-

Korrelationstabellen			
Netscape	x_1	x_2	VIF
	1.00	-0,76	2,38
	-0,76	1.00	2,38
Internet Explorer	x_1	x_2	VIF
	1.00	0,96	13,62
	0,96	1.00	13,62
Betamax	x_1	x_2	VIF
	1.00	-0,41	1,20
	-0,41	1.00	1,20
VHS	x_1	x_2	VIF
	1.00	0,46	1,27
	0,46	1.00	1,27
HD-DVD	x_1	x_2	VIF
	1.00	-0,95	11,10
	-0,95	1.00	11,10
Blu-Ray	x_1	x_2	VIF
	1.00	0,92	6,87
	0,92	1.00	6,87

Korrelationsplots (x_1 vs x_2)



Anmerkungen: Pearson-Korrelationskoeffizient; VIF = Variance Inflation Factor; alle Angaben auf zwei Nachkommastellen gerundet; mit $x_1 = (A_{it} - A_{jt})$ und $x_2 = \left(\frac{A_{it}^2}{A_{jt}} - \frac{A_{it}^3}{A_{jt}(N - A_{jt})} \right)$

Tabelle 20: Prüfung auf Multikollinearität

Verfahrens geschätzt (vgl. Schühle 2014, S. 164). Damit folgt die Arbeit zahlreichen Literaturmeinungen, die in der Vergangenheit übereinstimmend die Anwendung des nichtlinearen Schätzverfahrens als Alternative zur OLS-Schätzung vorgeschlagen haben (vgl. Mahajan et al. 1990, S. 1 ff., Mahajan et al. 1986, S. 203 ff., Mahajan und Sharma 1986, S. 331 ff.)

Schlussendlich soll auch das zur Schätzung verwendete Datenmaterial kritisch diskutiert werden. Schließlich hängt die Güte der Prognoseschätzungen nicht unwesentlich davon ab, wie valide das zur Kalibrierung der Prognosemodelle verwendete Datenmaterial erhoben worden ist (vgl. Pickel und Pickel 2018, S. 62). Zunächst lässt sich hierzu festhalten, dass die in der vorliegenden Arbeit dokumentierte empirische Analyse ausschließlich mit Sekundärdaten durchgeführt wurde. Bei der Akquise des Datenmaterials wurde grundsätzlich viel Wert auf eine vertrauenswürdige Herkunft der Daten gelegt (vgl. Abschnitt 4.3). Um die Qualität des Datenmaterials bestmöglich zu gewährleisten, wurden dabei überwiegend Datensätze aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen verwendet. Wissenschaftliche Publikationen werden in der Literatur generell als eine besonders vertrauenswürdige Datenquelle erachtet (vgl. Björk und Solomon 2013, S. 915). Alle Datenreihen wurden zudem nachträglich einer manuellen Plausibilitätsprüfung unterzogen sowie auf auffällige Ausreißer hin untersucht (vgl. Degen 2010, S. 92). Darüber hinaus wurden saisonale Effekte eliminiert, um die Schätzergebnisse nicht unnötig durch zyklische Einflüsse zu verzerren (vgl. Putsis 1996, S. 270). Insgesamt lässt sich also festhalten, dass die in der Analyse eingesetzten Daten alle Qualitätsanforderungen erfüllen (Objektivität, Reliabilität und Validität), die im Rahmen einer empirischen Arbeit an das Datenmaterial formuliert werden können (vgl. Rammstedt 2010, S. 239). Lediglich die Länge der Zeitreihen erweist sich stellenweise als bedenklich (vgl. Venkatesan et al. 2004, S. 452). Für die Berechnung von out-of-sample Prognosen sind durch die künstliche Verkürzung der Datenreihen in zwei Fällen recht kleine Kalibrierungsstichproben entstanden. Da in der Praxis sowohl das Bass-Modell als auch das Wettbewerbsmodell sensibel auf kurze Zeitreihen reagieren können, wurden die problematischen Datenreihen allerdings präventiv von der Analyse ausgeschlossen (vgl. Abschnitt 4.3).

5 Diskussion der Ergebnisse

Nachdem im letzten Kapitel die Ergebnisse der empirischen Analyse präsentiert und die Gültigkeit der im Rahmen des Wettbewerbsmodells getroffenen Annahmen validiert wurden, sollen in diesem Kapitel nun die Ergebnisse der Arbeit unter erkenntnistheoretischen Gesichtspunkten diskutiert werden. Dabei soll der wissenschaftliche Beitrag der Arbeit nicht nur vor dem Hintergrund unterschiedlicher Theorien und Gedankenschulen betrachtet, sondern auch auf seine Implikationen hin für die betriebswirtschaftliche Praxis untersucht werden.

Da die formale Modellierung des wettbewerbsorientierten Modells aus theoretischen Überlegungen der klassischen Adoptions- und Diffusionstheorie abgeleitet wurde, sollen zu Beginn zunächst die Implikationen dieser Modellierung auf die von Rogers geprägte Theorie diskutiert werden. Wie im Rahmen der theoretischen Ausarbeitung in Kapitel 2.3 bereits ausführlich dargelegt wurde, begreift die von Rogers beeinflusste Diffusionstheorie den Prozess der marktlichen Ausbreitung von Neuerungen als einen komplexen sozialen Vorgang, der aus relationalen Wechselwirkungen zwischen den Mitgliedern eines sozialen Systems heraus resultiert, durch unterschiedliche Formen von Kommunikation intensiviert sowie in alle Schichten des sozialen Beziehungsgeflechts transportiert wird (vgl. Rogers 2003, S. 12). Dieser Auffassung liegt die starke Annahme zugrunde, dass Menschen den Nutzen und die Vorteilhaftigkeit von Innovationen bewusst wahrnehmen, einschätzen und an andere Adoptionsakteure in ihrem sozialen Umfeld kommunizieren können (vgl. Binsack 2003, S. 30). Auch wenn Rogers dabei von einer subjektiven Wahrnehmung der beteiligten Akteure ausgeht, so postuliert er doch, dass gewisse messbare Attribute oder Leistungsmerkmale einer Innovation für die Durchsetzung der Neuerung im Markt verantwortlich gemacht werden können (vgl. Rogers 2003, S. 229). Selbst wenn dieses Postulat durch das Wettbewerbsmodell nicht völlig revidiert wird, so kann der theoretische Gedankenschluss durch die Ergebnisse dieser Arbeit trotzdem ein Stück weit entkräftet und relativiert werden. Obwohl das wettbewerbsorientierte Modell keine produktspezifischen Faktoren wie die Qualität der Bauteile, die Optik der Außenhülle oder die Preissetzung betrachtet, sondern lediglich die temporale Entwicklung der Nutzernetzwerke über einen Wettbewerbsparameter vergleicht, reicht die reduzierte Sichtweise des Wettbewerbsmodells trotzdem aus, um valide Diffusionsprognosen abzuleiten. Diese Tatsache legt den Schluss nahe, dass die

Nachfrager ihre Adoptionsentscheidungen weitaus weniger individualistisch treffen, indem sie vor allem eigennutzorientiert vor dem Hintergrund ihrer Präferenzen der Bewertung produktbezogener Attribute Gewicht beimessen, sondern im Rahmen des Adoptionsprozesses als soziale Wesen in Erscheinung treten, die das Verhalten der jeweils anderen Marktteilnehmer imitieren und sich dieser imitativen Orientierung in der Gruppe als soziales Kollektiv bewusst sind. Das Adoptionsverhalten des Einzelnen kann somit nicht losgelöst von dem aggregierten Verhalten der sozialen Gruppe und das Adoptionsverhalten des Kollektivs nicht losgelöst vom einzelnen Individuum erklärt werden. Auch wenn das Wettbewerbsmodell eine aggregierte Betrachtungsperspektive einnimmt, kann es diese beiden Extreme in der Konzeptualisierung doch ein Stück weit miteinander verbinden, indem es marktliche Akteure als beobachtende soziale Einheiten konzipiert, die aggregierte Entwicklungsdynamiken auf Märkten richtig evaluieren und in ihren individuellen Adoptionsentscheidungen antizipieren können (vgl. Abschnitt 3.4). Das in dieser Arbeit entwickelte Wettbewerbsmodell stellt somit ein besonderes Analysewerkzeug dar, das makroskopische und mikroskopische Betrachtungsebenen in der Konzeption wirksam miteinander zusammenführen und vereinen kann.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind jedoch nicht nur für die klassische Adoptions- und Diffusionsforschung von Bedeutung, sondern bereichern auch die ohnehin schon umfangreiche Standardisierungsliteratur, um wertvolle modelltheoretische Erkenntnisse. Obwohl der technologische Standardisierungswettbewerb seit Jahrzehnten Gegenstand intensiver Forschung ist und marktliche Standardisierungsprozesse unter ökonomischen, soziologischen sowie auch wirtschaftshistorischen Aspekten in zahlreichen Studien ausführlich diskutiert wurden, sind die meisten dieser Untersuchungen in ihrer Aussagekraft stark limitiert, weil sie die marktlichen Dynamiken nur deskriptiv beschreiben (vgl. Flamm 2013, o. S., Blind 2011, S. 373 ff., van Wegberg 2004a, S. 18, Chiesa et al. 2002, S. 431 ff., Keil 2002, S. 205 ff.). Der Fokus dieser Untersuchungen liegt dabei nicht selten auf der Analyse nachfrageseitiger Faktoren, insbesondere auf der Untersuchung von strategischen und taktischen Entscheidungen standardsetzender Unternehmen sowie auf der Evaluation von direkten Auswirkungen dieser Entscheidungen auf die aggregierte Marktdynamik (vgl. Schilling 2003, S. 6 ff., Shapiro und Varian 1999a, S. 8 ff., Besen und Farrell 1994, S. 117 ff.). Im Unterschied zu solchen anbieterzentrierten Erklärungsansätzen, wird in dieser Arbeit gezeigt, dass ein Großteil des marktlichen Adoptionsverhal-

tens im Rahmen von Standardwettkämpfen allein durch nachfrageseitige Dynamiken erklärt werden kann (vgl. Abschnitt 4.4). Vom wissenschaftlichen Standpunkt aus unterstützen die Ergebnisse der Arbeit also all jene Studien und Ansätze, die Anwendernetzwerke sowie die daraus resultierenden Netzwerkeffekte als wesentliche Erfolgsdeterminanten im marktlichen Technologiewettbewerb identifiziert haben (vgl. Compaine und Cunningham 2010, S. 187, ff., Den Hartigh et al. 2009, S. 1 ff., Suarez 2004, S. 271 ff., Schilling 1999, S. 265 ff.).

Darüber hinaus wird mit den Ergebnissen dieser Arbeit eine bisher offene Lücke in der ökonomischen Standardforschung geschlossen. Wie mit Hilfe des in Kapitel 1.2 durchgeführten Literatur-Reviews gezeigt werden konnte, lag in der wissenschaftlichen Literatur bisher ein eindeutiges Defizit an formalen Modellen vor, die zur Beschreibung und Erklärung aggregierter Diffusionsdynamiken spezifisch im Kontext des marktlichen Standardisierungswettbewerbs herangezogen hätten werden können. Das in dieser Arbeit entwickelte Wettbewerbsmodell schließt diese offene Lücke nun, indem es den Diffusionsvorgang als einen interdependenten Marktprozess konzipiert, so dass der marktliche Erfolg einzelner Technologiestandards zwingend an die Adoptionsdynamik der jeweils anderen Konkurrenzstandards im Markt gekoppelt wird (vgl. Abschnitt 3.4). Konzeptionell weist das Wettbewerbsmodell daher eine große Ähnlichkeit zu Mehr-Generationen-Modellen auf, die in der Forschung seit den späten 1980er Jahren zur Beschreibung von technologischen Generationenfolgen entwickelt worden sind (vgl. Jiang und Jain 2012, S. 1887, Danaher et al. 2001, S. 501, Islam und Meade 1997, S. 49 ff., Mahajan und Muller 1996, S. 109, Norton und Bass 1987, S. 1069 ff.). Trotz einer gewissen konzeptionellen Nähe, unterscheidet sich der Modellrahmen des Wettbewerbsmodells allerdings, wie in Kapitel 3.4.4 diskutiert wurde, dennoch deutlich von den Modellen dieser Mehr-Generationen-Kategorie. Das Wettbewerbsmodell begründet somit eine völlig eigenständige Klasse von Diffusionsmodellen, indem es den Betrachtungshorizont nicht nur auf mehrere Diffusionsgüter oder Diffusionstechnologien ausweitet, sondern auch wechselseitige Abhängigkeiten zwischen den Diffusionsprozessen unterstellt (vgl. Abschnitt 3.4.4). Die große Stärke des Wettbewerbsmodells zeigt sich dabei in seinen vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten. So kann das Modell einerseits zu wissenschaftlichen Simulationszwecken genutzt und beispielsweise im Rahmen von simulationsbasierten Marktstudien zur Erforschung des aggregierten Adoptionsverhaltens auf unterschiedlichen Märkten und bei verschiedenen Marktkonstellationen verwendet wer-

den. Alternativ lässt sich das Wettbewerbsmodell jedoch auch aufgrund seiner geringen Datenanforderungen und der vergleichsweise einfachen Handhabbarkeit für Planungs- und Prognosezwecke in der betriebswirtschaftlichen Praxis anwenden. Für die betriebswirtschaftliche Praxis ist das in dieser Arbeit entwickelte Wettbewerbsmodell jedoch nicht nur als Analysewerkzeug von Bedeutung. Interessante Schlussfolgerungen für die Praxis lassen sich zum Beispiel auch aus dem simulierten Verhalten des Wettbewerbsmodells ableiten. So legen die Ergebnisse der simulationsbasierten Analyse aus Kapitel 3.4.2 nahe, dass die relative Größe der Nutzer-netzwerke einen besonders kritischen Erfolgsfaktor im Standardisierungswettbewerb darstellt. Je schneller also eine kritische Anwendermasse überschritten wird, desto schneller setzen selbstverstärkende Marktmechanismen ein, die einen systeminternen Adoptionsdruck zugunsten des Standards mit der größeren Nutzerbasis erzeugen (vgl. Healey und Moe 2016, S. 256). Ist dieser Druck hinreichend groß, können auch Nutzer konkurrierender Technologien zum Umdenken bewegt werden, so dass die Konkurrenztechnologie immer weiter vom Markt gedrängt wird (vgl. Shin et al. 2015, S. 154). Standardsetzende Unternehmen müssen daher vor allem in der Anfangsphase der Diffusion, um eine möglichst rasche Ausdehnung der Anwenderbasen bemüht sein (vgl. Schilling 1999, S. 270). Wie die Analyse der Marktdynamik mit Hilfe des Wettbewerbsmodells zeigt, neigen Märkte dazu, solange sie nicht politisch reguliert sind, zugunsten eines einzigen Technologiestandards zu kippen (vgl. Abschnitt 3.4.2). Lässt sich eine derartige Marktentwicklung beobachten, müssen sich Unternehmen, die auf den unterlegenen Standard gesetzt haben, von ihren Technologien möglichst schnell lösen. Da ein erneutes Kippen des Marktes nach Überschreitung einer kritischen Nutzermasse äußerst unwahrscheinlich erscheint, gehen zusätzliche Investitionen in den unterlegenen Technologiestandard irreversibel verloren (vgl. hierzu auch das Problem des eskalierenden Commitments: Staw 1997, 191, Staw und Ross 1987, S. 12, Brockner und Rubin 1985, o. S.). Ein zu langes Festhalten am unterlegenen Standard kann für die betroffenen Unternehmen daher ernsthafte finanzielle Konsequenzen sowie massive Image- und Reputationsverluste mit sich bringen. Dabei kann zur Analyse von künftigen Entwicklungstendenzen und insbesondere zur frühzeitigen Aufdeckung von potentiellen Lock-in-Erscheinungen im Markt das Wettbewerbsmodell herangezogen werden. Wie die Schätzungen in Abschnitt 4.5 belegen, ist das Modell im Stande, Marktentwicklungen auf kurze und mittlere Frist hin mit hoher Genauigkeit vorherzusagen.

6 Schlussbetrachtung

Die vorliegende Arbeit untersuchte marktliche Wettbewerbs- und Standardisierungsprozesse, deren Dynamik und Komplexität von der Forschung nach wie vor nicht vollständig verstanden werden kann. Obwohl die Diffusionsforschung zu den mit Abstand produktivsten Feldern innerhalb der Marketing- und Innovationsliteratur zählt, wurden technologische Standard- und Formatkriege unter diffusionstheoretischen Aspekten bisher nur unzureichend untersucht. Mit Hilfe einer systematischen Literaturanalyse wurde in dieser Arbeit hierzu auf einen gravierenden Mangel an wettbewerbsorientierten Modellen innerhalb der aktuellen Forschungsliteratur hingewiesen. Formal-mathematische Diffusionsmodelle, die in Wissenschaft und Praxis heute weit verbreitet und akzeptiert sind, haben große Schwierigkeiten, Diffusionsprozesse auf Märkten unter Standardisierungs- und Konkurrenzdruck zufriedenstellend zu beschreiben. Dieser Missstand in der aktuellen Forschung wurde in der vorliegenden Arbeit zum Anlass genommen, um ein dynamisches, wettbewerbsorientiertes Diffusionsmodell zu entwickeln. Seine konzeptionellen Wurzeln hat das neue Wettbewerbsmodell dabei in der klassischen Adoptions- und Diffusionstheorie. Allerdings flossen in die Modellformulierung auch neuere Erkenntnisse aus der Netzwerkforschung sowie der ökonomisch orientierten Standardforschung ein. Wie im Rahmen der Arbeit ausführlich dargelegt wurde, begründet das wettbewerbsorientierte Modell dabei eine völlig eigenständige und neue Klasse von Diffusionsmodellen. Zwar wurde seine Konzeptualisierung zunächst von der formalen Gestaltung so genannter Mixed-Influence-Modelle abgeleitet, allerdings weist das in dieser Arbeit entwickelte Modell durch seine explizite Wettbewerbsorientierung trotzdem starke konzeptionelle Eigenheiten auf, die es von allen anderen Modellierungsansätzen deutlich unterscheiden. Dabei verbindet das Wettbewerbsmodell als integrativer Modellierungsansatz Elemente der klassischen Mixed-Influence-Modellierung (zum Beispiel durch die Betrachtung von systemexternen und -internen Innovationsnachfragen) mit netzwerktheoretischen Aspekten, die sich beispielsweise in Form von positiven und negativen Netzwerkeffekten im Modell niederschlagen.

Als nachfragebasiertes Modell fokussiert sich das wettbewerbsorientierte Modell in seiner Analyse ausschließlich auf nachfrageseitige Adoptionsdynamiken. Damit blendet das Modell in seiner partiellen Betrachtung wichtige anbieterbezogene Faktoren aus. Dass solche anbieterseitigen Faktoren im realen Marktgeschehen eine nicht

unerhebliche Wirkung auf den Diffusionsprozess entfalten können, wurde im Rahmen einer illustrativen Fallstudie in Kapitel 2.5.1 zur Sprache gebracht. Allerdings konnte durch die empirische Analyse in dieser Arbeit auch gezeigt werden, dass die fokussierte Betrachtung nachfrageseitiger Faktoren ausreichend sein kann, um auf Märkten unter Standardisierungsdruck einen Großteil der beobachteten Adoptionsvarianz wirklichkeitsnah beschreiben und erklären zu können. Darüber hinaus hat ein empirischer Vergleich zwischen dem wettbewerbsorientierten Modell auf der einen Seite und dem klassischen Bass-Modell auf der anderen Seite gezeigt, dass das Wettbewerbsmodell die Adoptionsdynamiken konkurrierender Markttechnologien deutlich besser schätzen und prognostizieren kann. Damit demonstriert das Wettbewerbsmodell seinen großen Nutzen für Wissenschaft und Praxis. Während das Wettbewerbsmodell im wissenschaftlichen Kontext vor allem als Simulationsmodell genutzt werden kann, bietet das wettbewerbsorientierte Modellgerüst für die betriebswirtschaftliche Praxis in erster Linie vielfältige Einsatzmöglichkeiten in der operativen und strategischen Markt- und Absatzplanung. Die vergleichsweise einfache Handhabbarkeit des Modells erlaubt dabei eine intuitive Anwendung und die hohe Prognosegüte garantiert, dass die auf Grundlage des Wettbewerbsmodells erstellten Marktprognosen mit hoher Verlässlichkeit und Präzision geschätzt werden.

Für die künftige Forschung lässt sich mit Blick auf das Wettbewerbsmodell die Notwendigkeit einer Verallgemeinerung des in dieser Arbeit hergeleiteten Modellrahmens anführen. Zwar hat die bisher erfolgte Betrachtung einer duopolitischen Wettbewerbssituation im Modell durchaus ihre Berechtigung, weil viele Formatkriege in der Realität tatsächlich durch eine auf nur zwei Konkurrenzstandards beschränkte Wettbewerbskonstellation gekennzeichnet sind, aber für eine umfassende Modellformulierung, die eine kohärente Grundlage zur Erklärung marktlicher Konkurrenzdynamiken bilden soll, bedarf es trotzdem einer Ausweitung des Betrachtungshorizontes. Ebenso müssen weitere empirische Forschungsarbeiten die Übertragbarkeit des neuen Modells auf unterschiedliche Wettbewerbssituationen und Marktkonstellation prüfen sowie die Gültigkeit der Modellprognosen auch für stark von der Politik regulierte oder anderen Einflüssen und Interessengruppen unterworfenen Märkte sicherstellen. Das wettbewerbsorientierte Modell ist also in seiner gegenwärtigen Formulierung nicht final und erfordert daher noch weitere konzeptionelle, formal-mathematische und empirische Elaboration.

Literaturverzeichnis

- Abrahamson, E., Rosenkopf, L. (1997): Social Network Effects on the Extent of Innovation Diffusion: A Computer Simulation, *Organization Science*, 8(3), pp. 289-309.
- Aderhold, J. (2004): *Form und Funktion sozialer Netzwerke in Wirtschaft und Gesellschaft*, Springer VS: Wiesbaden.
- Agarwal, R., Bayus, B. L. (2002): The market evolution and sales takeoff of product innovations, *Management Science*, 48(8), pp. 1024-1041.
- Ahrweiler, P., Pyka, A. (2015) Innovation, in: Braun, N., Saam, N. S. (Ed.): *Handbuch Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften*, pp. 855-886, Springer VS: Wiesbaden.
- Ainslie, A., Dreze, X., Zufryden, F. (2005): Modeling movie life cycle and market share, *Marketing Science*, 24(3), pp. 508-517.
- Ajzen, I. (1985): From intentions to actions: A theory of planned behavior, in: Kuhl, J., Beckmann, J. (Ed.): *Action control: From cognition to behavior*, pp. 11-39, Springer: Berlin, Heidelberg, New York.
- Ajzen, I. (1991): The theory of planned behavior, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), pp. 179–211.
- Albano, A., Guillaume, J.-L., Le Grand, B. (2012): File diffusion in a dynamic peer-to-peer network, *ACM, WWW 2012 - MSND'12 Workshop*, pp.1169-1172: Lyon.
- Albers, S. (2005): Diffusion und Adoption von Innovationen, in: Albers, S., Gassmann, O. (Ed.): *Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement: Strategie - Umsetzung - Controlling*, pp. 417-432, Gabler: Wiesbaden.
- Albers, S., Klapper, D., Konradt, U., Walter, A., Wolf, J. (2009): *Methodik der empirischen Forschung*, 3. Auflage, Gabler: Wiesbaden.
- Albert, R., Barabási, A.-L. (2000): Topology of evolving networks: Local events and universality, *Physical Review Letters*, 85(24), pp. 5234-5237.
- Albert, R., Barabási, A.-L. (2002): Statistical mechanics of complex networks, *Reviews of Modern Physics*, 74(47), p. 47.
- Allen, D. (1988): New telecommunication services: Network externalities and critical mass, *Telecommunications Policy*, 12(3), pp. 257-271.
- Allen, P. M. (1982): Self-organization in the urban system, in: Schieve, W. C., Allen, P. M. (Ed.): *Self-Organization and Dissipative Structures*, pp. 142–146, University of Texas Press: Austin.
- Anders, U. (1995): Neuronale Netzwerke in der Ökonometrie: Die Entmythologisierung ihrer Anwendung, *ZEW Discussion Papers*, No. 95-26.
- Armstrong, J. S. (2001): Evaluating forecasting methods, in: Armstrong, J. S. (Ed.): *Principles of forecasting: A handbook for researchers and practitioners*, Kluwer Academic Publishers: Norwell (MA).
- Arthur, W. B. (1989): Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events, *Economic Journal*, 99(394), pp. 116-131.
- Arthur, W. B. (1990): Positive Feedbacks in the Economy, *Scientific American*, 262(2), pp. 92-99.
- Auer, B., Rottmann, H. (2010): *Statistik und Ökonometrie für Wirtschaftswissenschaftler: Eine anwendungsorientierte Einführung*, 1. Auflage, Gabler: Wiesbaden.
- Auer, B., Rottmann, H. (2011): *Statistik und Ökonometrie für Wirtschaftswissenschaftler: Eine anwendungsorientierte Einführung*, 2. Auflage, Gabler: Wiesbaden.
- Auer, B., Rottmann, H. (2015): *Statistik und Ökonometrie für Wirtschaftswissenschaftler: Eine anwendungsorientierte Einführung*, 3. Auflage, Springer: Wiesbaden.
- Augereau, A., Greenstein, S., Rysman, M. (2006): Coordination versus differentiation in a standards war: 56K modems, *RAND Journal of Economics*, 37(4), pp. 887-909.

- Austin, M. T., Milner, H. V. (2001): Strategies of European standardization, *Journal of European Public Policy*, 8(3), pp. 411-431.
- Avaygan, V., Landsman, V., Stremersch, S. (2017): Marketing models for the life sciences industry, in: Wierenga, B., Van der Lans, R. (Ed.): *Handbook of Marketing Decision Models*, 2. Auflage, pp. 385-430, Springer International Publishing: Cham.
- Bächle, M. (2016): *Wissensmanagement mit Social Media: Grundlagen und Anwendungen*, Walter de Gruyter: Berlin, Boston.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R. (2016): *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung*, 14. Auflage, Springer Gabler: Berlin, Heidelberg.
- Bala, V., Goyal, S. (1998): Learning from Neighbours, *Review of Economic Studies*, 65(3), pp. 595-621.
- Baptista, R. (1999): The diffusion of process innovations: A selective review, *International Journal of the Economics of Business*, 6(1), pp. 107-129.
- Baptista, R. (2000): Do innovations diffuse faster within geographical clusters? *International Journal of Industrial Organization*, 18(3), pp. 515-535.
- Barabási, A.-L. (2003): *Linked: How everything is connected to everything else and what it means for business, science, and everyday life*, Plume 2003.
- Barabási, A.-L., Albert, R. (1999): Emergence of scaling in random networks, *Science*, 286(5439), pp. 509-512.
- Barabási, A.-L., Bonabeau, E. (2003): Scale-Free Networks, *Scientific American*, 325(5939), pp. 50-59.
- Barrot, C. (2009): Prognosegütemaße, in: Albers, S., Klapper, D., Konradt, U., Walter, A., Wolf, J. (Ed.): *Methodik der empirischen Forschung*, 3. Auflage, pp. 547-560, Gabler: Wiesbaden.
- Barth, D. (2009): Prognoseberichterstattung: Praxis, Determinanten und Kapitalmarktwirkungen bei deutschen börsennotierten Unternehmen, in: Kajüter, P. (Ed.): *Münsteraner Schriften zur Internationalen Unternehmensrechnung*, Band 1, Peter Lang: Frankfurt am Main.
- Bass, F. M. (1963): A dynamic model of market share and sales behavior, *Winter Conference American Marketing Association*, pp. 263-276.
- Bass, F. M. (1969): A new product growth for model consumer durables, *Management Science*, 15(5), pp. 215-227.
- Bass, F. M. (1980): The relationship between diffusion rates, experience curves, and demand elasticities for consumer durable technological innovations, *Journal of Business*, 53(July, part 2), pp. 51-67.
- Bass, F. M. (1986). The adoption of a marketing model: Comments and Observations, in: Mahajan, V., Wind, Y. (Ed.): *Innovation Diffusion of New Product Acceptance*, pp. 27-33, Ballinger Publishing Company: Cambridge (MA).
- Bass, F. M. (2004): Comments on "A New Product Growth for Model Consumer Durables", *Management Science*, 50(12), pp. 1833-1840.
- Bass, F. M., Gordon, K., Ferguson, T., Githens, M. L. (2001): Direct TV: Forecasting diffusion of a new technology prior to product launch, *Interfaces* 31(3), pp. S82- S93.
- Bass, F. M., Srinivasan, S. (2002): A study of 'spurious regressions' and model discrimination in the Generalized Bass Model, in: Frances, P. H., Montgomery, A. L. (Ed.): *Econometric Models in Marketing*, Vol. 16, pp. 295-316, Elsevier: Kidlington.
- Bass, F. M., Krishnan, T. V., Jain, D. C. (1994): Why the Bass model fits without decision variables, *Marketing Science*, 13(3), pp. 203-223.
- Bassellier, G., Reich, B. H., Benbasat, I. (2001): Information technology competence of business managers: A definition and research model, *Journal of Management Information Systems*, 17(4), pp. 159-182.
- Bathelt, H., Depner, H. (2003): Innovation, Institution und Region: Zur Diskussion über nationale und regionale Innovationssysteme, *Erdkunde*, 57, pp. 126-143.

- Baum, J. A., Oliver, C. (1991): Institutional linkages and organizational mortality, *Administrative Science Quarterly*, 36(2), pp. 187-218.
- Bayus, B. L., Kim N., Shocker, A. D. (2000): Growth models for multiproduct interactions - Current status and new directions, in: Mahajan, V., Muller, E. Wind, Y. (Ed.): *New-Product Diffusion Models*, pp. 141-163, Kluwer Academic Publisher: Boston.
- Bayus, B. L. (1987): Forecasting sales of new contingent products: An application to the compact disc market, *Journal of Product Innovation Management*, 4(4), pp. 243-255.
- Beck, R. (2006): *The network(ed) economy: The nature, adoption and diffusion of communication standards*, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Becke, G. (2008): *Soziale Erwartungsstrukturen in Unternehmen: zur psychosozialen Dynamik von Gegenseitigkeit im Organisationswandel*, edition sigma: Berlin.
- Becker, B. (1993): *Statistik*, R. Oldenbourg Verlag: München, Wien.
- Becker, G. S. (1976): *The economic approach to human behavior*, University of Chicago Press: Chicago.
- Bender, O. (2009): Perioden und Wellengänge der Landschaft- und Stadtentwicklung aus Sicht der Kulturgeographie, in: Heller, H. (Ed.): *Wiederholungen von Wellengängen und Reprisen in der Kulturentwicklung*, pp. 189-215, Lit Verlag: Wien.
- Bensmann, D. (2018): *Netzwerke: Eine innovative Organisationsform nutzen und managen*, Haufe-Lexware: Freiburg.
- Bergenholtz, C. (2011): Knowledge brokering: Spanning technological and network boundaries, *European Journal of Innovation Management*, 14(1), pp. 74-92.
- Berger, M. (2013): Determinanten der Nachfrage nach innovativen Industrieversicherungsprodukten in imperfekten Märkten, in: Richter, A., Hartung, T. (Ed.): *Münchener Reihe - Beiträge zu wirtschaftswissenschaftlichen Problemen der Versicherung*, Band 71, VVW.
- Berger, T. (2001): Agent-based spatial models applied to agriculture: A simulation tool for technology diffusion, resource use changes and policy analysis, *Agricultural Economics*, 25(2-3), pp. 245-260.
- Besen, J. (2002): Technology adoption costs and productivity growth: The transition to information technology, *Review of Economic Dynamics*, 5(2), pp. 443-469.
- Besen, S. M., Farrell, J. (1994): Choosing how to compete: Strategies and tactics in standardization, *Journal of Economic Perspectives*, 8(2), pp. 117-131.
- Betruglia, C. S., Lombardo, S., Nijkamp, P. (1997): An interpretative survey of innovative behaviour and diffusion, in: Betruglia, C. S., Lombardo, S., Nijkamp, P. (Ed.): *Innovative Behaviour in Space and Time*, pp. 3-16, Springer: Berlin, Heidelberg.
- Beushausen, J. (2002): *Die Theorie sozialer Systeme*, in: *Die Konstruktion von Gesundheit und Krankheit im sozialen System Familie: Theorie und Empirie*, Dissertation, Universität Oldenburg.
- Beushausen, J. (2016): *Beratung lernen: Grundlagen Psychosozialer Beratung und Sozialtherapie für Studium und Praxis*, Verlag Barbara Budrich: Opladen, Berlin, Toronto.
- Bewley, R., Fiebig, D. G. (1988): A flexible logistic model with applications in telecommunications, *International Journal of Forecasting*, 4(2), pp. 177-192.
- Billetter, E. P., Vlach, V. (1981): *Zeitreihen-Analyse: Einführung in die praktische Anwendung*, Physica-Verlag: Würzburg.
- Björk, B.-C., Solomon, D. (2013): The publishing delay in scholarly peer-reviewed journals, *Journal of Informetrics*, 7(4), pp. 914-923.
- Blaikie, P. (1978): The theory of the spatial diffusion of innovations: A spacious cul-de-sac, *Progress in Human Geography*, 2(2), pp. 268-295.
- Blättel-Mink, B., Menez, R. (2015): *Kompodium der Innovationsforschung*, 2. Auflage, Springer VS: Wiesbaden.
- Blind, K. (2011): An economic analysis of standards competition: The example of the ISO ODF and OOXML standards, *Telecommunications Policy*, 35(4), pp. 373-381.

- Boccaletti, S., Latora, V., Moreno, Y., Chavez, M., Hwang, D.-U. (2006): Complex networks: Structure and dynamics, *Physics Reports*, 424(4-5), pp. 175-308.
- Bock, J. (1987): Die innerbetriebliche Diffusion neuer Technologien: Einflußfaktoren bei Innovationsprozessen auf der Grundlage der Mikroelektronik im Investitionsgüterbereich, Schmidt: Berlin.
- Boehner, R., Gold, S. (2012): Modelling the impact of marketing mix on the diffusion of innovation in the generalized Bass Model of firm demand, *Developments in Business Simulation and Experimental Learning*, 39, pp. 75-91.
- Böhm, S. (2004): Innovationsmarketing für UMTS-Dienstleistungsangebote, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Borchert, J., Goos, P., Hagenhoff, S. (2003): Innovations- und Technologiemanagement: Eine Bestandsaufnahme, in: Schumann, Matthias (HG): Arbeitsbericht Nr.4/2003, Institut für Wirtschaftsinformatik, Georg-August-Universität Göttingen: Göttingen.
- Borsdorf, A. (2007): Geographisch denken und wissenschaftlich arbeiten, 2. Auflage, Springer: Berlin, Heidelberg.
- Bossel, H. (1992): Modellbildung und Simulation: Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme, Vieweg: Braunschweig, Wiesbaden.
- Brockner, J., Rubin, J. Z. (1985): Entrapment in escalating conflicts, Springer: New York.
- Brosius, F. (2011): SPSS 19, mitp: Heidelberg, München.
- Brown, I. T. J. (2002): Individual and technological factors affecting perceived ease of use of web-based learning technologies in a developing country, *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 9(1), pp. 1-15.
- Brown, L. A. (1975): The market and infrastructure context of adoption: A spatial perspective on the diffusion of innovation, *Economic Geography*, 51(3), pp. 185-216.
- Brühl, R. (2015): Wie Wissenschaft Wissen schafft: Wissenschaftstheorie für Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, UVK Verlagsgesellschaft: Konstanz, München.
- Bucklin, L. P., Sengupta, S. (1993): The co-diffusion of complementary innovations: Supermarket scanners and UPC symbols, *Journal of Product Innovation Management*, 10(2), pp. 148-160.
- Bulkeley, W. (1996). Picture-phone marketers target the home PC, *Wall Street Journal*, 27(Feb), B1, B9.
- Bungartz, H.-J., Zimmer, S., Buchholz, M., Pflüger, D. (2013): Modellbildung und Simulation: Eine anwendungsorientierte Einführung, Springer Spektrum: Berlin, Heidelberg.
- Burhop, C., Wolff, G. B. (2004): Datenwahl, Methodenwahl und ihre Bedeutung für die Konjunkturgeschichte, *VSWG: Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte*, 91(2), pp. 141-154.
- Burnham, T., Frels, J., Mahajan, V. (2003): Consumer switching costs: A typology, antecedents, and consequences, *Journal of the Academy of Marketing Science*, 31(2), pp. 109-126.
- Burt, R. S. (1987): Social contagion and innovation: Cohesion versus structural equivalence, *American Journal of Sociology*, 92(6), pp. 1287-1355.
- Burt, R. S. (1992): *Structural Holes*, Harvard University Press: Cambridge (MA).
- Burt, R. S. (1999): The social capital of opinion leaders, *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 566, pp. 37-54.
- Burt, R. S. (2004): Structural holes and good ideas, *American Journal of Sociology*, 110(2), pp. 349-399.
- Burt, R. S. (2007): Secondhand brokerage: Evidence on the importance of local structure for managers, bankers, and analysts, *Academy of Management Journal*, 50(1), pp. 119-148.
- Burt, R. S. (2015): Reinforced structural holes, *Social Networks*, 43, pp. 149-161.
- Camagni, R. (2017): Spatial diffusion of pervasive process innovation, in: Capello, R. (Ed.): *Seminal Studies in Regional and Urban Economics*, pp. 49-64, Springer: Cham.
- Camagni, R. P. (1985): Spatial diffusion of pervasive process innovation, *Papers of the Regional Science Association*, 58, pp. 83-95.

- Cameron, A. C., Trivedi, P. K. (2005): *Microeconometrics: Methods and Applications*, Cambridge University Press: New York.
- Cansier, A. (2005): *Spezialprobleme der internationalen Werbebudgetierung*, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Capello, R., Lenzi, C. (2014): Spatial heterogeneity in knowledge, innovation, and economic growth nexus: Conceptual reflections and empirical evidence, *Journal of Regional Science*, 54(2), pp. 186-214.
- Castilla, E. J., Hwang, H., Granovetter, E., Granovetter, M. S. (2000): *Social Networks in Silicon Valley*, Lee, C.-M., Miller, W. F., Hancock, M. G., Rowen, H. S. (Ed.): *The Silicon Valley Edge*, pp. 218-247, Stanford: Stanford University Press: Stanford.
- Centola, D. (2011): An experimental study of homophily in the adoption of health behavior, *Science*, 334(6060), pp. 1269-1272.
- Chakravarti, A., Xie, J. (2006): The impact of standards competition on consumers: Effectiveness of product information and advertising formats, *Journal of Marketing Research*, 43(2), pp. 224-236.
- Chandrasekaran, D., Tellis, G. J. (2007): A critical review of marketing research on diffusion of new products, in Naresh K. Malhotra (ed.) *Review of Marketing Research (Review of Marketing Research, Volume 3)*, Emerald Group Publishing Limited, pp. 39-80.
- Chang, S.-C. (2013): *The role of institutional entrepreneurship in standard wars: The case of Blu-ray Disc*, PhD thesis, University of London: Birkbeck.
- Chang, S.-C. W., Huang, H. (2016): Institutional logics, work, and outcomes: The case of Sony and Toshiba in the HD optical disc standard war, *Journal of High Technology Management Research*, 27(1), pp. 37-52.
- Chatters, L., Taylor, R. (2005): *Religion and the family*, Bengtson, V., Acock, A., Allen, K., Dilworth-Anderson, P., Klein, D. (Ed.): *Sourcebook of family theory and research*, pp. 517-530, Sage Publications: Thousand Oaks.
- Chiariglione, L. (1997): The challenge of multimedia standardization, *IEEE MultiMedia*, 4(2), pp. 79-83.
- Chiesa, V., Manzini, R., Toletti, G. (2002): Standard-setting processes: Evidence from two case studies, *R&D Management*, 32(5), pp. 431-450.
- Choi, J. P. (1997): Herd behavior, the "Penguin Effect," and the suppression of informational diffusion: An analysis of informational externalities and payoff interdependency, *The RAND Journal of Economics*, 28(3), pp. 407-425.
- Chou, C., Shy, O., (1990): Network effects without network externalities, *International Journal of Industrial Organization*, 8(2), pp. 259-270.
- Christ, J. P., Slowak, A. (2009): *Why Blu-Ray vs. HD-DVD is not VHS vs. Betamax: The Co-Evolution of Standard-Setting Consortia*, FZID Discussion Paper No. 05-2009. Available at: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1626224>
- Church, J., Gandal, N., Krause, D. (2008): Indirect network effects and adoption externalities, *Review of Network Economics*, 7(3), pp. 337-358.
- Cleff, T. (2011): *Deskriptive Statistik und moderne Datenanalyse: Eine computergestützte Einführung mit Excel, PASW (SPSS) und STATA*, 2. Auflage, Springer, Gabler: Wiesbaden.
- Clement, M. (2000): *Interaktives Fernsehen: Analyse und Prognose seiner Nutzung*, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Clement, R., Schreiber, D. (2010): *Internet-Ökonomie*, 1. Auflage, Physica: Heidelberg.
- Clement, R., Schreiber, D. (2016): *Internet-Ökonomie: Grundlagen und Fallbeispiele der vernetzten Wirtschaft*, 3. Auflage, Springer: Berlin, Heidelberg.
- Clements, M. T. (2004): Direct and indirect network effects: Are they equivalent?, *International Journal of Industrial Organization*, 22(5), pp. 633-645.
- Cogley, T., Nason, J. M. (1995): Effects of the Hodrick-Prescott filter on trend and difference stationary time series Implications for business cycle research, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 19(1-2), pp. 253-278.

- Cohen, J. (1977): Sources of peer group homogeneity, *Sociology of Education*, 50(4), pp. 227-241.
- Coleman, J. S., Katz, E., Menzel, H. (1966): *Medical innovation: A diffusion study*, Bobbs-Merill: Indianapolis.
- Collantes, G. O. (2007): Incorporating stakeholders' perspectives into models of new technology diffusion: The case of fuel-cell vehicles, *Technological Forecasting and Social Change*, 74(3), pp. 267-280.
- Colman, A. (2015): *Theory of reasoned action: A dictionary of psychology*, 4th Edition, Oxford University Press.
- Compaine, B., Cunningham, B. (2010): Standards, technology adoption, and ownership – but not all in one place, *Journal of Media Economics*, 23(4), pp. 187-191.
- Conner, M., Armitage, C. J. (1998): Extending the theory of planned behavior: A review and avenues for further research, *Journal of Applied Social Psychology*, 28(15), pp. 1429–1464.
- Cooke, P., Uranga, M. G., Etxebarria, G. (1997): Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions, *Research Policy*, 26(4-5), pp. 475-491.
- Cooper, R. G. (1979): The dimensions of industrial new product success and failure, *Journal of Marketing*, 43(3), pp. 93-103.
- Corts, K.S., Lederman, M. (2009): Software exclusivity and the scope of indirect network effects in the U.S. home video game market, *International Journal of Industrial Organization*, 27(2), pp. 121-136.
- Cozzarin, B. P., Lee, W., Koo, B. (2012): Sony's redemption: The Blu-rayvs. HD-DVD standards war, *Prometheus*, 30(4), pp. 377–394.
- Crawford, C. M. (1977): Marketing research and the new product failure rate, *Journal of Marketing*, 41(2), pp. 51-61.
- Crone, S. F. (2010): *Neuronale Netze zur Prognose und Disposition im Handel*, Gabler: Wiesbaden.
- Cusumano, M. A., Mylonadis, Y., Rosenbloom, R. S. (1992): Strategic Maneuvering and Mass-Market Dynamics: The Triumph of VHS over Beta, *The Business History Review*, 66(1), pp. 51-94.
- Dahlman, C., Ross-Larson, B., Westphal, L. (1985): *Managing technological development*, World Bank Staff Working Paper, No. 718, World Bank: Washington DC.
- Daidj, N., Grazia, C., Hammoudi, A. (2010): Introduction to the non-cooperative approach to coalition formation: The case of the Blu-Ray/HD-DVD standards' war, *Journal of Media Economics*, 23(4), pp. 192-2015.
- Dalla Valle, A., Furlan, C. (2011): Forecasting accuracy of wind power technology diffusion models across countries, *International Journal of Forecasting*, 27(2), pp. 592-601.
- Danaher P. J., Hardie, B. G. S., Putsis, W. P. (2001): Marketing-mix variables and the diffusion of successive generations of a technological innovation, *Journal of Marketing Research*, 38(4), pp. 501-514.
- Dao, V. T., Zmud, B. (2013): The influence of technology-related, market-related, and standards-related strategic signaling during a standards war, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 62(3), pp. 300-310.
- Dao, V. T., Zmud, B. (2015): The influence of technology-related, market-related, and standards-related strategic signaling during a standards war, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 62(3), pp. 300-310.
- Davelaar, E. J., Nijkamp, P. (1997): Spatial dispersion of technological innovation: A review, in: Betruglia, C. S., Lombardo, S., Nijkamp, P. (Ed.): *Innovative Behaviour in Space and Time*, 17-40, Springer: Berlin, Heidelberg.
- David, P. A. (1985): Clio and the Economics of QWERTY, *The American Economic Review*, 75(2), *Papers and Proceedings of the Ninety-Seventh Annual Meeting of the American Economic Association*, pp. 332-337.
- David, P. A., Greenstein, S. (1990): The economics of compatibility standards: An introduction to recent research, *Economics of Innovation and New Technology*, 1(1, 2), pp. 3-41.

- Davidson, R., MacKinnon, J. G. (2004): *Econometric theory and methods*, Oxford University Press: New York.
- Davis, F. (1989): Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS Quarterly*, 13(3), pp. 319-340.
- Davis, F. (1991): Agents without principles? The spread of the Poison Pill through the intercorporate network, *Administrative Science Quarterly*, 36(4), pp. 583-613.
- De Jong, R. M., Sakarya, N. (2016): The econometrics of the Hodrick-Prescott filter, *Review of Economics and Statistics*, 98(2), pp. 310-317.
- De la Fuente, A., Domenech, R. (2001): Schooling data, technological diffusion, and the neoclassical model, *American Economic Review*, 91(2), pp. 323-327.
- Dean, J. W. (1969): Pricing a new product, in: Taylor, B. und Willis, G. (Ed.): *Pricing Strategy*, pp. 534-540, London.
- Dean, J. W. (1987): Building the future: The justification process for new technology, in: Pennings, J. M., Buitendam, A. (Ed.): *New technology as organizational innovation: The development and diffusion of microelectronics: Symposium papers*, pp. 35-58, Mass: Ballinger: Cambridge (MA).
- Debus, C. (2002): *Routine und Innovation: Management langfristigen Wachstums etablierter Unternehmen*, Mafex, Band 4, Books on Demand: Norderstedt.
- Degen, H. (2010): Graphische Datenexploration, in: Wolf, C., Best, H. (Ed.): *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse*, pp. 91-116, VS Verlag: Wiesbaden.
- Delia, J. G. (1980): Some tentative thoughts concerning the study of interpersonal relationships and their development, *The Western Journal of Speech Communication*, 44(2), pp. 97-103.
- Dellarocas, C., Awad, N. F. Zhang, X. (2007): Exploring the value of online product reviews in forecasting sales: The case of motion pictures, *Journal of Interactive Marketing*, 21(4), pp. 23-45.
- Delre, S. A., Jager, W., Bijmolt, T. H. A., Janssen, M.A. (2010): Will it spread or not? The effects of social influences and network topology on innovation diffusion, *Journal of Product Innovation Management*, 27(2), pp. 267-282.
- Den Hartigh, E., Ortt, R., Van de Kaa, G., Stolwijk, C. (2009): Technology standards battles and networks during the technology life cycle: The battle between HD DVD and Blu-ray, *EMI Discussion Paper Series #2009-04*, Delft university of Technology.
- Devlin, A. (2009): Standard-setting and the failure of price competition, *New York University Annual Survey of American Law*, 65, pp. 217-267.
- Dewick, P., Green, K., Fleetwood, T., Miozzo, M. (2006): Modelling creative destruction: Technological diffusion and industrial structure change to 2050, *Technological Forecasting and Social Change*, 73(9), pp. 1084-1106.
- Di Benedetto, A. (2010): Diffusion of innovation, in: Narayanan, V. K., O'Connor, G. C. (Ed.): *Encyclopedia of Technology and Innovation Management*, pp. 113-116, John Wiley & Sons: Chippingham (UK).
- Dieckmann, A., Mitter, P. (1984): *Methoden zur Analyse von Zeitverläufen: Anwendung stochastischer Prozesse bei der Untersuchung von Ereignisdaten*, Teubner: Stuttgart.
- Diekmann, T., Hagenhoff, S. (2004): Eignung von Web Services für Embedded Devices in betrieblichen Anwendungssystemen, *Arbeitsbericht Nr. 7/2004*, Institut für Wirtschaftsinformatik, Georg-August-Universität Göttingen.
- Diller, H. (2008): *Preispolitik*, 4. Auflage, Kohlhammer: Stuttgart.
- DiMaggio, P., Garip, F. (2011): How network externalities can exacerbate intergroup inequality, *American Journal of Sociology*, 116(6), pp. 1887-1933.
- Döhrn, R. (2014): *Konjunkturdiagnose und -prognose: Eine anwendungsorientierte Durchführung*, Gabler: Berlin, Heidelberg.
- Doms, M., Lewis, E. (2006): The diffusion of personal computers across the U.S., 1990-2002, *Federal Reserve Bank of San Francisco, Working Paper # 2006-18*, pp. 1-3, <http://www.frbsf.org/economic-research/files/el2005-37.pdf> (Abruf: 22.12.2017).

- Downs, G. W. Jr., Mohr, L. B. (1976): Conceptual issues in the study of innovation, *Administrative Science Quarterly*, 21(4), pp. 700-714.
- Dranove, D. and Gandal, N. (2003): The Dvd-vs.-Divx Standard War: Empirical Evidence of Network Effects and Preannouncement Effects, *Journal of Economics & Management Strategy*, 12(3), pp. 363-386.
- Dreger, C., Kosfeld, R., Eckey, H.-F. (2014): *Ökonometrie: Grundlagen - Methoden - Beispiele*, 5. Auflage, Springer: Wiesbaden.
- Dressler, M., Telle, G. (2009): *Meinungsführer in der interdisziplinären Forschung: Bestandsaufnahme und kritische Würdigung*, Gabler: Wiesbaden.
- Duan, W., Gu, B., Whnston, A. B. (2008): Do online reviews matter? - An empirical investigation of panel data, *Decision Support Systems*, 45(4), pp. 1007-1016.
- Dubé, J.-P. H., Hitsch, G. J., Chintagunta, P. K. (2010): Tipping and concentration in markets with indirect network effects, *Marketing Science*, 29(2), pp. 216-249.
- Duczynski, P. (2003): Convergence in a model with technological diffusion and capital mobility, *Economic Modelling*, 20(4), pp. 729-740.
- Duque-Antón, M. (2002): *Mobilfunknetze: Grundlagen, Dienste und Protokolle*, Vieweg Praxiswissen, Springer: Wiesbaden.
- Durbin, J., Watson, G. S. (1950): Testing for serial correlation in least squares regression I, *Biometrika*, 37(3-4), pp. 409-428.
- Durbin, J., Watson, G. S. (1951): Testing for serial correlation in least squares regression II, *Biometrika*, 38(1-2), pp. 159-178.
- Dyer, W. G., Page, R. A. (1988): The politics of innovation, *Knowledge in Society: an International Journal of Knowledge Transfer*, 1(3), pp. 23-41.
- Easingwood, C. (1987): Early product lifecycle forms for interrequently purchased major products, *International Journal of Research in Marketing*, 4(1), pp. 3-9.
- Easingwood, C., Mahajan, V., Muller, E. (1983): A non-uniform influence innovation diffusion model of new product acceptance, *Marketing Science*, 2(3), pp. 273-295.
- Easterling, W., Chhetri, N., Niu, X. (2003): Improving the realism of modeling agronomic adaptation to climate change: Simulating technological substitution, in: Mearns, L. O. (Ed.): *Issues in the Impacts of Climate Variability and Change on Agriculture: Applications to the southeastern United States*, pp. 149-173, Springer Science+Business Media B.V.: Dordrecht.
- Ebermann, J. (2017): *Informationsdiffusion in sozialen Median: Einflussfaktoren und deren Wechselwirkungen am Beispiel von Twitter*, Halem: Köln.
- Eckhoff, A. (2001): *Einführung innovativer Systemgeschäfte: Eine empirische Untersuchung telematikunterstützter Mobilitätsdienste*, Gabler: Wiesbaden.
- Economides, N. (1996): The economics of networks, *International Journal of Industrial Organization*, 14(6), pp. 673-699.
- Edling, H. (2008): *Volkswirtschaftslehre: Schnell erfasst*, 2. Auflage, Springer: Wiesbaden.
- Eggert, W. (2003): *Nachfragemodellierung und -prognose zur Unterstützung der langfristigen Absatzplanung am Beispiel der deutschen Automobilindustrie*, Dissertation an der Universität Fridericiana zu Karlsruhe.
- Egyedi, T. M. (2014): The impact of competing standards: On innovation and interoperability for E-government, *PIK - Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, 37(3), pp. 211-215.
- Ehrhardt, M. (2001): *Netzwerkeffekte, Standardisierung und Wettbewerbsstrategie*, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Eichner, M., Kretzschmar, M. (2003): Mathematische Modelle in der Infektionsepidemiologie, in: Krämer, A. Reintjes, R. (Ed.): *Infektionsepidemiologie*, pp. 81-93, Springer: Berlin, Heidelberg.
- Einhorn, H. J. (1976): A Synthesis: Accounting and behavioral science, *Journal of Accounting Research*, 14, pp. 196-206.

- Eisel, U. (1980): Individualität als Einheit der konkreten Natur: Das Kulturkonzept der Geographie, in: Glaeser, B., Teherani-Krönner, P. (Ed.): *Humanökologie und Kulturökologie: Grundlagen, Ansätze, Praxis*, pp. 107-151, Westdeutscher Verlag: Opladen.
- Eliashberg, J., Tapiero, C. S., Wind, Y. (1985): *New Products Diffusion Models with Stochastic Parameters*, Working paper, The University of Pennsylvania.
- Eliashberg, J., Chatterjee, R. (1986): Stochastic issues in innovation diffusion models, in: Mahajan, V., Wind, Y. (Ed.): *Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance*, Ballinger: Cambridge (MA).
- Eliashberg, J., Tapiero, C. S., Wind, Y. (1987): *Innovation diffusion models with stochastic parameters: Forecasting and planning implications*, Working Paper No. 87-003, Wharton School, University of Pennsylvania.
- Engelhardt, H. (2002): *Zur Dynamik von Eheschließungen: Theoretische und empirische Analysen*, Duncker & Humblot: Berlin.
- Erdős, P., Rényi, A. (1959): On random graphs I, *Publicationes Mathematicae*, 6(Debrecen), pp. 290-297.
- Erickson, B. H., Kringas, P. (1975): Small world of politics, or seeking elites from the bottom up, *Canadian Research Sociology Quarterly*, 12(4), pp. 585-593.
- Erumban, A.A., de Jong, S. B. (2006): Cross-country differences in ICT adoption: A consequence of Culture? *Journal of World Business*, 41(4), pp. 302-314.
- Fantapié Altobelli, C. (1991): *Die Diffusion neuer Kombinationstechniken in der Bundesrepublik Deutschland – Erklärung, Prognose und marketingpolitische Implikationen*, Physica: Heidelberg.
- Farrell, J., Klemperer, P. (2007): Coordination and lock-in: Competition with switching costs and network effects, in: Armstrong, M., Porter, R. H. (Ed.): *Handbook of Industrial Organization*, Vol. 3, pp. 1967-2072, North-Holland: Amsterdam. Farrell, J., Saloner, G. (1985): Standardization, compatibility, and innovation, *The RAND Journal of Economics*, 16(1), pp. 70-83.
- Farrell, J., Saloner, G. (1986): Installed Base and Compatibility: Innovation, Product Preannouncement, and Predation, *American Economic Review*, 76(5), pp. 940-955.
- Farrell, J., Saloner, G. (1987): Competition, Compatibility and Standards: The Economics of Horses, Penguins, and Lemmings, in: Gabel, H. L. (Ed.): *Product Standardization and Competitive Strategy*, pp. 1-21, North-Holland: Amsterdam.
- Feder, G., Savastano, S. (2006): The role of opinion leaders in the diffusion of new knowledge: The case of integrated pest management, *World Development*, 34(7), pp. 1287-1300.
- Feindt, M., Kerzel, U. (2015): *Prognosen bewerten: Statistische Grundlagen und praktische Tipps*, Springer: Berlin, Heidelberg.
- Felten, C. (2001): *Adoption und Diffusion von Innovationen: Ein mikroökonomisches Modell*, Springer Fachmedien: Wiesbaden.
- Feng, P. (2006): Shaping technical standards: Where are the users? in: Guston, D. H., Sarewitz, D. (Ed.): *Shaping Science and Technology Policy: The Next Generation of Research*, pp. 199-216, The University of Wisconsin Press: Madison (WI).
- Fernández-Durán, J. J. (2014): Modeling seasonal effects in the Bass Forecasting Diffusion Model, *Technological Forecasting and Social Change*, 88, pp. 251-264.
- Festinger, L. (1962): *A theory of cognitive dissonance*, Stanford University Press: Stanford.
- Fink, A., Siebe, A. (2011): *Handbuch Zukunftsmanagement: Werkzeuge der strategischen Planung und Früherkennung*, 2. Auflage, Campus Verlag, Frankfurt am Main, New York.
- Fischer, H. (2013): *E-Learning im Lehralltag: Analyse der Adoption von E-Learning-Innovationen in der Hochschule*, Springer VS: Wiesbaden.
- Fisher, R. J., Price, L. L. (1992): An investigation into the social context of early adoption behavior, *Journal of Consumer Research*, 19(3), pp. 477-486.
- Flamm, K. (2013): *A tale of two standards: Patent pools and innovation in the optical disk drive industry*, NBER Working Paper Series, No. 18931, Cambridge (MA).

- Fliedner, D. (1993): Sozialgeographie, de Gruyter: Berlin, New York.
- Floyd, A. (1962): Trend forecasting: A methodology for figure of merit, in: Bright, J. (Ed.): Technological Forecasting for industry and Government: Methods and Applications, pp. 95-105, Prentice-Hall: Englewood Cliffs, New York.
- Fokas, N. (2007): Growth functions, social diffusion, and social change, *Review of Sociology*, 13(1), pp. 5-30.
- Fontana, R. (2008): Competing technologies and market dominance: Standard battles in the Local Area Networking industry, *Industrial Corporate Change*, 17(6), pp. 1205-1238.
- Foster, A., Rosenzweig, M. (1995): Learning by doing and learning from others: Human capital and technological change in agriculture, *Journal of Political Economy*, 103(6), pp. 1176-1209.
- Fourt, L., Woodlock, J. (1960): Early prediction of market success of new grocery products, *Journal of Marketing*, 25(2), pp. 31-38.
- Fräßdorf, H. (2009): Rechtsfragen des Zusammentreffens gewerblicher Schutzrechte, technischer Standards und technischer Standardisierung, Gabler: Wiesbaden.
- Freemann, C., Perez, C. (1988): Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour, in: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L. (Ed.): *Technical Change and Economic Theory*, pp. 38-66, Pinter Publishers: London.
- Friemel, T. (2010): Diffusionsforschung, in: Stegbauer, C., Häussling, R. (Ed.): *Handbuch Netzwerkforschung*, pp. 825-833, Springer VS: Wiesbaden.
- Friend, G., Zehle, S. (2009): *Guide to business planning*, The Economist: London.
- Friestad, M., Wright, P. (1994): The persuasion knowledge model: How people cope with persuasion attempts, *Journal of Consumer Research*, 21(1), pp. 1-31.
- Frisby, D. (1994): Georg Simmel: First sociologist of modernity, in: Frisby, D. (Ed.): *Georg Simmel: Critical Assessments, Volume 2*, pp. 325-349, Routledge: London, New York.
- Fuhse, J. (2009): Die kommunikative Konstruktion von Akteuren in Netzwerken, *Soziale Systeme*, 15(2), pp. 288-316.
- Fuhse, J. (2011): Kommunikation und Handeln in Netzwerken, in: *Netzwerke, Systemtheorie und Soziale Arbeit - Journal der dgssa*, 2(2+3), pp. 25-39.
- Funke, H., Schroer, M. (1998): Kann Kultur denn Sünde sein? Zu den Idiosynkrasien der Sozialstrukturanalyse, in: Düllo, T., Berthold, C., Greis, J., Wiechens, P. (Ed.): *Einführung in die Kulturwissenschaft*, pp. 94-125, Lit: MÜNster.
- Gabersek, E. (1990): Die Adoption investitionsgebundener Innovationen in der Landwirtschaft – empirische Analyse der Einflüsse auf eine Innovationsentscheidung, Dissertation, Christian-Albrechts-Universität: Kiel.
- Gallagher, S. R. (2012): The battle of the blue laser DVDs: The significance of corporate strategy in standard battles, *Technovation*, 32(2), pp. 90-98.
- Gallaugh, J. M., Wang, Y.-M. (2002): Understanding network effects in software markets: Evidence from web server pricing, *Management Information Systems Quarterly*, 26(4), pp. 303-327.
- Gandal, N. (2002): Compatibility, standardization, and network effects: Some policy implications, *Oxford Review of Economic Policy*, 18(1), pp. 80-91.
- Ganesh, J., Kumar, V., Subramaniam, V. (1997): Learning effect in multinational diffusion of consumer durables: An exploratory investigation, *Journal of the Academy of Marketing Science*, 25(3), pp. 214-228.
- Gatignon, H., Eliashberg, J., Robertson, T. S. (1989): Modeling multinational diffusion patterns: An efficient methodology, *Marketing Science*, 8(3), pp. 231-247.
- Gatignon, H., Gotteland, D., Haon, C. (2016): *Making innovation last: Volume 2: Sustainable strategies for long term growth*, Palgrave Macmillan: Basingstocke (UK).
- Gatignon, H., Robertson, T. S. (1985): A propositional inventory for new diffusion research, *Journal of Consumer Research*, 11(4), pp. 849-867.

- Gatignon, H., Robertson, T. S. (1991): Diffusion of innovation, in: Kassarijan, H. H., Robertson, T. S. (Ed.): Handbook of Consumer Theory and Research, pp. 316-348, Prentice Hall: Englewood Cliffs, New York.
- Gauch, S. (2008), Dynamics and Effects of Competing Standards of Recordable DVD-Media, in: T. M. Egyedi and K. Blind (Eds.): The Dynamics of Standards, Edward Elgar, pp. 47-67, Cheltenham: Northampton.
- Gebhardt, H., Glaser, R., Radtke, U., Reuber, P. (2007): Das Drei-Säulen-Modell der Geographie, in: Gebhardt, H., Glaser, R., Radtke, U., Reuber, P. (Ed.): Geographie: Physische Geographie und Humangeographie, pp. 64-75, Spektrum: Heidelberg.
- Gehrke, N., Seidenfaden, L., Borchert, J. (2010): Small Worlds – Relevant für die Wirtschaftswissenschaften?, *DBW*, 70(2), pp. 189-195.
- Geraldi, B., Maylor, H., Williams, T. (2011): Now, let's make it really complex (complicated) A systematic review of the complexities of projects, *International Journal of Operations Management*, 31(9), pp. 966-990.
- Geroski, P. A. (2000): Models of technology diffusion, *Research Policy*, 29(4-5), pp. 603-625.
- Ghezzi, A., Rangone, A., Balocco, R. (2013): Technology diffusion theory revisited: A regulation, environment, strategy, technology model for technology activation analysis of mobile ICT, *Technology Analysis & Strategic Management*, 25(10), pp. 1223-1249.
- Ghisletta, P., Cantoni, E., Jacot, N. (2015): Nonlinear growth curve models, in: Stemmler, M., von Eye, A., Wiedermann, W. (Ed.): *Dependent Data in Social Sciences Research: Forms, Issues, and Methods of Analysis*, pp. 47-66, Springer Science+ Business Media: Cham, Heidelberg.
- Gigerenzer, G. (2002): The adaptive Toolbox, in: Gigerenzer, G., Selten, R. (Ed.): *Bounded rationality: The adaptive toolbox*, pp. 37-50, MIT Press: Cambridge (MA).
- Giovanis, A. N. Skiadas, C. H. (1999): A stochastic logistic innovation diffusion model studying the electricity consumption in Greece and USA, *Technological Forecasting and Social Change*, 61(3), pp. 235-246.
- Gluesing, J. C. (2012): Diffusion of innovations, in: Bainbridge, W. S. (Ed.): *Leadership in Science and Technology: A Reference Handbook*, pp. 123-131, Sage: Los Angeles, London.
- Gnibba, K. (2006): *Modellgestützte Absatzprognosen auf High-Tech-Märkten: Eine theoretische und empirische Untersuchung*, Dissertation, Universität Bielefeld.
- Godin, B. (2017): *Models of innovation: The history of an idea*, The MIT Press: Cambridge (MA).
- Goldenberg, J., Han, S., Lehmann, D. R., Hong, J. W. (2009): The role of hubs in the adoption process, *Journal of Marketing*, 73(2), pp. 1-13.
- Golder, P. N., Tellis, G. J. (1997): Will it ever fly? Modeling the takeoff of really new consumer durables, *Marketing Science*, 16(3), pp. 256-270.
- Gollub, J. P., Baker, G. L. (1996): *Chaotic dynamics: An introduction*, 2. Edition, Cambridge University Press.
- Gomes, L. (1998): It sounded so good... The history of consumer electronics is littered with failure, *Wall Street Journal*, June 15, R22.
- Gopalakrishnan, S., Damanpour, F. (1997): A review of innovation research in economics, sociology and technology management, *Omega*, *International Journal of Management Science*, 25(1), pp. 15-28.
- Gould, P.R. (1969): Spatial diffusion, *Association of American Geographers*, Resource Paper No. 4, Washington, D.C.
- Goyal, S., van der Leij, M. J., Moraga-González, J.L. (2006): Economics: An emerging small world, *Journal of Political Economy*, 114(2), pp. 403-412.
- Granovetter, M. S. (1973): The strength of weak ties, *American Journal of Sociology*, 78(6), pp. 1360-1380.
- Granovetter, M. S. (1974): *Getting a job: A study of contacts and carriers*, Harvard University Press: Cambridge (MA).

- Granovetter, M. S. (1985): Economic action and social structure: The problem of embeddedness, *American Journal of Sociology*, 91(3), pp. 481-510.
- Granovetter, M. S. (1992): Economic action and social structure: The problem of embeddedness, in: Granovetter, M. S., Swedberg, R. (Ed.): *The Sociology of Economic Life*, pp. 53-81, Westview Press: Boulder.
- Grathwohl, M. (2015): *Kartellrechtliche Bewertung von Standardisierungsstrategien: Zur Rechtskonformität einer Roaming- und Clearing-Stelle für Elektrofahrzeuge*, Springer, Gabler: Wiesbaden.
- Greenstein, S. M. (1992): Invisible hands and visible advisors: An economic interpretation of standardization, *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 43(8), pp. 538-549.
- Griliches, Z. (1957): Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change, *Econometrica*, 25(4), pp. 501-522.
- Grunner, K. (1996): *Beschleunigung von Marktprozessen – Modellgestützte Analyse von Einflußfaktoren und Auswirkungen*, Gabler: Wiesbaden.
- Guo, X. (2014): A novel Bass-type model for product life cycle quantification using aggregate market data, *International Journal of Production Economics*, 158, pp. 208-216.
- Gupta, S., Jain, D. C., Sawhney, M. S. (1999): Modeling the evolution of markets with indirect network externalities: An application to digital television, *Marketing Science*, 18(3), pp. 396-416.
- Hackl, P. (2005): *Einführung in die Ökonometrie*, Pearson: München, Boston.
- Hägerstrand, T. (1952): The propagation of innovation waves, *Lund Studies in Human Geography*, No. 4, Lund.
- Hägerstrand, T. (1967): *Innovation diffusion as a spatial process*, University of Chicago Press: Chicago.
- Hahn, K. (2013): Heterogene Akteure als Innovationspartner: Zur Strukturierung von Handeln in industriellen Innovationsprojekten, in: Hilf, E., Hirsch-Kreinsen, H., Hitzler, R., Howaldt, J., Naeyele, G., Reichert, M. (Ed.): *Dortmunder Beiträge zur Sozialforschung*, Springer VS: Wiesbaden.
- Hahn, T. (2004): *Gesellschaftliches Engagement von Unternehmen: Reziproke Stakeholder, ökonomische Anreize, strategische Gestaltungsoptionen*, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Hall, B. H. (2005): Innovation and Diffusion, in: Fagerberg, J., Mowery, D. C., Nelson, R. R. (Ed.): *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, 2005, pp. 459-484.
- Hamelink, C. J. (1995): *The politics of world communication*, SAGE Publications: London.
- Harms, A.-K. (2002): *Adoption technologiebasierter Self-Service-Innovationen – Analyse und Wirkmechanismen im Entscheidungsprozess der Konsumenten*, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Hauschildt, J., Salomo, S. (2007): *Innovationsmanagement*, Franz Vahlen: München.
- Hauser, J., Tellis, G. J., Griffin, A. (2006): Research on innovation: A review and agenda for 'Marketing Science', *Marketing Science*, 25(6), pp. 687-717.
- Hayashi, Y. (2006): A review of recent studies of geographical scale-free networks, *Information Processing Society of Japan Journal*, 47(3), pp. 776-785.
- Healey, J., Moe, W.W. (2016): The effects of installed base innovativeness and recency on content sales in a platform-mediated market, *International Journal of Research in Marketing*, 33(2), pp. 246-260.
- Heeler, R. M., Hustad, T. P. (1980): Problems in predicting new product growth for consumer durables; *Management Science*, 26(10), pp. 1007-1020.
- Henecka, H. P. (2000): *Grundkurs Soziologie*, 7. Auflage, Springer: Wiesbaden.
- Hensel, M., Wirsam, J. (2008): *Diffusion von Innovationen: Das Beispiel Voice over IP*, Gabler: Wiesbaden.
- Herold, J., Völker, L. (2011): *Zufall und Notwendigkeit - Mathematische Untersuchungen zur Modellierung der Diffusion von Innovationen*, IUBH Duales Studium, Arbeitspapier Nr. 6, pp. 1-15.

- Hertel, M. (2014): Adoption energieeffizienter Techniken in KMU: Das Management im Fokus einer empirischen Untersuchung, Springer, Gabler: Wiesbaden.
- Hess, T., Matt, C. (2013): The internet and the value chains of the media industry, in: Diehl, S., Kar-masin, M. (Ed.): Media and Convergence Management, pp. 37-56, Springer: Berlin, Heidelberg.
- Hesse, H.-W. (1987): Kommunikation und Diffusion von Produktinnovationen im Konsumgüterbereich, Duncker & Humblot: Berlin.
- Hethcote, H. W. (2000): The mathematics of infectious diseases, *Society for Industrial and Applied Mathematics*, 42, pp. 599-653.
- Higgins, A., Paevere, P., Gardner, J., Quezada, G. (2012): Combining choice modelling and multi-criteria analysis for technology diffusion: An application to the uptake of electric vehicles, *Technological Forecasting and Social Change*, 79(8), pp. 1399-1412.
- Hilbert, M. (2010): When is cheap, cheap enough to bridge the digital divide? Modeling income related structural challenges of technology diffusion in Latin America, *World Development*, 38(5), pp. 756-770.
- Hill, C. W. L. (1997): Establishing a standard: Competitive strategy and technological standards in winner-take-all industries, *The Academy of Management Executive*, 11(2), pp. 7-25.
- Ho, T.-H., Savin, S., Terwiesch, C. (2002): Managing demand and sales dynamics in new product diffusion under supply constraint, *Management Science*, 48(2), pp. 187-206.
- Hodgson, G. M. (1993): Economics and evolution: Bringing life back into economics, University of Michigan Press: Cambridge (MA).
- Hodrick, R., Prescott, E. C. (1997): Postwar U.S. business cycles: An empirical investigation, *Journal of Money, Credit, and Banking*, 29(1), pp. 1-16.
- Hofbauer, G. (2004): Erfolgsfaktoren bei der Einführung von Innovationen, Working Paper, 3, Ingolstadt.
- Hofbauer, G. (2005): Alpha-Kommunikatoren und die Diffusion von Innovationen, Working Paper, 10, Ingolstadt.
- Hofbauer, G., Körner, R., Nikolaus, U., Poost, A. (2009): Marketing von Innovationen: Strategien und Mechanismen zur Durchsetzung von Innovationen, Kohlhammer: Stuttgart.
- Höflich, J. R. (2016): Der Mensch und seine Medien: Mediatisierte interpersonale Kommunikation. Eine Einführung, Springer: Wiesbaden.
- Holzer, B. (2009): Netzwerktheorie, in: Kneer, G., Schroer, M. (Ed.): Handbuch soziologischer Theorien, pp. 253-276, Springer VS: Wiesbaden.
- Holzer, B., Fuhse, J. (2010): Netzwerke aus systemtheoretischer Perspektive, in: Stegbauer, C., Häußling, R. (Ed.): Handbuch Netzwerkforschung, Springer VS: Wiesbaden, pp. 313-323.
- Holzer, B., Schmidt, F. K. (2009): Theorie der Netzwerke oder Netzwerk-Theorie? *Soziale Systeme*, 15(2), pp. 227-242.
- Hoppe, B. M., Heinze, T. (2016): Einführung in das Kulturmanagement: Themen – Kooperationen – Gesellschaftliche Bezüge, Springer: Wiesbaden.
- Horsky, D. (1990): A diffusion model incorporating product benefits, price, income and information, *Marketing Science*, 9(4), pp. 342-385.
- Horsky, D., Simon, L. S. (1983): Advertising and the diffusions of new products, *Management Science*, 2(1), pp. 1-17.
- Hotz-Hart, B., Rohner, A. (2014): Nationen im Innovationswettbewerb: Ökonomie und Politik der Innovation, Springer: Wiesbaden.
- Huber, J. (2001): Allgemeine Umweltsoziologie, Westdeutscher Verlag: Wiesbaden.
- Huber, J. (2004): New Technologies and Environmental Innovation, Edward Elgar: Cheltenham.
- Hubertus, B. (2015): Simmels Philosophie der Mode: Altmodisch oder aktuell? *Zeitschrift für Kulturphilosophie*, 2015(1-2), pp. 223-239.

- Hübner, G., Georg, F. (2001): Für Solarenergie – Konsumenten und Umweltpsychologie strategisch anwenden, Asanger Verlag: Cheltenham.
- Hyndman, R. J., Koehler, A. B. (2001): Another look at measures of forecast accuracy, *International Journal of Forecasting*, 22(4), pp. 679-688.
- Ibarra, H. (1993): Personal Networks of Women and Minorities in Management: A Conceptual Framework, *The Academy of Management Review*, 18(1): 56-87.
- Ihde, O. B. (1996): Internationale Diffusion von Mobilfunk: Erklärung und Prognose länderspezifischer Effekte, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Irwin, A., Klenow, P. J. (1994): Learning by doing spillovers in the semiconductor industry, *Journal of Political Economy*, 102(6), pp. 1200-1227.
- Islam, T., Meade, N. (1997): The diffusion of successive generations of a technology: A more general model, *Technological Forecasting and Social Change*, 56(1), pp. 49-60.
- Jaakkola, H. (1996): Comparison and analysis of diffusion models, in: Kautz, K., Pries-Heje, J. (Ed.): *Diffusion and Adoption of Information Technology*, Proceedings of the first IFIP WG 8.6 working conference on the diffusion and adoption of information technology (Oslo), pp. 65-82, Springer Science+Media: Dordrecht.
- Jacob, F. (2009): *Marketing*, Kohlhammer: Stuttgart.
- Jacobsen, H. K. (2000): Technology diffusion in energy-economy models: The case of Danish vintage models, *Energy Journal*, 21(1), pp. 43-71.
- Jacobsson, S., Lauber, V. (2006): The politics and policy of energy system transformation - explaining the German diffusion of renewable energy technology, *Energy Policy*, 34(3), pp. 256-276.
- Jain, D., Mahajan, V., Muller, E. (1991): Innovation diffusion in the presence of supply restrictions, *Marketing Science*, 10(1), pp. 83-90.
- Jain, D., Rao, R. C. (1990): Effect of price on the demand of durables: Modelling, estimation and findings, *Journal of Business & Economic Statistics*, 8(2), pp. 163-170.
- Jakobs, K. (2013): Why then did the X.400 e-mail standard fail? Reasons and lessons to be learned, *Journal of Information Technology*, 28(1), pp. 63-73.
- Jansen, D. (2003): *Einführung in die Netzwerkanalyse: Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele*, 2. Auflage, Springer VS: Wiesbaden.
- Jansen, D., Diaz-Bone, R. (2014): Netzwerkstruktur als soziales Kapital, in: Weyer, J. (Ed.): *Soziale Netzwerke: Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung*, 3. Auflage, pp. 71-104, De Gruyter Oldenbourg: München.
- Janssen, M. A., Jager, W. (2003): Simulating market dynamics: Interactions between consumer psychology and social networks, *Artificial Life* 9(4), pp. 343-356.
- Jenkins, M., Liu, P., Matzkin, R., McFadden, D. L. (2004): The browser war - Econometric analysis of Markov equilibrium in Markets with network effects, Working Paper (Daniel L. McFadden), University of California: Berkley.
- Jensen, R. (1982): Adoption and diffusion of an innovation of uncertain profitability, *Journal of Economic Theory*, 27(1), pp. 182-93.
- Jeuland, A. P. (1981): Parsimonious models of diffusion of innovation: Derivations and comparisons, Working Paper, Graduate School of Business: University of Chicago.
- Jha, P.C., Gupta, A., Kapur, P.K. (2008): Bass model revised, *Journal of Statistics & Management Systems*, 11(3), pp. 413-437.
- Jiang, Z., Jain, D. C. (2012): A generalized Norton-Bass Model for multigeneration diffusion, *Management Science*, 58(10), pp. 1887-1897.
- Jin, W. (2015): Can China harness globalization to reap domestic carbon savings? Modeling international technology diffusion in a multi-region framework, *China Economic Review*, 34, pp. 64-82.
- Jonas, F. (1981): *Geschichte der Soziologie 2: Von der Jahrhundertwende bis zur Gegenwart: Mit Quellentexten*, 2. Auflage, Springer Fachmedien: Wiesbaden.

- Jones, M., Ritz, C. J. (1991): Incorporating distribution into new products diffusion models, *International Journal of Research in Marketing*, 8(2), pp 91-112.
- Jukić, D. (2011): Total least squares fitting Bass diffusion model, *Mathematical and Computer Modelling*, 53(9), pp. 1756-1770.
- Kaas, K. P. (1973): *Diffusion und Marketing: Das Konsumentenverhalten bei der Einführung neuer Produkte*, Betriebswirtschaftliche Abhandlungen, Band 26, Poeschel: Stuttgart.
- Kahan, M., Klausner, M. (1997): Standardization and innovation in corporate contracting (Or "The Economics of Boilerplate"), *Virginia Law Review*, 83(4), pp. 713-770.
- Kahneman, D., Tversky, A. (1979): Prospect Theory: An analysis of decision under risk, *Econometrica*, 47(2), pp. 263-292.
- Kalish, S. (1985): A new product adoption model with pricing, advertising and uncertainty, *Management Science*, 31(12), pp. 1569-1585.
- Kalish, S., Lilien, G. L. (1986): A Market Entry Timing Model for New Technologies, *Management Science*, 32(2), pp. 194-205.
- Kamakura, W., Balasubramanian, S. K. (1988): Long-term view of the diffusion of durables: A study of the role of price and adoption influence processes via tests of nested models, *International Journal of Research in Marketing*, 5(1), pp. 1-13.
- Kappelhoff, P. (2004): Chaos- und Komplexitätstheorie, in: Schreyögg, G., v. Werder, A. (Ed.): *Handwörterbuch Unternehmensführung und Organisation*, pp. 123-131, Schaeffer-Poeschel: Stuttgart.
- Kapur, S. (1995): Technological diffusion with social learning, *Journal of Industrial Economics*, 43(2), pp. 173-195.
- Karahanna, E., Straub, D. W., Chervany, N. L. (1999): Information technology adoption across time: A cross-sectional comparison of pre-adoption and post-adoption beliefs, *MIS Quarterly*, 23(2), pp. 183-213.
- Karmeshu, Pathria, R. K. (1980): Stochastic evolution of a nonlinear model of diffusion of information, *Journal of Mathematical Sociology* 7(1), pp. 59-71.
- Karnowski, V. (2013): Diffusionstheorie, in: Schweiger, W., Fahr, A. (Ed.): *Handbuch Medienwirkforschung*, pp. 513-528, Springer: Wiesbaden.
- Karpfinger, C. (2017): *Höhere Mathematik in Rezepten: Begriffe, Sätze und zahlreiche Beispiele in kurzen Lerneinheiten*, 3. Auflage, Springer Spektrum: Wiesbaden.
- Karshenas, M., Stoneman, P. (1992): A flexible model of technological diffusion incorporating economic factors with an application to the spread of color television ownership in the UK, *Journal of Forecasting*, 11(7), pp. 577-601.
- Katz, E. (1957): The two step flow of communication: An up-to-date report on an hypothesis, *Public Opinion Quarterly*, 21(1), pp. 61-78.
- Katz, E. (1961): The Social Itinerary of Social Change: Two Studies on the Diffusion of Innovation, in: Schramm, W. (ed.): *Studies of Innovation and of Communication to the Public*, pp. 70-82, Stanford University, Institute for Communication Research and Human Organization: Stanford.
- Katz, E. (1999): Theorizing diffusion: Tarde and Sorokin revisited, *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 566(1), pp. 144-155.
- Katz, E., Lazarsfeld, P. F. (1957): *Personal influence*, Free Press: New York.
- Katz, M. L., Shapiro, C. (1985): Network Externalities, Competition, and Compatibility, *The American Economic Review*, 75(3), pp. 424-440.
- Katz, M. L., Shapiro, C. (1992): Product introduction with network externalities, *Journal of Industrial Economics*, 40(1), pp. 55-83.
- Katz, M. L., Shapiro, C. (1994): System Competition and Network Effects, *Journal of Economic Perspectives*, 8(2), pp. 93-115.
- Katzman, G. L. (2003): CD/DVD technology, *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*, 24(6), pp. 410-419.
- Keil, T. (2002): De-facto standardization through alliances – lessons from Bluetooth, *Telecommunication Policy*, 26(3-4), pp. 205-213.

- Kellert, S. H. (1993): *In the wake of chaos: Unpredictable order in dynamical systems*, University of Chicago Press.
- Kelley, M.R., Helper, S. (1999): Firm size and capabilities, regional agglomeration, and the adoption of new technology, *Economics of Innovation and New Technology*, 8(1-2), pp. 79-103.
- Kennedy, P. (2003): *A guide to econometrics*, MIT Press: Cambridge (MA).
- Kermack, W. O., McKendrick, A. G. (1927): A contribution to the mathematical theory of epidemics, *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 115(772), pp. 700-721.
- Ketzler, R., Zimmermann, K. F. (2013): A citation-analysis of economic research institutes, *Scientometrics*, 95(3), pp. 1095-1112.
- Kim, E. (2004): Market competition and cultural tensions between Hollywood and the Korean film industry, *International Journal of Media Management*, 6(3-4), pp. 207-216.
- Kim, N., Chang, D. R., Shocker, A. D. (2000): Modeling inter-category and generational dynamics for a growing information technology industry, *Management Science*, 46(4), pp. 496-512.
- Kinnunen, J. (1996): Gabriel Tarde as a founding father of innovation diffusion research, *Acta Sociologica*, 39(4), pp. 431-442.
- Kirchhoff, S. (2015): Zur Diffusion von Innovationen und den Herausforderungen bei der Einführung neuer Online-Kommunikationsangebot, in: Kirchhoff, S. (Ed.): *Online-Kommunikation im Social Web: Mythen, Theorien und Praxisbeispiele*, pp. 89-134, Verlag Barbara Budrich: Opladen, Berlin, Toronto.
- Kleinaltenkamp, M. (1993): *Standardisierung und Marktprozess: Entwicklungen und Auswirkungen im CIM-Bereich*, Springer: Wiesbaden.
- Kleinfeld, J. (2002): *Six degrees: Urban myth?*, Psychology Today, Sussex Publishers, LLC.
- Klöcker, I. (1981): *Produktgestaltung: Aufgabe - Kriterien - Ausführung*, Springer: Berlin, Heidelberg.
- Klov Dahl, A. S. (1989): Urban social networks: Some methodological problems and possibilities, in: Kochen, M. (Ed.): *The Small World*, pp. 176-210, Ablex: Norwood (NJ).
- Knoke, D., Kuklinski, J. H. (1982): *Network analysis*, Sage Publications: Beverly Hills.
- Knorr, H. (1993): *Ökonomische Probleme von Kompatibilitätsstandards*, Nomos-Verlag: Baden-Baden.
- Kogut, B., Walker, G. (2001): The small world of Germany and the durability of national networks, *American Sociological Review*, 66(3), pp. 317-335.
- Kollmorgen, W. M. (1941): The German-Swiss in Franklin County, Tennessee: A study of the significance of cultural considerations in farming enterprise, *B. A. E. Mimeo Bulletin*: Washington D.C.
- Köppl, P. (1998): Lobbying als strategisches Interessenmanagement, in: Scheff, J., Gutschelhofer, A. (Ed.): *Lobby Management: Chancen und Risiken vernetzter Machtstrukturen im Wirtschaftsgefüge*, pp. 1-36, Wien: Linde.
- Köppl, P. (2008): Lobbying und Public Affairs: Beeinflussung und Mitgestaltung des gesellschaftspolitischen Unternehmensumfeldes, in: Meckel, M., Schmid, B. F. (Ed.): *Unternehmenskommunikation: Kommunikationsmanagement aus Sicht der Unternehmensführung*, 2. Auflage, pp. 187-221, Gabler: Wiesbaden.
- Koschatzky, K. (2001): Räumliche Aspekte im Innovationsprozess: Ein Beitrag zur neuen Wirtschaftsgeographie aus Sicht der regionalen Innovationsforschung, *Wirtschaftsgeographie*, Band 19, Lit-Verlag: Münster.
- Köster, D. (1999): *Wettbewerb in Neuproduktmärkten*, Deutscher Universitäts-Verlag, Springer: Wiesbaden.
- Köster, H., Kruse, C. (2012): *Systemkompetentes Handeln in Unternehmen: Entwicklung eines Konzeptes zur Förderung der Systemkompetenz von Führungskräften*, Universitätsverlag Dr. N. Brockmeyer: Bochum.
- Kotler, P., Roberto, E. L. (1989): *Social Marketing*, Free Press: New York.

- Krätke, S., Heeg, S., Stein, R. (1997): *Regionen im Umbruch: Probleme der Regionalentwicklung an den Grenzen zwischen "Ost" und "West"*, Campus Verlag: Frankfurt, New York.
- Krishnan, T. V., Suman, A. T. (2009): International diffusion of new products, in: M. Kotabe, K. Helsen (Ed.): *The sage handbook of international marketing*, pp. 325–345, Sage Publication: London.
- Krumeich, J. (2018): Proaktives ereignisgesteuertes Geschäftsprozessmanagement: Referenzmodell, prototypische Implementierung und exemplarische Anwendung, in: Loos, P. (Ed.): *Wirtschaftsinformatik - Theorie und Anwendung*, Logos Verlag: Berlin.
- Kuhn, J. (2007): *Markteinführung neuer Produkte*, Gabler: Wiesbaden.
- Kumar, V. (2014): Understanding cultural differences in innovation: A conceptual framework and future research directions, *Journal of International Marketing*, 22(3), pp. 1-29.
- Kurz, R., Graf, H. W., Zarth, M. (1989): Der Einfluß wirtschafts- und gesellschaftspolitischer Rahmenbedingungen auf das Innovationsverhalten von Unternehmen: Eine Problemskizze auf der Grundlage der relevanten Literatur, *Forschungsberichte des Instituts für Angewandte Wirtschaftsforschung*, Tübingen.
- Küstners, U. (2012): Evaluation, Kombination und Auswahl betriebswirtschaftlicher Prognoseverfahren, in: Mertens, P., Rässler, S. (Ed.): *Prognoserechnung*, 7th Edition, pp. 423-467, Physica: Berlin, Heidelberg.
- Kydland, F. E., Prescott, E. C. (1990): Business cycles: Real facts and a monetary myth, *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, 14(Spring 1990), pp. 3-18.
- Laciana, C. E., Rovere, S. L. (2011): Using-like agent-based technology diffusion model: Adoption patterns vs. seeding strategies, *Physica A*, 390(6), pp. 1139-1149.
- Lal, V. B., Karmeshu, Kaicer, S. (1988): Modeling innovation diffusion with distributed lags, *Technological Forecasting and Social Change* 34(2), pp. 103-113.
- Landsman, V., Verniers, I., Stremersch, S. (2014): The successful launch and diffusion of new therapies, in: Ding, M., Eliashberg, J., Stremersch, S. (Ed.): *Innovation and Marketing in the Pharmaceutical Industry: Emerging Practices, Research, and Policies*, pp. 189-224, Springer Science+Business Media: New York.
- Lang, C. (2005): *Theoretische und empirische Aspekte der Prognose wichtigerer makroökonomischer Größen*, Cuvillier Verlag: Göttingen.
- Langer, R. (2014): *Innovationslobbying: Eine Analyse am Beispiel der Elektromobilität*, Springer: Wiesbaden.
- Larsen, O. N., De Fleur, M. L. (1958): *The flow of information. An experiment in mass communication*, Harper: New York.
- Latour, B. (1996): On actor-network theory – a few clarifications, *Soziale Welt*, 47(4), pp. 369-381.
- Laube, P., Rossé, F. (2009): *Anthropogeografie: Kulturen, Bevölkerung und Städte*, Compendio Bildungsmedien: Zürich.
- Lazarsfeld, P. F., Merton, R. K. (1954): Friendship as a social process: A substantive and methodological analysis, *Freedom and Control in Modern Society*, 18(1), pp. 18-66.
- Lea, B. R., Yu, W. B., Maguluru, N., Nichols, M. (2006): Enhancing business networks using social network based virtual communities, *Industrial Management and Data Systems*, 106(1), pp. 121-138.
- Lechman, E. (2017): *Technological substitution in Asia*, Routledge: London.
- Lederer, A. L., Maupin, D. J., Sena, M. P., Zhuang, Y. (2000), The technology acceptance model and the World Wide Web, *Decision Support Systems*, 29(3), pp. 269-282.
- Lee S. W.-Y., Tsai C.-C., Wu Y.-T., Tsai M.-J., Liu T.-C., Hwang F.-K., Lai C.-H., Liang J.-C., Wu, H.-C., Chang, C.-Y. (2011): Internet-based Science Learning: A review of journal publications, *International Journal of Science Education*, 33(14), pp. 1893-1925.
- Lee, H., Oh, S. (2006): A standards war waged by a developing country: Understanding international standard setting from the actor-network perspective, *Journal of Strategic Information Systems*, 15(3), pp. 177-195.

- Lee, M. (2010): *Micro-econometrics: Methods of moments and limited dependent variables*, 2. Auflage, Springer: New York.
- Lee, Y., O'Connor, G. C. (2003): New product launch strategy for network effects products, *Journal of Academy of Marketing Science*, 31(3), pp. 241-255.
- Lehmann, D. R., Weinberg, C. B. (2000): Sales through sequential distribution channels: An application to movies and videos, *Journal of Marketing*, 64(3), pp. 18-33.
- Lehmann, K. A. (2005): Why simulating evolutionary processes is just as interesting as applying them, *Proceedings of the 7th annual workshop on Genetic and evolutionary computation (GECCO '05)*, ACM, New York, NY, USA, pp. 370-373.
- Leibowicz, B. D., Krey, V., Grubler, A. (2016): Representing spatial technology diffusion in an energy system optimization model, *Technological Forecasting and Social Change*, 103(2), pp. 350-363.
- Leimeister, J. M. (2004): *Virtuelle Communities für Patienten: Bedarfsgerechte Entwicklung, Einführung und Vertrieb*, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Lekvall, P., Wahlbin, C. (1973): A study of some assumptions underlying innovation diffusion functions, *The Swedish Journal of Economics*, 75(4), pp. 362-377.
- Lenk, P. J., Rao, A. G. (1990): New model from old: Forecasting product adoption by hierarchical Bayes procedures, *Marketing Science*, 9(1), pp. 42-53.
- Leonard-Barton, D., Deschamps, I. (1988): Managerial influence in the implementation of new technology, *Management Science*, 31(10), pp.1252-1265.
- Lewin, K. (1947): Channels of group life: Social planning and action research, *Human Relations*, 1, pp. 143-153.
- Lewin, P. (2001): The market process and the economics of QWERTY: Two views, *The Review of Austrian Economics*, 14(1) pp. 65-96.
- Liang, S. K., Yuan, B., Chow, L. R. (1999): A decision model linkage between technology forecasting, technology dominance and technology strategy, *International Journal of Technology Management*, 18(1-2), pp. 46-55.
- Liebowitz, S. J., Margolis, S. E. (1995a): Are Network Externalities a New Source of Market Failure? Zerbe, R. O., Kovacic, W. (Ed.): *Research in Law and Economics*, Volume 17, JAI-Press, Greenwich, CT, pp. 1-22.
- Liebowitz, S. J., Margolis, S. E. (1995b): Path dependence, lock-in, and history, *Journal of Law, Economics & Organization*, 11(1), pp. 205-226.
- Liebowitz, S. J., Margolis, S. E. (1996): Should technology choice be a concern for Antitrust? *Harvard Journal of Law and Technology*, 9, pp. 283-318.
- Liefner, I., Schätzl, L. (2012): *Theorien der Wirtschaftsgeographie*, 11. Auflage, Ferdinand Schöningh: Paderborn.
- Lilien, G. I., Rao, A. G., Kalish, S. (1981): Bayesian estimation and control of detailing effort in a repeat-purchase diffusion environment, *Management Science*, 27(5), pp. 493-506.
- Lin, T.-C., Huang, S.-L. (2014): Understanding the determinants of consumers' switching intentions in a standards war, *International Journal of Electronic Commerce*, 19(1), pp. 163-189.
- Linder, S. (2013): *Räumliche Diffusion von Photovoltaik-Anlagen in Baden-Württemberg*, Würzburger Geographische Arbeiten, Band 109, Universität Würzburg: Würzburg.
- Lint, O., Pennings, E. (2003): The recently chosen digital video standard: Playing the game within the game, *Technovation*, 23(4), pp. 297-306.
- Litfin, T. (2000) *Adoptionsfaktoren: Empirische Analyse am Beispiel eines innovativen Telekommunikationsdienstes*, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Liu, C. Z., Kemerer, C. F., Slaughter, S. A., Smith, M. D. (2012): Standards competition in the presence of digital conversion technology: An empirical analysis of the flash memory card market, *MIS Quarterly*, 36(3), pp. 921-942.
- Loch, C. H., Huberman, B. A. (1999): A punctuated-equilibrium model of technology diffusion, *Management Science*, 45(2), pp. 160-177.

- Loistl, O., Betz, I. (1996): *Chaostheorie: Zur Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme*, 3. Auflage, R. Oldebourg Verlag: München, Wien.
- Lopez-Sanchez, J. I., Arroyo-Barriguetee, J. L., Ribeiro, D. (2008): Development of a technological competition model in the presence of network effects from the modified law of Metcalfe, *Service Business*, 2(2), pp. 83-98.
- Lotfi, A., Lotfi, A., Halal, W. E. (2014): Forecasting technology diffusion: A new generalisation of the logistic model, *Technology Analysis & Strategic Management*, 26(8), pp. 943-957.
- Love, P. E. D., Irani, Z., Standing, C., Lin, C., Burn, J. M. (2005): The enigma of evaluation: Benefits, costs and risks of IT in Australian small-medium-sized enterprises, *Information & Management*, 42(7) pp. 947-64.
- Luhmann, N. (1984): *Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie*, Suhrkamp: Frankfurt am Main.
- Luhmann, N. (1995): *Social Systems*, Stanford University Press: Stanford.
- Luhmann, N. (2018): *Soziologische Aufklärung 6: Die Soziologie und der Mensch*, Wiesbaden 3. Auflage. Springer VS: Wiesbaden.
- Lunn, R. J. (2015): Exposure to the Internet, in: Donsbach, W. (Ed.): *The Concise Encyclopedia of Communication*, pp. 195-197, Wiley Blackwell: Maiden.
- Luque, A. (2002): An option-value approach to technology adoption in U.S. manufacturing: Evidence from Microdata, *Economics of Innovation and New Technology*, 11(6), pp. 543-568.
- Machi, L. A., McEvoy, B. T. (2009): *The literature review: Six steps to success*, Corwin Press: Thousand Oaks (CA).
- Maggi, B., Padoan, P. C., Guerrieri, P. (2009): A continuous time model of European growth, integration and technology diffusion: The role of distance, *Economic Modelling*, 26(3), pp. 631-40.
- Mahajan, V., Mason, C. H., Srinivasan, V. (1986): An evaluation of estimation procedures for new product diffusion models, in: Mahajan, V., Wind, Y. (Ed.): *Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance*, Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company, pp. 203-232.
- Mahajan, V., Muller, E. (1996): Timing, diffusion, and substitution of successive generations of technological innovations: The IBM mainframe case, *Technological Forecasting and Social Change*, 51(2), pp. 109-132.
- Mahajan, V., Muller, E., Bass, F. M. (1990): New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research, *The Journal of Marketing*, 54(1), pp. 1-26.
- Mahajan, V., Muller, E., Bass, F. M. (1995): Diffusion of new products: Empirical generalizations and managerial uses, *Marketing Science*, 14(3), Part 2 of 2, G79-G88.
- Mahajan, V., Muller, E., Wind, J. (2000): *New product diffusion models*, Kluwer Academic Publishers: New York.
- Mahajan, V., Peterson, R. A. (1978): Innovation diffusion in a dynamic potential adopter population, *Management Science*, 25(14), pp. 1589-1597.
- Mahajan, V., Peterson, R. A. (1985): *Models for Innovation Diffusion*, Sage Publications: Beverly Hills.
- Mahajan, V., Peterson, R. A., Jain, A.K., Malhotra, N. (1979): A new product growth model with dynamic market potential, *Long Range Planning*, 12(4), pp. 51-58.
- Mahajan, V., Peterson, R.A. (1979): Integrating time and space in technological substitution models, *Technological Forecasting and Social Change*, 14(3), pp. 231-241.
- Mahajan, V., Sharma, S. (1986): A simple algebraic estimation procedure for innovation diffusion models of new product acceptance, *Technological Forecasting and Social Change*, 30(4), pp. 331-345.
- Mahajan, V., Wind, Y., Sharma, S. (1983): An approach to repeat purchase diffusion models, *AMA Proceedings, Series 49*, Murphy, P. E. et al. (Ed.) Chicago: American Marketing Association, pp. 442-446.
- Maier, D. A. (2011): *Cash Flow Prognosen bei Biotechnologieunternehmen mittels der systemdynamischen Modellierung*, EUL Verlag: Lohmar.

- Maier, F. (1995): Die Integration wissens- und modellbasierter Konzepte zur Entscheidungsunterstützung im Innovationsmanagement, Duncker & Humblot: Berlin.
- Mainzer, K. (1999): Komplexe Systeme und nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft, in: Mainzer, K. (Ed.): Komplexe Systeme und Nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft Komplexitätsforschung in Deutschland auf dem Weg ins nächste Jahrhundert, pp. 3-28, Springer: Berlin, Heidelberg, New York.
- Mann, F. (2009): Die Diffusionstheorie, in: Schwaiger, M., Meyer, A. (Ed.): Theorien und Methoden der Betriebswirtschaft: Handbuch für Wissenschaftler und Studierende, pp. 99-116, Vahlen: München.
- Mansfield, E. (1961): Technical change and the rate of imitation, *Econometrica*, 29(4), pp. 741-766.
- Marinakis, Y. D. (2012): Forecasting technology diffusion with the Richards model, *Technological Forecasting and Social Change*, 79(1), pp. 172-179.
- Marino, S. (2017): Philosophical accounts of fashion in the nineteenth and twentieth century: A historical reconstruction, in: Matteucci, G., Marino, S. (Ed.): Philosophical perspectives on fashion, pp. 11-46, Bloomsbury: London, Oxford.
- Masak, D. (2009): Digitale Ökosysteme: Serviceorientierung bei dynamisch vernetzten Unternehmen, Springer: Berlin, Heidelberg.
- Mason, W. A., Conrey, F. R., Smith, E. R. (2007): Situating social influence processes: Dynamic, multidirectional flows of influence within social networks, *Personality and Social Psychology Review*, 11(3), pp. 279-300.
- Maturana, H. R., Varela, F. J. (1987): Der Baum der Erkenntnis: Die biologischen Wurzeln des Erkennens, Goldmann: München.
- Matusitz, J., Payano, P. (2012): Globalisation of popular culture: From Hollywood to Bollywood, *South Asia Research*, 32(2), pp. 123-138.
- Mayer, S. (1996): Wettbewerbsfaktor Design: Zum Einsatz von Design im Markt für Investitionsgüter, S+W Steuer- und Wirtschaftsverlag: Hamburg.
- Mazzarol, T. (2013): The role of social capital, strategic networking and word of mouth communication in the commercialisation of innovation, in: Pfeffermann, T., Minshall, T., Mortara, L. (Ed.): Strategy and Communication for Innovation, 2. Auflage, pp. 173-194, Springer: Berlin, Heidelberg.
- McBride, S. (2008): Blu-ray lands a big fish: Warner, *Wall Street Journal*, New York, 5 Jan., A3.
- McGowan, I. (1986): The use of growth curves in forecasting market development, *Journal of Forecasting*, 5(1), pp. 69-71.
- M'Chirgui, Z. (2015): Determinants of success in setting standards coalition: Empirical evidence from the standard war of the blue laser DVDs, *Applied Economics Letters*, 22(1), pp. 20-24.
- McPherson, M., Smith-Lovin, L., Cook, J. M. (2001): Birds of a feather: Homophily in social networks, *Annual Review of Sociology*, 27(1), pp. 415-444.
- Meade, N., Islam, T. (2001): Forecasting the diffusion of innovations: Implications for time-series extrapolation, in: Armstrong, J. S. (Ed.): Principles of Forecasting, pp. 577-595, Springer: Boston (MA).
- Meade, N., Islam, T. (2006): Modelling and forecasting the diffusion of innovation – A 25-year review, *International Journal of Forecasting*, 22(3), pp. 519-545.
- Menzel, H., Katz, E. (1956): Social relations and innovations in the medical profession: The epidemiology of a new drug, *Public Opinion Quarterly*, 19(4), pp. 337-352.
- Merrill, J., Hripcsak, G. (2008): Using Social Network Analysis within a Department of Biomedical Informatics to Induce a Discussion of Academic Communities of Practice, *Journal of the American Medical Association*, 15(6), pp. 780-782.
- Mertens, P. (2012): Mittel- und langfristige Absatzprognose auf der Basis von Sättigungsmodellen, in: Mertens, P., Rässler, S. (Ed.): Prognoserechnung, 7. Auflage, pp. 183-224, Physica-Verlag: Heidelberg.

- Mertens, P. F. (2005): Mittel- und langfristige Absatzprognose auf der Basis von Sättigungsmodellen, in: Mertens, P., Rässler, S. (Ed.), *Prognoserechnung*, 5. Auflage, pp. 169-203, Physica-Verlag: Heidelberg.
- Merton, R. K. (1948): Patterns of influence: A study of interpersonal influence and of communications behavior in a local community, in: Lazarsfeld, P. E., Stanton, F. (Ed.): *Communications Research*, pp. 180-219, Harper & Brothers: New York.
- Merton, R. K. (1957): *Social theory and social structure*, Free Press: Glencoe.
- Metz, T. (2017): Netzwerkanalyse, in: Jäckle, S. (Ed.): *Neue Trends in den Sozialwissenschaften: Innovative Techniken für qualitative und quantitative Forschung*, pp. 203-236, Springer: Wiesbaden.
- Meyer, G. (2004): Diffusion methodology: Time to innovate? *Journal of Health Communication*, 9(Supplement 1), pp. 59-69.
- Meyer, J. W. (2003): *Produktinnovationserfolg und Target Costing*, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Meyer, P. E., Winebrake, J. J. (2009): Modeling technology diffusion of complementary goods: The case of hydrogen vehicles and refueling infrastructure, *Technovation*, 29(2), pp. 77-91.
- Milardo, R. M. (1988): *Families and Social Networks: An overview of theory and methodology*, Milardo, R. M. (Ed.): Families and Social Networks, Sage Publications: Beverly Hills.
- Milgram, S. (1967): The small world problem, *Psychology Today*, 1, pp. 61-67.
- Mirvis, P. H., Sales, A. L., Hackett, E. J. (1991): The implementation and adoption of new technology in organizations: The impact on work, people, and culture, *Human Resource Management*, 30(1), pp. 113-139.
- Moore, G. C., Benbasat, I. (1991): Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation, *Information Systems Research*, 2(3), pp. 192-220.
- Moosmüller, G. (2004): *Methoden der empirischen Wirtschaftsforschung*, Pearson: München.
- Morath, F. (2002): *Innovationen in Netzwerken - Wie kommt das Neue in eine vernetzte Welt?* Dissertation, Universität Konstanz.
- Morill, R.L. (1968): Waves of spatial diffusion, *Journal of Regional Science*, 8(1), pp. 1-18.
- Morill, R.L. (1970): The shape of diffusion in space and time, *Economic Geography*, 46(1), pp. 259-268.
- Mowery, D. C., Rosenberg, N. (1982): Government policy and innovation in the commercial aircraft industry, 1925-75, in: Nelson, R. R. (Ed.): *Government and technical progress: A cross-industry analysis*, Pergamon Press: Oxford.
- Mudambi, S. M., Schuff, D. (2010): Research note: What makes a helpful online review? A study of customer reviews on Amazon.com, *MIS Quarterly*, 34(1), pp. 185-200.
- Müller, A. (2004): *Zur Strukturgeneese von und Kommunikation in Innovationsnetzwerken*, Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- Müller, J. (2012): Gabriel Tarde (1843-1903), in: Jahraus, O., Nassehi, A., Grizelj, M., Saake, I., Kirchmeier, C., Müller, J. (Ed.): *Luhman-Handbuch: Leben - Werk - Wirkung*, pp. 265-268, Verlag J. B. Metzler: Stuttgart, Weimar.
- Müller-Steinfahrt, U. (2006): *Diffusion logistischen Wissens, Denkens und Verhaltens in Großunternehmen*, Kölner Wissenschaftsverlag: Köln.
- Munshi, K. (2004): Social learning in a heterogeneous population: Technology diffusion in the Indian green revolution, *Journal of Development Economics*, 73(1), pp. 185-213.
- Musolf, N. (2008): *Built for success: The story of Ford, mancato*, Creative Education: Minnesota.
- Mützel, S., Fuhse, J. (2010): Zur relationalen Soziologie: Grundgedanken, Entwicklungslinien und transatlantische Brückenschläge, in: Fuhse, J., Mützel, S. (Ed.): *Relationale Soziologie: Zur kulturellen Wende in der Netzwerkforschung*, pp. 7-36, Springer VS: Wiesbaden.

- Myers, J. G. (1972): Diffusion and personal influence: Determinants of adoption rates, opinion leaders' characteristics, and venturesomeness, CA, Working Paper no. 88, University of California: Berkeley.
- Nahapiet, J., Ghoshal, S. (1998): Social Capital, Intellectual Capital, and the Organizational Advantage, *Academy of Management Review*, 23(2), pp. 242-266.
- Narayanan, C. K., Chen, T. (2012): Research on technology standards: Accomplishment and challenges, *Research Policy*, 41(8), pp. 1375-1406.
- Negus, K. J., Stephens, A. P., Lansford, J. (2000): HomeRF: Wireless networking for the connected home, *IEEE Personal Communications*, 7(1), pp. 20-27.
- Neusser, K. (2009): *Zeitreihenanalyse in den Wirtschaftswissenschaften*, 2. Auflage, Vieweg+Teubner: Wiesbaden.
- Newman, M. E. J. (2000): Models of the small world: A review, <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0001118v2.pdf> (23. September 2016).
- Newman, M. E. J. (2003): The structure and function of complex networks, *SIAM Review*, 45(2), pp. 167-256.
- Nightingale, A. (2009): A guide to systematic literature reviews, *Surgery (Oxford)*, 27(9), pp. 381-384.
- Nilakanta, S., Scamell, R. W. (1990): The effect of information sources and communication channels on the diffusion of innovation in a database development environment, *Management Science*, 36(1), pp. 24-40.
- Nonaka, I., Teece, D. J. (2001): *Managing industrial knowledge: Creation, transfer and utilization*, Sage Publications: Thousand Oaks.
- Norton, J. A., Bass, F. M. (1987): A diffusion theory model of adoption and substitution for successive generations of high-technology products, *Management Science*, 33(9), pp. 1069-1086.
- Norton, J. A., Bass, F. M. (1992): Evolution of technological generations: The law of capture, *Sloan Management Review*, 33(2), pp. 66-77.
- Nutley, S., Davies, H., Walter, I. (2002): *Conceptual synthesis 1: Learning from the diffusion of innovations*, ESRC UK Centre for Evidence Based Policy and Practice: Working Paper 10.
- Nwuba, E. O. C. (2013): The Failure of Most Entrepreneurial Technological Innovations to Diffuse: What the Literatures Say, *International Journal of Management Sciences*, 1(11), pp. 463-470.
- Oerlemans, L. A. G., Meeus, M. T. H., Boekema, F. W. M. (2001): On the spatial embeddedness of innovation networks: An exploration of the proximity effect, *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 92(1), pp. 60-75.
- Ormrod, R. K. (1990): Local context and innovation diffusion in a well-connected world, *Economic Geography*, 66(2), pp. 109-122.
- Ossenbrügge, J. (2001): Regionale Innovationssysteme: Evolution und Steuerung geographischer Formen der wissensbasierten Wirtschaft, in: Schwinges, R. C., Messerli, P., Mürner, T. (Ed.): *Innovationsräume: Woher das Neue kommt – in Vergangenheit und Gegenwart*, pp. 85-102, vdf Hochschulverlag: Zürich.
- Page, W. H., Lopatka, J. E. (2000): Network Externalities, in: Bouckaert, B., De Geest, G. (Ed.): *Encyclopedia of Law and Economics*, pp. 952-980, Edward Elgar: Cheltenham.
- Papaioannou, D., Sutton, A., Carroll, C., Booth, A., Wong, R. (2009): Literature searching for social science systematic reviews: consideration of a range of search techniques, *Health Information and Libraries Journal*, 27(2), pp. 114-122.
- Papcke, S., Oesterdiekhoff, G. W. (2001): *Schlüsselwerke der Soziologie*, Springer: Wiesbaden.
- Pappi, F.U. (1987): *Methoden der Netzwerkanalyse*, R. Oldenbourg Verlag: München.
- Pappiloud, C. (2018): Gaston Richards Rezeption von Georg Simmel, in: Lautmann, R., Wienold, H. (Ed.): *Georg Simmel und das Leben in der Gegenwart*, pp. 227-248, Springer VS: Wiesbaden.
- Park, S. (2004): Quantitative Analysis of Network Externalities in Competing Technologies: The VCR Case, *The Review of Economics and Statistics*, 86(4), pp. 937-945.

- Parker, P. M. (1994): Aggregate diffusion forecasting models: A critical review, *International Journal of Forecasting*, 10(2), pp. 353-380.
- Pedersen, P. O. (1970): Innovation diffusion within and between national urban systems, 2(3), pp. 203-254.
- Peers, Y. (2011): Econometric advances in diffusion models, ERIM PhD Series in Research in Management, 251, Erasmus University Rotterdam.
- Peres, R., Muller, E., Mahajan, V. (2010): Innovation diffusion and new product growth models: A critical review and research directions, *International Journal of Research in Marketing*, 27(2), pp. 91-106
- Pfeffer, T. (2017): Migration in der Weltgesellschaft: Welche Forschungsgegenstände beobachtet die Soziologie?, in: Altenburg, F., Pfeffer, T., Skrivanek, I (Ed.): *Migration und Globalisierung in Zeiten des Umbruchs*, pp. 47-64, Festschrift für Gudrun Biffel, Donau-Universität Krems.
- Picht, P. (2013): *Strategisches Verhalten bei der Nutzung von Patenten in Standardisierungsverfahren aus der Sicht des europäischen Kartellrechts*, Stämpfli Verlag, Springer: Bern, Heidelberg, Dordrecht.
- Pickel, S., Pickel, G. (2018): *Empirische Politikforschung: Einführung in die Methoden der Politikwissenschaft*, De Gruyter: Berlin, Boston.
- Picot, A. (1977): Prognose und Planung. Möglichkeiten und Grenzen, *Der Betrieb*, 30, pp. 2149-2153.
- Picot, A. Reichwald, R., Wigand, R. T. (2001): *Die grenzenlose Unternehmung: Information, Organisation und Management*, 4. Auflage, Springer: Wiesbaden.
- Pillkahn, U. (2011): *Innovationen zwischen Planung und Zufall: Bausteine einer Theorie der bewussten Irritation*, Books on Demand GmbH: Norderstedt.
- Pittaway, L., Robertson, M., Munir, K., Denyer, D., Neely, A. (2006): Networking and innovation: A systematic review of the evidence, *International Journal of Management Review*, 5(3-4), pp. 137-168.
- Porter, M. E. (1992): *Wettbewerbsvorteile: Spitzenleistungen erreichen und behaupten*, 3. Auflage, Campus-Verlag: Frankfurt am Main.
- Porter, M.E. (1980): *Competitive strategy: Technique for analyzing industries and competition*, Free Press: New York.
- Porter, M.E. (1985): Technology and competitive success, *Journal of Business Strategy*, 5(3), pp. 60-78.
- Postrel, S. R. (1990): Competing networks and proprietary standards: The case of quadrophonic sound, *Journal of Industrial Economics*, 39(2), pp. 169-185.
- Preyer, G. (2012): *Rolle, Status, Erwartungen und soziale Gruppe: Mitgliedschaftstheoretische Reinterpretationen*, Springer VS: Wiesbaden.
- Prüß, J. W., Schnaubelt, R., Zacher, R. (2008): *Mathematische Modelle in der Biologie: Deterministische homogene Systeme*, Birkhäuser Verlag: Basel, Boston, Berlin.
- Putsis, W. P. (1996): Temporal aggregation in diffusion models of first-time purchase: Does choice of frequency matter?, *Technological Forecasting and Social Change*, 51(3), pp. 265-279.
- Putsis, W. P., Srinivasan, V. (2000): Estimation techniques for macro diffusion models, in: Mahajan, V., Muller, E., Wind, Y. (Ed.): *New product diffusion models*, pp. 263-291, Kluwer: Boston (MA).
- Quazi, A. and Talukder, M. (2011): Demographic determinants of employees' perception and adoption of technological innovation, *Journal of Computer Information Systems*, 51(3), pp. 38-46.
- Rafinejad, D. (2007): *Innovation, product development and commercialization: Case studies and key practices for market leadership*, J. Ross Publishing: Fort Lauderdale, Florida.
- Rai, A., Ravichandran, T., Samaddar, S. (1998): How to anticipate the internet's global diffusion, *Communications of the ACM*, 41(10), pp. 97-106.
- Rammstedt, B. (2010): Reliabilität, Validität, Objektivität, in: Wolf, C., Best, H. (Ed.): *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse*, pp. 239-258, VS Verlag: Wiesbaden.

- Rao, S. (1985): An empirical comparison of sales forecasting models, *The Journal of Product Innovation Management*, 2(4), pp. 232-242.
- Ravn, M., Uhlig, H. (2002): On adjusting the Hodrick-Prescott filter for the frequency of observations, *The Review of Economics and Statistics*, 84(2), pp. 371-375.
- Reese-Schäfer, W. (2016): Niklas Luhmann: Soziale Systeme, in: Salzborn, S. (Ed.): *Klasiker der Sozialwissenschaften: 100 Schlüsselwerke im Portrait*, 2. Auflage, pp. 350-353, Springer VS: Wiesbaden.
- Regier, S. (2007): *Markterfolg radikaler Innovationen: Determinanten des Akzeptanzverhaltens*, Deutscher Universitäts-Verlag: Mainz.
- Reichwald, R., Meyer, A., Engelmann, M., Walcher, D. (2007): *Der Kunde als Innovationspartner: Konsumenten integrieren, Flop-Raten reduzieren, Angebote verbessern*, Gabler: Wiesbaden.
- Richardson, H. W. (1973): *Regional growth theory*, Macmillan: London.
- Riillo, C. A. F. (2009): Standards and innovation: What relationships? A literature review, *EURAS - European Academy for Standardisation*: Melle.
- Rimscha, M. B., Sommer, C. (2016): Fallstudien in der Kommunikationswissenschaft, in: Averbeck-Lietz, S., Meyen, M. (Ed.): *Handbuch nicht standardisierte Methoden in der Kommunikationswissenschaft*, pp.369-384, Springer VS: Wiesbaden.
- Ritala, P., Golnam, A., Wegmann, A. (2014): Coopetition-based business models: The case of Amazon.com, *Industrial Marketing Management*, 43, pp. 236-249.
- Robertson, T. S. (1967a): Consumer innovators: The key to new product success, *California Management Review*, 10(2), pp. 23-30.
- Robertson, T. S. (1971): *Innovative Behavior and Communication*, Free Press: New York.
- Robertson, T.S. (1967b): The process of innovation and the diffusion of innovation, *Journal of Marketing*, 31(1), pp. 14-19.
- Robinson, B., Lakhani, C. (1975): Dynamic price models for new product planning, *Management Science*, 21(10), pp. 1113-1122.
- Rogers, E. M. (1962): *Diffusion of innovations*, Free Press: New York.
- Rogers, E. M. (1995): *Diffusion of innovations*, 4th Edition, Free Press: New York.
- Rogers, E. M. (2003): *Diffusion of innovations*, 5th Edition, Free Press: New York.
- Rogers, E. M., Kincaid, D. L. (1981): *Communication networks: Towards a new paradigm for research*, Free Press: New York.
- Rogers, E. M., Shoemaker, F. F. (1971): *Communication of Innovations: A cross-cultural approach*, Free Press: New York.
- Rohlfing, M. (2010): *Ökologische Bekleidung: Eine Multiagentensimulation der zukünftigen Marktentwicklung*, Gabler: Wiesbaden.
- Romeo, A. A. (1977): The rate of imitation of a capital-embodied process innovation, *Economica*, 44(173), pp. 63-69.
- Rooney, A. A., Boyles, A. L., Wolfe, M. S., Bucher, J. R., Thayer, K. A. (2014): Systematic review and evidence integration for literature-based environmental health science assessments, *Environmental Health Perspectives*, 122(7), pp. 711-718.
- Rörig, H. (2006): *Die Mär vom Mehr: Strategien der Interaktivität: Begriff, Geschichte, Funktionsmuster*, Lit Verlag: Berlin.
- Rosenberg, N. (1972): Factors affecting the diffusion of technology, *Explorations in Economic History*, 10(1), pp. 3-33.
- Roßnagel, H. (2009): *Mobile qualifizierte elektronische Signaturen: Analyse der Hemmnisfaktoren und Gestaltungsvorschläge zur Einführung*, Gabler: Wiesbaden.
- Rothman, J. (1974): *Planning and organizing for social change: Action principles from social science research*, Columbia University Press: New York.

- Rouvinen, P. (2006): Diffusion of digital mobile telephony: Are developing countries different? *Telecommunication Policy*, 30(1), pp. 46-63.
- Rubinstein, A. (1997): *Modeling bounded rationality*, MIT Press: Cambridge (MA).
- Ruckstuhl, A. (2006): Nichtlineare Regression: flexibler aber auch anspruchsvoller als die lineare Regression, VDI/VDE-GMA – Workshop: "Neue Entwicklungen in der Messunsicherheitsermittlung", Ilmenau.
- Saam, N. J., Gautschi, T. (2015): Modellbildung in den Sozialwissenschaften, in: Braun, N., Saam, N. J. (Ed.): *Handbuch Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften*, pp. 15-60, Springer VS: Wiesbaden.
- Sabel, H., Weiser, C. (2000): *Dynamik im Marketing: Umfeld – Strategie – Struktur – Kultur*, 3. Auflage, Gabler: Wiesbaden.
- Samonas, M. (2015): *Financial forecasting, analysis, and modelling: A framework for long-term forecasting*, John Wiley & Sons: Chippingham (UK).
- Sandred, J. (2001): *Managing open source projects: A wiley tech brief*: John Wiley & Sons: New York, Chichester, Weinheim.
- Satoh, D. (2001): A discrete Bass Model and its parameter estimation, *Journal of Operations Research*, 44(1), pp. 1-18.
- Schätzl, L. (1996): *Wirtschaftsgeographie 1 - Theorie*, 6. Auflage, Schöningh: Paderborn.
- Schenk, M. (1984): *Soziale Netzwerke und Kommunikation*, J. C. B. Mohr: Tübingen.
- Scherer, A. G. (2002): *Globalisierung und Sozialstandards*, Band 9 von DNWE-Schriftenreihe, Deutsches Netzwerk Wirtschaftsethik - EBEN Deutschland e.V., Hampp Verlag: München.
- Schiavone, F. (2011): Strategic reactions to technology competition: A decision-making model, *Management Decision*, 49(5), pp. 801-809.
- Schiermer, B. (2010): Mode, Bewusstsein und Kommunikation, *Soziale Systeme*, 16(1), pp. 121-149.
- Schilling, M. A. (1999): Winning the standards race: Building installed base and the availability of complementary goods, *European Management Journal*, 17(3), pp. 265-274.
- Schilling, M. A. (2002): Technology success and failure in winner-take-all markets: The impact of learning orientation, timing, and network externalities, *Academy of Management Journal*, 45(2), 387-398.
- Schilling, M. A. (2003): Technological leapfrogging: Lessons from the U.S. video game console industry, *California Management Review*, 45(3), pp. 6-32.
- Schmalen, H., Binninger, F.-M. (1994): Ist die klassische Diffusionsmodellierung wirklich am Ende? *Marketing ZFP*, 16(1), pp. 5-11.
- Schmalen, H., Pechtl, H. (1992): Technische Neuerungen in Kleinbetrieben: Management von Forschung, Entwicklung und Innovation, Schaeffer-Poeschel: Stuttgart.
- Schmalen, H., Pechtl, H. (1996): Die Rolle der Innovationseigenschaften als Determinanten im Adoptionsverhalten, *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 48(9), pp. 816-836.
- Schmalen, H., Xander, H. (2002): Produkteinführung und Diffusion, in: Albers, S., Herrmann, A. (Ed.): *Handbuch Projektmanagement: Strategieentwicklung - Produktplanung - Organisation - Kontrolle*, 2. Auflage, pp. 439-468, Gabler: Wiesbaden.
- Schmidt, S. (2009): *Die Diffusion komplexer Systeme und Produkte: Ein systemdynamischer Ansatz*, Gabler: Wiesbaden.
- Schmittlein, D. C., Mahajan, V. (1982): Maximum likelihood estimation for an innovation diffusion model of new product acceptance, *Marketing Science*, 1(1), pp. 57-78.
- Schneider, H. (2009): Nachweis und Behandlung von Multikollinearität, in: Albers, S., Klapper, D., Konradt, U., Walter, A., Wolf, J. (Ed.): *Methodik der empirischen Forschung*, 3. Auflage, pp. 221-236, Springer, Gabler: Wiesbaden.
- Schneider, W. (2007): *Marketing*, 1. Auflage, Physica: Heidelberg.

- Schnettler, S. (2009): A structured overview of 50 years of small-world research, *Social Networks*, 31(3), pp. 165-178.
- Schnierer, T. (1995): *Modewandel und Gesellschaft: Die Dynamik von "in" und "out"*, Springer VS: Wiesbaden.
- Schoder, D. (1995): *Erfolg und Misserfolg telematischer Innovationen: Erklärung der „Kritischen Masse“ und weiterer Diffusionsphänomene*, Gabler: Wiesbaden.
- Schoechle, T. (2009): *Standardization and digital enclosure: The privatization of standards, knowledge, and policy in the age of global information technology*, Information Science Reference: Hershey, New York.
- Scholl, A. (2013): *Die Gegenöffentlichkeit sozialer Bewegungen: Zwischen strategischer Kommunikation und Verständnisorientierung*, in: Röttger, U., Gehrau, V., Preusse, J. (Ed.): *Strategische Kommunikation: Umriss und Perspektiven eines Forschungsfeldes*, pp. 201-234, Springer: Wiesbaden.
- Schönborn, S. (2012). Everett M. Rogers, *Diffusion of Innovations*, in: Leggewie, C., Zifonun, D., Lang, A.-K., Siepmann, M., Hoppen, J. (Ed.): *Schlüsselwerke der Kulturwissenschaften*, pp. 187-189, transcript Verlag: Bielefeld.
- Schramm, W. (1963): *The science of human communication*, Basic Books: New York.
- Schubert, K. (1994) *Netzwerke und Netzwerkansätze: Leistungen und Grenzen eines sozialwissenschaftlichen Konzeptes*, in: Kleinaltenkamp, M., Schubert, K. (Ed.): *Netzwerkansätze im Business-to-Business Marketing – Beschaffung, Absatz und Implementierung neuer Technologien*, pp. 8-50, Gabler: Wiesbaden.
- Schühle, F. (2014): *Die Marktdurchdringung der Elektromobilität in Deutschland. Eine Akzeptanz- und Absatzprognose*, in: Lindstädt, H. (Ed.): *Schriften zu Management, Organisation und Information*, Band 45, Rainer Hampp Verlag: München, Mering.
- Schulz, R. (1972): *Kaufentscheidungsprozesse des Konsumenten*, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler: Wiesbaden.
- Schulze, P. M., Porath, D. (2012): *Statistik: Mit Datenanalyse und ökonomischen Grundlagen*, 7. Auflage, Oldenbourg Verlag: München.
- Scigliano, D. (2003): *Das Management radikaler Innovationen: Eine strategische Perspektive*, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Scott, J. (2013): *Social network analysis*, Sage Publications: Los Angeles.
- Seba, T. (2006): *Winners take all: The 9 fundamental rules of high tech strategy*, Lulu Press: o. O.
- Sebastian, K.-H. (1985): *Werbewirkungsanalysen für neue Produkte*, Neue betriebswirtschaftliche Forschung, Band 32, Springer Fachmedien: Wiesbaden.
- Sebenius, J. K. (2002): *Negotiating lessons from the browser wars*, MIT Sloan Management Review, 43(4), pp. 43-50.
- Sedlacek K.-D. (2010): *Emergenz: Strukturen der Selbstorganisation in Natur und Technik*, Books on Demand: Norderstedt.
- Shampine, A. (1998): *Compensating for information externalities in technology diffusion models*, *American Journal of Agricultural Economics*, 80(2), pp. 337-346.
- Shapiro, C., Varian, H. R. (1998): *Information rules: A strategic guide to the network economy*, Harvard Business School Press: Boston (MA).
- Shapiro, C., Varian, H. R. (1999a): *The art of standard wars*, *California Management Review*, 41(2), pp. 8-32.
- Shapiro, C., Varian, H. R. (1999b): *Information rules: A strategic guide to the network economy*, Harvard Business School Press: Boston.
- Sharif, M., Kabir, C. (1976): *A generalized model for forecasting technological substitution*, *Technological Forecasting and Social Change*, 8(4), pp. 353-364.
- Sherden, W. A. (2011): *Best laid plans: The tyranny of unintended consequences and how to avoid them*, ABC-CLIO: Santa Barbara.

- Sherif, M. H. (2009): Standards for networked equipment and services, in: Bellavista, P. (Ed.): Telecommunication Systems and Technologies: Encyclopedia of Life Support Systems, Volume 2, pp. 325-354, Eolss Publishers: Oxford.
- Shih, Y. C. T., Venier, J., Munsell, M., Cantor, S. B., Elting, L. V., Ravdin, P., Berry, D. A. (2010): Modelling the impact of technology diffusion in breast cancer treatment on the cost-effectiveness of mammography screening, *Value in Health*, 13(3), pp. A6-A6.
- Shin, D.-H., Kim, H., Hwang, J. (2015): Standardization revisited A critical literature review on standards and innovation, *Computer Standards Interfaces*, 38(February), pp. 152-157.
- Shun-Chen, N. (2006): A piecewise-diffusion model of new product demands, *Operations Research*, 54(5), pp. 678-695.
- Shurmer, M. (1993): An investigation into sources of network externalities in the packaged PC software market, *Information Economics and Policy*, 5, pp. 231-251.
- Simmel, G. (1957): Fashion, *American Journal of Sociology*, 62(6), pp. 541-558.
- Simmerl, G., Vogl, J. (2017): Prognostik und Desaster, *POP. Kultur und Kritik*, 10(Frühling), S. 22-27.
- Simon, H. A. (1959): Theories of decision making in economics and behavioural science, *American Economic Review*, 49(3), pp. 253-283.
- Simon, H., Fassnacht, M. (2016): *Preismanagement: Strategie - Analyse - Entscheidung - Umsetzung*, 4. Auflage, Springer Gabler: Wiesbaden.
- Simon, H., Sebastian, K.-H. (1987) Diffusion and advertising: The German telephone campaign, *Management Science*, 33(4), pp. 451-466.
- Skiadas, C. H., Giovanis, A. N. (1997): A stochastic bass innovation diffusion model studying the growth of electricity consumption in Greece, *Applied Stochastic Models and Data Analysis* 13(2), pp. 85-101.
- Soh, P.-H. (2010): Network patterns and competitive advantage before the emergence of a dominant design, *Strategic Management Journal*, 31(4), pp. 438-461.
- Sokele, M. (2016): Growth models, in: Moutinho, L., Huarng, K.-H. (Ed.): *Quantitative Modelling in Marketing and Management*, 2. Auflage, pp. 309-322, World Scientific: Singapore.
- Sommers, D. G., Napier, T. L. (1993): Comparison of Amish and non-Amish farmers: A diffusion/farm-structure perspective, *Rural Sociology*, 58(1), pp. 130-145.
- Sosa, D. W. (1999): Market failure in standard setting: The case of AM Stereo, University of California, Berkeley (CA).
- Späth, M.-G. (1995): Preisstrategien für innovative Telekommunikationsdienstleistungen: Entwicklungen eines DV-gestützten Simulationsansatzes, *Neue betriebswirtschaftliche Forschung*, Band 45, Gabler: Wiesbaden.
- Speck, R. V., Rueveni, U. (1969): Network Therapy: A Developing Concept, *Family Process*, 8(2), pp. 182-191.
- Spinello, R. A. (2005): Competing fairly in the new economy: Lessons from the browser wars, *Journal of Business Ethics*, 57(4), pp. 343-361.
- Srinivasan, V., Mason, C. H. (1986): Nonlinear least squares Estimation of new product diffusion models, *Marketing Science*, 5(2), pp. 169-178.
- Stähler, P. (2002): *Geschäftsmodelle in der digitalen Ökonomie: Merkmale, Strategien und Auswirkungen*, 2. Auflage, EUL Verlag: Lohmar.
- Stamfort, S. (2005): Berechnung trendbereinigter Indikatoren für Deutschland mit Hilfe von Filterverfahren, *Diskussionspapier, Riehe 1: Volkswirtschaftliche Studien*, Nr. 19/2005.
- Staw, B. M. (1997): The escalation of commitment: An update and appraisal, in: Shapira, Z. (Ed.): *Organizational decision making*, pp. 191-215, Cambridge University Press: Cambridge (MA).
- Staw, B. M., Ross, J. (1987): Behavior in escalating situations, in: Staw, B. M., Cummings, L. L. (Ed.): *Research in organizational behavior*, pp. 12-47, JAI Press: Greenwich.
- Steele, J. (2009): Innovation diffusion and traveling waves, in: Shennan, S. (Ed.): *Pattern and Process in Cultural Evolution*, pp. 163-174, University of California Press: Berkeley.

- Steffens, P. R. (2002): A model of multiple ownership as a diffusion process, *Technological Forecasting and Social Change*, 70(9), pp. 901-917.
- Stier, W. (2001): *Methoden der Zeitreihenanalyse*, Springer: Berlin, Heidelberg.
- Stocké V. (2002): *Framing und Rationalität: Die Bedeutung von Informationsdarstellung für das Entscheidungsverhalten*, R. Oldenbourg Verlag: München.
- Stoetzer, M.-W. (2017): *Regressionsanalyse in der empirischen Wirtschafts- und Sozialforschung Band 1: Eine nichtmathematische Einführung mit SPSS und Stata*, Springer Gabler: Berlin.
- Stoetzer, M.-W., Mahler, A. (1995): *Die Diffusion von Innovationen in der Telekommunikation*, Springer: Berlin.
- Strang D., Meyer, J. W. (1993): Institutional conditions for diffusion, *Theory and Society*, 22(4), pp. 487-511.
- Strang, D., Soule, S. A. (1998): Diffusion in organizations and social movements, *Annual Review of Sociology*, 24(1), pp. 265-290.
- Straub, D. W. (1994): The effect of culture on IT diffusion: E-mail and FAX in Japan and the U.S., *Information Systems Research*, 5(1), pp. 23-47.
- Straube, F., Vogeler, S., Bensel, P., Spiegel, T. (2007): Aktuelle Situation der RFID-Standardisierung: Akteure und Relationen, in: Straube, F. (Ed.): *Digitale Schriftenreihe Logistik*, Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin.
- Strogatz, S. H. (2001): Exploring Complex Networks, *Nature*, 410(6825), pp. 268-276.
- Strohe, H. G. (1994): *Lexikon Statistik*, Gabler: Wiesbaden.
- Sturma, A., Ritschl, V., Dennhardt, S., Stamm, T. (2016): Reviews, in: Ritschl, V., Weigl, R., Stamm, T. (Ed.): *Wissenschaftliches Arbeiten und Schreiben: Verstehen, Anwenden, Nutzen für die Praxis*, pp. 207-222, Springer: Berlin, Heidelberg.
- Suarez, F. F. (2004): Battles for technological dominance: An integrative framework, *Research Policy*, 33(2), pp. 271-286.
- Subramanian, A., Chain, K., Mu, S. (2011): Capability reconfiguration of incumbent firms: Nintendo in the video game industry, *Technovation*, 31(5), pp. 228-239.
- Sultan, F., Farley, J. U., Lehmann, D. R. (1990): A meta-analysis of applications of diffusion models, *Journal of Marketing Research*, 27(1), pp. 70-77.
- Sundqvist, S., Frank, L., Puumalainen, K., Kämäräinen, J. (2002): Forecasting the critical mass of wireless communications, *ANZMAC 2002 Conference Proceedings*, pp. 551-557.
- Sydow, J. (1992): *Strategische Netzwerke: Evolution und Organisation.*, Gabler: Wiesbaden.
- Taddicken, M. (2016): The people's choice. How the voter makes up his mind in a presidential campaign: Von Paul Felix Lazarsfeld, Berard Berelson und Hazel Gaudet (1944), in: Potthoff, M. (Ed.): *Schlüsselwerke der Medienforschung*, pp.25-36, Springer: Wiesbaden.
- Takada, H., Jain, D. (1988): Cross-national analysis of diffusion of consumer durables, Working Paper, Kellogg Graduate School of Business, Northwestern University.
- Talke, K. (2005): *Einführung von Innovationen: Marktorientierte strategische und operative Aktivitäten als kritische Erfolgsdeterminanten*, Gabler: Wiesbaden.
- Tam Cho, W. K., Fowler, J. H. (2010): Legislative success in a small world: Social network analysis and the dynamics of congressional legislation, *The Journal of Politics*, 72(1), pp. 124-135.
- Taylor, Jr., Moore, E. G., Amonsens, E. J. (1994): Profiling technology diffusion categories: Empirical test of two models, *Journal of Business Research*, 31(2-3), pp. 155-162.
- Tellis, G. J., Stremersch, S., Yin, E. (2003): The international takeoff of new products: The role of economics, culture, and county innovativeness, *Marketing Science*, 22(2), pp. 188-208.
- Tellis, G., Chandrasekaran, D. (2012): Diffusion and its implications for marketing strategy, in: Shankar, V., Carpenter, G. S. (Ed.): *Handbook of Marketing Strategy*, pp. 376-390, Edward Elgar Publishing: Cheltenham (UK).

- Teräsvirta, T., Tjøstheim, D., Granger, C. W. J. (2010): *Modelling nonlinear economic time series*, Oxford University Press.
- Theuvsen, L. (2007): Bedingungen und Wirkungen der Standardisierung von RFID-Technologien: Anmerkungen aus ökonomischer Sicht, in: Koschke, R., Ronthaler, M., Rödiger, K.-H., Herzog, O. (Ed.): *Beiträge der 37. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik*: Bonn.
- Thomke, S. (1999): *Project dreamcast: Serious play at Sega Enterprises*, Harvard Business School Case 9-600-028, Cambridge (MA).
- Thum, M. (1995): Netzwerkeffekte, Standardisierung und staatlicher Regulierungsbedarf, *Schriften zur angewandten Wirtschaftsforschung*, 71, Mohr Siebeck: Tübingen.
- Tiemann, G. (2009): Zwei Verfahren zur Analyse heterogener Kausalität: Time-Series-Cross-Section- und Mehrebenenmodelle, in: Pickel, S., Pickel, G., Lauth, H.-J., Jahn, D. (Ed.): *Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft: Neue Entwicklungen und Anwendungen*, pp. 213-232, VS Verlag: Wiesbaden.
- Tornatzky, L. G., Klein, K. J. (1982): Innovation Characteristics and Adoption –Implementation: A Meta-Analysis of Findings, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 29(1), pp. 28-45.
- Treyer, O. A. G. (2003): *Business-Statistik: Anwendungsorientierte Theorie mit Beispielen, Aufgaben mit kommentierten Lösungen, Glossar, Formelsammlung und Fachwörter Deutsch-Englisch-Deutsch*, Compendio Bildungsmedien: Zürich.
- Trommsdorff, V. (2009): *Konsumentenverhalten*, 7. Auflage, Kohlhammer: Stuttgart.
- Trommsdorff, V., Steinhoff, F. (2013): *Innovationsmarketing*, 2. Auflage, Vahlen: München.
- Tsai, J.-M., Hung, S.-W. (2014): A novel model of technology diffusion: System dynamics perspective for cloud computing, *Journal of Engineering and Technology Management*, 33, pp. 47-62.
- Tucher von Simmeldorf, F. W. (1994): *Die Expansion von McDonald's Deutschland Inc. Der Ausbreitungseffekt einer erfolgreichen Innovation*, Springer: Wiesbaden.
- Tushman, M. L. (1977): Special boundary roles in the innovation process, *Administrative Science Quarterly*, 22(4), pp. 587-605.
- Tversky, A., Kahneman, D. (1986): Rational choice and the framing of decisions, *The Journal of Business*, 59(4), pp. 251-278.
- Ullmann, M. (2012): *Schule verändern: Offenheit als Herausforderung in der Governance von Bildungsinnovationen*, Springer: Wiesbaden.
- Ulrich, H. (1989): Integrative Unternehmensführung, in: Kirsch, W., Picot, A. (Ed.): *Die Betriebswirtschaftslehre im Spannungsfeld zwischen Generalisierung und Spezialisierung*, pp. 183-198, Springer: Wiesbaden.
- Ulrich, H., Probst, G. J. B. (1995): *Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln: Ein Brevier für Führungskräfte*, 4. Auflage, Haupt-Verlag: Bern.
- Urban, D., Mayerl, J. (2008): *Regressionsanalyse: Theorie, Technik, Anwendung*, 3. Auflage, VS Verlag: Wiesbaden.
- Urban, D., Mayerl, J. (2008): *Regressionsanalyse: Theorie, Technik, Anwendung*, 4. Auflage, VS Verlag: Wiesbaden.
- Uzzi, B., Spiro, J. (2005): Collaboration and creativity: The small world problem, *American Journal of Sociology*, 111(2), pp. 477-504.
- Valente, T. (2005): Network models and methods for studying the diffusion of innovations, in: Carrington, P. J., Scott, J., Wasserman, S. (Ed.): *Models and Methods in Social Network Analysis*, pp. 98-116, Cambridge University Press: Cambridge.
- Valente, T. W., Rogers, E. M. (1995): The origins and development of the diffusion of innovations paradigm as an example of scientific growth, *Science Communication*, 16(3), pp. 242-273.
- Van de Kaa, G., de Vries, H. J. (2015): Factors for winning format battles: A comparative case study, *Technological Forecasting & Social Change*, 91(2), pp. 222-235.

- Van de Kaa, G., Greeven, M., van Puijenbroek, G. (2013): Standards battles in China: Opening up the black box of the Chinese government, *Technology Analysis & Strategic Management*, 25(5), pp. 567-581.
- Van de Kaa, G., van Heck, E., de Vries, H. J., van den Ende, J., Rezaei, J. (2014): Supporting decision making in technology standards battles based on a fuzzy analytic hierarchy process, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 61(2), pp. 336-348.
- Van de Kaa, van den Ende, J., de Vries, H. J., van Heck, E. (2011) Factors for winning interface format battles: A review and synthesis of the literature, *Technological Forecasting and Social Change*, 78(8), pp. 1397-1411.
- Van den Bulte, C., Lilien, G. (1995): Why bass model estimates may be biased (and what it means), *Proceedings of the 24th EMAC Conference, Paris*, pp. 2045-2051.
- Van den Bulte, C., Stremersch, S. (2004): Social contagion and income heterogeneity in new product diffusion: A meta-analytic test, *Marketing Science*, 23(4), pp. 530-544.
- Van Everdingen, Y.M., Waarts, E. (2003): The effect of national culture on the adoption of innovations, *Marketing Letters*, 14(3), pp. 217-232.
- Van Wegberg, M. (2004a): Standardization and Competing Consortia: The Trade-Off between Speed and Compatibility, *International Journal of IT Standards and Standardization Research*, 2(2), pp. 18-33.
- Van Wegberg, M. (2004b): Compatibility choice by multi-market firms, *Information Economics and Policy*, 16, pp. 235–254.
- Varian, H. R., Farrell, J., Shapiro, C. (2004): *The economics of information technology: An introduction*, Cambridge University Press: Cambridge (MA).
- Vega-Redondo, F. (2007): *Complex social networks*, Cambridge University Press: Cambridge, New York.
- Venkatesan, R., Krishnan, T. V., Kumar, V. (2004): Evolutionary estimation of macro-level diffusion models using genetic algorithms: An alternative to nonlinear least-squares, *Marketing Science*, 23(3), pp. 451-464.
- Verbeek, A., Debackere, K., Luwel, M., Zimmermann, E. (2002): Measuring progress and evolution in science and technology – I: The multiple uses of bibliometric indicators, *International Journal of Management Reviews*, 4(2), pp. 179-211.
- Vercoulen, F., van Wegberg, M. (1998): *Standard selection modes in dynamic, complex industries: Creating hybrids between market selection and negotiated selection of standards*, Netherlands Institute of Business Organization and Strategy Research: Maastricht.
- Verhoog, M. (2018): *Steuerung von Akteuren und Entscheidungen in Baunetzwerken: Eine netzwerktheoretische Untersuchung zur Sanierungsentscheidung im Haushalt*, Springer: Wiesbaden.
- Vitanov, N. K., Ausloos, M. R. (2012): Knowledge epidemics and population dynamics models for describing idea diffusion, in: Scharnhorst, A., Börner, K., van den Besselaar, P. (Ed.): *Models of Science Dynamics*, pp. 69-125, Springer: Berlin, Heidelberg.
- Vogel, J. (2015): *Prognose von Zeitreihen: Ein Einführung für Wirtschaftswissenschaftler*, Springer: Wiesbaden.
- Voigt, K.-I. (2003): Preisbildung für neue Produkte und Dienstleistungen, in: Diller, H., Herrmann, A. (Ed.): *Handbuch Preispolitik: Strategien - Planung - Organisation - Umsetzung*, pp. 691-718, Gabler: Wiesbaden.
- Vollerthun, A. (2001): *System engineering: Integration von Konzeptentwurf und Marketing*, Herbert Utz Verlag: München.
- Vom Hofe, H. J., Nebelsieck, S., Patschen, S., Stecha, N. (2011): StudiVZ als Gesprächsstoff, in: Neuberger, C., Gehrau, V. (Ed.): *StudiVZ: Diffusion, Nutzung und Wirkung eines sozialen Netzwerks im Internet*, pp. 97-115, VS Verlag, Springer: Wiesbaden.
- Von Bertalanffy, L. (1957): Quantitative laws in metabolism and growth, *Quarterly Review of Biology*, 32(3), pp. 217-231.

- Von Lüde, R., Moldt, D., Valk, R. (2009): Selbstorganisation und Governance in künstlichen und sozialen Systemen, LIT Verlag: Berlin.
- Von Pape, T. (2009): Media adoption and diffusion, in: Hartmann, T. (Ed.): Media Choice: A theoretical and Empirical Overview, pp. 274-282, Routledge: New York.
- Waarts, E., van Everdingen, Y. M., van Hillegersberg, J. (2002): The dynamics of factors affecting the adoption of innovations, *The Journal of Product Innovation Management*, 19(6), pp. 412-423.
- Wahl, H. (1998): Marketing von Inventionen, Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.
- Wang, C. S., Jain, C., L. (2003): Regression analysis: Modelling & Forecasting, Graceway Publishing Company: New York.
- Wang, X. F., Chen, G. (2003): Complex networks: Small-world, scale-free and beyond, *IEEE Circuits and Systems Magazine*, 3(1), pp. 6-20.
- Wasserman, S., Faust, K. (2008): Social Network Analysis: Methods and Applications, Cambridge, Cambridge University Press.
- Watts, D. J. (1999): Networks, dynamics, and the small-world phenomenon, *American Journal of Sociology*, 105(2), pp. 493-527.
- Watts, D. J., Strogatz, S. H. (1998): Collective dynamics of „small-world“ networks, *Nature*, 393(6684), pp. 440–442.
- Webber, M.J. (1972): Impact of uncertainty on location, MIT Press: Cambridge, MA.
- Weiber, R. (1992): Diffusion von Telekommunikation: Problem der kritischen Masse, Gabler-Verlag: Wiesbaden.
- Weiber, R. (1993): Chaos: Das Ende der klassischen Diffusionsmodellierung? *Marketing ZFP*, 15(1), pp. 35-45.
- Weimann, G., Brosius, H.-B. (1994): Is there a two-step flow of agenda-setting? *International Journal of Public Opinion Research*, 6(4), pp. 323-341.
- Weise, P., Brandes, W., Eger, T., Kraft, M. (1993): Neue Mikroökonomie, 3. Auflage, Springer: Berlin, Heidelberg.
- Wejnert, B. (2002): Integrating models of diffusion of innovations: A conceptual framework, *Annual Review of Sociology*, 28(1), pp. 297-326.
- Welsch, C. (2010): Organisationale Trägheit und ihre Wirkung auf die strategische Früherkennung von Unternehmenskrisen, Gabler: Wiesbaden.
- Welskopp, T. (2014): Unternehmen Praxisgeschichte: Historische Perspektiven auf Kapitalismus, Arbeit und Klassengesellschaft, Mohr Siebeck: Tübingen.
- Werndl, C. (2009): What are the new implications of chaos for unpredictability? *The British Journal for the Philosophy of Science*, 60(1), pp. 195-220.
- Westerbarkey, J. (2010): Zeitweiliges - Mutmaßungen zur Mode, in: Westerbarkey, J. (Ed.): EndZeit-Kommunikation: Diskurse der Temporalität, pp. 237-240, LIT-verlag: Münster.
- Wey, C. (1999): Marktorganisation durch Standardisierung: ein Beitrag zur Neuen Institutionenökonomik des Marktes, Edition Sigma, Berlin.
- Weyer, J. (2000): Soziale Netzwerke als Mikro-Makro-Scharnier: Fragen an die soziologische Theorie, in: Weyer, J. (Ed.): Soziale Netzwerke: Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung, 1. Auflage, pp. 237-254, De Gruyter Oldenbourg: München.
- Weyer, J. (2014): Zum Stand der Netzwerkforschung in den Sozialwissenschaften, in: Weyer, L. (Ed.): Soziale Netzwerke : Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung, pp. 39-70, 3. Auflage, De Gruyter Oldenbourg: München.
- White, D. M. (1950): The gate keeper: A case study in the selection of news, *Journalism Quarterly*, 27(4), pp. 383-390.
- Wiedemer, V. (2007): Standardisierung und Koexistenz in Netzeffektmärkten: Modellgeleitete Analyse unter besonderer Berücksichtigung von IuK-Märkten, Josef Eul Verlag: Lohmar, Köln.

- Willemer, A. (2014): *Linux-Server für Einsteiger: Mit Debian GNU/Linux und Ubuntu Server*, Wiley-VCH Verlag: Weinheim.
- Willensky, H. (1970): *Intelligence in industry: The users and abuses of experts*, *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 388(1), pp. 46-58.
- Williams, P. (2002): *The competent boundary spanner*, *Public Administration*, 80(1), pp. 103-124.
- Wimmer, F., Roth, G. (1994): *Die innerbetriebliche Diffusion integrativer Software-Systeme – Ansatzpunkte für Marktstrategien von Softwareunternehmen*, in: Engelhard, J., Rehkugler, H. (Ed.): *Strategien für nationale und internationale Märkte: Konzepte und praktische Gestaltung*, pp. 113-142, Springer: Wiesbaden.
- Windhorst H.-W. (1983): *Geographische Innovations- und Diffusionsforschung*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft: Darmstadt.
- Winker, P. (2017): *Empirische Wirtschaftsforschung und Ökonometrie*, 4. Auflage, Springer: Wiesbaden.
- Wintz, T. (2010): *Neuproduktprognose mit Wachstumsmodellen: Prognoseprozess, Modellauswahl und Schätzung*, EUL-Verlag: Lohmar, Köln.
- Wirth, E. (1979): *Theoretische Geographie: Grundzüge einer theoretischen Kulturgeographie*, Teubner Verlag: Stuttgart.
- Woll, H. (1994): *Menschenbilder in der Ökonomie*, R. Oldenbourg Verlag: München, Wien.
- Wong, C.-Y., Goh, K.-L. (2009): *Modeling the dynamics of science and technology diffusion of selected Asian countries using a logistic growth function*, *Asian Journal of Technology Innovation*, 17(1), pp. 75-100.
- Wooldridge, J. M. (2002): *Econometric analysis of cross section and panel data*, MIT Press: Cambridge (MA).
- Wooldridge, J. M. (2012): *Introductory econometrics: A modern approach*, 5th Edition, South-Western Cengage Learning.
- Wunnava, P. V., Leiter, D. B. (2009): *Determinants of intercountry Internet diffusion rates*, *The American Journal of Economics and Sociology*, 68(2), pp. 413-426.
- Wurster, S. (2011): *Born global standard establishers: Einfluss- und Erfolgsfaktoren für die internationale Standardsetzung und -erhaltung*, in: Wagner, D., Mietzner, D. (Ed.): *Innovation und Technologie im modernen Management*, Gabler: Wiesbaden.
- Yaffee, R. A., McGee, M. (2000): *An Introduction to Time Series Analysis and Forecasting: With Applications of SAS and SPSS*, Academic Press: London.
- Yavas, M., Yücel, G. (2014): *Impact of homophily on diffusion dynamics over social networks*, *Social Science Computer Review*, 32(3), pp. 354-372.
- Young, H. P. (2009): *Innovation Diffusion in Heterogeneous Populations: Contagion, Social Influence, and Social Learning*, *American Economic Review*, 99(5), pp. 1899-1924.
- Zaffar, M. A., Kumar, R. L., Zhao, K. (2014): *Impact of interorganizational relationships on technology diffusion: An agent-based simulation modeling approach*, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 61(1), pp. 68-79.
- Zerdick, A., Picot, A., Schrape, K., Artropé, A., Goldhammer, K., Heger, D. K., Lange, U. T., Vierkant, E., López-Escobar, E., Silverstone, R. (2001): *Die Internet-Ökonomie: Strategien für die digitale Wirtschaft*, European Communication Council Report, 3. Auflage, Springer: Berlin, Heidelberg, New York.
- Zhang, L., Wang, Z.-C. (2016): *A time-periodic reaction–diffusion epidemic model with infection period*, *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik ZAMP*, 67(117), pp. 1-14.
- Zhang, Z.-K., Liu, C., Zhan, X.-X., Lu, X., Zhang, C.-X. (2016): *Dynamics of information diffusion and its applications on complex networks*, *Physics Reports*, 651, pp. 1-34.
- Zuckerman, A. (1999): *Standards battles heat up between United States and European Union*, *Quality Progress*, 32(1), pp. 39-42.

Anhang

A1: Herleitung der Schätzgleichung in der Adopter Domain

$$\underbrace{A_{it} - A_{it-1}}_{= a_{it}} = p_i M_{it} + (q_i - p_i) A_{it} - \left(\frac{\lambda_{it}}{M_{it}} \right) A_{it}^2$$

$$\Leftrightarrow a_{it} = p_i M_{it} + (q_i - p_i) A_{it} - \lambda_{it} \left(\frac{A_{it}^2}{M_{it}} \right)$$

$$\Leftrightarrow a_{it} = p_i \underbrace{[\bar{N} - A_{jt}]}_{= M_{it}} + (q_i - p_i) A_{it} - \left[q_i \underbrace{\left(\frac{E[A_{it}]}{E[A_{jt}]} \right)}_{= \lambda_{it}} \right] \underbrace{\left(\frac{A_{it}^2}{[\bar{N} - A_{jt}]} \right)}_{= M_{it}}$$

$$M_{it} = \bar{N} - A_{jt}$$

$$\lambda_i = q_i \left(\frac{E[A_{it}]}{E[A_{jt}]} \right)$$

$$\Leftrightarrow a_{it} = p_i \bar{N} - p_i A_{jt} + q_i A_{it} - p_i A_{it} - q_i \left(\frac{E[A_{it}]}{E[A_{jt}]} \right) \left(\frac{A_{it}^2}{[\bar{N} - A_{jt}]} \right)$$

$$\Leftrightarrow a_{it} = \underbrace{p_i \bar{N}}_{\beta_0} - \underbrace{p_i}_{\beta_1} (A_{it} + A_{jt}) + \underbrace{q_i}_{\beta_2} \left(A_{it} - \left(\frac{E[A_{it}]}{E[A_{jt}]} \right) \left(\frac{A_{it}^2}{[\bar{N} - A_{jt}]} \right) \right)$$

q.e.d.

A2: Das Bass-Modell als Sonderfall des Wettbewerbsmodells

$$A_{it} - A_{it-1} = a_t$$

$$\Leftrightarrow a_t = pM_t + (\lambda - p)A_t - \frac{\lambda}{M_t}A_t^2$$

$$M_t = \bar{N}$$

$$\lambda = q$$

$$\Leftrightarrow a_t = \underbrace{p\bar{N}}_{\beta_0} + \underbrace{(q-p)A_t}_{\beta_1} - \underbrace{\frac{q}{\bar{N}}A_t^2}_{\beta_2}$$

$$\hat{\beta}_1 = q - p$$

$$\hat{\beta}_0 = p\bar{N} \quad \Leftrightarrow \quad p = \frac{\hat{\beta}_0}{\bar{N}}$$

$$\hat{\beta}_2 = -\frac{q}{\bar{N}} \quad \Leftrightarrow \quad q = -\hat{\beta}_2\bar{N}$$

$$\Leftrightarrow q - p = -\hat{\beta}_2\bar{N} - \frac{\hat{\beta}_0}{\bar{N}} = \hat{\beta}_1$$

Erweiterung mit \bar{N}

$$-\hat{\beta}_2\bar{N}^2 - \hat{\beta}_0 = \hat{\beta}_1\bar{N}$$

$$\Leftrightarrow \hat{\beta}_2\bar{N}^2 + \hat{\beta}_1\bar{N} + \hat{\beta}_0 = 0$$

$$\Leftrightarrow \bar{N} = \frac{-\hat{\beta}_1 \pm \sqrt{(\hat{\beta}_1^2 - 4\hat{\beta}_0\hat{\beta}_2)}}{2\hat{\beta}_2}$$

q.e.d.

A3: Annahmen der OLS- und NLS-Schätzungen

LS1:	Linearität in den Parametern	
LS2:	Zufälligkeit der Stichprobe	
LS3:	Keine perfekte Kollinearität	$\gamma_1 x_1 + \dots + \gamma_k x_k = 0$
LS4:	Exogenität der Regressoren	$E[\varepsilon x_1, \dots, x_k] = 0$
LS5:	Varianz-Homoskedastie der Störterme	$Var(\varepsilon x_1, \dots, x_k) = \sigma^2$
LS6:	Normalverteilung der Störterme	$\varepsilon_{ x_1, \dots, x_k} \sim N(0, \sigma^2)$

Eigene Darstellung in Anlehnung an Wooldridge (2012)

Tabelle 21: Annahmen der OLS-Schätzung

NS1	Datengenerierender Prozess ist im Modell enthalten
NS2	Alle Regressoren sind vorherbestimmt
NS3	Bedingte Homoskedastie der Störterme
NS4	Der Parametervektor ist asymptotisch identifizierbar
NS5	Der Wahrscheinlichkeitslimes des geschätzten Parametervektors ist existent
NS6	Differenzierbarkeit der Regressionsfunktion ist gegeben
NS7	Das Gesetz der großen Zahlen gilt
NS8	Der zentrale Grenzwertsatz gilt

Eigene Darstellung in Anlehnung an Davidson und MacKinnon (2004)

Tabelle 22: Annahmen der NLS-Schätzung

A4: Verwendete Software

Paket	Literaturnachweis	Internetquelle
bit	J. Oehlschlägel (2014): bit: A class for vectors of 1-bit Booleans, R package version 1.1-12.	https://CRAN.R-project.org/package=bit
car	J. Fox, S. Weisberg (2011): An {R} companion to applied regression, Second Edition, Thousand Oaks CA: Sage.	http://socserv.socsci.mcmaster.ca/~fox/Books/Companion
ff	D. Adler, C. Gläser, O. Nenadic, J. Oehlschlägel, W. Zucchini (2014): ff: memory-efficient storage of large data on disk and fast access functions, R package version 2.2-13.	https://CRAN.R-project.org/package=ff
gmm	P. Chausse (2010): Computing generalized method of moments and generalized empirical likelihood with R, Journal of Statistical Software, 34(11), 1-35.	http://www.jstatsoft.org/v34/i11/
igraph	Csardi, G., Nepusz, T. (2006): The igraph software package for complex network research, InterJournal, 1695.	http://igraph.org
lmtest	A. Zeileis, T. Hothorn (2002): Diagnostic checking in regression relationships, R News, 2(3), 7-10.	http://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/
MASS	W. N. Venables, B. D. Ripley (2002): Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York.	http://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4
Matrix	D. Bates, M. Maechler (2016): Matrix: sparse and dense matrix classes and methods, R package version 1.2-6.	https://CRAN.R-project.org/package=Matrix
mFilter	M. Balcilar (2007): mFilter: Miscellaneous time series filters, R package version 0.1-3.	https://CRAN.R-project.org/package=mFilter
mvtnorm	A. Genz, F. Bretz, T. Miwa, X. Mi, F. Leisch, F. Scheipl, T. Hothorn (2016): mvtnorm: Multivariate normal and t distributions, R package version 1.0-5.	http://CRAN.R-project.org/package=mvtnorm
nls2	G. Grothendieck (2013): nls2: Non-linear regression with brute force, R package version 0.2.	https://CRAN.R-project.org/package=nls2
netdiffuseR	Vega Yon, G., Dyal, S., Hayse, T., Valente, T. (2018): netdiffuseR: Analysis of Diffusion and Contagion Processes on Networks, R package version 1.20.0.	https://CRAN.R-project.org/package=netdiffuseR
propagate	A.-N. Spiess (2014): propagate: Propagation of uncertainty, R package version 1.0-4.	https://CRAN.R-project.org/package=propagate
proto	G. Grothendieck, L. Kates, T. Petzoldt (2016): proto: Prototype object-based programming, R package version 1.0.0.	https://CRAN.R-project.org/package=proto
Rcpp	D. Eddelbuettel, R. Francois (2011): Rcpp: Seamless R and C++ integration, Journal of Statistical Software, 40(8), 1-18.	http://www.jstatsoft.org/v40/i08/
sandwich	A. Zeileis (2004): Econometric computing with HC and HAC covariance matrix estimators. Journal of Statistical Software, 11(10), 1-17.	http://www.jstatsoft.org/v11/i10/
stats4	R Core Team (2016): R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.	https://www.R-project.org/
tmvtnorm	S. Wilhelm, B. G. Manjunath (2015): tmvtnorm: Truncated multivariate normal and student t distribution, R package version 1.4-10.	http://CRAN.R-project.org/package=tmvtnorm
zoo	A. Zeileis, G. Grothendieck (2005): zoo: S3 Infrastructure for regular and irregular time series, Journal of Statistical Software, 14(6), 1-27.	doi:10.18637/jss.v014.i06

Tabelle 23: Verwendete R-Pakete

A5: Kontrollschätzungen (Autokorrelation)

Diffusionstechnologie	N	OLS-Schätzung				Lag-Variable	
		Innovationskoeffizient		Imitationskoeffizient			
Netscape	25	0,0208 (0,0114)	†	-0,0123 (0,0027)	***	-0,0721 (0,1688)	-
Internet Explorer	25	0,0234 (0,0249)	-	-0,0111 (0,0282)	-	0,61708 (0,21744)	**

*Anmerkungen: Alle Angaben gerundet auf vier Nachkommastellen;
Standardfehler in Klammern; Signifikanzniveaus: >10% (-), 10% (†), 5% (*), 1% (**), 0,1% (***)*

Auffälligkeiten: Die Kontrollschätzung der Datenreihe "Internet Explorer" führt bei der Schätzung des Innovationskoeffizienten zu einem unerwarteten Vorzeichenwechsel, der Effekt ist jedoch nicht statistisch signifikant

Tabelle 24: Time-Lag-Schätzungen

A6: Vollständiger Datensatz

Zeit	VHS	BETA	Zeit	Blu-Ray	HD-DVD	Zeit	Netscape	Internet Explorer
Weltweite Produktionsmenge von Recordern in Tausend			Umsatzvolumen (USA) im stationären Handel in US-D			Weltweit installierte Browser in Millionen		
1975	1	20	22.10.2006	5000	10000	01.01.1996	1796	62
1976	110	175	29.10.2006	6000	12000	01.04.1996	2145	80
1977	339	424	05.11.2006	7000	17000	01.07.1996	2518	133
1978	878	594	12.11.2006	6000	20000	01.10.1996	2931	223
1979	1336	851	19.11.2006	16000	28000	01.01.1997	3371	353
1980	2922	1489	26.11.2006	15000	25000	01.04.1997	3529	718
1981	6478	3020	03.12.2006	21000	50000	01.07.1997	3774	1116
1982	9417	3717	10.12.2006	25000	39000	01.10.1997	3877	1571
1983	13645	4572	17.12.2006	36000	43000	01.01.1998	4012	2040
1984	23464	6042	24.12.2006	65000	58000	01.04.1998	4408	2791
1985	40977	3387	31.12.2006	50000	42000	01.07.1998	4683	3488
1986	29553	1106	07.01.2007	45000	26000	01.10.1998	4992	4156
1987	39767	669	14.01.2007	46000	21000	01.01.1999	5181	4811
1988	44761	148	21.07.2007	53000	25000	01.04.1999	5261	5624
			28.01.2007	49000	21000	01.07.1999	5342	6427
			04.02.2007	46000	20500	01.10.1999	5432	7260
			11.02.2007	45000	20000	01.01.2000	5424	8229
			18.02.2007	58000	31000	01.04.2000	5302	8817
			25.02.2007	57000	27000	01.07.2000	4907	9574
			04.03.2007	50000	27000	01.10.2000	4502	10487
			11.03.2007	38000	18000	01.01.2001	4154	11351
			18.03.2007	65000	11000	01.04.2001	3708	12390
						01.04.2002	2718	15766

Tabelle 25: Vollständiger Datensatz

Zerlegung und Glättung der Zeitreihen

Blu-Ray-Zeitreihe				HD-DVD-Zeitreihe			
Originalzeitreihe	Trendkomponente	Zyklische Komponente	Geglättete Zeitreihe (Gewicht: 0.75)	Originalzeitreihe	Trendkomponente	Zyklische Komponente	Geglättete Zeitreihe (Gewicht: 0.75)
5000	8941	-3940,5	7955,375	10000	28158	-18157,9	23618,43
6000	11570	-5569,6	10177,2	12000	28037	-16036,8	24027,6
7000	14199	-7198,7	12399,03	17000	27916	-10915,8	25186,85
6000	16828	-10827,7	14120,78	20000	27795	-7794,7	25846,03
16000	19457	-3456,8	18592,6	28000	27674	326,4	27755,2
15000	22086	-7085,8	20314,35	25000	27553	-2552,5	26914,38
21000	24715	-3714,9	23786,18	50000	27431	22568,5	33073,63
25000	27344	-2343,9	26757,93	39000	27310	11698,6	30226,05
36000	29973	6027	31479,75	43000	27189	15810,7	31141,98
65000	32602	32398	40701,5	58000	27368	30931,8	34801,15
50000	35231	14768,9	38923,33	42000	26947	15052,9	30710,33
45000	37860	7139,9	39645,08	26000	26826	-825,9	26619,43
46000	40489	5510,9	41866,83	21000	26705	-5704,8	25278,6
53000	43118	9881,9	45588,58	25000	26584	-1583,7	26187,78
49000	45747	3252,9	46560,33	21000	26463	-5462,5	25096,88
46000	48376	-2376,1	47782,08	20500	26341	-5841,4	24881,05
45000	51005	-6005,1	49503,83	20000	26220	-6220,2	24665,15
58000	53634	4365,9	54725,58	31000	26099	4900,9	27324,33
57000	56263	736,9	56447,33	27000	25978	1022,1	26233,43
50000	58892	-8892,1	56669,08	27000	25857	1143,2	26142,6
38000	61521	-23521	55640,75	18000	25736	-7735,6	23801,7
65000	64150	850	64362,5	11000	25614	-14614,4	21960,8

Anmerkung: Zerlegung mit Hilfe des Hodrick-Prescott-Filters

Tabelle 26: Zerlegung und Glättung der Zeitreihen

A7: Ergebnisse der systematischen Literatur-Reviews

Nr.	Beitrag	Jahr	Journal	Zitationen	Modellierung	Standardkrieg	Untersuchungsfokus
1	Leibowicz et al.	2016	Technological Forecasting and Social Change	2	formal-mathematisch	nein	Technologiediffusion im räumlichen Kontext
2	Dao und Zmud	2015	IEEE Transactions on Engineering Management	1	konzeptionell	ja	Wirkung strategischer Signale bei der Durchsetzung neuer Technologien im Markt
3	Jin	2015	China Economic Review	1	formal-mathematisch	nein	Internationale Technologiediffusion
4	Van de Kaa und de Vries	2015	Technological Forecasting and Social Change	6	nein	ja	Erfolgsfaktoren von Technologiediffusion
5	M'Chirgui	2015	Applied Economics Letters	0	nein	ja	Erfolgsfaktoren von Technologiediffusion
6	Lin und Huang	2014	International Journal of Electronic Commerce	1	konzeptionell	ja	Faktoren, die den Wechsel von einem Technologiestandard zu einem anderen bedingen
7	Tsai und Hung	2014	Journal of Engineering and Technology Management	8	formal-mathematisch	nein	Systemdynamischer Ansatz zur Modellierung von Technologiediffusion am Beispiel von Cloud Computing
8	Van de Kaa et al.	2014	IEEE Transactions on Engineering Management	6	formal-mathematisch	ja	Entscheidungstheoretische Modellierung von Standkriegen
9	Zaffar et al.	2014	IEEE Transactions on Engineering Management	2	formal-mathematisch	nein	Identifikation zentraler Akteure (Unternehmen) in sozialen Netzwerken, die Technologiediffusion fördern
10	Lotfi et al.	2014	Technology Analysis & Strategic Management	0	formal-mathematisch	nein	Diffusionsmodellierung zur Formulierung von Prognosen

Tabelle 27: Ergebnisse des systematischen Literatur-Reviews

Nr.	Beitrag	Jahr	Journal	Zitationen	Modellierung	Standardkrieg	Untersuchungsfokus
11	Ghezzi et al.	2013	Technology Analysis & Strategic Management	3	konzeptionell	nein	Wirkung kritischer Faktoren in der Vorstufe von Technologiediffusion
12	Dao und Zmud	2013	Journal of Engineering and Technology Management	3	konzeptionell	ja	Wirkung strategischer Signale in unterschiedlichen Phasen des Technologielebenszyklusses auf den Diffusionsprozess
13	Van de Kaa et al.	2013	Technology Analysis & Strategic Management	7	nein	ja	Fallstudienbasierte Untersuchung von Standardkriegen
14	Higgins et al.	2012	Technological Forecasting and Social Change	29	formal-mathematisch	nein	Diffusionsmodellierung zur Formulierung von Prognosen
15	Gallagher	2012	Technovation	14	nein	ja	Fallstudienbasierte Untersuchung
16	Marinakis	2012	Technological Forecasting and Social Change	6	formal-mathematisch	nein	Diffusionsmodellierung zur Formulierung von Prognosen
17	Van de Kaa et al.	2011	Technological Forecasting and Social Change	21	nein	ja	Erfolgsfaktoren von Technologiediffusion
18	Dalla Valle und Furlan	2011	International Journal of Forecasting	8	formal-mathematisch	nein	Diffusionsmodellierung zur Formulierung von Prognosen
19	Schiavone	2011	Management Decision	31	konzeptionell	nein	Entscheidungsfindung von Führungskräften im Rahmen technologischer Wandelprozesse
20	Shih et al.	2010	Value in Health	0	nein	nein	Evaluation der Kosteneffektivität von Mammographie-Screenings

Tabelle 27: Ergebnisse des systematischen Literatur-Reviews (Fortsetzung)

Nr.	Beitrag	Jahr	Journal	Zitationen	Modellierung	Standardkrieg	Untersuchungsfokus
21	Hilbert	2010	World Development	18	nein	nein	Technologiediffusion in armen Ländern
22	Daidj et al.	2010	Journal of Media Economics	5	formal-mathematisch	ja	Mechanismen der Allianz- und Koalitionsbildung bei standardsetzenden Unternehmen
23	Wong und Goh	2009	Asian Journal of Technology Innovation	8	formal-mathematisch	nein	Technologiediffusion in armen Ländern
24	Maggi et al.	2009	Economic Modelling	5	formal-mathematisch	nein	Internationale Technologiediffusion und Wachstum
25	Meyer und Winebrake	2009	Technovation	47	formal-mathematisch	nein	Systemdynamischer Ansatz zur Modellierung von Diffusionsprozessen bei komplementären Gütern
26	Fontana	2008	Industrial Corporate Change	5	nein	ja	Prozesse und Dynamiken bei Konkurrenz um Marktdominanz
27	Lopez-Sanchez et al.	2008	Service Business	1	formal-mathematisch	ja	Simulationsstudie: Technologiewettbewerb im Kontext von Standardkriegen
28	Collantes	2007	Technological Forecasting and Social Change	29	formal-mathematisch	nein	Technologiesubstitution unter Stakeholder-Aspekten
29	Augereau et al.	2006	RAND Journal of Economics	30	konzeptionell	ja	Wettbewerb bei der Adoption neuer Technologien
30	Dewick et al.	2006	Technological Forecasting and Social Change	11	nein	nein	Auswirkungen von Zukunftstechnologien auf die Industriestruktur

Tabelle 27: Ergebnisse des systematischen Literatur-Reviews (Fortsetzung)

Nr.	Beitrag	Jahr	Journal	Zitationen	Modellierung	Standardkrieg	Untersuchungsfokus
31	Lee und Oh	2006	Journal of Strategic Information Systems	34	nein	ja	Durchsetzung internationaler Technologiestandards
32	Dranove und Gandal	2003	Journal of Economics & Management Strategy	80	konzeptionell	ja	Wirkung von Produktvorankündigungen und Netzwerkeffekten im Diffusionsprozess
33	Duczynski	2003	Economic Modelling	7	formal-mathematisch	nein	Konvergenzverhalten von Volkswirtschaften im Kontext von Technologiediffusion
34	Berger	2001	Agricultural Economics	225	formal-mathematisch	nein	Technologiediffusion im räumlichen Kontext
35	De la Fuente und Domenech	2001	American Economic Review	33	formal-mathematisch	nein	Neoklassische Wachstumsmodellierung
36	Bassellier et al.	2001	Journal of Management Information Systems	117	nein	nein	Managerkompetenz im Bereich der Informationstechnologie
37	Geroski	2000	Research Policy	413	nein	nein	Literaturüberblick
38	Jacobsen	2000	Energy Journal	10	formal-mathematisch	nein	Beschreibung von Technologiediffusion
39	Loch und Huberman	1999	Management Science	77	formal-mathematisch	nein	Diffusion unterschiedlicher Technologiegenerationen
40	Liang et al.	1999	International Journal of Technology Management	3	formal-mathematisch	ja	Entscheidungstheoretische Modellierung von Standardkriegen

Tabelle 27: Ergebnisse des systematischen Literatur-Reviews (Fortsetzung)

Nr.	Beitrag	Jahr	Journal	Zitationen	Modellierung	Standardkrieg	Untersuchungsfokus
41	Zuckerman	1999	Quality Progress	2	nein	ja	Standardkriege zwischen der EU und den USA
42	Shampine	1998	American Journal of Agricultural Economics	9	formal-mathematisch	nein	Die Bedeutung von Informationsexternalitäten im Adoptionsprozess
43	Taylor et al.	1994	Journal of Business Research	3	konzeptionell	nein	Adoptionsprozess und Kategorisierung von Adoptern
44	Karshenas und Stoneman	1992	Journal of Forecasting	22	formal-mathematisch	nein	Diffusionsmodellierung zur Formulierung von Prognosen

Tabelle 27: Ergebnisse des systematischen Literatur-Reviews (Fortsetzung)

A8: Simulation des Wettbewerbsmodells

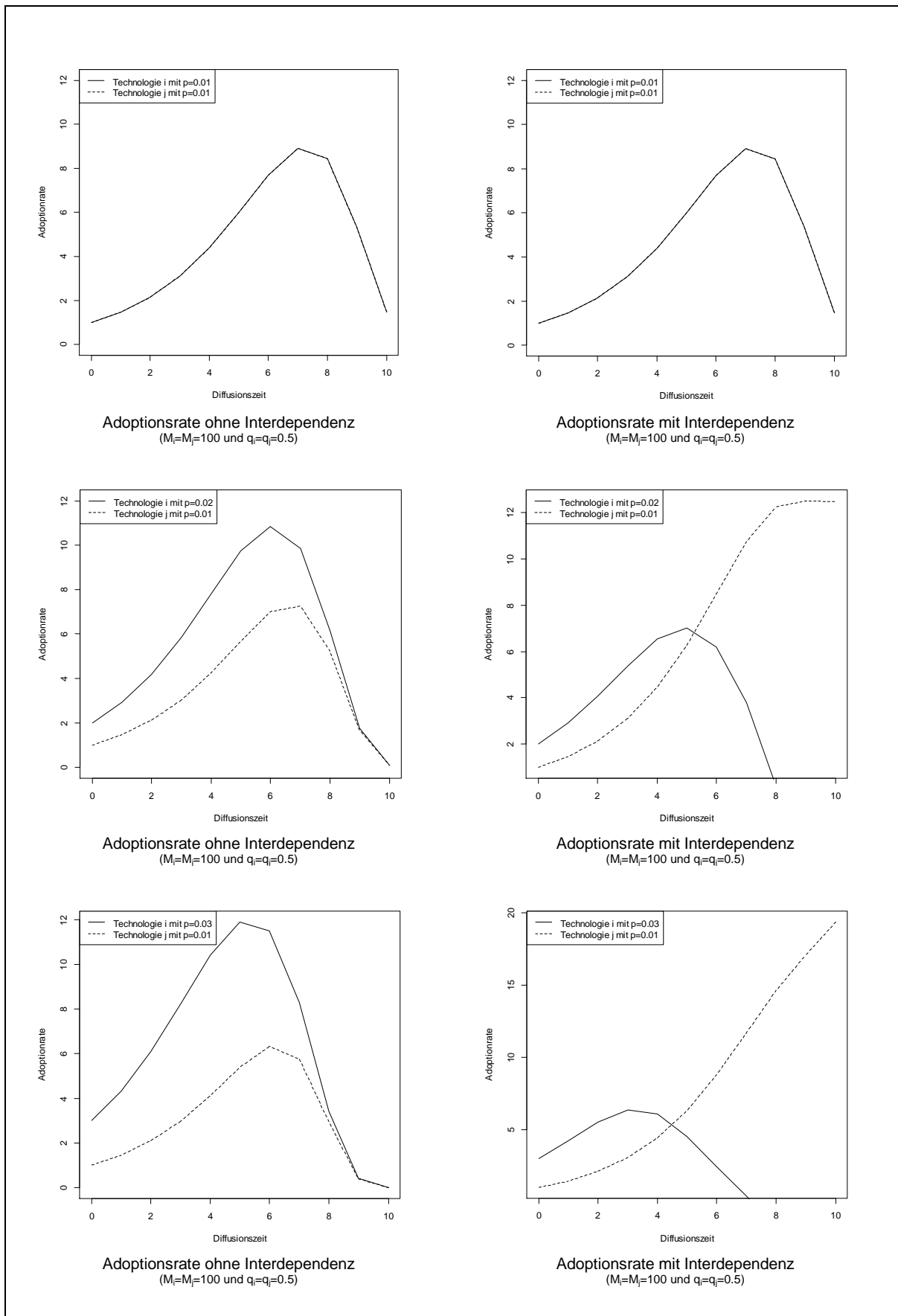


Abbildung 41: Modelldynamik bei Variation von p

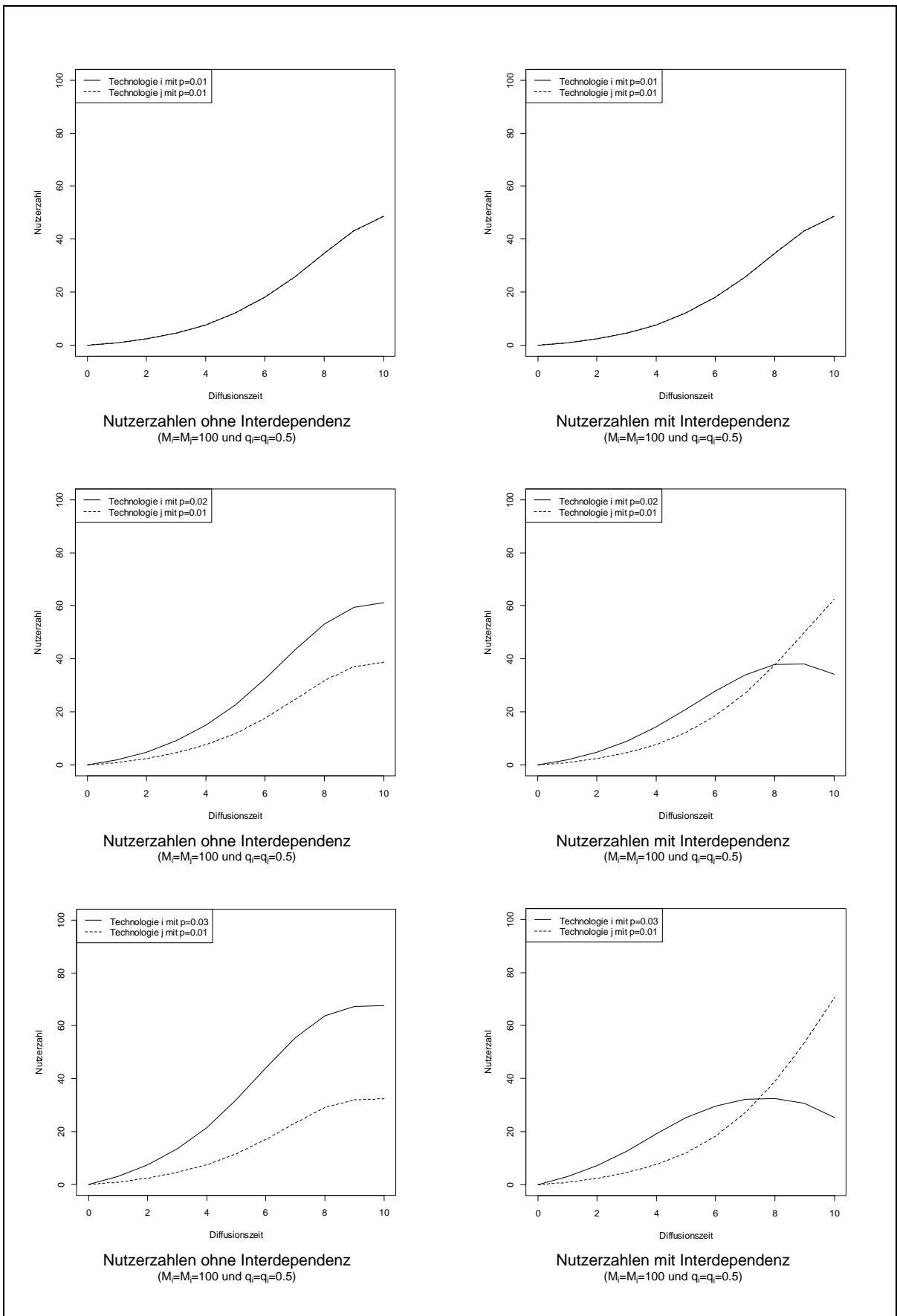


Abbildung 41: Modelldynamik bei Variation von p (Fortsetzung)

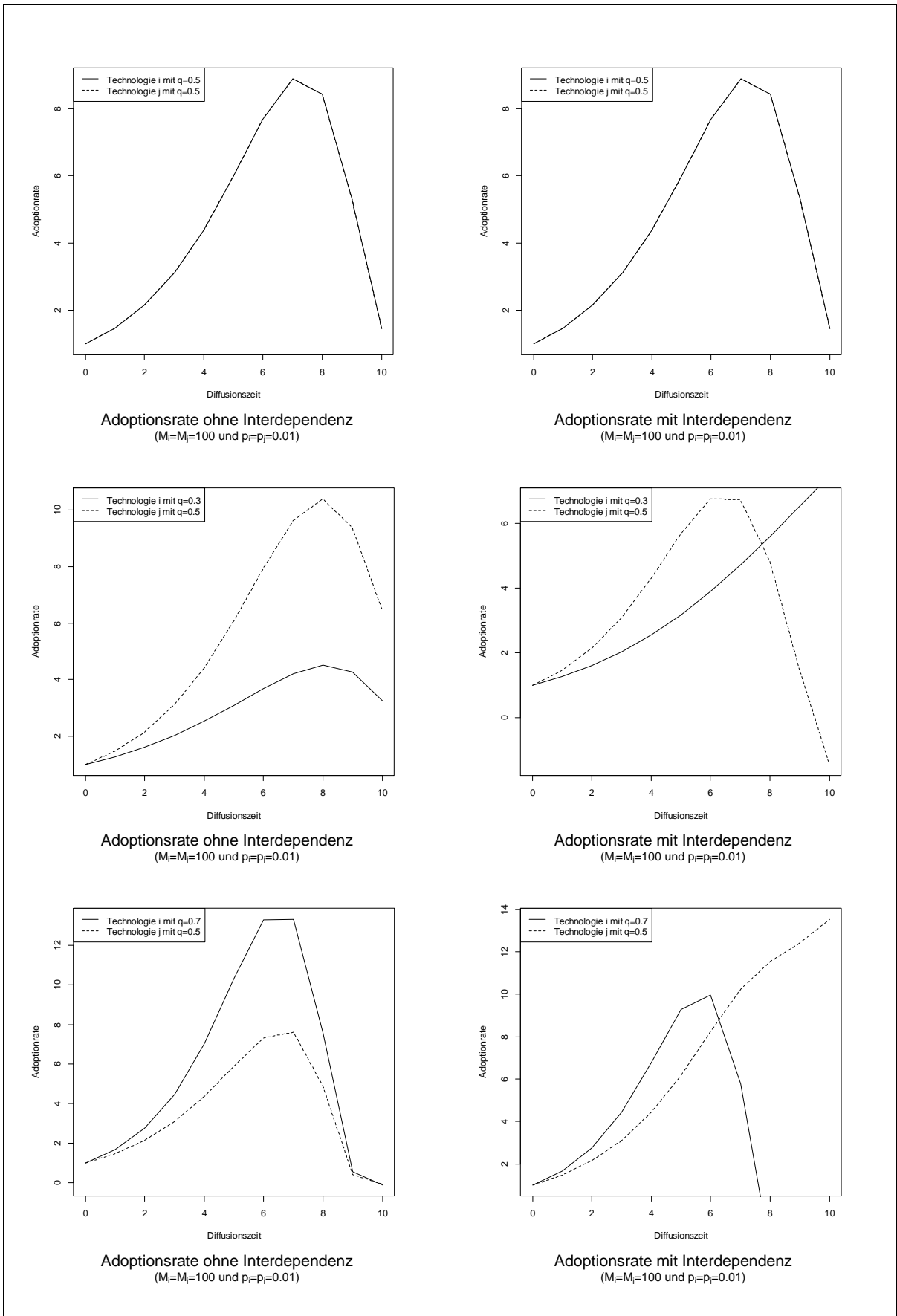


Abbildung 42: Modellodynamik bei Variation von q

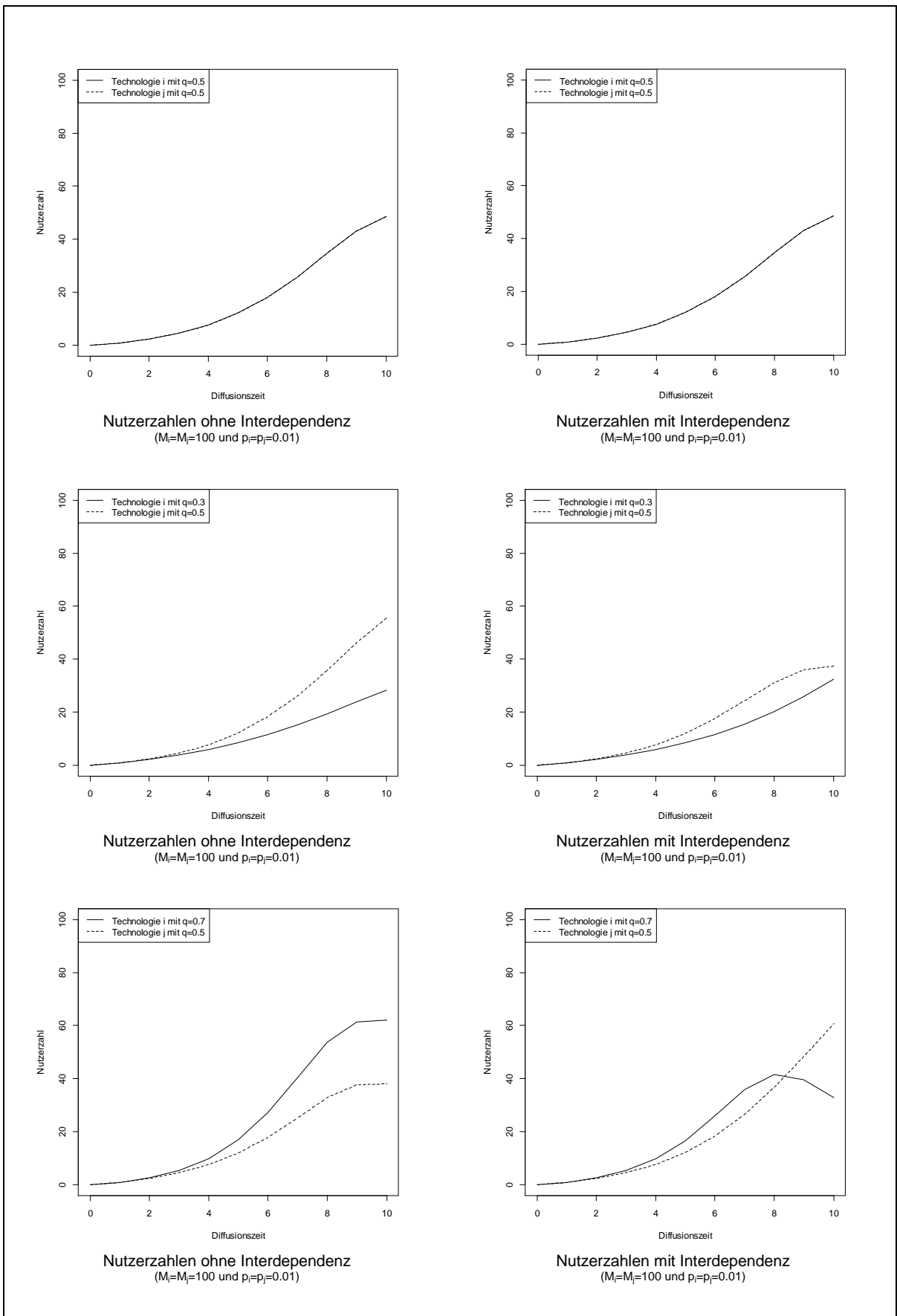


Abbildung 42: Modelldynamik bei Variation von q (Fortsetzung)