

Nachfragemodellierung und -prognose  
zur Unterstützung der langfristigen Absatzplanung  
am Beispiel der deutschen Automobilindustrie

Zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Wirtschaftswissenschaften

(Dr. rer. pol.)

von der Fakultät für  
Wirtschaftswissenschaften  
der Universität Fridericiana zu Karlsruhe

genehmigte

DISSERTATION

von

Dipl.-Wi.-Ing. Wilm Eggert

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Juli 2003

Referent: Prof. Dr. G. Nakhaeizadeh  
Korreferent: Prof. Dr. W. Gaul  
Korreferent: Prof. Dr. O. Rentz

Karlsruhe, 2003



# Vorwort

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Doktorand am Forschungszentrum der DaimlerChrysler AG in Ulm in Zusammenarbeit mit dem Institut für Statistik und Mathematische Wirtschaftstheorie der Universität Karlsruhe (TH).

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Gholamreza Nakhaeizadeh für seine Unterstützung sowie die fachliche und persönliche Betreuung. Herrn Prof. Dr. Otto Rentz sowie Herrn Prof. Dr. Wolfgang Gaul möchte ich für die Übernahme der Korreferate und die wertvollen Anregungen danken. Ebenso gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Georg Bol, der mit zahlreichen fachlichen Hinweisen diese Arbeit unterstützt hat.

Ein Glücksfall war die fachliche Betreuung der Arbeit am Forschungszentrum in Ulm durch Herrn Dr. Tomas Hrycej, dem ich zahlreiche Anregungen, Hinweise und Diskussionen verdanke, die der Arbeit wesentliche Impulse verliehen haben, jedoch auch weit darüber hinaus eine wahre Bereicherung sowohl in fachlicher als auch in menschlicher Hinsicht waren. Auch meinen übrigen Kollegen und „Mit-Doktoranden“ in Ulm danke ich an dieser Stelle für den intensiven Austausch und die angenehme Zusammenarbeit.

Selbstverständlich gilt mein Dank auch meinen Eltern und meinem Bruder Lars, die meine Arbeit stets gefördert haben und die Herausforderung angenommen haben, die zahlreichen Versionen dieser Arbeit kritisch zu lesen.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meiner lieben Dunja für ihre Freundschaft und Unterstützung bedanken und für den Verzicht auf zahlreiche Abende und Wochenenden, die ich mit Büchern und dem Rechner anstatt mit ihr verbracht habe.

Ludwigsburg, im Oktober 2003

Wilm Eggert



# Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Die quantitative Unterstützung der Absatzplanung</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Die langfristige Absatzplanung . . . . .	3
1.2	Die Charakteristika von Automobilmärkten . . . . .	6
1.3	Problemstellung . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Abgrenzung und Zielsetzung</b>	<b>11</b>
2.1	Literaturbetrachtung . . . . .	11
2.1.1	Methoden der Nachfrageprognose . . . . .	11
2.1.2	Untersuchungen des Automobilmarkts . . . . .	15
2.1.2.1	Betrachtung der aggregierten Nachfrage . . . . .	16
2.1.2.2	Betrachtung der disaggregierten Nachfrage . . . . .	18
2.2	Literaturabgrenzung der Arbeit . . . . .	20
2.3	Zielsetzung . . . . .	24
2.4	Aufbau der Arbeit . . . . .	26
<b>II</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>Modelle des Konsumentenverhaltens</b>	<b>29</b>
3.1	Der individuelle Entscheidungsprozeß . . . . .	29
3.2	Mikroökonomische Ansätze . . . . .	33
3.2.1	Die ökonomische Theorie des Konsumenten . . . . .	33

3.2.2	Die Haushaltstheorie nach Lancaster . . . . .	39
3.3	Probabilistische Nachfragemodelle . . . . .	42
3.3.1	Modelle mit deterministischem Nutzen . . . . .	44
3.3.1.1	Das Modell von Luce . . . . .	45
3.3.1.2	Exkurs: Die Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen . . . . .	47
3.3.1.3	Das Modell von Tversky . . . . .	49
3.3.2	Modelle mit stochastischem Nutzen . . . . .	51
3.4	Die Discrete Choice Theorie . . . . .	52
3.4.1	Grundlagen der Discrete Choice Theorie . . . . .	53
3.4.2	Die allgemeine Form von Discrete Choice Modellen . . . . .	55
3.4.2.1	Die deterministische Nutzenkomponente . . . . .	58
3.4.2.2	Die stochastische Nutzenkomponente . . . . .	60
3.4.3	Spezielle Discrete Choice Modelle . . . . .	61
3.4.3.1	Das Logit Modell . . . . .	61
3.4.3.2	Das Nested Logit Modell . . . . .	64
3.4.3.3	Das Probit Modell . . . . .	68
3.4.3.4	Das Gemischte Multinomiale Logit Modell . . . . .	70
3.4.3.5	Generalized Extreme Value (GEV) . . . . .	71
3.5	Produktdifferenzierung . . . . .	73
3.5.1	Konzepte der Produktdifferenzierung . . . . .	74
3.5.2	Der „Address Approach“ der Produktdifferenzierung . . . . .	77
3.5.2.1	Vertikale Produktdifferenzierung . . . . .	78
3.5.2.2	Horizontale Produktdifferenzierung . . . . .	80
3.5.3	Das Nachfragekalkül für den Address Approach . . . . .	83
3.6	Zwischenfazit . . . . .	86
<b>4</b>	<b>Modellierung von Produktlebenszyklen</b>	<b>89</b>
4.1	Modellierungsansätze für Produktlebenszyklen . . . . .	89

---

4.1.1	Der Produktlebenszyklus als zeitbedingte Funktion . . . . .	89
4.1.2	Der Produktlebenszyklus als wirkungsbedingte Funktion . . . . .	93
4.2	Grundlagen der formalen Modellierung von Produktlebenszyklen . . . . .	97
4.2.1	Einflüsse auf den Produktlebenszyklus . . . . .	97
4.2.1.1	Obsoleszenz . . . . .	97
4.2.1.2	Erwartungen zukünftiger Produkte . . . . .	99
4.2.1.3	Strukturänderungen des Marktumfeldes . . . . .	100
4.2.2	Ansätze der formalen Repräsentation . . . . .	101
4.2.2.1	Dynamische Preis-Absatz-Funktionen . . . . .	101
4.2.2.2	Nutzenbasierte Ansätze . . . . .	102
4.3	Zwischenfazit . . . . .	106
<b>5</b>	<b>Die Nachfrage nach Innovationen</b>	<b>109</b>
5.1	Erörterung des Innovationsbegriffs . . . . .	110
5.1.1	Produktinnovationen . . . . .	111
5.1.2	Eingrenzung des Innovationsbegriffs . . . . .	113
5.2	Ansätze zur Prognose von Produktinnovationen . . . . .	115
5.3	Diffusion von Innovationen . . . . .	118
5.3.1	Grundform des Diffusionsmodells . . . . .	120
5.3.2	Dynamische Diffusionsmodelle . . . . .	124
5.3.3	Diffusionsmodelle für mehrere Innovationen . . . . .	125
5.3.4	Räumliche Diffusionsmodelle . . . . .	126
5.3.5	Explizite Berücksichtigung von Attributen . . . . .	127
5.4	Zwischenfazit . . . . .	129
<b>III</b>	<b>Spezifikation des Nachfragemodells</b>	<b>131</b>
<b>6</b>	<b>Überlegungen zur Modellspezifikation</b>	<b>133</b>
6.1	Relevante Modellierungsaspekte . . . . .	133
6.1.1	Heterogenität der Präferenzen . . . . .	135

6.1.2	Differenzierte Produkte . . . . .	136
6.1.2.1	Betrachtung der Produktpreise . . . . .	138
6.1.3	Marktstruktur und Interdependenz der Produkte . . . . .	139
6.1.4	Zeitbedingte Einflüsse . . . . .	141
6.1.5	Neuartige Produkte . . . . .	143
6.1.6	Externe Einflüsse . . . . .	144
6.2	Implikationen für die Modellspezifikation . . . . .	145
<b>7</b>	<b>Spezifikation des Gesamtmarktmodells</b>	<b>149</b>
7.1	Der Modellierungsansatz im einperiodigen Fall . . . . .	149
7.2	Erweiterung zum mehrperiodigen Nachfragemodell . . . . .	156
7.2.1	Spezifikation der Produktobsoleszenz . . . . .	156
7.2.2	Spezifikation der temporalen Substitution . . . . .	158
7.3	Aspekte der Modellidentifikation . . . . .	161
7.3.1	Präferenzverteilung bezüglich der Produkteigenschaften . . . . .	162
7.3.2	Verteilung der zeitlichen Präferenzen . . . . .	165
7.3.3	Berücksichtigung externer Einflüsse . . . . .	167
7.3.4	Parameterschätzung . . . . .	168
7.4	Aspekte der Modellanwendung . . . . .	171
<b>8</b>	<b>Modellerweiterung für Produktinnovationen</b>	<b>173</b>
8.1	Produktinnovationen im Wettbewerbskontext . . . . .	173
8.1.1	Der zeitliche Prozeß der Marktdurchdringung . . . . .	174
8.1.2	Präferenzen für Innovationen . . . . .	175
8.2	Modellspezifikation . . . . .	176
8.2.1	Integration des Diffusionsprozesses . . . . .	176
8.2.2	Dynamisierung der Präferenzverteilung . . . . .	177
8.2.3	Bestimmung der stationären Präferenzverteilung . . . . .	179
8.2.4	Absatzberechnung . . . . .	181
8.3	Aspekte der Modellanwendung . . . . .	183

---

8.3.1	Spezifikation des Diffusionsprozesses . . . . .	184
8.3.2	Spezifikation der Präferenzverteilung . . . . .	185
8.3.3	Zwischenfazit . . . . .	185
<b>IV</b>	<b>Empirische Analyse des deutschen Automobilmarktes</b>	<b>187</b>
<b>9</b>	<b>Konzeption und Operationalisierung</b>	<b>189</b>
9.1	Datengrundlage . . . . .	189
9.1.1	Produktdaten . . . . .	190
9.1.2	Absatzdaten . . . . .	191
9.2	Konzeption der empirischen Untersuchung . . . . .	192
9.2.1	Modellidentifikation und -validierung . . . . .	192
9.2.2	Evaluierungskriterien . . . . .	193
9.2.3	Vergleichsmodelle . . . . .	196
9.3	Operationalisierung des Gesamtmarktmodells . . . . .	197
9.3.1	Operationalisierung des Produktraums . . . . .	197
9.3.2	Spezifikation der zeitlichen Komponenten . . . . .	200
9.3.3	Operationalisierung der Nutzenfunktion . . . . .	201
9.3.4	Identifikation der Präferenzverteilung . . . . .	203
9.3.5	Festlegung der Modellparameter . . . . .	204
9.3.5.1	Produktveralterung . . . . .	205
9.3.5.2	Reichweite-Parameter . . . . .	206
9.3.5.3	Konjunkturfaktoren . . . . .	209
9.4	Operationalisierung der Vergleichsmodelle . . . . .	210
9.4.1	Operationalisierung des Regressionsmodells . . . . .	212
9.4.2	Operationalisierung des neuronalen Netzes . . . . .	213
9.4.3	Operationalisierung des Nested Logit Modells . . . . .	215
<b>10</b>	<b>Modellevaluierung</b>	<b>219</b>
10.1	Modellvalidierung . . . . .	220

---

10.1.1	Vergleichbare Untersuchungen . . . . .	220
10.1.2	Anpassungs- und Prognosegüte im Vergleich . . . . .	222
10.2	Generalisierungsfähigkeit . . . . .	227
10.2.1	Prognose neuer Produkte . . . . .	229
10.2.2	Zeitliche Absatzentwicklungen . . . . .	235
10.3	Betrachtung von Szenarien . . . . .	239
10.3.1	Preismodifikationen . . . . .	239
10.3.2	Produkteliminationen . . . . .	241
10.3.3	Modifikation der Einführungszeitpunkte . . . . .	244
10.4	Zusammenfassung der Evaluierung . . . . .	248
<b>V</b>	<b>Schlußbetrachtungen</b>	<b>253</b>
<b>11</b>	<b>Schlußbetrachtungen</b>	<b>255</b>
11.1	Kritische Würdigung . . . . .	255
11.2	Ausblick und Ansätze zur Weiterentwicklung . . . . .	259
<b>A</b>	<b>Notationen</b>	<b>261</b>
<b>B</b>	<b>Abkürzungen</b>	<b>263</b>
<b>C</b>	<b>Datenbeschreibungen</b>	<b>265</b>
C.1	Produktspezifische Absatzdaten . . . . .	265
C.2	Produktattribute . . . . .	266
C.3	Karosseriearten . . . . .	267
C.4	Segmentdefinitionen . . . . .	267
<b>D</b>	<b>Verwendete Fehlermaße</b>	<b>269</b>
D.1	Mittlere absolute Abweichung . . . . .	269
D.2	Wurzel der mittleren quadratischen Abweichung . . . . .	270
D.3	Mittlere relative absolute Abweichung . . . . .	270

Inhaltsverzeichnis	vii
--------------------	-----

---

D.4 Durchschnittlicher Genauigkeitsquotient . . . . .	270
---	-----

D.5 Theil'scher Ungleichheitskoeffizient . . . . .	271
--	-----

<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>272</b>
-----------------------------	------------



# Tabellenverzeichnis

10.1 Anpassungsgüte auf Markenebene, Gesamtmarktmodell . . . . .	224
10.2 Anpassungsgüte auf Markenebene, Nested Logit . . . . .	224
10.3 Anpassungsgüte auf Markenebene, neuronales Netz . . . . .	224
10.4 Anpassungsgüte auf Markenebene, lin. Regression . . . . .	224
10.5 Prognosegüte der Modelle im Vergleich . . . . .	225
10.6 Prognosegüte Gesamtmarktmodell, Markenebene . . . . .	226
10.7 Prognosegüte Nested Logit, Markenebene . . . . .	226
10.8 Prognosegüte neuronales Netz, Markenebene . . . . .	226
10.9 Prognosegüte lin. Regression, Markenebene . . . . .	226
10.10 Prognosegüte Gesamtmarktmodell, Segmentebene . . . . .	227
10.11 Prognosegüte Nested Logit, Segmentebene . . . . .	227
10.12 Prognosegüte neuronales Netz, Segmentebene . . . . .	227
10.13 Prognosegüte lin. Regression, Segmentebene . . . . .	227



# Abbildungsverzeichnis

2.1	Klassifizierung von Modellierungsansätzen . . . . .	22
3.1	Indifferenzkurve bei Konvexität und Monotonie der Präferenzen . . . . .	35
3.2	Die optimale Entscheidung . . . . .	38
3.3	Systematik der Discrete Choice Modelle . . . . .	60
3.4	Nutzenverteilung bei horizontaler Differenzierung . . . . .	82
4.1	Der ideale Produktlebenszyklus . . . . .	90
4.2	Ausprägungen von Produktlebenszyklen . . . . .	92
4.3	Komponenten der Produktveralterung . . . . .	98
4.4	Wertfunktion der Prospect-Theorie . . . . .	104
5.1	„Durchsetzung neuer Kombinationen“ nach Schumpeter . . . . .	110
5.2	Der Innovationsprozeß . . . . .	112
5.3	Produktpolitische Alternativen . . . . .	113
6.1	Ableitung der Implikationen für die Modellspezifikation . . . . .	134
6.2	Vergleichende Betrachtung der erörterten Ansätze . . . . .	135
6.3	Integration der Ansätze . . . . .	146
7.1	Gesamtablauf der Modellanwendung . . . . .	172
9.1	Allgemeiner Aufbau des 2-Schicht-Perzeptrons . . . . .	214
9.2	Aufbau des Nested Logit Modells . . . . .	216

---

10.1	Gesamtmarktprognose, Gesamtmarktmodell . . . . .	223
10.2	Prognose Audi A3, Gesamtmarktmodell . . . . .	228
10.3	Prognose Audi A3, Nested Logit . . . . .	228
10.4	Prognose Audi A3, neuronales Netz . . . . .	228
10.5	Prognose Audi A3, lin. Regression . . . . .	228
10.6	Prognose Mercedes-Benz E-Klasse Kombi, Gesamtmarktmodell . . . . .	229
10.7	Prognose Mercedes-Benz E-Klasse Kombi, Nested Logit . . . . .	229
10.8	Prognose Mercedes-Benz E-Klasse Kombi, neuronales Netz . . . . .	229
10.9	Prognose Mercedes-Benz E-Klasse Kombi, lin. Regression . . . . .	229
10.10	Prognose BMW Z3 Coupé, Gesamtmarktmodell . . . . .	231
10.11	Prognose BMW Z3 Coupé, Nested Logit . . . . .	231
10.12	Prognose BMW Z3 Coupé, neuronales Netz . . . . .	231
10.13	Prognose BMW Z3 Coupé, lin. Regression . . . . .	231
10.14	Prognose Porsche 911 Cabrio, Gesamtmarktmodell . . . . .	232
10.15	Prognose Porsche 911 Cabrio, Nested Logit . . . . .	232
10.16	Prognose Porsche 911 Cabrio, neuronales Netz . . . . .	232
10.17	Prognose Porsche 911 Cabrio, lin. Regression . . . . .	232
10.18	Prognose Mercedes-Benz A-Klasse, Gesamtmarktmodell . . . . .	233
10.19	Prognose Mercedes-Benz A-Klasse, Nested Logit . . . . .	233
10.20	Prognose Mercedes-Benz A-Klasse, neuronales Netz . . . . .	233
10.21	Prognose Mercedes-Benz A-Klasse, lin. Regression . . . . .	233
10.22	Prognose Mercedes-Benz M-Klasse, Gesamtmarktmodell . . . . .	234
10.23	Prognose Mercedes-Benz M-Klasse, Nested Logit . . . . .	234
10.24	Prognose Mercedes-Benz M-Klasse, neuronales Netz . . . . .	234
10.25	Prognose Mercedes-Benz M-Klasse, lin. Regression . . . . .	234
10.26	Prognose Segment 9, Gesamtmarktmodell . . . . .	236
10.27	Prognose Segment 9, Nested Logit . . . . .	236
10.28	Prognose Segment 9, neuronales Netz . . . . .	236
10.29	Prognose Segment 9, lin. Regression . . . . .	236

---

10.30	Prognose Segment 11, Gesamtmarktmodell . . . . .	237
10.31	Prognose Segment 11, Nested Logit . . . . .	237
10.32	Prognose Segment 11, neuronales Netz . . . . .	237
10.33	Prognose Segment 11, lin. Regression . . . . .	237
10.34	Preiserhöhung C240 - Absätze 1998, Gesamtmarktmodell . . . . .	240
10.35	Eliminierung E280 - Absätze 1998, Gesamtmarktmodell . . . . .	241
10.36	Eliminierung E280 - Absätze 1998, Nested Logit . . . . .	242
10.37	Eliminierung E280 - Absätze 1998, neuronales Netz . . . . .	243
10.38	Eliminierung E280 - Absätze 1998, lin. Regression . . . . .	244
10.39	Vorziehen S430 - Absätze 1998, Gesamtmarktmodell . . . . .	245
10.40	Vorziehen S430 - Absätze 1999, Gesamtmarktmodell . . . . .	246
10.41	Vorziehen S430 - Absätze 1998, Nested Logit . . . . .	247
10.42	Vorziehen S430 - Absätze 1999, Nested Logit . . . . .	248
10.43	Vorziehen S430 - Absätze 1998, neuronales Netz . . . . .	249
10.44	Vorziehen S430 - Absätze 1998, lin. Regression . . . . .	250



# **Teil I**

## **Die quantitative Unterstützung der Absatzplanung**



# Kapitel 1

## Einleitung

Die Durchführung der langfristigen Absatzplanung ist für produzierende Unternehmen – insbesondere in der Automobilindustrie – von zentraler Bedeutung. Im Kern dieser Arbeit steht die Entwicklung eines quantitativen Ansatzes zur Unterstützung dieser betrieblichen Aufgabe. Motiviert ist dieser Forschungsgegenstand durch die Anforderungen an langfristige Absatzplanungsprozesse einerseits und die Komplexität des Nachfrageverhaltens auf Automobilmärkten andererseits.

Daher werden zunächst sowohl der Prozeß der Absatzplanung als auch die spezifischen Charakteristika von Automobilmärkten betrachtet, bevor die hieraus resultierende Problemstellung dieser Arbeit näher spezifiziert wird.

### 1.1 Die langfristige Absatzplanung

Für Industrieunternehmen ist die langfristige Absatzplanung ein zentrales Element der strategischen, marktorientierten Unternehmensplanung,<sup>1</sup> in die zum einen strategische Planungsprämissen einfließen wie beispielsweise die langfristige Produkt- und Preisplanung. Zum anderen liefert die Absatzplanung die Grundlage für die Kalkulation der entsprechenden Umsatz- und Gewinnerwartungen.

Aus diesen betrieblichen Zusammenhängen wird gleichsam die Relevanz dieser Arbeit deutlich, da die Optimierung und quantitative Unterstützung der langfristigen Ab-

---

<sup>1</sup>Vgl. zur Bedeutung der strategischen Unternehmensplanung Kotler, 2001, S. 107 ff.; Bickelmann, 1983, S. 131.

satzplanung eine unmittelbare unternehmerische Verbesserung darstellt, welche einerseits dazu führt, Risiken zu vermeiden und andererseits die Identifikation von Absatzchancen fördert.<sup>2</sup>

Neben der unternehmerischen Bedeutung bezieht die langfristige Absatzplanung ihre Relevanz zudem aus der Komplexität dieser Aufgabe, da neben den unternehmensbezogenen Planungsprämissen weitere Einflüsse zu berücksichtigen sind, die sich auf zukünftige Absätze auswirken.<sup>3</sup>

Wesentlichen Einfluß auf die Prognose besitzen dabei die Planungsprämissen, die die Erwartungen hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen sowie aktuelle Rahmenbedingungen beinhalten. Diese Prämissen beziehen sich auf die eigenen Produkte, den Wettbewerb sowie die generellen Rahmenbedingungen.

Die das eigene Unternehmen betreffenden Planungsprämissen sind bekannt und unter Umständen noch modifizierbar. Sie umfassen beispielsweise:

1. Das aktuelle Erzeugnisprogramm,
2. die Produktplanung,
3. die Preisstrategie,
4. die geplanten An- und Ausläufe der Produkte,
5. die bisher gültige strategische Planung,
6. und die operative (kurzfristige) Planung.

Die Prämissen bezüglich des Wettbewerbs sind inhaltlich mit den Prämissen bezüglich der eigenen Produkte identisch, jedoch nicht mit einer größeren Unsicherheit behaftet. Sind sichere Informationen nicht verfügbar, so sind jedoch für jeden einzelnen Wettbewerber Annahmen bezüglich folgender Aspekte zu treffen:

1. Das aktuelle Erzeugnisprogramm,
2. die Produktplanung,

---

<sup>2</sup>Vgl. hierzu die Konzeption eines Marketing-Informationssystems Kotler, 2001, S. 191 ff.

<sup>3</sup>Vgl. zur Komplexität der Absatzplanung in der Automobilindustrie Bickelmann, 1983, S. 133 f.

3. die Preisstrategie,
4. die geplanten An- und Ausläufe der Produkte,
5. die bisher gültige strategische Planung,
6. und die operative (kurzfristige) Planung.

Darüber hinaus bestimmen Prämissen hinsichtlich der Entwicklung des allgemeinen Umfelds die Absatzplanung, so beispielsweise:

- die Erwartungen bezüglich der konjunkturellen Entwicklung,
- die Erwartungen bezüglich spezifischer Konsumtrends.

Aus den aufgeführten Punkten und deren Verflechtungen untereinander wird die Komplexität des Absatzplanungsprozesses deutlich, der zudem durch die Unsicherheit bezüglich zukünftiger Entwicklungen charakterisiert ist.

Ziel der langfristigen Absatzplanung ist es, unter Berücksichtigung der genannten Prämissen den geplanten Produkten entsprechende, zu erwartende Absätze zuzuordnen, was den prognostischen Charakter der Aufgabe deutlich macht.<sup>4</sup> Insbesondere im Rahmen langfristiger Planungen sind dabei die Absatzerwartungen aus der Prognose des Nachfrageverhaltens abzuleiten.

Vor dem Hintergrund, daß diese Planungsaufgabe in der betrieblichen Praxis einerseits einen hohen Stellenwert einnimmt und andererseits oftmals durch einfache Methoden oder auf der Grundlage von Erfahrungswerten durchgeführt wird,<sup>5</sup> läßt sich die Motivation für die Untersuchung der Fragestellung ableiten, inwiefern sich der Prozess der Absatzplanung durch quantitative Methoden unterstützen läßt. Dieser Forschungsgegenstand gewinnt zudem insofern an Aktualität und Bedeutung, als daß die Informationen und Daten über die Märkte und Konsumenten an Qualität zunehmen und darüber hinaus die Entwicklung der Informationstechnologie den Einsatz quantitativer, computergestützter Methoden in steigendem Maße erlaubt.

<sup>4</sup>Vgl. zum Zusammenhang zwischen strategischer Planung und Prognosen Capon & Hulbert, 1985; Kotler, 2001, S. 235 ff.

<sup>5</sup>Vgl. zu Erhebungen über in der Praxis eingesetzte Absatzprognoseverfahren Lawrence, 2000; Lawrence & O'Connor, 2000; Lynn, Schnaars & Skov, 1999; Mentzer & Kahn, 1997.

## 1.2 Die Charakteristika von Automobilmärkten

Der in dieser Arbeit verwendete Begriff des Automobilmarkts bezieht sich auf den PKW-Neuwagenmarkt einschließlich der hier agierenden Hersteller und Konsumenten. Die verfügbaren Daten beziehen sich ausschließlich auf die Angebotsseite des Marktes, Untersuchungsgegenstand ist demnach die Nachfrage nach den Produkten, wobei das Aggregationsniveau durch einzelne Produktvarianten definiert ist, die sich durch Hersteller, Fahrzeugklasse, Baureihe, Aufbauart und Motorisierung unterscheiden.<sup>6</sup>

Es existieren zahlreiche Untersuchungen, die den Begriff des Automobilmarkts umfassender definieren und beispielsweise unter industrieökonomischen Gesichtspunkten analysieren.<sup>7</sup> In dieser Arbeit wird auf die Betrachtung beispielsweise des Gebrauchtwagenmarkts oder der Art der Finanzierung verzichtet, da die strukturanalytische Betrachtung des Automobilmarktes nicht im Mittelpunkt steht. Obwohl sicherlich unterstellt werden kann, daß die erwähnten Aspekte das Nachfrageverhalten nach Automobilen beeinflussen, fokussiert der in dieser Arbeit vorgestellte Ansatz auf die Untersuchung der produktbezogenen Determinanten der Nachfrage, welche dem unmittelbaren Einfluß der Hersteller unterliegen, ohne allerdings Annahmen über das allgemeine wirtschaftliche Umfeld außer Acht zu lassen.

Der Automobilmarkt insbesondere in Deutschland kann bezüglich der Nachfrage weitestgehend als gesättigt angesehen werden, die beobachtete Nachfrage resultiert weitestgehend aus dem entstandenen Ersatzbedarf. Die Märkte weisen einen hohen Grad an Produktdifferenzierung und Segmentierung des Fahrzeugangebots auf, der durch das zunehmende Angebot von Nischenprodukten weiter zunimmt, was als Indiz für die Marktsättigung gewertet werden kann.

Die Automobilhersteller haben mitunter beträchtliche Überkapazitäten aufgebaut, was den Kostendruck und den Wettbewerb verschärft. Für die Existenz dieser starken Konkurrenzsituation lassen sich verschiedene Anzeichen finden. Augenscheinlich wird

---

<sup>6</sup>Bezüglich der untersuchten Produkte werden Sonderausstattungen oder Ausstattungslinien nicht berücksichtigt.

<sup>7</sup>Vgl. hierzu beispielsweise Terporten, 1999 sowie die Literaturbetrachtung in Abschnitt 2.1.2.

von den Herstellern ein beträchtlicher Vertriebs- und Marketingaufwand betrieben, der Produktneueinführungen und Produktaufwertungen begleitet. Ein weiteres Indiz für den zunehmenden Wettbewerb besteht in immer umfangreicheren Serienausstattungen und einer Angleichung der Produkte in technischer Hinsicht. Die Zeit, in der ein technisch hochwertiges und neuartiges Ausstattungsmerkmal zum Standard einer Fahrzeugklasse wird, verringert sich zunehmend. Und nicht zuletzt die Konzentrationsbestrebungen innerhalb der Automobilbranche aber auch die Straffung der Händlernetze verdeutlichen das Ausmaß des Wettbewerbsdrucks, da hierdurch positive Kosteneffekte angestrebt werden.

Darüber hinaus ist zu beobachten, daß die Produkte sehr ausgeprägte Absatzlebenszyklen aufweisen, deren Dauer sich zudem verkürzt, was auf das Bestreben der Hersteller hindeutet, die Kunden stets mit neuen Produkten zu versorgen. Darüber hinaus sind die Anbieter bestrebt, neue Produktkategorien zu kreieren, was in beträchtlichen Wachstumsraten einzelner Marktsegmente resultiert. Trotz der Saturation der Märkte herrscht damit eine beträchtliche Dynamik innerhalb einzelner Marktsegmente, welche es hinsichtlich der Modellierung des Nachfrageverhaltens zu beachten gilt.

Hinsichtlich der Definition der Problemstellung lassen sich demnach folgende wesentlichen Merkmale von Automobilmärkten identifizieren:

- Hoher Grad der Produktdifferenzierung und Marktsegmentierung,
- starke Produktsubstitutionen zwischen Herstellern und Segmenten,
- Heterogenität der Konsumenten in ihren Präferenzen,
- Starke zeitliche Einflüsse, die sich in ausgeprägten Lebenszyklen äußern,
- zeitliche Nachfrageverschiebungen zwischen den verschiedenen Marktsegmenten (hin zu neu geschaffenen Segmenten).

Hinsichtlich des Untersuchungsgegenstands dieser Arbeit ist zudem von erheblicher Relevanz, daß ein hoher Standard bezüglich der Marktinformation herrscht, da sowohl

die Nachfrage in Form von Zulassungszahlen meßbar und beobachtbar ist als auch die Produkte in ihren technischen Spezifikationen hinreichend exakt spezifiziert sind, so daß eine eindeutige Beschreibung der Produktdifferenzierung ermöglicht wird.

Aus den aufgeführten Charakteristika läßt sich die weitere Motivation hinsichtlich des Forschungsgegenstands dieser Arbeit ableiten, der darauf abzielt, die Komplexität der auf Automobilmärkten beobachteten Nachfrage formal zu erfassen und darauf basierend das Nachfrageverhalten durch ein quantitatives Modell zu beschreiben.

### **1.3 Problemstellung**

In den beiden vorherigen Abschnitten sind mit der Relevanz betrieblicher Absatzplanungsprozesse sowie mit der Komplexität und Vielschichtigkeit von Automobilmärkten diejenigen Aspekte dargestellt worden, aus denen sich die Motivation dieser Arbeit ableitet. Die ganzheitliche Betrachtung dieser beiden Aspekte führt letztlich zur Problemstellung dieser Arbeit.

Wie bereits beschrieben, bietet die strategische Absatzplanung als Komponente der Marketingplanung sowie der Unternehmensplanung ein erhebliches Potential für den Einsatz quantitativer Methoden. Ein derart unterstützter Planungsprozeß wirkt sich unmittelbar auf die Qualität der Unternehmensplanung aus, woraus die Relevanz dieser Aufgabe ersichtlich wird.

Somit besteht die Herausforderung darin, ein geeignetes Prognoseverfahren zu entwickeln, welches einerseits den Anforderungen an die betriebliche Absatzplanung gerecht wird und andererseits die dargestellten Charakteristika der Automobilmärkte in realistischer Weise erfaßt.

Zusammenfassend läßt sich die Problemstellung anhand folgender Anforderungen verdeutlichen:

- Modellierung der disaggregierten Nachfrage von Automobilen vor dem Hintergrund der marktspezifischen Charakteristika,

- 
- Explizite Berücksichtigung produktspezifischer Maßnahmen sowie Aktivitäten des Wettbewerbs,
  - Berücksichtigung der differenzierten Wettbewerbsbeziehungen,
  - Berücksichtigung der dynamischen Aspekte der Nachfrage,
  - Gewährleistung der Generalisierungsfähigkeit des Modells insbesondere aufgrund des langfristigen Betrachtungszeitraums,
  - Eignung des Prognosemodells zu Planungszwecken, Evaluierung verschiedener Handlungsalternativen und Zukunftserwartungen anhand von Szenarien,
  - Empirische Identifikation aus Absatz- und Produktdaten.

Durch die aufgeführten Aspekte ist damit der Forschungsgegenstand als solcher hinreichend eingegrenzt worden. Diesbezüglich ist explizit hervorzuheben, daß der Schwerpunkt auf der Erfassung der Komplexität des Marktes und der damit einhergehenden Interdependenz der Einflüsse auf die Produktnachfrage liegt.



# Kapitel 2

## Abgrenzung und Zielsetzung

In diesem Kapitel wird eine Betrachtung der Literatur hinsichtlich existierender Ansätze mit Bezug zur Problemstellung dieser Arbeit vorgenommen, um nachfolgend die Abgrenzung dieser Arbeit darzustellen und die Zielsetzung sowie den Aufbau der Arbeit zu erläutern.

### 2.1 Literaturbetrachtung

Die nachfolgend betrachtete Literatur wird in methodische und anwendungsbezogene Untersuchungen unterteilt. So werden zunächst Methoden der Nachfragemodellierung und -prognose erörtert. Nachfolgend konzentriert sich die Betrachtung auf Untersuchungen der Nachfrage nach Automobilen, wobei hier weiter nach der Aggregationsebene des Prognoseobjekts unterschieden wird.

#### 2.1.1 Methoden der Nachfrageprognose

Prognoseverfahren lassen sich nach vielfältigen Kriterien klassifizieren, allerdings hat sich keine Taxonomie eindeutig durchgesetzt.<sup>8</sup> In den folgenden Ausführungen wird auf eine detailliertere Darstellung qualitativer Prognoseverfahren verzichtet, die Erörterungen konzentrieren sich vielmehr auf quantitative Methoden zur Erklärung nachfrageorientierter Fragestellungen, wobei sich nach dem Prognoseobjekt und dem Modellzweck

---

<sup>8</sup>Vgl. Weber, 1990, S. 3 ff.

zwischen folgenden Ansätzen unterscheiden läßt:

- Entwicklungsprognosen,
- Marketing-Mix Modelle bzw. Marktreaktionsmodelle,
- Modelle des Konsumentenverhaltens,
- Marktanteilsmodelle.

*Entwicklungsprognosen* beziehen sich auf die Modellierung des produkt- bzw. marktspezifischen Absatzvolumens. Die entsprechenden Verfahren basieren auf zeitreihen-analytischen Methoden,<sup>9</sup> deren Ziel in der Ableitung von Gesetzmäßigkeiten bezüglich der kontinuierlichen Entwicklung der Prognosevariablen aus der Betrachtung historischer Daten liegt. Entwicklungsmodelle setzen sich aus Trendkomponenten, zyklischen Komponenten sowie stochastischen Komponenten zusammen, welche additiv oder multiplikativ verknüpft sind.

Entwicklungsmodelle lassen sich in Trendmodelle und Indikatormodelle unterscheiden. Erstere berücksichtigen ausschließlich die Zeit zur Erklärung der Prognosevariablen, während Indikatormodelle zusätzlich weitere Größen als erklärende Variablen beinhalten, denen ein statistischer (jedoch nicht notwendigerweise ein kausaler) Zusammenhang mit dem Prognoseobjekt unterstellt wird. Indikatoren müssen nicht dem Unternehmensumfeld entstammen, sondern können auch in stärker aggregierten, beispielsweise makroökonomischen oder sozioökonomischen Größen ihren Ursprung finden.

Einen Sonderfall innerhalb der zeitbedingten Entwicklungsmodelle stellen die Diffusionsmodelle dar, die die zeitliche Marktdurchdringung von Neuprodukten erklären.<sup>10</sup> Während rein zeitreihen-analytischen Ansätzen keine Theorie bezüglich der Wirkzusammenhänge der erklärenden Einflüsse und dem Prognosedatum zugrunde liegt, unterstellen Diffusionsmodelle einen charakteristischen Prozeß der Marktdurchdringung

<sup>9</sup>Vgl. für einen Überblick Meffert & Steffenhagen, 1977, S. 61 ff.; Stöppler, 1984, S. 17 ff.

<sup>10</sup>Vgl. für eine umfassende Übersicht von Diffusionsmodellen und deren Anwendung auf marketingbezogene Problemstellungen Mahajan, Muller & Bass, 1993 sowie Mahajan & Peterson, 1985.

innovativer Produkte, welcher auf der Wahrnehmung der Konsumenten sowie der Kommunikation der Innovation basiert.

Im Gegensatz zu Entwicklungsmodellen berücksichtigen *Marktreaktionsmodelle*<sup>11</sup> explizit die Wirkung des Marketing-Instrumentariums<sup>12</sup> auf absatzbezogene Größen. Sie werden daher auch oftmals als *Marketing-Mix Modelle* bezeichnet. Diese Modelle werden in statische und dynamische Marktreaktionsmodelle unterschieden.

Zu den statischen Marktreaktionsmodellen gehören typischerweise Preis-Absatz-Funktionen, aber auch Modelle, die mehrere Marketing-Instrumente gleichzeitig berücksichtigen.<sup>13</sup> Sie vernachlässigen jedoch zeitlich bedingte Einflüsse und lassen sich durch regressionsanalytische Verfahren empirisch schätzen.

Dynamische Marktreaktionsmodelle berücksichtigen zusätzlich dynamische Entwicklungen der Marketing-Instrumente ebenso wie Wirkungsverzögerungen sowie zeitlich versetzte Reaktionen des Wettbewerbs.<sup>14</sup> Die Schätzung der entsprechenden Modelle basiert auf zeitreihen-analytischen Verfahren.

Neben den bislang erörterten prognostischen Methoden werden auch *Modelle des Konsumentenverhaltens* zur Erklärung der Nachfrage verwendet.<sup>15</sup> Sie basieren auf der Abbildung des Entscheidungsprozesses einzelner Individuen, die in aggregierter Form Rückschlüsse bezüglich der Gesamtmarktnachfrage erlauben.

Roberts & Lilien untergliedern diese Verfahren nach der Phase des Entscheidungsprozesses, auf deren Erklärung der jeweilige Ansatz abzielt. Bezüglich der Phasen wird zwischen Bedürfnis, Information, Evaluierung, Kauf sowie der Phase nach dem Kauf unterschieden.<sup>16</sup> Zur Erklärung der Kaufphase, die im Kontext dieser Arbeit von zentra-

<sup>11</sup>Vgl. für einen Überblick Hanssens & Parsons, 1993; Hanssens, Parsons & Schultz, 1990.

<sup>12</sup>Unter dem Begriff des Marketing-Instrumentariums wird die Gesamtheit marketingpolitischer Entscheidungsvariablen verstanden, welche beispielsweise unternehmens- und produktspezifische Variablen wie Preise oder Werbeaufwendungen umfassen.

<sup>13</sup>Statische Marktreaktionsmodelle lassen sich auf vielfältige Weise formal spezifizieren, Beispiele sind lineare, multiplikative, semi-logarithmische, exponentielle und logistische Marktreaktionsfunktionen (vgl. für einen Überblick Hanssens et al., 1990, S. 413 ff.; Buchmann, 1973; Hruschka, 1997).

<sup>14</sup>Vgl. zu dynamischen Preis-Absatz-Funktionen Nieschlag, Dichtl & Hörschgen, 1985, S. 333 ff.

<sup>15</sup>Vgl. für übersichtliche Darstellungen entsprechender Ansätze Corstjens & Gautschi, 1983; McFadden, 1986; Roberts & Lilien, 1993.

<sup>16</sup>Vgl. Roberts & Lilien, 1993, S. 30 ff.

ler Bedeutung ist, werden insbesondere Modelle der Discrete Choice Theorie als geeignet hervorgehoben,<sup>17</sup> die basierend auf der Nutzentheorie die Entscheidungen einzelner Konsumenten für eine von mehreren verfügbaren Alternativen erklären. Durch die Verwendung einer teilstochastischen, konsumentenspezifischen Nutzenfunktion werden die bezüglich der Entscheidung relevanten und beobachteten Variablen einbezogen.<sup>18</sup> Unter einer Verteilungsannahme bezüglich der stochastischen Komponente werden dem Prinzip der Maximierung des Zufallsnutzens folgend den einzelnen Alternativen Wahrscheinlichkeiten zugeordnet, mit denen sie von den betrachteten Individuen gewählt bzw. gekauft werden. Die Identifikation des Nachfrageverhaltens der Konsumenten aus empirischen Daten erlaubt die Verwendung von Discrete Choice Modellen zu prognostischen Zwecken. Als auch in der Marketingliteratur weit verbreitetes Discrete Choice Modell ist an dieser Stelle das Logit-Modell hervorzuheben.<sup>19</sup>

Corstjens & Gautschi ziehen die Präferenzen, die Auswahlalternativen, die Entscheidungsregel sowie den resultierenden Kaufakt als Elemente des individuellen Entscheidungsprozesses zur Klassifizierung von nutzenbasierten Ansätzen zur Erklärung des Konsumentenverhaltens heran. Bei den vier unterschiedenen Ansätzen<sup>20</sup> handelt es sich um die neoklassische Konsumtheorie und insbesondere deren Erweiterung durch Lancaster,<sup>21</sup> die Risiko-Präferenz Theorie zur Erklärung von Entscheidungen unter Unsicherheit nach von Neumann & Morgenstern,<sup>22</sup> Nachfragemodelle mit deterministischem Nutzen<sup>23</sup> sowie Nachfragemodelle mit stochastischem Nutzen,<sup>24</sup> welche auf der zuvor erwähnten Discrete Choice Theorie basieren.

Herrmann entwickelt in seiner Arbeit zum Produktwahlverhalten einen zweistufigen Typologierungsansatz für Produktwahlmodelle, nach dem zunächst eine Unter-

---

<sup>17</sup>Vgl. zu ausführlichen Erörterungen der Discrete Choice Theorie Ben-Akiva & Lerman, 1985; McFadden, 1986.

<sup>18</sup>Vgl. für einen theoretischen Bezugsrahmen von Entscheidungssituationen Ben-Akiva et al., 1999.

<sup>19</sup>Vgl. Cramer, 1991.

<sup>20</sup>Vgl. für eine tabellarische Übersicht verschiedener Ansätze Corstjens & Gautschi, 1983, S. 32.

<sup>21</sup>Vgl. Lancaster, 1966; Varian, 1999.

<sup>22</sup>Vgl. von Neumann & Morgenstern, 1953.

<sup>23</sup>Vgl. Luce, 1959.

<sup>24</sup>Vgl. Thurstone, 1927a.

scheidung nach dem wissenschaftlichen Gebiet vorgenommen wird.<sup>25</sup> Er unterscheidet zwischen mikroökonomischen und verhaltenswissenschaftlichen Ansätzen. In einer nachgelagerten Unterscheidung werden in Analogie zu Corstjens & Gautschi die Elemente des Entscheidungsprozesses als Gliederungskriterien verwendet, denen zufolge die mikroökonomischen Ansätze weiter in die neoklassische Konsumtheorie sowie die neue Haushaltstheorie nach Lancaster untergliedert werden. Verhaltenswissenschaftliche Ansätze werden in vollstochastische Ansätze,<sup>26</sup> teilstochastische Ansätze<sup>27</sup> sowie Raum- und Präferenzmodelle<sup>28</sup> unterteilt.

Darüber hinaus ist anzumerken, daß in der Literatur im Zusammenhang mit der Nachfragemodellierung oftmals *Marktanteilsmodelle* diskutiert werden.<sup>29</sup>

Diese Modelle unterscheiden sich von den zuvor diskutierten Ansätzen nicht durch die verwendete Methodik, sondern vielmehr durch die Betrachtung der Marktanteile als Zielgröße, welche die Betrachtung aller relevanten Marken, Hersteller oder Produkte voraussetzt. Wesentlich für die Anwendung dieser Modelle ist daher die Definition der funktionalen Ableitung der Marktanteile aus der ursprünglichen Prognosegröße des zugrunde liegenden Ansatzes (beispielsweise aggregierte, markenspezifische Absatzvolumina oder Auswahlwahrscheinlichkeiten).<sup>30</sup>

### 2.1.2 Untersuchungen des Automobilmarkts

Die Untersuchung von Automobilmärkten steht im Zentrum zahlreicher empirischer Studien, wobei die jeweiligen Fragestellungen stark variieren. Grundsätzlich lassen sich

<sup>25</sup>Vgl. Herrmann, 1992, S. 75 ff.

<sup>26</sup>Im Rahmen der vollstochastischen Verfahren werden Bernoulli-Modelle, Markov-Modelle sowie das Linear Learning Modell näher diskutiert. Vgl. hierzu Herrmann, 1992, S. 96 ff.

<sup>27</sup>Hierunter fallen die bereits erwähnten Modelle mit stochastischem Nutzen bzw. mit stochastischer Entscheidungsregel. Vgl. hierzu Herrmann, 1992, S. 115 ff.

<sup>28</sup>Im Zusammenhang mit Raum- und Präferenzmodelle werden insbesondere Produkt- und Präferenzraummodelle dargestellt sowie deren Kombination. Ferner wird auf die mehrdimensionale Skalierung als Verfahren zur Generierung der räumlichen Darstellung eingegangen. Vgl. hierzu Herrmann, 1992, S. 165 ff.

<sup>29</sup>Vgl. für eine umfassende Darstellung von Marktanteilsmodellen Cooper, 1993; Cooper & Nakanishi, 1988.

<sup>30</sup>Vgl. Cooper & Nakanishi, 1988, S. 17 ff.

entsprechende Untersuchungen nach dem Aggregationsniveau der Prognosegröße unterscheiden:

- Erklärung der Nachfrage auf der aggregierten Ebene,
- Erklärung der Nachfrage auf der disaggregierten Ebene.

Entsprechend dieser Klassifizierung<sup>31</sup> werden im folgenden exemplarische Untersuchungen erörtert, die explizit die Modellierung der Automobilnachfrage beinhalten. Darüber hinaus existieren zahlreiche Untersuchungen, welche im weiteren Sinne einen Bezug zur Nachfrage nach Automobilen aufweisen, so beispielsweise Untersuchungen von Automobilpreisen<sup>32</sup> oder von Präferenzstrukturen der Automobilkonsumenten.<sup>33</sup> Diese explizit zu erörtern, liegt außerhalb des Rahmens dieser Literaturbetrachtung.

### 2.1.2.1 Betrachtung der aggregierten Nachfrage

Modelle der aggregierten Automobilmarktprognose teilen die Eigenschaft, daß sie neben der Erklärung eines aggregierten Prognosedatums (beispielsweise von Zulassungszahlen des Gesamtmarktes) zumeist aggregierte makroökonomische, sozioökonomische sowie soziodemographische Daten bzw. Indikatoren als erklärende Variablen berücksichtigen. Allanson untersucht verschiedene Ansätze zur Prognose des Automobilbestandes und stellt gleichsam deren historische Entwicklung dar. Erörtert werden in diesem Zusammenhang insbesondere ökonometrische Modelle zur kausalen Erklärung der Prognosevariablen, die regressionsanalytisch aus den verfügbaren Daten geschätzt werden.<sup>34</sup> Aggregierte Einflüsse umfassen beispielsweise die demographische Entwicklung, die Einkommensentwicklung, die Arbeitslosigkeit, die konjunkturelle Entwicklung sowie Preisindizes für Treibstoff oder Automobile.<sup>35</sup> Button, Pearman & Fowkes dis-

<sup>31</sup>Die Bezeichnungen „aggregiert“ bzw. „disaggregiert“ beziehen sich hier ausschließlich auf das Prognoseobjekt bzw. die prognostizierte Einheit. Dagegen werden in einigen Untersuchungen diese Begriffe ebenso auf die verwendeten Daten bzw. die erklärenden Variablen bezogen.

<sup>32</sup>Vgl. Arguea, Hsiao & Taylor, 1994; Bajari & Benkard, 2001; Cropper et al., 1993; Dichtl, 1984; Griliches, 1971.

<sup>33</sup>Vgl. Dichtl et al., 1980.

<sup>34</sup>Vgl. Allanson, 1982, S. 30 ff.

<sup>35</sup>Vgl. Allanson, 1982, S. 96 ff., sowie für eine weitere Anwendung Prevedouros & An, 1998.

kutieren darüber hinaus zeitbedingte Extrapolationsmethoden,<sup>36</sup> welche lediglich die Abhängigkeit der Entwicklung der Zulassungszahlen von der Zeit ohne Berücksichtigung kausaler Einflüsse erklären.

Schülen entwickelt einen Ansatz zur langfristigen Automobilmarktprognose unter dem Aspekt der Verwendung in der strategischen Planung, wodurch dieser Ansatz einen Bezug zur Themenstellung dieser Arbeit aufweist.<sup>37</sup> Das durch das jährliche Zulassungsvolumen definierte Prognosedatum wird durch einen hierarchischen Ansatz erklärt, der separate Modelle zur Bestandsprognose, zur Prognose des Ersatzbedarfs sowie zur Erklärung der Haltewahrscheinlichkeiten<sup>38</sup> kombiniert, die die jeweils als relevant erachteten makroökonomischen sowie sozioökonomischen und soziodemographischen Einflüsse explizit berücksichtigen.

Im Zusammenhang mit der Darstellung von Verfahren der kurz-, mittel- und langfristigen Prognose diskutiert Lewandowski einen Ansatz zur mittelfristigen Prognose von Automobilneuzulassungen.<sup>39</sup> Das Modell besteht aus einer langfristigen Wachstumskomponente in Form einer logistischen Funktion vierter Ordnung, welche soziodemographische und ökonomische Einflüsse berücksichtigt, sowie aus einer explikativen mittelfristigen Konjunkturkomponente, welche durch separate Submodelle marktspezifische und konjunkturrelevante Größen berücksichtigt. Hierzu zählen die psychologische Wirkung von Konjunkturkrisen, Preiserhöhungen, Automobilkosten, Modellpolitik der Hersteller, konjunkturpolitische Maßnahmen sowie Veränderungen der Ersatzbedarfnachfrage.

Einen in methodischer Hinsicht abweichenden Ansatz zur Automobilmarktprognose wendet Hippner auf die Prognose von Gesamtmarktzulassungszahlen<sup>40</sup> bzw. von segmentspezifischen Zulassungszahlen<sup>41</sup> an. Das Prognosedatum wird durch ein neuronales Netz prognostiziert, in welches soziodemographische, sozioökonomische und

<sup>36</sup>Vgl. Button, Pearman & Fowkes, 1982, S. 13 ff.

<sup>37</sup>Vgl. Schülen, 1985, S. 19 f.

<sup>38</sup>Vgl. zur Struktur des Prognosemodells Schülen, 1985, S. 87 ff.

<sup>39</sup>Vgl. Lewandowski, 1980, S. 350 ff.

<sup>40</sup>Vgl. Hippner, 1999.

<sup>41</sup>Vgl. Hippner & Rau, 1999.

makroökonomische Daten als Inputvariablen eingehen.

Neben den hier aufgeführten Ansätzen lassen sich Modelle aus disaggregierten Daten schätzen, um auf das aggregierte Prognosedatum zu schließen. In methodischer Hinsicht basieren diese Modelle auf den zuvor bereits erwähnten nutzenbasierten Ansätzen der Discrete Choice Theorie. Die verwendeten Daten umfassen unter anderem haushaltsspezifische Größen wie Einkommen, Größe und Altersstruktur des Haushalts sowie den Wohnort.<sup>42</sup> Allanson diskutiert ein derartig strukturiertes Modell zur Prognose der Gesamtmarktzulassungen.<sup>43</sup> Button, Pearman & Fowkes verwenden ebenfalls aus disaggregierten Daten geschätzte Modelle der Discrete Choice Theorie zur regionenspezifischen Prognose des aggregierten Automobilbestandes sowie zur Analyse sozioökonomischer Einflüsse auf die Prognosevariable.<sup>44</sup>

### 2.1.2.2 Betrachtung der disaggregierten Nachfrage

Im folgenden werden Untersuchungen von Automobilmärkten betrachtet, welche die Nachfrage nach Automobilen in disaggregierter Form auf der Ebene von Produktvarianten betrachten und damit einen grundsätzlichen Unterschied zu den oben diskutierten Ansätzen aufweisen.<sup>45</sup>

Die Arbeit von Kellner weist eine ähnliche Struktur wie das Modell von Schülen auf, zielt jedoch auf die Erklärung des Käuferpotentials ab,<sup>46</sup> welches separat für einzelne Segmente des Automobilmarkts durch spezifische Regressionsmodelle erklärt wird, die ökonomische bzw. sozioökonomische Einflüsse berücksichtigen. Darüber hinaus wird ein Ansatz zur Prognose einzelner Baureihen bzw. von Modellvarianten konzipiert, der umfragebasierte Daten, produktspezifische Attribute oder Testergebnisse berücksichtigt. Die Prognose der Nachfrage nach Baureihen und Typvarianten basiert auf den zuvor prognostizierten Segment- bzw. Baureihenvolumina, womit allerdings die Wettbewerbs- und Marktstruktur vernachlässigt wird. Zeitliche Aspekte der Nachfra-

---

<sup>42</sup>Vgl. Allanson, 1982, S. 103 ff.

<sup>43</sup>Vgl. Allanson, 1982, S. 106 ff.

<sup>44</sup>Vgl. Button, Pearman & Fowkes, 1982, S. 39 ff.

<sup>45</sup>Vgl. für eine vergleichende Darstellung verschiedener Ansätze Wojcik, 2000.

<sup>46</sup>Vgl. Kellner, 1987, S. 18 ff.

ge auf der Baureihen- und Modellebene werden nicht explizit berücksichtigt, sondern lediglich durch die zeitliche Variation der höher aggregierten Größen reflektiert.

Auf dem Feld der Industrieökonomik bzw. der Wettbewerbstheorie stellen Automobilmärkte ebenfalls oft den Untersuchungsgegenstand dar, wobei hier nicht die eigentliche Nachfrageprognose im Zentrum der Betrachtung steht, sondern vielmehr die Modellierung der Nachfrageseite (wie auch der Angebotsseite) Mittel zur Analyse des Wettbewerbs zwischen den Unternehmen ist.<sup>47</sup>

Bresnahan untersucht die Preispolitik der Anbieter auf dem amerikanischen Automobilmarkt, wobei die Modellierung der Nachfrageseite auf dem Konzept der horizontalen Produktdifferenzierung basiert, derzufolge sich die Produkte durch einen Qualitätsindex differenzieren, welcher durch qualitätsrelevante Produkteigenschaften definiert ist.<sup>48</sup> Dieses Konzept berücksichtigt neben der Modellierung der disaggregierten Automobilmachfrage ebenso die Darstellung differenzierter Preiselastizitäten.

Feenstra & Levinsohn erweitern diesen Ansatz, indem sich die Produkte bezüglich mehrerer Dimensionen differenzieren,<sup>49</sup> was der komplexen Nachbarschaftsstruktur der Automobilmärkte gerecht wird und die Repräsentation komplexerer Preiselastizitäten zuläßt. Sowohl Feenstra & Levinsohn als auch Bresnahan verwenden zur Schätzung ihrer Modelle historische Produkt- und Absatzdaten.

Alternativ zum Konzept der Produktdifferenzierung modellieren Berry, Levinsohn & Pakes sowie Goldberg die Nachfrageseite des Marktes basierend auf Ansätzen der Discrete Choice Theorie, welche die Darstellung differenzierter Preiselastizitäten durch entsprechend korrelierte stochastische Nutzenkomponenten erlaubt. Goldberg verwendet in diesem Zusammenhang ein Nested-Logit Modell,<sup>50</sup> das auf Produktattributen so-

---

<sup>47</sup>Ohne näher auf die Wettbewerbstheorie einzugehen, sei an dieser Stelle angemerkt, daß zur formalen Analyse von Wettbewerbszuständen (z.B. Nash-, Bertrand- oder Cournot-Gleichgewichte), die durch die beobachteten Mengen und Preise charakterisiert sind, explizite Annahmen bezüglich der Nachfrage sowie der Angebotsstruktur erforderlich sind.

<sup>48</sup>Vgl. Bresnahan, 1981, 1987.

<sup>49</sup>Vgl. Feenstra & Levinsohn, 1995.

<sup>50</sup>Das Nested Logit Modell basiert auf gemäß einer Baumstruktur hierarchisch verketteten Logit-Modellen, siehe hierzu auch Abschnitt 3.4.1.

wie umfragebasierten Konsumentendaten basiert.<sup>51</sup> Berry, Levinsohn & Pakes hingegen verwenden eine Nutzenfunktion mit stochastischen Koeffizienten<sup>52</sup> zur Erzeugung differenzierter Preiselastizitäten,<sup>53</sup> wobei das Modell aus Produktcharakteristika und Absatzdaten empirisch geschätzt wird.

Zu den der Wettbewerbstheorie entstammenden Untersuchungen von Automobilmärkten ist anzumerken, daß sie jeweils als stationär angenommene Marktgleichgewichtszustände verschiedener zeitlicher Perioden betrachten, ohne zeitliche Aspekte der Nachfrage explizit zu berücksichtigen.

Auch im Kontext der Untersuchung und Prognose von Produktneueinführungen ist in zahlreichen Arbeiten die Prognosevariable durch die disaggregierte Nachfrage nach Automobilen definiert. Brownstone & Train verwenden das gemischte Logit-Modell als eine Erweiterung des Logit-Modells zur Prognose des Absatzes emissionsarmer Fahrzeuge,<sup>54</sup> welches durch die flexible funktionale Spezifikation der stochastischen Nutzenkomponente die Darstellung differenzierter Substitutionsmuster zuläßt, wobei das Modell aus umfragebasierten Daten geschätzt wird. Urban, Hauser & Roberts verwenden zur Prognose von neu eingeführten Automobilen ein Markov-Ketten Modell, welches den jeweiligen Informationszustand der Konsumenten in Abhängigkeit explizit modellierter verschiedener Informationsströme beschreibt.<sup>55</sup> Das Modell wird auf Daten angewendet, welche Testmärkten entstammen.

## 2.2 Literaturabgrenzung der Arbeit

Aus der im vorherigen Abschnitt vorgenommenen Literaturbetrachtung geht die Vielfalt hervor, durch die die quantitative Betrachtung verschiedener Aspekte der Nachfrage insbesondere auf Automobilmärkten geprägt ist.

Vor dem Hintergrund der dargestellten Ansätze und der vorliegenden Problemstel-

---

<sup>51</sup>Vgl. Goldberg, 1995.

<sup>52</sup>Entsprechende Modelle werden in der Literatur als „Random Coefficient Model“ bezeichnet.

<sup>53</sup>Vgl. Berry, Levinsohn & Pakes, 1995, 1998.

<sup>54</sup>Vgl. Brownstone & Train, 1999.

<sup>55</sup>Vgl. Urban, Hauser & Roberts, 1989.

lung wird im folgenden die Arbeit zu existierenden Ansätzen abgegrenzt. Hierzu wird insbesondere erörtert, inwieweit die in Abschnitt 1.3 dargestellten Aspekte der Problemstellung durch die zuvor diskutierten Ansätze behandelt werden:

- Die Modellierung der disaggregierten Nachfrage von Automobilen vor dem Hintergrund der marktspezifischen Charakteristika,
- die explizite Berücksichtigung produktspezifischer Maßnahmen sowie Aktivitäten des Wettbewerbs,
- die Berücksichtigung der differenzierten Wettbewerbsbeziehungen,
- die Berücksichtigung der dynamischen Aspekte der Nachfrage,
- die Gewährleistung der Generalisierungsfähigkeit des Modells insbesondere aufgrund des langfristigen Betrachtungszeitraums,
- die Eignung des Prognosemodells zu Planungszwecken, Evaluierung verschiedener Handlungsalternativen und Zukunftserwartungen anhand von Szenarien,
- die empirische Identifikation aus Absatz- und Produktdaten.

Abbildung 2.1 zeigt die Klassifizierung der zuvor erörterten Ansätze sowie die durch sie erklärten Aspekte des Nachfrageverhaltens, wobei die gestrichelten Linien darauf hinweisen, daß diese Aspekte zumindest in Teilen durch den jeweiligen Ansatz erklärt werden.

Entwicklungsmodelle erklären zwar zeitliche Komponenten der Nachfrage wie Trendentwicklungen oder Saisonalität. Sie bilden jedoch komplexe Wettbewerbsbeziehungen nicht oder nur sehr spezifisch ab, darüber hinaus werden produktspezifische Variablen zur Erfassung verschiedener Zukunftserwartungen und Planungsprämissen nicht hinreichend berücksichtigt. Die Prognosevariable bezieht sich zumeist auf aggregierte Nachfragegrößen oder wie im Fall der Diffusionsmodelle auf die isolierte Betrachtung der Nachfrage bezüglich einer spezifischen (innovativen) Produktkategorie,

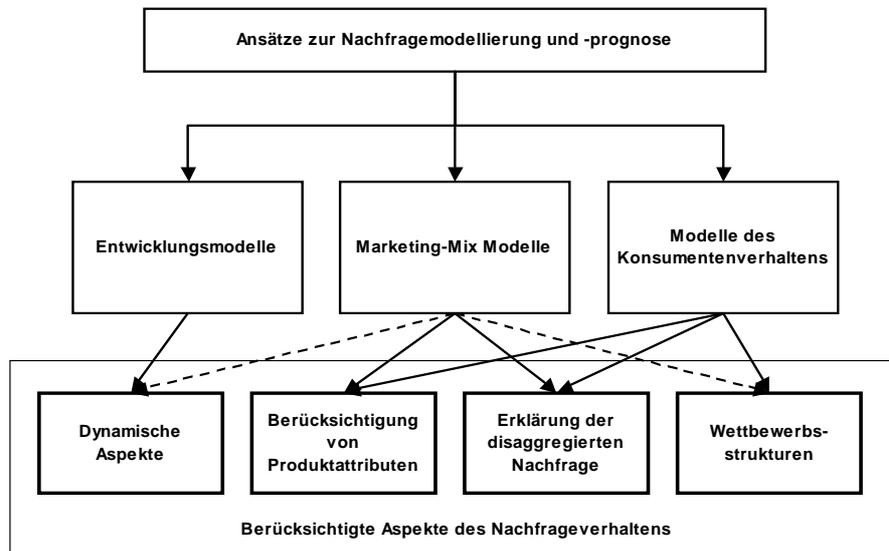


Abbildung 2.1: Klassifizierung von Modellierungsansätzen

deren Lebenszyklus durch die entsprechenden Modelle erklärt wird. Da allerdings die disaggregierte Nachfrage im Rahmen dieser Modelle nicht modelliert wird, läßt sich aus diesen Ansätzen kein Instrumentarium zur Erklärung produktspezifischer Lebenszyklen ableiten, welche hinsichtlich der Betrachtung von Automobilmärkten von wesentlicher Bedeutung sind. Entwicklungsmodelle erklären damit lediglich einen Teilbereich der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Aspekte des Nachfrageverhaltens.

Hier ist jedoch anzumerken, daß Diffusionsmodelle mit ihrem konkreten Bezug zu neuartigen Produkten und deren dynamischer Marktdurchdringung eine besondere theoretische Fundierung aufweisen, die auch die Anwendung auf spezielle Nachfragesituationen auf Automobilmärkten erlaubt.

Marktreaktionsmodelle bzw. Marketing-Mix Modelle dagegen beziehen explizit produkt- und unternehmensspezifische Einflüsse ein. Dynamische Marktreaktionsmodelle berücksichtigen zudem die Nachfragedynamik auf der Produktebene. Im Kontext dieser Modelle ist allerdings kritisch anzumerken, daß hier die Wettbewerbsbeziehungen oftmals gänzlich vernachlässigt werden oder sehr spezifisch dargestellt werden, so daß die Generalisierungsfähigkeit dieser Modelle hinsichtlich der ganzheitlichen Betrachtung des Marktes eingeschränkt ist. Zudem werden in Marketing-Mix Model-

len vorwiegend Variablen des Marketing-Instrumentariums berücksichtigt, welches im Rahmen dieser Arbeit nur eingeschränkt betrachtet wird. So stehen hier Einflüsse wie Kommunikations- und Werbeaufwendungen oder distributionsbezogene Faktoren weniger im Zentrum der Betrachtung als produktspezifische Variablen.

Modellen des Konsumentenverhaltens liegt eine explizite theoretische Annahme bezüglich individueller Entscheidungsprozesse zugrunde. Hierauf basierend lassen sich die Auswahlentscheidungen auf der Ebene der einzelnen Konsumenten darstellen, wobei der Ansatz aufgrund des Nutzenkonzeptes eine große Flexibilität aufweist.

Aufgrund dieser Flexibilität finden Modelle des Konsumentenverhaltens sowohl im Marketing wie auch zur Modellierung der Nachfrageseite in wettbewerbstheoretischen Untersuchungen Verwendung. In der Marketingliteratur findet insbesondere das Logit Modell zur Darstellung von Kaufwahrscheinlichkeiten, Marktanteilen sowie zur Analyse des Absatzpotentials neuer Produkte breite Anwendung, wobei dieses Modell nur wenig differenzierte Wettbewerbsstrukturen zuläßt.

Im Rahmen wettbewerbstheoretischer Untersuchungen ist die Modellierung der disaggregierten Nachfrage und differenzierter Wettbewerbsbeziehungen von zentraler Bedeutung, so daß in diesem Kontext komplexere Discrete Choice Modelle als das Logit Modell zur Darstellung der Nachfrageseite Anwendung finden. Es ist allerdings kritisch anzumerken, daß sowohl die im Marketing als auch die in der Industrieökonomik eingesetzten Discrete Choice Modelle die zeitlichen Aspekte der Nachfrage oftmals vernachlässigen, sondern vielmehr eine beobachtete bzw. analysierte Nachfragesituation als stationäre Momentaufnahme betrachten.

Im Kontext der Wettbewerbstheorie sind darüber hinaus die hier verwendeten Modelle der Produktdifferenzierung hervorzuheben, welche ebenfalls ein quantitatives Kalkül zur Darstellung der disaggregierten Nachfrage sowie die explizite Berücksichtigung heterogener Präferenzen der Konsumenten beinhalten. Im Rahmen wettbewerbstheoretischer Untersuchungen ist die Verwendung von Modellen der Produktdifferenzierung sowie von Discrete Choice Modellen allerdings eher als Mittel zum Zweck anzusehen, da die Darstellung der Nachfragesituation lediglich den theoretischen Anfor-

derungen der analysierten Wettbewerbssituation genügen muß, die nicht notwendigerweise die durch die Realität vorgegebenen Anforderungen erfüllen muß.

Diese Arbeit grenzt sich gegenüber den dargestellten Untersuchungen durch die ganzheitliche Betrachtung verschiedener Aspekte der Nachfrage ab, die in dieser Form nicht durch die untersuchten Ansätze erfüllt wird. Insbesondere Ansätze, welche die Nachfrage auf aggregierter Ebene erklären, wie auch Modelle, die entweder keine oder lediglich situationsspezifisch erfaßte Wettbewerbsbeziehungen berücksichtigen, lassen sich nicht zur Lösungsfindung im Sinne der Fragestellung dieser Arbeit heranziehen. Die entsprechenden Ansätze lassen sich allenfalls hinsichtlich der Darstellung der Dynamik der Nachfrage untersuchen, wobei hier insbesondere die Darstellung von Produktlebenszyklen relativ undifferenziert behandelt werden.

Von Bedeutung für diese Arbeit sind solche Ansätze, welche die produkt- und unternehmensspezifischen Variablen wie auch die Wettbewerbsstrukturen explizit berücksichtigen, was insbesondere für Modelle des Konsumentenverhaltens wie auch Marktreaktionsmodelle zutrifft.

Ferner ist anzumerken, daß zahlreiche Ansätze wie insbesondere Diffusionsmodelle für die Betrachtung von Produktinnovationen entwickelt wurden, welche auch im Kontext dieser Arbeit von Bedeutung sind.

Basierend auf den in diesem Abschnitt angestellten Überlegungen wird im folgenden Abschnitt die Zielsetzung der Arbeit erörtert.

## **2.3 Zielsetzung**

Die zuvor aufgeführten Untersuchungen weisen vielversprechende Ansätze zur Erklärung einzelner der geforderten Ansätze auf.

Modelle des Konsumentenverhaltens sowie Modelle der Produktdifferenzierung eignen sich zur expliziten Berücksichtigung produkt- und marktspezifischer Einflußgrößen. Darüber hinaus erlauben sie die Abbildung differenzierter Wettbewerbsstrukturen.

Ebenso gilt es, die dynamischen Aspekte der Nachfrage zu behandeln, wel-

che ansatzweise durch zeitbedingte Entwicklungsmodelle bzw. dynamische Preis-Absatzfunktionen erfaßt werden. Über diese Ansätze hinaus ist eine genauere Betrachtung der zeitlichen Aspekte der Nachfrage erforderlich, um so eine ursachengerechte Berücksichtigung entsprechender Einflüsse im Zuge der Modellbildung zu gewährleisten.

Im Zusammenhang mit zeitlich bedingten Entwicklungsmodellen stellen Diffusionsmodelle zur Erklärung der Marktdurchdringung von Innovationen einen Sonderfall dar. Der Untersuchung von Produktinnovationen wird vor allem im Marketing eine hervorgehobene Bedeutung beigemessen. Da im Kontext der Prognose der Automobilnachfrage auch neue bzw. neuartige Produkte in die Betrachtung einbezogen werden, ist die nähere Untersuchung der Nachfrageaspekte von Produktinnovationen im Rahmen dieser Arbeit gerechtfertigt.

Als grundsätzliche Anforderung ist die Generalisierungsfähigkeit des Nachfragemodells sowie die Anwendbarkeit für unternehmerische Planungszwecke herauszustellen. Diese Punkte bedingen, daß sich durch ein Nachfragemodell zur Problemlösung dieser Arbeit einerseits Produkt- und Marktstrukturen in allgemeiner Form darstellen lassen, die insbesondere die Anwendung des Modells bezüglich langfristiger Planungszeiträume erlaubt. Ferner ist die Berücksichtigung der Unsicherheit hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen durch die Darstellung und Evaluierung verschiedener Zukunftsszenarien gefordert, was neben der expliziten Berücksichtigung der relevanten Entscheidungsvariablen auch eine hinreichend realistische Darstellung der Wettbewerbs- und Marktstrukturen sowie die Robustheit des Modells voraussetzt.

Das Ziel dieser Arbeit liegt darin, nach der Analyse der verschiedenen Aspekte der Nachfrage sowie der damit korrespondierenden Modelle die relevanten Erklärungsansätze in ein ganzheitliches Modell zu integrieren, welches die zuvor genannten Anforderungen erfüllt und dessen Prognosegüte die Verwendung des Modells zur Entscheidungsunterstützung im Zuge von Absatzplanungsprozessen erlaubt.

## 2.4 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich im Anschluß an diesen Teil in weitere drei Teile. Im folgenden Teil „Theoretische Grundlagen“ werden die theoretischen Grundlagen und Ansätze zur Erklärung der relevanten Nachfrageaspekte erörtert und hinsichtlich ihres Integrationspotentials beurteilt. In Kapitel 3 werden nutzenbasierte Ansätze zur Modellierung des Konsumentenverhaltens dargestellt, welche mikroökonomische, verhaltenswissenschaftliche Ansätze sowie Modelle der Produktdifferenzierung einschließen. Kapitel 4 behandelt dynamische Aspekte der Nachfrage, wobei insbesondere der Produktlebenszyklus behandelt wird. In Kapitel 5 wird schließlich der Sonderfall der Nachfrage nach Innovationen diskutiert.

Im darauffolgenden Teil „Spezifikation des Nachfragemodells“ wird basierend auf den zuvor gewonnen Erkenntnissen und Schlußfolgerungen das Nachfragemodell im Sinne dieser Arbeit spezifiziert. In Kapitel 6 wird zunächst die Vorgehensweise der Integration der verschiedenen Komponenten erörtert, bevor in Kapitel 7 die Spezifikation des ganzheitlichen Nachfragemodells zur Erklärung der auf dem Gesamtmarkt beobachteten Nachfrage erfolgt. In Kapitel 8 wird darüber hinaus eine Erweiterung des zuvor präsentierten Modells entwickelt, welche die Erklärung der Nachfrage nach Produktinnovationen behandelt.

Der vierte Teil „Empirische Analyse des deutschen Automobilmarktes“ beinhaltet die Anwendung des im dritten Teil spezifizierten Modells auf reale Daten, um somit das Modell zu validieren und hinsichtlich der geforderten Eigenschaften zu evaluieren. Kapitel 9 stellt die Operationalisierung des Modells im Kontext der verfügbaren Daten und des Anwendungsumfelds dar. In Kapitel 10 erfolgt die Modellevaluierung, welche sowohl eine Modellvalidierung im Sinne der Bewertung der prognostischen Eigenschaften als auch die Eignung des Modells hinsichtlich der Entscheidungsunterstützung im Zuge der Absatzplanung umfaßt.

Die Arbeit schließt in Kapitel 11 mit den Schlußbetrachtungen.

# **Teil II**

## **Theoretische Grundlagen**



# Kapitel 3

## Modelle des Konsumentenverhaltens

Basierend auf der Literaturbetrachtung in Abschnitt 2.1 sowie der nachfolgenden Diskussion werden in diesem Kapitel Modelle des Konsumentenverhaltens hinsichtlich ihrer Eignung zur Modellierung der Nachfrage nach Automobilen untersucht.

Insbesondere werden mikroökonomische Ansätze, teilstochastische Nachfragemodelle, Modelle diskreter Wahlentscheidungen sowie Modelle der Produktdifferenzierung ausführlich dargestellt und vor dem Hintergrund der Problemstellung dieser Arbeit diskutiert.

Im Vorgriff auf die Betrachtung einzelner Modellansätze wird zunächst der individuelle Entscheidungsprozess dargestellt, dessen Elemente zur Strukturierung und Klassifizierung der Ansätze geeignet sind.

### 3.1 Der individuelle Entscheidungsprozeß

Nach Ben-Akiva & Lerman durchläuft ein Individuum bei einer Auswahlentscheidung verschiedene Phasen, so daß sich dieser Prozeß als Abfolge sequentieller Schritte betrachten läßt:<sup>56</sup>

1. Definition des Entscheidungsproblems,
2. Generierung von Alternativen,

<sup>56</sup>Vgl. Ben-Akiva & Lerman, 1985, S. 31 ff.

3. Bewertung der Attribute der Alternativen,
4. Auswahl einer Alternative,
5. Umsetzung (z.B. Kauf).

Im Kern dieses Prozesses steht die Bewertung der Alternativen, aus der der Nutzen der Alternative für den Entscheidungsträger und somit letztendlich die Auswahlentscheidung resultiert. Diese Bewertung fällt bei jedem Entscheidungsträger verschieden aus und unterliegt einer Entscheidungsregel.

Unterstellt man dem individuellen Entscheidungsprozess das oben dargestellte Schema, so beinhaltet eine spezifische Entscheidungstheorie<sup>57</sup> folgende Elemente:

- Entscheidungsträger,
- Auswahlalternativen,
- meßbare Attribute der Alternativen,
- eine Entscheidungsregel.

Die in den kommenden Abschnitten diskutierten quantitativen Nachfragemodelle basieren auf unterschiedlichen formalen Repräsentationen dieser Elemente. Es folgt daher zunächst eine qualitative Erörterung dieser Komponenten des Entscheidungsprozesses, die in Abhängigkeit des jeweiligen Modells durch unterschiedliche mathematische Repräsentationen berücksichtigt werden und somit die Berechnung eines quantitativen Nachfragekalküls erlauben.

**Der Entscheidungsträger:** Der Entscheidungsträger wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit als Individuum angesehen, so daß sich die Nachfrage nach Automobi-

---

<sup>57</sup>Nicht jede reale Auswahlentscheidung folgt einem derart expliziten Schema. Vielmehr können Entscheidungen auch einfach einer Gewohnheit, einer Intuition oder der Imitation eines anderen Individuums, das als Experte oder als Führungspersönlichkeit angesehen wird, folgen. Derartige Verhaltensweisen lassen sich durch Entscheidungsprobleme modellieren, in denen der Entscheidungsträger nur eine einzige Alternative berücksichtigt, so daß die Entscheidung nur einen Ausgang nehmen kann.

len als Aggregation der Auswahlentscheidungen aller am Markt handelnden Entscheidungsträger bzw. Konsumenten verstehen läßt. Allgemein wird der Entscheidungsträger als eine agierende Einheit betrachtet, so daß sich unter dem Begriff des Entscheidungsträgers auch Gruppen von Individuen wie beispielsweise Haushalte oder Organisationen zusammenfassen lassen.

**Die Alternativen:** Per Definition liegt einer Auswahlentscheidung eine nichtleere Menge von Alternativen zugrunde. Im Kontext dieser Arbeit sind die Alternativen durch die am Markt verfügbaren Automobile definiert.

Der Entscheidungsträger wird demnach hinsichtlich seiner Entscheidung mit der Auswahlmenge der realisierbaren Alternativen konfrontiert.<sup>58</sup>

**Die Attribute der Alternativen:** Werden die Alternativen als weitgehend homogene Güter betrachtet, so wird angenommen, daß sie in kontinuierlichen und beliebig teilbaren Mengen verfügbar sind und die charakteristische Eigenschaft der Güter im wesentlichen durch die Quantität definiert ist, in der die Güter konsumiert werden.

Im Fall von Automobilen handelt es sich allerdings um Auswahlalternativen, die sich durch weitere Eigenschaften als nur durch ihre Mengen differenzieren. Sie sind heterogener Natur. Diese Heterogenität findet Ausdruck in der Repräsentation der Alternativen durch einen Vektor ihrer Attribute, welche in geeigneter Weise die Differenzierung der Güter beschreiben und zudem beobachtbar und meßbar sind.

**Die Entscheidungsregel:** Wie bereits erwähnt, macht ein Entscheidungsproblem bei zwei oder mehr Alternativen eine Entscheidungsregel notwendig.<sup>59</sup> Insbesondere lassen sich hier vier Kategorien nennen:

<sup>58</sup>Die Realisierbarkeit von Alternativen hängt von einer Vielzahl von Nebenbedingungen ab, so z.B. vom Einkommen, von der physischen Verfügbarkeit, der verfügbaren Zeit, Informationsdefiziten, etc. Darüber hinaus wird naturgemäß vorausgesetzt, daß die Alternativen dem Entscheidungsträger bekannt sein müssen.

<sup>59</sup>Vgl. für eine übersichtliche Darstellung verschiedener Entscheidungsregeln Slovic, Fischhoff & Lichtenstein, 1977; Svenson, 1978.

1. **Dominanz:** Eine Alternative dominiert eine andere, falls sie bezüglich mindestens eines Attributes besser ist und bezüglich aller anderen nicht schlechter. Dieses Prinzip führt jedoch nicht unbedingt zu einer eindeutigen Auswahl.
2. **Zielerfüllung:** Für jedes Attribut wird ein „Mindestniveau der Zielerfüllung“ definiert. Wird dieses Kriterium für mindestens ein Attribut einer Alternative nicht erreicht, so kann diese eliminiert werden.  
Auch dieses Prinzip führt nicht notwendigerweise zu einer eindeutigen Auswahl. Durch Kombination mit weiteren Entscheidungsregeln läßt sich jedoch unter Umständen Eindeutigkeit herbeiführen.
3. **Lexikographische Regeln:** In diesem Fall sind die Attribute ihrer Relevanz entsprechend geordnet. Dieser Ordnung folgend sind sukzessive diejenigen Alternativen zu eliminieren, deren Attributwert unter dem Maximalwert liegt.<sup>60</sup> Dieses Verfahren wird solange gemäß der erwähnten Ordnung der Attribute fortgesetzt, bis die Auswahl eindeutig ist.
4. **Nutzen:** Die Verwendung des Nutzenprinzips setzt voraus, daß sich die Attributwerte einer Alternative zu einem einzigen Skalenwert reduzieren lassen, der zu den Attributwerten in einem funktionalen Zusammenhang steht. Dieser Funktionswert repräsentiert also die Attraktivität der Attribute einer gegebenen Alternative, die als Nutzen bezeichnet wird und den der Entscheidungsträger durch seine Auswahl zu maximieren bestrebt. Eine Nutzenfunktion trägt der Annahme Rechnung, daß der Entscheidungsträger die Gesamtheit der Attribute miteinander vergleicht und dabei Kompensationseffekte auftreten können. So vermag möglicherweise ein besonders positives Attribut andere negative Attribute einer Alternative zu kompensieren.

Zahlreiche der im folgenden diskutierten Modelle des Konsumentenverhaltens basieren im wesentlichen auf dem Nutzenprinzip, welches wie schon in der Litera-

<sup>60</sup>Dieses Verfahren läßt sich auch auf qualitative Attributwerte anwenden. In diesem Fall ist der Maximalwert derjenige Attributwert mit der für den Entscheidungsträger höchsten Qualität.

turbetrachtung erwähnt einen hohen Grad an Flexibilität bezüglich der Berücksichtigung entscheidungsrelevanter Attribute aufweist und damit einer wesentlichen Anforderung der Problemstellung gerecht wird.

Die formale Darstellung des individuellen Entscheidungsprozesses erlaubt hinsichtlich der dargestellten Komponenten dieses Prozesses – insbesondere bezüglich der Repräsentation der Alternativen sowie der Entscheidungsregel – einen beträchtlichen Spielraum zur deren konkreten Spezifikation. Wie in den folgenden Abschnitten gezeigt wird, hat diese Spezifikation beträchtliche Auswirkungen auf die Eigenschaften und die theoretische Einordnung der entsprechenden Nachfragemodelle.

## **3.2 Mikroökonomische Ansätze**

Einen grundlegenden theoretischen Ansatz zur formalen Erklärung des Konsumverhaltens von Individuen liefert die mikroökonomische Standardtheorie des Konsumverhaltens.<sup>61</sup> Die Theorie bringt Annahmen bezüglich der Präferenzen von Individuen in einen funktionalen Zusammenhang zu deren Nachfrage nach Gütermengen. Im folgenden werden daher die ökonomische Theorie des Konsumenten sowie deren Erweiterungen, insbesondere die Haushaltstheorie nach Lancaster, dargestellt.

### **3.2.1 Die ökonomische Theorie des Konsumenten**

Die neoklassische Konsumtheorie unterstellt, daß der Konsument Bündel von mehreren homogenen und beliebig teilbaren Gütern konsumiert, in denen jedes Gut mit einer bestimmten Menge vertreten ist. Diese Annahme ist nur eingeschränkt vereinbar mit der hier untersuchten Nachfrage nach Automobilen, die in diskreten Einheiten konsumiert werden. Anhand der neoklassischen Konsumtheorie läßt sich jedoch die Verwendung des Nutzenkonzepts zur formalen Beschreibung von Präferenzen sehr anschaulich zeigen.

<sup>61</sup>Detaillierte und umfassende Ausführungen zur mikroökonomischen Konsumtheorie werden in zahlreichen Lehrbüchern zur Mikroökonomie behandelt, siehe hierzu beispielsweise Deaton & Muellbauer, 1980; Lancaster, 1983; Samuelson, 1970, 1983; Schumann, 1971; Varian, 1999.

Da sie darüber hinaus die Grundlage für weiterführende Konsumtheorien darstellt, wird im folgenden die neoklassische Konsumtheorie in ihren Grundzügen erörtert.

Varian stellt zu der hier behandelten Theorie<sup>62</sup> treffend fest: „Die ökonomische Theorie des Konsumenten ist sehr einfach: Ökonomen nehmen an, daß die Konsumenten das beste Güterbündel wählen, das sie sich leisten können.“<sup>63</sup> Daher muß einerseits beschrieben werden, was sich der Konsument leisten kann, andererseits muß ein Konzept definiert werden, nach dem der Konsument bestimmt, was „das Beste“ für ihn darstellt.

Die damit verbundenen Beschreibungen der Entscheidungsregel sowie der Präferenzen und der Alternativen werden im folgenden dargestellt. Wesentliche Elemente der Konsumtheorie sind demnach:

- Die Güterbündel,
- die Präferenzen,
- der Nutzen,
- und die Budgetrestriktion.

Die Annahmen der neoklassischen Konsumtheorie lassen sich anhand der exemplarischen Betrachtung von Güterbündeln mit genau zwei Gütern demonstrieren. Die Betrachtungen sind auf Güterbündel mit mehr als zwei Gütern übertragbar.

Ein Güterbündel läßt sich demnach bezeichnen durch:

$$Q = \{q_1, q_2\}, \quad (3.1)$$

wobei  $q_1$  und  $q_2$  die Mengen der beiden Güter bezeichnen.

Eine wesentliche Annahme besteht darin, daß jeder Konsument genau definierte Präferenzen bezüglich der zur Verfügung stehenden Güterbündel besitzt. So bezeichnet die Präferenzrelation  $Q^1 \succ Q^2$  bezüglich zweier Güterbündel  $Q^1$  und  $Q^2$ , daß  $Q^1$  dem alternativen Güterbündel  $Q^2$  vorgezogen wird.

<sup>62</sup>Die ökonomische Theorie des Konsumenten wird auch als neoklassische Konsumtheorie oder als Haushaltstheorie bezeichnet.

<sup>63</sup>Vgl. Varian, 1999, S. 19.

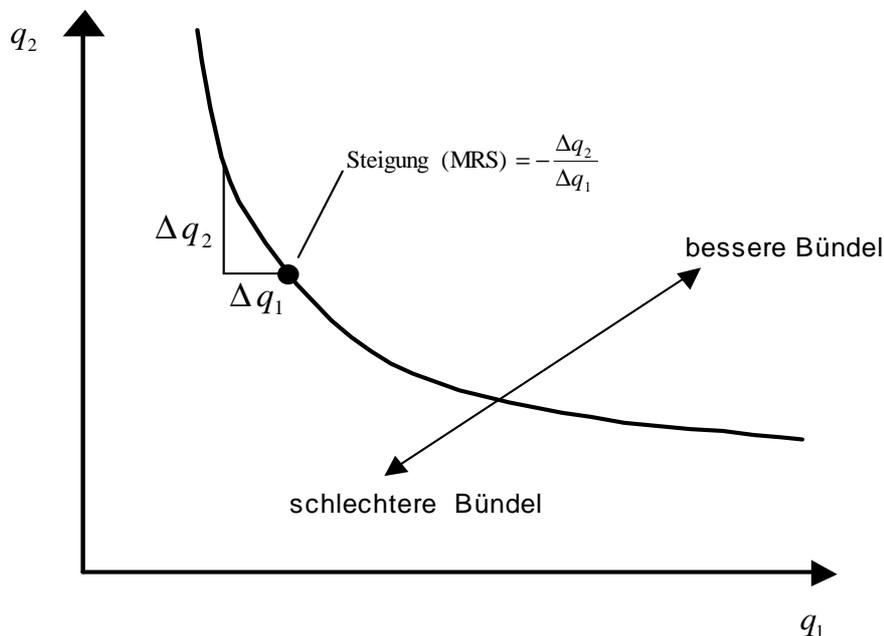


Abbildung 3.1: Indifferenzkurve bei Konvexität und Monotonie der Präferenzen

Hinsichtlich der Konsistenz der Präferenzen werden üblicherweise Annahmen über die Vollständigkeit<sup>64</sup>, die Reflexivität<sup>65</sup> sowie die Transitivität<sup>66</sup> getroffen. Durch diese Axiome ist eine eindeutige, deterministische Präferenzordnung der Konsumenten definiert, was impliziert, daß der rational agierende Konsument in der Lage ist, alle Güter hinsichtlich seiner Präferenzen zu vergleichen und zu bewerten.

Präferenzordnungen von Konsumenten können von unterschiedlicher Gestalt sein, die beispielsweise davon abhängt, inwieweit sich die betrachteten Güter substituieren, inwieweit die Präferenz für ein Gut von der Quantität abhängt, mit der es im Güterbündel enthalten ist, oder ob die Güter teilbar sind.<sup>67</sup> Für „Präferenzen im Normalfall“ unterstellt man für die Präferenzen die Eigenschaften der Monotonie sowie der Konvexität. Dabei besagt die Monotonie, daß die Präferenzen mit den Gütermen-

<sup>64</sup>Vollständigkeit der Präferenzen: Für Güterbündel  $Q^1$  und  $Q^2$  gilt entweder  $Q^1 \succcurlyeq Q^2$  oder  $Q^2 \succcurlyeq Q^1$  oder beides.

<sup>65</sup>Reflexivität der Präferenzen: Für ein Güterbündel  $Q^1$  gilt  $Q^1 \succcurlyeq Q^1$ .

<sup>66</sup>Transitivität der Präferenzen: Für die Güterbündel  $Q^1$ ,  $Q^2$  und  $Q^3$  gilt  $Q^1 \succcurlyeq Q^3$ , wenn die Präferenzrelationen  $Q^1 \succcurlyeq Q^2$  und  $Q^2 \succcurlyeq Q^3$  Gültigkeit besitzen.

<sup>67</sup>Vgl. für entsprechende Beispiele Varian, 1999, S. 37 ff.

gen wachsen, während die Konvexität der Präferenzen bewirkt, daß Kombinationen von Gütern dem Konsum der gleichen Menge nur eines Gutes stets vorgezogen wird.

Präferenzen lassen sich anschaulich anhand von Indifferenzkurven darstellen, die die unendliche Menge an Güterbündeln abbilden, zwischen denen der Konsument indifferent ist bzw. denen er die gleiche Präferenz zuordnet. Abbildung 3.1 zeigt die Indifferenzkurve, falls für die Präferenzen die oben erörterten Eigenschaften gelten.

Aus der Indifferenzkurve läßt sich zudem die „Grenzrate der Substitution“ (MRS)<sup>68</sup> geometrisch ableiten. Sie charakterisiert die Bereitschaft des Konsumenten, in einer spezifischen Konsumsituation die Menge eines seiner Güter gegen die Menge eines anderen Gutes zu tauschen, so daß er diesem neuen Güterbündel die gleiche Präferenz zuordnet. Sie ist durch die Steigung der Indifferenzkurve im Punkt des betrachteten Güterbündels definiert.

Um die Präferenzordnung der Konsumenten formal darzustellen, wird ein betrachtetes Güterbündel auf einen skalaren Nutzenwert  $U$  abgebildet:<sup>69</sup>

$$U = U(\mathbf{Q}) = U(q_1, q_2) \quad . \quad (3.2)$$

Da die ordinale Nutzenfunktion  $U$  die eindeutige Präferenzordnung der Konsumenten widerspiegelt,<sup>70</sup> sind die Nutzenwerte als solche nicht relevant, sondern dienen lediglich dem Vergleich von Güterbündeln.<sup>71</sup> So ist die durch  $\mathbf{Q}^1 \succcurlyeq \mathbf{Q}^2$  bezeichnete Präferenzrelation bezüglich zweier Güterbündel äquivalent zu  $U(\mathbf{Q}^1) \geq U(\mathbf{Q}^2)$ .

Mittels der Konstrukte der Präferenzen sowie des Nutzens läßt sich definieren, welche Güterkombination durch den Konsumenten präferiert werden. Eine Auswahlent-

<sup>68</sup>MRS: Marginal Rate of Substitution.

<sup>69</sup>Beispiel für eine Nutzenfunktion mit breiter Anwendung ist die Cobb-Douglas-Funktion  $U(q_1, q_2) = q_1^c q_2^d$ , wobei  $c$  und  $d$  positive Zahlen sind. Die Anwendung der Cobb-Douglas Funktion führt zu Indifferenzkurven wie in Abbildung 3.1, wie sie aus den erwähnten „Präferenzen im Normalfall“ resultieren. Vgl. für weitere Beispiele von Nutzenfunktionen und Anmerkungen zur deren Konstruktion Varian, 1999, S. 54 ff.

<sup>70</sup>Vgl. für die formale Beschreibung der Axiome, welche die Repräsentation einer Präferenzordnung durch Nutzenfunktionen gewährleisten Deaton & Muellbauer, 1980, S. 26 ff.

<sup>71</sup>Resultierend aus der Bestrebung, Güterbündel quantitativ zu bewerten, wurden auch kardinale Nutzenkonzepte entwickelt. Vgl. zur Begründung der kardinalen Nutzentheorie von Neumann & Morgenstern, 1953, S. 15 ff. sowie für eine Erörterung verschiedener Nutzentheorien Bubenheim, 2000, S. 47 ff.

scheidung läßt sich hieraus allerdings nicht ableiten, da bislang nicht definiert ist, welche Güterbündel sich der Konsument leisten kann.

Hierzu dient das Konstrukt der Budgetrestriktion, die wie folgt definiert ist:

$$p_1q_1 + p_2q_2 \leq I \quad , \quad (3.3)$$

wobei  $I$  das Einkommen (Budget) der Konsumenten und  $p$  den Preis je Einheit eines Gutes bezeichnet. Es wird angenommen, daß die Preise von den Gütermengen unabhängig sind und daß die Elemente von  $\mathbf{Q}$  lediglich durch die Budgetrestriktion und durch die Tatsache, daß für die Gütermengen sowie für die Preise nur positive Werte zulässig sind, beschränkt ist.

Mit der Nutzenfunktion  $U(\mathbf{Q})$  sowie der Budgetrestriktion läßt sich das Entscheidungskalkül der Konsumenten im Falle von zwei betrachteten Gütern formal durch folgendes Optimierungsproblem formulieren:

$$\begin{aligned} \max: & U(\mathbf{Q}) = U(q_1, q_2) \\ \text{u.d.N.:} & p_1q_1 + p_2q_2 \leq I \\ \text{mit:} & p_i \geq 0, q_i \geq 0, i = 1, 2 \quad . \end{aligned} \quad (3.4)$$

Die Lösung des Optimierungsproblems in (3.4) liefert das Güterbündel, welches in der Präferenzordnung des Konsumenten den höchsten Rang einnimmt bzw. für das die Nutzenfunktion den höchsten Wert annimmt und welches gleichzeitig durch das Einkommen noch realisierbar ist. Aus der allgemeinen Annahme, daß die Präferenzen für größere Gütermengen stets höher als für kleinere Gütermengen sind, und daß das Budget vollkommen für den Konsum zur Verfügung steht, folgt die Lage des optimalen Güterbündels auf der Budgetgeraden.

Für den Fall zweier betrachteter Güter ist die geometrische Lösung des Optimierungsproblems in Abbildung 3.2 dargestellt. Die Lage des optimalen Güterbündels  $\mathbf{Q}^* = (q_1^*, q_2^*)$  ist durch den Punkt definiert, in dem sich die Budgetgerade und die Indifferenzkurve mit dem höchsten noch durch die Gerade erreichbaren Präferenzniveau berühren, so daß die Budgetgerade die Tangente der Indifferenzkurve im Punkt

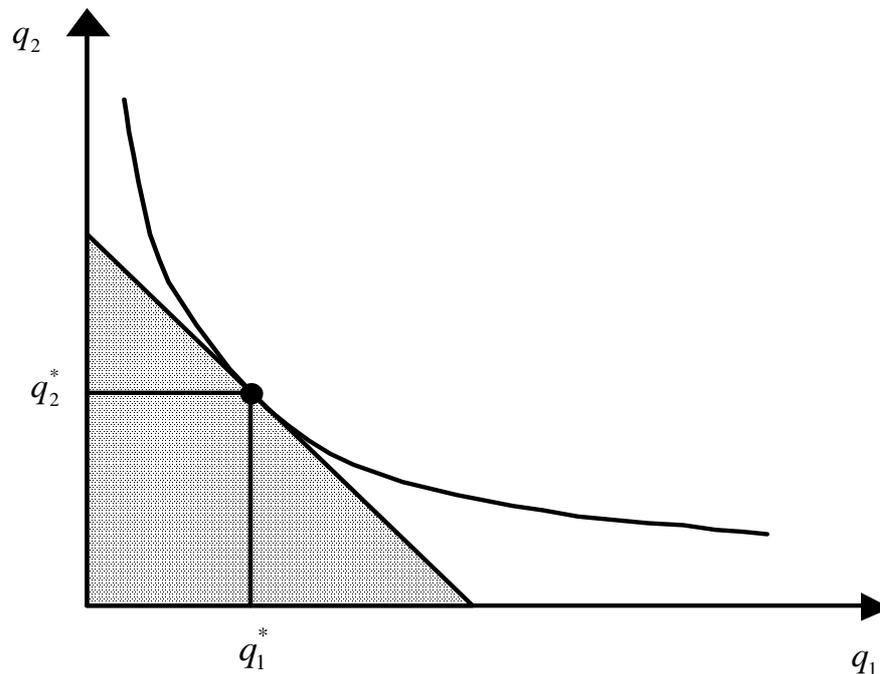


Abbildung 3.2: Die optimale Entscheidung

des optimalen Güterbündels  $Q^*$  darstellt.<sup>72</sup>

Die ökonomische Interpretation dieser Tangentialbedingung liegt darin, daß die MRS genau der Steigung der Budgetgeraden entspricht, die wiederum durch das Verhältnis der Güterpreise  $p_1/p_2$  gegeben ist. Somit gilt für alle in einem Güterbündel enthaltenen Güter  $i, j; i \neq j$  im optimalen (nutzenmaximierenden) Zustand paarweise folgende Bedingung:

$$\text{MRS} = \frac{p_i}{p_j}. \quad (3.5)$$

Das neoklassische Nachfragemodell wird in der Literatur aufgrund seiner starken Annahmen, beispielsweise über die vollkommene Information des Konsumenten und über die Homogenität der Güter, als eingeschränkt geeignet für nachfrageorientierte Anwendungen eingestuft.<sup>73</sup> Ansatzpunkt der Kritik ist hier vor allem die Annahme ho-

<sup>72</sup>Diese Feststellung gilt für den Fall eines inneren Optimums. Im Fall eines Randoptimums, also wenn null Einheiten eines der Güter konsumiert werden, ist die Budgetgerade nicht notwendigerweise die Tangente der Indifferenzkurve.

<sup>73</sup>Vgl. beispielsweise Riepe, 1984, S. 11 ff.; Horsky & Sen, 1982, S. 335 ff.

mogener Güter und deren beliebige Teilbarkeit, die eine Untersuchung spezifischer Beziehungen zwischen Produkten wie beispielsweise Substitutionsbeziehungen nicht erlaubt.<sup>74</sup>

Es sind diese Annahmen, die – wie schon eingangs des Kapitels erwähnt – die Verwendung der neoklassischen Konsumtheorie für die quantitative Erklärung der Nachfrage auf Automobilmärkten ausschließt. Gleichwohl ist diese Theorie Ausgangspunkt der Verwendung des Nutzenkonzepts zur formalen Repräsentation von Konsumentenpräferenzen und ferner die Grundlage für eine Vielzahl von Konsumtheorien, deren Entwicklung sich oftmals aus der Restriktivität der Annahmen der neoklassischen Konsumtheorie motivierte.

Im folgenden werden entsprechende Weiterentwicklungen erörtert, was insbesondere eine detaillierte Darstellung der Haushaltstheorie nach Lancaster umfaßt.

### **3.2.2 Die Haushaltstheorie nach Lancaster**

Aus der erwähnten Kritik resultieren zahlreiche Erweiterungen der neoklassischen Konsumtheorie, die insbesondere auf eine differenziertere Darstellung der Güter und der Konsumenten abzielen.

Strotz entwickelt zur Berücksichtigung heterogener Güter das Konzept des Nutzenbaums (utility tree), demzufolge sich der Gesamtnutzen des Güterbündels aus den Nutzenwerten verschiedener Gütergruppen zusammensetzt,<sup>75</sup> für deren Konsum definierte Einkommensanteile zur Verfügung stehen.

Muth hingegen verwendet eine separierbare Nutzenfunktion, die den Nutzen von (abstrakten) „Nicht-Marktgütern“ erklärt,<sup>76</sup> die ursprünglich von den Konsumenten nachgefragt werden und als Output von Haushalts-Produktionsfunktionen definiert sind, deren Input die hier betrachteten und am Markt verfügbaren Konsumgüter sind. Somit wird die Nachfrage nach den Konsumgütern indirekt über die zur Produktion der „Nicht-Marktgüter“ erforderlichen Mengen ermittelt.

<sup>74</sup>Vgl. für eine kritische Betrachtung beispielsweise Lancaster, 1971, S. 6 f.

<sup>75</sup>Vgl. Strotz, 1975.

<sup>76</sup>Vgl. Muth, 1966.

Daß neben dem Einkommen die zum Konsum verfügbare Zeit ebenfalls als Restriktion interpretiert werden kann, berücksichtigt Becker in seinem Ansatz.<sup>77</sup> Neben seinem Geldpreis besitzt ein Gut zusätzlich einen Zeitpreis, der derjenigen Geldmenge entspricht, die dem Konsumenten durch den Konsum (z.B. durch entgangene Arbeit) entgeht. In Analogie zur Standardkonsumtheorie wird die optimale Wahl unter Berücksichtigung einer Zeit- und einer Budgetrestriktion ermittelt.

Aus diesen Erweiterungen geht das Bemühen hervor, die Standardkonsumtheorie flexibler zu gestalten, wobei diese Ansätze jedoch nicht die erforderlichen Eigenschaften aufweisen, die Nachfrage nach Automobilen in geeigneter Weise darzustellen, da in diesem Zusammenhang weder „Nicht-Marktgüter“ noch Zeitpreise von Relevanz sind. Auch eine hierarchische Gruppierung der Güter wird der Heterogenität des Automobilangebots nicht gerecht.

Eine universelle Beschreibung differenzierter Produkte als Erweiterung der neoklassischen Konsumtheorie stammt von Lancaster,<sup>78</sup> der mit der neuen Haushaltstheorie ein Konzept entwickelt, das zur Beschreibung heterogener Güter auch weit über das Gebiet der Mikroökonomie hinaus breite Anwendung findet.<sup>79</sup>

Lancaster begegnet der Kritik der unterstellten Homogenität der Güter, indem er annimmt, daß nicht die Gütermengen, sondern die Eigenschaften  $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_J)$  der Güter Nutzen stiften. Mit einer Konsumtechnologie  $B$  lassen sich die Eigenschaftsvektoren  $\mathbf{x}_l$  auf die resultierenden Gütermengen  $q_l$  abbilden, so daß sich weiterhin eine Budgetrestriktion formulieren läßt, während die Gütereigenschaften direkt in die Nutzenfunktion eingehen und damit die differenzierte Darstellung der Produkte bzw. Güter erlauben. Bezeichnet man zudem die Anzahl der betrachteten Güter allgemein durch  $L$ , so ist analog zu (3.4) die Entscheidung des Konsumenten nun durch folgendes Optimie-

---

<sup>77</sup>Vgl. Becker, 1965.

<sup>78</sup>Vgl. Lancaster, 1966.

<sup>79</sup>Lancasters Ansatz wird in verschiedenen Zusammenhängen auch als „Characteristics Approach“ bezeichnet. Vgl. hierzu beispielsweise Tirole, 1988, S. 99; Anderson, de Palma & Thisse, 1989.

rungsproblem definiert:

$$\begin{aligned}
 & \max: U = U(x_1, \dots, x_J) \\
 & \text{u. d. N.: } p_1 q_1 + \dots + p_L q_L \leq I \\
 & (x_1, \dots, x_J)^T = B_{J \times L} (q_1, \dots, q_L)^T \\
 & \text{mit: } p_l \geq 0, q_l \geq 0, l = 1, \dots, L \\
 & \text{und: } B_{J \times L} = \begin{pmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1L} \\ \vdots & b_{jl} & \vdots \\ b_{J1} & \cdots & b_{JL} \end{pmatrix} .
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

Als besondere Eigenschaft des Ansatzes von Lancaster ist hervorzuheben, daß sich durch die explizite Beschreibung der Güter durch ihre Eigenschaften auch neuartige Güter in die Betrachtung der Nachfrage aufnehmen lassen, sofern man Kenntnis über deren Konsumtechnologie besitzt und weiß, welche Mengen der ursprünglichen Attribute  $x$  in die Mengeneinheit der betrachteten Güter eingehen.

In diesem Zusammenhang ist der Ansatz von Rosen zu erwähnen, der das Konzept der hedonischen Preise begründet.<sup>80</sup> Auch hier werden die Attribute der Güter explizit betrachtet, allerdings mit dem Ziel, mittels der hedonischen Preisfunktion den monetären Gegenwert der einzelnen Leistungsbestandteile eines Gutes, also der Attribute, zu ermitteln. Ziel dieses Ansatzes ist die Ermittlung der marginalen Zahlungsbereitschaft der Konsumenten, wobei die Angebotsseite des Marktes explizit berücksichtigt wird.

Der Ansatz von Lancaster ist vor dem Hintergrund der Modellierung der Nachfrage nach Automobilen eine relevante Erweiterung der neoklassischen Konsumtheorie, da die differenzierte Darstellung der Produkte und damit der Heterogenität des Angebots ermöglicht wird. Allerdings wird Lancasters Ansatz auch kritisch bewertet,<sup>81</sup> wobei sich die Kritik auf die Annahme bezieht, daß Konsumenten die Produkteigenschaften objektiv hinsichtlich ihres Nutzenbeitrags beurteilen können. Auch der von Lancaster unterstellte monotone Verlauf des Nutzens als Funktion der Gütereigenschaften wird

<sup>80</sup>Vgl. Rosen, 1974.

<sup>81</sup>Vgl. für eine Diskussion der Kritikpunkte Riepe, 1984, S. 62 ff.; Herrmann, 1992, S. 95 ff.

mitunter in Zweifel gezogen. Darüber hinaus bezieht sich die Differenzierung lediglich auf die Produkte, nicht jedoch auf die Präferenzen der Konsumenten. Insofern besitzt die zuvor diskutierte Kritik an der deterministischen und eindeutigen Präferenzordnung der Konsumenten auch hier Gültigkeit. Dynamische Aspekte der Nachfrage werden im Modell von Lancaster gänzlich vernachlässigt.

### 3.3 Probabilistische Nachfragemodelle

Wie im vorherigen Abschnitt erörtert, werden die mikroökonomischen Modelle hinsichtlich ihrer Annahme der vollständigen Information und des rationalen Handelns der Konsumenten kritisiert.<sup>82</sup> Die Konsistenz und die deterministische Natur menschlichen Entscheidungsverhaltens wird insbesondere auf dem Gebiet der Psychologie in Frage gestellt. Grund hierfür ist die auch durch Experimente belegte Beobachtung, daß Individuen inkonsistent handeln und ihre Entscheidungen mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind.

Motiviert durch die Fragestellung, wie sich beobachtete Reaktionen von Individuen auf Stimuli erklären lassen, wurden auf dem Gebiet der Verhaltenswissenschaften und insbesondere der (mathematischen) Psychologie Nachfragemodelle entwickelt, die sich in der Darstellung der Elemente des individuellen Entscheidungsprozesses wesentlich von den mikroökonomischen Ansätzen unterscheiden. Die resultierenden verhaltenswissenschaftlichen Nachfragemodelle lassen sich in vollstochastische, teilstochastische sowie Raum- bzw. Präferenzmodelle<sup>83</sup> unterscheiden.

Räumliche Präferenzmodelle fallen nicht in die Klasse der probabilistischen Ansätze. Sie weisen in ihrer räumlichen Struktur eine formale Ähnlichkeit zu den später erörterten Ansätzen der Produktdifferenzierung auf,<sup>84</sup> sind jedoch sozialpsychologischer Herkunft.<sup>85</sup> Ziel der Modelle ist die Gewinnung von Erkenntnissen über die Wahr-

<sup>82</sup>Vgl. für eine Diskussion verschiedener Kritikpunkte bezüglich der neoklassischen Konsumtheorie Anderson, de Palma & Thisse, 1992, S. 18 f.

<sup>83</sup>Vgl. für die Darstellung einer entsprechenden Typologisierung Herrmann, 1992, S. 79 ff.

<sup>84</sup>Vgl. Abschnitt 3.5.

<sup>85</sup>Die entsprechenden Grundlagen liegen in Ansätzen zur Erklärung sozialer Meinungsbildung wie Lewins

nehmung von Produkten im sozialen Umfeld, wobei diese entsprechend der von den Betroffenen subjektiv wahrgenommenen Relationen<sup>86</sup> zwischen den betrachteten Produkten räumlich angeordnet werden. Räumliche Präferenzmodelle dienen der räumlichen Darstellung von Produkten und Präferenzen, um hieraus Maßnahmen wie beispielsweise Neuproduktpositionierungen oder Produktlinienerweiterungen ableiten zu können. Die Modelle fokussieren in erster Linie auf die korrekte Darstellung der Relationen zwischen Produkten bzw. Präferenzen. Dieser Ansatz ist vielversprechend hinsichtlich der Darstellung differenzierter Produktbeziehungen, welche insbesondere auf Automobilmärkten in ausgeprägter Form zu beobachten sind. Es ist allerdings festzustellen, daß räumliche Produkt- und Präferenzmodelle oftmals über kein Kalkül zur Berechnung der Nachfrage verfügen.

Ein alternativer verhaltenswissenschaftlicher Ansatz zur Erklärung des Nachfrageverhaltens besteht darin, die entsprechenden individuellen Entscheidungsprozesse als probabilistisch zu betrachten.

Vollstochastische Ansätze<sup>87</sup> bilden die Reaktion des Individuums auf einen Stimulus als reinen Zufallsprozeß ab. So lassen sich durch diese Modelle beispielsweise Kaufwahrscheinlichkeiten abbilden, ohne kausale Zusammenhänge der beobachteten Stimuli und Einflüsse zu berücksichtigen. Da diese Modellkategorie deterministische Zusammenhänge beispielsweise zwischen produktspezifischen Attributen und der resultierenden Nachfrage vernachlässigt, wird diese Kategorie im weiteren Verlauf nicht näher betrachtet und für die Spezifikation eines Nachfragemodells nicht in Betracht gezogen.

Die folgende Darstellung konzentriert sich auf teilstochastische Modelle, die durch die grundlegenden Arbeiten von Thurstone begründet wurden.<sup>88</sup> Wesentliche Motivation war die die Entwicklung von Methoden zur Messung der wahrgenommenen Güter-

---

Feldtheorie sowie Heiders Balancetheorie. Vgl. hierzu Irlle, 1975, S. 278 ff.

<sup>86</sup>Im konkreten Fall können die gesuchten Relationen beispielsweise durch Gemeinsamkeiten, Unterschiede, Ähnlichkeiten, Unähnlichkeiten, Affinitäts-, Konkurrenz-, Austausch- oder Präferenzbeziehungen definiert sein. Vgl. hierzu Dichtl et al., 1980, S. 163.

<sup>87</sup>Unter vollstochastischen Ansätze sind beispielsweise Bernoulli-, Markov- oder Linear-Learning-Modelle zu nennen. Vgl. für weitere Erläuterungen Herrmann, 1992, S. 96 ff.

<sup>88</sup>Vgl. Thurstone, 1927b, S. 273 ff.

eigenschaften. Der Grundgedanke teilstochastischer Modelle liegt darin, einerseits die objektiven Eigenschaften eines Produkts zu messen und gleichzeitig die Inkonsistenz in der individuellen Wahrnehmung dieser Eigenschaften durch eine stochastische Komponente zu repräsentieren.

Es lassen sich zwei Kategorien teilstochastischer Nachfragemodelle unterscheiden:<sup>89</sup> Die erste Gruppe betrachtet den Nutzen als deterministisch und nimmt eine stochastische Entscheidungsregel an.<sup>90</sup> Die zweite Gruppe betrachtet dagegen die Entscheidungsregel des Konsumenten als deterministisch, nimmt aber den Nutzen als stochastisch an.

Insofern liegt hier in der Darstellung des Entscheidungsprozesses ein signifikanter Unterschied zur neoklassischen Konsumtheorie, die sowohl die Entscheidungsregel als auch die Nutzenfunktion als deterministisch betrachtet. Ein weiterer wesentlicher Unterschied zu den mikroökonomischen Nachfragemodellen (mit Ausnahme des Modells von Rosen) liegt in der Annahme, daß die verfügbaren Güter in diskreten Einheiten konsumiert werden. Diese Vorstellung entspricht der Nachfragesituation auf Automobilmärkten eher als die Annahme über den Konsum von Güterbündeln. Im Kontext dieser Arbeit erscheinen daher teilstochastische Ansätze von den grundlegenden Annahmen geeignet zur Darstellung der Nachfrage nach Automobilen. In den folgenden Abschnitten werden die beiden Kategorien teilstochastischer Nachfragemodelle diskutiert und die wichtigsten Modelle beider Gruppen mit ihren Annahmen und Eigenschaften dargestellt.

### **3.3.1 Modelle mit deterministischem Nutzen**

Der Grundgedanke probabilistischer Modelle mit deterministischem Nutzen<sup>91</sup> beruht auf der Idee, daß der Nutzen eines Gutes als unabhängig von den Konsumenten, der Nachfragesituation und allen anderen Begleitumständen des Konsums angesehen wird. Die stochastische Komponente dieses Ansatzes liegt in der Entscheidungsregel, die besagt, daß nicht notwendigerweise von dem Konsumenten dasjenige Produkt ausgewählt

---

<sup>89</sup>Vgl. Block & Marschak, 1960.

<sup>90</sup>Vgl. Abschnitt 3.1.

<sup>91</sup>Diese Modelle werden auch oftmals als „strict utility“ oder „constant utility“ Modelle bezeichnet.

wird, welches ihm den höchsten Nutzen bietet. Motiviert ist dieser Ansatz durch Beobachtungen intransitiver Präferenzen von Konsumenten. Die wichtigsten Ansätze hierzu sind das Modell von Luce sowie das Elimination-by-Aspects-Modell von Tversky, welche in den folgenden Abschnitten dargestellt werden.

### 3.3.1.1 Das Modell von Luce

Das Axiom von Luce stellt die Grundlage der Nachfragemodelle mit konstantem Nutzen dar.<sup>92</sup> Wenn die Auswahlwahrscheinlichkeiten dem Axiom entsprechen, ist es möglich, den einzelnen Produkten Skalenwerte (bzw. konstante Nutzenwerte) zuzuordnen, so daß sich die Auswahlwahrscheinlichkeiten für die Produkte aus diesen Skalenwerten ableiten lassen.

Der Schwerpunkt des Modells von Luce liegt auf der Betrachtung der probabilistischen Entscheidungsregel, nach der mit einer nichtnegativen Wahrscheinlichkeit auch Güter ausgewählt werden, die nicht den höchsten Nutzen aufweisen. Hierdurch wird die Inkonsistenz der Konsumenten in ihren offenbarten Präferenzen reflektiert.

Betrachtet man die Menge  $A$  der verfügbaren Güter, so läßt sich die Wahrscheinlichkeit  $P_A(i)$  für die Auswahl eines Produktes  $i$  aus der Menge  $A$  wie folgt formulieren:

$$P_A(i) = P(i|A) \quad , \text{ mit } 0 \leq P(i|A) \leq 1 \quad , \forall i \in A. \quad (3.7)$$

Weiter muß für die Auswahlwahrscheinlichkeiten bezüglich zweier Güter  $i, j \in A$  folgendes gelten:

$$\begin{aligned} \sum_{i \in A} P(i|A) &= 1, \\ P(i \text{ und } j|A) &= 0 \quad , i \neq j, \\ P(i \text{ oder } j|A) &= P(i|A) + P(j|A) \quad , i \neq j. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Für jede Teilmenge  $\tilde{A} \subseteq A$  läßt sich die bedingte Wahrscheinlichkeit  $P(\tilde{A}|A)$  formulieren, mit der das gewählte Gut in der Teilmenge  $\tilde{A}$  enthalten ist. Damit läßt sich

<sup>92</sup>Vgl. Luce, 1959, S. 5 ff.

folgende bedingte Wahrscheinlichkeit definieren:

$$P(i|\tilde{A} \subseteq A) = \frac{P(i|A)}{P(\tilde{A}|A)}, \forall i \in \tilde{A} \subseteq A, \exists j \in \tilde{A} : P(j|A) > 0. \quad (3.9)$$

Basierend auf diesen Annahmen läßt sich das von Luce formulierte Axiom<sup>93</sup> wie folgt darstellen. Ist die Menge von Auswahlwahrscheinlichkeiten für alle Untermengen einer endlichen Menge  $A$  definiert, so entsprechen diese Wahrscheinlichkeiten dem Axiom, falls für alle  $i, \tilde{A}$  und  $A$  mit  $i \in \tilde{A} \subseteq A$  gilt:

$$P(i|\tilde{A} \subseteq A) = P(i|\tilde{A}). \quad (3.10)$$

Aus (3.10) folgt, daß die durch eine Teilmenge der Güter bedingte Auswahlwahrscheinlichkeit für ein Gut lediglich von den in dieser Teilmenge enthaltenen Gütern abhängt. Werden weitere existierende Güter aus der Auswahlmenge entfernt oder ihr hinzugefügt, so bleiben die bedingten Auswahlwahrscheinlichkeiten davon unberührt.

Setzt man die Bedingung (3.10) in Gleichung (3.9) ein, so erhält man die Auswahlwahrscheinlichkeit für Produkt  $i$ :

$$P(i|A) = P(i|\tilde{A}) \cdot P(\tilde{A}|A), \quad (3.11)$$

sowie für ein weiteres Gut  $j \in \tilde{A}$ :

$$P(j|A) = P(j|\tilde{A}) \cdot P(\tilde{A}|A). \quad (3.12)$$

Mit (3.11) und (3.12) läßt sich die auch als IIA-Eigenschaft<sup>94</sup> bezeichnete Eigenschaft der „Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen“ herleiten, die eine zentrale Rolle zur Beurteilung der Eigenschaften von Nachfragemodellen einnimmt. Setzt man die in (3.11) und (3.12) enthaltenen Auswahlwahrscheinlichkeiten für  $i$  und  $j$  ins Verhältnis zueinander, erhält man:

$$\frac{P(i|\tilde{A})}{P(j|\tilde{A})} = \frac{P(i|A)}{P(j|A)}, \quad i, j \in \tilde{A} \subseteq A. \quad (3.13)$$

<sup>93</sup>Dieses Axiom wird in der Literatur als *Luce's Choice Axiom* bezeichnet.

<sup>94</sup>IIA: Independence of Irrelevant Alternatives.

Die zentrale Aussage der IIA-Eigenschaft ist demzufolge, daß das Verhältnis der Auswahlwahrscheinlichkeiten zweier Güter, die in einer Teilmenge  $\tilde{A}$  enthalten sind, unabhängig von der Menge aller verfügbaren Güter konstant bleibt. Wird ein Gut der Menge der Alternativen hinzugefügt bzw. aus dieser Menge entfernt, fallen bzw. wachsen die Auswahlwahrscheinlichkeiten aller (übrigen) Güter im gleichen Verhältnis. Luce argumentiert, daß die IIA-Eigenschaft als probabilistische Version der Annahme der Transitivität der Präferenzen betrachtet werden kann. Die Konsequenzen der IIA-Eigenschaft auf die Wirkungsweise von Nachfragemodellen werden gesondert in Abschnitt 3.3.1.2 veranschaulicht.

Luce zeigt weiterhin, daß, falls das Axiom gilt, ein konstanter Skalenwert bzw. Nutzen  $U_j$  für jedes betrachtete Gut  $j$  existiert, welcher direkt proportional zu dessen Auswahlwahrscheinlichkeit ist:

$$P(i|A) = \frac{U_i}{\sum_{j \in A} U_j}. \quad (3.14)$$

Dabei müssen die Nutzenwerte echt positiv und eindeutig sein. (3.14) wird generell als das „Modell von Luce“ bezeichnet und gilt für jede beliebige Teilmenge  $\tilde{A} \subseteq A$ .

Das Modell von Luce eignet sich insbesondere zur Verdeutlichung der durch teilstochastische Nachfragemodelle implizierten Produktsubstitutionen, deren formale Darstellung hinsichtlich der Erklärung der Automobilnachfrage von wesentlicher Bedeutung ist. Im folgenden werden daher die aus der IIA-Eigenschaft resultierenden Substitutionsmuster näher erläutert.

### 3.3.1.2 Exkurs: Die Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen

Die in dem Modell von Luce enthaltene IIA-Eigenschaft wird im folgenden durch das sogenannte „red bus / blue bus paradox“ verdeutlicht, aus dem die Relevanz der durch ein Nachfragemodell implizierten Gütersubstitutionen in besonders anschaulicher Form hervorgeht.

Angenommen sei eine Entscheidungssituation, in der die Konsumenten mit den Auswahlalternativen „Auto“ und „Bus“ konfrontiert sind. Die Wahrscheinlichkeiten für

die Auswahl einer der Alternativen seien identisch, so daß gilt:

$$\begin{aligned} P(\textit{Auto}) &= \frac{1}{2}, \\ P(\textit{Bus}) &= \frac{1}{2}. \end{aligned} \tag{3.15}$$

Weiter wird angenommen, daß den Konsumenten ein weiterer Bus-Service angeboten wird, der bis auf die Farbe in allen Eigenschaften identisch mit dem bestehenden Bus-Service ist, so daß der bislang verfügbare Bus rot und der neue Bus blau ist. Da hiermit die Menge der angebotenen Alternativen erweitert wird und das Verhältnis der beiden bestehenden Alternativen gemäß dem Axiom von Luce identisch bleibt, gilt nun für die Auswahlwahrscheinlichkeiten:

$$\begin{aligned} P(\textit{Auto}) &= \frac{1}{3}, \\ P(\textit{roter Bus}) &= \frac{1}{3}, \\ P(\textit{blauer Bus}) &= \frac{1}{3}. \end{aligned} \tag{3.16}$$

Die in (3.16) dargestellten Auswahlwahrscheinlichkeiten sind offensichtlich unrealistisch, da die beiden verfügbaren Busse als eine Alternative wahrgenommen werden, so daß sich die ursprüngliche Wahrscheinlichkeit, den Bus zu wählen, auf die beiden neuen Busalternativen verteilt:

$$\begin{aligned} P(\textit{Auto}) &= \frac{1}{2}, \\ P(\textit{roter Bus}) &= \frac{1}{4}, \\ P(\textit{blauer Bus}) &= \frac{1}{4}. \end{aligned} \tag{3.17}$$

Damit erstreckt sich die Validität des Axioms von Luce lediglich auf Alternativmengen, die ausschließlich sich unterscheidende Güter bzw. Güter mit gleicher Ähnlichkeit beinhalten. Obwohl im vorangegangenen Beispiel ein extremer Fall dargestellt wurde, wird hieraus die restriktive Natur der IIA-Eigenschaft sichtbar. Im Zusammenhang mit der Problemstellung dieser Arbeit ist daher zu untersuchen, inwiefern sich die Restriktivität der IIA Eigenschaft aufheben läßt, die die auf Automobilmärkten auftretenden Produktsubstitutionen nur in unbefriedigender Weise darstellt.

### 3.3.1.3 Das Modell von Tversky

Das von Tversky entwickelte „elimination by aspects“-Modell (EBA) begegnet der Restriktivität der IIA-Eigenschaft.<sup>95</sup> Der Grundgedanke des EBA-Modells basiert auf der Zerlegung des Entscheidungsprozesses in verschiedene Phasen, die mit der Elimination spezifischer Güter aus der Alternativenmenge korrespondieren. Diese Auswahlheuristik setzt voraus, daß Konsumenten für relevante Gütereigenschaften („aspects“)<sup>96</sup> Standards („thresholds“) vorgeben, welche bei Nichterfüllung zur Elimination des jeweiligen Produkts führen.

Nach einem Eliminationsschritt wird ein weiteres Produktattribut als Eliminationskriterium verwendet. Dieser Prozeß wird solange fortgesetzt, bis keine weitere Elimination von Alternativen mehr möglich ist. Verbleibt nur noch eine einzige Auswahlalternative, wird diese vom Konsumenten ausgewählt, verbleiben mehrere Auswahlalternativen, so werden sie mit jeweils identischer Wahrscheinlichkeit gewählt.

Werden den Eigenschaften Nutzenwerte  $U_j$  zugeordnet, welche die Relevanz dieser Eigenschaften für den Konsumenten reflektieren, so ist durch

$$P(i) = \frac{U_i}{\sum_j U_j}$$

die Wahrscheinlichkeit definiert, mit der die Eigenschaft  $i$  als Eliminationskriterium ausgewählt wird. Aus diesen Wahrscheinlichkeiten resultiert die Wahrscheinlichkeit einer spezifischen Reihenfolge der Eliminationen. Diese ist gleichzusetzen mit der Auswahlwahrscheinlichkeit des Produktes, welches die Elimination „übersteht“. Die für den Konsumenten wichtigste Eigenschaft ist damit mit hoher Wahrscheinlichkeit das erste Eliminationskriterium.

Das Modell von Tversky ermöglicht damit die Darstellung differenzierter Ähnlichkeiten der Güter und damit komplexere Gütersubstitutionen, so daß die restriktive IIA-Eigenschaft des Modells von Luce aufgehoben wird.

<sup>95</sup>Vgl. Tversky, 1972, S. 284 ff.

<sup>96</sup>Die „aspects“ repräsentieren gemäß Tversky Werte entlang fest definierten qualitativen oder quantitativen Dimensionen und lassen sich demnach als objektiv beobachtbare Merkmale der Güter auffassen. Vgl. hierzu auch Tversky, 1972, S. 285.

Obwohl Tverskys EBA-Modell die gewünschten Eigenschaften bezüglich der Darstellung realistischer Substitutionsmuster besitzt, wird es auch kritisiert,<sup>97</sup> was im wesentlichen die Schwierigkeiten hinsichtlich der Ermittlung der Nutzenwerte, die aufwendige Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeiten sowie den durch den „threshold“ erzeugten binären Charakter der Gütereigenschaften betrifft.

Dieser Kritik begegnet das ebenfalls von Tversky & Sattath als „Hierarchical Elimination“ bezeichnete Verfahren, das die vollständige Berechnung aller Eliminationsreihenfolgen ausschließt und damit den Aufwand für die Berechnung des Modells wesentlich reduziert.<sup>98</sup> Grundgedanke dieses Ansatzes ist die Gruppierung ähnlicher Güter und deren Anordnung in einer hierarchischen Struktur, so daß sich im Zuge der Gütere-elimination ganze Gütergruppen ausschließen lassen. Die Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeiten reduziert sich somit auf die Wahrscheinlichkeiten, mit denen die relevanten, jeweils nachgelagerten Gütergruppen präferiert werden. Obwohl damit der Aufwand für die Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeiten erheblich reduziert wird, liegt ein Nachteil dieses Verfahrens darin, daß hier stets die Menge der Auswahlalternativen ganzheitlich betrachtet werden muß, um Auswahlwahrscheinlichkeiten zu berechnen, so daß die Betrachtung einer variablen Menge von Gütern (insbesondere von Neueinführungen) ausgeschlossen ist.

Die Modelle von Tversky umgehen zwar die IIA-Eigenschaft, allerdings ist die Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeiten aufgrund der probabilistischen Natur der Entscheidungsregel sehr aufwendig. Die Anwendung des hierarchischen Ansatzes bedingt die Definition einer hierarchischen Produktstruktur. Hinsichtlich der Darstellung von Automobilmärkten ist in Frage zu stellen, inwiefern sich das Angebot hierarchisch gliedern läßt. Darüber hinaus erscheint die Festlegung der mit den einzelnen Gütereigenschaften korrespondierenden „thresholds“ und der Nutzenwerte problematisch.

---

<sup>97</sup>Vgl. McFadden, 1986, S. 227 ff.; Tversky & Sattath, 1979, S. 542 ff.

<sup>98</sup>Vgl. Tversky & Sattath, 1979, S. 542 ff.

### 3.3.2 Modelle mit stochastischem Nutzen

Die Modelle mit deterministischer Entscheidungsregel und stochastischem Nutzen<sup>99</sup> sind in ihrem Grundgedanken der neoklassischen Konsumtheorie wesentlich ähnlicher als die zuvor dargestellten Modelle mit stochastischer Entscheidungsregel. Sie begründen sich aus der grundlegenden Arbeit von Thurstone, die durch die Erklärung scheinbar widersprüchlicher Ergebnisse psychologischer Experimente motiviert ist,<sup>100</sup> in denen Probanden auf einen gegebenen Anreiz (Stimulus) bei aufeinanderfolgenden Befragungen unterschiedlich reagierten.

Zur Erklärung dieser Variabilität interpretiert er die individuelle Reaktion auf einen gegebenen Anreiz als Realisierung einer Zufallsvariable. Diese Sichtweise läßt sich auch auf den Vergleich der Reaktionen auf verschiedene Anreize erweitern. Basierend auf dieser Vorstellung entwickelte Thurstone eine Nachfragetheorie,<sup>101</sup> welche die Grundlage für die heute vielfach angewendeten Zufallsnutzenmodelle darstellt.

Den betrachteten Gütern wird ein Nutzenwert zugeordnet, der neben einem deterministischen Anteil auch eine stochastische Komponente beinhaltet. Letztere zielt auf die zeitliche Variation des durch den Konsumenten wahrgenommenen Nutzens der Güter ab. Die Entscheidungsregel dagegen ist deterministischer Natur und besagt, daß genau dasjenige Gut gewählt wird, welches den höchsten momentanen Nutzen aufweist.<sup>102</sup>

Mit dem Prinzip der Nutzenmaximierung ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Alternative  $i$  gewählt wird, definiert durch:

$$P(i) = P \left( U_i = \max_{j \in A} U_j \right) \quad , \quad \text{mit:} \quad (3.18)$$

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad \forall i \in A \quad ,$$

wobei der Nutzen  $U_i$  einer Alternative  $i$  aus der deterministischen, meßbaren Komponente  $V_i$  und der stochastischen Komponente  $\varepsilon_i$  besteht. Dabei sei angenommen, daß die

<sup>99</sup>Modelle mit deterministischer Entscheidungsregel und stochastischem Nutzen werden in der Literatur auch als „Random Utility Models“ bezeichnet.

<sup>100</sup>Vgl. Thurstone, 1927a,b.

<sup>101</sup>Vgl. Thurstone, 1945.

<sup>102</sup>Vgl. Edgell & Geisler, 1980, S. 266.

Zufallsvariablen  $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$  gemäß einer kontinuierlichen Verteilungsfunktion  $F$  mit einem Erwartungswert von null für alle  $\varepsilon_i$  verteilt sind.<sup>103</sup>

Damit gilt schließlich für die Auswahlwahrscheinlichkeit für Alternative  $i$ :

$$P(i) = P\left(V_i + \varepsilon_i = \max_{j \in A} (V_j + \varepsilon_j)\right), \quad \forall i \in A \quad . \quad (3.19)$$

Der Ausdruck (3.19) ist formal äquivalent zu Thurstones „law of comparative judgement“. Thurstones Modell bezieht sich auf die Betrachtung des Individuums und seiner Auswahlentscheidungen. Eine aggregierte Betrachtung der Konsumenten wie sie im Rahmen dieser Arbeit zugrunde gelegt wird, hatte Thurstone zunächst nicht vorgesehen.

Gleichwohl ist das Konzept des Zufallsnutzens geeignet, die Inkonsistenz individuellen Nachfrageverhaltens darzustellen. Es weist einen universellen Charakter auf, was auch daran deutlich wird, daß es vielfach von Ökonomen aufgegriffen und interpretiert wurde und auch auf diesem Gebiet breite Anwendung findet, wie nachfolgend im Kontext der Diskussion der Discrete Choice Theorie deutlich wird.

### 3.4 Die Discrete Choice Theorie

Die Entwicklung der Discrete Choice Theorie basiert auf der ökonomischen Interpretation teilstochastischer Nachfragemodelle und insbesondere des Modells von Thurstone.<sup>104</sup> Wie in der Literaturbetrachtung bereits deutlich wurde, finden Discrete Choice Modelle auch im Marketing breite Anwendung.

Daher wird zunächst das Discrete Choice Modell in seiner allgemeinen Form dargestellt, bevor speziellere Modelle hinsichtlich ihrer Eignung für eine Verwendung im Rahmen dieser Arbeit analysiert werden.

<sup>103</sup>Weisen die Zufallsvariablen einen von null abweichenden Erwartungswert auf, läßt sich dieser dem deterministischen Nutzenwert  $V_i$  hinzu addieren, so daß sich für alle Zufallsvariablen Erwartungswerte von null konstruieren lassen.

<sup>104</sup>Vgl. zu umfassenden Darstellungen zur Discrete Choice Theorie Ben-Akiva & Lerman, 1985; Maier & Weiss, 1990; Anderson, de Palma & Thisse, 1992; Börsch-Supan, 1987; Hensher & Johnson, 1981.

### 3.4.1 Grundlagen der Discrete Choice Theorie

Die Theorie diskreter Wahlentscheidungen basiert wesentlich auf probabilistischen Nachfragemodellen mit stochastischem Nutzen, welche ursprünglich von Thurstone entwickelt wurden.<sup>105</sup> Aus diesem Modell wurde von Marschak verallgemeinernd das Prinzip der Zufallsnutzenmaximierung (RUM)<sup>106</sup> abgeleitet,<sup>107</sup> was in weiterreichenden Untersuchungen probabilistischer Nachfragemodelle unter ökonomischen Gesichtspunkten resultierte.<sup>108</sup>

Die Betrachtung diskreter Alternativen trifft darüber hinaus auf zahlreiche Nachfragesituationen eher zu als die Annahme des Konsums von Güterbündeln.

Diese Annahme wirkt sich allerdings unmittelbar auf die analytischen Eigenschaften der Nachfragemodelle und insbesondere auf die Differenzierbarkeit der Nutzenfunktion aus.<sup>109</sup> Die Betrachtung diskreter Einheiten sowie die Annahme, daß nur eine Einheit konsumiert wird, hebt die mikroökonomische Betrachtung von Güterbündeln sowie die Beschreibung der Güter durch ihre Mengen auf. Im folgenden wird der konsumentenspezifische Nutzen eines Gutes in Anlehnung an Lancasters Ansatz als Funktion der Gütereigenschaften  $\mathbf{x}$  sowie der Konsumentenattribute  $\mathbf{S}$  beschrieben:

$$U_i = U(\mathbf{x}_i, \mathbf{S}). \quad (3.20)$$

Sowohl  $\mathbf{x}_i$  als auch  $\mathbf{S}$  enthalten die Elemente, die über die Alternativen bzw. die Individuen variieren können, also auch Geldpreise und Einkommen. Da die Alternativenmenge  $A$  explizit definiert ist und sie nicht über eine Budgetrestriktion implizit ermittelt wird, wird Preisen und Einkommen nicht die besondere Bedeutung beigemessen, die die mikroökonomische Theorie für sie vorsieht.

Die ökonomische Interpretation des in (3.19) dargestellten Modells von Thurstone unterscheidet sich konzeptuell jedoch wesentlich von dessen ursprünglicher Absicht,

---

<sup>105</sup>Vgl. Abschnitt 3.3.2.

<sup>106</sup>RUM: Random Utility Maximization.

<sup>107</sup>Vgl. Block & Marschak, 1960; Marschak, 1960.

<sup>108</sup>Vgl. für eine ausführliche Schilderung zur historischen Entwicklung der Zufallsnutzen-Theorie McFadden, 2000.

<sup>109</sup>Vgl. für ein erläuterndes Beispiel hierzu Ben-Akiva & Lerman, 1985, S. 43 ff.

das inkonsistente Verhalten *eines* Individuums durch dessen variierende Wahrnehmung der Eigenschaften einer Alternative bzw. eines Produkts zu erklären. Vielmehr wird wie auch in der neoklassischen Konsumtheorie angenommen, daß die Konsumenten in der Lage sind, eine eindeutige Präferenzordnung bezüglich der verfügbaren Alternativen  $i \in A$  zu definieren. Die Berücksichtigung der stochastischen Nutzenkomponente wird daher durch die Tatsache gerechtfertigt, daß die verfügbaren Informationen zur Erklärung der beobachteten Entscheidungen unvollständig sind, insbesondere falls man eine Population von Individuen betrachtet.<sup>110</sup> Manski identifiziert in diesem Zusammenhang vier verschiedene Quellen der Unsicherheit:<sup>111</sup>

- Unbeobachtete Produktattribute,
- unbeobachtete Konsumentenattribute (Geschmacksvariationen),
- Meßfehler,
- unvollkommene Abbildungen von Instrumentvariablen.

Wie aus den obigen Ausführungen ersichtlich wird, eignet sich die ökonomische Interpretation des Zufallsnutzenkonzeptes insofern zur der Erklärung der Automobilmachfrage, als daß sich die Produktattribute explizit berücksichtigen lassen, nicht beobachtete Einflüsse zur Erklärung der Heterogenität der betrachteten Population durch die stochastische Nutzenkomponente erklärt sind und die Nachfrage nach diskreten Einheiten betrachtet wird.

Allerdings werden weiterhin zeitliche Einflüsse der Nachfrage nicht explizit berücksichtigt. Darüber hinaus stehen im Rahmen dieser Arbeit die in (3.20) enthaltenen konsumentenspezifischen Attribute nicht zur Verfügung, so daß im folgenden der Nutzen vereinfachend lediglich als Funktion der Produktcharakteristika  $U(\mathbf{x}_i)$  betrachtet wird. Insofern kann bezüglich der stochastische Komponente angenommen werden, daß sie insbesondere zur Erklärung der nicht beobachteten Geschmacksvariationen der Konsumenten dient.

<sup>110</sup>Vgl. Anderson, de Palma & Thisse, 1992, S. 31 f.; Bierlaire, 1998.

<sup>111</sup>Vgl. Manski, 1977; Ben-Akiva & Lerman, 1985, 55 f.

### 3.4.2 Die allgemeine Form von Discrete Choice Modellen

Thurstones Modell folgend läßt sich der durch einen Konsumenten wahrgenommene Zufallsnutzen einer Alternative  $i$  durch die Addition der beobachtbaren Nutzenkomponente<sup>112</sup>  $V$  und der unbeobachtbaren Komponente<sup>113</sup>  $\varepsilon$  ausdrücken:

$$U_i = U(\mathbf{x}_i) = V(\mathbf{x}_i) + \varepsilon(\mathbf{x}_i) = V_i + \varepsilon_i \quad , \quad (3.21)$$

so daß die Wahrscheinlichkeit, daß ein Konsument eine Alternative  $i$  auswählt, gegeben ist durch:

$$P(i) = P(V_i + \varepsilon_i \geq V_j + \varepsilon_j, \forall j \in A) \quad . \quad (3.22)$$

In (3.22) ist die Annahme der Nutzenmaximierung unter der Berücksichtigung des Zufallsnutzens formal beschrieben. Intuitiv läßt sich  $V$  als die durchschnittliche Bewertung des Nutzens und  $\varepsilon$  als dessen Streuung auffassen. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß die Nutzenfunktion einen ordinalen Charakter aufweist und daher eine Auffassung von  $V$  als Nutzendurchschnitt für die durch die Nutzenfunktion hergestellte Präferenzordnung keinerlei Bedeutung hat, da diese letztendlich durch die Realisierung der Zufallsvariablen determiniert ist.

Von wesentlicher Bedeutung ist der Zusammenhang zwischen dem Attributevektor  $\mathbf{x}_i$  und der Zufallskomponente  $\varepsilon$ . Im Fall der Unabhängigkeit der beiden Komponenten führt die Veränderung der deterministischen Komponente  $V$  einer Alternative zu einer Verschiebung, jedoch nicht zu einer Veränderung der Verteilung. Diese als Translationsinvarianz bezeichnete Eigenschaft schließt aus, daß beispielsweise Meßfehler für verschiedene Gruppen von Entscheidungsträgern oder Alternativen in unterschiedlicher Weise berücksichtigt werden.

Im folgenden wird auf die Berechnung der alternativenspezifischen Auswahlwahrscheinlichkeiten mittels eines Discrete Choice Modells eingegangen. Gleichung (3.22) läßt sich umformen zu:

$$P(i) = P(V_i - V_j \geq \varepsilon_j - \varepsilon_i, \forall j \in A). \quad (3.23)$$

<sup>112</sup>Die Nutzenkomponente  $V$  wird als deterministische oder systematische Komponente bezeichnet.

<sup>113</sup>Die Nutzenkomponente  $\varepsilon$  wird als stochastische oder unsystematische Komponente bezeichnet.

Dem Kalkül in (3.23) entsprechend sind die Nutzendifferenzen der stochastischen bzw. der deterministischen Nutzenkomponenten von wesentlicher Bedeutung für die Auswahlwahrscheinlichkeit. Die Berechnung der deterministischen Komponente erfolgt entsprechend der funktionalen Spezifikation des Nutzens. Für die Berechnung der stochastischen Komponente ist es erforderlich, eine Annahme über die Wahrscheinlichkeitsverteilung  $f$  der Störterme  $\varepsilon_i$  zu treffen. Ohne an dieser Stelle eine spezifische Annahme über die Gestalt der Dichtefunktion zu treffen, läßt sich die gemeinsame Dichtefunktion des Vektors  $\varepsilon$  der Störterme  $\varepsilon_i$  der Zufallsnutzen allgemein beschreiben durch:

$$f(\varepsilon) = f(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n) \quad , \quad (3.24)$$

wobei  $f(\varepsilon)$  eine stetige Wahrscheinlichkeitsverteilung bezeichnet. Damit ist die Wahrscheinlichkeit, mit der die Nutzenwerte zweier Alternativen identisch sind, stets null. Identische Nutzenwerte sind somit nicht zulässig, so daß eine eindeutige Präferenzordnung gewährleistet ist. Es ist ferner anzumerken, daß die allgemeine Funktion (3.24) keine Aussagen über die Beziehungen der alternativenspezifischen Zufallsnutzen  $\varepsilon_i$  enthält. Die Wahrscheinlichkeitsdichten können sowohl über die Individuen als auch über die Produkte in Form und Gestalt variieren und miteinander korrelieren.

Mit diesen allgemeinen Annahmen lassen sich Discrete Choice Modelle hinsichtlich der Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeiten analysieren. Zu diesem Zweck wird (3.23) nochmals umgeschrieben zu:

$$P(i) = P(V_i + \varepsilon_i - V_j \geq \varepsilon_j, \forall j \in A) \quad . \quad (3.25)$$

Die Auswahlwahrscheinlichkeit einer Alternative  $i$  entspricht der Wahrscheinlichkeit, mit der die Nutzenwerte der übrigen Alternativen geringer sind als derjenige der Alternative  $i$ . Diese Wahrscheinlichkeit erhält man durch Integration der Dichtefunktion für alle Alternativen von minus unendlich bis zu dem Nutzen der Alternative  $i$ . Zur Integration von  $f(\varepsilon)$  über diesen Bereich muß der Nutzen der Alternative  $i$  wie in (3.25) dargestellt um die deterministische Nutzenkomponente der anderen Alternativen korrigiert werden. Um die Vorgehensweise zur allgemeinen Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeit zu verdeutlichen, wird die stochastische Nutzenkomponente  $\varepsilon_1^*$  der

Alternative 1 zunächst als konstant angenommen. Damit berechnet sich die (vorläufige) Auswahlwahrscheinlichkeit  $G_1(\varepsilon_1^*)$  dieser Alternative wie folgt:

$$G_1(\varepsilon_1^*) = \int_{-\infty}^{V_1+\varepsilon_1-V_2} \cdots \int_{-\infty}^{V_1+\varepsilon_1-V_n} f(\varepsilon_1^*, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n) d\varepsilon_n \cdots d\varepsilon_2. \quad (3.26)$$

Wird diese Berechnung nun für alle möglichen Nutzenwerte  $U_1$  der hier betrachteten Alternative 1 durchgeführt, indem der zunächst fixierte Wert  $\varepsilon_1$  variiert wird, so erhält man die tatsächliche Auswahlwahrscheinlichkeit aus:

$$P(1) = \int_{-\infty}^{+\infty} G_1(\varepsilon_1) d\varepsilon_1. \quad (3.27)$$

Durch Kombination von (3.26) und (3.27) ergibt sich die tatsächliche Auswahlwahrscheinlichkeit von  $i$  aus:

$$P(1) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{V_1+\varepsilon_1-V_2} \cdots \int_{-\infty}^{V_1+\varepsilon_1-V_n} f(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n) d\varepsilon_n \cdots d\varepsilon_2 d\varepsilon_1. \quad (3.28)$$

Die numerische Berechnung von (3.28) erweist sich auch mit Rechnerunterstützung als aufwendig, da für jede verfügbare Alternative ein Integral zu bestimmen ist. Unter Berücksichtigung einer relativ hohen Anzahl von Auswahlalternativen bzw. Produkten, die der Aufgabenstellung dieser Arbeit zugrunde liegt, ist daher zu untersuchen, welche Verteilungsannahmen eine analytische Berechnung erlauben. Darüber hinaus ist diese Verteilungsannahme auch hinsichtlich der Erklärung nicht beobachteter Geschmacksvariationen und Präferenzen von zentraler Bedeutung.

Bezüglich der Anwendung bedarf es der Spezifizierung der funktionalen Form der deterministischen Nutzenkomponente  $V$  sowie der Verteilung der Störterme  $f(\varepsilon)$ . Die funktionale Form von  $V$  gibt an, in welcher Weise die Attribute der Alternativen in den Nutzen eingehen. Aus der Verteilung  $f(\varepsilon)$  geht hervor, in welcher Weise die resultierenden Auswahlwahrscheinlichkeiten von den deterministischen Nutzenwerten  $V_i$  abhängen. Beide Aspekte werden in den folgenden Abschnitten behandelt.

### 3.4.2.1 Die deterministische Nutzenkomponente

In der Literatur werden zumeist lineare Nutzenfunktionen im Zusammenhang mit Discrete Choice Modellen verwendet. Die deterministische Nutzenkomponente  $V(\mathbf{x}_i)$  ist damit wie folgt definiert:

$$V_i = V(\mathbf{x}_i) = \boldsymbol{\beta} \mathbf{X}_i = \sum_k \beta_k X_{ik} \quad \text{mit } X_{ik} = h_k^X(\mathbf{x}_i) \quad . \quad (3.29)$$

Dabei bezeichnet  $X_{ik}$  die  $k$ -te unabhängige Variable der Nutzenfunktion  $V$ . Die Funktion  $h_k^X(\cdot)$  bildet die ursprünglichen Eigenschaften der Konsumenten auf die Variablen  $X_{ik}$  ab, die als sogenannte Instrumentvariablen Eingang in die Nutzenfunktion finden. Die zu schätzenden Parameter der deterministischen Nutzenfunktion sind mit  $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots)$  bezeichnet.

Es ist zu beachten, daß die Funktion (3.29) nicht mit einer linearen Nutzenfunktion gleichzusetzen ist, da die Funktionen  $h_k^X$  nicht-lineare Transformationen der ursprünglichen Attribute  $\mathbf{x}_i$  sowie Interaktionen zwischen diesen zulassen. Somit lassen sich die erklärenden Variablen beispielsweise durch Logarithmieren der Attribute, Gruppierung von Attributen oder Interaktionen wie Quotientenbildung generieren.<sup>114</sup> Die durch  $h_k^X$  transformierten Variablen lassen sich wie folgt klassifizieren:<sup>115</sup>

- **Generische Variablen** sind erklärende Variablen, die über alle Alternativen variieren. Sie ergeben sich somit aus den Attributwerten  $\mathbf{x}_i$  der jeweiligen Alternative. Zudem können sie über alle Individuen variieren.
- **Alternativenspezifische Konstanten**<sup>116</sup> werden üblicherweise konstruiert, um Variablen mit qualitativen Ausprägungen zu erfassen. Hierbei entspricht die Anzahl der Konstanten der Anzahl der qualitativen Ausprägungen einer Variable, wobei üblicherweise diejenige Konstante mit dem Wert Eins belegt wird, die der

<sup>114</sup>Ziel der Transformationen ist die Erhöhung der Erklärungskraft des Modells.

<sup>115</sup>Vgl. Maier & Weiss, 1990, S. 127 f.

<sup>116</sup>Alternativenspezifische Konstanten werden oftmals auch als „Binärvariablen“ oder als „Dummy-Variablen“ bezeichnet.

Ausprägung der ursprünglichen Variable entspricht. Die mit den übrigen Ausprägungen korrespondierenden Variablen nehmen den Wert Null an.

- **Alternativenspezifische sozioökonomische Variablen** weisen ähnliche Merkmale wie die alternativenspezifischen Konstanten auf, jedoch variieren sie über die Individuen. So ist es denkbar, daß beispielsweise für eine Gruppe von Alternativen die Variable den Wert eines sozioökonomischen Attributes annimmt und für den Rest der Alternativen den Wert Null. Aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit sozioökonomischer Variablen ist diese Kategorie im Kontext dieser Arbeit nicht von hoher Relevanz.

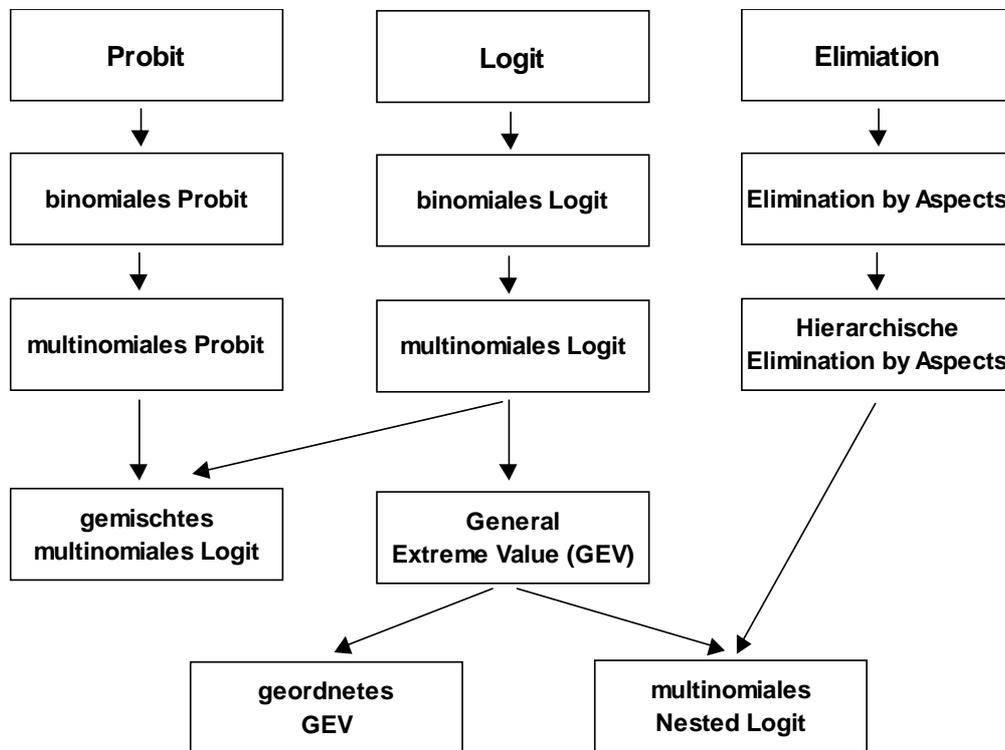
Neben der oben erwähnten linearen Spezifikation existieren beliebig viele Möglichkeiten, die deterministische Nutzenfunktion zu definieren, so beispielsweise durch Approximation einer in ihren Parametern linearen Nutzenfunktion durch Taylor-Reihenentwicklung sowie durch Box-Cox- und Box-Tukey-Transformationen,<sup>117</sup> die nicht-linear in ihren Parametern sind und daher einen hohen Grad an Flexibilität aufweisen. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Approximation nicht-linearer Nutzenfunktionen durch neuronale Netze.<sup>118</sup>

Hinsichtlich der Nutzenkomponente  $V$  bleibt festzuhalten, daß deren Spezifikation die vermuteten Einflüsse der beobachteten Merkmale wie auch die Struktur des betrachteten Problems berücksichtigt.<sup>119</sup> Eine in ihren Parametern lineare Nutzenfunktion ist bezüglich der geschätzten Parameter leicht zu interpretieren, wobei sich vermutete bzw. unterstellte Nichtlinearitäten durch die Transformation der Attribute implementieren lassen. Im Hinblick auf die Anwendung des Modells auf Automobilmärkte ist es beispielsweise von Relevanz, die Richtung und Stärke des Einflusses verschiedener Produktattribute auf den Nutzen zu überprüfen, was bei stark nichtlinearen Funktionen wie neuronalen Netzen wesentlich aufwendiger ist als bei linearen Funktionen.

<sup>117</sup>Vgl. Box & Cox, 1964; Vgl. für Anwendungen auf die Discrete Choice Theorie Hensher & Johnson, 1979; Hensher & Johnson, 1981, S. 186 ff.; Abe, 1999.

<sup>118</sup>Vgl. für eine Anwendung Eggert & Hrycej, 2000.

<sup>119</sup>Vgl. für eine Spezifikation der Nutzenfunktion durch Unterstützung neuronaler Netze Bentz & Merunka, 2000.

Abbildung 3.3: Systematik der Discrete Choice Modelle<sup>120</sup>

### 3.4.2.2 Die stochastische Nutzenkomponente

Während die Spezifikation der deterministischen Nutzenkomponente in erster Linie von der Charakteristik der verfügbaren Attribute und der Struktur des untersuchten Problems abhängt, entscheidet die Spezifikation der Dichtefunktion der Störterme  $\varepsilon$  über grundlegende Eigenschaften des Modells hinsichtlich der Erklärung des Nachfrageverhaltens. Daher wird diese Spezifikation auch zur Klassifizierung von Discrete Choice Modellen herangezogen. In Abbildung 3.3 ist eine Systematik der verschiedenen Klassen von Discrete Choice Modellen dargestellt.

Im folgenden werden verschiedene Discrete Choice Modelle erörtert und hinsichtlich ihrer Eignung diskutiert. In diesem Zusammenhang ist die Notwendigkeit der gemeinsamen Betrachtung der Nutzenkomponenten zu betonen,<sup>121</sup> insbesondere falls sich

<sup>120</sup>In Anlehnung an McFadden, 1984, S. 1411 (modifiziert).

<sup>121</sup>Vgl. Maier & Weiss, 1990, S. 129 ff.

die Heterogenität der Alternativen oder Entscheidungsträger durch beobachtete Attribute nicht erklären läßt. In diesem Fall ist eine flexiblere Spezifikation der stochastischen Komponente erforderlich, da anzunehmen ist, daß die Störterme ähnlicher Alternativen oder Konsumenten stärker korreliert sind als jene unähnlicherer Alternativen.

Im Umkehrschluß folgt daraus, daß eine zu flexible Spezifikation der Störterme zu Spezifikationsfehlern führen kann, falls die Heterogenität bereits durch beobachtete Merkmale erklärt ist und somit durch die deterministische Nutzenkomponente erfaßt wird.

### 3.4.3 Spezielle Discrete Choice Modelle

Discrete Choice Modelle finden breite Anwendung bezüglich der Erklärung verschiedenster Nachfragesituationen. In der Literatur wird oftmals zwischen binomialen und multinomialen Discrete Choice Modellen unterschieden. Im folgenden wird auf diese Unterscheidung verzichtet, die Darstellung beschränkt sich auf den allgemeineren Fall der multinomialen Modelle. Durch Beschränkung der Entscheidungssituation auf zwei Alternativen erhält man den Spezialfall der binomialen bzw. binären Discrete Choice Modelle.

Wie in Abschnitt 3.4.2.2 erläutert, dient die Verteilungsannahme bezüglich der Störterme als Klassifizierungskriterium für Discrete Choice Modelle. Im Entwicklungsverlauf dieser Modellkategorie sind verschiedene Modelle entstanden, die in verschiedenen Bereichen breite Anwendung finden. Im folgenden werden diese Modelle eingehend diskutiert.

#### 3.4.3.1 Das Logit Modell

Das Logit Modell<sup>122</sup> beruht auf der Annahme, daß die Störterme unabhängig und identisch Gumbel-verteilt<sup>123</sup> sind, so daß sich die entsprechende Nachfragefunktion basierend auf dem Prinzip der Zufallsnutzenmaximierung und den Eigenschaften der

<sup>122</sup>Die Bezeichnung „Logit“ leitet sich ab aus „Logistic Probability Unit“.

<sup>123</sup>Die Gumbel-Verteilung wird auch als Extremwert-Verteilung (Typ I) bezeichnet.

Gumbel-Verteilung herleiten läßt. Sind die Störterme  $\varepsilon$  der Nutzenfunktion unabhängig und identisch Gumbel-verteilt, gilt für deren Verteilungs- und Dichtefunktion:

$$F(\varepsilon) = \exp[-e^{-\mu(\varepsilon-\eta)}], \quad \mu > 0, \quad (3.30)$$

und

$$f(\varepsilon) = \mu e^{-\mu(\varepsilon-\eta)} \exp[-e^{-\mu(\varepsilon-\eta)}], \quad (3.31)$$

wobei durch  $\eta$  ein Lageparameter und durch  $\mu$  ein positiver Skalierungsparameter der Verteilung bezeichnet ist.

Die Gumbel-Verteilung besitzt folgende Eigenschaften:<sup>124</sup>

1. Der Modus ist  $\eta$ .
2. Der Mittelwert ist  $\eta + \gamma/\mu$ , wobei  $\gamma$  die Euler'sche Konstante ist.
3. Die Varianz ist  $\pi^2/6\mu^2$ .
4. Falls  $\varepsilon$  Gumbel-verteilt ist mit den Parametern  $(\eta, \mu)$  und  $V$  sowie  $\alpha > 0$  sind beliebige Konstanten, so sind  $\alpha\varepsilon + V$  Gumbel-verteilt mit den Parametern  $(\alpha\eta + V, \mu/\alpha)$ .
5. Falls  $\varepsilon_1$  und  $\varepsilon_2$  unabhängig Gumbel-verteilt sind mit den Parametern  $(\eta_1, \mu)$  bzw.  $(\eta_2, \mu)$ , so ist  $\varepsilon^* = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$  logistisch verteilt:

$$F(\varepsilon^*) = \frac{1}{1 + \exp(\mu(\eta_2 - \eta_1 - \varepsilon^*))}. \quad (3.32)$$

6. Falls  $\varepsilon_1$  und  $\varepsilon_2$  unabhängig Gumbel-verteilt sind mit den Parametern  $(\eta_1, \mu)$  bzw.  $(\eta_2, \mu)$ , so ist  $\max(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$  Gumbel-verteilt mit den Parametern:

$$\left( \frac{1}{\mu} \ln(\exp(\mu\eta_1) + \exp(\mu\eta_2)), \mu \right).$$

7. Wenn  $(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$   $n$  unabhängig Gumbel-verteilt sind mit den Parametern  $(\eta_1, \mu), (\eta_2, \mu), \dots, (\eta_n, \mu)$ , so ist  $\max(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$  Gumbel-verteilt mit den Parametern:

$$\left( \frac{1}{\mu} \ln \sum_{i=1}^n \exp(\mu\eta_i), \mu \right).$$

<sup>124</sup>Vgl. Ben-Akiva & Lerman, 1985, S. 107 f.

Diese Kenntnisse vorausgesetzt, läßt sich das multinomiale Logit Modell ableiten. Schreibt man für den maximalen Nutzen der Alternativen  $2, \dots, n$ :

$$U^* = \max_{i=2, \dots, n} (V_n + \varepsilon_n) \quad , \quad (3.33)$$

so ist  $U^*$  wegen Eigenschaft 7 mit folgenden Parametern Gumbel-verteilt:

$$\left( \frac{1}{\mu} \ln \sum_{i=2}^n \exp(\mu V_n), \mu \right) .$$

Mit Eigenschaft 4 läßt sich  $U^*$  in  $U^* = V^* + \varepsilon^*$  zerlegen, wobei  $\varepsilon^*$  mit den Parametern  $(0, \mu)$  Gumbel-verteilt ist und für  $V^*$  gilt:

$$V^* = \frac{1}{\mu} \ln \sum_{i=2}^n \exp(\mu V_i) .$$

Wegen des Prinzips der Zufallsnutzenmaximierung gilt für die Auswahlwahrscheinlichkeit für Alternative 1:

$$P_1 = P(V_1 + \varepsilon_1 \geq V^* + \varepsilon^*) = P[(V^* + \varepsilon^*) - (V_1 + \varepsilon_1) \leq 0], \quad (3.34)$$

woraus mit (3.32) (Eigenschaft 5) folgt:

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{1}{1 + \exp(\mu(V^* - V_1))} \\ &= \frac{\exp(\mu V_1)}{\exp(\mu V_1) + \exp(\mu V^*)} \\ &= \frac{\exp(\mu V_1)}{\exp(\mu V_1) + \exp[\ln \sum_{i=2}^n \exp(\mu V_i)]} = \frac{\exp(\mu V_1)}{\sum_{i=1}^n \exp(\mu V_i)} . \end{aligned} \quad (3.35)$$

Gleichung (3.35) enthält also die geschlossene Form für die Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeit der Alternative  $i = 1$  gemäß dem Logit Modell. In jedem Term obiger Gleichung ist der Skalierungsparameter  $\mu$  enthalten, der nicht identifizierbar ist. Somit läßt er sich willkürlich auf einen beliebigen Wert setzen.<sup>125</sup> Die gezielte Definition dieses Wertes ist insbesondere dann relevant, wenn die durch verschiedene Discrete Choice Modelle geschätzten Nutzenwerte  $V_i$  miteinander verglichen werden.

<sup>125</sup>In der Anwendung des Logit Modells wird oftmals  $\mu = 1$  gesetzt.

Aus der obigen Herleitung resultiert die Konsistenz des Logit Modells mit dem Prinzip der Zufallsnutzenmaximierung. Gleichzeitig wird deutlich, daß das in (3.35) hergeleitete Logit Modell dem Axiom von Luce<sup>126</sup> formal entspricht, falls die deterministischen Nutzenwerte durch

$$V_i = \ln u_i$$

transformiert werden. Hieraus folgt unmittelbar, daß das Logit Modell grundsätzlich die IIA-Eigenschaft aufweist, deren restriktive Eigenschaften sowie das resultierende Nachfrageverhalten in Abschnitt 3.3.1.2 bereits diskutiert wurden.

Aufgrund der leichten Berechenbarkeit der Auswahlwahrscheinlichkeiten wird das Logit Modell in vielfältiger Weise angewendet, wobei allerdings die IIA-Eigenschaft eine wesentliche Restriktion des Logit Modells darstellt. Diese grundlegende Restriktion führt insbesondere im Hinblick auf die Erklärung der Automobilnachfrage zu Defiziten, da die Anwendung des Modells durch die IIA-Eigenschaft auf die Erklärung solcher Nachfragesituationen beschränkt ist, in denen die Alternativen in ihren Störtermen unkorreliert sind, was sich dahingehend interpretieren läßt, daß die Alternativen untereinander ein identisches Maß an „Ähnlichkeit“ aufweisen. Diese Annahme jedoch wird den Charakteristika von Automobilmärkten lediglich in eingeschränktem Maße gerecht.

### 3.4.3.2 Das Nested Logit Modell

Das von Ben-Akiva entwickelte Nested Logit Modell erlaubt in begrenztem Umfang die Darstellung von Korrelationen der produktspezifischen Störterme,<sup>127</sup> wodurch die Restriktivität der IIA-Eigenschaft aufgehoben wird.

Eine solche Situation ist beispielsweise dann gegeben, falls sich bestimmte Alternativen innerhalb der Alternativenmenge  $A$  ähnlicher als andere sind und diese verschiedenen Ähnlichkeiten nicht hinreichend exakt durch beobachtete Merkmale erfaßt sind.

Dem Nested Logit Modell liegt der Ansatz zugrunde, solche Alternativen, die mit-

<sup>126</sup>Vgl. Gleichung (3.14) in Abschnitt 3.3.1.1.

<sup>127</sup>Vgl. Ben-Akiva, 1973.

einander korreliert sind, zu disjunkten Gruppen  $A_k$  zusammenzufassen, so daß gilt:

$$A = \cup_k A_k \quad , \quad A_k \cap A_l = \emptyset \quad \forall k \neq l. \quad (3.36)$$

Für die Produkte innerhalb einer Untermenge  $A_k$  wird angenommen, daß eine Untermenge ihrer Produktattribute identische Ausprägungen hat. Wegen dieser Ähnlichkeit wird angenommen, daß sie auch unbeobachtete Eigenschaften teilen und daher in ihren Störtermen korreliert sind.

Der Nutzen einer Alternative  $i \in A_k$  setzt sich demnach aus dem alternativenspezifischen Nutzen  $V_i + \varepsilon_i$  und dem untermengenspezifischen Nutzen  $V_{A_k} + \varepsilon_{A_k}$  zusammen:

$$U_i = V_i + \varepsilon_i + V_{A_k} + \varepsilon_{A_k} \quad , \quad (3.37)$$

wobei  $\varepsilon_i$  und  $\varepsilon_{A_k}$  unabhängig voneinander sind.

Damit läßt sich jeder Gruppe  $A_k$  ein zusammengesetzter deterministischer Nutzenwert zuordnen, der wie folgt definiert ist:

$$V'_{A_k} = V_{A_k} + \frac{1}{\mu_k} \ln \sum_{j \in A_k} \exp(\mu_k V_j) \quad , \quad (3.38)$$

wobei erste Term  $V_{A_k}$  den Nutzen bezeichnet, der aus gemeinsamen beobachteten Attributen der Alternativen  $j \in A_k$  gebildet wird. Der zweite Term wird als „Inklusivwert“<sup>128</sup> bezeichnet und korrespondiert mit dem produktspezifischen Zusatznutzen der in  $A_k$  enthaltenen Produkte.

Mit der Einführung der Untermengen  $A_k$  läßt sich der Entscheidungsprozeß in zwei sequentielle Stufen unterteilen.<sup>129</sup> Mit der Annahme, daß  $\varepsilon_i$  unabhängig und identisch mit Skalierungsparameter  $\mu_k$  Gumbel-verteilt ist, und daß die Zufallsvariable  $\max_{j \in A_k} U_j$  mit dem Skalierungsparameter  $\mu$  Gumbel-verteilt ist, erhält man die mit den beiden Entscheidungen korrespondierenden Auswahlwahrscheinlichkeiten:<sup>130</sup>

<sup>128</sup>Der Inklusivwert wird in der Literatur auch als „erwarteter maximaler Nutzen“ (expected maximum utility), als „LOGSUM“ oder als „accessibility“ bezeichnet.

<sup>129</sup>Diese Aufteilung ist rein gedanklicher Natur. Sie impliziert nicht, daß die Entscheidung sequentiell getroffen wird, sondern dient lediglich der Strukturierung des Problems.

<sup>130</sup>Vgl. für die Herleitung der Auswahlwahrscheinlichkeiten Ben-Akiva & Lerman, 1985, S. 287 ff.

1. Die Wahrscheinlichkeit, daß Alternativenmenge  $A_k$  gewählt wird:

$$P(A_k) = \frac{\exp(\mu V'_{A_k})}{\sum_{A_l \subset A} \exp(\mu V'_{A_l})} \quad . \quad (3.39)$$

2. Die Wahrscheinlichkeit, daß Alternative  $i \in A_k$  gewählt wird, bedingt durch die Entscheidung für  $A_k$ :

$$P(i|A_k) = \frac{\exp(\mu_k V_i)}{\sum_{j \in A_k} \exp(\mu_k V_j)} \quad . \quad (3.40)$$

Damit gilt für die Auswahlwahrscheinlichkeit  $P(i)$  für Alternative  $i$ :

$$P(i) = P(i|A_k) \cdot P(A_k) = \frac{\exp(\mu_k V_i)}{\sum_{j \in A_k} \exp(\mu_k V_j)} \cdot \frac{\exp(\mu V'_{A_k})}{\sum_{A_l \subset A} \exp(\mu V'_{A_l})} \quad . \quad (3.41)$$

Bezüglich der Konsistenz des Nested Logit Modells mit dem Prinzip der Nutzenmaximierung muß gelten:<sup>131</sup>

$$0 \leq \frac{\mu}{\mu_k} \leq 1 \Leftrightarrow \mu_k \geq \mu \geq 0 \quad . \quad (3.42)$$

Für die Kovarianz zweier Alternativen gilt wegen der Unabhängigkeit der  $\varepsilon_i$  bzw.  $\varepsilon_j$  :

$$\text{Kov}(U_i, U_j) = \begin{cases} \text{Kov}(\varepsilon_i + \varepsilon_{A_k}, \varepsilon_j + \varepsilon_{A_k}) = \text{Var}(\varepsilon_{A_k}) & \text{,falls } i \text{ und } j \in A_k, \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (3.43)$$

Wegen des invers proportionalen Zusammenhangs zwischen den Skalierungsparametern und der Varianz Gumbel-verteilter Zufallsvariablen ist die durch das Nested Logit Modell implizierte Korrelation zweier Alternativen wie folgt definiert:<sup>132</sup>

$$\text{Korr}(U_i, U_j) = \begin{cases} 1 - \frac{\mu^2}{\mu_k^2} & \text{,falls } i \text{ und } j \in A_k, \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (3.44)$$

<sup>131</sup>Vgl. für die Herleitung der Bedingung McFadden, 1978. Ferner läßt sich die Konsistenz des Modells mit dem Prinzip der Zufallsnutzenmaximierung durch die Zugehörigkeit des Nested Logit Modells zur Klasse der GEV-Modelle zeigen. Vgl. hierzu Ben-Akiva & Lerman, 1985, S. 304 ff. sowie Abschnitt 3.4.3.5.

<sup>132</sup>Vgl. für die entsprechende Herleitung Ben-Akiva & Lerman, 1985, S. 288 ff.

Wie man sieht, läßt sich ein Zusammenhang zwischen der Bedingung (3.42) sowie der Korrelation (3.44) herstellen. Darüber hinaus ist anzumerken, daß das Nested Logit zum Logit Modell degeneriert, falls  $\mu/\mu_k = 1$  bzw.  $\mu = \mu_k$  gilt, da in diesem Fall die Varianzen der Störterme identisch sind bzw. keine Korrelationen zwischen den Störtermen erzeugt werden. Im Gegensatz dazu sind die verschiedenen Ebenen des Modells entkoppelt, falls  $\mu/\mu_k = 0$  gilt.

In der oben gezeigten Beschreibung des Nested Logit Modells ist die Alternativmenge in eine Ebene der Untermengen  $A_k$  und die Ebene der Alternativen zerlegt worden. Diese Struktur läßt sich auf eine beliebige Anzahl von Ebenen erweitern, falls eine komplexere Struktur des untersuchten Problems dieses erfordert.<sup>133</sup> Dabei behält die Bedingung (3.42) für das Verhältnis von zwei Ebenen zugeordneten Skalierungsparametern weiterhin ihre Gültigkeit.

Das Nested Logit Modell ist eine häufig verwendete Alternative zum Logit Modell, welche insbesondere verwendet wird, um die IIA-Eigenschaft zu umgehen. Hierbei muß jedoch gewährleistet sein, daß sich die betrachteten Alternativen in disjunkte Gruppen einteilen lassen, innerhalb derer Korrelationen zwischen den Alternativen bestehen, während keine Korrelationen zwischen Alternativen verschiedener Untermengen gegeben sind. Obwohl das Nested Logit Modell auch auf Automobilmärkte angewendet wurde,<sup>134</sup> ist in Frage zu stellen, inwieweit die Komplexität dieser Nachfragesituation durch eine hierarchische Baumstruktur wiedergegeben werden kann. Gleichwohl erlaubt das Nested Logit Modell im Rahmen der aufgeführten Grenzen die Darstellung differenzierter Produktsubstitutionen.<sup>135</sup>

<sup>133</sup>Vgl. Ben-Akiva & Lerman, 1985, S. 291 ff.

<sup>134</sup>Vgl. für Anwendungen Berkovec, 1985; Eggert, 1999, 2000; Goldberg, 1995.

<sup>135</sup>Vgl. für die Anwendung des Nested Logit Modells auf das hierarchisch zu strukturierende Angebot von Leasinganbietern im Automobilmarkt Eggert & Hrycej, 2001.

### 3.4.3.3 Das Probit Modell

Das Probit Modell<sup>136</sup> beruht auf der Annahme multivariat normalverteilter Störterme  $\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)$ .<sup>137</sup>

$$\varepsilon \sim \mathcal{N}(\mathbf{0}, \Sigma) \quad \text{mit} \quad \Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \cdots & \sigma_{1n} \\ & \ddots & \vdots \\ & & \sigma_{nn} \end{bmatrix}$$

Dabei bezeichnet  $\Sigma$  die Varianz-Kovarianz-Matrix mit der Varianz des Störterms der  $i$ -ten Alternative  $\sigma_{ii}$  und der durch  $\sigma_{ij}$  bezeichneten Kovarianz zwischen den Alternativen  $i$  und  $j$ .

Das Probit Modell ist ein sehr flexibles Discrete Choice Modell, da es eine relativ freie Definition der Beziehungen zwischen den Alternativen erlaubt. So können die Störterme unterschiedliche Varianzen aufweisen (sie sind nicht identisch verteilt) sowie untereinander korreliert sein (sie sind nicht unabhängig).

Die Varianz-Kovarianz-Matrix  $\Sigma$  läßt sich zudem weitgehend frei parametrisieren,<sup>138</sup> so daß sich beliebige Beziehungen zwischen den Alternativen modellieren und mittels freier Parameter aus Daten identifizieren lassen.<sup>139</sup>

Dem Vorteil der hohen Flexibilität des Probit Modells steht der Nachteil gegenüber, daß keine geschlossene Form zur Berechnung der Integrale normalverteilter Störterme existiert. Somit müssen die in Gleichung (3.28) beschriebenen Integrale numerisch berechnet werden, was insbesondere für eine große Anzahl von Alternativen nicht mit der erforderlichen Genauigkeit und nur unter hohem rechnerischen Aufwand erreichbar ist. In verschiedenen Arbeiten ist dieses Problem beispielsweise durch numerische In-

<sup>136</sup>Die Bezeichnung „Probit“ geht zurück auf „Normal Probability Unit Model“.

<sup>137</sup>Vgl. für eine nähere Analyse von multinomialen Probit Modellen McFadden, 1989.

<sup>138</sup>Die Parametrisierung der Varianz-Kovarianz-Matrix schließt die Einbeziehung der erklärenden Variablen des Modells mit ein, wobei in diesem Fall die Eigenschaft der Translationsinvarianz (vgl. Abschnitt 3.4.2) nicht mehr gegeben ist.

<sup>139</sup>Hinsichtlich der Parametrisierung von  $\Sigma$  ist zu beachten, daß mindestens eines der Elemente von  $\Sigma$  der Varianz-Kovarianz-Matrix einen numerischen Wert ungleich Null annimmt, um die Identifikation der übrigen Parameter der Matrix sicherzustellen bzw. um diese zu normieren.

tegration,<sup>140</sup> Approximationsmethoden<sup>141</sup> oder Monte-Carlo-Simulation<sup>142</sup> gelöst worden, wobei sich die jeweiligen Methoden nur für eine begrenzte Anzahl von betrachteten Alternativen als praktikabel erwiesen.

Hinsichtlich der Flexibilität des Modells besteht zudem die Gefahr, daß durch die Varianz-Kovarianz-Matrix auch solche Beobachtungen erklärt werden, die eigentlich der deterministischen Nutzenkomponente zuzuordnen sind. Da dieses Modell quasi keine stochastischen Restriktionen aufweist, läßt sich mittels entsprechender Testverfahren die Modellspezifikation hinsichtlich ihrer Güte nicht in dem Maße untersuchen wie dieses beispielsweise bei dem Logit Modell der Fall ist. Die Gefahr einer derartigen Fehlspezifikation läßt sich durchaus als negativer Aspekt des hohen Grades an Flexibilität der Probit Modelle ansehen.<sup>143</sup>

Vor dem Hintergrund der Fragestellung dieser Arbeit weist das Probit Modell jedoch vor allem aufgrund der aufwendigen Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeiten Einschränkungen hinsichtlich der empirischen Anwendung auf, da in diesem Fall durch die Anzahl der Alternativen deutlich die Grenze der Berechenbarkeit überschritten wird. Zudem ist in Frage zu stellen, ob die Störterme der Produktnutzen tatsächlich stets normalverteilt sind und inwiefern sich die Korrelationen aus den Produkt- und Absatzdaten identifizieren lassen. Ist dieses nur eingeschränkt möglich, besteht die Schwierigkeit, die Varianz-Kovarianz-Matrix im Vorfeld einer Anwendung so zu spezifizieren bzw. parametrisieren, daß die Darstellung differenzierter Produktbeziehungen gewährleistet ist.

---

<sup>140</sup>Vgl. Hausman & Wise, 1978.

<sup>141</sup>Vgl. hierzu beispielsweise die von Clark entwickelte Methode zur Approximation des Maximums von normalverteilten Zufallsvariablen durch eine zusätzliche Zufallsvariable. Vgl. hierzu Clark, 1961 sowie für eine Diskussion zu diesen Methoden Börsch-Supan, 1990.

<sup>142</sup>Vgl. Börsch-Supan, 1990; Hansen, 1982; Lerman & Manski, 1981; Stern, 1992.

<sup>143</sup>Vgl. Maier & Weiss, 1990, S. 148.

### 3.4.3.4 Das Gemischte Multinomiale Logit Modell

Das Gemischte Multinomiale Logit Modell<sup>144</sup> erlaubt die Darstellung ähnlich flexibler Produktsubstitutionen wie das Probit Modell. Die entsprechenden differenzierten Korrelationen werden dabei durch eine Untergliederung der alternativenspezifischen stochastischen Nutzenkomponente in  $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$  und  $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$  bewirkt, so daß der Nutzen der Alternative  $i$  wie folgt definiert ist:

$$U_i = V_i + [\xi_i + \varepsilon_i]. \quad (3.45)$$

Dabei bezeichnet  $V_i$  die deterministische Nutzenkomponente. Nimmt man an, daß  $\varepsilon$  identisch und unabhängig Gumbel-verteilt und  $\xi_i$  konstant Null sind, bezeichnet (3.45) die Nutzenfunktion des multinomialen Logit Modells.<sup>145</sup> Falls die Elemente in  $\xi$  nicht unabhängig voneinander sind, werden differenzierte Korrelationen der Nutzenwerte  $U_i$  impliziert, wodurch die oben erwähnte Flexibilität des Modells erreicht wird.

Mit der Annahme, daß die Elemente von  $\varepsilon$  unabhängig und identisch Gumbel-verteilt sind und ferner  $f(\xi)$  die Wahrscheinlichkeitsdichte der  $\xi$  bezeichnet, lassen sich die durch  $\xi$  bedingten Auswahlwahrscheinlichkeiten  $P(i|\xi)$  durch das Logit Modell bestimmen:<sup>146</sup>

$$P(i|\xi) = \frac{\exp(V_i + \xi_i)}{\sum_{j \in A} \exp(V_j + \xi_j)} \quad (3.46)$$

Die Auswahlwahrscheinlichkeit für Alternative  $i$  wird damit durch Integration der mit der Dichte  $f$  gewichteten Funktion (3.46) über die Werte von  $\xi$  berechnet:

$$P(i) = \int_{-\infty}^{+\infty} P(i|\xi) f(\xi) d\xi. \quad (3.47)$$

Die Bezeichnung dieses Modells als gemischtes multinomiales Logit Modell wird aus (3.47) unmittelbar ersichtlich, da hier verschiedene Logit Modelle mit durch die

<sup>144</sup>Das Modell wird in der Literatur auch als hybrides Logit Modell oder als Probit Modell mit einem Logit Kernel bezeichnet.

<sup>145</sup>Nimmt man  $\xi$  und  $\varepsilon$  als normalverteilt, degeneriert das Modell zum Probit Modell, während das Gemischte Multinomiale Probit Modell entsteht, falls die  $\xi$  eine allgemeine Verteilung annehmen und die  $\varepsilon$  standard-normalverteilt sind.

<sup>146</sup>Vgl. für eine der ersten Anwendungen dieses Modells zur Erfassung von Zufallskoeffizienten (random coefficients) des Logit Modells Cardell & Dunbar, 1980.

Verteilung  $f(\xi)$  definierten Parametern kombiniert werden. Durch die Wahl einer geeigneten „Mischverteilung“  $f(\xi)$  lassen sich beliebige Substitutionsmuster implizieren.

Das grundlegende Problem dieses Modells hinsichtlich der Anwendung besteht darin, daß für die Berechnung von (3.47) keine geschlossene Form existiert, so daß sie nur durch numerische Integration oder durch Simulation bzw. Monte-Carlo-Methoden berechnet werden können. Allerdings gibt es im Bereich der Simulationsmethoden in der jüngeren Literatur Fortschritte zu verzeichnen.<sup>147</sup> Hinsichtlich der Nachfrage nach Automobilen wirkt sich das schon im Zusammenhang mit dem Probit Modell diskutierte Defizit der Berechenbarkeit aus, da hier eine größere Anzahl von Alternativen betrachtet wird. Zudem ist die Gestalt der Mischverteilung  $f(\xi)$  von wesentlicher Bedeutung für die Darstellung realistischer und marktgerechter Korrelationen der Produkte. Hier eine angemessene Verteilung zu spezifizieren, stellt eine weitere Schwierigkeit hinsichtlich der Anwendung dieses Modells im Kontext dieser Arbeit dar.

### 3.4.3.5 Generalized Extreme Value (GEV)

Mit dem Generalized Extreme Value Modell (GEV) hat McFadden eine unbegrenzte Klasse von Discrete Choice Modellen entwickelt,<sup>148</sup> die die Ableitung beliebiger Formen neuer Discrete Choice Modelle erlaubt. Im folgenden wird das GEV Modell in seiner allgemeinen Form dargestellt:

Sei  $G(y_1, y_2, \dots, y_n)$ , mit  $y_1, y_2, \dots, y_n \geq 0$ , eine Funktion, die folgende Eigenschaften besitze:

1.  $G$  ist nicht-negativ.
2.  $G$  ist homogen vom Grad  $\mu > 0$ , so daß gilt:  

$$G(\alpha y_1, \alpha y_2, \dots, \alpha y_n) = \alpha^\mu G(y_1, y_2, \dots, y_n).$$
3.  $\lim_{y_i \rightarrow \infty} G(y_1, y_2, \dots, y_n) = \infty$  für  $i = 1, 2, \dots, n$ .

<sup>147</sup>Vgl. Brownstone & Train, 1999; McFadden & Train, 1998.

<sup>148</sup>Vgl. McFadden, 1978.

4. Die  $l$ -te Ableitung von  $G$  bezüglich einer beliebigen Kombination von  $y_i$ 's,  $i = 1, 2, \dots, n$ , ist nicht-positiv, falls  $l$  gerade ist und sie ist nichtnegativ, falls  $l$  ungerade ist.

Erfüllt  $G$  diese Bedingungen und bezeichnet  $G_i(y_1, y_2, \dots, y_n)$  die Ableitung von  $G$  bezüglich  $y_i$ ,  $\partial G / \partial y_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , so berechnen sich die Auswahlwahrscheinlichkeiten einer Alternative  $i$  nach dem GEV Modell mit  $y_i = \exp(V_i)$  wie folgt:

$$P_i = \frac{\exp(V_i) G_i(\exp(V_1), \exp(V_2), \dots, \exp(V_n))}{\mu G(\exp(V_1), \exp(V_2), \dots, \exp(V_n))} \quad (3.48)$$

McFadden zeigt die Konsistenz des GEV Modells mit dem Prinzip der Zufallsnutzenmaximierung.<sup>149</sup> Daraus resultiert, daß zur Ableitung eines Discrete Choice Modells lediglich eine Funktion  $G(\cdot)$  definiert werden muß, die obige Eigenschaften erfüllt.

So lassen sich von den hier näher diskutierten Modellen das Logit Modell sowie das Nested Logit Modell der Klasse der GEV Modelle zuordnen.<sup>150</sup>

In jüngerer Zeit wurden weitere Ableitungen von GEV Modellen präsentiert. Zu nennen sind hier insbesondere das Cross Nested Logit Modell,<sup>151</sup> das Generalized Nested Logit Modell<sup>152</sup> sowie ein GEV Modell für geordnete Alternativen.<sup>153</sup> Diese Modelle nehmen in Analogie zum bereits erörterten Nested Logit Modell eine spezifische Gruppierung der Alternativen vor, durch welche sich Korrelationen zwischen den Alternativen implizieren lassen, die jedoch stets Restriktionen unterliegen. Wie schon im Zusammenhang mit dem Nested Logit Modell diskutiert, ist dabei in Frage zu stellen, inwieweit eine Gruppierung der Alternativen der sehr heterogenen Angebotsstruktur von Automobilmärkten gerecht wird. Ein neues Modell hierzu aus dem GEV Modell abzuleiten, stellt dabei eine weitere Schwierigkeit dar.

<sup>149</sup>Vgl. für das entsprechende Theorem McFadden, 1978, S. 80.

<sup>150</sup>Vgl. für die Definitionen der entsprechenden Funktionen  $G(\cdot)$  Ben-Akiva & Lerman, 1985, S. 127 f.

<sup>151</sup>Vgl. Bierlaire, 2001; Vovsha, 1997.

<sup>152</sup>Vgl. Wen & Koppelman, 2000.

<sup>153</sup>Vgl. Small, 1987.

## 3.5 Produktdifferenzierung

In Abschnitt 3.2.1 ist die neoklassische Theorie des Konsumverhaltens erörtert worden. Ein wesentlicher Ansatz der Kritik an dieser Theorie bezieht sich auf die Annahme der Homogenität der Güter sowie die Annahme über deren vollkommene Substituierbarkeit. Diese Kritik erscheint insbesondere vor dem Hintergrund der hier untersuchten Problemstellung berechtigt.

Einhergehend mit der wachsenden Vielfalt des Angebots als auch der Komplexität der entsprechenden Märkte ist feststellbar, daß sich real beobachtete Marktgleichgewichte und Nachfragesituationen nicht vollständig durch die neoklassische Konsumtheorie erklären lassen. Insbesondere auf dem Gebiet der Industrieökonomik und der Wettbewerbstheorie motivierte diese Beobachtung die Entwicklung neuer Ansätze, in denen sich angebotene Güter durch weitere Eigenschaften als durch Preise allein differenzieren, was den Gütern bzw. den anbietenden Firmen zu besonderen Marktstellungen verhilft bzw. deren Preise rechtfertigt.<sup>154</sup> Die entsprechenden Ansätze werden im folgenden genauer dargestellt.

Hier ist anzumerken, daß im Bereich der Marketingforschung auch räumliche Produkt- und Präferenzmodelle existieren,<sup>155</sup> welche auf die explizite Darstellung differenzierter Produkte und Präferenzen abzielen. Allerdings liegt hier der Schwerpunkt auf der Konstruktion der entsprechenden Darstellungen aus individuellen Wahrnehmungs- und Präferenzdaten mittels geeigneter Methoden,<sup>156</sup> um hieraus eine optimale Produktgestaltung und -positionierung sowie geeignete Marketingmaßnahmen abzuleiten. Aufgrund der verwendeten Daten wie auch des fehlenden Kalküls zur Bestimmung der Nachfrage werden diese Ansätze hier nicht näher betrachtet.

---

<sup>154</sup>Vgl. zu Darstellungen der Ansätze der Produktdifferenzierung Tirole, 1988, S. 277 ff.; Eaton & Lipsey, 1989, S. 725 ff.; Caplin & Nalebuff, 1991.

<sup>155</sup>Vgl. die Anmerkungen in Abschnitt 3.3.

<sup>156</sup>Als Beispiel sind hier die Faktoranalyse sowie die Multidimensionale Skalierung (MDS) zu nennen. Vgl. hierzu auch Urban & Hauser, 1980, S. 212 ff. sowie Herrmann, 1992, S. 168 ff.

### 3.5.1 Konzepte der Produktdifferenzierung

Die Theorie der Produktdifferenzierung ist auf dem Gebiet der Industrieökonomik und der Wettbewerbstheorie entwickelt worden. Zur Rechtfertigung einer expliziten Berücksichtigung der Produktdifferenzierung führen Eaton & Lipsey folgende Beobachtungen<sup>157</sup> auf:

- Viele Industrien produzieren eine große Anzahl ähnlicher, jedoch leicht differenzierter Produkte (z.B. Autos oder Fahrräder).
- Von verschiedenen Firmen der gleichen Branche produzierte Produkte sind selten oder nie identisch.
- Die Menge der tatsächlich produzierten Produkte ist lediglich eine kleine Untermenge derjenigen Produkte, die durch Differenzierungen angeboten werden könnten.
- In den meisten Branchen bietet jeder Produzent meist mehrere differenzierte Produkte an, so daß insgesamt eine große Anzahl von differenzierten Produkten durch eine kleine Zahl von Firmen angeboten wird.
- Ein Konsument erwirbt lediglich eine kleine Teilmenge der angebotenen differenzierten Produkte.
- Konsumenten nehmen die Produktdifferenzierungen durchaus wahr, so daß oft Übereinkommen darin besteht, welche Produkte Substitute sind und welche eher nicht.
- Die Präferenzen der Konsumenten sind offensichtlich ebenso differenziert wie die Produkte. Dieses wird insbesondere dadurch deutlich, daß sich unterschiedliche Bündel konsumierter Güter nicht allein durch die unterschiedlichen Einkommen der Konsumenten erklären lassen.

Unter anderem basierend auf Beobachtungen der oben dargestellten Art ist eine Vielzahl von Ansätzen konzipiert worden, die zumindest einigen der oben genannten

<sup>157</sup>Vgl. Eaton & Lipsey, 1989, S. 725 f.

Punkte gerecht werden.<sup>158</sup>

Auf dem Gebiet der Industrieökonomik<sup>159</sup> lassen sich zwei Zweige identifizieren, die sich durch die verschiedene Modellierung der Konsumentenpräferenzen unterscheiden:<sup>160</sup>

**Address Approach:** Dem Address Approach liegt die Annahme zugrunde, daß die Konsumenten unterschiedliche Präferenzen haben, welche über einen kontinuierlichen Raum verteilt sind, dessen Parameter bzw. Dimensionen die Produkte in ihrer Differenzierung beschreiben. Demzufolge werden den Konsumenten verschiedene bevorzugte Positionen („Adressen“) in diesem Raum zugeordnet, die ihren Präferenzen bzw. idealen Eigenschaftskombinationen entsprechen. Die angebotenen Produkte sind ebenfalls durch ihre „Adressen“ charakterisiert, so daß sich einerseits im Rahmen der Modellierung eine beliebige Anzahl von Produkten berücksichtigen läßt und sich andererseits die Präferenzen der Konsumenten unmittelbar mit den Produkten assoziieren lassen. Dieser Ansatz geht zurück auf die grundlegende Arbeit von Hotelling.<sup>161</sup>

**Non-Address Approach:** Der Non-Address Approach folgt einer üblichen Nutzenbewertung der angebotenen Produkte. Die Differenzierung der angebotenen Produkte beruht dabei auf der Vorstellung, daß sich die verschiedenen Präferenzen der Konsumenten aggregieren lassen und durch einen einzigen „repräsentativen Konsumenten“ erfaßt werden können.<sup>162</sup> Durch diese Aggregation erhält man eine einzige Nutzenfunktion, welche die Präferenz des repräsentativen Konsumenten für Produktdiversifikation reflektiert.

Dieser Ansatz ist oftmals kritisiert worden, wobei insbesondere in Frage gestellt worden ist, inwieweit eine aggregierte Nutzenfunktion die individuellen Präferenzen

---

<sup>158</sup>Vgl. für eine Darstellung der historischen Entwicklung der Modelle der Produktdifferenzierung Eaton & Lipsey, 1989, S. 761 ff.

<sup>159</sup>In der Literatur wird das Gebiet auch als „Industrial Organization“ bezeichnet.

<sup>160</sup>Vgl. Eaton & Lipsey, 1989, S. 727.

<sup>161</sup>Vgl. Hotelling, 1929.

<sup>162</sup>Vgl. Dixit & Stiglitz, 1977; Spence, 1976.

zen wiedergibt, die ihr zugrunde liegen.<sup>163</sup>

Aufgrund der Verwendung einer aggregierten Nutzenfunktion weist der Non-Address-Approach besonders im Hinblick auf die Darstellung heterogener Konsumentenpräferenzen Defizite auf. Es existieren zwar auch hier Ansätze, die heterogene Präferenzen explizit modellieren,<sup>164</sup> jedoch weisen diese die Eigenschaft auf, daß alle Produkte gleichermaßen miteinander im Wettbewerb stehen,<sup>165</sup> so daß die Darstellung differenzierter Substitutionsbeziehungen eingeschränkt ist.

Zudem ist anzumerken, daß die Ansätze des Non-Address Approach oftmals verwendet werden, um aus der aggregierten Nutzenfunktion des repräsentativen Konsumenten die optimale Produktdiversifikation zu ermitteln oder eine Wohlfahrtsfunktion abzuleiten. Im Zusammenhang mit der Erklärung der disaggregierten Nachfrage nach Automobilen erscheint die Vorstellung eines repräsentativen Konsumenten jedoch als sehr undifferenziert und der Heterogenität sowie der starken Segmentierung von Automobilmärkten nicht angemessen.

Der Address Approach dagegen berücksichtigt durch die gleichzeitige räumliche Darstellung der Produkte und der Konsumentenpräferenzen die Produktdifferenzierung explizit und anschaulich. Die räumlichen Abstände der Produkte dienen dabei der formalen Erfassung differenzierter Produktähnlichkeiten, welche die Modellierung komplexer Produktbeziehungen und -substitutionen ermöglichen.

Hinsichtlich der Modellierung differenzierter Konsumentenpräferenzen sowie der Nachfrage nach differenzierten Produkten erscheint daher der Address Approach eher zur Erklärung der Nachfrage nach Automobilen geeignet, so daß dieser Ansatz im folgenden Abschnitt näher erörtert wird.

---

<sup>163</sup>Vgl. Archibald, Eaton & Lipsey, 1986.

<sup>164</sup>Vgl. für genauere Ausführungen zu den entsprechenden Ansätzen Eaton & Lipsey, 1989, S. 731 ff.

<sup>165</sup>Diese Eigenschaft basiert auf der Annahme vollkommen symmetrischer Nachfragefunktionen, welche auf Chamberlin zurückgeht. Vgl. hierzu Chamberlin, 1962.

### 3.5.2 Der „Address Approach“ der Produktdifferenzierung

Die Ansätze, die dem Address Approach folgen, lassen sich in Modelle der vertikalen und horizontalen Produktdifferenzierung unterteilen, die in wesentlicher Weise auf der Vorstellung eines Produktraums basieren.<sup>166</sup> Lancaster liefert mit seiner Erweiterung der mikroökonomischen Konsumtheorie dabei die Grundlage der formalen Beschreibung differenzierter Produkte mittels der Bündel ihrer Eigenschaften bzw. Attribute,<sup>167</sup> wodurch auch an dieser Stelle die Relevanz und Universalität seines Ansatzes zum Ausdruck kommt.

Insbesondere motiviert sind Address Approach Ansätze durch die Untersuchung von Gleichgewichtszuständen im Kontext verschiedener Marktformen, durch die Analyse des Firmenverhaltens im Wettbewerb sowie durch die Ermittlung eines optimalen Grades der Produktdifferenzierung aus der Perspektive der Unternehmen. Die Modellierung der Nachfrage ist (neben der Modellierung des Angebots) im wesentlichen Mittel zur Analyse der betrachteten Märkte, steht aber ursprünglich nicht im Mittelpunkt der Betrachtung. Die generelle Eignung dieses Ansatzes kommt zudem in der Verwendung in verschiedenen Untersuchungen von Automobilmärkten zum Ausdruck, wobei allerdings auch hier der Wettbewerb im Zentrum der Analyse steht.<sup>168</sup> Zudem ist zu den Ansätzen der Produktdifferenzierung anzumerken, daß die Zeit nicht explizit berücksichtigt wird, sondern allenfalls Marktsituationen zu verschiedenen diskreten Zeitpunkten separat untersucht und verglichen werden.<sup>169</sup>

Im folgenden werden die Konzepte der vertikalen sowie der horizontalen Produktdifferenzierung dargestellt.

---

<sup>166</sup>Die dargestellten Ansätze basieren im wesentlichen auf den Arbeiten von Hotelling, 1929; Chamberlin, 1951; Chamberlin, 1962.

<sup>167</sup>Vgl. Lancaster, 1966 sowie Abschnitt 3.2.2.

<sup>168</sup>Vgl. die Literaturbetrachtung in Abschnitt 2.1.2.2.

<sup>169</sup>Vgl. für ein Beispiel Bresnahan, 1987.

### 3.5.2.1 Vertikale Produktdifferenzierung

Der vertikalen Produktdifferenzierung liegt die Annahme zugrunde, daß alle Konsumenten der gleichen Präferenzordnung folgen. Vereinfacht betrachtet man zur Differenzierung der angebotenen Produkte  $i$  deren Merkmale Preis  $p_i$  und die durch einen skalaren Index  $s_i$  bezeichnete Qualität. Wegen der einheitlichen Präferenzordnung der Konsumenten wird demnach ein Produkt höherer Qualität immer einem anderen von niedrigerer Qualität vorgezogen, solange letzteres nicht hinreichend günstiger ist.

Formal läßt sich dieses Kalkül wie folgt ausdrücken:

$$U_i^{\text{vert}} = \begin{cases} \theta s_i - p_i & \text{falls Produkt } i \text{ mit Preis } p_i \text{ und Qualität } s_i \text{ gekauft wird,} \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (3.49)$$

Dabei bezeichnet  $U_i^{\text{vert}}$  den Nutzen bzw. den Mehrwert für den Konsumenten im Falle des Kaufs von  $i$ . Der nichtnegative Parameter  $\theta$  bezeichnet die Bereitschaft der Konsumenten, für ein bestimmtes Qualitätsniveau zu zahlen, die variieren kann, obwohl die Präferenzordnung über alle Konsumenten hinweg identisch ist. Diese Verschiedenheit läßt sich durch eine Verteilung von  $f(\theta)$  über den Bereich  $[0, +\infty]$  beschreiben. Je größer also  $\theta$  ist, desto mehr ist der jeweilige Konsument bereit zu zahlen, um ein Produkt von einer gewissen Qualität zu erwerben.

Der Parameter  $\theta$  läßt sich auch dahingehend interpretieren, daß er sich reziprok zur Grenzrate der Substitution bezüglich der beiden Größen Einkommen und Qualität verhält. Somit läßt sich (3.49) wie folgt schreiben:

$$U_i^{\text{vert}} = \begin{cases} s_i - (1/\theta)p_i & \text{falls } i \text{ mit Preis } p_i \text{ und Qualität } s_i \text{ gekauft wird,} \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (3.50)$$

Dieser Darstellung folgend beziehen alle Konsumenten den gleichen Nutzen aus dem Kauf des Produktes, haben aber unterschiedliche Einkommen und daher auch unterschiedliche Substitutionsraten bezüglich Einkommen und Qualität. Daraus folgt, daß beispielsweise vermögende Konsumenten einen geringeren Grenznutzen aus dem Konsum des Produktes beziehen.<sup>170</sup>

<sup>170</sup>Vgl. für die formale Herleitung dieser Aussage Tirole, 1988, S. 96 f.

Aus der Nutzenfunktion (3.49) läßt sich die resultierende Nachfrage ableiten. Falls nur ein Produkt  $i$  mit Qualität  $s_i$  zum Preis  $p_i$  angeboten wird, so werden all jene Konsumenten das Produkt kaufen, für deren Parameter  $\theta$  gilt:  $\theta s_i \geq p_i$ . Die Nachfrage  $N_i(p_i)$  läßt sich demnach wie folgt schreiben:

$$N_i = N \cdot [1 - F(p_i/s_i)] \quad , \quad (3.51)$$

wobei  $N$  die Gesamtzahl der Konsumenten bezeichnet und durch  $F$  die kumulierte Verteilungsfunktion von  $\theta$  definiert ist.

Werden Produkte verschiedener Qualitäten angeboten, stehen die Konsumenten vor einem Auswahlproblem. Exemplarisch seien hier zwei Produkte 1 und 2 angenommen, für die die Nachfragefunktionen dargestellt werden. Dabei gelten für Preise und Qualitäten  $p_1 < p_2$  sowie  $s_1 < s_2$ . Diese Ungleichheit macht eine Unterscheidung verschiedener Fälle notwendig.

Sei zunächst die Qualität pro Geldeinheit bezüglich Produkt 2 größer als bei Produkt 1, so daß gilt:  $s_2/p_2 \geq s_1/p_1$ . In diesem Fall werden sich alle Konsumenten, falls sie überhaupt kaufen, für das höherwertige Produkt 2 entscheiden. Daraus folgt für Produkt 2 folgende Nachfrage:

$$N_2 = N \cdot [1 - F(p_2/s_2)] \quad , \quad (3.52)$$

sowie keine Nachfrage für Produkt 1, so daß gilt  $N_1 = 0$ .

Interessanter ist die Nachfragesituation, falls das geringerwertige Produkt 1 nicht von Produkt 2 bezüglich der Qualität pro Geldeinheit dominiert wird. In diesem Fall läßt sich ein Wert  $\tilde{\theta} = (p_2 - p_1)/(s_2 - s_1)$  definieren, welcher zur Abgrenzung derjenigen Konsumenten dient, die Produkt 1 bzw. Produkt 2 kaufen. Die Überschreitung dieses Grenzwertes  $\theta \geq \tilde{\theta}$  ist gleichbedeutend mit  $\theta s_2 - p_2 \geq \theta s_1 - p_1$ . Die entsprechenden Konsumenten kaufen Produkt 2. Liegt der Parameter  $\theta$  unterhalb von  $\tilde{\theta}$ , jedoch oberhalb von  $p_1/s_1$ , so werden die jeweiligen Konsumenten Produkt 1 kaufen, während alle übrigen Konsumenten gar nicht konsumieren. Diese Unterscheidung führt zu folgenden Nachfragefunktionen für Produkt 1 bzw. Produkt 2:

$$N_1 = N \cdot [F((p_2 - p_1)/(s_2 - s_1)) - F(p_1/s_1)] \quad , \quad (3.53)$$

sowie

$$N_2 = N \cdot [1 - F((p_2 - p_1)/(s_2 - s_1))] \quad . \quad (3.54)$$

Das Konzept der vertikalen Produktdifferenzierung trägt damit der Annahme Rechnung, daß auch bei Existenz einer für alle Konsumenten einheitlichen Präferenzordnung die Nachfrage nach differenzierten Produkten von deren Merkmalen abhängt. Als Charakteristikum zur (vertikalen) Differenzierung wird dabei oftmals die Produktqualität verwendet, welche im einzelnen hinsichtlich des jeweiligen Produktes näher zu spezifizieren ist.

Zur Anwendung kommt dieses Konzept unter anderem bei der Untersuchung von Monopolmärkten, so beispielsweise zur Bestimmung der optimalen Produktqualität oder einer optimalen Produktdiversifizierung seitens des Monopolisten.<sup>171</sup> Hinsichtlich der Anwendung auf die Erklärung der Automobilnachfrage ist fraglich, ob ein einziges Kriterium zur Differenzierung der Produkte ausreichend ist. Darüber hinaus sind die Konsumenteneinkommen nicht verfügbar, so daß sich die durch  $\theta$  bezeichnete Zahlungsbereitschaft als einziges Kriterium zur Differenzierung der Konsumenten nicht explizit berücksichtigen läßt.

### 3.5.2.2 Horizontale Produktdifferenzierung

Im Gegensatz zum oben erörterten Fall der vertikalen Produktdifferenzierung mit der Annahme einer für alle Konsumenten identischen Präferenzordnung sind auch Situationen denkbar, in denen Produkte solche Charakteristika besitzen, hinsichtlich derer die Auswahl des optimalen Produkts (bei identischen Preisen) von der Präferenzordnung des jeweiligen Konsumenten abhängt, so daß sich die Annahme einer einheitlichen Präferenzordnung nicht aufrechterhalten läßt. Beispiele für derartige Eigenschaften sind heterogene Präferenzen bezüglich der Farben oder der lokalen Verfügbarkeit eines Produktes. In diesem Fall herrscht keine objektive Erkenntnis darüber, welche Produkte anderen überlegen sind, sondern diese Einschätzung hängt unmittelbar von

<sup>171</sup>Vgl. für einen Überblick Tirole, 1988, S. 100 ff. Vgl. für grundlegende Arbeiten hierzu Spence, 1976, 1977.

den Präferenzen der jeweiligen Konsumenten bzw. Entscheidungsträger ab. Hierdurch ist die Voraussetzung für das Modell der horizontalen oder räumlichen Produktdifferenzierung gegeben.

Im folgenden wird die horizontale Differenzierung und die resultierende Nachfragesituation am klassischen Beispiel der „linearen Stadt“ verdeutlicht.<sup>172</sup> Dabei wird eine lineare Stadt der Länge 1 angenommen, was sich anschaulich als eine Stadt mit einer einzigen Straße beschreiben läßt. Dabei seien die Orte der Konsumenten über die Länge der Stadt kontinuierlich gleichverteilt. Betrachtet man wiederum den Fall zweier verfügbarer Güter, lassen sich diese im Kontext der linearen Stadt mit zwei verschiedenen positionierten Geschäften gleichsetzen, welche ein identisches Gut bzw. Produkt anbieten. Sie unterscheiden sich in ihrer räumlichen Position  $x$ , indem sie jeweils an einem Ende der Stadt positioniert sind. Damit ist Geschäft 1 in  $x = 0$  und Geschäft 2 in  $x = 1$  positioniert. Darüber hinaus haben die Konsumenten wegbezogene Kosten von  $c$  pro Längeneinheit, wobei diese Kosten den entsprechenden Wert des Zeitverlustes beinhalten können. Ferner fragen die Konsumenten genau eine Einheit nach, so daß sie entweder eine Einheit kaufen oder gar keine.

Nimmt man nun an, daß die beiden Geschäfte für das Produkt den Preis  $p_1$  bzw.  $p_2$  verlangen, so ist der Gesamtpreis für einen Konsumenten, der sich in  $x$  befindet, für das Produkt durch  $p_1 + cx$  bzw. durch  $p_2 + c(1 - x)$  gegeben. Falls der Konsument durch den Erwerb des Produktes einen Mehrwert von  $\bar{u}$  erfährt, so ist der Gesamtnutzen für einen Konsumenten in  $x$  für den Fall der horizontalen Produktdifferenzierung gegeben durch:

$$U^{\text{hor}} = \begin{cases} \bar{u} - p_1 - cx & \text{falls das Produkt in Geschäft 1 gekauft wird,} \\ \bar{u} - p_2 - c(1 - x) & \text{falls das Produkt in Geschäft 2 gekauft wird,} \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (3.55)$$

Auf diesem Nutzenkalkül basierend läßt sich die Nachfragefunktion für drei verschiedene Fälle formulieren.

Falls der Preisunterschied zwischen den beiden Geschäften nicht die wegbezogenen

<sup>172</sup>Vgl. zu Hotellings „linear city“ Hotelling, 1929.

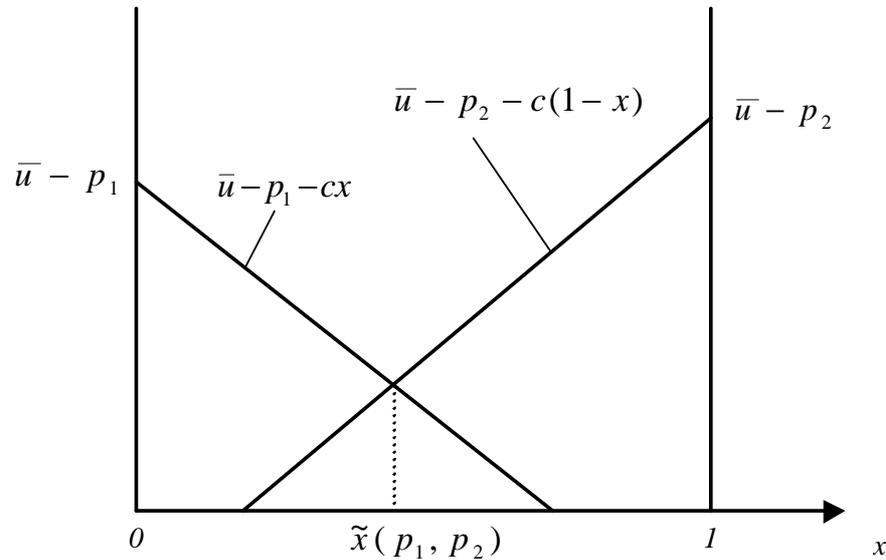


Abbildung 3.4: Nutzenverteilung bei horizontaler Differenzierung

Kosten für die Gesamtlänge der Stadt  $c$  überschreitet, so existiert eine Position  $\tilde{x}$ , an dessen Position die Konsumenten indifferent sind zwischen dem Erwerb des Produktes in Geschäft 1 oder in Geschäft 2. Diese Bedingung läßt sich beschreiben wie folgt:

$$p_1 + c\tilde{x} = p_2 + c(1 - \tilde{x}) \quad . \quad (3.56)$$

Aus (3.56) folgt unmittelbar die Position  $\tilde{x}$ :

$$\tilde{x}(p_1, p_2) = (p_2 - p_1 + c)/2c \quad . \quad (3.57)$$

Daraus ergibt sich eine Nachfrage für die Produkte 1 und 2 von:

$$N_1 = N\tilde{x}(p_1, p_2) \quad , \quad (3.58)$$

sowie

$$N_2 = N \cdot [1 - \tilde{x}(p_1, p_2)] \quad , \quad (3.59)$$

wobei durch  $N$  die Gesamtanzahl der Konsumenten bezeichnet wird. Abbildung 3.4 zeigt die den jeweiligen Produkten zugeordneten Nutzenwerte für die Konsumenten in Abhängigkeit von deren Position  $x$ .

Tritt der Fall ein, daß der Preisunterschied der zwei Geschäfte die Kosten des gesamten Weges  $c$  überschreitet, so existiert für den teureren Anbieter keine Nachfrage. Gilt beispielsweise  $p_2 - p_1 \geq c$ , so erfährt Geschäft 2 keine Nachfrage. In diesem Fall gilt für das Geschäft 1 folgende Nachfrage:

$$N_1 = \begin{cases} N & \text{falls } p_1 \leq \bar{u} - c, \\ N(\bar{u} - p_1)/c & \text{falls } p_1 > \bar{u} - c. \end{cases} \quad (3.60)$$

Im zweiten Fall ist der Markt nicht vollständig abgedeckt, da einige Konsumenten gar nicht kaufen. Die Nachfragefunktion (3.60) gilt analog für den Fall  $p_1 - p_2 \geq c$ .

Ein dritter Fall tritt ein, falls der Markt nicht vollständig abgedeckt ist und beide Geschäfte jeweils eine Monopolstellung für ihre Umgebung besitzen. In diesem Fall liegen beide Preise  $p_1$  und  $p_2$  im Intervall  $[\bar{u} - c, \bar{u}]$ , so daß der Konsument im Punkt  $\tilde{x}(p_1, p_2)$  nicht bereit ist zu konsumieren, was gleichbedeutend mit der Bedingung  $p_1 + p_2 + c > 2\bar{u}$  ist. Die entsprechenden Nachfragefunktionen lauten in diesem Fall:

$$N_1 = N(\bar{u} - p_1)/c \quad , \quad (3.61)$$

sowie

$$N_2 = N(\bar{u} - p_2)/c \quad . \quad (3.62)$$

Wie an dem dargestellten Beispiel verdeutlicht wird, berücksichtigt der Ansatz der horizontalen Produktdifferenzierung explizit die heterogenen Präferenzen der Konsumenten durch die Gegenüberstellung der Verteilungen der Präferenzen und der Produkte. Dieses Prinzip ist intuitiv leicht nachzuvollziehen und scheint insbesondere geeignet, eine Menge von Konsumenten mit heterogenen Präferenzen darzustellen, was insbesondere im Fall der Modellierung von Automobilmärkten zu beachten ist.

### 3.5.3 Das Nachfragekalkül für den Address Approach

In den vorherigen Abschnitten sind anhand einfacher Beispiele die Ansätze der vertikalen sowie der horizontalen Produktdifferenzierung dargestellt worden. Insbesondere der Ansatz der horizontalen Produktdifferenzierung erscheint geeignet, um einerseits

die Präferenzverteilung der Konsumenten formal darzustellen und andererseits die Produktdifferenzierung zu berücksichtigen. Daher wird im folgenden das Nachfragekalkül der räumlichen Produktdifferenzierung in einer allgemeineren Form präsentiert,<sup>173</sup> indem das Prinzip der linearen Stadt auf einen mehrdimensionalen Produkt- und Präferenzraum erweitert wird.

Seien zunächst sowohl die tatsächlichen Produkte als auch die Präferenzen der Konsumenten (gegeben durch deren Idealprodukte) in einem  $m$ -dimensionalen Raum positioniert. Die Position jedes Punktes läßt sich demnach durch einen  $m$ -dimensionalen Vektor  $\mathbf{z} \in \mathbb{R}^M$  eindeutig beschreiben. Weiterhin wird angenommen, daß  $n$  Produkte  $\mathbf{z}_i, i = 1, \dots, n$  zur Auswahl stehen.

Die Konsumenten sind kontinuierlich über den Raum  $\mathbb{R}^M$  gemäß einer nichtnegativen kontinuierlichen Dichtefunktion  $d(\mathbf{z})$  verteilt, welche die Anzahl der Konsumenten im Punkt  $\mathbf{z}$  beschreibt, so daß gelten muß:

$$\int_{\mathbb{R}^M} d(\mathbf{z}) d\mathbf{z} = N \quad , \quad (3.63)$$

wobei  $N$  die Gesamtanzahl der Konsumenten beschreibt. Aufgrund der Annahme, daß jeder Konsument genau eine Einheit konsumiert, ist  $N$  mit dem Gesamtabatzvolumen des betrachteten Marktes identisch.

Ferner wird angenommen, daß jeder Konsument in einem Punkt  $\mathbf{z}$  dasjenige Produkt kauft, welches ihm den größten Nutzen bietet. Dabei läßt sich der Nutzen des Produktes  $i$  mit der Position  $\mathbf{z}_i$  für einen Konsumenten in  $\mathbf{z}$  wie folgt beschreiben:<sup>174</sup>

$$U(\mathbf{z}_i, \mathbf{z}) = U_i(\mathbf{z}) = I - p_i + s_i - \tau \sum_{k=1}^M (z_k - z_{ik})^2, \quad i = 1, \dots, n \quad . \quad (3.64)$$

Der Parameter  $\tau$  bezeichnet eine positive skalare Größe, welche die Sensitivität der Konsumenten bezüglich der räumlichen Distanz mißt,  $I$  stellt das Einkommen der Konsumenten dar und  $p_i$  bezeichnet den Preis für Produkt  $i$ , welches in  $\mathbf{z}_i$  positioniert ist.

<sup>173</sup>Die Darstellung der Nachfragefunktion erfolgt in Anlehnung an Anderson, de Palma & Thisse, 1992, S. 102 ff.

<sup>174</sup>Vgl. Anderson, de Palma & Thisse, 1992, S. 103.

Wie schon in Abschnitt 3.5.2.1 eingeführt, bezeichnet  $s_i$  einen mit dem Produkt  $i$  assoziierten Qualitätsindex.<sup>175</sup>

Die Größen  $I$ ,  $p_i$  und  $s_i$  seien dabei für alle Konsumenten identisch. Der Term  $\sum_{k=1}^M (z_k - z_{ik})^2$  mißt den konsumentenspezifischen Nutzenverlust, abhängig von der Position  $\mathbf{z}$  des jeweiligen Konsumenten. Dieser Nutzenverlust<sup>176</sup> entspricht den Transportkosten  $c$  in Hotellings Modell der horizontalen Differenzierung. In der räumlichen Interpretation ist der Nutzenverlust abhängig von der Distanz zwischen der Präferenz des Konsumenten in  $\mathbf{z}$  und der Position des Produktes  $\mathbf{z}_i$ . Die funktionale Form des Nutzenverlustes ist beliebig spezifizierbar, jedoch hat die hier dargestellte Form der Euklidischen Distanz-Metrik breite Anwendung gefunden.<sup>177</sup>

Die Nutzenfunktion (3.64) erlaubt mit dem Prinzip der Nutzenmaximierung die Definition eines Marktraumes  $M_i$  für jedes Produkt  $i$ . Formal ist dieser wie folgt definiert:

$$M_i = \left\{ \mathbf{z} \in \mathbb{R}^M \mid U_i(\mathbf{z}) \geq U_j(\mathbf{z}), j = 1, \dots, n \right\} . \quad (3.65)$$

Die Menge  $M_i$  beinhaltet demnach die Adressen bzw. Positionen derjenigen Konsumenten  $\mathbf{z}$ , die das Produkt  $i$  allen anderen Produkten vorziehen.

Da angenommen wird, daß jeder Konsument genau ein Produkt kauft, läßt sich die Nachfrage  $N_i$  nach Produkt  $i$  wie folgt definieren:

$$N_i = \int_{M_i} d(\mathbf{z}) d\mathbf{z} , \quad (3.66)$$

wobei  $N_i$  mit der Anzahl der Konsumenten im Marktraum des Produktes  $i$  gleichzusetzen ist.

Weiterhin muß wegen (3.63) und (3.66) gelten:

$$\int_{\mathbb{R}^M} d(\mathbf{z}) d\mathbf{z} = \sum_{i=1}^n \int_{M_i} d(\mathbf{z}) d\mathbf{z} = \sum_{i=1}^n N_i = N . \quad (3.67)$$

<sup>175</sup>Die Ermittlung des Qualitätsindex  $s_i$  erfolgt beispielsweise durch eine in ihren Parametern lineare Nutzenfunktion (vgl. Abschnitt 3.4.2.1).

<sup>176</sup>Der Nutzenverlust wird in der Literatur häufig auch als *disutility* bezeichnet.

<sup>177</sup>Vgl. für entsprechende Anwendungen d'Aspremont, Gabszewicz & Thisse, 1979; Eaton & Wooders, 1985; Neven, 1985; Economides, 1989.

Die hier dargestellte und auf dem Address Approach basierende Nachfragefunktion erlaubt die formale und explizite Darstellung der verfügbaren differenzierten Produkte sowie der heterogenen Präferenzen. Gleichzeitig wird das Kalkül der Nutzenmaximierung berücksichtigt. Die hier vorgestellte Nutzenfunktion (3.64) sieht allerdings die Berücksichtigung der Konsumenteneinkommen vor, was aufgrund der in dieser Arbeit verfügbaren Einflußgrößen eine Modifikation erfordert. Zudem ist im Nutzenkalkül die Berücksichtigung einer stochastischen Komponente nicht vorgesehen, die Markträume  $M_i$  sind daher deterministisch bestimmbar, was hinsichtlich einer Anwendung auf reale Situationen eine exakte Kenntnis und Spezifikation der Nutzenfunktion erfordert.

### **3.6 Zwischenfazit**

In diesem Kapitel sind verschiedene Ansätze zur Modellierung des Konsumentenverhaltens diskutiert worden. Sie unterscheiden sich sehr stark in der Darstellung der Alternativen und der Präferenzen sowie den Entscheidungsregeln der Konsumenten. Sie teilen allerdings die Verwendung des Nutzenkonzepts zur Beschreibung der Präferenzordnung.

Mit Hinblick auf die Problemstellung dieser Arbeit, der Modellierung der disaggregierten Nachfrage nach Automobilen ist zunächst festzustellen, daß die in diesem Kapitel diskutierten Ansätze – zumindest in ihrer Grundform – keine dynamischen Aspekte der Nachfrage berücksichtigen, welche jedoch insbesondere im Kontext der Automobilnachfrage von wesentlicher Bedeutung ist.

Darüber hinaus unterscheiden sich die Modelle stark in der Flexibilität bezüglich der Beschreibung der Alternativen. So ist die mikroökonomische Konsumtheorie nur bedingt zur Modellierung der Angebotsstruktur auf Automobilmärkten anwendbar, da die Produkte lediglich durch ihre Mengen charakterisiert werden und zudem der Konsum von Güterbündeln unterstellt wird. Diese Annahmen sind im Kontext dieser Arbeit nicht aufrecht zu erhalten. Die Erweiterung von Lancaster hingegen erlaubt eine wesentlich differenziertere Beschreibung der Produkte, wobei jedoch die Annahme über

den Konsum von Güterbündeln beibehalten wird. Die mikroökonomischen Nachfragemodelle sind auch dahingehend zu kritisieren, daß sie allen Konsumenten eine einzige deterministische Präferenzordnung unterstellen, derzufolge sie handeln. Heterogene Konsumentenpräferenzen sind damit nicht darstellbar. Auch die ganzheitliche Marktdarstellung ist nur begrenzt möglich, da diese Homogenität der Güter voraussetzt.

Verhaltenswissenschaftliche Nachfragemodelle dagegen unterstellen den Konsum der Güter in diskreten Einheiten. Zudem wird die Annahme einer einheitlichen und deterministischen Präferenzordnung durch die Einführung einer stochastischen Komponente aufgegeben. Die Betrachtung des Nutzens als stochastische Größe erscheint geeignet, differenzierte Konsumentenpräferenzen darzustellen. Dieses Prinzip der Zufallsnutzenmaximierung wird insbesondere durch die Discrete Choice Modelle auf die Thematik ökonomischer Nachfragesituationen übertragen, wobei anhand dieser Modelle ersichtlich wird, daß die konkrete Spezifikation der stochastischen Nutzenkomponente wesentlichen Einfluß auf die Berechenbarkeit des Modells hat sowie auf die Modelleigenschaften und die implizierten Marktmechanismen, was insbesondere in der IIA-Eigenschaft zum Ausdruck kommt.

Die Discrete Choice Theorie erlaubt demnach grundsätzlich die Erklärung der disaggregierten Nachfrage auf Ebene einzelner Produkte, die explizite Berücksichtigung von Produktattributen sowie die Abbildung komplexerer Marktstrukturen.

Der letztgenannte Punkt ist die Motivation für die Entwicklung der Modelle der Produktdifferenzierung, welche ebenfalls ein Kalkül zur Bestimmung der disaggregierten Nachfrage bereitstellen. Hier werden die differenzierten Präferenzen allerdings nicht durch eine stochastische Nutzenkomponente, sondern durch eine räumliche Anordnung der Konsumentenpräferenzen sowie der Produkte repräsentiert. Insofern erlauben diese Modelle eine wesentlich direktere und explizitere Erfassung differenzierter Präferenzen und Produkte. Die durch Discrete Choice Modelle implizierte Notwendigkeit, heterogene Präferenzen durch die entsprechende Spezifikation der stochastischen Nutzenkomponente zu erfassen, wird damit umgangen.

Insbesondere hinsichtlich der Betrachtung von Automobilmärkten, die eine starke

Segmentierung und Heterogenität sowohl der Produkte als auch der Konsumenten aufweisen, erscheint die im Rahmen des Address Approach verwendete räumliche Darstellung von Produkten und Präferenzen geeignet, um die auf Automobilmärkten beobachtete Vielschichtigkeit formal zu beschreiben.

# Kapitel 4

## Modellierung von Produktlebenszyklen

Die Absätze von Automobilen kommen in stark ausgeprägten Lebenszyklen zum Ausdruck, die in einem entsprechenden Nachfragemodell zu berücksichtigen sind. Da insbesondere die im vorherigen Kapitel dargestellten Modelle des Konsumentenverhaltens diese spezifischen dynamischen Aspekte der Nachfrage vielfach nicht berücksichtigen, werden in diesem Kapitel Ansätze zur Beschreibung von Produktlebenszyklen hinsichtlich ihrer Eignung für diese Untersuchung erörtert.

### 4.1 Modellierungsansätze für Produktlebenszyklen

Hinsichtlich der Modellierung des Produktlebenszyklus existieren zum einen solche Ansätze, die den Lebenszyklus durch ein zeitbezogenes Marktreaktionsmodell darstellen. Dem steht alternativ der Ansatz entgegen, den Verlauf einer Lebenszykluskurve als Ergebnis verschiedener Wirkzusammenhänge des Marktes darzustellen und durch die Erfassung dieser Interaktionen kausal zu erklären. Beide Ansätze werden im folgenden diskutiert.

#### 4.1.1 Der Produktlebenszyklus als zeitbedingte Funktion

In der Marketingliteratur wird der Lebenszyklus eines Produktes als zeitbezogenes Marktreaktionsmodell betrachtet. Der idealtypische Produktlebenszyklus nimmt dabei

---

<sup>178</sup>In Anlehnung an Koppelman, 1993, S. 73.

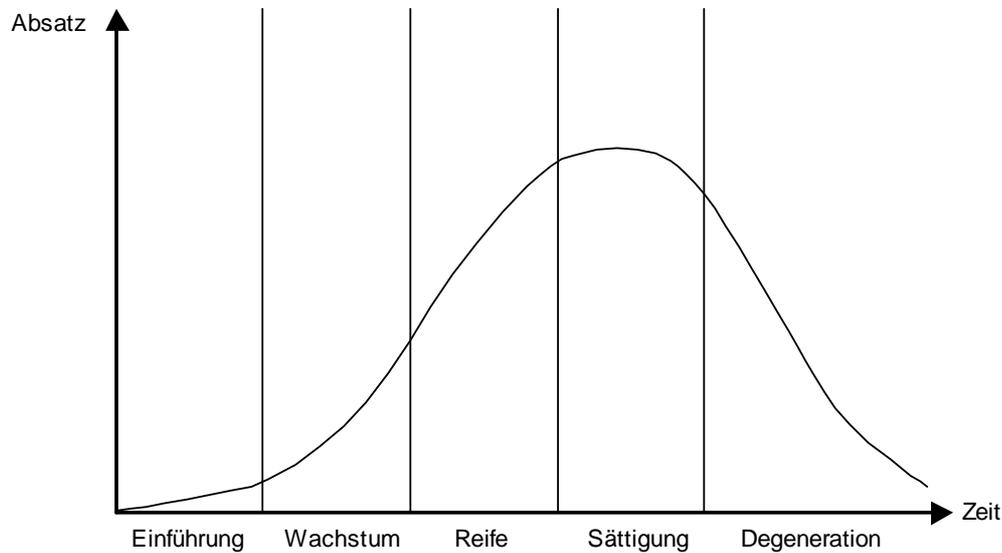


Abbildung 4.1: Der ideale Produktlebenszyklus<sup>178</sup>

den Verlauf einer Glockenkurve an, wie sie in Abbildung 4.1 dargestellt ist. Von einem Produkt-Lebenszyklus-Modell wird dann gesprochen, wenn sich anhand produktbezogener Kenngrößen wie Absatz, Umsatz, Gewinn oder Deckungsbeitrag ein typisches Muster identifizieren läßt.<sup>179</sup> Es ist dabei zu beachten, daß in einem derartigen Modell die Zeit als einzige unabhängige Variable fungiert.

Um die Handhabung eines derartigen Produkt-Lebenszyklus-Modells zu erleichtern und es gleichzeitig zu strukturieren, wird der Lebenszyklus in eine Abfolge unterschiedlicher Phasen aufgeteilt, welche ebenfalls in Abbildung 4.1 dargestellt sind.

Obwohl die Anzahl der Phasen je nach Betrachtungsweise variiert,<sup>180</sup> läßt sich der Lebenszyklus einer typischen Einteilung folgend durch fünf Phasen charakterisieren:<sup>181</sup>

**Einführungsphase:** Der Markterfolg als Resultat von Probekäufen und zu überwindenden Marktwiderständen stellt sich nur allmählich ein. Gleichzeitig sind hohe Vertriebs- und Werbekosten zu beobachten. Die Phase endet mit dem Erreichen der Gewinnschwelle.

<sup>179</sup>Vgl. Nieschlag, Dichtl & Hörschgen, 1985, S. 168.

<sup>180</sup>Vgl. Pfeiffer & Bischoff, 1974, S. 67 ff.

<sup>181</sup>Vgl. Nieschlag, Dichtl & Hörschgen, 1985, S. 169; Zalles-Reiber, 1996, S. 206 f.

**Wachstumsphase:** Das Produkt zieht eine höhere Aufmerksamkeit auf sich und gewinnt an Akzeptanz, welche sich unter anderem in Wiederholungskäufen ausdrückt.

**Reifephase:** Die Absatzkurve erreicht ihren Wendepunkt, das Absatzvolumen nimmt zwar noch zu, jedoch verringern sich die Zuwachsraten. Gleichzeitig beginnt eine Auseinandersetzung mit Nachahmern auf der Angebotsseite.

**Sättigungsphase:** Der Absatz des Produktes erreicht das Maximum, die Anzahl der Käufe beginnt wieder zu fallen.<sup>182</sup>

**Degenerationsphase:** Der Absatz fällt progressiv ab, die Deckungsbeiträge des Produktes werden negativ. Das Produkt „stirbt“.

Das oben dargestellte Produkt-Lebenszyklus-Modell basiert auf der Hypothese, daß alle Produkte, aber auch Produktkategorien einem quasi „natürlichen“ Lebenszyklus unterworfen sind, in welchem sich geschmackliche Veränderungen, technischer Fortschritt und Veralterung manifestieren. Dabei wird unterstellt, daß sich der Lebenszyklus nach einer gewissen Gesetzmäßigkeit entwickelt, welche sich durch die Veränderungsdaten der betrachteten Größen wie beispielsweise des Absatzes beschreiben läßt. Es ist allerdings anzumerken, daß das Produkt-Lebenszyklus-Modell weder Aussagen über die Bestimmung der Lebenszyklusdauer noch Kriterien zur exakten Abgrenzung der einzelnen Phasen vorgibt.

Das Produktlebenszyklus-Modell dient daher in erster Linie der Identifizierung der momentanen Phase im Lebenszyklus eines Produktes und der entsprechenden Ableitung von phasenspezifischen Marketingmaßnahmen.<sup>183</sup> Diese Analyse setzt jedoch den Eintritt des Produkts in seinen Lebenszyklus voraus.

Die empirische Ermittlung dieser idealtypischen Lebenszyklusverläufe basiert auf dem Ansatz, die Lebenszykluskurve durch eine parametrisierte Funktion der Zeit zu

<sup>182</sup>Infolge beispielsweise eines Bevölkerungszuwachses oder einer konjunkturellen Stärke ist auch zum Zeitpunkt der Sättigung noch eine gewisse Expansion möglich.

<sup>183</sup>Vgl. Koppelman, 1993, S. 74.

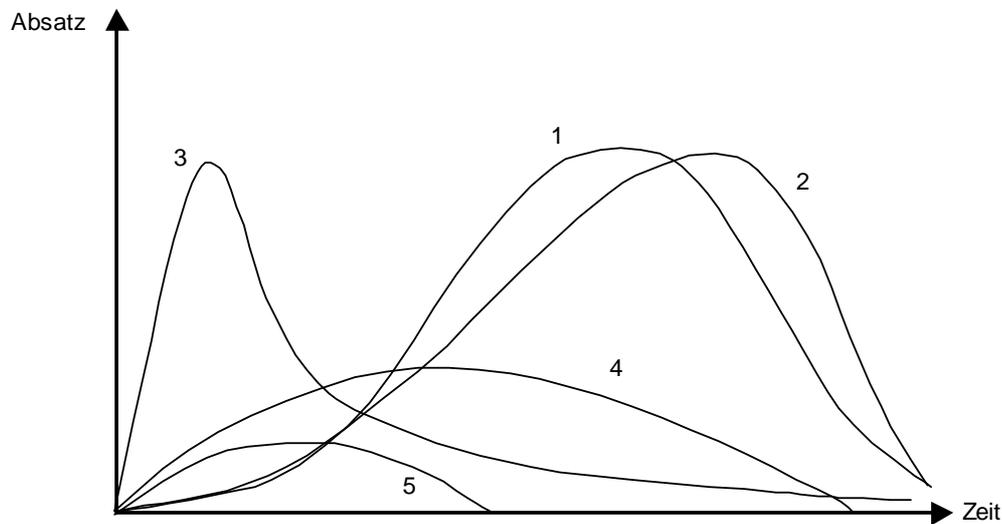


Abbildung 4.2: Ausprägungen von Produktlebenszyklen<sup>188</sup>

approximieren. Somit läßt sich ein beobachteter Lebenszyklus formal und quantitativ beschreiben,<sup>184</sup> so daß beispielsweise eine Identifizierung und Gruppierung typischer Lebenszyklusverläufe vorgenommen werden kann.<sup>185</sup>

Insbesondere für die Modellierung der Lebenszyklen von Innovationen liefert die Diffusionstheorie flexible funktionale Formen. Basierend darauf sind zahlreiche Erweiterungen entwickelt worden, die unter anderem auch marktbezogene Einflüsse wie Wettbewerb, Produktattribute, etc. einbeziehen.<sup>186</sup> Auch über den speziellen Fall von Innovationen hinaus werden Modelle der Diffusionstheorie verwendet, um Lebenszyklen zu modellieren<sup>187</sup>

Der Ansatz, produktspezifischen Absatzverläufen einen zeitabhängigen und charakteristischen Lebenszyklus zu unterstellen, wird trotz seiner Popularität insbesondere bezüglich der praktischen Anwendung<sup>189</sup> auch kritisch betrachtet. Obwohl die Existenz

<sup>184</sup>Vgl. für entsprechende mathematische Ansätze Cox, 1967, S. 382 f.; Brockhoff, 1967; de Kluyver, 1977, S. 24; Nieschlag, Dichtl & Hörschgen, 1985, S. 333 ff.

<sup>185</sup>Vgl. Bauer & Fischer, 2000; Hippner & Rimmelspacher, 1999; Kurawarwala & Matsuo, 1998.

<sup>186</sup>Vgl. zur Diffusionstheorie die Ausführungen in Abschnitt 5.3.

<sup>187</sup>Vgl. für eine Anwendung beispielsweise Spremann, 1981.

<sup>188</sup>In Anlehnung an Leitherer, 1989, S. 319.

<sup>189</sup>Vgl. Birou, Fawcett & Magnan, 1997, 1998.

von Produktlebenszyklen nicht in Frage gestellt wird, wird die Annahme eines idealtypischen Verlaufs der Lebenszykluskurve, welcher im vorherigen Abschnitt dargestellt wurde, kritisch hinterfragt. Die Vorstellung eines stets glockenförmigen Verlaufs entspricht nicht der empirisch beobachteten Vielfalt von Lebenszyklen. Abbildung 4.2 zeigt Beispiele alternativer Lebenszyklusverläufe. Hierbei stellt Kurve 1 den idealen Lebenszyklus des vorherigen Abschnitts dar. Verlauf 2 entspricht einem erst allmählich akzeptierten Produkt, welches schließlich erfolgreich am Markt etabliert ist. Das durch Kurve 3 charakterisierte Produkt ist sehr schnell erfolgreich, verliert jedoch darauf stark an Absätzen. Produkt 4 ist über die gesamte Dauer seines Lebenszyklus ein nicht sehr erfolgreiches Produkt und Produkt 5 versagt am Markt.

Obwohl sich dieser Vielfalt durch die bereits erwähnte funktionale Approximation der Lebenszyklusverläufe begegnen läßt,<sup>190</sup> wird kritisiert, daß sowohl Einflüsse der Umwelt, der jeweiligen Wettbewerbssituation sowie der Konjunktur durch das dargestellte Lebenszyklus-Modell nicht berücksichtigt werden. Mit diesen Einwänden geht die Kritik an der mangelnden empirischen Generalisierbarkeit<sup>191</sup> und an der fehlenden theoretischen Fundierung des Lebenszyklus-Modells<sup>192</sup> einher.

Hinsichtlich der auf Automobiliemärkten beobachteten Produktlebenszyklen ist fraglich, inwieweit sie durch den idealen Verlauf des Lebenszyklus-Modells dargestellt werden können, da sich hier vielfältige und unterschiedliche Ausprägungen der Produktlebenszyklen beobachten lassen, deren alleinige zeitliche Abhängigkeit in Zweifel zu ziehen ist.

#### **4.1.2 Der Produktlebenszyklus als wirkungsbedingte Funktion**

Betrachtet man Produktlebenszyklen nicht als charakteristische Funktionen der Zeit, sondern als Resultat verschiedener marktlicher Prozesse und Einwirkungen, ist eine

<sup>190</sup>Vgl. für eine Darstellung funktional approximierter empirisch beobachteter Lebenszyklen Cox, 1967; de Kluyver, 1977; Easingwood, 1988; Rink & Swan, 1979.

<sup>191</sup>Vgl. für eine Definition von Kriterien zu Bewertung der Generalisierbarkeit von Lebenszyklus-Modellen Barwise, 1995.

<sup>192</sup>Vgl. Bauer & Fischer, 2000.

Identifikation der entsprechenden Einflüsse und deren Interdependenzen erforderlich.<sup>193</sup> Obwohl kein integrativer Ansatz zur Erklärung von Produktlebenszyklen als Resultat der am Markt wirkenden Prozesse existiert, wurden vielfach Hypothesen zur Erklärung bzw. zur Rechtfertigung des Produktlebenszyklus formuliert,<sup>194</sup> die sich sowohl auf die Angebots- wie auch auf die Nachfrageseite beziehen.

Hinsichtlich der Angebotsseite wird unterstellt, daß die einzelnen Phasen charakteristischen Marketingstrategien, Marktstrukturen, Unternehmertypen und Wettbewerbsbeziehungen entsprechen, welche beispielsweise die beobachtete Anzahl von Anbietern und die entsprechenden Absätze erklären.

Erklärungsansätze hinsichtlich der Nachfrageseite zielen unter anderem auf Änderungen der Preiselastizität der Konsumenten im Verlauf des Produktlebenszyklus ab. Einen Erklärungsansatz für den Spezialfall der Nachfrage nach Innovationen liefert die bereits erwähnte Theorie der Diffusion von Innovationen.

Daneben existieren Untersuchungen verschiedener ökonomischer Problemstellungen, die implizit dynamische Aspekte des Nachfrageverhaltens und mithin die Lebenszyklen von Produkten, Märkten oder Technologien berücksichtigen. Untersuchungen folgender Gebiete werden daher im folgenden erörtert:

1. Bestimmung des optimalen Ein- bzw. Ausstiegs von Firmen in Technologien, Branchen, etc. ,
2. intertemporale Substitution und individuelles Konsumverhalten in der Lebenszyklusbetrachtung,
3. Ersatzbeschaffungen.

Es existieren zahlreiche Untersuchungen zur Bestimmung des optimalen Zeitpunkts für den Ein- bzw. den Ausstieg von Firmen in Märkte, Branchen, Industrien oder Technologien anhand formaler Entscheidungskriterien. Zu diesem Zweck wird im Rahmen

<sup>193</sup>Vgl. hierzu die Analyse von Produktlebenszyklen durch Hrycej & Eggert, 2001.

<sup>194</sup>Vgl. für Hypothesen zur Begründung typischer Produktlebenszyklen Nieschlag, Dichtl & Hörschgen, 1985, S. 169 f.

dieser Modelle das Ertrags- und Absatzpotential im zeitlichen Verlauf der betrachteten Produktkategorie berücksichtigt, welches wiederum als das Ergebnis marktbezogener Einflüsse definiert ist. Es wird unterstellt, daß die Lebenszyklusphase einer Produktkategorie, die mit dem Absatzpotential korrespondiert, von der Anzahl der Anbieter, dem daraus resultierenden Marktgleichgewichtszustand und den erwarteten Gewinnen der Anbieter sowie der Reife der Technologie abhängt.<sup>195</sup> Dieser Ansatz berücksichtigt demnach explizit die Strukturänderungen auf der Angebotsseite des Marktes. Zudem werden als weitere Einflußfaktoren die konjunkturelle Entwicklung, die Verfügbarkeit von Substituten sowie das Tempo der technologischen Entwicklung einer Industrie berücksichtigt.<sup>196</sup> Hinsichtlich der Problemstellung dieser Arbeit weisen diese Ansätze die Restriktion auf, daß hier Produktkategorien und Technologien, nicht jedoch einzelne Produkte im Zentrum der Betrachtung stehen. Gleichwohl ist allerdings zu vermuten, daß auch auf Automobilmärkten das Absatzpotential eines Produktes bzw. Anbieters unter anderem von der konjunkturellen Entwicklung, der Anzahl der konkurrierenden Anbieter sowie der Verfügbarkeit von Substituten abhängt, so daß in den hier erörterten Untersuchungen explizit Einflüsse auf das Absatzpotential erörtert werden, die nicht rein zeitbedingt sondern struktureller Natur sind.

Untersuchungen zur zeitlichen Substitution von Produkten bzw. Produktkategorien weisen ebenfalls einen starken Bezug zur Modellierung von Lebenszyklen auf, da sich unter Umständen erwartete neuere Produkte oder Technologien auf gegenwartsbezogene Absätze auswirken.

In diesem Zusammenhang sind Untersuchungen zu erwähnen, welche unterstellen, daß der Konsument nicht nur aktuell verfügbare, sondern auch zukünftige Produkte im Zuge seiner Konsumententscheidung berücksichtigt.<sup>197</sup> Bei der Modellierung dieses auf den gesamten Lebenszyklus des Konsumenten bezogenen Konsumverhaltens wird unterstellt, daß ein Produkt durch das erwartete Erscheinen eines neueren Produktes substituiert wird, indem an Stelle des Kaufs des alten Produkts auf das neue Produkt gewartet

<sup>195</sup>Vgl. Gort & Klepper, 1982; Jovanovic & MacDonald, 1994; Klepper, 1996.

<sup>196</sup>Vgl. Chi & Liu, 2001.

<sup>197</sup>Vgl. Atkeson & Ogaki, 1996; Hall, 1988; Loewenstein, 1987.

wird. Die entsprechenden Ansätze basieren im wesentlichen auf der „Discounted Utility“ Theorie,<sup>198</sup> derzufolge der Nutzen zukünftigen Konsums entsprechend der zeitlichen Distanz diskontiert wird.

Ein weiterer Komplex von Untersuchungen widmet sich der Modellierung von Ersatzbeschaffungen. Insbesondere hinsichtlich der Modellierung von Ersatzbeschaffungen im Investitionsgüterbereich werden vor allem der physische Verschleiß und die Lebensdauer als Determinanten des Zeitpunkts der Ersatzbeschaffung berücksichtigt,<sup>199</sup> so daß sich unter Annahme einer Verteilung für die Lebensdauer des Produktes sich der kostenoptimale Zeitpunkt der Ersatzbeschaffung einbeziehen läßt. Bezüglich der Ersatzbeschaffungsabsicht von Konsumenten werden neben dem Einfluß der physischen Veralterung weitere Determinanten identifiziert.<sup>200</sup> Zu diesen zählt insbesondere die durch die Konsumenten wahrgenommene Produktveralterung sowie der (wahrgenommene) technische Fortschritt neuerer Produkte.<sup>201</sup>

Betrachtet man den Lebenszyklus von Produkten, so ist davon auszugehen, daß die hier aufgeführten Einflüsse auf die Ersatzbeschaffungsabsicht von Konsumenten – insbesondere die wahrgenommene Produktveralterung – ebenso hinsichtlich der Erklärung von Produktlebenszyklen zu berücksichtigen sind.<sup>202</sup>

In den hier dargestellten Untersuchungen werden dynamische Aspekte der Nachfrage bzw. des Konsumverhaltens explizit untersucht. Die in diesen Untersuchungen betrachteten Einflüsse und kausalen Zusammenhänge beziehen sich damit auch auf die die Absatzverläufe einzelner Produkte. Insbesondere wurden in den verschiedenen hier umrissenen Untersuchungen die konjunkturelle Entwicklung, die Anzahl der Anbieter, die Verfügbarkeit von Substituten, die durch die Konsumenten wahrgenommene Veralterung von Produkten, sowie die Erwartung neuer Produkte als Einfluß auf das ge-

<sup>198</sup>Vgl. zur Begründung der „Discounted Utility“ Theorie Samuelson, 1937. Für weitere Ausführungen hierzu siehe auch Koopmans, 1960; Koopmans, Diamond & Williamson, 1964; Loewenstein & Prelec, 1992.

<sup>199</sup>Vgl. Kamakura et al., 1987.

<sup>200</sup>Vgl. Stumpp, 2000, S. 16 ff.; Bayus & Gupta, 1992.

<sup>201</sup>Vgl. Cripps & Meyer, 1994.

<sup>202</sup>Zalles-Reiber schlägt als Instrument zur Analyse der wahrgenommenen Produktveralterung (Obsoleszenz) die Untersuchung des jeweiligen Produktlebenszyklus vor (vgl. Zalles-Reiber, 1996, S. 206 ff.).

genwärtige Nachfrageverhalten der Konsumenten analysiert. All diese Einflüsse lassen sich auch auf die Nachfrage nach Automobilen beziehen, so daß deren stark ausgeprägten Lebenszyklen eher als Resultat einer Vielzahl dieser Einflüsse als eine zeitbedingte Funktion zu betrachten sind.

## **4.2 Grundlagen der formalen Modellierung von Produktlebenszyklen**

Nachfolgend werden zunächst die zuvor identifizierten Einflüsse auf die Lebenszyklen diskutiert und anschließend ausgewählte Ansätze erörtert, durch die sich die zuvor diskutierten Einflüsse formal in Beziehung zur Nachfrage setzen lassen.

### **4.2.1 Einflüsse auf den Produktlebenszyklus**

Die wirkungsbedingte Modellierung von Produktlebenszyklen erfordert die explizite Berücksichtigung relevanter Einflußfaktoren. Im Zusammenhang mit verschiedenen Untersuchungen zu dynamischen Nachfrageaspekten sind in Abschnitt 4.1.2 verschiedene Einflußfaktoren identifiziert worden, die nun näher betrachtet werden.

#### **4.2.1.1 Obsoleszenz**

Sieht sich ein Konsument mit der Entscheidung für ein Produkt konfrontiert, so bewertet er neben den objektiv beobachtbaren Eigenschaften auch die psychische Veralterung, obwohl Neuprodukte naturgemäß keinen physischen Verschleiß aufweisen. Als Obsoleszenz wird dementsprechend die wahrgenommene Produktveralterung bezeichnet, die sich in einem Nutzenverlust äußert, der sich nicht durch einen stofflich-materiellen Verschleiß begründen läßt.<sup>203</sup>

Abbildung 4.3 zeigt eine Untergliederung des Obsoleszenzbegriffes, nach der zwischen einer psychischen und einer physischen Komponente der Produktveralterung unterschieden wird. Die Ursachen der psychischen Veralterung liegen beispielsweise in

<sup>203</sup>Vgl. Zalles-Reiber, 1996, S. 9.

<sup>204</sup>In Anlehnung an Stumpp, 2000, S. 20.

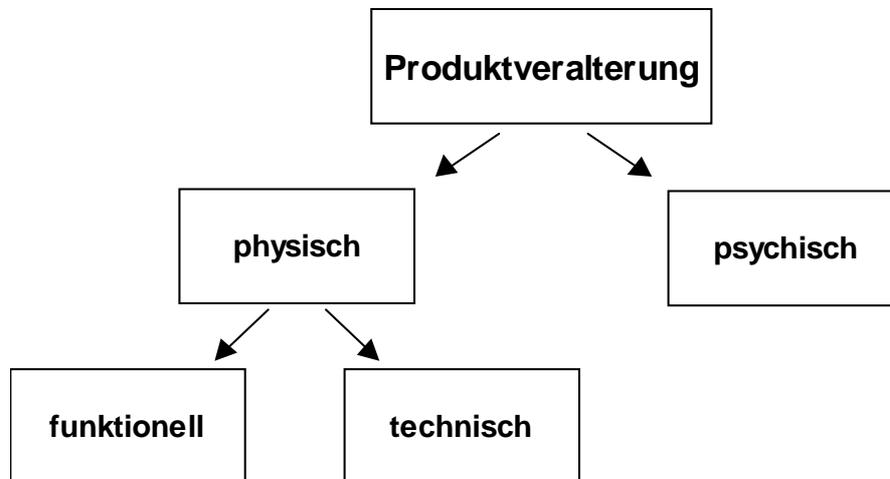


Abbildung 4.3: Komponenten der Produktveralterung<sup>204</sup>

Wandlungen der Mode, des Zeitgeistes und der äußeren Produktgestaltung. Hinsichtlich der physischen Veralterung werden mit zunehmender Zeit die verwendete Technologie sowie der Funktionsumfang als veraltet wahrgenommen. Beide Sachverhalte treffen dabei insbesondere auf den hier untersuchten Automobilmarkt zu. Eine strikte Abgrenzung zwischen psychischer und physischer Veralterung ist allerdings nicht möglich.<sup>205</sup>

Ebenso ist hinsichtlich der Produktveralterung die psychische Sättigung der Konsumenten zu erwähnen, welche auf eine Reduzierung der durch ein Produkt hervorgerufenen Reize bei den Konsumenten abzielt, je länger dieses verfügbar ist. So wird ein neues Produkt schon deshalb als attraktiv empfunden, weil es im Gegensatz zu bekannten Produkten eine neuartige Reizwirkung auf die Konsumenten ausübt, die deren Bedürfnis nach Variation bedient.<sup>206</sup>

Die verkaufsdämpfende Wirkung der Produktobsoleszenz ist in der Marketingliteratur unumstritten. So dient beispielsweise die Analyse des Produktlebenszyklus als Instrument zur Bestimmung der Produktveralterung.<sup>207</sup> Ferner zählt es zu den etablierten Marketingstrategien, die Obsoleszenz von Produkten insbesondere bezüglich de-

<sup>205</sup>Darüber hinaus sind weitere Gründe für Produktobsoleszenz untersucht worden, wie beispielsweise die ökonomische und die ökologische Veralterung (vgl. Zalles-Reiber, 1996, S. 124 ff.).

<sup>206</sup>Vgl. Zalles-Reiber, 1996, S. 120 f.

<sup>207</sup>Vgl. Zalles-Reiber, 1996, S. 206 ff.

ren technischer und psychologischer Veralterung gezielt zu steuern („planned obsolescence“), um deren Lebenszyklen zu beeinflussen und die Absätze nachfolgender Produkte zu fördern.<sup>208</sup>

Die obigen Erörterungen zeigen die Notwendigkeit der expliziten Berücksichtigung der Produktveralterung als Einfluß auf den Produktlebenszyklus insbesondere im Kontext der Modellierung der langfristigen Automobilnachfrage.

#### 4.2.1.2 Erwartungen zukünftiger Produkte

Die in Abschnitt 4.1.2 dargestellten Ansätze zur Modellierung der intertemporalen Substitution unterstellen, daß neue Produkte ältere Produkte ablösen, sobald diese auf dem Markt erscheinen, oder daß die Konsumenten sogar zwischen dem momentanen Konsum und dem Konsum zukünftiger hochwertigerer Produkte abwägen. Damit ist anzunehmen, daß eine Neuerscheinung bzw. deren Ankündigung das Konsumverhalten sowie die Absätze bereits verfügbarer Produkte beeinflusst.<sup>209</sup> Die Erkenntnis, daß die Erwartung von Neuerscheinungen die wahrgenommene Veralterung bereits existierender Produkte beschleunigt,<sup>210</sup> zeigt hier den Zusammenhang zwischen der zuvor diskutierten Obsoleszenz und der Erwartung der Einführung von Neuprodukten.

Resultat dieser durch Ankündigungen und Erwartungen neuer Produkte veränderten Einstellung zu gegenwärtig verfügbaren Produkten ist die erhöhte Bereitschaft der Konsumenten, auf das neue Produkt zu warten,<sup>211</sup> was einen unmittelbaren Einfluß auf den Absatz existierender Produkte und deren Lebenszyklen ausübt. Zur Erklärung der erhöhten Bereitschaft zum Warten läßt sich die Erkenntnis heranziehen, daß Konsumenten eine negative Konsequenz, die aus einer aktiven Entscheidung (dem momentanen Kauf) resultiert, mehr bedauern als eine negative Konsequenz, welche aus einer passiven Haltung (dem Abwarten) folgt.<sup>212</sup>

In der Instrumentalisierung von Vorankündigungen zur Beeinflussung der Absatz-

<sup>208</sup>Vgl. Nieschlag, Dichtl & Hörschgen, 1985, S. 177.

<sup>209</sup>Vgl. Stumpp, 2000, S. 58 f.

<sup>210</sup>Vgl. Heine, 1968, S. 64.

<sup>211</sup>Vgl. Preukschat, 1993, S. 71.

<sup>212</sup>Vgl. Stumpp, 2000, S. 60.

politik<sup>213</sup> zeigt sich die die Relevanz der hier erörterten Konsumentenerwartungen hinsichtlich der Modellierung von Lebenszyklen. So sind Unternehmen schon im Vorfeld einer Markteinführung bestrebt, die Kenntnis der Konsumenten über ein neues Produkt durch eine entsprechende Kommunikationspolitik zu erhöhen bzw. gezielt zu steuern. Insbesondere, falls das neue Produkt ein existierendes Produkt ablöst, wird dabei unter Umständen bewußt in Kauf genommen, daß diese Vorankündigung negative Auswirkungen auf den momentanen Absatz hat.<sup>214</sup> Auch auf dem Automobilmarkt sind die Hersteller bestrebt, Informationen über neue Produkte möglichst lange zurückzuhalten bzw. gezielt einzusetzen, um hierdurch die Absätze bereits existierender Produkte zu steuern. Aus dieser Beobachtung folgt die Relevanz von erwarteten Produkten für die Absätze bzw. Lebenszyklen gegenwärtig verfügbarer Produkte.

#### **4.2.1.3 Strukturänderungen des Marktumfeldes**

Die Verwendung idealtypischer Lebenszyklusverläufe wird unter anderem hinsichtlich der Vernachlässigung externer Einflüsse kritisiert. Insbesondere ist anzunehmen, daß die Nachfrage nach Automobilen strukturellen zeitlichen Veränderungen des Marktumfeldes ausgesetzt ist. Die hier zu berücksichtigenden Einflüsse beinhalten insbesondere konjunkturelle bzw. makroökonomische Veränderungen, die Anzahl der Wettbewerber sowie allgemeine Präferenzverschiebungen und Konsumtrends seitens der Konsumenten. Im folgenden werden diese Einflüsse kurz erörtert.

Die Nachfrage insbesondere nach Automobilen hängt unter anderem von der konjunkturellen und wirtschaftlichen Entwicklung der entsprechenden Märkte ab. Diese zeitlich variierenden Einflüsse spiegeln sich demnach auch in den Lebenszyklen der Produkte wider. Darüber hinaus ist für stark segmentierte Märkte wie dem Automobilmarkt anzunehmen, daß bezüglich der Sensitivität der verschiedenen Marktsegmente auf konjunkturelle Einflüsse zu differenzieren ist.

Wie in Abschnitt 4.1.2 erläutert, besteht ein Zusammenhang insbesondere zwischen dem Lebenszyklusverlauf einer Produktkategorie und der Anzahl der entsprechenden

---

<sup>213</sup>Vgl. Preukschat, 1993, S. 28 ff.

<sup>214</sup>Vgl. Preukschat, 1993, S. 94 f.

Anbieter, welche ebenfalls zeitlich variiert. Betrachtet man ein einzelnes Produkt, so ist anzunehmen, daß dessen Absatz ohne Berücksichtigung der Produktveralterung von Änderungen der Anzahl konkurrierender Produkte abhängt. Hier läßt sich weiterhin dahingehend differenzieren, inwiefern diese konkurrierenden Produkte als Substitute zu betrachten sind, so daß die Lebenszyklen nicht nur von zeitlichen Veränderungen der Anzahl der Wettbewerber, sondern auch von der Ähnlichkeitsstruktur konkurrierender Produkte abhängen. Die zeitlich variable Wettbewerbssituation ist demnach explizit zu berücksichtigen.

Für segmentierte Märkte mit einer heterogenen Angebotsstruktur gilt darüber hinaus, daß sich zeitliche Präferenzverschiebungen beobachten lassen, die beispielsweise aus dem Einsatz neuer Technologien oder aus Konsumtrends resultieren. Diese Verschiebungen von Präferenzen bzw. die Etablierung neuer Technologien sind allerdings längerfristiger Natur als die Lebenszyklen einzelner Produkte, die von den langfristigen Trends überlagert werden.

## **4.2.2 Ansätze der formalen Repräsentation**

Nachdem wesentliche Einflußgrößen auf den Verlauf von Produktlebenszyklen diskutiert worden sind, werden nachfolgend formale Ansätze erörtert, die die Integration der Erklärung von Produktlebenszyklen in ein ganzheitliches Nachfragemodell erlauben. Die Auswahl der Ansätze beruht auf den in Abschnitt 4.1.2 dargestellten Untersuchungen. Im einzelnen handelt es sich um explizite Lebenszyklusfunktionen, Ansätze der Prospect-Theorie zur Beschreibung wahrnehmungsbezogener Einflüsse sowie Ansätze der Nutzendiskontierung.

### **4.2.2.1 Dynamische Preis-Absatz-Funktionen**

Im Marketing werden oftmals dynamische Preis-Absatz-Funktionen verwendet, die neben den Preisen und der Zeit weitere Einflüsse auf die Absätze berücksichtigen,<sup>215</sup> so

---

<sup>215</sup>Vgl. zu einer umfassenden Darstellung von Preis-Absatz-Funktionen Nieschlag, Dichtl & Hörschgen, 1985, S. 333 ff.

daß hierdurch die Darstellung von Produktlebenszyklen ermöglicht wird.<sup>216</sup> Eine derartige dynamische Preis-Absatz-Funktion ist gegeben durch:

$$y_t = A_t - B_t + C_t$$

mit:

$$A_t = (a_1 + a_2 y_{t-1}) \cdot (1 - a_3)^{t-1} \quad , \quad (4.1)$$

$$B_t = b \cdot p_t \quad ,$$

$$C_t = c_1 \cdot \sinh \left( c_2 \frac{p_{t-1} - p_t}{p_{t-1}} \cdot y_{t-1} \right) \quad .$$

Dabei bezeichnet  $y_t$  den Absatz des betrachteten Produkts zum Zeitpunkt  $t$ . Die Parameter  $a_1, a_2, a_3, b, c_1, c_2$  bezeichnen zu schätzende Funktionsparameter. Die Variable  $p_t$  bezeichnet den Produktpreis zum Zeitpunkt  $t$ .

Mit  $A_t, B_t, C_t$  sind drei additive Wirkungskomponenten der Funktion bezeichnet. Dabei sind durch  $A_t$  solche Einflüsse erfaßt, die nicht in Beziehung zum Preis stehen. Durch den Term  $(a_1 + a_2 y_{t-1})$  werden die zu Beginn des Lebenszyklus durch Imitation zunehmenden Verkäufe modelliert, denen die durch  $(1 - a_3)^{t-1}$  erfaßte Produktobsoleszenz entgegenwirkt. Die Komponente  $B_t$  dient zur Darstellung der preisbezogenen Einflüsse, während die Komponente  $C_t$  die Auswirkungen relativer Preisänderungen im Vergleich zur Vorperiode darstellt, wobei durch die sinh-Funktion größere relative Preisänderungen überproportional gewichtet werden.

Der in (4.1) dargestellte Ansatz berücksichtigt explizit die Wirkungen von Obsoleszenz, Imitationskäufen und Preisänderungen. Vor dem Hintergrund der zuvor diskutierten Einflüsse ist hier jedoch kritisch anzumerken, daß das Wettbewerbsumfeld und auch zeitliche Substitutionen gänzlich vernachlässigt werden. Allerdings ist anzumerken, daß (4.1) einen formalen Ansatz zur Beschreibung der Produktobsoleszenz beinhaltet.

#### 4.2.2.2 Nutzenbasierte Ansätze

Nutzenbasierte Konzepte zur Modellierung der Einflüsse auf Produktlebenszyklen weisen aufgrund der Verwendung des Nutzenkonzeptes eine formale Ähnlichkeit zu den

<sup>216</sup>Vgl. Simon, 1977, S. 265.

in Kapitel 3 diskutierten Modellen des Konsumentenverhaltens auf. Im folgenden werden zunächst die Grundzüge der Prospect-Theorie dargestellt, bevor nachfolgend das Konzept der Nutzendiskontierung erörtert wird.

Bezüglich der formalen Berücksichtigung wahrnehmungsbezogener Größen erfreut sich die von Kahneman & Tversky entwickelte Prospect-Theorie<sup>217</sup> wachsender Popularität.

Wahrnehmungsbezogene Einflußfaktoren auf das Nachfrageverhalten werden im Rahmen der Prospect-Theorie berücksichtigt, indem eine durch den Konsumenten wahrgenommene Größe betrachtet wird, die im folgenden durch  $x$  beschrieben ist und sich beispielsweise auf Qualität, Veralterung oder ein weiteres aggregiertes, produktbezogenes Merkmal bezieht. Mit dieser Annahme wird der Entscheidungsprozeß in zwei Phasen unterteilt.

In der ersten Phase definiert der Konsument einen Referenzpunkt (Referenzniveau), welcher seine Erwartungen bezüglich der Eigenschaft  $x$  reflektiert. Dieser Referenzpunkt läßt sich durch  $x = 0$  definieren, was beispielsweise der Eigenschaft eines momentan benutzten Produkts oder dem aktuellen Stand einer Technologie entspricht.

In der zweiten Phase vergleicht und bewertet der Konsument alle übrigen Handlungsalternativen in Bezug auf seinen Referenzpunkt. Die Bewertung erfolgt dabei durch eine Wertfunktion, welche die Produktwahrnehmung  $x$  auf einen Wert  $v(x)$  abbildet, so daß die Differenz  $v(x) - v(0)$  die Produktwahrnehmung des Konsumenten relativ zu dessen Referenzniveau beschreibt.

Abbildung 4.4 verdeutlicht eine charakteristische Wertfunktion, durch die eine Verminderung gegenüber dem Referenzniveau betragsmäßig zu einem größeren Verlust führt als der Gewinn bei einer entsprechenden Verbesserung gegenüber dem Referenzniveau. Hierdurch wird eine Verlustaversion der Konsumenten zum Ausdruck gebracht.

Die Flexibilität des Ansatzes wird deutlich, falls man die Wertfunktion  $v(x)$  als Nutzenkomponente interpretiert, welche die Wahrnehmung des Produkts durch den Konsumenten mißt. So wurde der Ansatz verwendet, um die Ersatzbeschaffungsabsicht von

---

<sup>217</sup>Vgl. Kahneman & Tversky, 1979.

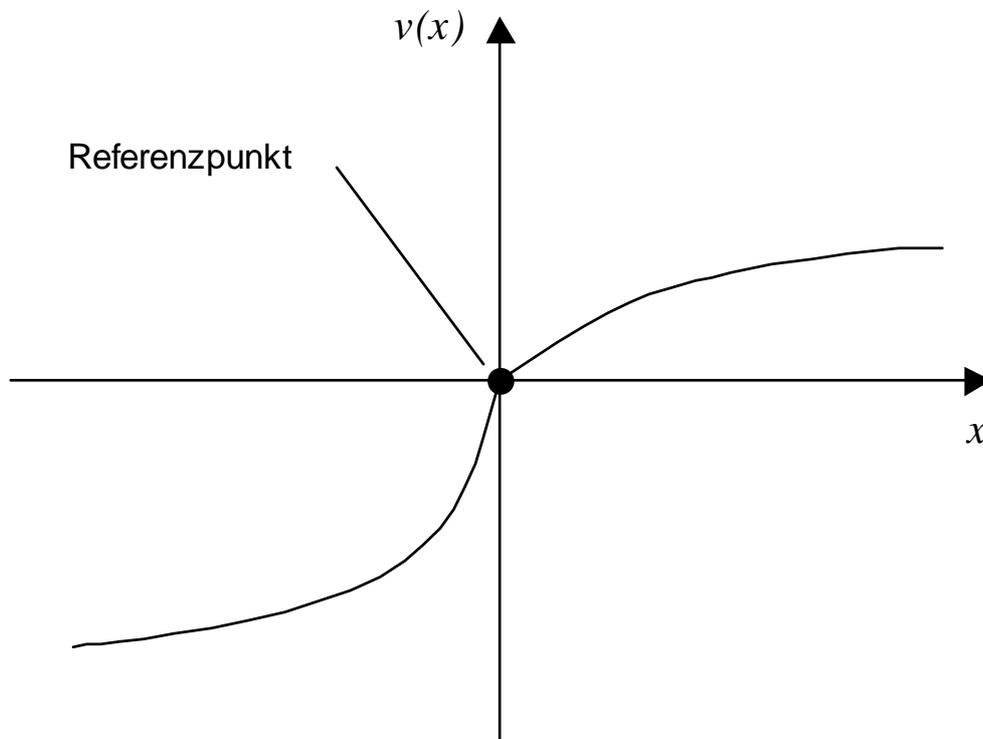


Abbildung 4.4: Wertfunktion der Prospect-Theorie

Konsumenten zu erklären, die nicht (allein) durch physischen Produktverschleiß motiviert ist,<sup>218</sup> sondern zudem die Wahrnehmung hinsichtlich der technologischen Veralterung berücksichtigt.

Betrachtet man die in Abschnitt 4.2.1 aufgeführten Einflüsse, so ist im wesentlichen die Produktobsoleszenz als wahrnehmungsbezogene Größe zu verstehen. Im Kontext der Prospect-Theorie lässt sich demnach die Veralterung als wahrgenommene Produkteigenschaft  $x$  interpretieren, welche mittels der Wertfunktion bewertet wird und in den produktspezifischen Nutzen integriert wird.

Ein weiterer dynamischer Aspekt der Nachfrage ist durch die zeitliche Substitution gegeben. In der Literatur wird insbesondere das Problem der intertemporalen Entscheidungen von Konsumenten im Verlauf ihres Lebens durch die von Samuelson eingeführte

<sup>218</sup>Vgl. Cripps & Meyer, 1994; Stumpp, 2000.

„Discounted Utility“ (DU) Theorie erklärt.<sup>219</sup>

Demzufolge ziehen Konsumenten die zeitliche Sequenz von Konsumaktivitäten  $(c_0, c_1, \dots, c_T)$  der Sequenz  $(c'_0, c'_1, \dots, c'_T)$  vor, falls gilt:

$$\sum_{t=0}^T \delta^t u(c_t) > \sum_{t=0}^T \delta^t u(c'_t) \quad , \quad (4.2)$$

wobei  $u(c)$  eine konkave Nutzenfunktion bezeichnet und  $\delta$  einen Diskontierungsfaktor darstellt, durch den die Nutzenwerte zukünftigen Konsums diskontiert werden.

Obwohl die Erörterung einzelner Aspekte der DU-Theorie hier nicht möglich ist,<sup>220</sup> wird deutlich, daß der Ansatz in (4.2) eine einfache formale Beschreibung der Abwägung von Konsumenten zwischen sofortigen und zukünftigen Konsumententscheidungen liefert. Aufgrund der in Abschnitt 4.2.1.2 dargestellten Relevanz der Erwartungen zukünftiger Produkte ist dieser Ansatz in die Überlegungen hinsichtlich der Modellierung der Automobilmachfrage einzubeziehen.

Loewenstein & Prelec entwickeln einen Ansatz, welcher in formaler Hinsicht Ähnlichkeit zur Prospect-Theorie aufweist, gleichzeitig jedoch den Gedanken der zeitlichen Nutzendiskontierung beibehält.<sup>221</sup> Der Nutzenwert einer zeitlichen Abfolge von Gütern  $x_i$ , welche eindeutig durch den Zeitpunkt des Konsums  $t_i$  beschrieben sind, läßt sich beschreiben durch:

$$U(x_1, t_1; x_2, t_2, \dots, x_n, t_n) = \sum_{i=1}^n v(x_i) \phi(t_i) \quad , \quad (4.3)$$

wobei  $v(x)$  eine Wertfunktion im Sinne der Prospect-Theorie bezeichnet. Durch  $\phi(t)$  ist ein zeitlich variabler Diskontsatz wie folgt definiert:

$$\phi(t) = (1 + \alpha t)^{-\beta/\alpha} \quad , \quad \text{mit } \alpha, \beta > 0 \quad , \quad (4.4)$$

wobei die Koeffizienten  $\alpha$  und  $\beta$  den spezifischen Verlauf des Diskontsatzes determinieren.

<sup>219</sup>Vgl. Samuelson, 1937.

<sup>220</sup>Vgl. aber Hall, 1988; Koopmans, 1960; Koopmans, Diamond & Williamson, 1964; Loewenstein & Prelec, 1991, 1992; Samuelson, 1937.

<sup>221</sup>Vgl. Loewenstein & Prelec, 1992.

Dieser Ansatz ermöglicht die Beschreibung sowohl wahrnehmungsbezogener Bewertungen des Konsumenten als auch intertemporaler Abwägungen, so daß sich der gegenwartsbezogene Nutzen des Konsums eines Produktes  $x$  zum Zeitpunkt  $t$  wie folgt beschreiben läßt:

$$u(x, t) = v(x)\phi(t) \quad . \quad (4.5)$$

Die Relevanz dieses Ansatzes für die Fragestellung dieser Arbeit sei abschließend anhand des Beispiels verdeutlicht, in welchem durch  $x$  die wahrgenommene Neuartigkeit eines Produktes gemessen wird. Ein zukünftig erscheinendes und erwartetes Produkt mit  $x > 0$  ist naturgemäß neuer als das durch den Gegenwartszustand definierte Referenzniveau  $x = 0$ , woraus eine positive Bewertung  $v(x)$  der Wahrnehmung des neueren Produktes resultiert. Gleichzeitig wird dieser Wert mit  $\phi(t)$  diskontiert, da das Produkt erst zukünftig konsumiert werden kann, so daß die positivere Bewertung  $v(x)$  durch die Diskontierung vermindert wird. Mit dem Prinzip der Nutzenmaximierung und der Nutzenfunktion (4.5) läßt sich damit ein Entscheidungskalkül definieren, das sowohl die Produktveralterung als auch intertemporale Substitutionen berücksichtigt.

### 4.3 Zwischenfazit

Die Modellierung von Lebenszyklen ist von besonderer Relevanz für die Erklärung der Nachfrage nach Automobilen. Die marketing-orientierte Sicht geht weitgehend von einem idealtypischen Lebenszyklusverlauf aus, welcher im wesentlichen der Analyse des momentanen Stadiums im Produktlebenszyklus dient, aus dem sich geeignete marketingbezogene Aktivitäten ableiten lassen. Die formale Darstellung von Produktlebenszyklen als Funktion der Zeit wird der beobachteten Vielfalt von Produktlebenszyklen auf Automobilmärkten nicht gerecht. Vielmehr ist anzunehmen, daß die Absatzverläufe der Produkte und auch der Produktkategorien das Resultat verschiedener gleichzeitig wirkender Einflüsse sind.

Auf der Grundlage verschiedener Untersuchungen zu dynamischen Aspekten des Nachfrageverhaltens sind als wesentliche Einflüsse auf den Produktlebenszyklus un-

ter anderem die Produktobsoleszenz, die intertemporale Substitution sowie strukturelle Änderungen des Marktumfeldes identifiziert worden.

Zur formalen Darstellung dieser Einflüsse eignen sich aufgrund der Verwendung des Nutzenkonzepts insbesondere Ansätze der Prospect-Theorie sowie der Discounted Utility Theorie, da hier ein großes Integrationspotential bezüglich der zuvor dargestellten nutzenbasierten Modelle des Konsumentenverhaltens existiert. Diese Ansätze erlauben die Erfassung wahrnehmungsbezogener Größen wie der Obsoleszenz in Form einer Nutzenkomponente sowie die Berücksichtigung zukünftiger Konsumententscheidungen.

Abschließend ist anzumerken, daß die formale Erfassung zeitlich variierender struktureller Einflüsse in diesem Kapitel nicht explizit erörtert worden ist, da Komponenten der Marktstruktur wie Anzahl der Wettbewerber, Produktähnlichkeiten oder Preise in bereits zuvor diskutierten Modellen berücksichtigt werden.<sup>222</sup> Werden diese Modelle auf den mehrperiodigen Fall angewendet, lassen sich dementsprechend die strukturellen, zeitlich variierenden Einflüsse auf die Lebenszyklen der Produkte in angemessener Weise einbeziehen.

---

<sup>222</sup>Produktattribute werden explizit in den Nutzenfunktionen berücksichtigt, welche in den diskutierten Nachfragemodellen Verwendung finden. Die Struktur der Angebotsseite wird insbesondere in den Modellen der Produktdifferenzierung dargestellt.



# Kapitel 5

## Die Nachfrage nach Innovationen

Konkurrierende Unternehmen sind stets bestrebt, sich durch die Entwicklung von Innovationen von den Wettbewerbern zu differenzieren und sich einen Vorteil hinsichtlich der Attraktivität und des Ertragspotentials der Produkte zu verschaffen.<sup>223</sup> Da dieses auch auf die Automobilindustrie zutrifft, wird in diesem Kapitel untersucht, inwiefern die Nachfrage nach neuartigen Produkten im Rahmen der Nachfragemodellierung zu berücksichtigen ist. Die gesonderte Betrachtung von Innovationen im Rahmen dieser Arbeit ist dadurch gerechtfertigt, daß neuartige Produkte durch die Konsumenten in besonderer Weise wahrgenommen werden, was im Nachfrageverhalten zum Ausdruck kommt.<sup>224</sup>

Ferner läßt sich im Unterschied zu konventionellen Gütern das Nachfrageverhalten bezüglich innovativer Produkte nicht aus historischen Daten identifizieren, was sich unmittelbar auf die formale Modellierung der Nachfrage auswirkt.

Im Verlauf dieses Kapitels wird zunächst der Innovationsbegriff erörtert und hinsichtlich des Untersuchungsgegenstandes dieser Arbeit eingegrenzt. Im darauf folgenden Abschnitt wird auf verschiedene Ansätze zur quantitativen Modellierung der Nachfrage nach Innovationen eingegangen, bevor nachfolgend Modelle der Diffusion von Innovationen genauer diskutiert werden.

---

<sup>223</sup>Vgl. Lindermeir, 1988, S. 1 ff.

<sup>224</sup>Vgl. Gatignon & Robertson, 1986; Midgley, 1993.

„Produzieren heißt die in unserem Bereiche vorhandenen Dinge und Kräfte kombinieren. Anderes oder anders produzieren heißt, diese Dinge und Kräfte anders kombinieren. Soweit die neue Kombination von der alten aus mit der Zeit durch kleine Schritte, kontinuierlich anpassend, erreicht werden kann, liegt gewiß Veränderung, eventuell Wachstum vor, aber weder ein neues der Gleichgewichtsbetrachtung entrücktes Phänomen, noch Entwicklung in unserem Sinn. Soweit das nicht der Fall ist, sondern die neue Kombination nur diskontinuierlich auftreten kann oder tatsächlich auftritt, entstehen die der letztern charakteristischen Erscheinungen. Aus Gründen darstellerischer Zweckmäßigkeit meinen wir fortan nur diesen Fall, wenn wir von neuen Kombinationen von Produktionsmitteln sprechen. Form und Inhalt der Entwicklung in unserem Sinn ist angegeben durch die Definition: Durchsetzung neuer Kombinationen.

Dieser Begriff deckt folgende 5 Fälle:

1. Herstellung eines neuen, d. h. dem Konsumentenkreise noch nicht vertrauten Gutes oder einer neuen Qualität eines Gutes.
2. Einführung einer neuen, d. h. dem betreffenden Industriezweig noch nicht praktisch bekannten Produktionsmethode, die keineswegs auf einer wissenschaftlich neuen Entdeckung zu beruhen braucht und auch in einer neuartigen Weise bestehen kann, mit einer Ware kommerziell zu verfahren.
3. Erschließung eines neuen Absatzmarktes, d. h. eines Marktes, auf den der betreffende Industriezweig des betreffenden Landes bisher noch nicht eingeführt war, mag dieser Markt schon vorher existiert haben oder nicht.
4. Eroberung einer neuen Bezugsquelle von Rohstoffen oder Halbfabrikaten, wiederum: gleichgültig ob diese Bezugsquelle schon vorher existierte - und bloß sei es nicht beachtet wurde, sei es für unzugänglich galt - oder ob sie erst geschaffen werden muß.
5. Durchführung einer Neuorganisation, die Schaffung einer Monopolstellung( z. B. durch Vertrustung) oder Durchbrechen eines Monopols.“

Abbildung 5.1: „Durchsetzung neuer Kombinationen“ nach Schumpeter<sup>225</sup>

## 5.1 Erörterung des Innovationsbegriffs

Der Innovationsbegriff ist von einer starken Vielschichtigkeit geprägt, die selbst dann gegeben ist, falls man ihn auf die wirtschaftstheoretische Betrachtung reduziert.

Schumpeter lieferte erste grundlegende Arbeiten zur Theorie wirtschaftlicher Entwicklungen, welche auch die Definition der „Durchsetzung neuer Kombinationen“ enthielten, die als eine der ersten generellen Definitionen des Innovationsbegriffs im ökonomischen Kontext betrachtet werden kann. Die entsprechende Definition dieses Begriffes ist in Abbildung 5.1 dargestellt.

Schumpeters Definition bezieht sich demnach auf neuartige Güter, Methoden,

<sup>225</sup>Vgl. Schumpeter, 1964, S. 100 f., zitiert nach Hauschildt, 1993, S. 8.

Absatz- bzw. Beschaffungsmärkte sowie auf organisatorische Neuerungen. In Anlehnung an diese Unterscheidung läßt sich der Innovationsbegriff nach dem Innovationsgegenstand klassifizieren.<sup>226</sup>

**Produktinnovationen** bezeichnen eine Veränderung des Leistungsprogramms eines produzierenden Unternehmens und sind damit auch als Angebotsinnovation zu betrachten, da sie die Einführung eines neuen Produktes oder Dienstleistungsangebotes bewirken.

**Prozeßinnovationen** (oder auch Verfahrensinnovationen) beziehen sich auf die Leistungserstellung eines Unternehmens und resultieren beispielsweise in der Veränderung von Produktionsabläufen.

**Strukturinnovationen** betreffen Änderungen in der Organisation eines Unternehmens. Hierunter fallen neben der Neuordnung von Aufgaben auch neuartige Entlohnungssysteme oder Arbeitsformen.

**Sozialinnovationen** (oder auch Personalinnovationen) beziehen sich sowohl auf Veränderungen der Struktur des Mitarbeiterstammes als auch auf Änderungen der Mitarbeiterqualifikationen.

Entsprechend der hier vorgenommenen Betrachtung von Automobilen und deren Nachfrage wird daher im folgenden näher auf Produktinnovationen eingegangen.

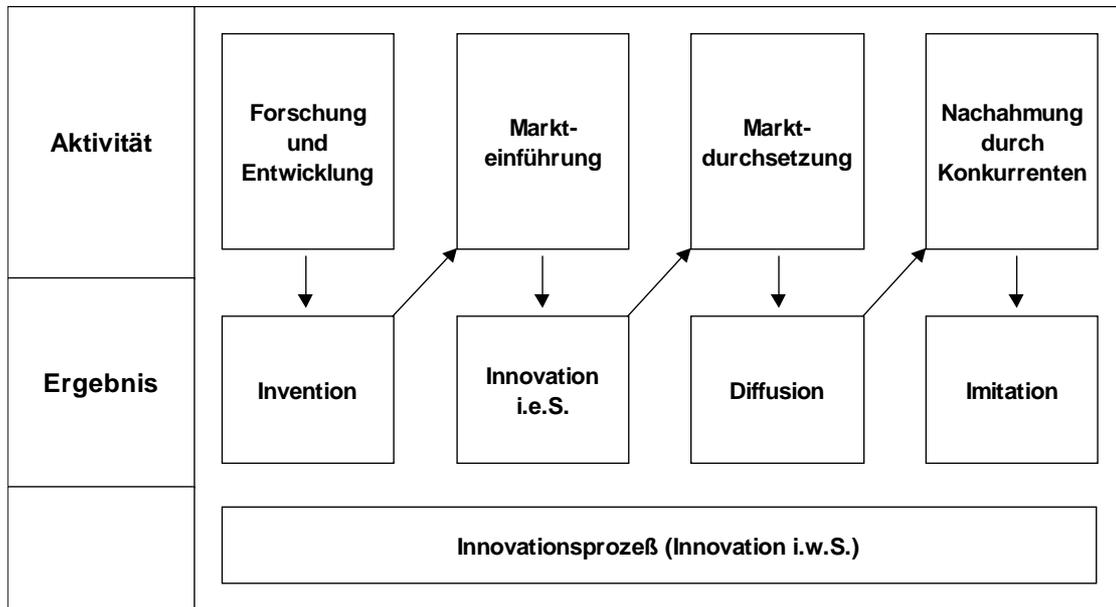
### 5.1.1 Produktinnovationen

Innovationen im allgemeinen und insbesondere Produktinnovationen lassen sich als das eigentliche Produkt („Innovation im engeren Sinne“) oder als Prozeß („Innovation im weiteren Sinne“) betrachten. Abbildung 5.2 stellt anhand der Phasen des Innovationsprozesses die Beziehung der beiden Begriffe dar. Der Prozeß umfaßt damit die Phasen

---

<sup>226</sup>Vgl. Kaplaner, 1987, S. 8 f.

<sup>227</sup>In Anlehnung an Brockhoff, 1992, S. 10.

Abbildung 5.2: Der Innovationsprozeß<sup>227</sup>

der Produktinnovation von der Entstehung bis hin zur Marktdurchdringung und Imitation durch Nachahmer.

Ebenso hängen Produktinnovationen unmittelbar mit der Produktpolitik der Anbieter zusammen. Abbildung 5.3 verdeutlicht die produktpolitischen Alternativen der Anbieter und liefert eine Einordnung des Begriffs der Produktinnovation. Neben den produktpolitischen Gestaltungsmaßnahmen der Produktelimination und der Produktpflege definieren im wesentlichen folgende Maßnahmen die Produktinnovation im weiteren Sinne:<sup>228</sup>

- Die Produktmodifikation,
- die Produktdifferenzierung,
- die Produktdiversifikation.

Die Produktmodifikation umfaßt überwiegend die Verbesserung der Produktqualität, indem ein bereits existierendes Produkt an Kundenwünsche angepaßt wird. Die

<sup>228</sup>Vgl. Koppelman, 1993, S. 415 ff.; Nieschlag, Dichtl & Hörschgen, 1985, S. 201 ff.

<sup>229</sup>In Anlehnung an Schubert, 1991, S. 16.

Strategische Entscheidungen der Produktpolitik					
Produktpflege	Produkt-modifikation	Produktdifferenzierung		Produkt-diversifikation	Produkt-elimination
		Sorteninnovation	Markeninnovation		
	Produktvariation		Produktinnovation i.e.S.		
	Produktinnovation i.w.S. = Produktgestaltung				

Abbildung 5.3: Produktpolitische Alternativen<sup>229</sup>

Produktdifferenzierung trägt insbesondere der Heterogenität der Kundenwünsche Rechnung, indem neue Varianten bereits bestehender Produkte geschaffen werden. Die Produktdiversifikation stellt die umfassendste Form der Produktinnovation dar. Sie zielt durch die Kreation gänzlich neuer Produkte auf die Erschließung neuer Märkte.

Die drei aufgeführten Abstufungen von Produktinnovationen beschreiben damit die Abweichung des neuartigen Produkts von bislang verfügbaren Produkten.

Sowohl die Betrachtung von Produktinnovationen als Prozeß wie auch die Unterscheidung nach unterschiedlichen produktpolitischen Maßnahmen liefert die Basis für eine dem Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit entsprechende Abgrenzung des Innovationsbegriffs.

### 5.1.2 Eingrenzung des Innovationsbegriffs

Die erste Eingrenzung ist bereits mit der Fokussierung auf Produktinnovationen vorgenommen worden. Betrachtet man diese aus der Prozeßperspektive,<sup>230</sup> so resultiert aus der Fragestellung dieser Arbeit, daß hinsichtlich der weiteren Betrachtung von Produktinnovationen lediglich die Phasen der Markteinführung sowie der Marktdurchsetzung relevant sind. Aus dieser Einschränkung resultiert hinsichtlich der weiteren Betrachtung die Fokussierung auf Ansätze zur Erklärung der Nachfrage nach Innovationen insbeson-

<sup>230</sup>Vgl. hierzu die in Abbildung 5.2 dargestellten Phasen des Innovationsprozesses.

dere in diesen beiden Phasen. Ist die dritte Phase – die Nachahmung durch Wettbewerber – erreicht, so kann man die Innovation als etabliert betrachten, so daß das entsprechende Produkt im „gewöhnlichen“ Wettbewerb steht, was Gegenstand der zuvor erörterten Ansätze ist. Insofern wird deutlich, daß es sich bei dem Innovationsprozeß um einen zeitlich begrenzten Prozeß handelt.

Die Abgrenzung des Innovationsbegriffs nach den produktpolitischen Gestaltungsmaßnahmen erfordert die Definition dessen, was im Kontext dieser Arbeit als Innovation zu betrachten ist bzw. welche Güter als herkömmliche Güter gelten.

Bezogen auf eine räumliche Darstellung der Produkte, lassen sich die aufgeführten produktpolitischen Maßnahmen der Modifikation, der Differenzierung und der Diversifikation<sup>231</sup> mit der Distanz zwischen dem Eigenschaftsbündel der Produktinnovation zu bisher verfügbaren Produkten assoziieren. Eine scharfe Abgrenzung der einzelnen produktpolitischen Maßnahmen ist dabei jedoch nicht möglich.

So ist die Produktmodifikation als Verbesserung der Produktqualität durch ein herkömmliches Nachfragemodell zu beschreiben, zumal sie durch die Nachfrager unter Umständen nicht als Innovation wahrgenommen wird.

Dagegen unterscheidet sich eine Produktdiversifikation, die auf die Erschließung neuer Märkte abzielt, in vielen ihrer Eigenschaften von bisher bekannten Produkten, was mit Hinblick auf die Fragestellung dieser Arbeit jedoch nicht zutrifft.

Daher sind Produktinnovationen, wie sie im Kontext dieser Arbeit aufgefaßt werden, am ehesten mit der produktpolitischen Gestaltungsmaßnahme der Produktdifferenzierung<sup>232</sup> in Verbindung zu bringen. Hierbei wird das Produkt so verändert, daß es durchaus einen neuartigen Charakter bekommt, jedoch weiterhin als zu einer bestimmten Produktkategorie – in diesem Fall der Kategorie Automobil – zugehörig wahrgenommen wird.

Wie sich aus dieser Erörterung ableiten läßt, weisen Produktinnovationen im Kontext etablierter Produkte neben der oben erwähnten zeitlichen Beschränkung auch eine

---

<sup>231</sup> Vgl. Abbildung 5.3.

<sup>232</sup> Der hier verwendete Begriff der Produktdifferenzierung ist nicht mit dem in Abschnitt 3.5 verwendeten Begriff gleichzusetzen, wo dieser allgemein auf die Heterogenität der angebotenen Produkte abzielt.

„räumliche“ Beschränkung auf. Daraus leitet sich die Fragestellung ab, bis zu welchem Grad der Produktdifferenzierung sich die Nachfrage nach innovativen Produkten durch ein konventionelles Nachfragemodell erklären läßt bzw. welche bereits existierenden Produkte durch eine Produktinnovation beeinflusst werden. Die Beantwortung dieser Frage kann jedoch nur im Kontext der jeweiligen Eigenschaften eines innovationsspezifischen Nachfragemodells erfolgen.

## 5.2 Ansätze zur Prognose von Produktinnovationen

Im vorherigen Abschnitt ist die Phase der Markteinführung sowie der Marktdurchdringung von Innovationen als relevant im Sinne dieser Arbeit identifiziert worden. Insbesondere in der Marketingforschung wird der Untersuchung und Entwicklung von Methoden zur Prognose der Nachfrage nach neuartigen Produkten bzw. Innovationen ein hoher Stellenwert beigemessen. In diesem Abschnitt wird ein Überblick über verschiedene Ansätze zur Prognose neuartiger Produkte dargestellt, um die Selektion eines geeigneten Ansatzes vorzunehmen. Darüber hinaus ist zu beachten, daß die Innovation im Kontext des Wettbewerbs betrachtet wird und daher die entsprechende formale Beschreibung eine wesentliche Anforderung darstellt.

In Anlehnung an Wind lassen sich Modelle zur Prognose von Innovationen nach Modellzweck, Art der betrachteten Produkte, Einheit und Aggregationsniveau der Prognose, Modellformat, den benötigten Daten, den abhängigen sowie den unabhängigen Variablen unterscheiden.<sup>233</sup> Die meisten der entsprechenden Kriterien lassen sich unmittelbar aus dem Kontext der jeweiligen Untersuchung ableiten. Es sei hier jedoch angemerkt, daß dieser Klassifikation folgend hinsichtlich des Modellformats insbesondere zwischen Diffusionsmodellen und verhaltenstheoretischen Modellen und ferner zwischen deterministischen und stochastischen Ansätzen unterschieden wird. Auch die durch das Modell erklärte Variable kann im Zusammenhang mit der Untersuchung von Innovationen stark variieren, so läßt sich hier zwischen absatzorientierten Größen, bei-

---

<sup>233</sup>Vgl. Wind, 1981, S. 4 ff.

spielsweise Marktanteile, Absatzvolumina, Wahl einer Marke oder konsumentenspezifische Kaufhäufigkeit, und andererseits nicht-absatzbezogenen Größen, beispielsweise Produktkenntnis, Kaufabsicht, Erprobung („Trial“) oder Kaufwiederholung unterscheiden.

Der Freiheitsgrad hinsichtlich der Auswahl entsprechender Ansätze wird wesentlich von der Art der verfügbaren Daten, welche die abhängigen sowie die unabhängigen Variablen enthalten, beeinflusst.

Mittels der aufgeführten Kriterien lassen sich Prognoseansätze generell klassifizieren. Aufgrund der Vielzahl existierender Ansätze ist diese Vorgehensweise im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, so daß die folgende Kategorisierung von Prognosemodellen für Innovationen vorgenommen wird:<sup>234</sup>

- Subjektiv beeinflusste Modelle,
- analogie-basierte Modelle,
- konsumenten-basierte Modelle.

Die auf subjektiven Einschätzungen beruhenden Verfahren<sup>235</sup> erscheinen vor dem Hintergrund der hier verfügbaren Daten nicht geeignet, zumal das hier zu spezifizierende Modell das Ziel verfolgt, Planungen zu objektivieren.

Analogie-basierten Modellen<sup>236</sup> liegt die Annahme zugrunde, daß sich eine Innovation bzw. ein neuartiges Produkt möglicherweise mit einem ähnlichen, bereits am Markt existierenden Produkt vergleichen läßt. Dieses erfordert eine gesonderte Betrachtung der Innovation und die Identifikation ähnlicher Produkte im Einzelfall. Damit ist die Generalisierungsfähigkeit dieses Ansatzes stark beeinträchtigt.

---

<sup>234</sup>Vgl. Wind, 1981, S. 18.

<sup>235</sup>Auf subjektiven Urteilen basierende Verfahren umfassen beispielsweise die Delphi-Methode (vgl. Linstone & Turoff, 1975), den Analytischen Hierarchie Prozeß (AHP) (vgl. Saaty, 1977; Wind & Saaty, 1980), entscheidungstheoretische Ansätze (vgl. Pengilly & Moss, 1920), subjektive bedingte Prognosen oder Top-Down-Verfahren (auch als Chain-Ratio-Methoden bezeichnet, vgl. zu subjektiven Prognosen und der Chain-Ratio Methode Wind, 1981, S. 21).

<sup>236</sup>Vgl. für Beispiele zur Anwendung analogie-basierter Modelle Wind, 1981, S. 22 f.

Die dritte der oben erwähnten Kategorien umfaßt die Gruppe der konsumentenorientierten Modelle für die Prognose von Innovationen. Eine nähere Unterscheidung dieser Modelle läßt sich bezüglich des Charakters der abhängigen Variable sowie der Art der verfügbaren Daten vornehmen.

Hinsichtlich der Prognose von Erstkäufen dient die Conjoint-Analyse<sup>237</sup> als Instrument der Konzeptbewertung. Diese Methode dient dazu, auf der Basis von Einzelbefragungen potentieller Konsumenten aus den geäußerten Präferenzen für zuvor definierte Produkte bzw. Produkteigenschaften auf ganzheitliche Präferenzurteile zu schließen. Das Erkenntnisziel besteht dabei in der Ermittlung günstiger bzw. allgemein präferierter Merkmalsausprägungen.

Zur Prognose des Neuproduktabsatzes finden Diffusionsmodelle<sup>238</sup> breite Anwendung. Sie basieren auf tatsächlichen Absatzzahlen, die entweder Testmärkten oder dem tatsächlichen Absatzmarkt entstammen. Die Prognosegröße ist dabei beispielsweise durch die Anzahl der Erstkäufe eines Produkts, den Marktanteil der Innovation oder auch durch wahrnehmungsbezogene Größen gegeben.<sup>239</sup> Diffusionsmodellen liegt die grundsätzliche Annahme zugrunde, daß die Adoption von Innovationen durch die Konsumenten einem zeitlichen Prozeß unterliegt, der explizit modelliert wird.

Daneben entstammen weitere Verfahren zur Prognose neuartiger Produkte dem Bereich der Ökonometrie. Als Beispiel ist hier das Modell von Ayer zu nennen,<sup>240</sup> das die Anzahl der Erstkäufe durch eine Regression erklärt, die als unabhängige Variablen unter anderem Werbeaufwand, Distribution, Verpackung, Kundenanreize und Kundenzufriedenheit berücksichtigt.

Weitere Ansätze speziellerer Natur prognostizieren unter Berücksichtigung langfristiger Prognosehorizonte die Anzahl von Wiederholungskäufen sowie die Marktanteile neuartiger Produkte.<sup>241</sup> Fourt & Woodlock entwickelten einen auf Paneldaten basierenden Ansatz, der den Anteil der Erst- bzw. Erprobungskäufer prognostiziert, die einen

<sup>237</sup>Vgl. zur Conjoint-Analyse Gutsche, 1995, S. 77 ff.; Schubert, 1991; Green & Srinivasan, 1978.

<sup>238</sup>Vgl. Mahajan & Peterson, 1985; Mahajan & Wind, 1986; Mahajan, Muller & Bass, 1993, S. 349 ff.

<sup>239</sup>Zu einer Übersicht von Modellen zur Prognose von Neuprodukten siehe auch Hardie et al., 1998.

<sup>240</sup>Vgl. Claycamp & Liddy, 1969, S. 414 ff.

<sup>241</sup>Vgl. für eine umfassende Übersicht Wind, 1981, S. 31 ff.

ersten (bzw. zweiten, dritten, usw.) Wiederholungskauf tätigen.<sup>242</sup> Der Ansatz von Parfitt & Collins zielt auf die langfristige Prognose des Marktanteils häufig konsumierter Innovationen ab.<sup>243</sup> Hier wird der Marktanteil als Funktion der Erprobungs-Rate, der Wiederholungskauf-Rate sowie der Treuerate<sup>244</sup> dargestellt.

Wie schon aus diesem kompakten Überblick erkennbar ist, existiert ein breites Spektrum an Ansätzen zur Prognose neuartiger Güter. Aufgrund der Kontextfaktoren dieser Arbeit lassen sich jedoch einige Ansätze ausschließen. So sind Automobile nicht als häufig konsumierte Güter zu betrachten, so daß eine explizite Modellierung von Wiederholungskäufen nicht erforderlich ist. Ebenso lassen sich einige Ansätze aufgrund der hier betrachteten Datenbasis ausschließen, so sind im Rahmen dieser Arbeit weder konsumentenspezifische Daten noch Paneldaten verfügbar.

Vor dem Hintergrund des Untersuchungsgegenstandes dieser Arbeit erscheint der Ansatz zur Erklärung der Diffusion von Innovationen geeignet, um die Marktdurchdringung neuartiger Produkte als zeitlich begrenztem Prozeß zu erklären. Weitere Gründe für die Betrachtung dieser Modellkategorie liegen in der expliziten Verwendung von Absatzdaten sowie der durch zahlreiche Modifikationen und Erweiterungen dokumentierte Flexibilität dieses Ansatzes, die insbesondere dahingehend zu analysieren ist, inwieweit sich Innovationen im Kontext konkurrierender Produkte darstellen lassen.

### 5.3 Diffusion von Innovationen

Die Darstellung der Marktdurchdringung von Innovationen durch Diffusionsmodelle<sup>245</sup> wurde in den sechziger Jahren entwickelt und entstammt ursprünglich dem Bereich der Kommunikationswissenschaften. Unterstellt wird dabei ein Prozeß, infolge dessen die Innovation den Konsumenten mittels verschiedener Kanäle im Laufe der Zeit kommu-

<sup>242</sup>Vgl. Fourt & Woodlock, 1960.

<sup>243</sup>Vgl. Parfitt & Collins, 1968.

<sup>244</sup>Die Erprobungs-Rate bzw. die Wiederholungskauf-Rate werden im Sinne eines prozentualen Anteils aller Käufer verstanden, die das Produkt erproben bzw. wiederholt kaufen. Die Treuerate erfaßt durch eine markenbezogene Gewichtung die Affinität der Konsumenten zu der jeweiligen Marke.

<sup>245</sup>Vgl. für eine umfassende Übersicht über Diffusionsmodelle und deren Anwendung auf marketingbezogene Problemstellungen Mahajan, Muller & Bass, 1993 sowie Mahajan & Peterson, 1985.

niziert wird,<sup>246</sup> wodurch diese sich veranlaßt sehen, die Innovationen zu übernehmen bzw. zu adoptieren.<sup>247</sup> Im folgenden werden die Konsumenten einer Innovation auch als „Übernehmer“ oder als „Adoptoren“ bezeichnet. Diffusionsmodelle teilen die Eigenschaft, daß die Anzahl der kumulierten Adoptionen über die Zeit hinweg betrachtet einen S-förmigen Verlauf annimmt. Dem Diffusionsprozeß lassen sich vier Kernelemente zuordnen:

- Die Innovation,
- die Kanäle der Kommunikation,
- die Zeit,
- das soziale System.

Die ursprüngliche Anwendung von Diffusionsmodellen bezog sich auf die Untersuchung der Kommunikationskanäle, mittels derer Informationen über die Innovation in das soziale System gelangen. Mit der Übertragung von Diffusionsmodellen auf marketing- und absatzbezogene Fragestellungen wurden zunehmend Modelle zur Analyse des Konsumentenverhaltens insbesondere hinsichtlich der Gestaltung von Neuprodukteinführungen entwickelt.<sup>248</sup>

Zur näheren Erörterung der Diffusionsmodelle wird im folgenden Abschnitt zunächst das fundamentale Diffusionsmodell mit den ihm zugrunde liegenden Annahmen und Eigenschaften dargestellt. Erweiterungen dieses Modells mit Bezug zu den Eigenschaften der in dieser Arbeit behandelten Automobilmärkte werden in den folgenden Abschnitten diskutiert.

---

<sup>246</sup>Vgl. Rogers, 1983, S. 5.

<sup>247</sup>Vgl. zur mathematischen Modellierung des innovationsbezogenen Nachfrageverhaltens Midgley, 1993.

<sup>248</sup>Vgl. für Anwendungen von Diffusionsmodellen beispielsweise Dodds, 1973; Kalish & Lilien, 1986; Mahajan, Muller & Bass, 1993.

### 5.3.1 Grundform des Diffusionsmodells

Das Diffusionsmodell in seiner allgemeinen Form läßt sich durch folgende Differentialgleichung beschreiben:<sup>249</sup>

$$\frac{dF(t)}{dt} = g(t)[\bar{F} - F(t)], \text{ mit } F(t = t_0) = F_0. \quad (5.1)$$

Dabei gelten die folgenden Bezeichnungen:

$f(t)$	:	die nichtkumulierte Anzahl der Adoptoren im Zeitpunkt $t$ ,
$F(t) = \int_0^t f(t)dt$	:	die kumulierte Anzahl der Adoptoren bis zum Zeitpunkt $t$ ,
$\bar{F}$	:	das gesamte Potential der Adoptoren,
$\frac{dF(t)}{dt}$	:	Diffusionsrate zum Zeitpunkt $t$ ,
$g(t)$	:	Diffusionskoeffizient zum Zeitpunkt $t$ ,
$F_0$	:	kumulierte Anzahl von Adoptoren zum Zeitpunkt $t_0$ .

Aus (5.1) wird deutlich, daß die Diffusionsrate zu jedem Zeitpunkt proportional zu der Differenz zwischen der augenblicklichen Anzahl der Adoptoren  $F(t)$  und dem Gesamtpotential an Adoptoren  $\bar{F}$  ist. Der Diffusionsprozeß konvergiert gegen dieses Potential, woraus folgt, daß die Diffusionsrate mit der Zeit abnimmt.

Der Diffusionsprozeß wird in wesentlicher Weise durch die Spezifikation des Diffusionskoeffizienten  $g(t)$  beeinflußt. Dieser wiederum hängt von den Kontextfaktoren des betrachteten Prozesses ab, so beispielsweise von der Art der Innovation, den betrachteten Kommunikationskanälen sowie den Attributen des sozialen Systems. Der Diffusionskoeffizient  $g(t)$  wird zumeist als Funktion der kumulierten Anzahl bisheriger Adoptoren  $F(t)$  spezifiziert,<sup>250</sup> so daß  $g(t)$  allgemein wie folgt definiert ist:

$$g(t) = a + bF(t) + cF(t)^2 + \dots \quad (5.2)$$

Um durch eine niedrige Anzahl an Parametern die Berechenbarkeit des Modells zu gewährleisten, kommen in der Literatur hauptsächlich wie folgt spezifizierte Diffusi-

<sup>249</sup>Vgl. Mahajan & Peterson, 1985, S. 13.

<sup>250</sup>Alternativ läßt sich der Diffusionskoeffizient  $g(t)$  auch als Funktion der Zeit spezifizieren.

onskoeffizienten zur Anwendung:

$$\begin{aligned} g(t) &= a \quad , \\ g(t) &= bF(t) \quad , \\ g(t) &= (a + bF(t)) \quad . \end{aligned}$$

Dabei sind durch  $a$  und  $b$  Modellparameter bezeichnet. Anhand der Spezifikationen von  $g(t)$  wird im folgenden exemplarisch verdeutlicht, wie der Diffusionskoeffizient von den Annahmen über den jeweiligen Prozeß abhängt und somit die Charakteristik des resultierenden Diffusionsprozesses beeinflusst.

Mit  $g(t) = a$  ist das resultierende Diffusionsmodell folgendermaßen definiert:

$$\frac{dF(t)}{dt} = a[\bar{F} - F(t)] \quad . \quad (5.3)$$

Dieses Modell wird auch als externes Diffusionsmodell bezeichnet, wobei der Parameter  $a$  als „externer Diffusionskoeffizient“<sup>251</sup> bezeichnet wird.

Demgegenüber steht das interne Diffusionsmodell, welches sich mit  $g(t) = bF(t)$  wie folgt schreiben läßt:

$$\frac{dF(t)}{dt} = bF(t)[\bar{F} - F(t)] \quad . \quad (5.4)$$

Der Parameter  $b$  wird als „interner Diffusionskoeffizient“<sup>252</sup> bezeichnet.

Dieser Unterscheidung in zwei verschiedene Modelle liegt die Annahme zugrunde, daß zwei verschiedene Gruppen von Adoptoren existieren, deren Adoptionsverhalten jeweils durch eines der in (5.3) bzw. (5.4) dargestellten Modelle erklärt wird:

- Die Innovatoren (gelenkt durch externe Einflüsse, z.B durch Massenmedien),
- die Imitatoren (gelenkt durch interne Einflüsse, z.B. durch interpersonale Kommunikation, Meinungsführer).

Die in (5.3) und (5.4) dargestellten Modelle sind in ihrer jeweiligen Form auf entsprechende Problemstellungen angewendet worden. Gerade in Bezug auf einen sehr heterogenen Markt wie den Automobilmarkt erscheint die Annahme sinnvoll, daß sowohl

<sup>251</sup>Der Parameter  $a$  wird auch als „Koeffizient der Innovation“ bezeichnet.

<sup>252</sup>Dem Parameter  $b$  wird die Bezeichnung als „Koeffizient der Imitation“ zugeordnet.

Innovatoren als auch Imitatoren im Zuge der Diffusion einer Innovation zu berücksichtigen sind, so daß die zeitliche Marktdurchdringung der Innovation als Überlagerung der in (5.3) und (5.4) dargestellten Diffusionsprozesse zu betrachten ist. Entsprechend gilt für den Diffusionskoeffizienten  $g(t)$ :

$$g(t) = (a + bF(t))[\bar{F} - F(t)] \quad . \quad (5.5)$$

Mit (5.5) läßt sich das gemischte Diffusionsmodell wie folgt darstellen:

$$\frac{dF(t)}{dt} = (a + bF(t))[\bar{F} - F(t)] \quad . \quad (5.6)$$

Die Integration von (5.6) über den Bereich von  $t = 0$  bis  $t$  führt zu der folgenden Verteilung kumulierter Adaptionen:

$$F(t) = \frac{\bar{F} - \frac{a(\bar{F}-F_0)}{(a+bF_0)} \exp[-(a+b\bar{F})(t-t_0)]}{1 + \frac{b(\bar{F}-F_0)}{(a+bF_0)} \exp[-(a+b\bar{F})(t-t_0)]} \quad , \text{ mit } F(t=t_0) = F_0 \quad . \quad (5.7)$$

Mit einer der ersten Anwendungen dieses Modells auf ökonomische Fragestellungen löste Bass<sup>253</sup> die zunehmende Verbreitung der Diffusionsmodelle im Marketing aus, die in zahlreichen Anwendungen und Modellerweiterungen resultierte.<sup>254</sup> Neben den empirischen Anwendungen des Modells wurden darüber hinaus auch die Modelleigenschaften als solche und insbesondere der Einfluß der Modellparameter  $a$  und  $b$  untersucht.

Die dem hier dargestellten fundamentalen Diffusionsmodell zugrunde liegenden Annahmen sind sowohl hinsichtlich der Anwendung des Modells wie auch der Interpretation der Ergebnisse zu beachten. Im wesentlichen handelt es sich dabei um vereinfachende Annahmen, welche die Herbeiführung analytischer Lösungen des Modells ermöglichen, und die im folgenden erörtert werden:<sup>255</sup>

**Binärer Prozeß:** Den Konsumenten wird unterstellt, daß sie entweder die Innovation übernehmen oder nicht. Der Prozeß der Adoption ist daher eher diskreter als kontinuierlicher Natur. Eine Unterteilung des Diffusionsprozesses in unterschiedliche Phasen (z.B. Wahrnehmung, Informationsgewinn, etc.) wird nicht vorgenommen.

<sup>253</sup>Vgl. Bass, 1969.

<sup>254</sup>Vgl. für eine übersichtliche Darstellung exemplarischer Anwendungen Mahajan, Muller & Bass, 1993, S. 370 f.

<sup>255</sup>Vgl. Mahajan & Peterson, 1985, S. 24 f.

**Konstantes Potential  $\bar{F}$ :** Es wird angenommen, daß das Potential der möglichen Adoptoren eindeutig und über die Zeit konstant ist.

**Eine Einheit je Adoption:** Annahmegemäß wird genau eine Einheit der Innovation je übernehmender Einheit (beispielsweise ein Konsument) übernommen. Wiederholte Käufe genauso wie die Käufe mehrerer Einheiten werden nicht modelliert.

**Statischer interner Einfluß:** Das interne sowie das gemischte Diffusionsmodell unterstellt die Homogenität der Mitglieder des sozialen Systems bzw. der Adoptoren. Formal findet diese Annahme ihren Ausdruck darin, daß der interne Diffusionskoeffizient unabhängig von der Zeit ist. Daraus folgt, daß die Adoptoren zu Beginn des Prozesses in gleicher Weise mit den (restlichen) potentiellen Adoptoren kommunizieren wie zu jedem anderen Zeitpunkt während des Prozesses.

**Statische Innovation:** Implizit geht aus dem Modell weiterhin die Annahme hervor, daß die Innovation als solche während des Prozesses unverändert bleibt bzw. in gleicher Weise wahrgenommen wird und darüber hinaus unabhängig von anderen möglichen Innovationen ist.

**Fehlende räumliche Dimension:** Das fundamentale Diffusionsmodell bezieht die Innovation auf ein begrenztes und fest definiertes geographisches Sozialsystem oder Gebiet. Die räumliche Dimension, die sich beispielsweise in der geographischen Ausbreitung der Innovation widerspiegelt, wird nicht modelliert.

Infolge der Restriktivität dieser Annahmen und des daraus resultierenden mangelnden Realitätsbezugs entstanden zahlreiche Erweiterungen und Modifikationen des fundamentalen Diffusionsmodells.<sup>256</sup> Hinsichtlich der Nachfrage nach Automobilen sind vor allem die Annahmen des konstanten Adoptorenpotentials, der Unabhängigkeit von übrigen Produkten bzw. Innovationen sowie die fehlende räumliche Dimension kritisch zu hinterfragen. Eine Auswahl von Modellerweiterungen mit Relevanz für diese Arbeit wird daher im folgenden dargestellt.

<sup>256</sup>Vgl. für übersichtliche Darstellungen von Erweiterungen des Diffusionsmodells Gatignon et al., 1985; Gatignon & Robertson, 1986.

### 5.3.2 Dynamische Diffusionsmodelle

Die Annahme, daß das Gesamtpotential  $\bar{F}$  an Adoptoren bereits zum Zeitpunkt  $t_0$  der Innovationseinführung bekannt ist und über die gesamte Lebensdauer des Produktes konstant bleibt, läßt sich mit der Realität kaum vereinbaren. Vielmehr ist zu erwarten, daß die Population der Adoptoren mit der Zeit variiert.<sup>257</sup>

Dieses Defizit wird durch das dynamische Diffusionsmodell eliminiert, welches ein zeitlich variables Adoptorenpotential zuläßt:

$$\bar{F}(t) = h(\mathbf{W}(t)) \quad , \quad (5.8)$$

wobei der Vektor  $\mathbf{W}(t)$  sowohl endogene als auch exogene Einflußgrößen enthält, welche das Adoptorenpotential  $\bar{F}(t)$  beeinflussen. Durch Substitution von  $\bar{F}(t)$  durch  $h(\mathbf{W}(t))$  in (5.6) ergibt sich das gemischte dynamische Diffusionsmodell:

$$\frac{dF(t)}{dt} = (a + bF(t))[h(\mathbf{W}(t)) - F(t)] \quad . \quad (5.9)$$

Die Lösung von (5.9) erhält man durch Integration über  $t$ :

$$F(t) = -\frac{a}{b} + \frac{\exp[a(t - t_0) + b\phi(t)]}{\left(\frac{b}{a+bN_0}\right) + b \int_{t_0}^t \exp[a(x - t_0) + b\phi(x)]dx} \quad , \quad (5.10)$$

wobei gilt:

$$F(t = t_0) = F_0 \quad \text{und} \quad \phi(t) = \int_{t_0}^t h(\mathbf{W}(t))dt \quad .$$

Die Wahl der beeinflussenden Variablen in  $\mathbf{W}(t)$  hängt dabei von der betrachteten Innovation und dem Anwendungskontext ab. Hier lassen sich beispielsweise sozioökonomische Einflüsse und gesetzgeberische Aktivitäten sowie unternehmensbezogene Größen wie Werbeaufwendungen berücksichtigen.<sup>258</sup> Im Rahmen dieser Arbeit ist insbesondere die Fragestellung interessant, ob und inwieweit das Adoptionspotential von weiteren verfügbaren Produkten abhängt, da sich hierdurch die Wettbewerbsstruktur berücksichtigen ließe.

<sup>257</sup>In der Praxis wird im Zusammenhang mit der Einführung von Innovationen oftmals die ständige Vergrößerung des Adoptorenpotentials unterstellt bzw. angestrebt. Vgl. hierzu Mahajan & Peterson, 1985, S. 36.

<sup>258</sup>Vgl. Mahajan & Peterson, 1978; Mahajan & Peterson, 1982; Oren & Schwartz, 1988.

### 5.3.3 Diffusionsmodelle für mehrere Innovationen

Die Konzipierung des Multi-Innovations-Diffusionsmodells basiert auf der Annahme, daß Innovationen in bestimmten Zusammenhängen nicht isoliert zu behandeln sind. So können die Beziehungen von Innovationen unabhängig, komplementär oder substituierbar sein.<sup>259</sup> Relevant im Sinne dieser Arbeit ist vor allem die Modellierung einer substitutiven Beziehung zwischen den untersuchten Produkten. Betrachtet man exemplarisch zwei Innovationen 1 und 2, so lassen sich deren voneinander abhängige Diffusionsraten wie folgt beschreiben:

$$\frac{dF_1(t)}{dt} = (a_1 + b_1F_1(t) - c_1F_2(t))[\bar{F}_1 - F_1(t)] \quad , \quad (5.11)$$

und

$$\frac{dF_2(t)}{dt} = (a_2 + b_2F_2(t) - c_2F_1(t))[\bar{F}_2 - F_2(t)] \quad . \quad (5.12)$$

Die Parameter  $c_1$  und  $c_2$  beziehen sich auf die unterstellten Substitutionseffekte zwischen den beiden Innovationen, während  $a_1, a_2$  bzw.  $b_1, b_2$  die internen bzw. externen Diffusionskoeffizienten im Sinne des fundamentalen Diffusionsmodells bezeichnen. Gleichung (5.11) läßt sich ebenfalls schreiben als:

$$\frac{dF_1(t)}{dt} = a_1[\bar{F} - F_1(t)] + b_1F_1(t)[\bar{F}_1 - F_1(t)] - c_1F_2(t)[\bar{F}_1 - F_1(t)] \quad , \quad (5.13)$$

wodurch die Abhängigkeit der Innovation 1 von Innovation 2 zum Ausdruck kommt.

Das durch (5.13) beschriebene Diffusionsmodell wurde beispielsweise zur Untersuchung von Substitutionseffekten ähnlicher Güter verwendet, die aus der Einführung von Innovationen resultieren.<sup>260</sup> Weitere Untersuchungen beziehen sich auf Interdependenzen zwischen Innovationen, die von verschiedenen Firmen angeboten werden und im Wettbewerb stehen.<sup>261</sup>

Bezogen auf die Erklärung der Automobilnachfrage mit einer relativ großen Anzahl an Produkten führt dieser Ansatz jedoch zu einer hohen Anzahl an Parametern, die

<sup>259</sup>Vgl. Peterson & Mahajan, 1978.

<sup>260</sup>Vgl. für eine Untersuchung der Substitutionsbeziehungen zwischen Farbfernsehgeräten und Schwarzweiß-Geräten Peterson & Mahajan, 1978.

<sup>261</sup>Vgl. Dolan, Jeuland & Muller, 1986.

den komplexen Substitutionsbeziehungen entsprechend festzulegen bzw. aus Daten zu schätzen sind, sofern diese beobachtbar sind. Darüber hinaus ist fraglich, ob die Adoptionspotentiale der einzelnen Produkte separat voneinander zu betrachten sind.

### 5.3.4 Räumliche Diffusionsmodelle

Innovationen erfahren nicht nur eine zeitliche, sondern unter Umständen auch eine räumliche Verbreitung. Das fundamentale Diffusionsmodell stellt den Diffusionsprozeß ausschließlich als Funktion der Zeit dar. Daneben existieren Ansätze zur Betrachtung der räumlichen Komponente der Diffusion, die gedanklich auf der Vorstellung hierarchischer Diffusionseffekte<sup>262</sup> oder von Nachbarschaftseffekten<sup>263</sup> basieren.

Mahajan & Peterson integrieren die räumliche Diffusionskomponente zur Berücksichtigung der erwähnten Nachbarschaftseffekte in das gemischte Diffusionsmodell,<sup>264</sup> wodurch die Diffusion gleichermaßen als räumlicher und zeitlicher Prozeß betrachtet wird.

Mit der Annahme, daß die Innovation erstmals in der räumlichen Position  $x = 0$  auftritt und sich von dort in einer Dimension  $x$  ausbreitet, läßt sich das räumliche Diffusionsmodell folgendermaßen definieren:

$$F = f(x, t) \quad , \quad (5.14)$$

oder

$$\frac{dF(x, t)}{dt} = (a(x) + b(x)F(x, t))[\bar{F}(x) - F(x, t)] \quad , \quad (5.15)$$

wobei die Diffusionskoeffizienten  $a(x)$  und  $b(x)$  von der Position bzw. der Distanz  $x$  abhängen und sich damit der Verlauf des Prozesses hinsichtlich einer räumlichen Position spezifizieren bzw. schätzen läßt.

Durch Integration von (5.15) erhält man mit Beginn des Prozesses in  $t_0$  sowie mit  $F(x, t = t_0) = F_0(x)$  die kumulierte Anzahl der Adoptoren in Punkt  $x$  zum Zeitpunkt

<sup>262</sup>Hierarchische Diffusionseffekte unterstellen, daß sich die Diffusion der Innovation von größeren (urbanen) Zentren hin zu kleineren Zentren vollzieht.

<sup>263</sup>Nachbarschaftseffekte bezeichnen eine Ausbreitung der Adoptionen vom Ort bzw. Zentrum des Erscheinens der Innovation hin zu den benachbarten Regionen.

<sup>264</sup>Vgl. Mahajan & Peterson, 1979.

$t$ :

$$F(x, t) = \frac{\bar{F}(x) - \frac{a(x)(\bar{F}(x) - F_0(x))}{a(x) + b(x)F_0(x)} \exp[-(a(x) + b(x)\bar{F}(x))(t - t_0)]}{1 + \frac{b(x)(\bar{F}(x) - F_0(x))}{a(x) + b(x)F_0(x)} \exp[-(a(x) + b(x)\bar{F}(x))(t - t_0)]} . \quad (5.16)$$

Das maximale Adoptorenpotential  $\bar{F}(x)$  läßt sich beispielsweise als Funktion der Distanz  $x$  wie folgt definieren:

$$\frac{\bar{F}(x)}{dx} = -k_2 x . \quad (5.17)$$

Nimmt man ferner an, daß im Punkt  $x = 0$  eine Obergrenze  $k_1$  der Adaptionen existiert, erhält man durch Integration von (5.17):

$$\bar{F}(x) = k_1 - k_2 \frac{x^2}{2} . \quad (5.18)$$

Wird in (5.16)  $\bar{F}(x)$  durch (5.18) substituiert, ist das räumliche Diffusionsmodell unter Verwendung der dargestellten Annahmen bezüglich des Adoptionspotentials vollständig spezifiziert.

Das räumliche Diffusionsmodell erlaubt neben der zeitlichen Dimension die Berücksichtigung weitere Ausbreitungsdimensionen. Dabei herrscht insbesondere Gestaltungsspielraum hinsichtlich der Anzahl der Dimensionen als auch bezüglich der funktionalen Spezifikation des Adoptionspotentials  $\bar{F}(x)$  als Funktion der Zeit.

Obwohl die Automobilnachfrage in dieser Untersuchung keine räumliche Komponente im geographischen Sinn aufweist, läßt sich das räumliche Diffusionsmodell auch auf einer abstrakteren Ebene verwenden, die insbesondere eine Verknüpfung mit den in den zuvor erörterten Ansätzen der Produktdifferenzierung verwendeten Produkt- und Präferenzräumen erlaubt.

### 5.3.5 Explizite Berücksichtigung von Attributen

Dem fundamentalen Diffusionsmodell liegt die Annahme zugrunde, daß die Diffusion eine Funktion der Zeit ist und strukturelle Einflüsse auf die Diffusion durch die beiden Parameter  $a$  und  $b$  determiniert werden, so daß der Einfluß expliziter exogener und endogener Variablen auf den Diffusionsprozeß nicht berücksichtigt wird. Diese formale

Restriktion läßt sich jedoch aufheben, indem die Parameter  $a$  und  $b$  sowie das Potential der Adoptoren  $\bar{F}$  als Funktion exogener bzw. endogener Variablen  $\mathbf{W}(t)$  formuliert werden:

$$\begin{aligned} a(t) &= A(\mathbf{W}(t)) \\ b(t) &= B(\mathbf{W}(t)) \\ \bar{F}(t) &= \bar{F}(\mathbf{W}(t)) \end{aligned}$$

In Abschnitt 5.3.2 ist bereits der Spezialfall  $\bar{F}(t) = \bar{F}(\mathbf{W}(t))$  dargestellt worden. Diese Darstellung führt zur einer Flexibilisierung des Diffusionsmodells und erlaubt hinsichtlich einer Anwendung die Evaluierung und Analyse spezifischer Einflüsse auf die Diffusion.

Die Vielzahl der Modellierungsansätze hier darzustellen, würde den Rahmen der Arbeit an dieser Stelle überschreiten.<sup>265</sup> Daher werden im folgenden exemplarisch einige Einflußgrößen diskutiert, die in empirischen Anwendungen explizit berücksichtigt wurden.

So wurde bezüglich des Adoptorenpotential eine Abhängigkeit von den Werbeaufwendungen,<sup>266</sup> dem Wachstum des Sozialsystems,<sup>267</sup> den Preisen<sup>268</sup> sowie von unternehmensspezifischen Kenngrößen wie Gewinn und Absatz<sup>269</sup> unterstellt.

Bezüglich des internen Koeffizienten läßt sich beispielsweise annehmen, daß er von der Profitabilität und der erforderlichen Investition einer Innovation,<sup>270</sup> dem Preis und den Werbeaufwendungen<sup>271</sup> oder dem aktuellen Durchdringungsgrad der Innovation selbst<sup>272</sup> abhängt.

Bezüglich des externen Diffusionskoeffizienten existieren Ansätze, welche einen Einfluß der Werbeaufwendungen unterstellen,<sup>273</sup> was aus der Überlegung resultiert, daß durch Werbeaktivitäten das initiale Potential an Adoptoren beeinflusst wird.

<sup>265</sup>Vgl. beispielsweise für eine Übersicht von Diffusionsmodellen zur Einbeziehung von Marketing-Mix Variablen Kalish & Sen, 1986.

<sup>266</sup>Vgl. Dodson & Muller, 1978.

<sup>267</sup>Vgl. Mahajan & Peterson, 1978; Sharif et al., 1981.

<sup>268</sup>Vgl. Chow, 1967.

<sup>269</sup>Vgl. Lackman, 1978.

<sup>270</sup>Vgl. Mansfield, 1961.

<sup>271</sup>Vgl. Robinson & Lakhani, 1975.

<sup>272</sup>Vgl. Kalish & Lilien, 1993.

<sup>273</sup>Vgl. Horsky & Simon, 1983; Lilien, Rao & Kalish, 1981.

Die unterstellten Zusammenhänge sind naturgemäß abhängig vom Kontext der Anwendung und insbesondere von den verfügbaren Daten. Während die Größe des Adoptorenpotential intuitiv leicht interpretierbar ist, könnten Schwierigkeiten auftreten, den Parametern  $a$  und  $b$  gedanklich in einen Zusammenhang zu weiteren Einflußgrößen zu unterstellen. Gleichwohl ermöglicht die Parametrisierung der Koeffizienten eine flexiblere Gestaltung des Diffusionsprozesses.

## 5.4 Zwischenfazit

Die besondere Berücksichtigung von Innovationen im Kontext der Fragestellung dieser Arbeit ist dadurch gerechtfertigt, daß diese aufgrund ihrer Neuartigkeit eine andere Wahrnehmung als herkömmliche Güter erfahren. Ebenso muß hinsichtlich der formalen Beschreibung berücksichtigt werden, daß sich das Nachfrageverhalten von Innovationen naturgemäß nicht aus historischen Daten ableiten läßt.

Um relevante Ansätze zur Modellierung der Nachfrage nach Innovationen zu identifizieren, ist zunächst der von einer starken Vielschichtigkeit geprägte Innovationsbegriff hinsichtlich der Fragestellung dieser Arbeit eingegrenzt worden, woraus die Fokussierung auf Ansätze zur Beschreibung der Markteinführungs- und -durchdringungsphase von Produktinnovationen resultiert. In diesem Zusammenhang sind die hier betrachteten Innovationen von konventionellen Automobilen dahingehend abzugrenzen, daß der Innovationsprozeß zeitlich und räumlich (im Sinne eines Produktraums) begrenzt ist.

Vor dem Hintergrund der Vielzahl von Ansätzen zur Erklärung der Nachfrage nach neuartigen Produkten weisen Modelle zur Erklärung der Diffusion von Innovationen eine hohe Eignung zur Erklärung der Nachfrage nach neuartigen Automobilen auf, da sie einerseits explizit den zeitlichen Prozeß der Marktdurchdringung erklären und darüber hinaus die Verwendung von Absatzdaten ermöglichen.

Im Rahmen dieser Arbeit ist die Betrachtung neuartiger Automobile im Umfeld bereits etablierter Produkte von Bedeutung. Unter diesem Gesichtspunkt ist die Flexibilität der Diffusionsmodelle, dokumentiert durch zahlreiche Erweiterungen und Kombinations-

nen mit weiteren Ansätzen, besonders hervorzuheben.<sup>274</sup>

Insbesondere sind in diesem Zusammenhang die Verknüpfung von Innovationsmodellen mit nutzenbasierten Nachfragekonzepten sowie die Darstellung von Markt- und Wettbewerbsstrukturen im weiteren Verlauf näher zu untersuchen.

---

<sup>274</sup>Vgl. zu Kombinationen von Diffusionsmodellen mit weiteren Ansätzen Chatterjee & Eliashberg, 1990; Roberts, 1984.

## **Teil III**

# **Spezifikation des Nachfragemodells**



# Kapitel 6

## Überlegungen zur Modellspezifikation

In diesem Kapitel werden im Vorfeld der formalen Modellspezifikation die in den vorherigen Kapiteln dargestellten Ansätze im Kontext der Untersuchung und vor dem Hintergrund der in Abschnitt 1.3 dargestellten Anforderungen an das zu spezifizierende Modell betrachtet. Das Ziel dieser ganzheitlichen Betrachtung besteht in der Ableitung von Implikationen für die Spezifikation des Nachfragemodells. Diese Vorgehensweise ist in Abbildung 6.1 schematisch dargestellt.

Im folgenden Abschnitt werden die in den vorherigen Kapiteln diskutierten Ansätze vergleichend bezüglich ihrer Eignung zur Erklärung der hier relevanten Aspekte betrachtet, bevor hierauf basierend Implikationen für das weitere Vorgehen abgeleitet werden.

### 6.1 Relevante Modellierungsaspekte

In den Kapiteln 3, 4 und 5 sind formale Ansätze zur Erklärung nachfragerrelevanter Aspekte erörtert worden. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird in diesem Abschnitt eine vergleichende Darstellung der Ansätze vorgenommen, wobei insbesondere auf folgende Aspekte Bezug genommen wird:

- Heterogenität der Konsumentenpräferenzen,
- differenzierte Produkte,

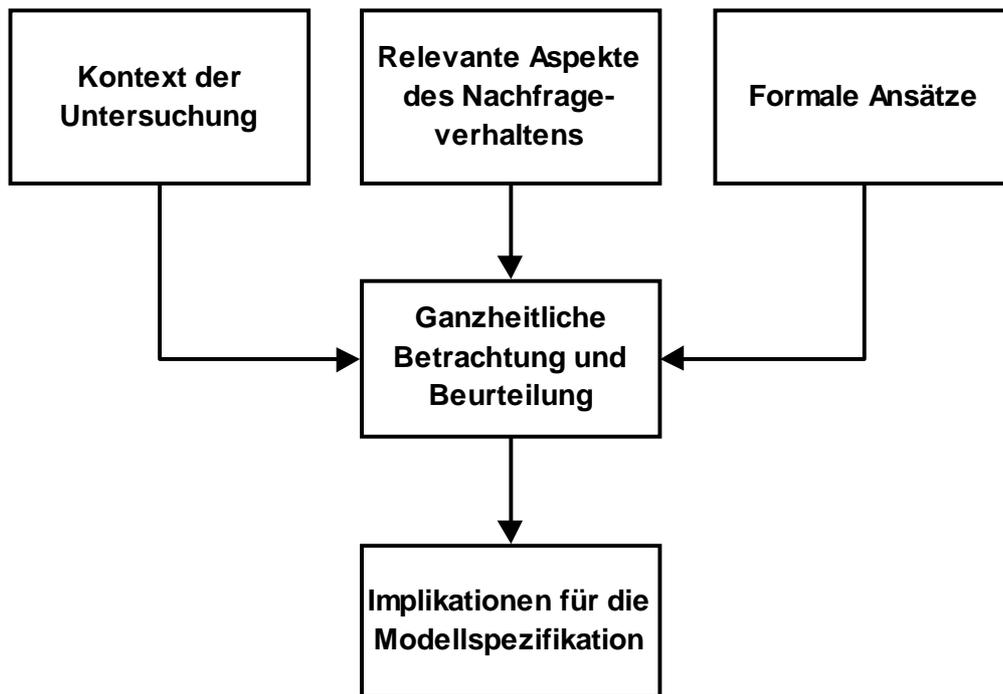


Abbildung 6.1: Ableitung der Implikationen für die Modellspezifikation

- Marktstruktur und Interdependenz der Produkte,
- zeitbedingte Einflüsse,
- neuartige Produkte,
- externe Einflüsse.

Abbildung 6.2 zeigt den Vergleich der im vorherigen Teil diskutierten Ansätze hinsichtlich ihrer Eignung zur Erklärung der oben aufgeführten Aspekte. Bezüglich der Eignungsbewertung wird dahingehend differenziert, daß einige Ansätze nur eingeschränkt oder in spezifischen Modifikationen geeignet sind, was insofern kritisch zu hinterfragen ist, als daß hierdurch oftmals die Generalisierungsfähigkeit eines Ansatzes signifikant eingeschränkt wird, beispielsweise durch die situationsspezifische Formulierung der zu erfassenden Zusammenhänge.

Neben den oben aufgeführten Aspekten der Nachfrage ist die Generalisierungsfähigkeit des Nachfragemodells von zentraler Bedeutung, da durch die strukturelle Vielfalt

	Konsumtheorie	Erweiterung durch Lancaster	Stochastische Modelle	Discrete Choice Modelle	Address Approach	Prospect-Theorie, Discounted Utility	Diffusionsmodelle
Heterogene Präferenzen			●	●	●		
Differenzierte Produkte		●	●	●	●	●	●
Marktstrukturen	●	●	●	●	●		●
Dynamische Aspekte						●	●
Produktinnovationen		●		●	●		●

 wird explizit berücksichtigt
  wird eingeschränkt berücksichtigt

Abbildung 6.2: Vergleichende Betrachtung der erörterten Ansätze

von Automobilmärkten insbesondere vor dem Hintergrund langfristiger Markt Betrachtungen hinreichend universelle Repräsentationen der Produkte, der Präferenzen sowie der Marktstrukturen erforderlich sind.

### 6.1.1 Heterogenität der Präferenzen

Während die neoklassische Konsumtheorie sowie deren Erweiterung durch Lancaster eine eindeutige deterministische Präferenzordnung der Konsumenten unterstellt, berücksichtigen die übrigen vorgestellten Modelle des Konsumentenverhaltens die Beobachtung, daß in der Realität die Präferenzen der Konsumenten inkonsistenter und heterogener Natur sind.

Verhaltenswissenschaftliche Nachfragemodelle erklären die beobachtete Inkonsistenz der individuellen Präferenzen durch eine stochastische Komponente des Nutzens oder der Entscheidungsregel. Insofern bezieht sich diese Darstellung nicht auf die Erklärung der Heterogenität der Präferenzen bezüglich einer Gesamtheit von Konsumenten.

Die Discrete Choice Theorie wendet diese teilstochastischen Ansätze auf ökonomi-

sche Sachverhalte und die Konsumententscheidungen ganzer Populationen an und trägt damit der Existenz heterogener Präferenzen Rechnung. Zudem besteht hier die Möglichkeit, konsumentenspezifische Charakteristika explizit in die Spezifikation des Nutzens einzubeziehen. Da derartige Attribute im Rahmen dieser Arbeit nicht verfügbar sind, sind unbeobachtete Geschmacksvariationen der Konsumenten ausschließlich durch eine entsprechend definierte stochastische Verteilung des Zufallsnutzens zu erfassen. Die Berücksichtigung der stochastischen Komponente wird zudem durch die Existenz von unbeobachteten Attributen und von Meßfehlern gerechtfertigt.<sup>275</sup>

Eine wesentlich explizitere Darstellung heterogener Konsumentenpräferenzen weisen die Modelle der Produktdifferenzierung auf, welche die Präferenzen der Konsumenten durch eine räumliche Verteilung der Präferenzen in Form „idealer Produkte“ repräsentieren. Insofern umgeht dieser Ansatz die Spezifikation einer der Präferenzverteilung entsprechenden stochastischen Verteilung durch die Definition eines intuitiv zu interpretierenden Produkt- und Präferenzraums. Somit wird insbesondere der Address Approach der Produktdifferenzierung der stark ausgeprägten Heterogenität der auf Automobilmärkten agierenden Konsumenten gerecht.

### 6.1.2 Differenzierte Produkte

Automobilmärkte weisen eine stark segmentierte und differenzierte Angebotsstruktur auf, deren formale Repräsentation entsprechend zu spezifizieren ist. In gewisser Weise entspricht die Differenziertheit der Produkte der Heterogenität der Präferenzen.

Im einfachsten Fall der neoklassischen Konsumtheorie unterscheiden sich die Produkte durch die Mengen, in denen sie konsumiert werden. Die hierdurch implizierte Annahme der Homogenität der Güter ist der Differenziertheit von Automobilen nicht angemessen. Die Erweiterung dieses Ansatzes durch Lancaster<sup>276</sup> basiert auf der formalen Beschreibung der Produkte anhand ihrer Eigenschaften, wodurch eine differenzierte Darstellung der Produkte ermöglicht wird. Obwohl Lancasters Ansatz die restriktiven

---

<sup>275</sup>Vgl. Abschnitt 3.4.1.

<sup>276</sup>Vgl. Abschnitt 3.2.2.

Annahmen des Konsums von Güterbündeln sowie der beliebigen Teilbarkeit der Güter nicht aufgibt, findet sein Ansatz der Produktbeschreibung breite Anwendung auch auf weiteren Gebieten.

Verhaltenswissenschaftliche Nachfragemodelle unterstellen, daß die verfügbaren Güter in diskreten Einheiten konsumiert werden und vernachlässigen die Betrachtung von Güterbündeln, was der Beschreibung des Konsums von Automobilen grundsätzlich angemessener erscheint.<sup>277</sup> So werden Produkte durch diskrete Elemente der Auswahlmenge repräsentiert und sind eindeutig durch ihre Eigenschaften beschrieben. Hier wird deutlich, daß der Ansatz von Lancaster eine universelle Form der Produktbeschreibung zuläßt, die im Kontext eines Nachfragemodells dessen Generalisierungsfähigkeit erhöht. Dieser Ansatz der Produktbeschreibung wird ebenfalls in Modellen der Discrete Choice Theorie verfolgt, die auf der expliziten Berücksichtigung der Produktattribute durch eine Nutzenfunktion basieren.<sup>278</sup>

Die Entwicklung der Modelle der Produktdifferenzierung ist motiviert durch die beobachtete Vielfalt der Produkte, deren Darstellung ein Kernelement dieser Modellkategorie darstellt. Im Fall des Address Approach sind durch die Attribute der Produkte deren Positionen („Adressen“) innerhalb eines Produktraums definiert, so daß aus der räumlichen Anordnung der Produkte eine anschauliche Darstellung der Marktstruktur resultiert, die mit der oben erwähnten Präferenzverteilung korrespondiert.

Zu den darüber hinaus erörterten Ansätzen sei erwähnt, daß die Prospect-Theorie die betrachteten Produkte anhand einer Größe differenziert, die der Produktwahrnehmung durch die Konsumenten entspricht.<sup>279</sup> Die Beschränkung auf lediglich ein differenzierendes Attribut schränkt jedoch die Beschreibung stark differenzierter Produkte ein.

Diffusionsmodelle dagegen betrachten die verschiedenen Produkte explizit, ohne jedoch auf einem Beschreibungskonzept zu beruhen, das in seiner Universalität dem Ansatz von Lancaster bzw. der räumlichen Darstellung der Address Approach Modelle gleich kommt.

---

<sup>277</sup>Vgl. Abschnitt 3.3.

<sup>278</sup>Vgl. Abschnitt 3.4.2.1.

<sup>279</sup>Vgl. Abschnitt 4.2.2.2.

### 6.1.2.1 Betrachtung der Produktpreise

Im Rahmen empirischer Untersuchungen wird den Preisen der Produkte sowohl als Marketinginstrument<sup>280</sup> als auch als nutzenstiftende Einflußgröße<sup>281</sup> eine zentrale Bedeutung beigemessen.

Insbesondere in der Literatur zur Produktdifferenzierung und Wettbewerbstheorie wird angenommen, daß die Produktpreise den ökonomischen Annahmen zufolge aus den am Markt wirkenden Mechanismen resultieren. Diese Sichtweise wird von zahlreichen Anwendungen räumlicher Modelle der Produktdifferenzierung aufgegriffen.<sup>282</sup> Steht die Betrachtung der Preisfestlegung durch die Firmen sowie deren Produktgestaltung im Zentrum der Untersuchung, so werden Preise – und konsequenterweise auch die übrigen Produktattribute – als endogene Größen betrachtet, die aus den Aktionen der am Markt agierenden Teilnehmer resultieren. Die Annahme über die Endogenität der Preise erfordert naturgemäß zur Abbildung der wirkenden Marktmechanismen die Modellierung der Angebotsseite sowie die Berücksichtigung einer Alternative außerhalb des betrachteten Marktes („outside good“), die bei allgemein steigenden Preisen stärker nachgefragt wird, so daß hierdurch der Zusammenhang des Preisniveaus und des Marktvolumens erfaßt wird. Diese Modellierung geht über die hier verfolgte Betrachtung der Nachfrageseite weit hinaus und erfordert Annahmen und Informationen bezüglich der marginalen Kosten der Hersteller, der Einkommen der Konsumenten sowie bezüglich der untersuchten Marktform.

Die grundsätzliche Schwierigkeit, diesbezüglich realistische Annahmen zu treffen, wird beispielsweise darin erkennbar, daß bei der Betrachtung des Gesamtmarktes sich die Art des Marktgleichgewichts nicht eindeutig identifizieren läßt.<sup>283</sup> Die Endogenität

<sup>280</sup>Vgl. Nieschlag, Dichtl & Hörschgen, 1985, S. 231 ff.; Koppelman, 1993, S. 368 ff.

<sup>281</sup>Der Preis wird in zahlreichen Spezifikationen von Nutzenfunktionen gesondert berücksichtigt, vgl. hierzu beispielsweise die Nutzenfunktion (3.64).

<sup>282</sup>Vgl. Feenstra & Levinsohn, 1995; Berry, Levinsohn & Pakes, 1995; Goldberg, 1995; Berry, 1994; Caplin & Nalebuff, 1991; Anderson, de Palma & Thisse, 1992, S. 143 ff.

<sup>283</sup>In ihrer Untersuchung des amerikanischen Automobilmarktes zeigen Feenstra & Levinsohn, daß die am Gesamtmarkt beobachteten Mengen und Preise nicht durch einen einzigen Gleichgewichtszustand (z.B. Cournot- oder Bertrand-Gleichgewicht) zu erklären sind, sondern daß in verschiedenen Marktsegmenten unterschiedliche Wettbewerbsformen zu beobachten sind (vgl. Feenstra & Levinsohn, 1995). Peitz zeigt

der Preise, die eine sofortige Preisanpassung durch die Anbieter vorsieht, läßt sich insofern nicht eindeutig beobachten, als daß insbesondere die am Automobilmarkt beobachteten Preise in der Regel nicht spontan auf Änderungen der Angebotsstruktur reagieren. Vielmehr greifen die Hersteller eher zu marketing- und produktpolitischen Maßnahmen, um auf Änderungen der Nachfrage zu reagieren.

Aufgrund der obigen Ausführungen werden Preise im Kontext dieser Untersuchung als exogene Größe im Sinne eines Produktattributs betrachtet, da einerseits konsumentenbezogene Daten zur Erklärung der Nachfrageseite nicht verfügbar sind und andererseits die Modellierung der Angebotsseite mit den zu treffenden Annahmen bezüglich der Anbieter sowie der Wettbewerbsform aufgrund ihrer hypothetischen Natur weit über den Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit hinausgeht.

### 6.1.3 Marktstruktur und Interdependenz der Produkte

Vor dem Hintergrund des stark segmentierten und heterogenen Automobilmarktes ist die Erklärung differenzierter Markt- und Wettbewerbsstrukturen und damit eine adäquate Modellierung der Interdependenz der Produkte und Konsumenten von zentraler Bedeutung. Im Zusammenhang mit der Darstellung von Wettbewerbsstrukturen durch die verschiedenen Nachfragemodelle ist daher die Reaktion der Nachfrage auf Änderungen der Auswahlmenge zu analysieren.

In der neoklassischen Konsumtheorie werden Substitutionen zwischen den betrachteten Gütern durch die Grenzrate der Substitution charakterisiert. Die Annahme von homogenen und beliebig teilbaren Gütern entspricht allerdings nicht der Nachfragesituation auf Automobilmärkten, die durch eine ausgeprägte Heterogenität der Produkte gekennzeichnet ist. Gleiches gilt für die Erweiterung dieser Theorie durch Lancaster.

Im Zusammenhang mit verhaltenswissenschaftlichen Nachfragemodellen und insbesondere dem Modell von Luce ist die IIA-Eigenschaft analysiert worden,<sup>284</sup> die solche Produktsubstitutionen impliziert, die die Betrachtung einer Menge heterogener Produk-

---

ferner, daß die Existenz eines Gleichgewichtszustandes anzuzweifeln ist, falls ein Teil der Konsumenten in seinem Einkommen stark beschränkt ist (vgl. Peitz, 1999).

<sup>284</sup>Vgl. zur IIA-Eigenschaft Abschnitt 3.3.1.2.

te voraussetzen, welche sich paarweise gleich ähnlich sind, so daß eine Änderung der Auswahlmenge die Nachfrage aller Produkte gleichermaßen beeinflusst. Diese Modelleigenschaft, die charakteristisch für das Logit-Modell sowie für das Modell von Luce ist, ist daher nur bedingt vereinbar mit den differenzierten Produktrelationen, wie sie auf Automobilmärkten zu beobachten sind.

Maßgeblich für die Differenziertheit der durch ein teilstochastisches bzw. Discrete Choice Modell darstellbaren Produktsubstitutionen ist die Annahme über die Verteilung der stochastischen Nutzenkomponente.<sup>285</sup> So lassen sich differenzierte Produktsubstitutionen durch entsprechend differenzierte Korrelationen der produktspezifischen Störterme darstellen. Die Restriktivität der IIA-Eigenschaft beispielsweise resultiert aus der stochastischen Unabhängigkeit der produktspezifischen Störterme. Die Wahl einer flexiblen stochastischen Verteilung führt allerdings zu Schwierigkeiten bezüglich der Modellberechnung, während einfacher zu bestimmende funktionale Formen größere Restriktionen hinsichtlich der modellierbaren Substitutionsmuster aufweisen.

Besteht die Möglichkeit einer beliebig spezifizierbaren multivariaten stochastischen Verteilung, ist zur Identifikation der Korrelationen aus historischen Marktdaten die Existenz einer hinreichenden Anzahl von beobachteten Produktsubstitutionen erforderlich, die aufgrund der langen Lebenszyklen auf Automobilmärkten jedoch nicht gegeben ist. Die Alternative, a priori realistische Annahmen über die Produktkorrelationen zu treffen ist angesichts komplexer Produktstrukturen hinsichtlich der Durchführbarkeit kritisch zu bewerten.

Gedanklich lassen sich unterschiedliche Korrelationen der produktspezifischen Störterme als differenzierte Ähnlichkeiten der Produkte interpretieren. Auf dieser Vorstellung basiert die Darstellung der Wettbewerbsstruktur durch räumliche Modelle der Produktdifferenzierung und insbesondere durch den Address Approach. Hier werden die Distanzen zwischen den Produkten und den Präferenzen der Konsumenten verwendet, um Ähnlichkeiten zu messen, die explizit in der deterministischen Nutzenfunktion zur Darstellung beliebig differenzierter Produktbeziehungen verwendet werden.

---

<sup>285</sup>Vgl. zur Spezifikation der stochastischen Nutzenkomponente Abschnitt 3.4.2.2.

Dieser formalen Beschreibung folgend konkurrieren beispielsweise zwei Produkte um einen Konsumenten in gleicher Weise, falls beide die gleiche Entfernung zu dessen Idealprodukt aufweisen, durch das die Präferenzen des Konsumenten repräsentiert werden. Wird ein weiteres Produkt mit der identischen Entfernung zu dem Konsumenten in den Markt eingeführt, tritt dieses in Konkurrenz zu den existierenden Produkten. Je mehr Produkte also in einer Region des Produktraums positioniert sind, desto stärker konkurrieren sie um die in dieser Region positionierten Konsumenten, so daß sich differenzierte Substitutionsmuster sowie eine realistische Darstellung des Wettbewerbs verschiedener Produkte generieren lassen. Mit der räumlichen Positionierung der Produkte und der expliziten Berücksichtigung der produkt- und konsumentenspezifischen Distanzen im Nutzen ermöglichen die räumlichen Modelle der Produktdifferenzierung damit die Darstellung flexibler Substitutionsmuster, ohne daß hierfür die Spezifikation einer multinomialen stochastischen Verteilung bzw. der entsprechenden Korrelationen erforderlich ist. Stattdessen ist die Definition eines adäquaten Produkt- bzw. Präferenzraums von wesentlicher Bedeutung.

Es sei abschließend angemerkt, daß auch Diffusionsmodelle zur Erklärung von Produktsubstitutionen entwickelt wurden,<sup>286</sup> die jedoch eine explizite Modellierung der Produkte und ihrer Beziehungen erfordern, so daß hierdurch die Universalität der Discrete Choice Modelle und der Modelle der Produktdifferenzierung nicht erreicht wird.

#### **6.1.4 Zeitbedingte Einflüsse**

Die Modellierung der langfristigen Automobilnachfrage erfordert insbesondere aufgrund der stark ausgeprägten Produktlebenszyklen<sup>287</sup> wie auch der Präferenzänderungen beispielsweise bezüglich einzelner Segmente eine explizite Berücksichtigung zeitlicher Einflüsse. Neben diesen zu erklärenden zeitlichen Aspekten des Nachfrageverhaltens ist zudem zu beachten, daß erklärende Variablen wie Produktattribute zeitlichen Einflüssen unterliegen.

---

<sup>286</sup>Vgl. Abschnitt 5.3.3.

<sup>287</sup>Vgl. für die ausführliche Diskussion von Produktlebenszyklen Abschnitt 4.2.1.

Die diskutierten Modelle des Konsumentenverhaltens basieren auf der momentanen Betrachtung einer Nachfragesituation unter Vernachlässigung dynamischer Aspekte des Nachfrageverhaltens. Diffusionsmodelle erklären dagegen den zeitlichen Prozeß der Marktdurchdringung von Produktinnovationen. Dieser Ansatz wird allerdings den dynamischen Aspekten der Nachfrage nach „konventionellen“ Produkten nicht gerecht.

Diese zu erklären erfordert die explizite Berücksichtigung relevanter zeitlicher Einflüsse, welche letztendlich zu den beobachteten produktspezifischen Lebenszyklen führen. In Kapitel 4 sind diese automobilmarktspezifischen Einflüsse sowie formale Ansätze zu deren Beschreibung identifiziert worden, die aufgrund der Verwendung des Nutzenkonzepts eine Integration in ein nutzenbasiertes Nachfragemodell erlauben.

Die Prospect-Theorie bietet dabei ein universelles Konzept zur Erfassung wahrnehmungsbezogener Größen, so beispielsweise der Produktobsoleszenz. Die resultierende Wertfunktion läßt sich dabei als eine „wahrnehmungsbezogene“ Nutzenkomponente interpretieren und somit als Ergänzung der „objektiven“ Nutzenkomponente in ein Modell des Konsumentenverhaltens integrieren.

Über die allein auf das jeweilige Produkt bezogene Obsoleszenz hinaus wirken zeitliche Einflüsse auch auf die Beziehungen zwischen den Produkten. So weisen die zuvor erörterten Produktsubstitutionen auch eine temporale Komponente auf, die beispielsweise in der Bereitschaft der Konsumenten zum Ausdruck kommt, auf ein neueres, angekündigtes Produkt unter Verzicht auf den gegenwärtigen Konsum zu warten.<sup>288</sup> Besonders die Betrachtung eines langfristigen Prognosezeitraums erfordert daher die explizite Berücksichtigung der temporalen Substitution.

Formal bietet die Discounted Utility (DU) Theorie einen Ansatz zur Integration temporaler Substitutionseffekte in ein nutzenbasiertes Gesamtkonzept.<sup>289</sup> Der Grundgedanke der DU-Theorie basiert auf der gleichzeitigen Bewertung des gegenwartsbezogenen und des zukünftigen Konsums, indem der Nutzen zukünftig konsumierter Güter der zeitlichen Distanz entsprechend diskontiert wird. Vor dem Hintergrund der zuvor erörter-

<sup>288</sup>Vgl. zur temporalen Substitution auch Abschnitt 4.2.1.2.

<sup>289</sup>Vgl. zur Erläuterung der DU-Theorie Abschnitt 4.2.2.2.

ten räumlichen Anordnung der Produkte läßt sich diese Nutzendiskontierung mit dem Nutzenverlust assoziieren, der in räumlichen Modellen der Produktdifferenzierung aus der Distanz zwischen dem konsumierten Produkt und der Präferenz des Konsumenten resultiert. Auch hier bietet die Verwendung des Nutzenkonzepts zur Erklärung intertemporaler Substitutionen Potential zur Integration in einen Gesamtansatz.

Wie oben erwähnt, ist insbesondere im Zusammenhang mit der empirischen Anwendung hinsichtlich der erklärenden Variablen zu beachten, daß diese sowohl bei der Schätzung des Modells wie auch im Zuge der Modellanwendung bezogen auf einen relativ langen Zeitraum in das Modell eingehen. Unterliegen die Variablen zeitlichen Trends, so führt dieses im Zuge der Modellschätzung zu verzerrten Ergebnissen. Daher ist es erforderlich, die in das Modell eingehenden erklärenden Variablen hinsichtlich zeitlicher Trends zu untersuchen und diese zu bereinigen. Insbesondere ist zu erwarten, daß Preise zeitlichen Trends unterworfen sind, jedoch sind auch die weiteren erklärenden Variablen des Modells hinsichtlich zeitlicher Trends zu untersuchen.

### **6.1.5 Neuartige Produkte**

Im Zusammenhang mit der Untersuchung der langfristigen Nachfrage nach Automobilen ist auch die Nachfrage nach neuen bzw. neuartigen Produkten zu betrachten. Zu diesem Zweck ist in Kapitel 5 der Begriff der Innovation dem Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit entsprechend erörtert worden. In diesem Sinne sind neuartige bzw. innovative Produkte von denjenigen Neuprodukten abzugrenzen, die bereits zuvor existente Produkte ablösen. Die Ansätze, die die Produkte formal durch ihre Attribute beschreiben – so der Ansatz von Lancaster, die Modelle der Produktdifferenzierung wie auch Discrete Choice Modelle –, sind grundsätzlich dazu geeignet, neuartige Produkte als neuartige Eigenschaftskombinationen zu repräsentieren.

Produktinnovationen weichen dabei mehr oder weniger stark von etablierten Produkten und Marktsegmenten ab und definieren sogar neue Segmente. Bei signifikanten Abweichungen ist in Frage zu stellen, inwieweit die Nachfrage nach diesen Innovationen durch ein Modell des Konsumentenverhaltens zu erklären ist, welches aus histori-

schen Daten geschätzt wird. So wird in innovationstheoretischen Untersuchungen unterstellt, daß Produktinnovationen eine besondere Wahrnehmung durch die Konsumenten erfahren, die in einem spezifischen Prozeß der Marktdurchdringung resultiert, der sich substantiell von herkömmlichen Gütern unterscheidet und nicht durch die Modelle des Konsumentenverhaltens darstellbar ist.

Als geeigneter und universell anwendbarer Ansatz zur Erklärung dieses Marktdurchdringungsprozesses ist der Ansatz der Diffusion von Innovationen identifiziert worden.<sup>290</sup> Diffusionsmodelle in ihrer ursprünglichen Form beschreiben den zeitlichen Prozess der Marktdurchdringung einer isoliert betrachteten Innovation, wobei die Zeit als alleinige erklärende Variable berücksichtigt wird. Zahlreiche Erweiterungen dieses Ansatzes zeigen die Flexibilität des Diffusionsansatzes sowie die Möglichkeit der Berücksichtigung weiterer Aspekte der Nachfrage, welche hier insbesondere durch die Betrachtung neuartiger Automobile im Kontext eines existierenden Marktumfeldes gegeben sind.

Hinsichtlich der Integration dieses Ansatzes in einen Gesamtansatz ist anzumerken, daß Diffusionsmodelle von den zuvor erörterten Ansätzen insofern abweichen, als daß ihnen kein nutzenbasiertes Konzept zugrunde liegt.<sup>291</sup>

Zudem ist die Modellierung des zeitlichen Prozesses der Marktdurchdringung von Innovationen sehr viel spezifischerer Natur als die Modellierung des Gesamtmarktes, da dieser Prozeß sowohl zeitlich als auch räumlich begrenzt ist. Hinzu kommt die Abwägung, welche neuartigen Eigenschaftskombinationen sich noch im Rahmen eines nutzenbasierten Nachfragemodells betrachten lassen bzw. welcher Innovationsgrad die spezifische Modellierung des Prozesses der Marktdurchdringung erfordert.

### **6.1.6 Externe Einflüsse**

Neben den strukturellen Einflüssen des Marktes unterliegt das Nachfrageverhalten ebenso externen Einflüssen wie der konjunkturellen Entwicklung oder unvorhergesehenen

---

<sup>290</sup>Vgl. Abschnitt 5.3.

<sup>291</sup>Vgl. für einen Ansatz der Kombination des Diffusionsmodells mit dem Nutzenkonzept die Arbeit von Roberts, 1984.

Ereignissen.

Ebenso sind insbesondere bezüglich der langfristigen Betrachtung des Automobilmarktes auch generelle Veränderungen der Konsumpräferenzen zu beobachten. So ist es beispielsweise als Indiz eines gesättigten Marktes zu werten, daß immer mehr sogenannte Nischensegmente von Herstellern besetzt bzw. definiert werden. Im Gegenzug verlieren traditionelle Marktsegmente an Nachfrage.

Damit lassen sich die beobachteten zeitlichen Schwankungen des Absatzes als eine Aggregation der strukturellen Markteinflüsse und der hier erörterten externen Einflüsse interpretieren.

Obwohl der Schwerpunkt dieser Arbeit in der Erfassung der Auswirkungen der strukturellen marktspezifischen Änderungen auf die Nachfrage zu sehen ist, sind externe Einflüsse als Überlagerung der strukturell bedingten Nachfrage insofern zu berücksichtigen, als daß deren Vernachlässigung die Identifikation der strukturellen Einflüsse beeinträchtigen würde.

Da es jedoch nicht Ziel dieser Arbeit ist, daß Gesamtmarktvolumen beispielsweise aus makroökonomischen Indikatoren kausal zu erklären,<sup>292</sup> ist es hinsichtlich der Modellspezifikation sinnvoll, die disaggregierte Nachfrage auch formal als Überlagerung struktureller und exogener Einflüsse darzustellen.

## 6.2 Implikationen für die Modellspezifikation

Das wesentliche Ziel dieser Arbeit liegt in der ganzheitliche Modellierung des Automobilmarktes unter Berücksichtigung der Produkteigenschaften wie auch der Einflüsse des Marktes sowie des Wettbewerbs.

Unter Berücksichtigung der in den vorherigen Abschnitten vorgenommenen Erörterungen weisen hinsichtlich der Darstellung differenzierter Produkte, heterogener Präferenzen der Konsumenten sowie realistischer Wettbewerbsstrukturen sowohl Discrete Choice Modelle als auch räumliche Modelle der Produktdifferenzierung ein hohe Eig-

<sup>292</sup>Vgl. hierzu die Themenstellungen der Arbeiten von Kellner, 1987 und Schülen, 1985.

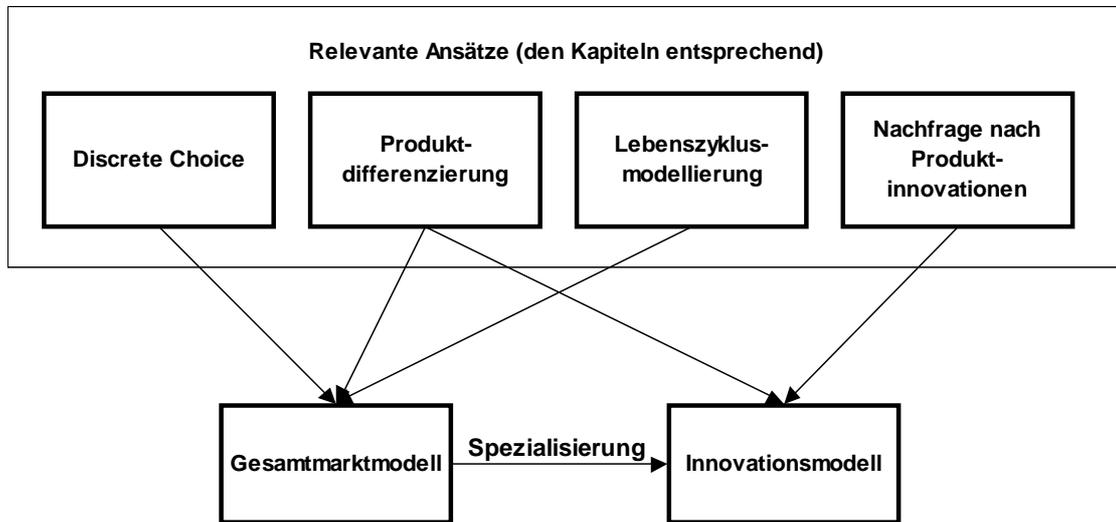


Abbildung 6.3: Integration der Ansätze

nung auf. Während die räumliche Darstellung der Produkte und Präferenzen des Address Approach eine sehr differenzierte und zudem anschauliche Modellierung zulässt, tragen die Modelle der Discrete Choice Theorie unbeobachteten Attributen durch die Berücksichtigung einer stochastischen Nutzenkomponente Rechnung. Gleichzeitig erlaubt die Assoziation der Produkte mit einem Nutzen neben der expliziten Berücksichtigung der Produkteigenschaften die Integration weiterer Ansätze zur Erklärung der dynamischen Aspekte wie beispielsweise der Produktveralterung sowie der temporalen Substitution.

Hinsichtlich der Modellierung der Nachfrage nach Produktinnovationen sind bezüglich des formalen Ansatzes wie auch der inhaltlichen Beurteilung wesentliche Unterschiede zu der Nachfrage nach herkömmlichen Produkten identifiziert worden. Bezogen auf Automobilmärkte ist die Einführung von Innovationen im Vergleich zum Erscheinen herkömmlicher Produkte ein selten auftretender und relativ spezifischer Fall, der zeitlich und in seiner Auswirkung auf weitere Produkte begrenzt ist. Aus diesem Grund erfordert die Modellierung dieser Sonderfälle nicht die Berücksichtigung des gesamten Marktes.

Diesen Erkenntnissen folgend erscheint es sinnvoll, den Spezialfall von Produktin-

novationen gesondert als Erweiterung bzw. Modifikation des allgemeinen Nachfragemodells zu betrachten.

Hinsichtlich des weiteren Vorgehens folgt daher zunächst die Spezifikation des ganzheitlichen Modells, welches im Kern dieser Arbeit steht und die wesentlichen Anforderungen an das zu spezifizierende Nachfragemodell berücksichtigt. Aufgrund der inhaltlichen und formalen Sonderstellung von Produktinnovationen wird unter Berücksichtigung der Eigenschaften des ganzheitlichen Nachfragemodells ein spezifisches Modell konzipiert, das den zeitlichen Prozess der Marktdurchdringung von Innovationen im Kontext des Wettbewerbs erklärt. Basierend auf dieser Überlegung sind in Abbildung 6.3 die zu spezifizierenden Modelle mit ihren Beziehungen zu den zuvor diskutierten Ansätzen schematisch dargestellt.



# Kapitel 7

## Spezifikation des Gesamtmarktmodells

Resultierend aus den in Abschnitt 6.2 dargestellten Erörterungen wird in den folgenden Abschnitten die Entwicklung und Spezifikation des ganzheitlichen Nachfragemodells vorgenommen. Zunächst wird das Modell, auf das im folgenden auch durch den Begriff des Gesamtmarktmodells Bezug genommen wird, für den einperiodigen Fall entwickelt,<sup>293</sup> bevor es hinsichtlich der dynamischen Aspekte erweitert wird. Nachfolgend wird insbesondere vor dem Hintergrund der verfügbaren Daten auf die Identifikation des Modells aus diesen Daten eingegangen, bevor abschließend Aspekte der Modellanwendung erörtert werden.

### 7.1 Der Modellierungsansatz im einperiodigen Fall

Sei durch  $N$  die Gesamtanzahl der Konsumenten in dem betrachteten Markt gegeben. Geht man davon aus, daß jeder Konsument genau ein Produkt konsumiert bzw. kauft, läßt sich  $N$  auch als Absatzvolumen des Marktes interpretieren.<sup>294</sup> Diese Annahme läßt sich durch den relativ hohen Sättigungsgrad der hier betrachteten Märkte rechtfertigen. Auf die durch strukturelle Änderungen bedingten Schwankungen des Absatzvolumens wird im Zusammenhang mit den dynamischen Aspekten der Nachfrage in Abschnitt 7.2

---

<sup>293</sup>Vgl. hierzu Eggert & Hrycej, 2002.

<sup>294</sup>Es ist davon auszugehen, daß innerhalb einer bestimmten Zeitperiode Konsumenten auch mehrere Autos erwerben. Insofern ist durch  $N$  die Anzahl geäußerter Präferenzen gegeben. Da hier keine konsumentenspezifischen Attribute vorliegen, ist dabei unerheblich, ob geäußerte Präferenzen auf physisch identische oder unterschiedliche Personen zurückzuführen sind.

eingegangen.

Die Konsumenten werden mit  $n$  Produkten konfrontiert, welche durch ihre Eigenschaften  $\mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^J$ ,  $\mathbf{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iJ})$  eindeutig beschrieben sind.

Die Indexmenge  $A$  referenziert die Menge der Alternativen bzw. der Produkte, wobei vereinfachend angenommen wird, daß für alle Konsumenten die gleiche Menge  $A$  gilt, so daß für die Menge aller verfügbaren  $\mathbf{x}_i$  gilt:  $i \in A$ ,  $i = 1, \dots, n$ .

Um die Heterogenität der Produkte sowie die differenzierten Produktsubstitutionen hinreichend zu erklären, wird als Grundlage der Modellierung der Address Approach der Produktdifferenzierung<sup>295</sup> herangezogen. Geht man davon aus, daß nicht alle verfügbaren Produkteigenschaften  $\mathbf{x}_i$  zur Beschreibung des Produktraums verwendet werden, lassen sich die Dimensionen des Produktraums beispielsweise durch eine Transformationsfunktion  $h^z : \mathbb{R}^J \mapsto \mathbb{R}^M$  gewinnen:

$$\mathbf{z}_i = h^z(\mathbf{x}_i). \quad (7.1)$$

Dabei lassen sich die ursprünglichen Produktattribute  $\mathbf{x}_i$  durch die Transformationsfunktion beispielsweise skalieren, verschiedene Ausprägungen ordinaler Variablen durch Binärvariablen repräsentieren oder auch verschiedene Attribute miteinander kombinieren.

Die Definition des Produktraums ist insofern relevant für die Eigenschaften des Nachfragemodells, als daß durch die Dimensionen  $\mathbf{z}_i$  die Relationen bzw. die Distanzen zwischen den Produkten definiert werden. Ebenso werden mit verschiedenen Punkten der räumlichen Darstellung die Präferenzen der Konsumenten assoziiert, was insbesondere die Berücksichtigung der aus der Perspektive der Konsumenten produktdifferenzierenden Attribute zur Definition des Produktraums erfordert.

Darüber hinaus wird angenommen, daß die Verteilung der Konsumenten mit Präferenzen in  $\mathbf{z}$  im Produkt- bzw. Präferenzraum  $\mathbb{R}^M$  durch die Dichtefunktion  $d(\mathbf{z})$  beschrieben wird.<sup>296</sup> Hierdurch wird die Gesamtheit der Konsumenten in differenzierter

<sup>295</sup>Vgl. die Ausführungen zum „Address Approach“ in Abschnitt 3.5.2.

<sup>296</sup>Der Begriff der Dichte ist in diesem Kontext nicht mit dem Begriff der Wahrscheinlichkeitsdichte gleichzusetzen, deren formale Kriterien nicht erfüllt werden. Vielmehr ist der Dichtebegriff an den allgemei-

Weise dargestellt, ohne daß explizite konsumentenspezifische Daten herangezogen werden müssen. Durch die Verknüpfung dieser Darstellung mit den Positionen der Produkte läßt sich gleichsam ein heterogenes und segmentiertes Nachfragepotential darstellen, das der Heterogenität des Automobilmarktes gerecht wird. In Anlehnung an (3.63) erhält man durch Integration der Dichte über den  $M$ -dimensionalen Produktraum die Anzahl der Konsumenten bzw. die Anzahl nachgefragter Einheiten  $N$ :

$$N = \int_{\mathbb{R}^M} d(\mathbf{z}) d\mathbf{z} \quad . \quad (7.2)$$

Ein Produkt  $i$ , dessen Position durch  $\mathbf{z}_i$  beschrieben ist, zieht nicht nur diejenigen Konsumenten an, deren Präferenzen exakt in  $\mathbf{z}_i$  liegen, sondern auch solche Konsumenten, welche hinreichend dicht genug in der Umgebung von  $\mathbf{z}_i$  liegen, so daß dieses Produkt ihren Präferenzen am nächsten kommt.

Die entsprechende „Region“  $M_i$  innerhalb des Produktraums läßt sich mittels einer Nutzenfunktion  $U_i(\mathbf{z})$  beschreiben, die den Nutzen des durch  $\mathbf{z}_i$  beschriebenen  $i$ -ten Produkts für diejenigen Konsumenten definiert, deren Präferenzen durch die Position  $\mathbf{z}$  beschrieben sind. Demnach ist  $M_i \subseteq \mathbb{R}^M$  allgemein wie folgt definiert:

$$M_i = \{\mathbf{z} | U_i(\mathbf{z}) \geq U_j(\mathbf{z}), \forall j \in A : \}. \quad (7.3)$$

Mit dieser Definition eines Marktraums des Produkts  $i$  läßt sich analog zu (7.2) die Nachfrage nach  $i$  beschreiben durch:

$$N_i = \int_{M_i} d(\mathbf{z}) d\mathbf{z}. \quad (7.4)$$

In den Ausführungen zum Address Approach ist eine Nutzenfunktion  $U(\mathbf{z}_i, \mathbf{z}) = U_i(\mathbf{z})$  der folgenden Form präsentiert worden:<sup>297</sup>

$$U_i(\mathbf{z}) = I - p_i + s_i - \tau \sum_{k=1}^M (z_k - z_{ik})^2, \quad i = 1, \dots, n \quad . \quad (7.5)$$

---

neres Begriff der „consumer density“ angelehnt, wie er von Anderson, de Palma und Thisse verwendet wird.

<sup>297</sup>Vgl. Funktion (3.64), S. 84.

Dabei wird durch  $\tau$  ein Parameter für den Nutzenverlust, durch  $I$  das Konsumenteneinkommen, durch  $p_i$  der Preis von  $i$  und durch  $s_i$  ein Qualitätsindex bezeichnet.

Die Funktion (7.5) zielt auf die Verwendung des Modells der Produktdifferenzierung bezüglich der Modellierung spezifischer Wettbewerbssituationen unter expliziter Berücksichtigung der Konsumenteneinkommen ab. Wie bereits erwähnt, sind ökonomische Fragestellungen dieser Natur im Kontext dieser Arbeit nicht von zentraler Bedeutung.<sup>298</sup>

Da konsumentenbezogene Daten wie beispielsweise die Einkommen nicht verfügbar sind und somit keinen Eingang in die Modellierung finden und ferner die Preise nicht endogenisiert sind, läßt sich die Nutzenfunktion im Sinne der Discrete Choice Theorie definieren,<sup>299</sup> so daß der in (7.5) verwendete Qualitätsindex  $s_i$  allgemein als „objektiver“ bzw. deterministischer Produktnutzen interpretierbar ist, in den der Preis  $p_i$  als gewöhnliches Produktattribut eingeht.

Mit der Rechtfertigung der Discrete Choice Theorie, daß die Information über die nutzenstiftenden Attribute nicht vollständig beobachtbar ist, läßt sich darüberhinaus der Produktnutzen durch eine stochastische Komponente ergänzen. Zusammenfassend besteht die zu definierende Nutzenfunktion  $U_i(\mathbf{z})$  demnach aus drei Komponenten:

- Der „objektive“ Produktnutzen  $u^o(\mathbf{X}_i)$  als Funktion der nutzenstiftenden Produktattribute  $\mathbf{X}_i$ .
- Der konsumentenspezifische Nutzenverlust  $u^v(\delta(\mathbf{z}, \mathbf{z}_i))$  als Funktion der Distanz  $\delta(\mathbf{z}, \mathbf{z}_i)$  zwischen dem Idealprodukt der Konsumenten in  $\mathbf{z}$  und dem Produkt  $i$  in  $\mathbf{z}_i$ .<sup>300</sup> Die Distanz ist die formale Repräsentation des Nutzenverlustes und wird im folgenden durch  $\delta_i(\mathbf{z})$  bezeichnet.
- Die stochastische Komponente  $\varepsilon$ , welche der unvollständigen Information bzw.

<sup>298</sup>Vgl. hierzu die Erörterungen in Abschnitt 6.1.2.1.

<sup>299</sup>Vgl. zur Verwendung von Produktpreisen im Sinne der Discrete Choice Theorie die Ausführungen in Abschnitt 3.4.1.

<sup>300</sup>Der Nutzenverlust  $u^v(\delta(\mathbf{z}, \mathbf{z}_i))$  ist äquivalent zu den Transportkosten in Hotellings Modell der Produktdifferenzierung (vgl. Abschnitt 3.5.2.2).

den nicht beobachteten Produktattributen Rechnung trägt.<sup>301</sup>

Diese drei Komponenten bedürfen einer formalen Spezifikation, die im folgenden vorgenommen wird.

Der objektive Nutzen korrespondiert mit produktspezifischen Eigenschaften, die generell eine Aussage über die Attraktivität des Produktes zulassen, ohne hierbei die spezifischen Präferenzen der Konsumenten zu berücksichtigen. So ist beispielsweise anzunehmen, daß Produkte mit geringen Preisen stets vorzuziehenswürdiger sind als teure Produkte. Insofern sind die objektiv nutzenstiftenden Attribute  $\mathbf{X}_i$  nicht identisch mit den Attributen zur Beschreibung des Produktraums, so daß die nutzenstiftenden Variablen  $\mathbf{X}_i$  aus den ursprünglichen Eigenschaften  $\mathbf{x}_i$  mittels einer weiteren Abbildung  $h^{\mathbf{X}} : \mathbb{R}^J \mapsto \mathbb{R}^K$  abgeleitet werden.<sup>302</sup>

$$\mathbf{X}_i = h^{\mathbf{X}}(\mathbf{x}_i). \quad (7.6)$$

Mit dieser Abbildung läßt sich der objektive Nutzen  $u^o$  als Komponente der Nutzenfunktion  $U_i(\mathbf{z})$  wie folgt definieren:

$$\begin{aligned} u_i^o &= u^o(\mathbf{X}_i) \\ &= \boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{X}_i \\ &= \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_K X_{iK}. \end{aligned} \quad (7.7)$$

Dabei bezeichnet  $\boldsymbol{\beta} \in \mathbb{R}^K$  den Vektor der zu schätzenden Koeffizienten der linearen Nutzenfunktion.

Der konsumentenspezifische Nutzenverlust  $u^v$  bezeichnet die Minderung des objektiven Produktnutzens, der daraus resultiert, daß das Produkt nicht exakt der Präferenz des Konsumenten bzw. dessen Idealprodukt entspricht. Die formale Beschreibung des Nutzenverlustes erfordert die Definition einer Distanz-Metrik, die in Anlehnung an die Nutzenfunktion (7.5) wie folgt spezifiziert ist:

$$\delta_i(\mathbf{z}) = \delta(\mathbf{z}_i, \mathbf{z}) = \sum_{k=1}^M \tau(z_k - z_{ik})^2, \quad (7.8)$$

<sup>301</sup>Vgl. hierzu die Rechtfertigung einer stochastischen Komponente hinsichtlich der Verwendung in Nutzenfunktionen in den Abschnitten 3.4.1 und 3.3.2.

<sup>302</sup>Vgl. auch die Ausführungen in Abschnitt 3.4.2.1, S. 58.

wobei der Parameter  $\tau$  zur Skalierung der Distanzen dient und damit unmittelbar die Höhe des Nutzenverlustes bestimmt.

Mit (7.8) läßt sich der Nutzenverlust  $u^v(\delta_i(\mathbf{z}))$  definieren, der als additiver Term in den Gesamtnutzen  $U_i$  eingeht:

$$u^v(\delta_i(\mathbf{z})) = \sum_{k=1}^M \tau(z_k - z_{ik})^2 \quad . \quad (7.9)$$

Mit (7.7) und (7.9) sind die deterministischen Komponenten der Nutzenfunktion spezifiziert, so daß sich die resultierende Nutzenfunktion wie folgt formulieren läßt:

$$\begin{aligned} U_i(\mathbf{z}) &= U(\mathbf{z}_i, \mathbf{X}_i, \mathbf{z}) \\ &= V_i(\mathbf{z}) + \varepsilon_i \quad , \end{aligned}$$

mit:

$$\begin{aligned} V_i(\mathbf{z}) &= V(\mathbf{z}_i, \mathbf{X}_i, \mathbf{z}) \\ &= u^o(\mathbf{X}_i) - u^v(\delta_i(\mathbf{z})) \\ &= \beta \cdot \mathbf{X}_i - \sum_{k=1}^M \tau(z_k - z_{ik})^2 \quad . \end{aligned} \quad (7.10)$$

In Analogie zur Bezeichnung der deterministischen Nutzenkomponente in Abschnitt 3.4.2 werden durch den Term  $V_i(\mathbf{z})$  die durch  $u^o$  und  $u^v$  definierten deterministischen Bestandteile der Nutzenfunktion zusammengefaßt.

Aufgrund der Verwendung einer stochastischen Nutzenkomponente ist die Bestimmung eines eindeutigen Marktraums  $M_i$  wie in (7.3) dargestellt nicht möglich, da ein Produkt  $i$  für Konsumenten mit Präferenzen in einem beliebigen Punkt  $\mathbf{z}$  mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit  $P_i(\mathbf{z})$  den höchsten Nutzen aufweist.<sup>303</sup> Allgemein ist  $P_i(\mathbf{z})$  definiert durch:

$$\begin{aligned} P_i(\mathbf{z}) &= P(\mathbf{z}_i | \mathbf{z}) \\ &= P(\forall j \in A : U_i(\mathbf{z}) \geq U_j(\mathbf{z})) \\ &= \int_{\forall j \in A : U_i(\mathbf{z}) \geq U_j(\mathbf{z})} f(\boldsymbol{\varepsilon} | \mathbf{z}) d\boldsymbol{\varepsilon}, \end{aligned} \quad (7.11)$$

<sup>303</sup>Vgl. hierzu die Ausführungen in Abschnitt 3.4.1.

wobei durch  $f(\varepsilon|\mathbf{z})$  die Verteilung der Störterme  $\varepsilon$  in Abhängigkeit von  $\mathbf{z}$  gegeben ist.<sup>304</sup> Die zuvor eindeutig definierten Markträume  $M_i$  der einzelnen Produkte sind in dieser Darstellung also nicht scharf voneinander abgegrenzt, sondern gehen aufgrund der stochastischen Betrachtung ineinander über.

Nimmt man an, daß die Störterme  $\varepsilon$  mit Lageparameter  $\eta$  und Skalierungsparameter  $\mu$  unabhängig und identisch Gumbel-verteilt sind, erhält man zur Bestimmung der Auswahlwahrscheinlichkeiten  $P_i(\mathbf{z})$  die analytisch geschlossene Form des multinomialen Logit-Modells:<sup>305</sup>

$$\begin{aligned} P_i(\mathbf{z}) &= P(\forall j \in A : U_i(\mathbf{z}) \geq U_j(\mathbf{z})) \\ &= \frac{\exp(V_i(\mathbf{z})/\mu)}{\sum_{j \in A} \exp(V_j(\mathbf{z})/\mu)}, \end{aligned} \quad (7.12)$$

wobei üblicherweise  $\mu = 1$  gesetzt wird.

Mit (7.12) und  $\mu = 1$  ist die Nachfrage nach Produkt  $i$  definiert durch:

$$N_i = \int_{\mathbb{R}^M} P_i(\mathbf{z}) d(\mathbf{z}) d\mathbf{z} = \int_{\mathbb{R}^M} \frac{\exp(V_i(\mathbf{z}))}{\sum_{j \in A} \exp(V_j(\mathbf{z}))} d(\mathbf{z}) d\mathbf{z}. \quad (7.13)$$

Damit ist das einperiodige Nachfragemodell bis auf die Verteilung der Konsumentenpräferenzen  $d(\mathbf{z})$  vollständig spezifiziert worden. Auf die Verteilung von  $d(\mathbf{z})$  wird in Abschnitt 7.3 umfassend eingegangen.

Nach (7.13) geht der deterministische Nutzen  $V_i$  exponentiell in die Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeiten ein:

$$\begin{aligned} \exp(V_i(\mathbf{z})) &= \exp\left(\boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{X}_i - \sum_{k=1}^M \tau(z_k - z_{ik})^2\right) \\ &= \exp(\boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{X}_i) \cdot \exp\left(-\sum_{k=1}^M \tau(z_k - z_{ik})^2\right), \end{aligned} \quad (7.14)$$

so daß sich der Term  $\exp(-\sum_{k=1}^M \tau(z_k - z_{ik})^2)$  auch als Gauß'sches Kernel interpretieren läßt, welches der distanzabhängigen Gewichtung des objektiven Nutzens dient.

<sup>304</sup>Vgl. hierzu eine alternative Darstellung von (7.11) in Gleichung (3.28) auf S. 57.

<sup>305</sup>Vgl. für die Herleitung und Eigenschaften des Logit-Modells die Erörterungen in Abschnitt 3.4.3.1.

Der Parameter  $\tau$  der in (7.8) definierten Distanz-Metrik  $\delta_i(\mathbf{z})$  bestimmt dabei die „Breite“ des Kernels und damit die Reichweite sowie die Intensität der Substitutionen der miteinander in Wechselwirkung stehenden Produkte.

## 7.2 Erweiterung zum mehrperiodigen Nachfragemodell

Die Relevanz zeitlicher Einflüsse auf die Nachfrage nach Automobilen ist umfassend dargestellt worden. Die folgenden Ausführungen behandeln die Integration von Komponenten zur Erklärung der Produktobsoleszenz<sup>306</sup> sowie der temporalen Substitution<sup>307</sup> in das für den einperiodigen Fall spezifizierte Nachfragemodell. Die Berücksichtigung externer beispielsweise makroökonomischer Einflüsse wird dagegen erst im Rahmen der Modellintegration behandelt.<sup>308</sup>

Formal werden die im vorherigen Abschnitt dargestellten Zusammenhänge zur Bezeichnung der betrachteten Perioden um den Index  $t = 0, \dots, T$  erweitert. Jedes Produkt ist neben seinen Eigenschaften  $x_i$  durch den Zeitpunkt seiner Markteinführung  $t_i^0$  sowie den Zeitpunkt des Marktaustritts  $T_i$  gekennzeichnet. Die Alternativenmenge  $A_t$  enthält in analoger Weise alle Alternativen, welche zum Zeitpunkt  $t$  am Markt angeboten werden, so daß für die Gesamtmenge aller Alternativen  $A = \cup_{t=0}^T A_t$  gilt. Die Menge der Konsumenten  $N$  bezieht sich ebenfalls auf alle Perioden mit  $N = \sum_{t=0}^T N_t$ , so daß hierdurch das Absatzpotential über den gesamten betrachteten Zeitraum definiert ist.

### 7.2.1 Spezifikation der Produktobsoleszenz

Eine relevante Ursache für die spezifischen Absatzverläufe dauerhafter Güter liegt in der als Obsoleszenz bezeichneten wahrgenommenen Veralterung der Produkte.<sup>309</sup>

Die Prospect-Theorie liefert einen formalen Rahmen zur Beschreibung beispielsweise der wahrnehmungsbezogenen Produktqualität, indem allen betrachteten Produkten ein Referenzniveau gegenübergestellt wird, was eine Bewertung der Produktwahr-

<sup>306</sup>Vgl. Abschnitt 4.2.1.1.

<sup>307</sup>Vgl. Abschnitt 4.2.1.2.

<sup>308</sup>Vgl. hierzu die Erörterungen in Abschnitt 6.1.6.

<sup>309</sup>Vgl. zu umfassenderen Ausführungen zur Produktobsoleszenz Abschnitt 4.2.1.1.

nehmung mittels einer Wertfunktion erlaubt. Die formale Spezifikation dieser Erweiterung erfordert zunächst die Definition des Referenzniveaus.<sup>310</sup> Bezieht man den durch (7.7) definierten „objektiven“ Nutzen  $u_i^o$  des Produkts  $i$  gedanklich auf den Zeitpunkt der Markteinführung  $t_i^0$ , so läßt sich dieser gleichsam als Referenzniveau interpretieren, welches mit zunehmender Dauer um einen Wert  $v(t)$  korrigiert wird, der der Produktobsoleszenz Rechnung trägt. Die weiteren Komponenten der Nutzenfunktion bleiben konsequenterweise von der Produktobsoleszenz unberührt. Die Wertfunktion  $v_i(t)$  ist als lineare Funktion der Zeit definiert:

$$v_i(t) = -\alpha(t - t_i^0) \quad , t \geq t_i^0 \quad , \quad (7.15)$$

wobei durch  $\alpha$  ein obsoleszenzspezifischer Parameter definiert ist. Die Definition einer Wertfunktion  $v(t)$  im Sinne der Prospect-Theorie erlaubt die Integration der Produktobsoleszenz in die in (7.10) dargestellte Nutzenfunktion  $U_i(\mathbf{z})$ . Korrigiert man wie oben ausgeführt den produktspezifischen Nutzen  $u_i^o$  durch die zeitabhängige Komponente der Produktveralterung, so erhält man den zeit- und produktspezifischen Nutzen  $u_{it}^o$ :

$$u_{it}^o = u^o(\mathbf{X}_i, t) = u_i^o + v_i(t) = \beta \cdot \mathbf{X}_i - \alpha(t - t_i^0) \quad , t \geq t_i^0 \quad . \quad (7.16)$$

Der Gesamtnutzen  $U_{it}$  für Produkt  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  läßt sich unter Verwendung von (7.16) wie folgt darstellen:

$$U_{it}(\mathbf{z}) = V_{it}(\mathbf{z}) + \varepsilon_i \quad ,$$

mit:

$$\begin{aligned} V_{it}(\mathbf{z}) &= V(\mathbf{z}, \mathbf{z}_i, \mathbf{X}_i, t) \\ &= u_{it}^o - u^v(\delta_i(\mathbf{z})) \\ &= [\beta \cdot \mathbf{X}_i - \alpha(t - t_i^0)] - \sum_{k=1}^M \tau(z_k - z_{ik})^2 \quad . \end{aligned} \quad (7.17)$$

Betrachtet man zu einem Zeitpunkt  $t$  alle Produkte  $i \in A_t$ , so erhält man durch die Berücksichtigung der verschiedenen objektiven Produktnutzen, die aufgrund der unterschiedlichen Einführungszeitpunkte der Produkte entsprechend korrigiert wurden, eine

<sup>310</sup>Vgl. zu Verfahren zur Bestimmung und Messung des Referenzniveaus Stumpp, 2000, S. 31 ff.

differenzierte Darstellung der momentanen Angebotsstruktur der Produkte, die die produktbezogenen zeitlichen Einflüsse explizit berücksichtigt.

### 7.2.2 Spezifikation der temporalen Substitution

In Abschnitt 7.1 ist durch die Verwendung eines Produkt- und Präferenzraumes ein Modellansatz eingeführt worden, welcher die Erklärung differenzierter Substitutionsmuster erlaubt. Diese einperiodige Darstellung erlaubt jedoch nicht die Erklärung temporaler Produktsubstitutionen.<sup>311</sup>

Wie bereits ausgeführt,<sup>312</sup> liefert die Discounted Utility Theorie einen nutzenbasierten Ansatz zur Erklärung des Konsums von Alternativen, die zu unterschiedlichen zukünftigen Zeitpunkten verfügbar sind. Das Entscheidungskalkül basiert auch hier auf dem Prinzip der Nutzenmaximierung, wobei der Konsument den Nutzen, welcher ihm aus dem Konsum sowohl momentan als auch zukünftig verfügbarer Produkte entsteht, vergleicht. Dabei wird der Nutzen erst in der Zukunft verfügbarer Produkte entsprechend der zeitlichen Distanz diskontiert.

Bezogen auf die vereinfachte Situation der Entscheidung zwischen einem momentan verfügbaren Produkt und einem erwarteten zukünftigen Produkt ist dieses Kalkül dahingehend zu interpretieren, daß genau dann auf den momentanen Konsum zugunsten des zukünftigen Produkts verzichtet wird, falls der diskontierte Nutzen des zukünftigen Produkts den (nicht diskontierten) Nutzen des aktuellen Produkts übertrifft. Je weiter die Einführung des erwarteten Produkts in der Zukunft liegt, desto höher muß der „objektive“, zu diskontierende Nutzen  $u_{it}^o$  dieses Produkts sein, um den Konsumenten zum Warten zu veranlassen.

Dieser Ansatz der zeitlichen Diskontierung läßt sich in das zuvor spezifizierte räumliche Modell integrieren, indem neben den bisherigen Dimensionen  $z$  eine weitere zeitliche Dimension  $z^t$  definiert wird, die einerseits die tatsächliche Verfügbarkeit eines Produktes wiedergibt, die sich im tatsächlichen Kaufzeitpunkt äußert, und andererseits

<sup>311</sup>Vgl. die Ausführungen zur temporalen Substitution in Abschnitt 4.2.1.2.

<sup>312</sup>Vgl. Abschnitt 4.2.2.2.

die zeitlichen Präferenzen von Konsumenten reflektiert.

Die Erweiterung des Produktraums um die zeitliche Dimension läßt sich dahingehend interpretieren, daß die Konsumenten nicht lediglich eine bestimmte Präferenz hinsichtlich der Produkteigenschaften besitzen, sondern daß sie zusätzlich einen idealen Zeitpunkt für den Kauf haben. Betrachtet man die aggregierte Gesamtheit der Konsumenten in einem gesättigten Markt, läßt sich eine Gleichverteilung der idealen Kaufzeitpunkte annehmen, die durch die Annahme eines permanenten Ersatzbedarfs gerechtfertigt ist.

Die gedankliche Erweiterung des Produktraums um die zeitliche Dimension wird zudem der Komplexität der Produktsubstitutionen auf Automobilmärkten gerecht, da die temporale Substitution nicht isoliert von den bislang behandelten Produktsubstitutionen zu betrachten ist, sondern vielmehr mit den Substitutionsbeziehungen zu momentan verfügbaren Produkten einher geht.

Ein Konsument, der eigentlich zum Zeitpunkt  $z^t$  konsumieren möchte bzw. Bedarf hat, diskontiert den Nutzen aus dem Konsum zu anderen Zeitpunkten  $t$  entsprechend der zeitlichen Entfernung, welche auch hier durch die Euklidische Distanz definiert ist:

$$\delta_t(z^t) = \delta(t, z^t) = \sqrt{\lambda(t - z^t)^2} \quad , \quad (7.18)$$

wobei  $\lambda$  ein Parameter zur Gewichtung der zeitlichen Distanz ist. Dem Konsumenten entsteht damit ein Nutzenverlust aus dem Kauf zu den Zeitpunkten  $t$ , die von seiner Präferenz  $z^t$  abweichen. Dieser Nutzenverlust geht analog zu (7.9) additiv in den Gesamtnutzen ein und ist für den Konsumenten mit Präferenzen in  $(\mathbf{z}, z^t)$  und dem Konsum des Produkts  $z_i$  zum Zeitpunkt  $t$  wie folgt beschrieben:

$$u_{it}^v(\mathbf{z}, z^t) = \sum_{k=1}^M \tau(z_k - z_{ik})^2 + \lambda(t - z^t)^2 \quad . \quad (7.19)$$

Damit läßt sich in Erweiterung von (7.17) der Nutzen  $U_{it}$ , den der Konsum von Produkt  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  für die Konsumenten mit den Präferenzen  $(\mathbf{z}, z^t)$  liefert, wie

folgt definieren:

$$U_{it}(\mathbf{z}, z^t) = V_{it}(\mathbf{z}, z^t) + \varepsilon_i$$

mit:

$$\begin{aligned} V_{it}(\mathbf{z}, z^t) &= V(\mathbf{z}_i, \mathbf{X}_i, t, \mathbf{z}, z^t) \\ &= u_{it}^o - u_{it}^v(\mathbf{z}, z^t) \\ &= [\boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{X}_i - \alpha(t - t_i^0)] - \left[ \sum_{k=1}^M \tau(z_k - z_{ik})^2 + \lambda(t - z^t)^2 \right] . \end{aligned} \quad (7.20)$$

Die Wahrscheinlichkeit  $P_{it}$ , mit der Produkt  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  von einem Konsumenten mit den Präferenzen  $(\mathbf{z}, z^t)$  gewählt wird, ist damit gegeben durch:

$$\begin{aligned} P_{it}(\mathbf{z}, z^t) &= P(\forall j \in A, \forall t' = t_j^0, \dots, T_j : U_{it}(\mathbf{z}, z^t) \geq U_{jt'}(\mathbf{z}, z^{t'})) \\ &= \frac{\exp(V_{it}(\mathbf{z}, z^t))}{\sum_{j \in A} \sum_{t'=t_j^0}^{T_j} \exp(V_{jt'}(\mathbf{z}, z^{t'}))} . \end{aligned} \quad (7.21)$$

Aus (7.21) geht hervor, daß das betrachtete Produkt  $i$  zu allen weiteren verfügbaren Produkten  $j \in A$  in zeitlicher Konkurrenz steht.

Sind die zeitlichen und produktspezifischen Präferenzen der Konsumenten mit der Dichte  $d(\mathbf{z}, z^t)$  verteilt, so gilt für die Gesamtanzahl der Konsumenten  $N$  im gesamten betrachteten Zeitraum:

$$N = \int_{t=0}^T \int_{\mathbb{R}^M} d(\mathbf{z}, z^t) d\mathbf{z} dz^t . \quad (7.22)$$

Damit läßt sich die nachgefragte Menge  $N_{it}$  des Produktes  $i$  in Periode  $t$  definieren durch:

$$\begin{aligned} N_{it} &= \int_{t=0}^T \int_{\mathbb{R}^M} P_{it}(\mathbf{z}, z^t) d(\mathbf{z}, z^t) d\mathbf{z} dz^t \\ &= \int_{t=0}^T \int_{\mathbb{R}^M} \frac{\exp(V_{it}(\mathbf{z}, z^t))}{\sum_{j \in A} \sum_{t'=t_j^0}^{T_j} \exp(V_{jt'}(\mathbf{z}, z^{t'}))} d(\mathbf{z}, z^t) d\mathbf{z} dz^t . \end{aligned} \quad (7.23)$$

Wird die zeitliche Dimension  $z^t$  als diskret angenommen, gilt für  $N$ :

$$N = \sum_{t=0}^T \int_{\mathbb{R}^M} d(\mathbf{z}, z^t) d\mathbf{z} . \quad (7.24)$$

Analog ist die von Produkt  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  nachgefragte Menge  $N_{it}$  gegeben durch:

$$\begin{aligned} N_{it} &= \sum_{z^t=0}^T \int_{\mathbb{R}^M} P_{it}(\mathbf{z}, z^t) d(\mathbf{z}, z^t) d\mathbf{z} \\ &= \sum_{z^t=0}^T \int_{\mathbb{R}^M} \frac{\exp(V_{it}(\mathbf{z}, z^t))}{\sum_{j \in A} \sum_{t'=t_j^0}^{T_j} \exp(V_{jt'}(\mathbf{z}, z^t))} d(\mathbf{z}, z^t) d\mathbf{z} \quad . \end{aligned} \quad (7.25)$$

Durch die Nachfragefunktion (7.25) werden die Heterogenität von Konsumentenpräferenzen und Produkten, die differenzierten Substitutionsbeziehungen zwischen den Produkten, sowie die Produktobsoleszenz und die temporale Substitution erfaßt.

Neben der Erfassung der strukturellen Eigenschaften der Nachfrageseite des Marktes ist zur Identifikation des Modells aus historischen Produkt- und Absatzdaten die Bestimmung der Nachfragedichte  $d(\mathbf{z}, z^t)$  erforderlich, welche im folgenden Abschnitt erörtert wird. In diesem Zusammenhang wird zudem die Berücksichtigung externer Einflüsse diskutiert.

### 7.3 Aspekte der Modellidentifikation

Ein wesentlicher Gesichtspunkt hinsichtlich der empirischen Anwendung des in den vorherigen Abschnitten spezifizierten Gesamtmarktmodells besteht in dessen Identifikation aus historischen Daten.

Im Zuge der Spezifikation sind die Annahmen bezüglich der Verteilung der räumlichen Präferenzen  $d(\mathbf{z})$  sowie der zeitlichen Präferenzen  $d(z^t)$  bislang nicht konkretisiert worden. In zahlreichen Anwendungen des räumlichen bzw. horizontalen Modells der Produktdifferenzierung werden parametrische Verteilungen der Präferenzen angenommen. Ferner läßt sich zeigen, daß Discrete Choice Modelle und räumliche Modelle nach dem Address Approach äquivalent sind, falls der stochastische Störterm des Nutzens  $\varepsilon$  bzw. die Verteilung der Präferenzen  $d(\mathbf{z})$  geeignet gewählt werden.<sup>313</sup>

<sup>313</sup>Vgl. Anderson, de Palma & Thisse, 1992, S. 105 ff.

Vor dem Hintergrund der Heterogenität von Automobilmärkten ist allerdings anzuzweifeln, ob sich die Verteilung der Konsumentenpräferenzen durch eine parametrische Verteilung hinreichend realistisch darstellen läßt. Vielmehr läßt sich die Information in den verfügbaren Produkt- und Absatzdaten nutzen, um die Verteilung der Präferenzen  $d(\mathbf{z})$  empirisch zu ermitteln.

Zunächst wird die Identifikation der Präferenzverteilung bezüglich der Produkteigenschaften erörtert, bevor auf die Verteilung der zeitlichen Präferenzen eingegangen wird. Nachfolgend wird die Berücksichtigung exogener Einflüsse im Rahmen der Modellidentifikation erörtert.

### 7.3.1 Präferenzverteilung bezüglich der Produkteigenschaften

Die Schätzung der Verteilung der Konsumentenpräferenzen  $d(\mathbf{z})$  wird dadurch beeinträchtigt, daß die tatsächliche Nachfrage nur in denjenigen Punkten des Produktraums beobachtet wird, in denen tatsächlich Produkte existieren. Gleichwohl wird jedoch unterstellt, daß die Verteilung der Präferenzen stetiger Natur ist. Zur Schätzung von stetigen Dichteverteilungen aus empirischen Daten existiert eine Vielzahl von Methoden,<sup>314</sup> von denen ein Ansatz zur Schätzung von Dichteverteilungen durch das Verfahren der Kernel-basierten Dichteschätzung<sup>315</sup> gegeben ist.

In Anlehnung an die oben vorgenommene Notation sei eine Stichprobe  $R$  unabhängiger Beobachtungen  $\mathbf{z}_r^o, r = 1, \dots, R$  gegeben. In diesem Fall sind die Beobachtungen durch die Positionen der beobachteten Produkte definiert, mit denen jeweils ein beobachteter Absatz  $N_r^o$  korrespondiert.

Ein unverzerrter Schätzer der Dichte  $f(\mathbf{z})$  ist gegeben durch:

$$f_e(\mathbf{z}) = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R D(|\mathbf{z} - \mathbf{z}_r^o|) = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R D(\delta(\mathbf{z}, \mathbf{z}_r^o)) \quad , \quad (7.26)$$

wobei  $\delta(\mathbf{z}, \mathbf{z}_r^o)$  eine Distanz-Metrik gemäß (7.8) ist und  $D(x)$  die Dirac-Funktion be-

<sup>314</sup>Vgl. Grabec & Sachse, 1997, S. 99 ff.

<sup>315</sup>Das Konzept der Kernel-basierten Dichteschätzung wird auch als Konzept der „Parzen Windows“ bezeichnet. Vgl. hierzu auch Parzen, 1962.

zeichnet, für die gilt:

$$D(x) = 0 \quad \text{für } x \neq 0 \quad ,$$

$$\int D(x)dx = 1$$

Aufgrund der Singularität der Dirac-Funktion besitzt der Schätzer eine unendliche Varianz. Aus diesem Grund läßt sich die Dirac Funktion  $D(\delta(\mathbf{z}, \mathbf{z}_r^o))$  in (7.26) durch eine sogenannte Window-Funktion  $w(|\mathbf{z} - \mathbf{z}_r^o|, \zeta)$  mit  $\int w(|\mathbf{z} - \mathbf{z}_r^o|, \zeta)d\mathbf{z} = 1$  ersetzen, aus der folgender Schätzer für die Wahrscheinlichkeitsverteilung resultiert:

$$f_e(\mathbf{z}) = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R w(|\mathbf{z} - \mathbf{z}_r^o|, \zeta) \quad , \quad (7.27)$$

wobei der Parameter  $\zeta$  die Breite des „Fensters“ bzw. des Kernels bezeichnet. In der Literatur finden sich verschiedene funktionale Formen dieser Kernel, jedoch hat sich insbesondere das Gauß'sche Kernel als geeignet erwiesen, so daß  $w$  wie folgt definiert ist:

$$w(|\mathbf{z} - \mathbf{z}_i|, \zeta) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\zeta^2)^M}} \exp\left(-\frac{(\mathbf{z} - \mathbf{z}_i)'(\mathbf{z} - \mathbf{z}_i)}{2\zeta^2}\right) . \quad (7.28)$$

Die Varianz des Schätzers (7.27) nimmt mit wachsendem  $\zeta$  ab, während die Verzerrung zunimmt. Die geschätzte Wahrscheinlichkeitsverteilung  $f_e$  wird demnach mit zunehmendem  $\zeta$  geglättet.<sup>316</sup>

Auf der Grundlage des Schätzers für die Wahrscheinlichkeitsverteilung  $f_e(\mathbf{z})$  läßt sich aufgrund der beobachteten Absätze  $N_r^o$ , welche mit den Produktpositionen  $\mathbf{z}_r^o$  korrespondieren, die Verteilung der Konsumenten bzw. des Absatzpotentials im Präferenzraum schätzen:

$$d_e(\mathbf{z}) = \sum_{r=1}^R N_r^o w(|\mathbf{z} - \mathbf{z}_r^o|, \zeta) \quad . \quad (7.29)$$

Da allerdings bereits in  $P_i(\mathbf{z})$  eine Kernelfunktion in der Funktion für den Nutzenverlust enthalten ist, wird die Singularität und die unendliche Varianz der auf der

<sup>316</sup>Vgl. zu Verfahren zur Bestimmung des optimalen Parameters  $\zeta$  auch Grabec & Sachse, 1997, S. 103 ff.

Dirac-Funktion basierenden Schätzfunktion (7.26) aufgehoben, falls die daraus abgeleitete empirische Dichtefunktion  $d_e(\mathbf{z})$  in die Nachfragefunktion integriert wird. Die Anwendung einer Window-Funktion wird demnach vermieden, so daß die Schätzfunktion der Dichte wie folgt definiert ist:

$$d_e(\mathbf{z}) = \sum_{r=1}^R N_r^o D(|\mathbf{z} - \mathbf{z}_r^o|) = \sum_{r=1}^R N_r^o D(\delta(\mathbf{z}, \mathbf{z}_r^o)) \quad . \quad (7.30)$$

Aufgrund der Singularität der Schätzfunktion (7.30) läßt sich das Integral über die Dichte als Summe ausdrücken, so daß gilt:

$$\begin{aligned} N_i &= \int_{\mathbb{R}^M} P_i(\mathbf{z}) d_e(\mathbf{z}) d\mathbf{z} \\ &= \sum_{r=1}^R P_i(\mathbf{z}_r^o) N_r^o \\ &= \sum_{r=1}^R \frac{\exp(V_i(\mathbf{z}_r^o))}{\sum_{j \in A} \exp(V_j(\mathbf{z}_r^o))} N_r^o \quad . \end{aligned} \quad (7.31)$$

Die in den Punkten  $\mathbf{z}_r^o$  beobachtete Nachfrage enthält damit implizit die von den Konsumenten offenbarte Präferenzstruktur. Durch die Kombination dieser beobachteten Nachfragestruktur mit der Wahrscheinlichkeit  $P_i(\mathbf{z})$  lassen sich die negativen Auswirkungen der Singularität der Schätzfunktion  $d_e$  eliminieren.

Bei geeigneter Spezifikation der in  $V_i(\mathbf{z})$  enthaltenen Kernelfunktion wird die in den Punkten  $\mathbf{z}_r^o$  beobachtete Nachfrage auf die Produkte  $j \in A$  verteilt. Damit läßt sich durch (7.31) auch eine Nachfrage für Produkte darstellen, die nicht mit beobachteten Präferenzen in  $\mathbf{z}_r^o$  identisch sind, so daß hierdurch implizit eine Glättung der diskreten Präferenzstruktur vorgenommen wird. Gleichzeitig wird durch diese Glättung die Generalisierungsfähigkeit des Modells bezüglich der Erklärung der Nachfrage für zukünftige, neu plazierte Produkte gewährleistet. Zudem wird durch die empirische Schätzung der Präferenzverteilung die starke Heterogenität der Präferenzen des Automobilmarktes in realistischer Weise erfaßt.

### 7.3.2 Verteilung der zeitlichen Präferenzen

Die Erweiterung der einperiodigen Nachfragefunktion (7.31) auf den mehrperiodigen Fall erfordert die Identifikation der Verteilung der zeitlichen Präferenzen  $d(z^t)$  bzw. der gemeinsamen Verteilung räumlicher und zeitlicher Präferenzen  $d(\mathbf{z}, z^t)$ .

Wie bereits in Abschnitt 7.2.2 erwähnt wurde, ist vor dem Hintergrund gesättigter Märkte die Annahme zeitlich gleichverteilter Präferenzen seitens der Konsumenten gerechtfertigt, da die Wachstumsdynamik des Marktes im Vergleich zum durch Ersatzbedarf motivierten Konsum eine untergeordnete Rolle einnimmt. Auf die Berücksichtigung konjunktureller Schwankungen sowie segmentspezifischer Konsumtrends wird im folgenden Abschnitt eingegangen.

Hinsichtlich der Anwendung des Modells für Prognosezwecke läßt sich die Annahme einer zeitlichen Gleichverteilung der Präferenzen zudem durch die hierdurch erreichte Generalisierungsfähigkeit des Nachfragemodells rechtfertigen, da somit explizite und differenzierte Annahmen bezüglich der Verteilung der zeitlichen Präferenzen in der Zukunft nicht notwendigerweise erforderlich sind.

Die Identifikation der gleichverteilten zeitlichen Präferenzen bzw. des zeitlich konstanten Absatzpotentials läßt sich ebenfalls anhand der beobachteten Absatzdaten vornehmen. Dabei ist die Verwendung der historischen Daten lediglich einer Periode mit dem Problem behaftet, daß diese spezifische beobachtete Markt- bzw. Angebotsstruktur die „wahre“ Präferenzverteilung verzerrt, was in gleicher Weise für das beobachtete Gesamtabsatzvolumen gilt. Es ist daher hinsichtlich der Generalisierungsfähigkeit des Modells und der Darstellung der Konkurrenz der Produkte auch über die Zeit hinweg<sup>317</sup> sinnvoll, die Präferenzverteilung  $d_e(\mathbf{z}, z^t)$  aus einem zeitlichen Durchschnitt zu ermitteln. Die Stichprobe ist damit durch alle im Zeitraum  $t_r = t_r^0, \dots, T_r$  verfügbaren Produkte  $\mathbf{z}_r^o$  definiert:

$$\mathbf{z}_r^o \in S \quad \text{mit} \quad S = \bigcup_{t_r=t_r^0}^{T_r} A_{t_r} \quad , \quad (7.32)$$

wobei durch  $S$  die Menge der Produkte in der Stichprobe bezeichnet wird.

<sup>317</sup>Vgl. hierzu die Ausführungen zur temporalen Substitution und den entsprechenden Modellspezifikationen in Abschnitt 7.2.2.

Die mit den Produkten in  $\mathbf{z}_r^o$  korrespondierenden durchschnittlichen Absatzmengen  $\bar{N}_r^o$  lassen sich dabei wie folgt berechnen:

$$\bar{N}_r^o = \frac{1}{(T_r - t_r^0) + 1} \sum_{t=t_r^0}^{T_r} N_{rt}^o \quad , \quad (7.33)$$

wobei  $N_{rt}^o$  die beobachtete Absatzmenge des Produktes  $r \in S$  zum Zeitpunkt  $t$  bezeichnet.

Das durchschnittliche Absatzpotential einer Periode ist demnach wie folgt definiert:

$$\bar{N} = \sum_{r=1}^R \bar{N}_r^o \quad . \quad (7.34)$$

Analog zu den Ausführungen des vorherigen Abschnitts läßt sich eine durchschnittliche Präferenzstruktur  $d_e(\mathbf{z})$  aus den so gewonnenen Absatzdaten  $\bar{N}_r^o$  identifizieren. Die Präferenzverteilung bezieht sich somit auf das durchschnittliche Absatzpotential einer Periode. Da eine Gleichverteilung der zeitlichen Präferenzen angenommen wird, gilt für  $d_e(\mathbf{z}, z^t)$ :

$$d_e(\mathbf{z}, z^t) = d_e(\mathbf{z}) \quad , \forall z^t = 0, \dots, T \quad , \quad (7.35)$$

wobei  $d_e(\mathbf{z})$  aus den zeitlich verteilten Produkten  $\mathbf{z}_r^o$  und den damit korrespondierenden durchschnittlichen Absätzen  $\bar{N}_r^o$  zu schätzen ist.

Durch Substitution von  $d(\mathbf{z}, z^t)$  in (7.25) erhält man mit (7.31) für  $N_{it}$ :

$$\begin{aligned} N_{it} &= \sum_{z^t=0}^T \int_{\mathbb{R}^M} P_{it}(\mathbf{z}, z^t) d_e(\mathbf{z}) d\mathbf{z} \\ &= \sum_{z^t=0}^T \sum_{r=1}^R P_{it}(\mathbf{z}_r^o, z^t) \bar{N}_r^o \\ &= \sum_{z^t=0}^T \sum_{r=1}^R \frac{\exp(V_{it}(\mathbf{z}_r^o, z^t))}{\sum_{j \in A} \sum_{t'=t_j^0}^{T_j} \exp(V_{jt'}(\mathbf{z}_r^o, z^t))} \bar{N}_r^o \quad . \end{aligned} \quad (7.36)$$

Die zeitliche Konkurrenz der Produkte bewirkt, daß das durchschnittliche Gesamtabsatzpotential einer Periode auch auf andere Perioden verteilt werden kann. Trotz der

Gleichverteilung der zeitlichen Präferenzen erlaubt die in (7.36) spezifizierte Nachfragefunktion die Generierung von Absatzlebenszyklen sowohl auf der Produktebene wie auch auf höher aggregierten Ebenen in Abhängigkeit von der jeweiligen Angebotsstruktur des Marktes.

### 7.3.3 Berücksichtigung externer Einflüsse

Nicht alle zeitlichen Absatzschwankungen lassen sich durch endogene bzw. strukturelle Änderungen des Marktes erklären, sondern resultieren aus externen Einflüssen.<sup>318</sup> Diese Einflüsse beispielsweise makroökonomischer Natur sind zu berücksichtigen, um eine unverzerrte Identifikation des Modells zu gewährleisten. Ferner dient diese Berücksichtigung dem Prognosezweck des Modells, beispielsweise um Erwartungen bezüglich konjunktureller oder segmentspezifischer Entwicklungen darzustellen.

Hinsichtlich der formalen Spezifikation sind exogene Einflüsse als Veränderungen der Dichte  $d_e(\mathbf{z}, z^t)$  zu interpretieren. Da diese Dichte aus den beobachteten durchschnittlichen Absätzen  $\bar{N}_r^o$  identifiziert wird, läßt sich die Dichte durch eine Gewichtung der Absätze  $\bar{N}_r^o$  zeitlich variieren.

Werden die durch  $\omega_{rt}$  bezeichneten Gewichte unmittelbar in die Nachfrageberechnung integriert, wird der Absatz  $N_{it}$  eines Produkts  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  bestimmt durch:

$$\begin{aligned} N_{it} &= \sum_{z^t=0}^T \sum_{r=1}^R P_{it}(\mathbf{z}_r^o, z^t) \omega_{rt} \cdot \bar{N}_r^o \\ &= \sum_{z^t=0}^T \sum_{r=1}^R \frac{\exp(V_{it}(\mathbf{z}_r^o, z^t))}{\sum_{j \in A} \sum_{t'=t_j^0}^{T_j} \exp(V_{jt'}(\mathbf{z}_r^o, z^t))} \omega_{rt} \cdot \bar{N}_r^o \quad . \end{aligned} \quad (7.37)$$

Eine generelle konjunkturelle Schwankung, die sich undifferenziert auf die gesamte Nachfrage auswirkt, läßt sich durch die Verwendung eines pauschalen Faktors ausdrücken:

$$\omega_{rt} = \omega_t \quad , r = 1, \dots, R \quad . \quad (7.38)$$

Dabei ist bei der Wahl der Faktoren zu berücksichtigen, daß beobachtete Schwankungen jeweils eine strukturelle Komponente und eine durch exogene Einflüsse moti-

<sup>318</sup>Vgl. hierzu die Ausführungen in Abschnitt 6.1.6.

vierte Komponente beinhalten, wobei die Faktoren  $\omega$  lediglich den exogenen Einflüssen Rechnung tragen. Sie werden im folgenden als Konjunkturfaktoren bezeichnet.

Um bezüglich der Festlegung der Konjunkturfaktoren beispielsweise eine segment-spezifische Differenzierung vorzunehmen, sind diejenigen Faktoren  $\omega_{rt}$  gezielt zu definieren, die mit den beobachteten Absätzen  $\bar{N}_r^o$  in den entsprechenden Segmenten korrespondieren.

### 7.3.4 Parameterschätzung

Während im Zuge der vorangegangenen Überlegungen die Identifikation der Präferenzverteilung explizit durch die Modellspezifikation in (7.37) berücksichtigt wird, sind die folgenden freien Modellparameter zu identifizieren:

- $\beta$ : Koeffizienten der Nutzenfunktion  $u^o(\mathbf{X})$ ,
- $\alpha$ : Alterungsspezifischer Parameter der Nutzenfunktion  $u^o(\mathbf{X})$ ,
- $\tau$ : Parameter zur Gewichtung der räumlichen Distanz in  $u^v(\mathbf{z})$ ,
- $\lambda$ : Parameter zur Gewichtung der zeitlichen Distanz in  $u^v(\mathbf{z})$ ,
- $\omega_{rt}$ : zeitbezogene Konjunkturfaktoren.

Bezüglich der Parameterschätzung ist zu erörtern, welche Parameter sich aus den Daten identifizieren lassen. Beispielsweise determinieren die Parameter  $\tau$  sowie  $\lambda$  die Reichweite der räumlichen bzw. zeitlichen Substitution. Sind entsprechende Substitutionen in unzureichender Anzahl in historischen Daten enthalten, ist die Identifikation dieser Parameter fraglich. In diesem Fall ist eine Festlegung der entsprechenden Parameter vor der Durchführung der Schätzprozedur vorzunehmen. Voraussetzung hierfür ist die entsprechende Spezifikation des Produktraums, so daß sich die Werte der Parameter seitens des Anwenders in angemessener Weise interpretieren bzw. bestimmen lassen. Diese Überlegung ist vor dem Hintergrund der verfügbaren Daten und dem Kontext der

Anwendung für die freien Parameter vorzunehmen.<sup>319</sup>

Nachdem entsprechende Parameter a priori festgelegt sind, lassen sich die verbleibenden freien Parameter empirisch schätzen, die im folgenden durch den Vektor  $\theta$  zusammengefaßt sind. Die Schätzprozedur besteht im wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Einer Zielfunktion,
- einem numerischen Verfahren zur Optimierung der Zielfunktion.

Durch die Verwendung eines numerischen Optimierungsverfahrens besteht eine größere Flexibilität hinsichtlich der Auswahl einer geeigneten Schätzfunktion, da hierdurch die analytische Bestimmung eines Optimums nicht erforderlich ist.

Die Schätzung der Parameter  $\theta$  basiert auf der Anpassung der durch das Modell erklärten disaggregierten Absätze  $N_{it}(\theta)$  an die beobachteten Daten  $N_{it}^o$ . Zur Bestimmung der Anpassungsgüte des Modells ist daher die Spezifikation einer Zielfunktion ZF erforderlich. Die Minimierung der Zielfunktion bzw. der Abweichung führt zur Identifikation der optimalen Parameter  $\theta^*$ :

$$\min_{\theta} \text{ZF}(\theta) = \text{ZF}(\theta^*) \quad . \quad (7.39)$$

Die Spezifikation der Zielfunktion läßt sich an das Kleinste-Quadrate-Verfahren anlehnen, demzufolge die Summe der quadratischen Abweichung von Soll-Zuständen und den durch das Modell erklärten Zuständen über alle Produkte minimiert wird. Die resultierende Minimierung ist wie folgt definiert:

$$\min_{\theta} \text{ZF}(\theta) = \min_{\theta} \sum_{t=0}^T \sum_{i \in A_t} (N_{it}(\theta) - N_{it}^o)^2 \quad . \quad (7.40)$$

Bezüglich der Zielfunktion (7.40) ist zu beachten, daß sie auf der Minimierung der absoluten Absatzabweichungen  $N_{it}(\theta) - N_{it}^o$  basiert.

<sup>319</sup>Entsprechende Überlegungen werden im Kontext der Operationalisierung des Modells in Abschnitt 9.3.5 angestellt.

Allgemein weist die Zielfunktion einen unmittelbaren Zusammenhang zur Anpassungsgüte des Modells auf, die sich durch verschiedene Fehlermaße beschreiben läßt. Die in (7.40) spezifizierte Zielfunktion entspricht der Minimierung des absoluten quadratischen Fehlers. Hierbei werden die absoluten Abweichungen der Absatzzahlen beispielsweise eines Volumenmodells und eines exotischen Produktes in gleicher Weise berücksichtigt. Die Verwendung eines relativen Fehlermaßes in der Zielfunktion erlaubt auf der Ebene disaggregierter Absatzzahlen unter Umständen eine bessere Anpassung des Modells:

$$\min_{\boldsymbol{\theta}} \text{ZF} = \min_{\boldsymbol{\theta}} \sum_{t=0}^T \sum_{i \in A_t} \frac{(N_{it}(\boldsymbol{\theta}) - N_{it}^o)^2}{N_{it}^o} \quad . \quad (7.41)$$

Durch (7.41) wird die absolute Abweichung durch  $1/N_{it}^o$  umso höher gewichtet, je geringer der absolute Absatz ist. Darüber hinaus sind weitere Modifikationen der Zielfunktionen denkbar, sofern sie die Anpassungsgüte des Modells in geeigneter Weise verbessern.

Neben der Spezifikation einer geeigneten Zielfunktion ist die Auswahl eines geeigneten numerischen Verfahrens zur Minimierung der Zielfunktion erforderlich. Hierbei sind vor allem die strukturellen Merkmale des Modells zu beachten. Wie aus der Modellspezifikation hervorgeht, ist das Modell nichtlinearer Natur. Zudem ist die Dimension des Optimierungsproblems zu beachten. Hieraus folgt, daß ein Verfahren zu wählen ist, welches für beliebige nichtlineare Funktionen relativ hoher Dimension ein Optimum bzw. eine gute Approximation des Optimums findet.

Vor dem Hintergrund der Vielzahl an entwickelten nichtlinearen Optimierungsmethoden<sup>320</sup> wurde hinsichtlich der vorliegenden Problemstellung das Verfahren der konjugierten Gradienten als geeignet identifiziert,<sup>321</sup> welches sich durch geringen Speicherplatzbedarf und Rechenzeit sowie durch eine hohe Effizienz bezüglich der Konvergenz ausweist.

<sup>320</sup>Vgl. für umfassende Ausführungen zu nichtlinearen Optimierungsmethoden Fletcher, 1987, S. 44 ff., sowie Polak, 1997, S. 56 ff.

<sup>321</sup>Das Verfahren wird auch als Fletcher-Reeves-Verfahren bezeichnet.

Anstelle des einfachen Gradienten als Suchrichtung bzw. Abstiegsrichtung wird bei der Methode der konjugierten Gradienten die jeweilige Abstiegsrichtung iterativ ermittelt. Die so ermittelte Abstiegsrichtung gilt für allgemeine Zielfunktionen. Es läßt sich zeigen, daß dieses Verfahren im Fall von konvexen Zielfunktionen superlinear gegen eine Gradientennullstelle konvergiert. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, daß die Konvexität des hier betrachteten Problems nicht gezeigt wurde. Aus diesem Grund wurden auch globale Optimierungsverfahren<sup>322</sup> zur Ermittlung des Optimums verwendet, die sich jedoch in den Lösungen nur unwesentlich von den oben erörterten Verfahren unterscheiden, so daß aus Gründen der Effizienz und Geschwindigkeit die Anwendung eines Verfahrens der konjugierten Gradienten gerechtfertigt ist.

## 7.4 Aspekte der Modellanwendung

Nachdem die Modellspezifikation und Modellidentifikation ausführlich erörtert worden sind, wird abschließend im Hinblick auf die ursprüngliche Motivation für das Modell auf Aspekte und Ablauf der Modellanwendung eingegangen. Der Ablauf des Verfahrens ist schematisch in Abbildung 7.1 dargestellt.

Das Modell erfordert zunächst eine konkrete Operationalisierung, die unter Berücksichtigung der Daten und des Anwendungskontextes insbesondere die Definition des Produkt- bzw. Präferenzraums, der Komponenten der Nutzenfunktion sowie die Festlegung der entsprechenden Modellparameter betrifft. Aus den produktspezifischen Daten sowie den entsprechenden Absatzdaten lassen sich die freien Parameter schätzen. Damit ist das Modell vollständig identifiziert und läßt sich für Prognose- und Analyse Zwecke im Sinne der Problemstellung dieser Arbeit verwenden. Hierbei gehen die im Rahmen der Problemstellung aufgeführten Prämissen in die Anwendung des Modells ein.<sup>323</sup>

Das spezifizierte Modell erfüllt demnach die wesentliche Anforderung der Berechnung und Beurteilung unterschiedlicher Zukunftsszenarien. Damit wird im Hinblick auf die langfristige Natur der Prognoseaufgabe der damit verbundenen Unsicherheit Rech-

<sup>322</sup>Das verwendete Verfahren wird als Multi-Level-Single-Linkage Methode bezeichnet.

<sup>323</sup>Vgl. die Aufzählung der Prämissen in Abschnitt 1.1.

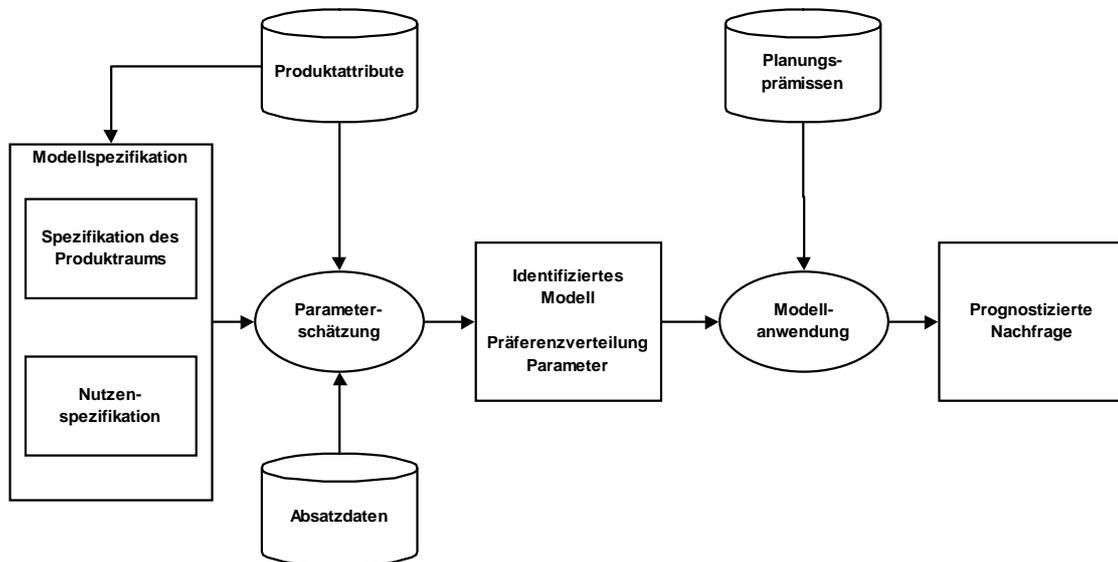


Abbildung 7.1: Gesamtablauf der Modellanwendung

nung getragen. Zudem wird durch die universelle Beschreibung der Produkte und der Marktstruktur die Anforderung hinsichtlich der Generalisierungsfähigkeit des Modells erfüllt.

Nicht enthalten ist hingegen eine umfassende Berücksichtigung von Produktinnovationen im Sinne der Neudefinition eines Marktsegments. Erwartungen bezüglich Präferenzverschiebungen lassen sich durch dieses Modell lediglich bezüglich solcher Segmente explizit formulieren, die bereits in der Vergangenheit existent waren. Werden jedoch Produkte eingeführt, welche eine große Distanz zu bisher beobachteten Produkten aufweisen und demnach als innovativ bzw. neuartig zu bewerten sind, ist das Modell nicht in der Lage, diesen Produkten Absätze zuzuordnen, da historische Präferenzen für die entsprechenden Merkmalskombinationen nicht beobachtbar sind.

# Kapitel 8

## Modellerweiterung für Produktinnovationen

Wie in Abschnitt 6.1.5 erörtert wurde, stellt die Modellierung der Nachfrage nach Produktinnovationen im Kontext dieser Arbeit einen Sonderfall dar, der in dieser Form nicht durch das im vorherigen Kapitel beschriebene Gesamtmarktmodell erklärt wird. Das Ziel dieses Kapitels ist es daher, unter Bezug auf das zuvor spezifizierte Modell einen erweiternden Ansatz zu entwickeln, der die Berücksichtigung von neuartigen Produkten ermöglicht.

Daher werden im folgenden Abschnitt zunächst die Defizite des Gesamtmarktmodells hinsichtlich der Erklärung der Nachfrage nach Produktinnovationen erörtert, auf deren Basis die Kombination des Diffusionsansatzes mit dem Ansatz des spezifizierten Gesamtmarktmodells konzipiert wird.

### 8.1 Produktinnovationen im Wettbewerbskontext

In Abschnitt 5.1.2 ist der Begriff der Produktinnovation im Sinne der Fragestellung dieser Arbeit anhand verschiedener Klassifikationskriterien dahingehend abgegrenzt worden, daß Produktinnovationen im wesentlichen als neuartige Variationen der Produktkategorie „Automobil“ zu interpretieren sind.

Die Nachfrage nach Produktinnovationen ist durch zwei spezifische Aspekte gekennzeichnet, die das Gesamtmarktmodell nicht zu erklären vermag:

- Der zeitliche Prozeß der Marktdurchdringung von Produktinnovationen,
- die fehlende Information bezüglich der (potentiellen) Präferenzen für nicht besetzte Regionen im Produktraum.

Im folgenden werden diese beiden Aspekte vor dem Hintergrund des Gesamtmarktmodells erörtert, um eine Basis für die Spezifikation der Modellerweiterung zu schaffen.

### 8.1.1 Der zeitliche Prozeß der Marktdurchdringung

Im Zusammenhang mit der Markteinführung von Produktinnovationen wird der Diffusionstheorie zufolge ein zeitlicher Prozeß der Marktdurchdringung unterstellt, der sich aus dem Verhalten der Konsumenten und deren Wahrnehmung der Innovation erklärt.

Das Gesamtmarktmodell unterstellt die sofortige Akzeptanz eines neu eingeführten herkömmlichen Produktes durch die Konsumenten. Formal begründet sich diese Akzeptanz durch den Nutzenwert des Produkts, der zum Zeitpunkt der Markteinführung bereits sein Maximum annimmt und zudem auf ein existierendes Nachfragepotential bezüglich seiner Eigenschaften trifft.

Die durch das Gesamtmarktmodell erfaßten dynamischen Aspekte des Nachfrageverhaltens betreffen die Produktveralterung sowie die temporale Substitution. Die hieraus resultierende Generierung spezifischer Produktlebenszyklen ist im Zuge der Modellspezifikation eingehend erörtert worden und bezüglich der herkömmlichen Produkte zutreffend. Werden jedoch innovative Produkte eingeführt, welche sich signifikant von existierenden Produkten unterscheiden, ist nicht von einer sofortigen und gänzlichen Marktdurchdringung dieser Produkte auszugehen.

Den theoretischen Ansatz zur Erklärung dieser Beobachtung liefern die in diesem Zusammenhang vielfach angewendeten Modelle zur Erklärung der Diffusion von Innovationen.<sup>324</sup> Dieser Ansatz unterscheidet sich in formaler Hinsicht wesentlich von dem im Gesamtmarktmodell verwendeten nutzenbasierten Ansatz. Das Diffusionsmo-

---

<sup>324</sup>Vgl. Abschnitt 5.3.

dell bildet Adoptionen des Produktes als Funktion der Zeit ab:<sup>325</sup>

$$\frac{\partial F(t)}{\partial t} = (a + bF(t))[\bar{F} - F(t)] \quad , \quad (8.1)$$

wobei  $F(t)$  die kumulierten Adoptionen des Produkts zum Zeitpunkt  $t$  und  $\bar{F}$  das maximale Adoptionspotential bezeichnen. Die Parameter  $a$  und  $b$  sind Modellparameter, die den Einfluß der Innovatoren bzw. deren Imitatoren bestimmen.<sup>326</sup>

Die Betrachtung der Innovation im Kontext des Wettbewerbs erfordert in formaler Hinsicht die Integration des in (8.1) dargestellten zeitlichen Prozesses in das Gesamtmarktmodell, ohne daß dessen Eigenschaften bezüglich der Repräsentation differenzierter Produkte und der heterogenen Marktstruktur aufgegeben werden.

### 8.1.2 Präferenzen für Innovationen

Produktinnovationen sind aufgrund ihrer Neuartigkeit dadurch gekennzeichnet, daß sie im Kontext des Gesamtmarktmodells in solchen Punkten innerhalb des Präferenzraumes positioniert sind, in denen Konsumenten mit entsprechenden Präferenzen bislang nicht beobachtbar waren. Das Defizit des Gesamtmarktmodells hinsichtlich der Darstellung von Produktinnovationen liegt demzufolge in der unzureichenden Darstellung des Nachfragepotentials für neuartige Produkte.

Formal drückt sich dieses Defizit darin aus, daß eine Produktinnovation  $i$  relativ große Distanzen  $\delta_i(\mathbf{z}_r^o)$  zu denjenigen Produkten  $\mathbf{z}_r^o$  aufweist, deren Absätze  $\bar{N}_r^o$  zur Identifikation der Präferenzverteilung dienen. Im äußersten Fall ist die Produktinnovation so weit von diesen historisch beobachteten Absätzen entfernt, daß sie bei der „Verteilung“ des in den Punkten  $\mathbf{z}_r^o$  enthaltenen Absatzpotentials unzureichend berücksichtigt wird, da die Nutzenkomponente  $V_i$  aufgrund des hohen Nutzenverlustes einen zu geringen Wert aufweist.

Eine Anpassung der Nutzenverlustfunktion durch den Parameter  $\tau$  zur Erhöhung

<sup>325</sup>Unter Adoption wird im Zusammenhang mit Diffusionsmodellen nicht notwendigerweise der Absatz des betrachteten Produkts verstanden. Ebenso lassen sich damit auch Größen wie Produktwahrnehmung, Versuchskäufe oder auch Kaufabsicht assoziieren (vgl. auch Abschnitt 5.2).

<sup>326</sup>Vgl. hierzu die Erläuterung des fundamentalen Diffusionsmodells in Abschnitt 5.3.1.

der Substitutionsreichweite<sup>327</sup> ist auszuschließen, da in diesem Fall alle bzw. zu viele Produkte miteinander in Wettbewerb stünden und sich die gewünschte Eigenschaft differenzierter Substitutionsbeziehungen der Produkte durch das Nachfragemodell nicht mehr darstellen ließe.

Im Kontext des Gesamtmarktmodells ist die geglättete Verteilung der Präferenzen statischer Natur, was sich positiv auf die Generalisierungsfähigkeit und Robustheit des Modells auswirkt. Im Falle von Produktinnovationen reicht die Glättung jedoch nicht aus, um den entsprechenden Produkten ein adäquates Absatzpotential zuzuordnen. Daraus läßt sich schließen, daß die statische Natur der Präferenzverteilung hinsichtlich der Betrachtung von Produktinnovationen aufgegeben werden muß und die ursprüngliche Spezifikation des Gesamtmarktmodells diesbezüglich zu untersuchen ist.

## 8.2 Modellspezifikation

Auf der Grundlage der im Abschnitt 8.1 aufgeführten Defizite des Gesamtmarktmodells wird im folgenden die Integration des Diffusionsansatzes in das Gesamtmarktmodell erörtert und ein entsprechendes Nachfragemodell spezifiziert.

### 8.2.1 Integration des Diffusionsprozesses

Vor dem Hintergrund der beiden zuvor aufgeführten Defizite des Gesamtmarktmodells wird im folgenden die Integration des Diffusionsmodells in das Gesamtmarktmodell vorgenommen, die auf der Überlegung basiert, nicht die Absätze bzw. die Nachfrage als solche durch einen zeitlichen Prozeß darzustellen, sondern diesen auf die Verlagerung bzw. die Bildung der beobachteten Präferenzen zu übertragen und damit die statische Natur der Präferenzverteilung aufzuheben. Diese Vorgehensweise ist insofern konsistent mit dem Konzept der Diffusionen von Innovationen, als daß sich Diffusionsmodelle nicht notwendigerweise auf absatzbezogene Größen beziehen, sondern auch auf Größen wie Produktkenntnis oder Wahrnehmung.<sup>328</sup>

<sup>327</sup>Vgl. die Definition von  $\delta_i(\mathbf{z})$  in (7.8).

<sup>328</sup>Vgl. hierzu die Erörterungen in Abschnitt 5.2.

Da eine (zeitlich zunehmende) Nachfrage nach Produktinnovationen in vielen Fällen auch empirisch beobachtbar ist sowie aufgrund der Tatsache, daß Hersteller das Risiko eingehen, ein neuartiges Produkt im Markt zu positionieren, kann angenommen werden, daß eine gewissen Anzahl an Konsumenten existiert, deren Präferenzen den Eigenschaften der Innovation entsprechen.

So läßt sich die im Gesamtmarktmodell aus historischen Daten identifizierte Präferenzverteilung als stationärer Zustand interpretieren, der durch die Einführung einer hinreichend neuartigen Produktinnovation destabilisiert wird, da hierdurch einer Anzahl von Konsumenten die Gelegenheit eröffnet wird, ihre Präferenzen für diese Innovation zu offenbaren. Der hierdurch ausgelöste, zeitlich begrenzte Diffusionsprozeß konvergiert demnach zu einem neuen stationären Zustand, welcher sich inhaltlich als die vollständige Akzeptanz der Innovation durch die Konsumenten interpretieren läßt.

Im folgenden wird auf dieser Vorstellung basierend die dynamische Verschiebung der Präferenzen sowie die Bestimmung der stationären Start- und Endzustände des Prozesses erörtert.

### 8.2.2 Dynamisierung der Präferenzverteilung

Die zuvor dargestellte Grundüberlegung der Übertragung des Diffusionsansatzes auf das Gesamtmarktmodell zur formalen Darstellung einer dynamischen Präferenzverteilung der Konsumenten besteht darin, daß in der Position der Produktinnovation im Produktraum zunehmend Präferenzen für diese spezifische Eigenschaftsausprägung entstehen.

In (8.1) ist bereits das fundamentale Diffusionsmodell dargestellt worden, vor dem Hintergrund der Betrachtung der räumlich verteilten Präferenzen innerhalb eines Produktraums erscheint jedoch die in Abschnitt 5.3.4 dargestellte Erweiterung geeignet, um die räumliche und zeitliche Diffusion der Präferenzen formal darzustellen. Damit läßt sich die kumulierte Anzahl der Adoptionen  $F(z, t)$  im Punkt  $z$  zum Zeitpunkt  $t$  als die kumulierte Anzahl der Konsumenten interpretieren, die bis zum Zeitpunkt  $t$  ihre durch  $z$  charakterisierten Präferenzen offenbart haben. Ferner sind durch  $\bar{F}(z)$  die räumlich verteilten Adoptionen bezeichnet, gegen die der Prozeß konvergiert. Überträgt man die

Anzahl der Adoptionen auf die Anzahl der Konsumenten mit Präferenzen in  $z$ , so läßt sich auch schreiben:

$$\begin{aligned} d(z, t) &= F(z, t), \\ \bar{D}(z) &= \bar{F}(z), \end{aligned} \quad (8.2)$$

wobei durch  $d(z, t)$  die Präferenzverteilung zum Zeitpunkt  $t$  bezeichnet wird, während  $\bar{D}(z)$  die stationäre Verteilung der Präferenzen als Endzustand des Diffusionsprozesses kennzeichnet.

Damit läßt sich die Präferenzverteilung  $d(z, t)$  durch das räumliche Diffusionsmodell in Anlehnung an (5.14) wie folgt beschreiben:

$$\dot{d}(z) = \frac{\partial d(z, t)}{\partial t} = (a + b d(z, t))[\bar{D}(z) - d(z, t)] \quad , \quad (8.3)$$

wobei die Diffusionskoeffizienten durch  $a$  und  $b$  bezeichnet sind.

Das in (8.3) spezifizierte Diffusionsmodell berücksichtigt lediglich eine räumliche Dimension  $z$  und unterstellt die Einführung der Innovation in der Position  $z = 0$ , so daß sich die Innovation zeitlich von dieser Position aus in eindimensionaler Richtung ausbreitet, bis sie ihr positionsspezifisches Adoptionspotential  $\bar{D}(z)$  gänzlich ausgeschöpft hat.

Der in (8.3) dargestellte Prozeß wird im folgenden in Anlehnung an das Gesamtmarktmodell auf einen mehrdimensionalen Produktraum übertragen, in dem die Innovation durch die Position  $\mathbf{z}_i \in \mathbb{R}^M$  beschrieben ist.<sup>329</sup> So läßt sich (8.3) wie folgt modifizieren:

$$\dot{d}_i(\mathbf{z}, t) = \frac{\partial d_i(\mathbf{z}, t)}{\partial t} = a + b d_i(\mathbf{z}, t))[\bar{D}_i(\mathbf{z}) - d(\mathbf{z}, t)] \quad , \quad (8.4)$$

wobei die stationäre Präferenzverteilung, gegen die der Prozess konvergiert, durch  $\bar{D}_i(\mathbf{z})$  bezeichnet ist. Die Indizierung von  $d_i$  bzw.  $\bar{D}_i$  bezeichnet die Auslösung des Prozesses durch die Einführung der Produktinnovation  $i$  in  $\mathbf{z}_i$  und damit einhergehend die Abhängigkeit der stationären Präferenzverteilung  $\bar{D}$  von  $i$ .

<sup>329</sup>Vgl. zu den Notation die Erläuterungen in Abschnitt 7.1.

In Anlehnung an (5.16) ist die kumulierte Dichte der Verteilung  $d(\mathbf{z}, t)$  zum Zeitpunkt  $t$  definiert durch:

$$d(\mathbf{z}, t) = \frac{\bar{D}(\mathbf{z}) - \frac{a(\bar{D}(\mathbf{z}) - d_0(\mathbf{z}))}{a + b d_0(\mathbf{z})} \exp[-(a + b \bar{D}(\mathbf{z}))(t - t_0)]}{1 + \frac{b(\bar{D}(\mathbf{z}) - d_0(\mathbf{z}))}{a + b d_0(\mathbf{z})} \exp[-(a + b \bar{D}(\mathbf{z}))(t - t_0)]} \quad (8.5)$$

mit:

$$d_0(\mathbf{z}) = d(\mathbf{z}, t = t_0) \quad ,$$

wobei  $d_0(\mathbf{z})$  die stationäre Verteilung der offenbarten Präferenzen zum Beginn  $t_0$  des Diffusionsprozesses kennzeichnet. Inhaltlich ist  $d_0(\mathbf{z})$  mit der im Gesamtmarktmodell identifizierten stationären Präferenzverteilung gleichzusetzen, die wie beschrieben durch die Einführung der Produktinnovation destabilisiert wird.

Hinsichtlich der inhaltlichen Interpretation des durch (8.4) beschriebenen Diffusionsprozesses ist anzumerken, daß durch die Einführung der Produktinnovation das Konsumentenpotential dieser Region „geweckt“ wird, und zwar umso intensiver und je eher, je näher die Präferenzen der Konsumenten der Position der Produktinnovation sind. Diese Vorstellung ist allerdings nicht notwendigerweise damit gleichzusetzen, daß durch die Einführung ähnlicher neuartiger Produkte sich die Anzahl der Konsumenten proportional erhöht, da nachfolgende Produkte nicht als Produktinnovationen sondern als Imitate anzusehen sind, die nicht die Auslösung neuer Diffusionsprozesse rechtfertigen. Insofern weckt die Produktinnovation nicht nur die Nachfrage für sich selbst, sondern auch für eventuell nachfolgende Produkte, mit denen sie dann im Sinne des Gesamtmarktmodells in Wettbewerb tritt.

### 8.2.3 Bestimmung der stationären Präferenzverteilung

In (8.4) und (8.5) ist der zeitliche Prozeß der Diffusion beschrieben. Die stationären Zustände  $d_0(\mathbf{z})$  bzw.  $\bar{D}_i(\mathbf{z})$  sind dabei von zentraler Bedeutung für den Prozeß, ohne bislang spezifiziert worden zu sein. Es ist allerdings bereits erwähnt worden, daß sich der Startzustand  $d_0(\mathbf{z})$  als die aus historischen Absatzdaten identifizierte Präferenzverteilung betrachten läßt, wie sie im Gesamtmarktmodell verwendet wird.<sup>330</sup>

<sup>330</sup>Vgl. zur Identifikation der Präferenzverteilung im Gesamtmarktmodell Abschnitt 7.3.1.

Der Endzustand  $\bar{D}_i(\mathbf{z})$ , gegen den der Diffusionsprozeß konvergiert, ist demgegenüber nicht bekannt und nicht ohne weiteres zu prognostizieren. Vielmehr sind diesbezüglich Annahmen vor dem Hintergrund der spezifischen Nachfragesituation zu treffen. So ist anzunehmen, daß die Umverteilung der Präferenzen davon abhängt, wie neuartig die Innovation ist, welches Nachfragepotential ihr zugetraut wird, ob eine reine Umverteilung der Präferenzen (gesättigter Markt) angenommen wird oder bisherige Nichtkäufer hinzugewonnen werden und ob die bereits existierenden Produkte gleichermaßen betroffen sind (homogener Markt) oder ob ähnliche Produkte stärker betroffen sind und Präferenzpotential verlieren (heterogener Markt).

Aus diesen Überlegungen geht hervor, daß die Modellierung der Nachfrage nach Produktinnovationen eine sehr viel spezifischere Betrachtung erfordert als dieses hinsichtlich des Gesamtmarktmodells der Fall ist. Im folgenden wird unabhängig von den aufgeführten zu treffenden Annahmen über den Kontext eine generelle Möglichkeit der Spezifikation der stationären Zustände dargestellt.

In Abschnitt 5.3.4 ist in (5.18) im Zusammenhang mit räumlichen Diffusionsmodellen das Präferenzpotential als Funktion der Distanz zur Innovation definiert worden:

$$\bar{D}(z) = k_1 - k_2 \frac{z^2}{2} \quad , \quad (8.6)$$

wobei die Innovation in  $z = 0$  positioniert ist. Das Potential der Innovation in  $z = 0$  ist durch die Konstante  $k_1$  bezeichnet. Mit zunehmender Distanz zu  $z = 0$  nimmt dieses Potential durch  $k_2$  gewichtet ab. In funktionaler Hinsicht wird demnach eine Kernelfunktion zur Spezifikation von  $\bar{D}$  verwendet. Annahmen bezüglich der Parameter  $k_1$  und  $k_2$  beziehen sich damit auf das Absatz- bzw. Präferenzpotential sowie auf die Reichweite der Innovationswirkung.

Hier läßt sich in Analogie zu den in Abschnitt 7.3.1 aufgeführten Erörterungen zur Identifikation der Präferenzdichte die in (8.6) dargestellte Definition des Endzustandes der Präferenzverteilung auf die gleichzeitige Betrachtung aller Produkte innerhalb eines mehrdimensionalen Produktraums übertragen, so daß für  $d_0(\mathbf{z})$  bzw.  $\bar{D}_i(\mathbf{z})$  gilt:

$$d_0(\mathbf{z}) = \sum_{r=1}^R N_r^o w(|\mathbf{z} - \mathbf{z}_r^o|, \zeta) \quad , \quad (8.7)$$

und

$$\bar{D}_i(\mathbf{z}) = \sum_{r=1}^{R+1} N_r^i w(|\mathbf{z} - \mathbf{z}_r^i|, \zeta) \quad , \quad (8.8)$$

wobei die Funktion  $w(|\mathbf{z} - \mathbf{z}_r^o|, \zeta)$  in Anlehnung an (7.28) durch ein Gauß'sches Kernel definiert ist:

$$w(|\mathbf{z} - \mathbf{z}_i|, \zeta) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\zeta^2)^M}} \exp\left(-\frac{(\mathbf{z} - \mathbf{z}_i)'(\mathbf{z} - \mathbf{z}_i)}{2\zeta^2}\right).$$

Der Ausdruck (8.7) bezeichnet die aus den beobachteten Absätzen  $N_r^o$  identifizierte Verteilung. In (8.8) wird dagegen zusätzlich die Produktinnovation  $i$  berücksichtigt, so daß die dementsprechend modifizierten  $N_r^i$  die erwartete bzw. angenommene neue Präferenzverteilung widerspiegeln. Insbesondere enthält  $N_r^{R+1}$  das Absatzpotential, welches der Produktinnovation (und den eventuell nachfolgenden Wettbewerbern) zugewiesen wird. Damit bezeichnet  $N_r^{R+1}$  das Potential der Innovation, während der Parameter  $\zeta$  der Reichweite der Innovationswirkung entspricht.

In der Spezifikation der  $N_r^i$  müssen demnach die oben aufgeführten Annahmen bezüglich des Kontextes berücksichtigt werden, so gilt für die Betrachtung eines gesättigten Marktes beispielsweise:

$$\sum_{r=1}^R N_r^o = \sum_{r=1}^{R+1} N_r^i \quad ,$$

während mit:

$$N_{R+1}^i + \sum_{r=1}^R N_r^o = \sum_{r=1}^{R+1} N_r^i \quad , \quad N_r^i = N_r^o, \forall r = 1, \dots, R$$

die Gewinnung vorheriger Nichtkäufer durch die Produktinnovation bezeichnet wird.

### 8.2.4 Absatzberechnung

Basierend auf der dynamischen Präferenzverteilung  $d(\mathbf{z}, t)$  läßt sich das Nachfragekalkül des Gesamtmarktmodells im einperiodigen Fall<sup>331</sup> zur Berechnung der produktspezifischen Absätze verwenden. In Anlehnung an (7.13) ist der Absatz des Produkts  $i$

<sup>331</sup>Vgl. hierzu Abschnitt 7.1.

zum Zeitpunkt  $t$  bestimmt durch:

$$\begin{aligned} N_{it} &= \int_{\mathbb{R}^M} P_i(\mathbf{z}) d(\mathbf{z}, t) d\mathbf{z} \\ &= \int_{\mathbb{R}^M} \frac{\exp(V_i(\mathbf{z}))}{\sum_{j \in A} \exp(V_j(\mathbf{z}))} d(\mathbf{z}, t) d\mathbf{z} \quad , \end{aligned} \quad (8.9)$$

wobei in Analogie zum Gesamtmarktmodell durch  $V_i$  bzw. durch  $V_j$  produktspezifische Nutzenwerte bezeichnet sind, die hier der Einfachheit halber nicht die zeitbezogenen Komponenten der Alterung sowie der temporalen Substitution enthalten. Diese Einschränkung ist insofern gerechtfertigt, als daß der Diffusionsprozeß zeitlich begrenzt ist. Gleichwohl ist eine simultane Berücksichtigung der dynamischen Komponenten des Gesamtmarktmodells und der dynamisierten Präferenzen möglich, indem diese Komponenten wie beschrieben in die Nutzenkomponente  $V_{it}$  integriert werden.

Die Präferenzverteilung  $d(\mathbf{z}, t)$  entspricht der Darstellung in (8.5), wobei die stationären Start- bzw. Endzustände gemäß (8.7) bzw. (8.8) bestimmt werden.

Wie im Gesamtmarktmodell ist auch hier anzumerken, daß sowohl in der Nutzenfunktion  $V_i$  als auch innerhalb der geschätzten Präferenzverteilungen  $d_0(\mathbf{z})$  und  $\bar{D}_i(\mathbf{z})$  Kernelfunktionen verwendet werden. In Analogie zu der in Abschnitt 7.3.1 beschriebenen Vorgehensweise läßt sich statt des Gauß'schen Kernels die Dirac-Funktion<sup>332</sup> zur Bestimmung der stationären Präferenzverteilungen verwenden, so daß sich die Präferenzpotentiale  $N_r(t)$  als unmittelbares Ergebnis des Diffusionsprozesses betrachten lassen. In Analogie zu (7.31) läßt sich die Nachfrage nach Produkt  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  wie folgt definieren:

$$\begin{aligned} N_{it} &= \int_{\mathbb{R}^M} P_i(\mathbf{z}) d_e(\mathbf{z}, t) d\mathbf{z} \\ &= \sum_{r=1}^{R+1} P_i(\mathbf{z}_r^o) N_r(t) \\ &= \sum_{r=1}^{R+1} \frac{\exp(V_i(\mathbf{z}_r^o))}{\sum_{j \in A} \exp(V_j(\mathbf{z}_r^o))} \cdot N_r(t) \quad , \end{aligned} \quad (8.10)$$

<sup>332</sup>Vergleiche hierzu die Definition der Dirac-Funktion in Abschnitt 7.3.1.

wobei  $N_r(t)$  durch folgenden Diffusionsprozeß beschrieben wird:

$$N_r(t) = \frac{N_r^i - \frac{a(N_r^i - N_r^o)}{a + bN_r^o} \exp[-(a + bN_r^i)(t - t_0)]}{1 + \frac{b(N_r^i - N_r^o)}{a + bN_r^o} \exp[-(a + bN_r^i)(t - t_0)]} \quad (8.11)$$

Dabei besitzen  $N_r^o$  und  $N_r^i$  die gleiche Bedeutung wie in (8.7) bzw. (8.8). Der ursprüngliche Absatz der durch  $R+1$  indizierten Innovation ist naturgemäß mit  $N_{R+1}^o = 0$  gleich Null gesetzt.

Mit (8.10) wird das Nachfragekalkül des Gesamtmarktmodells nachvollzogen und gleichzeitig eine Dynamisierung der Präferenzverteilung und genauer der (zunächst) beobachteten Absätze  $N_r^o$  explizit berücksichtigt. Die dynamische Präferenzverteilung vollzieht dabei einen Diffusionsprozeß, welcher gleichzeitig die Anpassung der Präferenzen für die etablierten Produkte erlaubt.

### 8.3 Aspekte der Modellanwendung

In diesem Kapitel ist eine Erweiterung des im vorherigen Kapitel spezifizierten Gesamtmarktmodells vorgenommen worden, die die Einführung von Produktinnovationen explizit in die Erklärung der Nachfrage einbezieht. Wie im Rahmen der Erörterungen deutlich wurde, ist dabei diese Erweiterung als ein Sonderfall anzusehen, der räumlich (im Sinne eines Produktraums) sowie zeitlich begrenzt ist.

Insofern erfüllt die hier vorgenommene Modellerweiterung nicht die Anforderung der Generalisierungsfähigkeit, sondern ist vielmehr im Bedarfsfall unter Berücksichtigung des spezifischen Nachfragekontextes vorzunehmen. Dabei sind im wesentlichen zwei Aspekte von Relevanz für die Anwendung:

- Die Definition des Diffusionsprozesses durch die Modellparameter  $a$  und  $b$ ,
- die Annahmen bezüglich der Präferenzverteilung  $\bar{D}(\mathbf{z})$  nach Einführung der Produktinnovation.

Diese beiden Aspekte werden im folgenden diskutiert.

### 8.3.1 Spezifikation des Diffusionsprozesses

Hinsichtlich der Spezifikation des Diffusionsprozesses bestehen verschiedene Alternativen, die einerseits die Schätzung der Modellparameter aus historisch beobachteten Einführungen von Produktinnovationen beinhalten und andererseits die Definition geeigneter Annahmen bezüglich der Marktdurchdringung umfassen.

Im Gegensatz zum Gesamtmarktmodell weist die Schätzung des Diffusionsmodells einige Besonderheiten auf. So erfordert der relativ kurzfristige Betrachtungszeitraum im Vergleich zum Gesamtmarktmodell eine genauere zeitliche Auflösung der verfügbaren Absatzdaten. Da auch der Raum betroffener Produkte möglicherweise begrenzt ist, ist der Produktraum so zu spezifizieren, daß der innovative Charakter des neuartigen Produkts zum Ausdruck kommt und die durch die Produktinnovation betroffenen Produkte erfaßt werden.

In (8.10) ist das Kalkül zur Berechnung der disaggregierten Absätze enthalten. Stehen entsprechende Absatzzeitreihen der betrachteten Produkte zur Verfügung, lassen sich die Parameter der Nutzenfunktion sowie die Koeffizienten des Diffusionsprozesses  $a$  bzw.  $b$  durch Minimierung der Absatzabweichungen schätzen.<sup>333</sup>

Kritisch zur Schätzung aus historisch beobachteten Einführungen neuartiger Produkte ist anzumerken, daß die Verwendung eines derart identifizierten Nachfragemodells unterstellt, daß weitere Produktinnovationen in analoger Weise den Markt durchdringen.

Die alternative Spezifikation des Prozesses der Marktdurchdringung besteht demgegenüber darin, Annahmen bezüglich der Marktdurchdringung bzw. der Modellparameter  $a$  und  $b$  zu treffen, wobei sich auch die Betrachtung alternativer Szenarien zur Entscheidungsunterstützung anbietet. So lassen sich auf simulativer Basis unterschiedliche Marktdurchdringungsprozesse und deren Auswirkungen auf den Wettbewerb analysieren.

<sup>333</sup>Vgl. hierzu die Ausführungen zur Identifikation des Gesamtmarktmodells in Abschnitt 7.3.4.

### 8.3.2 Spezifikation der Präferenzverteilung

Wie bereits erwähnt, sind bezüglich der Definition des stationären Endzustandes des Diffusionsprozesses einige Annahmen zu treffen, die sich wesentlich auf die Ergebnisse der durch das Modell erklärten Nachfrage auswirken. So sind unter anderem folgende Aspekte von Bedeutung:

- Die Art des Marktes (gesättigt, Wachstumsmarkt),
- der betrachtete Marktausschnitt (homogene oder heterogene Produktstruktur),
- das Nachfrage- bzw. Absatzpotential der eingeführten Innovation.

Aus diesen Punkten wird ersichtlich, daß die Spezifikation der in diesem Kapitel erörterten Modellerweiterung einer genauen Betrachtung der Produktinnovation und des davon beeinflussten Marktumfelds bedarf.

In diesem Zusammenhang sei angemerkt, daß sich diese Aspekte eignen, um alternative Szenarien zu berechnen und zu analysieren. Darüber hinaus existieren in der Marketingforschung zahlreiche Methoden und Verfahren, um die Akzeptanz neuer Produkte und deren Auswirkungen auf existierende Produkte zu ermitteln.<sup>334</sup> Ergebnisse derartiger Studien erscheinen geeignet, um adäquate Annahmen bezüglich der Spezifikation der Präferenzverteilung und der Auswirkungen der Produktinnovation auf den Wettbewerb zu treffen.

### 8.3.3 Zwischenfazit

Die Motivation für die hier vorgenommene Modellerweiterung resultiert aus den identifizierten Defiziten des Gesamtmarktmodells hinsichtlich der Erklärung eines zeitlichen Prozesses der Marktdurchdringung neuartiger Produkte sowie der statischen Natur der Präferenzverteilung. Durch diese Eigenschaften wird die Nachfrage nach Produkten,

<sup>334</sup>Vgl. hierzu die in Abschnitt 5.2 diskutierten Methoden, von denen insbesondere die Conjoint-Analyse, die Multidimensionale Skalierung (MDS) und die im Marketing verwendeten Idealpunkt- und Idealvektor-Modelle hervorzuheben sind.

welche sich stark von zuvor beobachteten Produkten unterscheiden, nicht in angemessener Weise durch das Gesamtmarktmodell dargestellt.

Die Lösungskonzeption zur Beseitigung der erwähnten Defizite beruht auf der Dynamisierung der Präferenzverteilung mittels eines Diffusionsansatzes zur Erklärung der zeitlichen Marktdurchdringung von Innovationen. Gedankliche Grundlage dieses Ansatzes ist die Vorstellung, daß Konsumenten existieren, die Präferenzen auch für neuartige Produkte besitzen, diese jedoch erst im Verlauf eines zeitlichen Prozesses offenbaren, so daß erst allmählich die Nachfrage für die Produktinnovation entsteht.

Bezüglich der Anwendung dieser Erweiterung des Gesamtmarktmodells ist anzumerken, daß auf Automobilmärkten diese Situation durch Produkte ausgelöst wird, die sich aus Sicht der Konsumenten (nicht eines Unternehmens) signifikant von bislang existierenden Produkten unterscheiden und damit gleichsam neue Segmente definieren oder Nischen besetzen.

Aus den vorangegangenen Ausführungen wurde der spezielle Charakter dieser Modellerweiterung deutlich, deren Anwendung zudem zeitlich und räumlich begrenzt ist. Die Spezifikation dieses Modells erfordert demzufolge wesentlich stärkere Annahmen bezüglich der Kontextfaktoren der Nachfragesituation, bietet auf diese Weise jedoch die Möglichkeit, alternative Annahmen in Form verschiedener Szenarien zu analysieren.

## **Teil IV**

# **Empirische Analyse des deutschen Automobilmarktes**



# Kapitel 9

## Konzeption und Operationalisierung

Im Zuge der Entwicklung des Nachfragemodells in den vorherigen Kapiteln sind die spezifischen Anforderungen hinsichtlich der Erklärungskraft des Modells explizit dargestellt und berücksichtigt worden. Im Interesse der fundierten Modellevaluierung wird nachfolgend das Nachfragemodell hinsichtlich der Erfüllung dieser Anforderungen einer empirischen Untersuchung unterzogen.

Im Verlauf dieses Kapitels wird zunächst die Datengrundlage erörtert, bevor die Konzeption der empirischen Untersuchung erläutert wird und die Operationalisierung des hier spezifizierten Modells sowie der herangezogenen Vergleichsmodelle erfolgt.

### 9.1 Datengrundlage

Die in der empirischen Untersuchung verwendeten Daten beziehen sich auf den deutschen Markt für Personenkraftwagen (PKW) und umfassen den Zeitraum von 1993 bis 1999. Sie gliedern sich in produktspezifische Attribute sowie die entsprechenden zeitlich variierenden Absätze. Die Segmente der Klein- und Kompaktwagen werden im Zuge der empirischen Untersuchung nicht in Betracht gezogen, da der Fokus der Untersuchung auf den höher angesiedelten Marktsegmenten liegt. Diese Einschränkung hat allerdings keine Auswirkungen auf die Anforderungen an das Nachfragemodell, da auch in der hier betrachteten Untermenge die Heterogenität der betrachteten Produkte stark ausgeprägt ist.

Im folgenden werden neben der Darstellung der jeweiligen Datencharakteristik auch relevante Aspekte der Datenvorverarbeitung erörtert.

### 9.1.1 Produktdaten

Die produktspezifischen Attribute<sup>335</sup> umfassen die Markenbezeichnung, Produkt- und Baureihenbezeichnung, relevante technische Merkmale, Preise sowie Produktionszeiträume, so daß eine eindeutige Beschreibung der einzelnen Typvarianten ermöglicht wird. Anhang C.2 enthält die vollständige Auflistung der entsprechenden Attribute. In formaler Hinsicht entsprechen die Produktdaten dem in Abschnitt 7.1 eingeführten Vektor  $x$  der originären Produktcharakteristika.

Wie in Abschnitt 6.1.4 erörtert wurde, unterliegen einige Attribute zeitlichen Einflüssen bzw. Trendentwicklungen, was insbesondere für die Produktpreise gilt. So lassen sich empirisch Preissteigerungsraten ermitteln, sofern einem Produkt mindestens zwei Preise inklusive der korrespondierenden Änderungszeitpunkte zugeordnet sind. Durch die resultierende durchschnittliche Preissteigerungsrate über alle betrachteten Produkte läßt sich eine Diskontierung der Produktpreise vornehmen. Die in der Untersuchung betrachteten Produkte sind demzufolge mit lediglich einem Preis versehen, der sich auf den Zeitpunkt 01.01.1993 bezieht.

Eine analoge, jedoch etwas gröbere Abschätzung wird bezüglich der Motorenleistungen vorgenommen, die ebenfalls einen zeitlichen Trend aufweisen. Im Fall der Motorenleistung läßt sich die durchschnittliche Steigerungsrate aus den Differenzen zwischen aufeinanderfolgenden Produktgenerationen ermitteln und zur Trendbereinigung verwenden.

Darüber hinaus erfordern Attribute mit qualitativen Ausprägungen beispielsweise für die Karosserieform, für das Verbrennungsverfahren oder für Sicherheitsfeatures eine Darstellung in Form von Binärvariablen.

---

<sup>335</sup>Die Daten entstammen der LKD-Datenbank der DaimlerChrysler AG.

### 9.1.2 Absatzdaten

Die in der Untersuchung verwendeten Absatzdaten entsprechen den amtlichen monatlichen Neuzulassungen des deutschen PKW-Marktes<sup>336</sup> für den Zeitraum von 1993 bis 1999. Neben den Absätzen sind die Produkte durch weitere Attribute gekennzeichnet, die deren Zuordnung zu den produktspezifischen Attributen erlauben. Die Auflistung der Attribute ist in Anhang C.1 enthalten. Die Attribute erlauben eine eindeutige Zuordnung der produktspezifischen Absatzdaten zu den zuvor erläuterten Attributen der entsprechenden Produkte. Die Gegenüberstellung der Absatzzeiträume mit den in den Produktdaten enthaltenen Produktionszeiträumen erlaubt zudem im Konfliktfall die Anpassung bzw. die Korrektur der in den Daten enthaltenen An- und Auslauftermine.

Die absatzbezogenen Daten bedürfen insofern der Vorverarbeitung, als daß es sich hierbei um amtliche Zulassungszahlen handelt, in denen unter anderem auch Fahrzeuge mit sehr geringen Zulassungszahlen enthalten sind, beispielsweise Versuchsfahrzeuge oder PKW mit Elektroantrieb. Es ist anzunehmen, daß deren Zulassungszahlen nicht der Nachfrage des Marktes entsprechen, so daß die Erklärung dieser Zahlen durch Produkteigenschaften im Rahmen eines quantitativen Nachfragemodells zu verzerrten Parameterschätzungen führt. Die Absatzdaten werden demnach um Typvarianten mit irrelevanten Absatzzahlen und Produkteigenschaften bereinigt.<sup>337</sup> Insgesamt werden im Rahmen der Untersuchung 736 verschiedene Produktvarianten betrachtet.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, daß die Zulassungszahlen auf monatlicher Basis vorliegen, insgesamt jedoch ein Zeitraum von sieben Jahren betrachtet wird. Zudem erscheint das Problem der unterjährigen Saisonalität des Nachfrageverhaltens im Sinne der Problemstellung weniger relevant und wird demzufolge nicht in der Modellspezifikation berücksichtigt. Darüber hinaus ist es im Sinne der Datenverarbeitung ein aufwendiger Prozess, in der Phase von Produktanläufen und -ausläufen monatliche Zulassungszahlen und die in den Daten enthaltenen Termine derart exakt aufeinander ab-

<sup>336</sup>Die Daten entstammen der MAPIS-Datenbank der DaimlerChrysler AG.

<sup>337</sup>Die Bereinigung der Daten bezieht sich auf die bereits um das Segment der Klein- und Kompaktwagen reduzierten Daten.

zustimmen, daß hier keine systematischen Verzerrungen im Rahmen der Schätzung des Modells entstehen. Demzufolge werden die Zulassungszahlen von der monatlichen auf die quartalsbezogene Ebene aggregiert, was noch ausführlicher in Abschnitt 9.3.2 adressiert wird.

## 9.2 Konzeption der empirischen Untersuchung

Die empirische Untersuchung bezieht sich auf die Fragestellung, inwieweit die in der Zielsetzung gestellten Anforderungen an die Erklärung des Nachfrageverhaltens durch das in Kapitel 7 spezifizierte Gesamtmarktmodell erfüllt werden.<sup>338</sup>

Im folgenden werden zunächst die Schritte der Modellidentifikation und -validierung grundsätzlich erörtert. Darauf folgend wird auf die Kriterien eingegangen, welche der Evaluierung des Modells dienen. Anschließend wird eine Erörterung der Vergleichsmodelle vorgenommen, die der Einordnung und Evaluierung des hier spezifizierten Gesamtmarktmodells dienen.

### 9.2.1 Modellidentifikation und -validierung

Die empirische Untersuchung quantitativer Modelle unterteilt sich in die Phasen der Modellidentifikation und der Modellvalidierung. In beiden Phasen wird naturgemäß mittels geeigneter Fehlermaße die Anpassungsgüte des Modells an empirische Daten gemessen.

Bezüglich der Modellidentifikation steht die Frage im Vordergrund, inwiefern sich das parametrisierte Modell an beobachtete Daten anpassen läßt. Die Vorgehensweise der Identifikation der Modellparameter ist dabei in Abschnitt 7.3 erörtert worden. Die zur Modellidentifikation verwendeten Daten werden im folgenden als „Trainingsdaten“ bzw. „Trainingsmenge“ bezeichnet.

<sup>338</sup>Die in Kapitel 8 erörterte Modellerweiterung bezüglich der Nachfrage nach Produktinnovationen ist nicht Bestandteil der Modellevaluierung. Diese Erweiterung bezieht sich auf spezifische Produktinnovationen, die aus den dargelegten Gründen eine Anpassung des Nachfragemodell erfordern, deren Untersuchung jedoch hier nicht im Mittelpunkt steht.

Die Validierung des Modells erfordert in einem zweiten Schritt die Anwendung des identifizierten Modells auf unabhängige Daten, welche im folgenden als „Testdaten“ bzw. als „Testmenge“ bezeichnet werden. Die Abweichungen zwischen errechneten und beobachteten Werten bezüglich der Testmenge geben dabei Aufschluß über die Generalisierungsfähigkeit sowie die Erklärungskraft des spezifizierten Modells, die vor dem Hintergrund der Anwendbarkeit des Modells bezüglich langfristiger Prognoseaufgaben von zentraler Bedeutung sind.

Dabei herrscht oftmals ein Konflikt zwischen der Anpassungsgüte des Modells bezüglich der Trainingsdaten und der Testdaten. Je mehr Freiheitsgrade bzw. freie Parameter das Modell enthält, desto besser läßt es sich im Zuge der Identifikation an empirische Daten anpassen, wobei die Gefahr besteht, daß die derart ermittelten Modellparameter „zu genau“ der empirischen Situation entsprechen und an Allgemeingültigkeit verlieren. Diese Einschränkung der Generalisierungsfähigkeit wird oftmals auch als „Overfitting“ bezeichnet.

Im Rahmen dieser Evaluierung ist es nicht möglich, die vorliegenden Daten querschnittlich einem definierten Verhältnis entsprechend in Trainings- und Testdaten zu unterteilen, da die gänzliche Berücksichtigung des zeitlichen Querschnitts und der darin enthaltenen Information bezüglich der Markt- und Produktstruktur zur Modellidentifikation erforderlich ist. Demzufolge erfolgt hier die longitudinale Unterteilung der Daten in Trainings- und Testmenge, so daß das identifizierte Modell auf die Produktdaten derjenigen Perioden anzuwenden ist, die nicht zur Identifikation herangezogen wurden.

Diese Perioden werden demnach als unabhängig angesehen, was durch die sich stets wandelnde Angebotsstruktur und insbesondere durch die Einführung gänzlich neuer Produkte im Testzeitraum untermauert wird.

### **9.2.2 Evaluierungskriterien**

Nachfolgend werden die Kriterien erläutert, anhand derer das hier spezifizierte Gesamtmarktmodell – auch durch den Vergleich mit aus alternativen Modellansätzen resultierenden Ergebnissen – evaluiert wird. Insbesondere handelt es sich hierbei um folgende

Punkte:

- Anpassungsgüte des Modells auf Trainings- und Testdaten,
- Prognose der Nachfrage nach lediglich im Testzeitraum enthaltenen Produkten bzw. Baureihen,
- Generierung von aus der Marktstruktur resultierenden Lebenszyklen,
- Differenziertheit der Substitutionsbeziehungen,
- Robustheit des Modells hinsichtlich der Berechnung alternativer Marktszenarien.

Die Messung der Anpassungsgüte eines quantitativen Modells bezüglich sowohl der Test- als auch der Trainingsdaten liefert aussagekräftige Anhaltspunkte hinsichtlich der Validität quantitativer Modelle. Zur Messung werden gängige Fehlermaße herangezogen:

- Mittlere absolute Abweichung (MAD),
- Wurzel der mittleren quadratischen Abweichung (MSE),
- Mittlere relative absolute Abweichung (MAPE),
- Durchschnittlicher Genauigkeitsquotient (DG),
- Theil'scher Ungleichheitskoeffizient.

Eine umfassendere Erläuterung dieser Fehlermaße und deren Berechnung ist in Anhang D aufgeführt.

Eine gesonderte Betrachtung solcher Produkte und Baureihen, die ausschließlich im Testzeitraum enthalten sind, ist insofern interessant, als daß diese als gänzlich unabhängig von den Trainingsdaten zu betrachten sind. Die Prognosegüte bezüglich dieser Produkte liefert daher ergänzende Erkenntnisse hinsichtlich der Validität des Nachfragemodells.

Die Untersuchung der durch das Modell generierten Lebenszyklen bezieht sich auf die durch das Modell aus der Struktur des Marktes heraus erklärten produkt-, segment- und baureihenspezifischen Lebenszyklen. Die Betrachtung umfaßt sowohl die Trainings- als auch die Testdaten, so daß auch hier der Aspekt der Generalisierungsfähigkeit von Relevanz ist, da die Lebenszyklen nicht explizit als Funktion der Zeit in dem Modell enthalten sind, sondern vielmehr das Resultat einer spezifischen Angebotsstruktur des Marktes sind.

Die Analyse der durch das Modell generierten Substitutionen betrifft insbesondere die Untersuchung der implizierten Kannibalisierungseffekte. Zu diesem Zweck wird analysiert, in welchem Ausmaß beispielsweise der Absatz eines Produktes nach Modifikation relevanter Produkteigenschaften oder der gänzlichen Produktelimination an konkurrierende Produkte abgegeben wird.

Die Abbildung der Wettbewerbssituation bzw. die Generierung differenzierter Substitutionsbeziehungen und die Generalisierungsfähigkeit des Modells bilden zudem die Grundlage der Eignung des Nachfragemodells zur Erzeugung alternativer Marktszenarien.

Die Berücksichtigung unsicherer Zukunftserwartungen durch die Erzeugung und Bewertung verschiedener Zukunftsszenarien stellt hinsichtlich der Modellanwendung eine relevante Eigenschaft dar. Daher sind die auf alternativen Zukunftsprämissen basierenden Szenarien und die resultierenden Absatzdifferenzen insbesondere hinsichtlich ihrer Robustheit zu bewerten.

Variable Einflußgrößen zur Erzeugung der Szenarien umfassen beispielsweise alternative Spezifikationen einzelner Typvarianten, Baureihenkonfigurationen,<sup>339</sup> An- bzw. Auslaufterminierungen oder Erwartungen bezüglich der konjunkturellen Entwicklung.

---

<sup>339</sup>Unter Baureihenkonfiguration wird im Kontext dieser Arbeit die Anzahl der innerhalb einer Baureihe zusammengefaßten Typvarianten sowie deren Spezifikation und deren An- und Auslaufterminierung verstanden.

### 9.2.3 Vergleichsmodelle

Um die Evaluierung des hier entwickelten Nachfragemodells anhand der oben aufgeführten Kriterien vornehmen zu können, werden die betrachteten Daten in analoger Weise auf drei Vergleichsmodelle angewendet, die ebenfalls einen starken Bezug zu der hier behandelten Problematik der Nachfrage nach Automobilen aufweisen.

Hierbei handelt es sich um:

- Die lineare Regressionsanalyse,
- die Prognose durch neuronale Netze,
- und das Nested Logit Modell.

Die lineare Regressionsanalyse als statistisches Standardverfahren findet aufgrund ihrer Handhabbarkeit insbesondere in der Praxis im Hinblick auf quantitative Prognoseaufgaben breite Anwendung und wird daher in die Betrachtung mit einbezogen.

Neuronale Netze als weit verbreitetes Verfahren des maschinellen Lernens zeichnen sich durch die Eigenschaft aus, nahezu beliebige nichtlineare Zusammenhänge zu erklären und werden aufgrund dieser funktionalen Flexibilität für Prognoseaufgaben unterschiedlichster Natur verwendet.

Das bereits eingehend dargestellte Nested Logit Modell<sup>340</sup> ist in der Literatur bereits oftmals auf die Erklärung der Nachfrage nach Automobilen angewendet worden. Zudem stellt es eine Erweiterung des auch in der Praxis vielfach verwendeten Logit Modells dar, die dadurch gekennzeichnet ist, daß es die restriktive IIA-Eigenschaft aufhebt, indem das Angebot einer hierarchischen Struktur folgend definiert wird.

Die Betrachtung der oben genannten Vergleichsmodelle erlaubt die Bewertung der Eigenschaften des hier spezifizierten Gesamtmarktmodells, zumal die genannten Modelle in der Praxis wie auch in der wissenschaftlichen Betrachtung breite Anwendung finden, was ebenfalls aus den Ausführungen in Abschnitt 2.1 ersichtlich wird.

<sup>340</sup>Vgl. die Ausführungen in Abschnitt 3.4.3.2.

## 9.3 Operationalisierung des Gesamtmarktmodells

Vor dem Hintergrund der zuvor dargestellten Daten erfordert die Anwendung des Modells die Operationalisierung der einzelnen Modellkomponenten.<sup>341</sup> Im einzelnen betrifft dieses die zeitliche Auflösung des Modells, den Produktraum, die Nutzenfunktion, die zur Identifikation der Präferenzstruktur verwendeten Absatzdaten sowie die Bestimmung der a priori zu definierenden Parameter.

### 9.3.1 Operationalisierung des Produktraums

Die Spezifikation des Produktraums ist insofern von zentraler Bedeutung für das durch das Modell abgebildete Nachfrageverhalten, als daß hierdurch die Struktur des betrachteten Marktes abgebildet wird.

Formal entspricht die Operationalisierung der Überführung des Vektors  $\mathbf{x}$  in den Vektor der Produktraumdimensionen  $\mathbf{z} \in \mathbb{R}^M$ . Zunächst sind daher die Anzahl und inhaltliche Bedeutung der Dimensionen zu bestimmen, darüber hinaus sind diese in angemessener Weise zu skalieren. Die Skalierung ist insbesondere hinsichtlich der Bestimmung und Interpretation des Parameters  $\tau$  zur Gewichtung der Distanz-Metrik<sup>342</sup> von Bedeutung für die Anwendbarkeit des Modells, da hierdurch die Reichweite der durch das Modell erklärten Produktsubstitutionen bezüglich der einzelnen Produktraumdimensionen determiniert wird. Durch die Skalierung ist daher ein ausgewogenes Verhältnis der einzelnen Produktraumdimensionen herzustellen.

Während die Skalierung der Produktraumdimensionen die erzeugten bzw. erzeugbaren Produktsubstitutionen quantitativ beeinflusst, wird durch die eigentliche Auswahl der entsprechenden Dimensionen die Qualität der Substitutionen bestimmt. Differenzierte Produktähnlichkeiten lassen sich lediglich bezüglich der Größen darstellen, die den Produkt- und Präferenzraum definieren. Maßgeblich für die Auswahl der Produktraumdimensionen sind demnach diejenigen Größen, mittels derer sich die Differenzie-

<sup>341</sup>Es sei an dieser Stelle angemerkt, daß das in diesem Teil evaluierte Nachfragemodell gänzlich in ANSIC implementiert worden ist und die im folgenden Kapitel dargestellten Ergebnisse basierend auf dieser Implementierung berechnet wurden.

<sup>342</sup>Vgl. die Definition (7.8) der entsprechenden Distanz-Metrik.

nung der Produkte – insbesondere aus der Perspektive der Konsumenten – beschreiben läßt.<sup>343</sup>

Diesen Überlegungen folgend ist der Produktraum durch folgende Dimensionen charakterisiert:

- Preis,
- Fahrzeuglänge,
- Karosserieart,
- Anzahl der Zylinder,
- Verbrennungsverfahren (Diesel / Benzin),
- Marke.

Der Preis spiegelt die Zahlungsbereitschaft der Konsumenten wieder, die gleichsam als Präferenz für Preise interpretierbar ist. Fahrzeuglänge und Karosserieart dienen der Segmentierung des Marktes. Die Länge dient dabei insbesondere der Abstufung der verschiedenen Größenklassen, während die Karosserieart<sup>344</sup> eine Segmentierung der Fahrzeuge innerhalb der Größenklassen erlaubt.

Die Angabe des Verbrennungsverfahrens und der Anzahl der Zylinder dient der Abgrenzung der Typvarianten innerhalb der Baureihen.

Die Berücksichtigung der Marken als Binärvariablen dient der Erklärung von Präferenzen für verschiedene Marken, wodurch sich einerseits Markentreue darstellen läßt und andererseits nicht meßbare Komponenten der Nachfrage wie emotionale Bindungen oder auch die Qualitätswahrnehmung einer Marke berücksichtigt werden. Hier wird allerdings lediglich die Marke „Mercedes-Benz“ von den übrigen Marken separiert und

<sup>343</sup>In die Definition des Produktraums sind Überlegungen von Vertriebsexperten der DaimlerChrysler AG eingegangen. Diese Vorgehensweise ist insbesondere hinsichtlich der Anwendung des Modells in der betrieblichen Praxis von Bedeutung.

<sup>344</sup>Vgl. für eine Übersicht der betrachteten Karosseriearten Anhang C.3.

durch eine gesonderte Produktraumdimension dargestellt, um bezüglich dieser spezifischen Marke den Effekt der Markentreue und die damit verbundenen Substitutionseffekte zu modellieren.

Die ausgewählten Dimensionen stellen somit die Heterogenität bzw. die Segmentierung des Marktes dar, darüber hinaus ermöglichen sie eine feinere Produktdifferenzierung auf Baureihenebene.

Wie erläutert, ist die aufeinander abgestimmte Skalierung der Dimensionen, die in der Spezifikation formal durch die Funktion  $z = h^z(\mathbf{x})$ <sup>345</sup> bezeichnet ist, von wesentlicher Bedeutung hinsichtlich der Operationalisierung des Modells. Die Ausprägungen der durch die Dimensionen des Produktraums dargestellten Variablen lassen sich inhaltlich allerdings nur bedingt vergleichen, zumal einige Variablen binäre Ausprägungen haben, wie beispielsweise die Marken und die Karosserieformen<sup>346</sup> oder das Verbrennungsverfahren. Dem stehen Produktraumdimensionen mit kardinalen Skalen gegenüber.

Zunächst ist eine Normierung entsprechend des Wertebereichs der einzelnen Variablen auf den Bereich  $[0, 1]$  sinnvoll, der sich an den Ausprägungen der Binärvariablen orientiert.

Um jedoch eine Skalierung insbesondere der Dimensionen mit kardinaler Wertausprägung vorzunehmen, ist die Orientierung an einer Größe sinnvoll, zu der sich weitere Größen in ein interpretierbares Verhältnis setzen lassen.

Von den oben dargestellten Größen bietet sich hierzu der Preis an. Neben der Normierung der Preisskala erlaubt die Logarithmierung der Preise die Interpretation der Skalenwerte bzw. -differenzen als relative Preisänderungen,<sup>347</sup> an der sich die Skalierung der weiteren Produktraumdimensionen orientiert. Die Logarithmierung der Preise ist darüber hinaus gerechtfertigt, da beispielsweise in hochpreisigen Segmenten höhe-

---

<sup>345</sup>Vgl. (7.1), S. 150.

<sup>346</sup>Da es nicht möglich ist, den Marken bzw. den Karosserieformen eine Ordnung aufzuerlegen, ist für jede Ausprägung dieser Merkmale, die zur Produktdifferenzierung herangezogen wird, eine eigene Dimension zu wählen.

<sup>347</sup>Eine Skalendifferenz von 0.1 auf der logarithmierten Preisskala entspricht näherungsweise einer zehnprozentigen Änderung des Preises.

re Aufpreise für leistungsstärkere Motoren oder weitere zusätzliche Ausstattungen zu beobachten sind und somit die Betrachtung relativer Preisänderungen von größerer Erklärungskraft ist.

Durch die a priori vorgenommene Skalierung ist gewährleistet, daß hierdurch die Dimensionen des Produktraums in diejenige Relation gesetzt werden, die zu realistischen Substitutionsmustern führen. Diese werden insbesondere im Rahmen der Betrachtung alternativer Marktszenarien sichtbar. Eine eventuelle Anpassung der Skalierungen bezüglich des Produktraums ist dadurch gerechtfertigt, daß eine unzureichende Anzahl an Produktsubstitutionen in den Daten zu beobachten ist, was die empirische Schätzung der Skalierungen bzw. der unmittelbar damit zusammenhängenden Substitutionsreichweite nicht zuläßt.<sup>348</sup>

### 9.3.2 Spezifikation der zeitlichen Komponenten

Zur Erklärung der dynamischen Entwicklung der Nachfrage ist die Operationalisierung der zeitlichen Komponenten des Modells erforderlich. Hiervon sind insbesondere die zeitliche Dimension des Produktraums sowie die zeitliche Auflösung der Absatzdaten betroffen.

Da sich das Modell auf langfristige Prognosehorizonte bezieht und im Ergebnis die Absatzgrößen auf Jahresbasis betrachtet werden, ist es ausreichend, im Rahmen der Modellberechnung die Absätze auf der Ebene von Quartalen zu betrachten. Diese zeitliche Auflösung ist erforderlich, um einerseits hinreichend exakt abgestufte Produktveralterungen darzustellen und zudem die Produktanläufe bzw. -ausläufe hinreichend exakt darzustellen. Die Berechnung auf der Basis monatlicher Zulassungszahlen würde die Berücksichtigung der Saisonalität der Automobilnachfrage im Zuge der Modellspezifikation erfordern und ferner einen erheblichen Aufwand bezüglich der Datenvorverarbeitung verursachen.

Damit bezieht sich der Index  $t$  für die Zeit, welcher sowohl für die zeitliche Di-

---

<sup>348</sup>Vgl. hierzu die näheren Ausführungen im Zusammenhang mit der Festlegung der Substitutionsreichweite in Abschnitt 9.3.5.2.

mension des Produktraums als auch für die Nutzenwerte und Absatzgrößen verwendet wird, jeweils auf Perioden von drei Monaten. Im Zuge der Modellschätzung werden die Absätze auf Quartalsbasis wiederum zu Jahresabsätzen aggregiert, die zur Anpassung des Modells an historisch beobachtete Absätze verwendet werden. Durch diese Aggregation im Zuge der Modellschätzung kann auf die explizite Berücksichtigung der Saisonalität des Nachfrageverhaltens verzichtet werden.

### 9.3.3 Operationalisierung der Nutzenfunktion

Die deterministische Komponente der Nutzenfunktion besteht aus dem objektiven Nutzen  $u_{it}^o$  sowie dem konsumentenspezifischen Nutzenverlust  $u_{it}^v(\mathbf{z})$ .<sup>349</sup>

Der Nutzenverlust ist in Form einer Kernelfunktion funktional vollständig spezifiziert und hängt im wesentlichen von der konkreten Operationalisierung des Produktraums ab, die im vorherigen Abschnitt erörtert wurde.

Der objektive Nutzen  $u_{it}^o$  ist eine Funktion einerseits der nutzenstiftenden Produktattribute  $\mathbf{X}_i = h^{\mathbf{X}}(\mathbf{x}_i)$  sowie der zeitlichen Distanz  $(t - t_i^0)$  zwischen dem jeweiligen Betrachtungszeitpunkt und dem Einführungszeitpunkt:

$$u_{it}^o = u^o(\mathbf{X}_i, t) = u_i^o + v_i(t) = \exp[\boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{X}_i - \alpha(t - t_i^0)] \quad , t \geq t_i^0 \quad . \quad (9.1)$$

Die zeitliche Diskontierung des Nutzens ist hiermit formal spezifiziert, auf die Bestimmung des Parameters  $\alpha$  wird in Abschnitt 9.3.5 eingegangen.

Im Rahmen der empirischen Untersuchung gehen die folgenden Produktattribute  $\mathbf{X}$  in die lineare Nutzenfunktion ein:<sup>350</sup>

- Preis,
- Anzahl der Zylinder,

<sup>349</sup>Vgl. die Spezifikationen der Nutzenkomponenten in Abschnitt 7.1 bzw. in Abschnitt 7.2.

<sup>350</sup>Der endgültigen Selektion der hier aufgeführten Argumente der Nutzenfunktion aus den in Anhang C.2 sind Analysen hinsichtlich des Erklärungsbeitrags der einzelnen Variablen vorausgegangen. Ferner sind vorrangig solche Attribute berücksichtigt worden, die auch aus betrieblicher Sicht praktikabel erscheinen und gleichsam mit den produktpolitischen Entscheidungsvariablen korrespondieren.

- Fahrzeuglänge,
- Leistung (in kW),
- Verbrennungsverfahren (als Binärvariable),
- Marke (als Binärvariable),
- Segment (als Binärvariable),
- Allradantrieb (als Binärvariable),
- Karosserieart (als Binärvariablen).

Hierbei sei nochmals explizit angemerkt, daß die oben genannten Variablen in dem Vektor  $X$  zusammengefaßt werden, der formal keine Gemeinsamkeit mit dem Vektor  $z$  des Produktraums aufweist. Inhaltlich liegen hier Gemeinsamkeiten vor, aus denen ersichtlich wird, daß einigen Variablen sowohl die Eigenschaft der Produktdifferenzierung als auch ein nutzenstiftender Charakter beigemessen wird. Damit dient  $z$  insbesondere der Formulierung des Produktraums, der maßgebliche Bedeutung für die Identifikation des räumlich verteilten Nachfragepotentials aufweist. Der Produktnutzen, dem der Vektor  $X$  zugrunde liegt, dient dagegen der Verteilung des lokal vorhandenen Nachfragepotentials auf die einzelnen Produkte.

In Anlehnung an die Modelle zur Ermittlung hedonischer Preise,<sup>351</sup> die den Leistungsbestandteilen, also den Attributen, entsprechende monetäre Gegenwerte zuzuordnen, wurde hier im Vorfeld der Spezifikation der Nutzenfunktion der Preis im Rahmen einer Regressionsanalyse unter Berücksichtigung aller Produkte durch die Attribute Verbrennungsverfahren, Zylinderanzahl, Fahrzeuglänge, Leistung, Antriebsart und Karosserieart (als Binärvariablen) erklärt. Dieser Maßnahme liegt die Annahme zugrunde, daß die Preise im Durchschnitt in einem stabileren Verhältnis zu den Produktattributen stehen als die beobachteten Absatzzahlen, die durch nicht beobachtbare Attribute wie

<sup>351</sup>Vgl. Abschnitt 3.2.2 sowie Arguea, Hsiao & Taylor, 1994; Baumgartner, 1997; Griliches, 1971; Rosen, 1974.

Design, Qualität oder temporäre Marketingaktionen beeinflusst werden. Die Stabilität dieses Verhältnisses kommt im Zuge der Regressionsanalyse dadurch zum Ausdruck, daß die Einflüsse der Attribute bzw. die Vorzeichen der geschätzten Koeffizienten plausible Wirkungsrichtungen aufweisen, so daß der aggregierte Wert beispielsweise mit steigendem Preis sinkt, sich jedoch mit steigender Leistung erhöht. Die verwendete Regression besitzt folgende Gestalt:

$$\begin{aligned}
 x_{\text{Preis}} = & \nu_1 \cdot x_{\text{Verbrennung}} + \nu_2 \cdot x_{\text{Zylinder}} \\
 & + \nu_3 \cdot x_{\text{Laenge}} + \nu_4 \cdot x_{\text{Leistung}} \\
 & + \nu_5 \cdot x_{\text{Allrad}} + \nu_6 \cdot x_{\text{Coupe}} \\
 & + \nu_7 \cdot x_{\text{Cabrio}} + \nu_8 \cdot x_{\text{SUV}} + \nu_9 \quad .
 \end{aligned} \tag{9.2}$$

Dabei sind die zu schätzenden Koeffizienten durch den Vektor  $\nu$  bezeichnet.

Im Rahmen der Modellberechnung wird die aus den Daten geschätzte Funktion (9.2) verwendet, um einen aggregierten Wert aus den aufgeführten Variablen zu berechnen, der dem Preis in der Nutzenfunktion gegenüber gestellt wird. Durch diese Aggregation verschiedener Attribute zu einem Wert wird zwar die Anzahl der Freiheitsgrade des Modells verringert, jedoch wird die Robustheit des Modells gegenüber Änderungen erhöht, da auf diese Weise gewährleistet wird, daß (sinnvoll) modifizierte Attribute in einem plausiblen Verhältnis zu den übrigen Attributen stehen. Im Rahmen der Modellschätzung wird (neben den Koeffizienten der übrigen Attribute) lediglich der Koeffizient des aggregierten Attributes geschätzt, so daß der Einfluß der einzelnen Marken auf den Nutzen scharf von den objektiv meßbaren Produkteigenschaften getrennt ist und anhand der geschätzten Koeffizienten analysiert werden kann.

### 9.3.4 Identifikation der Präferenzverteilung

Die Verteilung der Konsumentenpräferenzen wird aus den historisch beobachteten Absätzen und deren Positionen im Produktraum identifiziert.<sup>352</sup> Die identifizierte Dichte ist statischer Natur, da die Verteilung, die auch der Prognose dient, über die Zeit hinweg konstant ist.

<sup>352</sup>Vgl. dazu die Ausführungen in Abschnitt 7.3.2.

Um eine Verzerrung dieser Verteilung durch die Betrachtung der Absätze lediglich einer einzigen Periode zu vermeiden, läßt sich die Dichte alternativ aus den Absätzen eines Zeitraums  $t_r = t_r^0, \dots, T_r$  schätzen. In der empirischen Untersuchung entspricht dieser Zeitraum der Trainingsmenge.

Die Menge der in diesem Zeitraum verfügbaren Produkte  $\mathbf{z}_r^o$  bzw. der beobachtbaren Absätze  $N_r^o$  ist damit definiert durch:

$$S = \{\mathbf{z}_r^o | \mathbf{z}_r^o \in \cup_{t_r=t_r^0}^{T_r} A_{t_r}\} \quad . \quad (9.3)$$

Analog zu den Ausführungen in Abschnitt 7.3.2 werden die zur Identifikation der Präferenzverteilung verwendeten Absätze  $\bar{N}_r^o$  durch Durchschnittsbildung aus den einzelnen Perioden wie folgt ermittelt:

$$\bar{N}_r^o = \frac{1}{(T_r - t_r^0) + 1} \sum_{t=t_r^0}^{T_r} N_{rt}^o \quad , \quad (9.4)$$

wobei  $N_{rt}^o$  die beobachtete Absatzmenge des Produktes  $\mathbf{z}_r^o \in S$  zum Zeitpunkt  $t$  bezeichnet.

Um mit Hinblick auf die Prognoseaufgabe zu gewährleisten, daß die identifizierte Präferenzverteilung dem aktuellen Stand zum Ende des Trainingszeitraums entspricht, werden die  $\bar{N}_r^o$  durch einen gewichteten Durchschnitt ermittelt, der die Absätze bzw. die Präferenzen umso stärker gewichtet, je aktueller sie sind:

$$\bar{N}_r^o = \frac{1}{\sum_{t=t_r^0}^{T_r} 1.05^{(t-T_r)}} \sum_{t=t_r^0}^{T_r} 1.05^{(t-T_r)} \cdot N_{rt}^o \quad . \quad (9.5)$$

Das durchschnittliche Absatzpotential einer Periode ist weiterhin wie folgt definiert:

$$\bar{N} = \sum_{r=1}^R \bar{N}_r^o \quad . \quad (9.6)$$

### 9.3.5 Festlegung der Modellparameter

Wie bereits in Abschnitt 7.3.4 erläutert, ist die vollständige Identifikation aller Parameter aus den hier verfügbaren Daten nicht durchführbar, was insbesondere auf die

substitutionsbestimmenden Parameter  $\tau$  bzw.  $\lambda$  sowie den Parameter  $\alpha$  für die Produktobsoleszenz zutrifft.

Im folgenden wird daher auf die Interpretation der entsprechenden Modellparameter eingegangen, die hinsichtlich einer a priori Festlegung erforderlich ist. Die Definition der Parameter ist dabei vor der Identifikation des Modells vorzunehmen.

### 9.3.5.1 Produktveralterung

Der veralterungsspezifische Parameter  $\alpha$  läßt sich aus der Annahme über die Halbwertszeit der Produktnutzen ableiten. Der Nutzen des Produktes  $i$  im Zeitpunkt  $t_i^0$  der Produkteinführung ist gemäß (7.20) definiert durch:

$$u_{it_i^0}^o = \exp(\beta \cdot \mathbf{X}_i - \alpha(t_i^0 - t_i^0)) = \exp(\beta \cdot \mathbf{X}_i) \quad . \quad (9.7)$$

Wird angenommen, daß sich der Produktnutzen nach der Zeit  $t^{HW}$  halbiert, muß gelten:

$$u_{i(t_i^0+t^{HW})}^o = \frac{1}{2} \cdot u_{it_i^0}^o = \exp(\beta \cdot \mathbf{X}_i - \alpha((t_i^0 + t^{HW}) - t_i^0)) \quad , \quad (9.8)$$

weshalb für die Alterungskomponente gelten muß:

$$\frac{1}{2} = \exp(-\alpha((t^{HW} + t_i^0) - t_i^0)) = \exp(-\alpha \cdot t^{HW}) \quad . \quad (9.9)$$

Für  $\alpha$  gilt somit:

$$\alpha = -\frac{\ln(\frac{1}{2})}{t^{HW}} \quad . \quad (9.10)$$

Damit lassen sich die Werte für den Alterungsparameter  $\alpha$  einer Annahme über der Halbwertszeit der Produktnutzen folgend setzen. In der nachfolgenden Untersuchung liegt die Annahme bezüglich der Halbwertszeit bei 3, 5 Jahren. Hierbei sei angemerkt, daß dieser Wert nicht einer tatsächlichen Produktwertigkeit oder Nutzenbewertung entspricht, sondern dessen Festlegung erforderlich ist, um die Identifikation des Nachfragemodells durchzuführen.

### 9.3.5.2 Reichweite-Parameter

Die Parameter  $\tau$  und  $\lambda$  gehen unmittelbar in die Distanz-Metriken zur Bestimmung des Nutzenverlustes ein und beeinflussen somit maßgeblich die räumliche und zeitliche Substitutionsreichweite. Die Parameter werden nicht aus den Daten identifiziert, da entsprechende Substitutionen nicht in ausreichender Anzahl zu beobachten sind und sich darüber hinaus durch die Variation der beiden Parameter Erwartungen bezüglich des Konsumentenverhaltens bzw. der Wettbewerbssituation berücksichtigen lassen.

Um den Parametern eine inhaltliche Bedeutung zu geben, lassen sich gedanklich exemplarische Substitutionsszenarien konstruieren, die sich auf die Betrachtung lediglich zweier Alternativen beschränken, mit denen Konsumenten mit Präferenzen in  $\mathbf{z}_r^o$  konfrontiert werden.

Betrachtet man die in einem Punkt  $\mathbf{z}_r^o$  beobachtete Nachfrage  $N_r^o$ , so wird diese Nachfrage bei zwei verfügbaren Produkten wie folgt auf das Produkt 1 verteilt:

$$\begin{aligned} N_{1t} &= P_{1t} \cdot N_r^o \\ &= \frac{\exp(u_{1t}^o - u_{1t}^v(\mathbf{z}_r^o, z^t))}{\exp(u_{1t}^o - u_{1t}^v(\mathbf{z}_r^o, z^t)) + \exp(u_{2t}^o - u_{2t}^v(\mathbf{z}_r^o, z^t))} \cdot N_r^o \end{aligned} \quad (9.11)$$

Die Wahrscheinlichkeit  $P_{1t}$  entspricht dem Anteil der Konsumenten mit Präferenzen in  $\mathbf{z}_r^o$  bzw.  $z^t$ , der Produkt 1 zum Zeitpunkt  $t$  wählt.

In der Komponente für den Nutzenverlust  $u^v$  sind die Kernelfunktionen für den räumlichen und zeitlichen Nutzenverlust, welche die Parameter  $\tau$  sowie  $\lambda$  enthalten, multiplikativ verknüpft. Damit lassen sich diese beiden Komponenten im folgenden getrennt voneinander betrachten.

Hinsichtlich der Betrachtung der räumlichen Substitutionsreichweite gilt im folgenden die Annahme, daß beide verfügbaren Produkte den identischen objektiven Nutzen  $u_t^o = u_{1t}^o = u_{2t}^o$  aufweisen, wobei Produkt 2 genau in  $\mathbf{z}_r^o$  positioniert ist. Da die zeitliche Substitution in diesem Szenario bewußt vernachlässigt wird, gilt für die Distanz zwischen zeitlicher Präferenz der Konsumenten und dem Kaufzeitpunkt  $\delta_t(z^t) = 0$  bzw.  $u_{2t}^v(\mathbf{z}_r^o) = 0$ . Damit läßt sich der Anteil des Produktes 1, welches im Punkt  $\mathbf{z}_1$  positioniert ist, unter Vernachlässigung der Zeit bzw. der Verwendung des Index  $t$  wie folgt

ausdrücken:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{\exp(u^o - u_1^v(\mathbf{z}_r^o))}{\exp(u^o - u_1^v(\mathbf{z}_r^o)) + \exp(u^o - u_2^v(\mathbf{z}_r^o))} \\
 &= \frac{\exp(u^o - u_1^v(\mathbf{z}_r^o))}{\exp(u^o - u_1^v(\mathbf{z}_r^o)) + \exp(u^o - 0)} \quad ,
 \end{aligned}
 \tag{9.12}$$

so daß bei einem angenommenen Anteil  $P_1$  für den distanzabhängigen Nutzenverlust gelten muß:

$$u_1^v(\mathbf{z}_r^o) = -\ln\left(\frac{P_1}{1 - P_1}\right) \quad .
 \tag{9.13}$$

Da im Term  $u_1^v(\mathbf{z}_r^o)$  der Parameter  $\tau$  enthalten ist, läßt sich dieser unter Kenntnis der Funktion für den Nutzenverlust mit der Bedingung (9.13) ableiten, sofern eine explizite Annahme über das Verhältnis der Produktanteile  $P_1$  und  $P_2$  getroffen wird.

Die Skalierungen der einzelnen Produktraumdimensionen orientieren sich an den Preisen. Daher ist es sinnvoll, den Parameter  $\tau$  der räumlichen Nutzenverlustfunktion aus einer expliziten Annahme bezüglich der Auswirkungen von Preisabweichungen auf die Kaufanteile abzuleiten. Unterstellt man dem Produkt 1 eine zehnpromtente Preisabweichung von Produkt 2 (im Punkt  $\mathbf{z}_r^o$ ), gilt für die Distanz aufgrund der logarithmierten Preisskala näherungsweise:

$$u_1^v(\mathbf{z}_r^o) = \tau(0.1)^2 \quad .
 \tag{9.14}$$

Mit:

$$u^v(\mathbf{z}_r^o) = \tau(0.1)^2 = -\ln\left(\frac{P_1}{1 - P_1}\right)
 \tag{9.15}$$

gilt für  $\tau$ :

$$\tau = \frac{-\ln\left(\frac{P_1}{1 - P_1}\right)}{0.1^2} \quad .
 \tag{9.16}$$

Mit einer Annahme bezüglich des Anteils  $P_1$  der Konsumenten, der eine zehnpromtente Preisabweichung (oder das Äquivalent bezüglich einer anderen Dimension des Produktraums) in Kauf nähme, läßt sich der Parameter  $\tau$  berechnen. In der empirischen Analyse des folgenden Kapitels liegt der Wert für  $P_1$  bei 0,3.

In analoger Weise läßt sich auch der Parameter  $\lambda$  der zeitlichen Verteilung herleiten. Hierzu ist die Tatsache zu berücksichtigen, daß Produkte auch über die Zeit hinweg mit-

einander konkurrieren. Somit lassen sich zwei Produkte miteinander vergleichen, welche beide in ihren Eigenschaften exakt den Präferenzen des betrachteten Konsumenten entsprechen, die durch  $\mathbf{z}_r^o$  charakterisiert sind.

Produkt 1 wird zum Zeitpunkt  $t$  in den Markt eingeführt, während Produkt 2 bereits zu einem früheren Zeitpunkt  $z^t$  erhältlich ist, was der Präferenz der betrachteten Konsumenten  $N_r^o$  entspricht, so daß für den mit Produkt 2 korrespondierenden Nutzenverlust  $u_{2z^t}^v(\mathbf{z}, z^t) = 0$  gilt. Darüber hinaus wird angenommen, daß beide Produkte zu Beginn ihrer Markteinführung den identischen Nutzenwert  $u^o = u_{t_0}^o$  aufweisen. Wird ferner angenommen, daß Produkt 2 zum Zeitpunkt  $z^t$  bereits seit 5 Jahren (bzw. Perioden) auf dem Markt ist, bestehen die Alternativen für den Konsumenten darin, ein 5 Jahre altes Produkt sofort (zum Zeitpunkt  $z^t$ ) zu kaufen, oder bis zum Zeitpunkt  $t$  auf ein neues Produkt zu warten. Dieser Überlegung folgend gilt für den Anteil von Produkt 1 mit einem definierten Alterungsparameter  $\alpha$ :

$$\begin{aligned} P_{1t} &= \frac{\exp(u^o - u_{1t}^v(z^t))}{\exp(u^o - u_{1t}^v(z^t)) + \exp([u^o - \alpha \cdot 5] - u_{2z^t}^v(z^t))} \\ &= \frac{\exp(u^o - u_{1t}^v(z^t))}{\exp(u^o - u_{1t}^v(z^t)) + \exp([u^o - \alpha \cdot 5] - 0)} \end{aligned} \quad (9.17)$$

so daß gilt:

$$u_{1t}^v(z^t) = 5 \cdot \alpha - \ln \left( \frac{P_{1t}}{1 - P_{1t}} \right) \quad (9.18)$$

Nimmt man ferner an, daß der Zeitpunkt  $t$ , an dem das neue Produkt 1 erstmals verfügbar ist, zwei Jahre bzw. Perioden von der zeitlichen Präferenz der Konsumenten entfernt ist, gilt für den zeitlichen Nutzenverlust:

$$u_{1t}^v(z^t) = \lambda(2)^2 \quad (9.19)$$

Mit (9.19) läßt sich folgenden Beziehung aufstellen:

$$u_{1t}^v(z^t) = \lambda(2)^2 = 5 \cdot \alpha - \ln \left( \frac{P_{1t}}{1 - P_{1t}} \right), \quad (9.20)$$

so daß gilt:

$$\lambda = \frac{5 \cdot \alpha - \ln \left( \frac{P_{1t}}{1 - P_{1t}} \right)}{2^2} \quad (9.21)$$

Mit (9.21) läßt sich der Parameter  $\lambda$  berechnen, indem eine Annahme bezüglich des Anteils der Konsumenten getroffen wird, der zwei Jahre auf ein neues Produkt wartet, anstatt ein fünf Jahre altes Produkt sofort zu kaufen. In der nachfolgenden Untersuchung ist dieser Wert auf 0,2 gesetzt.

### 9.3.5.3 Konjunkturfaktoren

Die Konjunkturfaktoren  $\omega_t$  dienen der Erfassung der Erwartungen bezüglich zukünftiger exogener konjunktureller Entwicklungen und Einflüsse, die nicht in den Produktdaten enthalten sind. Darüber hinaus unterliegen auch die historischen Absatzdaten konjunkturellen Einflüssen, die, sofern sie nicht berücksichtigt werden, die Identifikation des Modells verzerren. Naturgemäß wird aus den historischen Absatzdaten nicht eindeutig ersichtlich, welcher Anteil der Schwankungen aus strukturellen Änderungen des Angebots zu erklären ist und welcher Anteil der Konjunktorentwicklung und allgemeinen Konsumtrends zuzuschreiben ist.

Daher läßt sich die Modellidentifikation zunächst durchführen, indem den Faktoren  $\omega_t$  der Wert eins zugewiesen wird, so daß sich nachfolgend aus der Erklärungskraft des Modells Schlußfolgerungen bezüglich äußerer Einflüsse auf die Absatzentwicklung auch einzelner Segmente ableiten lassen.

Eine Alternative der a priori Festlegung der  $\omega$ -Faktoren besteht in der Möglichkeit, die Absatzentwicklung der betrachteten Märkte über die Zeit hinweg zu glätten und die Faktoren  $\omega$  aus den jährlichen Veränderungen abzuleiten. Durch eine Glättung der Absätze werden Extrema, wie sie typischerweise durch Veränderungen der Angebotsstruktur entstehen (beispielsweise durch Neuprodukteinführungen), vermindert, so daß zur Ermittlung der Konjunkturfaktoren ein längerfristiger Trend der konjunkturbedingten Absatzentwicklung berücksichtigt wird, aus der sich die Konjunkturfaktoren aus den jährlichen Änderungsraten ableiten lassen.

## 9.4 Operationalisierung der Vergleichsmodelle

Das im vorherigen Abschnitt spezifizierte Gesamtmarktmodell trägt den speziellen Charakteristika der Nachfrage auf Automobilmärkten explizit Rechnung und bildet spezifische Wirkzusammenhänge formal ab. Vor diesem Hintergrund ist zu berücksichtigen, daß die im folgenden betrachteten Vergleichsmodelle diese strukturellen Zusammenhänge nicht oder nur eingeschränkt enthalten. So umfaßt die Spezifikation des Gesamtmarktmodells die Betrachtung mehrerer Perioden, die Alterung der Produkte im Laufe ihres Lebenszyklus, die Möglichkeit einer „Verschiebung“ der Nachfrage zwischen den einzelnen Perioden sowie die Darstellung differenzierter Produktbeziehungen, die im Gesamtmarktmodell durch die räumliche Anordnung der Produkte erreicht wird.

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse herzustellen, sind daher zunächst einige grundsätzliche Überlegungen anzustellen, die Relevanz bezüglich der Operationalisierung der Vergleichsmodelle aufweisen.

Sowohl neuronale Netze als auch die Regressionsanalyse erklären das Prognosedatum aus einer Menge erklärender Variablen unter Berücksichtigung eines definierten funktionalen Zusammenhangs, ohne jedoch die hier eingehend erörterten spezifischen Wirkzusammenhänge zu berücksichtigen. Um einen angemessenen Vergleich der verschiedenen Modelle durchzuführen, werden daher sowohl das relative Produktalter als auch die Wettbewerbsstärke, die im Gesamtmarktmodell in der Nutzenfunktion bzw. durch die räumliche Anordnung der Produkte berücksichtigt werden, explizit durch erklärende Variablen repräsentiert.

Das relative Produktalter ist durch die Anzahl der Perioden seit Einführung des Produkts definiert. Die Wettbewerbsstärke berechnet sich aus der Summe der konkurrierenden Produkte, gewichtet mit der Distanz zu dem aktuellen Produkt. Der Messung der Distanz liegt dabei die in Abschnitt 9.3.1 dargestellte Definition des Produktraums sowie die Distanzmetrik (7.8) zugrunde.

Im Fall des Nested Logit Modells wird die Wettbewerbsstärke nicht verwendet, da

dieses Modell bereits aufgrund seiner formalen Struktur definierte Nachfragemechanismen voraussetzt.

Bezüglich des Gesamtmarktmodells wird von der Annahme ausgegangen, daß in jeder Periode ein festes Nachfragepotential existiert, welches sich auf die Produkte verteilt, sich allerdings auch auf Produkte anderer Perioden „verschieben“ kann. Dieser Annahme wird hinsichtlich der Operationalisierung der zum Vergleich herangezogenen Modelle dahingehend Rechnung getragen, daß das Gesamtnachfragepotential  $N$  des betrachteten Zeitraums definiert wird, so daß das Prognosedatum durch den Anteil  $q_{it}$  des Produkts  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  definiert ist.

Zusammenfassend läßt sich demnach festhalten, daß zum Zwecke der Vergleichbarkeit neben den für das Gesamtmarktmodell betrachteten Variablen folgende Einflüsse zusätzlich betrachtet werden:

- Wettbewerbsstärke zum Zeitpunkt  $t$  (wird nicht für das Nested Logit Modell berücksichtigt),
- relatives Produktalter.

In den im folgenden betrachteten Modellen werden wie auch im Fall des Gesamtmarktmodells alle im betrachteten Zeitraum verfügbaren Produkte gleichzeitig betrachtet, wobei die zusätzlich definierten Produktattribute „relatives Alter“ und „Wettbewerbsstärke“ variieren. Somit erlaubt der Vergleich der vier betrachteten Modelle eine Evaluierung des hier spezifizierten Gesamtmarktmodells hinsichtlich der in Abschnitt 9.2.2 aufgeführten Evaluierungskriterien.

Bezüglich der erklärenden Variablen wird im folgenden nicht zwischen den zuvor eingeführten Vektoren  $\mathbf{z}$  und  $\mathbf{X}$  unterschieden, da eine gesonderte Betrachtung von Produktraumdimensionen nicht erforderlich ist. Vielmehr werden die erklärenden Variablen, deren Anzahl im folgenden durch  $K$  definiert ist, im Vektor  $\mathbf{x}' = (x'_1, \dots, x'_K)$  zusammengefaßt, der die folgenden Einflüsse beinhaltet:

- Preis,

- Fahrzeuglänge,
- Anzahl der Zylinder,
- Leistung,
- Verbrennungsverfahren (als Binärvariable),
- Marke (als Binärvariable),
- Segment (als Binärvariable),
- Antriebsart (als Binärvariable),
- Karosserieform (als Binärvariable),
- relatives Alter zum Zeitpunkt  $t$  sowie
- Wettbewerbsstärke zum Zeitpunkt  $t$ .

Damit ist Produkt  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  charakterisiert durch den Vektor  $\mathbf{x}'_{it} = (x'_{it1}, \dots, x'_{itK})$ , wobei der Index  $t$  auf die Abhängigkeit der Produkteigenschaften von der Zeit hinweist, die in den beiden oben aufgeführten Einflußgrößen „relatives Alter“ und „Wettbewerbsstärke“ zum Ausdruck kommt.

#### 9.4.1 Operationalisierung des Regressionsmodells

Die lineare Regression unterstellt einen linearen Zusammenhang zwischen der erklärenden Variablen  $\mathbf{x}'$  und der zu erklärenden Variable  $q_{it}$ , welche den Marktanteil des Produkts  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  am Gesamtnachfragepotential  $N$  definiert.

Das hier betrachtete Regressionsmodell ist demnach definiert durch:

$$q_{it} = \beta_0 + \beta \cdot \mathbf{x}'_{it} \quad \text{mit } \beta = (\beta_1, \dots, \beta_K), \quad (9.22)$$

wobei die  $\beta_0, \dots, \beta_K$  die zu schätzenden Regressionskoeffizienten bezeichnen.

Die nachgefragte Menge  $N_{it}$  nach Produkt  $i$  in Periode  $t$  berechnet sich demnach aus:

$$N_{it} = q_{it} \cdot N. \quad (9.23)$$

Die Parameter  $\beta$  werden mittels der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt, indem die quadratischen Residuen zwischen der prognostizierten und der beobachteten Nachfrage minimiert werden. Zur Schätzung des Modells wird die Data Mining Software „WEKA 3.2“ verwendet.<sup>353</sup>

### 9.4.2 Operationalisierung des neuronalen Netzes

Der im vorherigen Abschnitt vorgestellten linearen Regressionsanalyse liegt die Annahme zugrunde, daß ein linearer Zusammenhang zwischen den erklärenden Variablen und dem Nachfrageanteil der jeweiligen Produkte existiert.

Gibt man die stark vereinfachende Annahme der Linearität dieses Zusammenhangs auf und nimmt statt dessen eine nichtlineare Beziehung an, ist eine Annahme hinsichtlich der funktionalen Form dieser nichtlinearen Nutzenfunktion zu treffen. Eine geeignete Methode, eine unbekannte, nichtlineare Funktion zu approximieren, besteht in der Anwendung von neuronalen Netzen.

Ohne näher auf die Theorie von neuronalen Netzen einzugehen,<sup>354</sup> wird im folgenden der Aufbau eines vorwärtsgerichteten Zwei-Schicht-Perzeptrons dargestellt.

Neuronale Netze liefern eine Möglichkeit, eine parametrisierte Funktion derart anzupassen, daß gegebene Eingabewerte bestimmte Ausgabewerte funktional erklären. Eine einfache und vielfach verwendete Form eines neuronalen Netzes besteht in einem 2-Schicht-Perzeptron, welches auch in der hier vorliegenden Untersuchung zur Anwendung gelangt. Die Schichten eines vorwärtsgerichteten („feed-forward“) 2-Schicht-Perzeptrons bestehen in der Schicht der Ausgabeneuronen und einer Schicht von versteckten Neuronen. Die Eingabeneuronen werden üblicherweise nicht als Schicht de-

<sup>353</sup>Die Software sowie weitere Informationen hierzu sind unter <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml> zu finden.

<sup>354</sup>Einführungen in die Theorie von neuronalen Netzen liefern die Ausführungen von Hertz et al., 1991 und Wasserman, 1989.

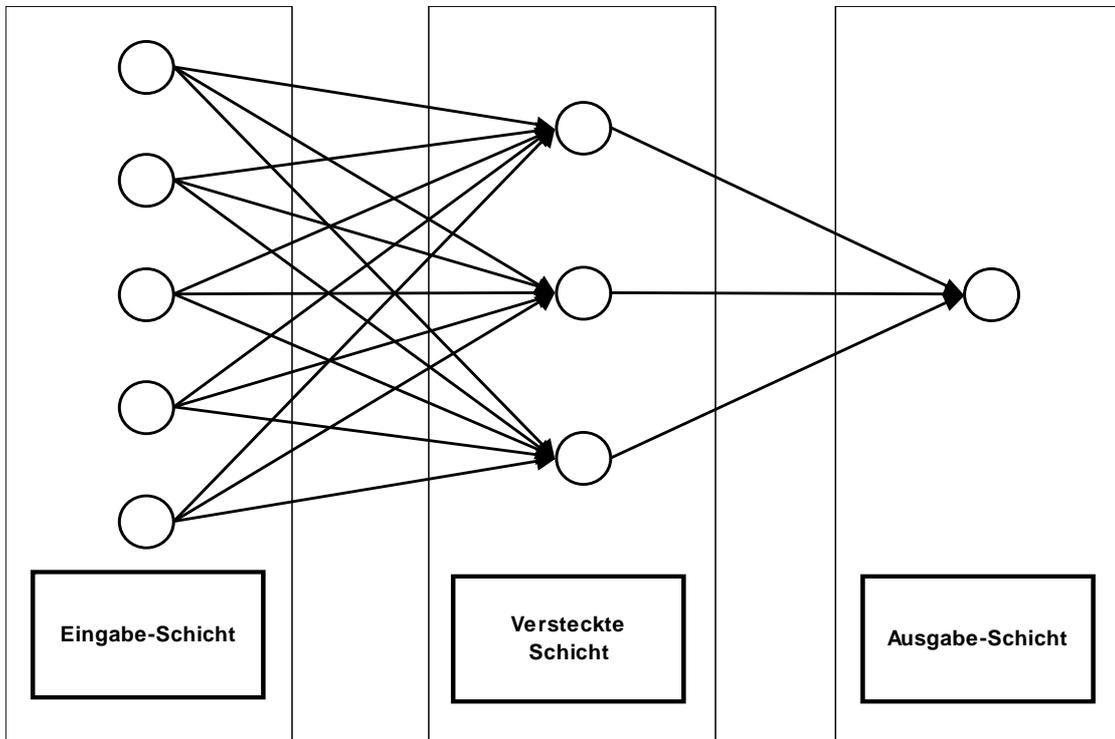


Abbildung 9.1: Allgemeiner Aufbau des 2-Schicht-Perzeptrons

finiert. Die versteckten Neuronen werden mit den Ausgabeneuronen sowie den Eingabeneuronen vernetzt. Die Parameter dieses Netzes sind durch die Gewichte dieser Verbindungen gegeben. Abbildung 9.1 veranschaulicht diesen Aufbau.

Die funktionale Form eines neuronalen Netzes lässt sich zerlegen in die Übergangsfunktionen zwischen den einzelnen Schichten. Ein verstecktes Neuron  $h^v$  nimmt dabei folgenden Wert an:

$$h^v(\mathbf{x}') = f^a(w_0 + \sum_k w_k x'_k). \quad (9.24)$$

Dabei werden durch  $x'_k$  die Eingabeneuronen bezeichnet, die hier durch den Attributevektor  $\mathbf{x}'_{it}$  repräsentiert werden. Die stetige und nichtlineare Funktion  $f^a$  wird als Aktivierungsfunktion bezeichnet und dient dazu, den Wertebereich der versteckten Neuronen zu definieren, beispielsweise um extreme Werte zu vermeiden. Hierzu eignet sich

beispielsweise die Sigmoid-Funktion:

$$f^a(h) = \frac{1}{1 - e^{-a(h-b)}} - 1, \quad (9.25)$$

wobei mit  $a$  die Steilheit der Funktion und mit  $b$  die Lage des Wertebereichs beeinflusst werden kann.

Die Neuronen in der Ausgabeschicht  $h^a$  erhalten wiederum die versteckten Neuronen  $h^v$  als Eingabewerte:

$$h^a(\mathbf{h}^v) = f^a(W_0 + \sum_j W_j h_j^v) = f^a(W_0 + \sum_j W_j (f^a(w_0 + \sum_k w_k x'_k))), \quad (9.26)$$

wobei hier durch  $j$  die Neuronen  $h^v$  in der versteckten Schicht indiziert sind.

In dem hier betrachteten Fall wird durch die Variablen  $\mathbf{x}'$  lediglich der Marktanteil  $q$  erklärt, der somit das einzige Neuron in der Ausgabeschicht repräsentiert. Damit läßt sich (9.26) spezifischer schreiben:

$$q(\mathbf{x}') = f^a(W_0 + \sum_j W_j h_j^v) = f^a(W_0 + \sum_j W_j (f^a(w_0 + \sum_k w_k x'_k))). \quad (9.27)$$

Dabei sind die freien Parameter des Modells, durch die die Anpassung erfolgt, durch die Gewichte zwischen den einzelnen Schichten,  $W_j$  bzw.  $w_k$  gegeben. Die Schätzung der Parameter erfolgt durch die Anpassung der durch das neuronale Netz erklärten Marktanteile an die beobachteten Marktanteile, so daß mit den Parametern  $W_j, w_k$  ein nichtlinearer funktionaler Zusammenhang zwischen den Attributen  $\mathbf{x}'$  und der zu erklärenden Größe  $q$  hergestellt ist.

Zur Schätzung des Modells wird analog zur linearen Regression die Data Mining Software „WEKA 3.2“ verwendet.<sup>355</sup>

### 9.4.3 Operationalisierung des Nested Logit Modells

Im Gegensatz zu der linearen Regression als auch zu neuronalen Netzen verwendet das Nested Logit Modell den Nutzenansatz zur Erklärung des Nachfrageverhaltens und

<sup>355</sup>Die Software sowie weitere Informationen hierzu sind unter <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/> zu finden.

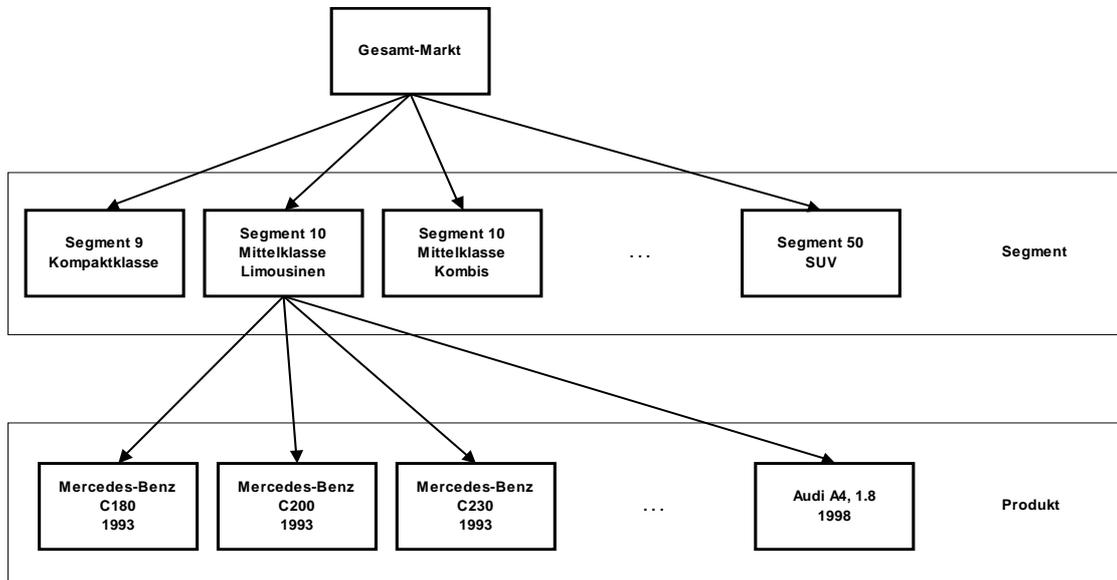


Abbildung 9.2: Aufbau des Nested Logit Modells

berücksichtigt explizit differenzierte Produktbeziehungen.<sup>356</sup>

Das Nested Logit Modell ist eine Weiterentwicklung des sowohl in der Praxis als auch in theoretischen Untersuchungen weit verbreiteten Logit Modells und hebt insbesondere die restriktive IIA-Eigenschaft des Logit Modells auf, indem die Produkte einer hierarchischen Baumstruktur folgend organisiert werden.

Bezogen auf die vorliegende Untersuchung ist daher die Strukturierung der Produkte festzulegen, die maßgeblich für die durch das Modell implizierten Produktbeziehungen und Substitutionsmuster ist.

Abbildung 9.2 zeigt die hier gewählte Struktur des Nested Logit Modells. Demzufolge wird hier das Fahrzeugsegment als Kriterium herangezogen, nach dem die Produkte in Teilmengen  $A_k$  unterschieden werden, bevor im nächsten Schritt der Differenzierung die restlichen in  $\mathbf{x}'$  enthaltenen Attribute die Produkte weiter differenzieren.

Das Nested Logit Modell liefert wie alle Discrete Choice Modelle die Wahrscheinlichkeit für die Entscheidung für die jeweils betrachteten Produkte. Dabei weist das

<sup>356</sup>Vgl. hierzu die ausführlichen Erörterungen zu Discrete Choice Modellen in Abschnitt 3.4 sowie insbesondere zum Nested Logit Modell in Abschnitt 3.4.3.2.

Nested Logit Modell die Besonderheit auf, daß diese Auswahlwahrscheinlichkeit aus der Multiplikation der bedingten Wahrscheinlichkeiten resultiert, mit denen innerhalb der Baumstruktur auf den jeweils nachgelagerten Knoten übergegangen wird.

Bezogen auf die hier verwendete 2-stufige Baumstruktur ergeben sich demnach zwei bedingte Wahrscheinlichkeiten, aus denen die Auswahlwahrscheinlichkeit resultiert, die in dem hier betrachteten Kontext als Marktanteil betrachtet werden kann.

Ausgehend von der Wurzel des Baums wird zunächst die Entscheidung für eines der betrachteten Fahrzeugsegmente  $A_k$  getroffen. Diese Wahrscheinlichkeit  $P(A_k)$  läßt sich wie folgt schreiben:

$$P(A_k) = \frac{\exp(\mu V'_{A_k})}{\sum_{A_l \subset A} \exp(\mu V'_{A_l})} \quad . \quad (9.28)$$

Dabei wird durch  $\mu$  ein zu schätzender Parameter des Modells bezeichnet. Der Term  $V'_{A_k}$  beinhaltet sowohl den aus den auf der Ebene der Fahrzeugsegmente resultierenden Nutzen wie auch die die aus der nachgelagerten Produktebene stammenden Inklusivwerten. Damit berechnet sich  $V'_{A_k}$  wie folgt:

$$V'_{A_k} = V_{A_k} + \frac{1}{\mu_k} \ln \sum_{j \in A_k} \exp(\mu_k V_j) = \beta \cdot x_{\text{Segment}'} + \frac{1}{\mu_k} \ln \sum_{j \in A_k} \exp(\mu_k V_j) \quad , \quad (9.29)$$

wobei durch  $V_j$  die lineare Nutzenfunktion auf der Ebene der Produkte bezeichnet wird.

Mit der durch (9.28) implizierten Entscheidung für eine Teilmenge von Produkten läßt sich bedingt durch diese Entscheidung die Wahrscheinlichkeit formulieren, mit der ein Produkt aus dieser Teilmenge gewählt wird:

$$P(i|A_k) = \frac{\exp(\mu_k V_i)}{\sum_{j \in A_k} \exp(\mu_k V_j)} \quad , \quad (9.30)$$

wobei durch  $V_i$  bzw. durch  $V_j$  lineare Nutzenfunktionen der Produktattribute  $\mathbf{x}'$  bezeichnet sind.

Mit (9.28) und (9.30) läßt sich die letztendlich die Wahrscheinlichkeit berechnen, mit der Produkt  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  gewählt wird, die mit dem Marktanteil  $q_{it}$  gleichgesetzt wird:

$$q_{it} = P(it) = P(i|A_k) \cdot P(A_k) = \frac{\exp(\mu_k V_i)}{\sum_{j \in A_k} \exp(\mu_k V_j)} \cdot \frac{\exp(\mu V'_{A_k})}{\sum_{A_l \subset A} \exp(\mu V'_{A_l})} \quad (9.31)$$

An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, daß im Fall des Nested Logit Modells die zuvor vorgestellte Variable zur Beschreibung der Wettbewerbsstärke nicht berücksichtigt wird, da im Fall des Nested Logit Modells durch die hierarchische Strukturierung des Modells eine differenzierte Produktstruktur impliziert wird.

In der Auswahlmenge befinden sich alle im betrachteten Zeitraum verfügbaren Produkte. Dadurch ist gewährleistet, daß die Produkte auch in zeitlicher Konkurrenz zueinander stehen und die jeweiligen Anteile am gesamten Nachfragevolumen in Abhängigkeit von den produkt- und zeitspezifischen Variablen erklärt wird.

Die Schätzung dieses Modells basiert auf einer Implementierung in ANSI-C, die bereits für frühere Untersuchungen verwendet wurde.<sup>357</sup>

---

<sup>357</sup>Vgl. Eggert, 1999, 2000.

# Kapitel 10

## Modellevaluierung

In diesem Kapitel erfolgt die Evaluierung des zuvor spezifizierten Modells gemäß der im vorherigen Kapitel dargestellten Verfahrensweise.

Im ersten Abschnitt wird die Validierung des Modells vorgenommen, wobei auf die Prognosegüte fokussiert wird, die auf unabhängigen Daten der Testmenge erzielt worden ist. Einführend werden alternative Untersuchungen der Automobilnachfrage hinsichtlich der jeweils erzielten Prognosegüte erörtert.

Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt jedoch auf dem Vergleich des Gesamtmarktmodells mit den drei spezifizierten Vergleichsmodellen, die zunächst hinsichtlich der Prognosegüte analysiert werden. Nachfolgend wird die Generalisierungsfähigkeit des Modells untersucht, wozu insbesondere die Prognose neuer Produkte sowie die Darstellung dynamischer Nachfrageaspekte betrachtet wird. Schließlich werden die Modelleigenschaften hinsichtlich der Bewertung verschiedener Zukunftsszenarien anhand exemplarischer Entscheidungssituationen analysiert.

Einführend sei hier nochmals erwähnt, daß die Modellergebnisse ausschließlich auf der Basis einzelner Produkte errechnet werden, um nachfolgend auf höher aggregierten Stufen erörtert zu werden.

## 10.1 Modellvalidierung

Quantitative Modelle werden typischerweise einerseits hinsichtlich der Anpassungsgüte an die Trainingsdaten beurteilt, um hieraus Aussagen bezüglich der Flexibilität und der Güte der Parameteridentifikation abzuleiten. Andererseits werden die identifizierten Modelle zur Modellvalidierung auf unabhängige Testdaten angewendet, um die Validität und die Generalisierungsfähigkeit des spezifizierten Modells zu analysieren.

In diesem Abschnitt werden die hier betrachteten Modelle sowohl hinsichtlich ihrer Anpassungsgüte als auch bezüglich der Prognosefehler auf unabhängigen Testdaten betrachtet. In diesem Zusammenhang sei insbesondere angemerkt, daß der Theil'sche Ungleichheitskoeffizient  $U_2$  dazu geeignet ist, die Modellergebnisse mit der naiven Prognose zu vergleichen und daher eine alternative Bewertungsmöglichkeit der Modellergebnisse bietet.

Einleitend werden jedoch zunächst empirische Untersuchungen und Absatzprognosen des Automobilmarktes sowie empirische Erhebungen bezüglich der jeweils erzielten Prognosefehler diskutiert, um einen Überblick über die in der Praxis erzielten Ergebnisse zu erhalten.

### 10.1.1 Vergleichbare Untersuchungen

In der Literatur beinhalten verschiedene quantitative Untersuchungen und Studien Ergebnisse, die sich zur Bewertung und Einordnung der hier erreichten Ergebnisse verwenden lassen.

Einen starken Bezug zu dieser Arbeit weist die Untersuchung des amerikanischen Automobilmarktes von Goldberg auf, die ein Nested Logit Modell zur Prognose der disaggregierten Nachfrage nach Automobilen verwendet. Die Resultate aus der Validierung dieses Modells eignen sich zur Einordnung der hier erzielten Ergebnisse.<sup>358</sup> Die prognostizierten Marktvolumina der Jahre 1988 und 1989 weichen um 32 Prozent bzw. um 27 Prozent von den tatsächlichen Absatzzahlen ab. Die Abweichungen auf Segment-

---

<sup>358</sup>Vgl. Goldberg, 1995, S. 947.

ebene bezüglich des Jahres 1989 liegen zwischen 24 Prozent und 42 Prozent.

Urban, Hauser & Roberts konzipieren in ihrer Untersuchung ein Modell zur Prognose neuer Automobile, das im Rahmen der Validierung auf tatsächliche Daten angewendet wird. Hier liegen die Abweichungen der prognostizierten von der tatsächlichen Nachfrage auf der disaggregierten Ebene einzelner Produkte je nach betrachtetem Zeithorizont zwischen 37 Prozent und 80 Prozent.<sup>359</sup>

Als weiterer Anhaltspunkt dient die Studie von Lawrence, O'Connor & Edmundson, in der die erfahrungsbasierten Absatzprognosen von dreizehn Herstellern von Konsum- und dauerhaften Gütern mit den tatsächlichen Absätzen verglichen werden, um auf die Qualität der in der Praxis durchgeführten Prognosen zu schließen. Die MAPE-Fehler der Unternehmensprognosen für eine Periode schwanken zwischen 21 Prozent und 1087 Prozent,<sup>360</sup> wobei zu beachten ist, daß sich die Prognoseverfahren im Prognosehorizont unterscheiden.

Armstrong verweist im Zusammenhang mit der Bewertung von Absatzprognoseverfahren auf Befragungen von Unternehmen bezüglich der Güte ihrer Absatzprognosen<sup>361</sup> sowie auf eine Studie zum Vergleich urteilsbasierter und quantitativer Prognosen.<sup>362</sup> Die Befragung der Hersteller bezieht sich dabei auf urteilsbasierte Absatzprognosen verschiedener Zeithorizonte und Aggregationsniveaus, so beispielsweise auf Markt-, Segment-, Baureihen- oder Produktebene, wobei die erreichte Prognosegenauigkeit mit zunehmendem Zeithorizont und fallender Aggregation abnimmt. Bei Prognosezeiträumen von über zwei Jahren liegen der Studie zufolge die prozentualen Abweichungen zwischen 15 Prozent und 26 Prozent. Im Zusammenhang derartiger Befragungen ist allerdings anzumerken, daß die Antwortrate unter den Befragten mit unter 10 Prozent relativ gering ist, so daß die Repräsentativität und Objektivität der Ergebnisse in Frage zu stellen ist.

Die zweite erwähnte Untersuchung bezieht sich auf die Prognose des jährlichen Au-

<sup>359</sup>Vgl. Urban, Hauser & Roberts, 1989, S. 24.

<sup>360</sup>Vgl. Lawrence, O'Connor & Edmundson, 2000, S. 154.

<sup>361</sup>Vgl. Armstrong, 1985, S. 361.

<sup>362</sup>Vgl. Armstrong, 1985, S. 488 f.

tomobilabsatzes in den USA und vergleicht urteilsbasierte Prognosen mit einem ökonomischen Verfahren. Die jährlichen durch die verschiedenen Verfahren gewonnenen Prognosen des Marktabsatzvolumens wiesen dabei prozentuale Abweichungen zwischen 10 Prozent und 41 Prozent auf.

Die hier dargestellten Ergebnisse vermitteln einen ersten Eindruck hinsichtlich des Ausmaßes und der Ausprägung der Prognosefehler in Untersuchungen der Nachfrage auf Automobilmärkten. Diese vorausgehende Betrachtung ist insofern sinnvoll, als daß je nach Anwendungsgebiet sich die üblicherweise erzielten Prognosefehler beträchtlich variieren. Es ist bezüglich der Berücksichtigung der oben erwähnten Prognosefehler zu beachten, daß die genannten Untersuchungen sowohl bezüglich der verwendeten Daten als auch hinsichtlich des Kontextes der jeweiligen Studie variieren und daß daher die unmittelbare Vergleichbarkeit mit den hier erwähnten Ergebnissen nicht gegeben ist.

### **10.1.2 Anpassungs- und Prognosegüte im Vergleich**

Wie bereits aus den Darstellungen des vorherigen Abschnitts ersichtlich wird, lassen sich die Ergebnisse des Modells hinsichtlich der Anpassungsgüte auf verschiedenen Aggregationsebenen betrachten.

Abbildung 10.1 zeigt die Anpassung des Gesamtmarktmodells an die Trainingsdaten des Zeitraums von 1993 bis 1996 sowie die Erklärung der Testdaten in den nachfolgenden Jahren. Die Darstellung basiert auf der Aggregation der durch das Modell erklärten Absätze auf Produktebene. Die Abbildung vermittelt einen Eindruck hinsichtlich der Erklärung des Gesamtmarktvolumens, wobei schon in dieser stark aggregierten visuellen Betrachtung ersichtlich wird, daß die tatsächlichen Volumenschwankungen durch das Modell nachvollzogen werden.

Der MAPE Fehler bezüglich der Anpassung der Modelle an die Trainingsdaten liegt im Bereich zwischen 4 und 10 Prozent, wobei das Gesamtmarktmodell den niedrigsten Wert aufweist. Einen differenzierten Überblick über die im Rahmen der Modellidentifikation erzielten Anpassungsgüte vermitteln die Tabellen 10.1 bis 10.4. Hier ist deutlich zu sehen, daß im Rahmen der Modellidentifikation bei der Betrachtung der Anpas-

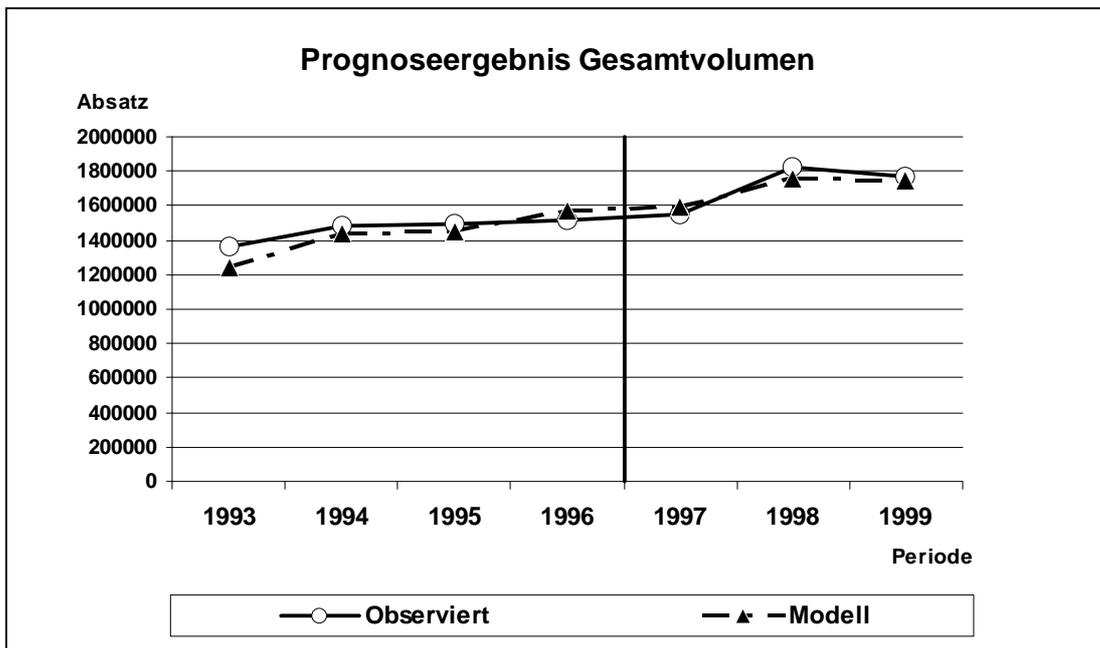


Abbildung 10.1: Gesamtmarktprognose, Gesamtmarktmodell

sungsfehler auf Markenebene das Gesamtmarktmodell kaum Ausreißer und damit eine den anderen Modellen überlegene Robustheit aufweist. So bleibt der MAPE-Fehler im zweistelligen Bereich und der DGQ stets unter einem Wert von 2, was bei den drei anderen Modellen nicht gegeben ist.

Eine überlegene Anpassungsgüte des Modells sagt allerdings nichts über die Validität des Modells sowie über dessen Generalisierungsfähigkeit aus. Daher liegt der Schwerpunkt der Betrachtungen auf der Prognosegüte des Modells, die hinsichtlich der Anwendung auf Daten der Jahre 1997 bis 1999 erzielt worden ist.

Tabelle 10.5 vermittelt einen vergleichenden Überblick über die Prognosefehler der vier betrachteten Modelle auf der stark aggregierten Ebene des betrachteten Marktes. Aus den Zahlen wird analog zur Anpassungsgüte auch bezüglich der Prognosefehler die Überlegenheit des hier entwickelten Gesamtmarktmodells deutlich. Bezüglich aller betrachteten Fehlermaße werden die unabhängigen Daten durch das Gesamtmarktmodell am exaktesten erklärt. Insbesondere ist dieses Modell das einzige, welches einen

Marke	MAPE (in %)	MAD	DGQ
AUDI	13.05	20378	1.13
BMW	18.34	36754	1.23
FORD	26.17	30713	1.26
JAGUAR	57.17	795	1.57
JEEP	33.64	982	1.34
MERCEDES-BENZ	11.11	26271	1.13
MITSUBISHI	10.03	504	1.10
NISSAN	29.94	2281	1.36
OPEL	11.98	40340	1.13
PORSCHE	30.19	384	1.30
TOYOTA	65.85	2446	1.96
VOLVO	65.32	5713	1.65
VW	15.36	56768	1.19

Tabelle 10.1: Anpassungsgüte auf Markenebene, Gesamtmarktmodell

Marke	MAPE (in %)	MAD	DGQ
AUDI	17.22	32335	1.18
BMW	22.22	47587	1.22
FORD	27.26	32994	1.28
JAGUAR	102.23	2417	2.02
JEEP	24.78	1718	1.55
MERCEDES-BENZ	31.23	87740	1.31
MITSUBISHI	83.70	3514	1.84
NISSAN	151.23	7878	2.71
OPEL	28.89	109172	1.47
PORSCHE	71.27	1350	1.74
TOYOTA	709.99	5652	8.10
VOLVO	116.53	10391	2.21
VW	21.06	85254	1.30

Tabelle 10.3: Anpassungsgüte auf Markenebene, neuronales Netz

Marke	MAPE (in %)	MAD	DGQ
AUDI	29.59	49498	1.30
BMW	12.59	28009	1.16
FORD	35.75	41395	1.37
JAGUAR	203.30	3378	3.03
JEEP	221.07	7774	3.21
MERCEDES-BENZ	30.60	76564	1.53
MITSUBISHI	138.52	5573	2.39
NISSAN	238.54	13391	3.45
OPEL	20.23	71934	1.26
PORSCHE	66.36	1148	1.67
TOYOTA	1622.19	11474	17.22
VOLVO	139.73	17508	2.40
VW	13.22	46657	1.15

Tabelle 10.2: Anpassungsgüte auf Markenebene, Nested Logit

Marke	MAPE (in %)	MAD	DGQ
AUDI	17.16	36020	1.23
BMW	21.68	47012	1.22
FORD	30.10	38976	1.47
JAGUAR	76.18	1111	1.76
JEEP	24.85	1665	1.44
MERCEDES-BENZ	55.04	159635	1.55
MITSUBISHI	52.94	2299	1.82
NISSAN	100.18	5584	2.25
OPEL	30.22	113380	1.49
PORSCHE	42.64	975	1.43
TOYOTA	874.93	6080	9.78
VOLVO	79.29	7749	1.80
VW	15.04	56439	1.18

Tabelle 10.4: Anpassungsgüte auf Markenebene, lin. Regression

U2-Wert von unter 1 erzielt und damit der naiven Prognose überlegen ist.

Die Tabellen 10.6 bis 10.9 zeigen die Prognosefehler der vier betrachteten Modelle auf der aggregierten Ebene einzelner Marken. Auch hier zeigt sich, daß das Gesamtmarktmodell die in allem am zufriedenstellendste Prognosegüte zeigt. Einzig bezüglich des Theil'schen Koeffizienten zeigen sich die anderen Modelle bezüglich der Marken „Nissan“ und „Toyota“ überlegen, was allerdings durch die restlichen Fehlermaße sehr deutlich relativiert wird.

Aufgrund der starken Schwankungen der Prognosefehler lassen sich Marken identifizieren, die durch ein oder mehrere der Vergleichsmodelle besser prognostiziert werden als vom Gesamtmarktmodell. Das Gesamtmarktmodell zeigt bezüglich der Progno-

<b>Modell</b>	<b>MAPE (in %)</b>	<b>MAD</b>	<b>DGQ</b>	<b>U2</b>
Gesamtmarktmodell	2.96	50554	1.03	0.26
Nested Logit	4.38	73172	1.04	1.02
Neuronales Netz	10.40	172426	1.11	1.97
Lineare Regression	7.71	126034	1.08	1.72

Tabelle 10.5: Prognosegüte der Modelle im Vergleich

sefehler eine hohe Robustheit der Ergebnisse, die gesamthaft betrachtet den anderen Modellen überlegen sind.

So weist das Nested Logit Modell in dieser Betrachtung mitunter sehr gute Ergebnisse auf, die jedoch durch äußerst hohe Prognosefehler bei einzelnen Marken relativiert werden.

Insbesondere ist bemerkenswert, daß die durch das Gesamtmarktmodell relativ schlecht prognostizierten Marken auch durch die übrigen Modelle schlecht erklärt werden, allerdings mit weitaus höheren Fehlern (abgesehen vom Theil'schen U2). Diese Beobachtung läßt sicherlich auf die Ausgewogenheit des Gesamtmarktmodells schließen.

Die Tabellen 10.10 bis 10.13 zeigen ergänzend die Validierungsergebnisse auf Segmentebene, wobei die Bedeutung der Segment-Kodierungen in Anhang C.4 aufgeführt sind.

Im Vergleich zu den Prognosefehlern auf Markenebene sind bezüglich der prozentualen Abweichungen die Ausreißer weniger stark ausgeprägt, wobei auch hier zu verzeichnen ist, daß bezüglich der Prognosefehler die drei Vergleichsmodelle ein heterogeneres Bild als das Gesamtmarktmodell abgeben. Allerdings zeigt die lineare Regression eine im Vergleich mit den beiden verbleibenden Vergleichsmodellen relativ robuste und ausgeglichene Struktur der Prognosefehler.

Bei allen betrachteten Modelle zeigt sich die Prognose einiger Segmente mit einem U2 größer als eins gegenüber der naiven Prognose unterlegen. Hier ist zu konstatieren, daß die durch das Modell prognostizierten Schwankungen des Absatzes nicht den tatsächlichen Schwankungen entsprechen, so daß diese durch die naive Prognose besser

Marke	MAPE (in %)	MAD	DGQ	U2
AUDI	8.31	19361	1.09	0.55
BMW	22.95	53194	1.30	1.16
FORD	27.36	37101	1.37	0.92
JAGUAR	38.15	1816	1.38	0.55
JEEP	102.69	1894	2.03	0.54
MERCEDES-BENZ	11.16	37168	1.13	0.93
MITSUBISHI	24.34	1102	1.25	0.92
NISSAN	89.84	2981	1.90	1.29
OPEL	14.33	50570	1.17	0.89
PORSCHE	31.47	1901	1.50	0.65
TOYOTA	597.09	1731	6.97	1.86
VOLVO	44.96	12711	1.45	0.66
VW	28.23	102153	1.28	0.48

Tabelle 10.6: Prognosegüte Gesamtmarktmodell, Markenebene

Marke	MAPE (in %)	MAD	DGQ	U2
AUDI	18.15	42153	1.19	1.19
BMW	19.18	44520	1.19	1.08
FORD	15.10	21058	1.16	0.68
JAGUAR	120.19	4241	2.20	1.60
JEEP	36.83	2440	2.12	2.31
MERCEDES-BENZ	52.68	164359	1.53	1.36
MITSUBISHI	35.91	1635	1.36	1.08
NISSAN	206.21	6810	3.06	0.96
OPEL	33.66	119784	1.52	1.18
PORSCHE	21.29	1293	1.28	0.77
TOYOTA	1636.20	6950	17.36	0.93
VOLVO	25.61	8062	1.38	1.41
VW	29.02	121941	1.47	0.95

Tabelle 10.8: Prognosegüte neuronales Netz, Markenebene

Marke	MAPE (in %)	MAD	DGQ	U2
AUDI	13.83	31848	1.14	1.24
BMW	6.83	15643	1.07	1.31
FORD	8.77	12021	1.11	1.15
JAGUAR	98.74	3367	1.99	1.72
JEEP	185.89	5514	2.86	0.89
MERCEDES-BENZ	11.84	39034	1.13	0.45
MITSUBISHI	64.26	2907	1.64	1.02
NISSAN	297.20	9717	3.97	0.97
OPEL	20.66	73515	1.26	1.30
PORSCHE	6.80	426	1.08	0.61
TOYOTA	3727.18	11413	38.27	0.96
VOLVO	108.32	31581	2.08	0.93
VW	11.24	34803	1.11	0.88

Tabelle 10.7: Prognosegüte Nested Logit, Markenebene

Marke	MAPE (in %)	MAD	DGQ	U2
AUDI	25.82	61127	1.38	0.95
BMW	19.88	45764	1.20	1.12
FORD	44.01	59253	1.83	1.31
JAGUAR	20.09	569	1.20	0.69
JEEP	35.58	2143	1.76	1.53
MERCEDES-BENZ	96.53	308721	1.97	1.15
MITSUBISHI	48.58	2326	2.12	1.07
NISSAN	115.50	3821	2.16	0.93
OPEL	34.54	122948	1.54	1.17
PORSCHE	23.07	1291	1.23	1.51
TOYOTA	2016.78	6702	21.17	0.93
VOLVO	38.50	11066	1.39	0.84
VW	8.92	31237	1.09	0.50

Tabelle 10.9: Prognosegüte lin. Regression, Markenebene

erklärt werden. Aus den Ergebnissen geht jedoch gleichzeitig hervor, daß die prozentualen Fehler durchaus in einem akzeptablen Bereich liegen und die durch das Modell erklärten Absatzschwankungen daher nicht als übertrieben einzustufen sind.

Die Ergebnisse der Validierung lassen eine positive Bewertung des Gesamtmarktmodells insbesondere hinsichtlich der Generalisierungsfähigkeit und der Ausgewogenheit der Ergebnisse zu. So erzielen die zum Vergleich herangezogenen Modelle in Teilbereichen wie beispielsweise der Prognose einzelner Marken bessere Ergebnisse, ohne allerdings Rückschlüsse dahingehend zu liefern, woraus diese Ausreißer resultieren.

Ist jedoch eine gesamthafte und ausgewogene Analyse und Prognose der verfügbaren Produkte ein Kriterium zur Bewertung der Modellqualität, so ist das Gesamtmarktmodell bezüglich der in diesem Abschnitt untersuchten Aspekte den restlichen Modellen überlegen, was letztendlich in den aggregierten, in Tabelle 10.5 gezeigten Fehlern zum Ausdruck kommt.

Das Gesamtmarktmodell ist darüber hinaus in den meisten der hier betrachteten

Segment	MAPE (in %)	MAD	DGQ	U2
9	5.22	28658	1.05	0.18
10	6.34	20685	1.07	0.29
11	8.06	25475	1.09	0.33
12	31.19	10652	1.40	0.79
13	8.71	1825	1.09	1.65
14	21.57	10476	1.29	1.01
20	9.90	16377	1.10	0.68
21	11.08	12173	1.13	2.39
30	8.07	3435	1.09	1.73
32	28.07	111	1.32	0.49
50	41.35	4509	1.41	0.71

Tabelle 10.10: Prognosegüte Gesamtmarktmodell, Segmentebene

Segment	MAPE (in %)	MAD	DGQ	U2
9	61.36	395555	2.81	0.84
10	21.59	71999	1.21	0.65
11	22.97	68318	1.22	0.94
12	142.07	44676	2.42	1.30
13	103.07	22725	2.03	1.12
14	56.28	28502	1.56	0.90
20	60.04	105874	1.60	0.78
21	51.05	55562	1.51	0.94
30	7.44	2500	1.07	0.37
32	408.40	1807	5.08	0.88
50	81.24	16815	1.81	1.17

Tabelle 10.12: Prognosegüte neuronales Netz, Segmentebene

Segment	MAPE (in %)	MAD	DGQ	U2
9	28.74	188205	1.42	0.68
10	42.19	140752	1.73	1.32
11	62.73	190750	1.63	0.94
12	108.28	28869	2.08	2.28
13	83.97	18524	1.84	1.15
14	211.21	102703	3.11	0.99
20	11.30	21388	1.13	1.28
21	26.89	29338	1.38	1.13
30	19.30	6432	1.19	1.70
32	250.80	946	3.51	0.81
50	173.98	28316	2.74	1.17

Tabelle 10.11: Prognosegüte Nested Logit, Segmentebene

Segment	MAPE (in %)	MAD	DGQ	U2
9	41.39	256015	1.71	0.70
10	22.91	76198	1.30	1.57
11	87.17	267404	1.87	0.95
12	34.04	10398	1.37	0.57
13	67.99	15452	1.68	1.11
14	131.15	64767	2.31	0.97
20	31.30	57199	1.31	0.62
21	24.27	26616	1.24	0.86
30	56.47	19594	1.56	1.87
32	25.11	69	1.25	0.31
50	27.46	5839	1.27	1.07

Tabelle 10.13: Prognosegüte lin. Regression, Segmentebene

Fälle und öfters als die Vergleichsmodelle der naiven Prognose überlegen.

## 10.2 Generalisierungsfähigkeit

Die im vorherigen Abschnitt erörterte Modellvalidierung auf unabhängigen Daten läßt bereits grundlegende Rückschlüsse auf die Generalisierungsfähigkeit der betrachteten Modelle zu.

Ziel dieses Abschnitts ist es, explizite Aspekte der Generalisierungsfähigkeit des Gesamtmarktmodells im Vergleich der vier betrachteten Modelle zu untersuchen.

Zum einen wird die prognostizierte Nachfrage solcher Produkte diskutiert, die lediglich im Prognosezeitraum verfügbar sind und damit als unabhängig von den in der Trainingsmenge enthaltenen Produkten betrachtet werden können.

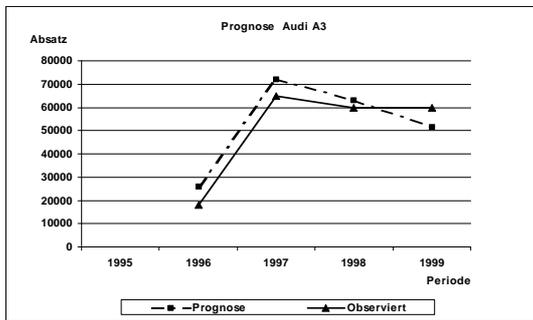


Abbildung 10.2: Prognose Audi A3, Gesamtmarktmodell

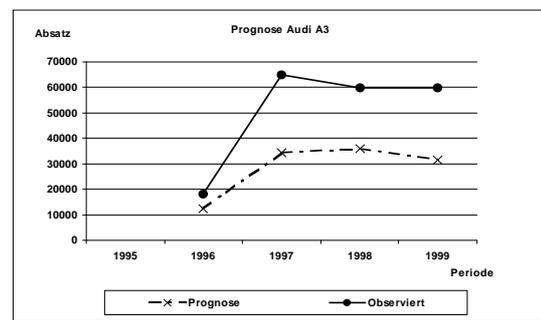


Abbildung 10.3: Prognose Audi A3, Nested Logit

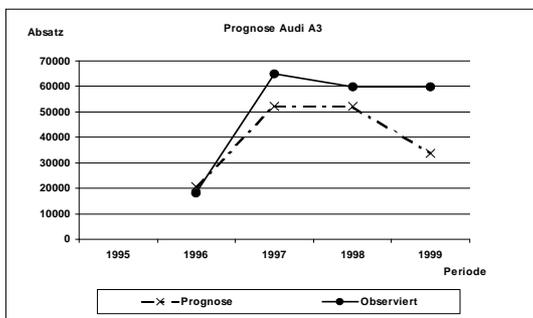


Abbildung 10.4: Prognose Audi A3, neuronales Netz

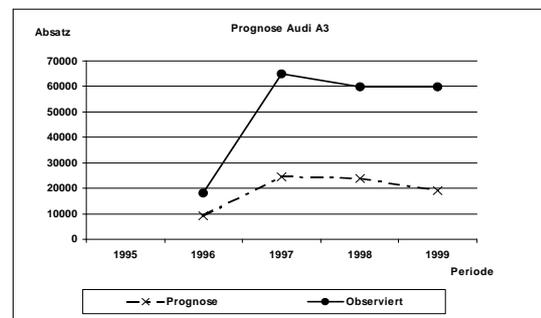


Abbildung 10.5: Prognose Audi A3, lin. Regression

Darüber hinaus werden die zeitlichen Verläufe der produkt-, baureihen- oder auch segmentspezifischen Absätze analysiert, um die Erklärungskraft hinsichtlich der dynamischen Nachfragespekte zu beurteilen. Da diese durch das Modell auf Basis der jeweiligen Angebotsstruktur generiert werden, läßt auch die Erklärung der zeitlichen Absatzverläufe Aussagen hinsichtlich der Generalisierungsfähigkeit des Modells zu.

Zu den hier betrachteten grafischen Darstellungen ist anzumerken, daß die Verbindungslinien zwischen den prognostizierten und tatsächlichen Absätzen lediglich der Anschauung und Verdeutlichung der Absatzzyklen dienen, jedoch nicht den tatsächlichen unterjährigen Absätzen entsprechen. Diese Verbindungslinien sind zudem nicht mit Trends im Sinne zeitreihen-analytischer Modelle gleichzusetzen, die sich gleichsam in die Zukunft extrapolieren lassen.

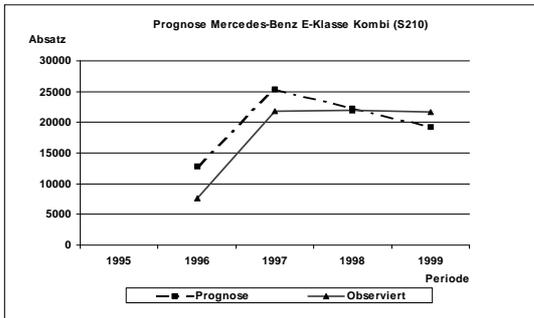


Abbildung 10.6: Prognose Mercedes-Benz E-Klasse Kombi, Gesamtmarktmodell

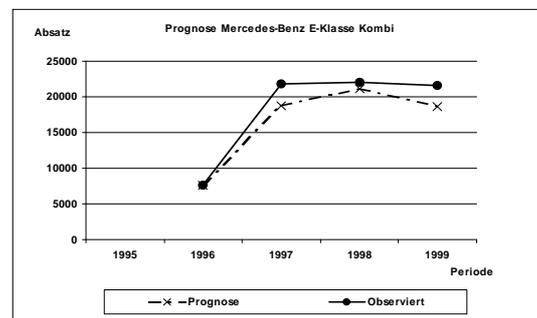


Abbildung 10.7: Prognose Mercedes-Benz E-Klasse Kombi, Nested Logit

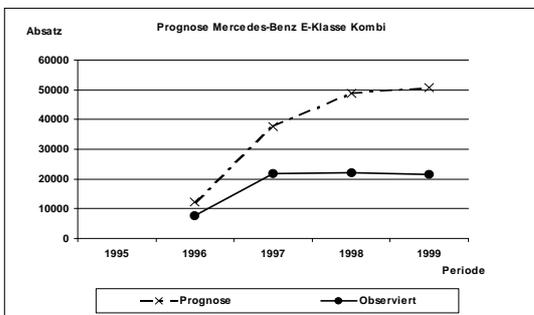


Abbildung 10.8: Prognose Mercedes-Benz E-Klasse Kombi, neuronales Netz

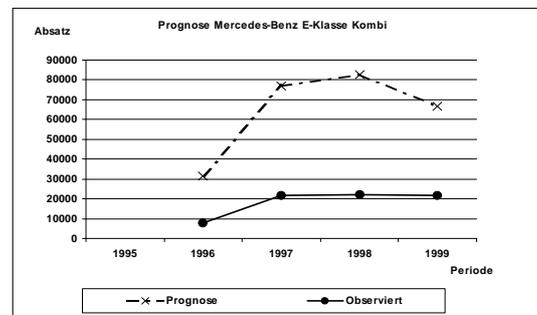


Abbildung 10.9: Prognose Mercedes-Benz E-Klasse Kombi, lin. Regression

### 10.2.1 Prognose neuer Produkte

Die Generalisierungsfähigkeit des Nachfragemodells ist insbesondere dann gefordert, falls die Absätze neuer Produkte zu prognostizieren sind, die nicht in den Trainingsdaten enthalten sind, da hier die Universalität der formalen Beschreibung sowohl der Produkte als auch ihrer Beziehungen untereinander zum Tragen kommt. Neue Produkte unterscheiden sich von eventuell existierenden Vorgängern in ihrer Spezifikation bzw. ihren Eigenschaften wie auch in der Konfiguration der Baureihen. Betrachtet man den langfristigen Prognosehorizont, so ist die Einführung neuer Produkte ein häufig vorkommendes Ereignis.

Innerhalb des hier betrachteten Prognosezeitraums existieren dementsprechend

Produkte, die ausschließlich bzw. größtenteils (mit Ausnahme des Anlaufjahres) im Testzeitraum verfügbar sind. Die Betrachtung der prognostizierten und tatsächlichen Absätze dieser spezifischen Produkte dient der qualitativen Bewertung der Generalisierungsfähigkeit des Nachfragemodells. Aus dieser Betrachtung geht ein wesentlicher Aspekt der Modellqualität hervor, was beispielsweise aus der Tatsache heraus deutlich wird, daß sich den Absatzverläufen neuer Produkte keine naive Prognose gegenüberstellen läßt.

Die Abbildungen 10.2 bis 10.5 zeigen den durch die vier Modelle prognostizierten Absatz des Audi A3, der gänzlich ohne Vorgänger ist und von dem Hersteller erstmals in dem entsprechenden Segment positioniert wird. Insofern ist dieses Produkt der Fragestellung dienlich, inwiefern sich die hier betrachteten Modelle zur Neuproduktprognose eignen, wobei anzumerken ist, daß das Anlaufjahr des Audi A3 in den Trainingszeitraum fällt.

Die in Abbildung 10.2 dargestellte Prognose des Gesamtmarktmodells ist den drei Vergleichsmodellen überlegen. Alle anderen Prognosemodelle unterschätzen den Absatz, wobei insbesondere das Nested Logit Modell und die lineare Regression signifikante Unterschätzungen des Absatzes aufweisen.

Hier zeigt sich durchaus der Vorzug des Gesamtmarktmodells, das vorhandene Nachfragepotential mit einer räumlichen Darstellung zu kombinieren, die es erlaubt, neuen Produkte auch ohne Vorgängermodell dieses segmentspezifische Potential zuzuordnen, was bei den restlichen Modellen nicht gegeben ist.

In den Abbildungen 10.6 bis 10.9 werden die Prognosen des Absatzes der Mercedes-Benz E-Klasse in der Kombi-Variante dargestellt. Hier zeigen sowohl das Gesamtmarktmodell als auch das Nested Logit Modell gute Ergebnisse, während durch die verbleibenden zwei Modelle die Nachfrage nach diesem Produkt signifikant überschätzt wird. Bei dem hier betrachteten Produkt handelt es sich im Gegensatz zum Audi A3 um die Neuauflage eines bereits existierenden Modells, wobei anzumerken ist, daß das Anlaufjahr noch im Trainingszeitraum liegt.

Abgesehen von „unbekannten“ Produkten weisen die hier betrachteten Vergleichs-

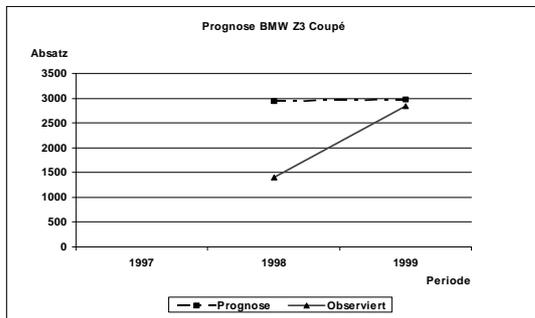


Abbildung 10.10: Prognose BMW Z3 Coupé, Gesamtmarktmodell

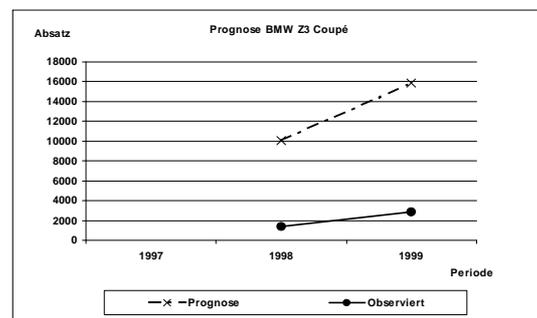


Abbildung 10.11: Prognose BMW Z3 Coupé, Nested Logit

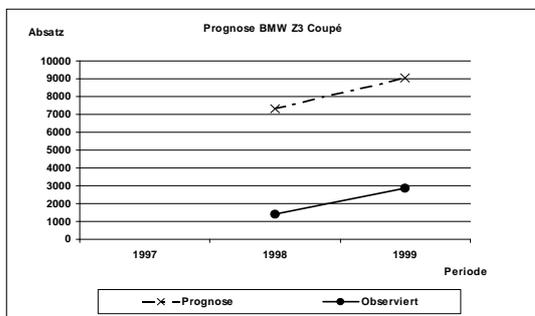


Abbildung 10.12: Prognose BMW Z3 Coupé, neuronales Netz

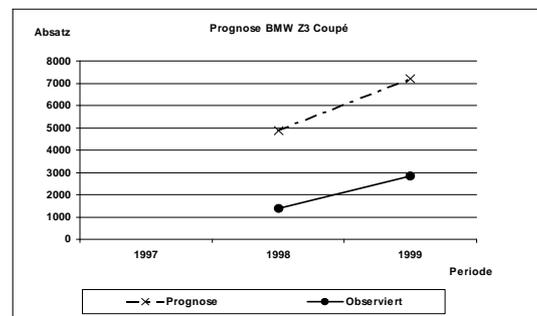


Abbildung 10.13: Prognose BMW Z3 Coupé, lin. Regression

modelle demnach teilweise Schwierigkeiten auf, die Nachfolgemodelle bekannter Produkte vorherzusagen. Dieses kann mitunter aus stark abweichenden Absatzzahlen des Vorgängermodells resultieren, die aus einer Produktmodifikation resultieren, wie auch aus einem veränderten Wettbewerbsumfeld.

Während die beiden zuvor diskutierten Baureihen relativ hohe Absätze verzeichnen, liegt eine Kernanforderung an das hier entwickelte Modell darin, der Heterogenität des Marktes gerecht zu werden.

Die Abbildungen 10.10 bis 10.13 zeigen die prognostizierte Nachfrage nach dem BMW Z3 Coupé, welches als preislich hoch positionierter Sportwagen eine begrenzte Nachfrage erfährt. Die Prognose des Gesamtmarktmodells liegt im ersten Jahr deutlich über dem tatsächlichen Absatz des Produkts, stimmt im zweiten Jahr allerdings relativ

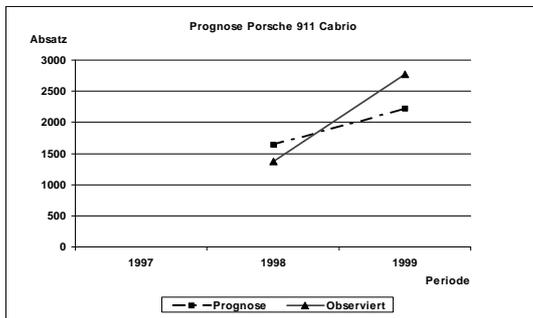


Abbildung 10.14: Prognose Porsche 911 Cabrio, Gesamtmarktmodell

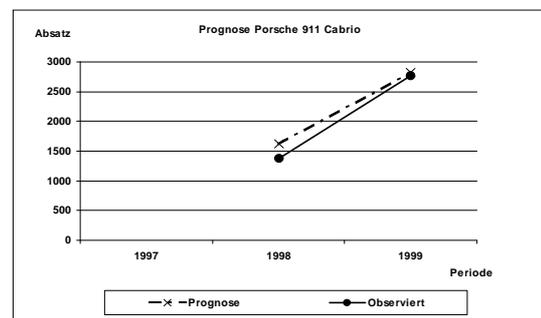


Abbildung 10.15: Prognose Porsche 911 Cabrio, Nested Logit

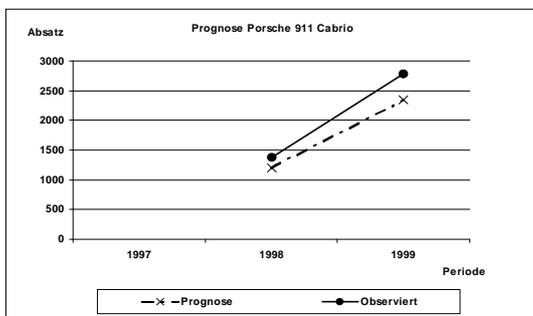


Abbildung 10.16: Prognose Porsche 911 Cabrio, neuronales Netz

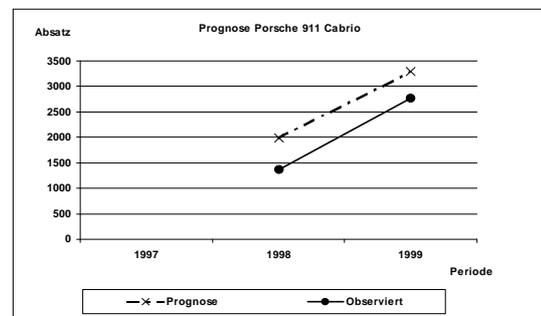


Abbildung 10.17: Prognose Porsche 911 Cabrio, lin. Regression

exakt mit der tatsächlichen Nachfrage überein.

Die restlichen Modelle überschätzen die Nachfrage nach dem Z3 Coupé signifikant. Auch im Bereich von Nischensegmenten zeigen sich die Probleme der Vergleichsmodelle, gänzlich neue Produkte zu prognostizieren. Die Überlegenheit des Gesamtmarktmodells in diesem Aspekt ist auf die bereits oben aufgeführte Repräsentation des Nachfragepotentials zurückzuführen.

Ein weiteres Nischenprodukt, welches allerdings einen Vorgänger aufweist, ist das Porsche 911 Cabrio. Die Abbildungen 10.14 bis 10.17 zeigen die Prognose der Neuauflage dieses Produkts, wobei auch dieses Marktsegment durch relativ niedrige Absatzzahlen gekennzeichnet ist. Gleichwohl ist zu sehen, daß die Markteinführung durch alle Modelle sehr gut prognostiziert wird, mitunter wird der Anstieg der Absatzzahlen

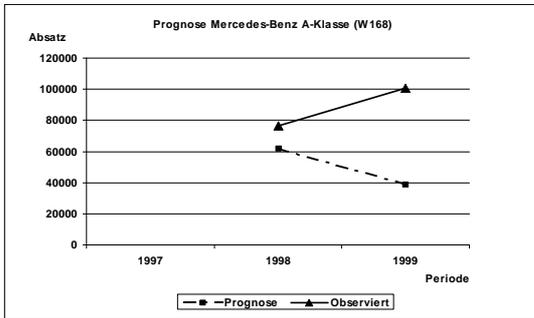


Abbildung 10.18: Prognose Mercedes-Benz A-Klasse, Gesamtmarktmodell

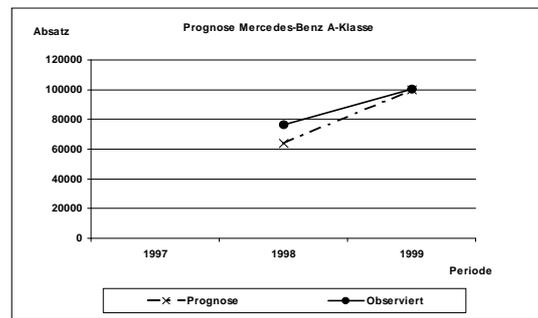


Abbildung 10.19: Prognose Mercedes-Benz A-Klasse, Nested Logit

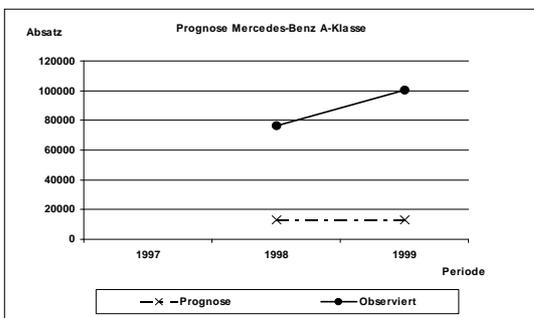


Abbildung 10.20: Prognose Mercedes-Benz A-Klasse, neuronales Netz

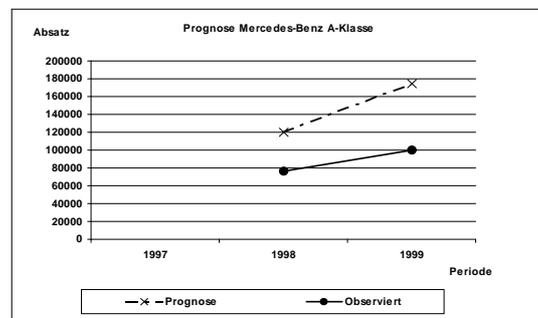


Abbildung 10.21: Prognose Mercedes-Benz A-Klasse, lin. Regression

durch die Vergleichsmodelle exakter nachvollzogen als durch das Gesamtmarktmodell. Der Grund hierfür mag sein, daß dieses Produkt in den wesentlichen hier verwendeten Produktcharakteristika wenige Änderungen erfahren hat und daher die Absätze bereits aus dem Vorgängermodell „gelernt“ wurden. Zudem handelt es sich hier um ein Marktsegment, in dem eine Wettbewerbsstruktur zu dem betrachteten Zeitpunkt relativ wenig ausgeprägt und darüber hinaus eher statisch ist.

Aus den hier bereits betrachteten Ergebnissen kann geschlossen werden, daß das Gesamtmarktmodell in der Lage ist, bezüglich der Prognose neuer Produkte vielfältigen Anforderungen gerecht zu werden. Die Vergleichsmodelle scheinen weniger robust auf neue Produkte und insbesondere auf veränderte Rahmenbedingungen zu reagieren.

Neben diesen positiven Beispielen lassen sich auch solche Prognosen des Gesamt-

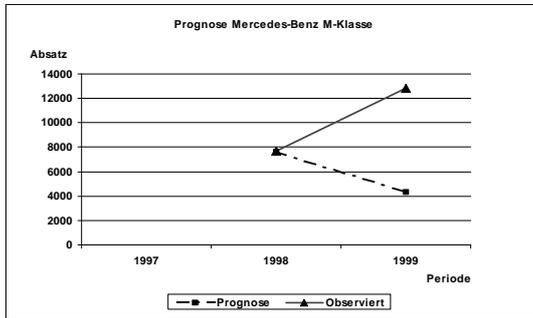


Abbildung 10.22: Prognose Mercedes-Benz M-Klasse, Gesamtmarktmodell

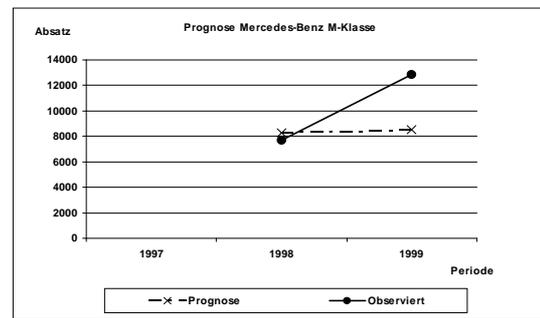


Abbildung 10.23: Prognose Mercedes-Benz M-Klasse, Nested Logit

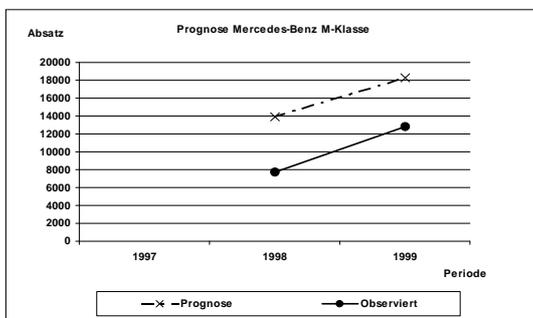


Abbildung 10.24: Prognose Mercedes-Benz M-Klasse, neuronales Netz

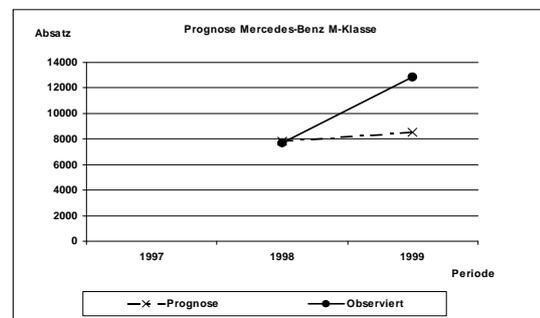


Abbildung 10.25: Prognose Mercedes-Benz M-Klasse, lin. Regression

marktmodells identifizieren, die die tatsächliche Nachfrage nicht in angemessener Weise erklären. Beispiele hierfür sind die in den Abbildungen 10.18 bis 10.21 sowie 10.22 bis 10.25 dargestellten Prognosen für die Mercedes-Benz A-Klasse bzw. die Mercedes-Benz M-Klasse. Beide Produkte sind Neueinführungen ohne ein Vorgängermodell.

In den vergleichenden Darstellungen der Prognosen zeigt sich insbesondere für den Fall der M-Klasse, aber auch im Fall der A-Klasse, daß das hier spezifizierte Gesamtmarktmodell von den Vergleichsmodellen und hier insbesondere vom Nested Logit Modell in der Prognosequalität übertroffen wird.

Hier ist allerdings zu beachten, daß das Gesamtmarktmodell die Marke Mercedes-Benz durch eine separate Dimension im Produktraum repräsentiert, die zur formalen Darstellung der „Markentreue“ dient. Durch diese zusätzliche Distanz der Mercedes-

Benz Produkte zu den Positionen im Produktraum, in denen in der Vergangenheit bzw. in den Trainingsdaten Absätze und demnach das Nachfragepotential beobachtet wurden, wird relativ weit entfernten Produkten wie der hier betrachteten A-Klasse und M-Klasse nicht genug Nachfragepotential zugeordnet. Im Sinne des Modells lassen sich diese beiden Produkte als Innovationen auffassen, welche eine bisher nicht besetzte „Region“ im Produktraum besetzen. Diese hier beobachtete Problematik ist die grundlegende Motivation für die in Kapitel 8 vorgenommenen Überlegungen und Modellerweiterungen.

Es ist daher zu untersuchen, inwiefern die Ergebnisse des Gesamtmarktmodells auf die konkrete Modellspezifikation zurückzuführen sind und ob aufgrund der Höhe des Prognosefehlers Anlaß besteht, eine spezifische Modellerweiterung im Sinne der in Kapitel 8 angestellten Überlegungen vorzunehmen.

Nichtsdestotrotz ist festzustellen, daß im Fall der A-Klasse das neuronale Netz und die lineare Regression weitaus signifikantere Abweichungen zu den beobachteten Absätzen als das Gesamtmarktmodell aufweisen.

Die Ergebnisse der Vergleichsmodelle geben Anlaß zu der Annahme, daß die Prognosen für die hier gezeigten Produkte mit hoher Wahrscheinlichkeit durch die Elimination der markenspezifischen Produktraumdimension zu verbessern sind. Allerdings wäre in diesem Fall der Effekt der Markentreue bzw. einer Markenabgrenzung nicht mehr darstellbar, welcher allerdings im Rahmen der Betrachtung verschiedener Szenarien explizit zu berücksichtigen ist.

Aus den beiden diskutierten Fällen läßt sich die Notwendigkeit ableiten, die jeweilige Spezifikation des Nachfragemodells und insbesondere des Produktraums im Zuge der Ergebnisinterpretation zu berücksichtigen.

### **10.2.2 Zeitliche Absatzentwicklungen**

Neben der Prognose neuer Produkte lassen sich Aussagen über die Generalisierungsfähigkeit auch aus der Fähigkeit des hier entwickelten Nachfragemodells ableiten, zeitliche Nachfrageentwicklungen aus der jeweiligen Angebotsstruktur des Marktes heraus zu erklären. Zuvor ist dieser Aspekt bereits im Zusammenhang mit der Progno-

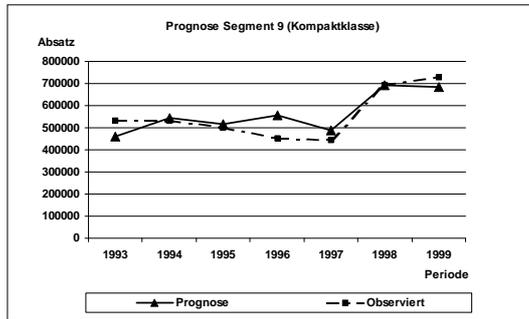


Abbildung 10.26: Prognose Segment 9, Gesamtmarktmodell

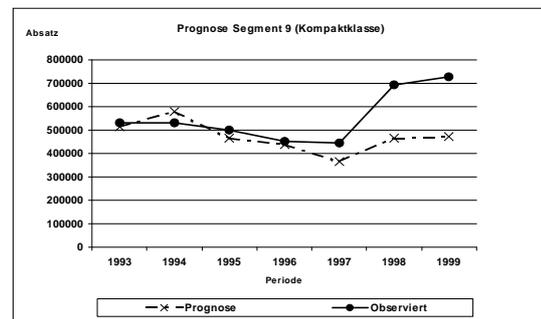


Abbildung 10.27: Prognose Segment 9, Nested Logit

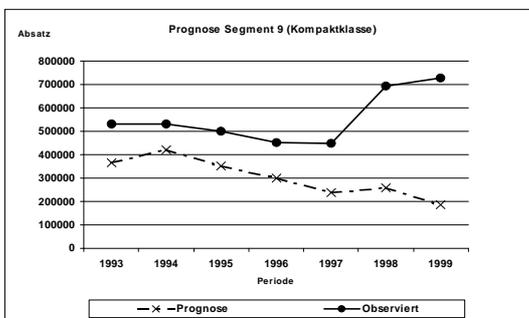


Abbildung 10.28: Prognose Segment 9, neuronales Netz

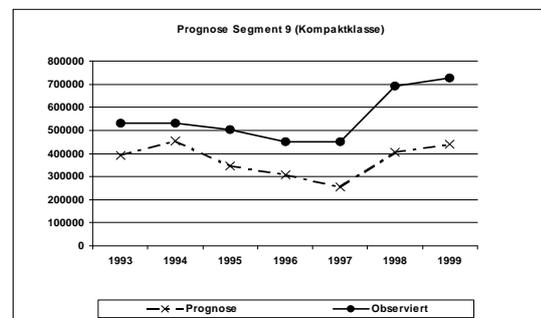


Abbildung 10.29: Prognose Segment 9, lin. Regression

se des Gesamtmarktvolumens angeschnitten worden. In diesem Abschnitt wird diese Thematik wieder aufgegriffen und differenzierter betrachtet.

Obwohl der hier betrachtete Automobilmarkt als gesättigt betrachtet werden darf, herrschen aufgrund des starken Wettbewerbs beträchtliche zeitliche Nachfrageschwankungen und Nachfrageverschiebungen innerhalb und zwischen den Segmenten, den einzelnen Baureihen sowie den Marken. Diese Schwankungen sind auf die Produktangebote der verschiedenen Hersteller zurückzuführen, in denen sich gleichsam auch die Präferenzentwicklungen der Konsumenten widerspiegeln.

Es ist anzumerken, daß in den folgenden Betrachtungen die Konjunkturfaktoren bezüglich des Prognosezeitraums eine konstante Entwicklung unterstellen, so daß die durch das Nachfragemodell prognostizierten Nachfrageschwankungen ausschließlich

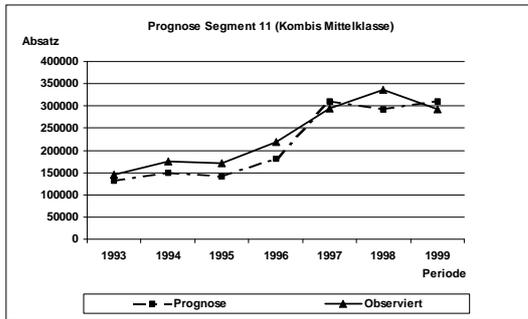


Abbildung 10.30: Prognose Segment 11, Gesamtmarktmodell

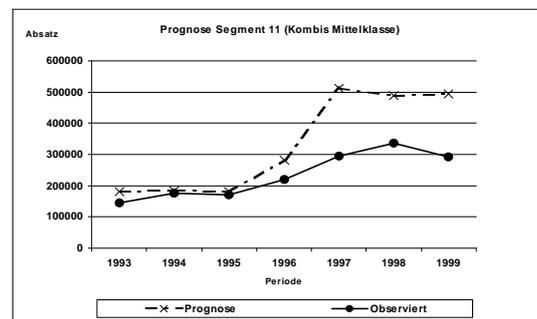


Abbildung 10.31: Prognose Segment 11, Nested Logit

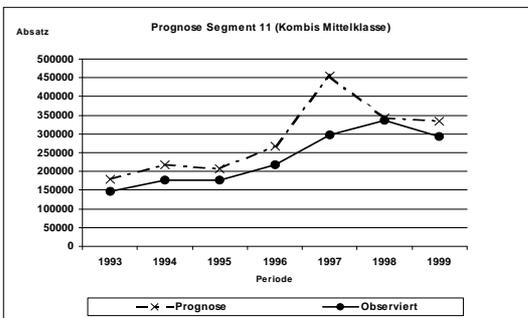


Abbildung 10.32: Prognose Segment 11, neuronales Netz

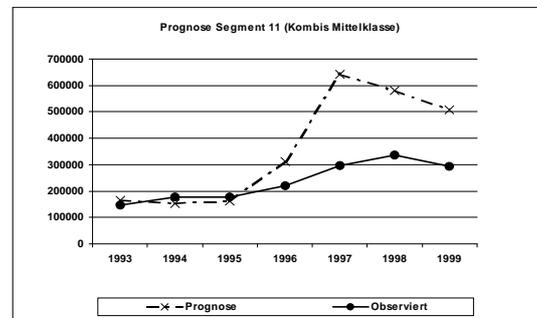


Abbildung 10.33: Prognose Segment 11, lin. Regression

auf die jeweilige Produktstruktur und die damit verbundenen dynamischen Nachfrageaspekte zurückzuführen sind.

Die Abbildungen 10.26 bis 10.29 zeigen die tatsächliche und durch die jeweiligen Modelle prognostizierte Entwicklung des Marktsegmentes der unteren Mittelklasse bzw. Kompaktklasse. Das Gesamtmarktmodell vollzieht sowohl im Trainings- als auch im Prognosezeitraum die tatsächlich Entwicklung im Vergleich mit den restlichen Modellen sehr gut nach. Es ist hier nochmals anzumerken, daß der Nachfrageanstieg im Rahmen der hier betrachteten Modelle lediglich aus der Markt- und Produktstruktur heraus erklärt wird und exogene Größen und Prämissen bezüglich der Segmententwicklungen im Prognosezeitraum nicht getroffen werden sondern Konstanz unterstellen.

Das Nested Logit Modell kann die tatsächliche Nachfrage im Trainingszeitraum

nachvollziehen, zeigt jedoch im Prognosezeitraum große Abweichungen. Die beiden übrigen Modelle zeigen im Vergleich nicht zufriedenstellende Ergebnisse.

Das Segment der Kombis in der Mittelklasse weist ebenso eine stark ausgeprägte Nachfragedynamik auf. Die Abbildungen 10.30 bis 10.33 zeigen die aggregierten Nachfrageprognosen dieses Segments.

Sowohl das Gesamtmarktmodell als auch das neuronale Netz sind in der Lage, die Dynamik der Realität angemessen nachzuvollziehen. Bemerkenswerterweise stellen die lineare Regression wie auch das Nested Logit Modell die Dynamik in stark übertriebener Weise dar. Diese Beobachtung beruht möglicherweise auf der Eigenschaft, daß sich insbesondere in diesem Segment die Angebotsstruktur stark verändert hat und die Anzahl der angebotenen Produkte angewachsen ist, was ohne die Berücksichtigung eines räumlich differenzierten Nachfragepotentials dazu führt, daß die segmentbezogene Nachfrage mit der Anzahl der verfügbaren Produkte additiv ansteigt.

Am Beispiel der Segmentbetrachtung wie auch der bereits zuvor dargestellten Prognose des Gesamtmarktes läßt sich sehr anschaulich die Berücksichtigung der dynamischen Nachfrageaspekte im Zuge der Modellspezifikation rechtfertigen und deren Relevanz für die Absatzentwicklung ganzer Segmente wie auch des Gesamtmarktes zeigen. Gleichsam wird deutlich, daß die Erwartungen bezüglich der konjunkturellen Entwicklung eher eine untergeordnete Rolle für die segmentspezifische Nachfrage spielen, da auch die Vergleichsmodelle eine Dynamik abbilden, die letztendlich nur auf die Angebotsstruktur zurückzuführen ist.

Diese Beobachtung impliziert, daß die Hersteller durch eine gezielte Produktpolitik und insbesondere durch eine gesteuerte zeitliche Abstimmung der Markteinführungen in der Lage sind, nicht nur den Aktivitäten der Wettbewerber zu begegnen, sondern auch das Risiko bestimmter konjunktureller Entwicklungen aktiv zu berücksichtigen und zu minimieren.

## 10.3 Betrachtung von Szenarien

Die Prognosen des hier dargestellten Nachfragemodells weisen insbesondere aufgrund des langfristigen Planungshorizonts einen gewissen Grad an Unsicherheit auf, was hinsichtlich der Anwendung zur Entscheidungsunterstützung im Rahmen von Planungsprozessen hervorzuheben ist. In diesem Zusammenhang ist die Berechnung und Bewertung verschiedener Szenarien von besonderer Bedeutung, da hierdurch alternative Erwartungen bezüglich zukünftiger Entwicklungen und unterschiedliche Planungsprämissen berücksichtigt werden können. Auf Basis der Modellergebnisse lassen sich verschiedene Chancen und Risiken bezüglich der eigenen Produktpolitik, des Marktumfelds und der Wettbewerber quantitativ bewerten, was die Planung und Entscheidungsfindung substantiell unterstützt.

Im folgenden werden daher exemplarisch drei verschiedene Szenarien dargestellt und analysiert, die realen Planungsalternativen nachempfunden sind:

- Modifikation der Preise,
- Elimination einer Typvariante aus der Baureihe,
- Vorziehen des Anlaufs einer Typvariante.

Die Modellergebnisse werden dabei insbesondere hinsichtlich ihrer Robustheit sowie ihrer Plausibilität diskutiert. Es ist anzumerken, daß über die aufgeführten Beispiele hinaus sich beliebige Szenarien auch aus alternativen Annahmen bezüglich der Wettbewerber sowie konjunktureller Entwicklungen ableiten lassen.

### 10.3.1 Preismodifikationen

In dem hier dargestellten Szenario ist der Preis des Mercedes-Benz „C240“ (Baureihe W202) um etwa zehn Prozent erhöht worden. Die hieraus resultierende Nachfragesituation wird mit der ursprünglichen Nachfrageprognose verglichen. Abbildung 10.34 zeigt die zehn am stärksten durch die Preisänderung betroffenen Produkte mit ihren absoluten

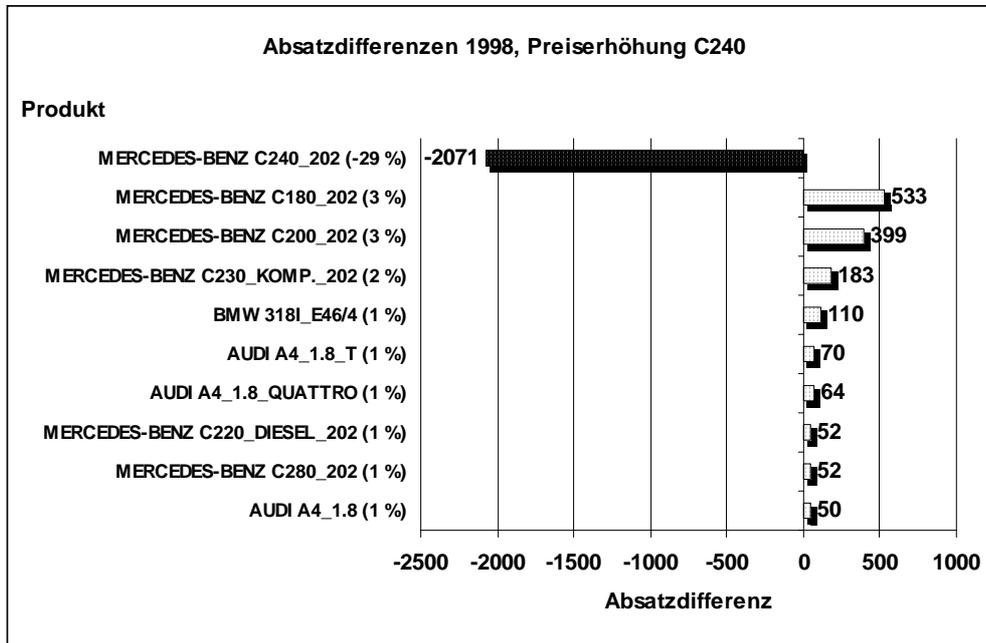


Abbildung 10.34: Preiserhöhung C240 - Absätze 1998, Gesamtmarktmodell

und relativen Absatzabweichungen im Vergleich zum Ausgangsszenario. Basis für die Darstellung ist das hier entwickelte Gesamtmarktmodell.

Wie deutlich wird, verliert der verteuerte „C240“ deutlich an Absatz, während die diesem Modell ähnlichen Produkte der gleichen Baureihe zusätzliche Nachfrage finden. Zudem ist erkennbar, daß ähnliche Produkte des Wettbewerbs an Nachfrage gewinnen. Hier macht sich insbesondere die Trennung der Marke Mercedes-Benz durch eine separate Dimension im Produktraum bemerkbar, welche im Zusammenhang mit der Prognose neuer Produkte zu Problemen geführt hat. Anhand des hier dargestellten Szenarios läßt sich jedoch diese Markenabgrenzung, die auf Expertenmeinungen beruht, rechtfertigen, da hierdurch die Preisänderung zunächst auf Modelle der gleichen Marke bzw. der gleichen Baureihe Einfluß nimmt. Gleichwohl ist das Modell in der Lage, auch Produkte des Wettbewerbs in differenzierter Weise zu berücksichtigen.

Ferner ist zu dem hier dargestellten Szenario einer Preisänderung zu konstatieren, daß der teurere „C240“ umso stärker von anderen Produkte der gleichen Baureihe substituiert wird, je ähnlicher bzw. näher sie sind. Auch hierin spiegelt sich die geforderte

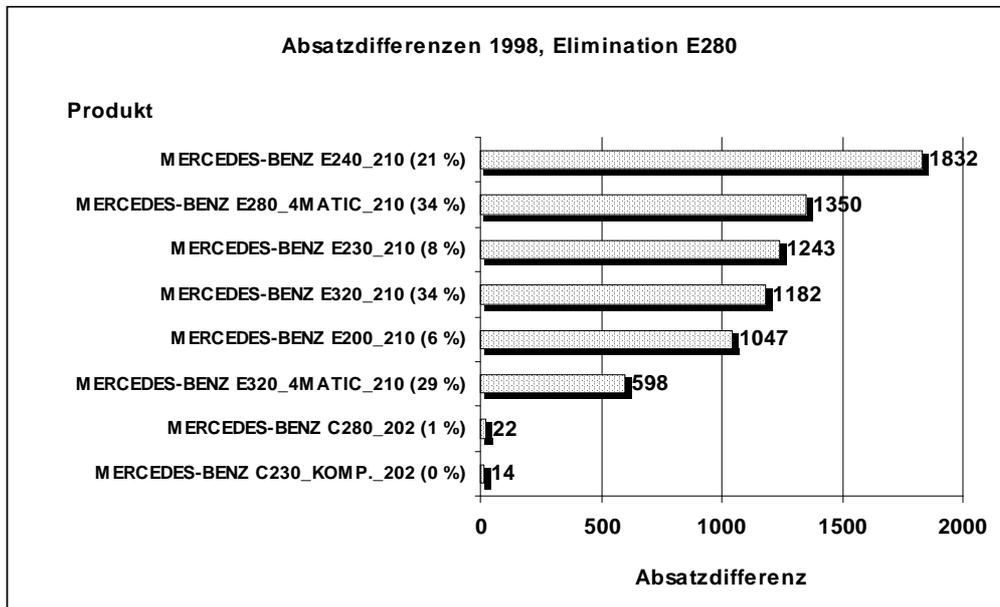


Abbildung 10.35: Eliminierung E280 - Absätze 1998, Gesamtmarktmodell

Fähigkeit des Modells wieder, differenzierte Produktsubstitutionen darzustellen.

Darstellungen der Prognose dieses Szenarios basierend auf den drei Vergleichsmodellen unterbleiben an dieser Stelle, da die Berechnungen mit Erhöhung der Preise bei allen drei Modellen in erhöhter Nachfrage resultieren und ferner kaum Substitutionen feststellbar sind. Insofern halten die hier betrachteten Vergleichsmodelle hinsichtlich einer Betrachtung von Preisszenarien keinem Vergleich stand.

### 10.3.2 Produkteliminationen

Eine weitere produktpolitische Handlungsalternative besteht in der spezifischen Konfiguration einer Baureihe durch die Spezifikation der in der Baureihe enthaltenen Typvarianten, welche (bezüglich der hier betrachteten Aggregation) im wesentlichen durch die Wahl der Antriebsaggregate bestimmt ist.

Abbildung 10.35 zeigt die Szenarioprognose des Gesamtmarktmodells basierend auf der Elimination des Mercedes-Benz „E280“. Aus diesem Szenario wird die Differenziertheit der durch das Gesamtmarktmodell erzeugten Produktsubstitutionen deutlich,

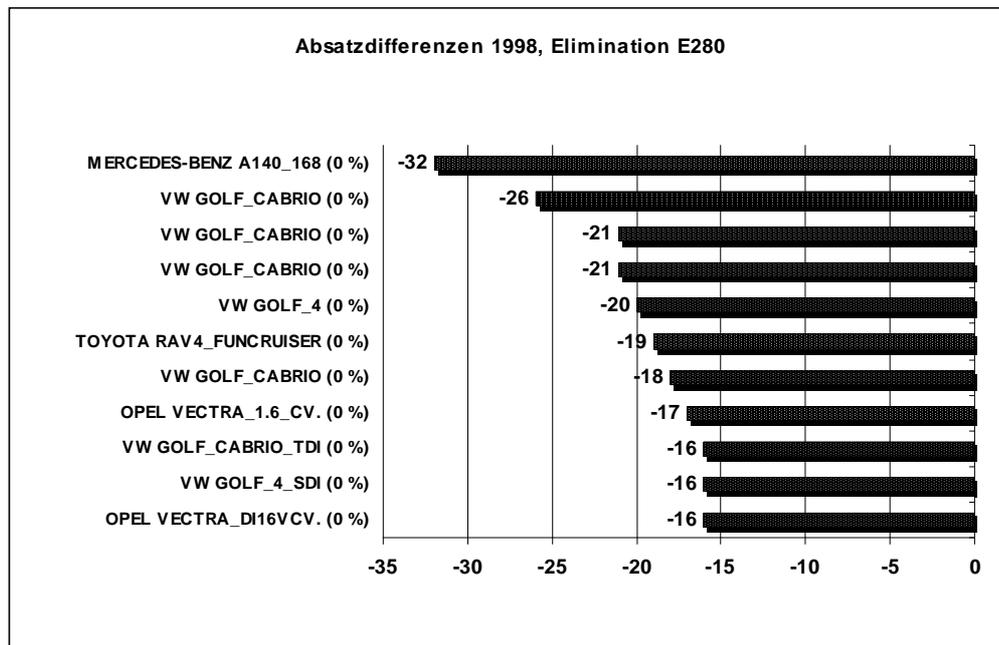


Abbildung 10.36: Eliminierung E280 - Absätze 1998, Nested Logit

die darin zum Ausdruck kommen, daß im wesentlichen die verbleibenden Produkte der E-Klasse Baureihe durch die Elimination an Nachfrage gewinnen. Hier zeigen sich auch die Auswirkungen der durch die gesonderte Produktraumdimension modellierten Markentreue.

Ferner läßt sich durch dieses Szenario sehr anschaulich die Bedeutung der durch die Zylinderanzahl sowie die Verbrennungsart definierten Produktraumdimensionen verdeutlichen, die zu einer feineren und realitätsnahen Differenzierung innerhalb der Baureihen führen. So sind prozentual und größtenteils auch absolut die verbleibenden Produkte mit Sechszylindermotoren (E240, E320, E280 4Matic) am stärksten betroffen. Aufgrund der Größe der Absätze gewinnen auch der „E230“ und der „E200“ an Nachfrage relativ stark hinzu.

Darüber hinaus zeigt sich, daß Diesel-Modelle nur unwesentlich an Nachfrage gewinnen, so daß sie in der Darstellung der am stärksten betroffenen Produkte fehlen, was durchaus mit der Expertenmeinung bzw. der Vertriebsicht vereinbar ist.

Abbildung 10.36 zeigt die Auswirkungen der Elimination, die durch das Nested

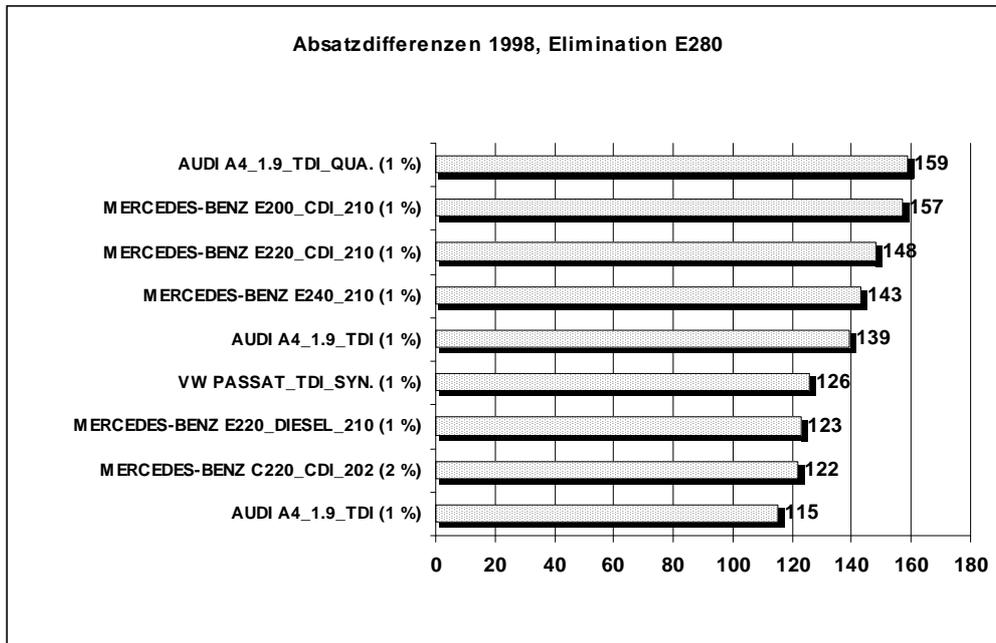


Abbildung 10.37: Eliminierung E280 - Absätze 1998, neuronales Netz

Logit prognostiziert werden. Hier zeigt sich zunächst, daß die elf größten absoluten Abweichungen durchweg Nachfrageverluste sind. Insofern ist zunächst festzustellen, daß die Elimination des „E280“ keine größeren positiven Nachfrageeffekte auf weitere Produkte aufweist und darüber hinaus die am stärksten betroffenen Produkte durchweg keine Ähnlichkeit mit dem eliminierten Produkt aufweisen. Das durch das Nested Logit Modell implizierte Substitutionsszenario ist demnach als unrealistisch und aus Vertriebsicht nicht anwendbar zu bewerten.

Das neuronale Netz (Abbildung 10.37) wie auch die lineare Regression (Abbildung 10.38) reagieren mit positiven Nachfrageeffekten und insofern realistisch auf die Elimination des „E280“, wobei im Fall des neuronalen Netzes einige Produktvarianten der E-Klasse profitieren. Betrachtet man die am stärksten betroffenen Produkte allerdings gesamthaft, so scheint kein kausaler Zusammenhang zwischen dem Wegfall der „E280“ und den davon betroffenen Produkten zu bestehen.

Wie auch schon im Fall der Preismodifikation, so generieren die hier betrachteten Vergleichsmodelle keine Substitutionsmuster, die realistisch erscheinen, das Gesamt-

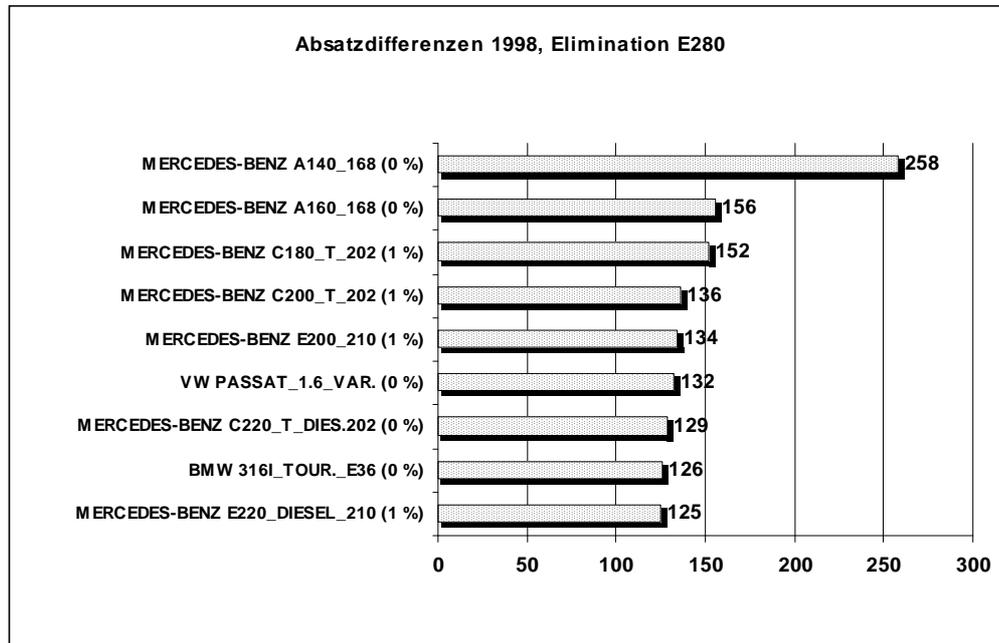


Abbildung 10.38: Eliminierung E280 - Absätze 1998, lin. Regression

marktmodell liefert hier die am weitest praktikabelsten Ergebnisse.

### 10.3.3 Modifikation der Einführungszeitpunkte

Im Rahmen der Baureihengestaltung besteht neben den bereits oben genannten Aspekten auch hinsichtlich der Wahl der Einführungszeitpunkte der einzelnen Typvarianten der entsprechenden Baureihe ein beträchtlicher Handlungsspielraum. Im folgenden wird exemplarisch die Einführung des ursprünglich vier Monate später eingeführten Mercedes Benz „S430“ vorgezogen, so daß dieser bereits im Kalenderjahr 1998 verfügbar ist. Um anhand dieses Beispiels insbesondere die Berücksichtigung zeitlicher Aspekte durch das Modell zu illustrieren, werden die Absatzdifferenzen der Jahre 1998 und 1999 dargestellt, um die Auswirkungen dieser zeitlichen Manipulation zu beurteilen.

Zunächst werden wiederum die Ergebnisse des Gesamtmarktmodells betrachtet. Abbildung 10.39 zeigt die Auswirkungen der früheren Markteinführung des „S430“ auf die Absätze. Es wird deutlich, daß die Nachfrage nach dem Produkt nur unwesentlich zu Ungunsten konkurrierender Produkte entsteht. Diese Tatsache spiegelt deutlich den

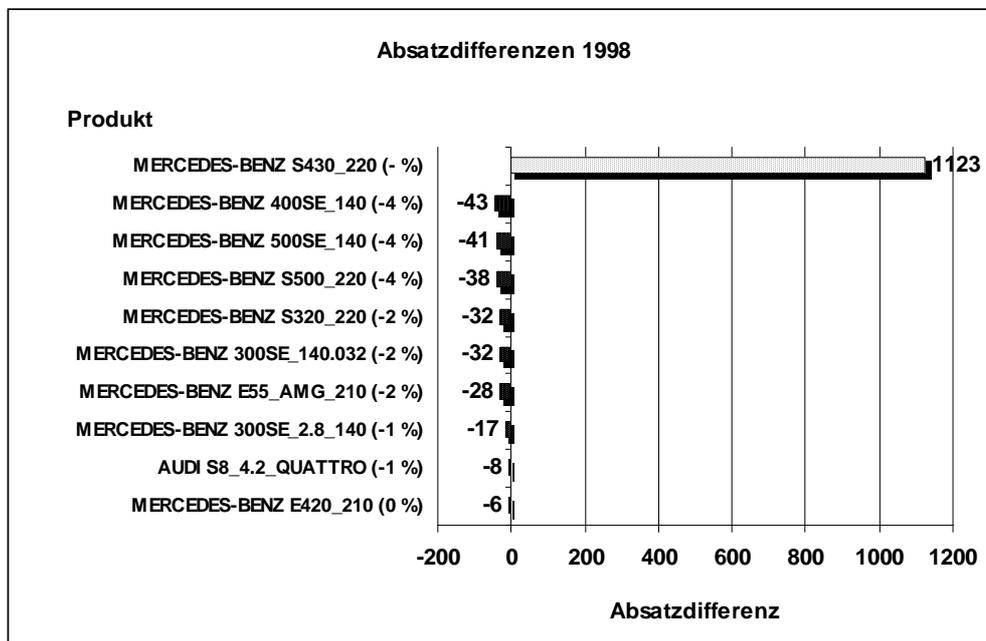


Abbildung 10.39: Vorziehen S430 - Absätze 1998, Gesamtmarktmodell

auf Automobilmärkten beobachteten Sachverhalt wider, daß hier die Einführung neuer Produkte zusätzliche Nachfrage schafft.

Diese Auswirkungen der in Abschnitt 7.2 diskutierten und im Modell berücksichtigten zeitlichen Aspekte kommt ebenso in Abbildung 10.40 zum Ausdruck, die die durch die Manipulation implizierten Absatzdifferenzen des folgenden Jahres 1999 zeigt. In diesem Jahr verlieren die Produkte an Nachfrage, da aufgrund der früheren Markteinführung weniger Konsumenten auf die Einführung des „S430“ warten mußten. Aus den prozentualen wie auch den absoluten Absatzdifferenzen ist jedoch zu schließen, daß das Ausmaß der früheren Einführung auf die Absätze in den Folgejahren im Vergleich zu den Zugewinnen des „S430“ als relativ gering einzustufen ist.

Betrachtet man die Ergebnisse des Nested Logit Modells, so erscheinen die Ergebnisse für das Jahr 1998 wenig plausibel, wie Abbildung 10.41 zeigt. Es sind von der vorgezogenen Einführung zwar die Produkte des Segments der Oberklasse betroffen, jedoch profitieren diese anstatt wie erwartet zu verlieren. Dagegen verlieren Produkte der oberen Mittelklasse an Nachfrage. Wesentlich ist allerdings, daß kein signifikan-

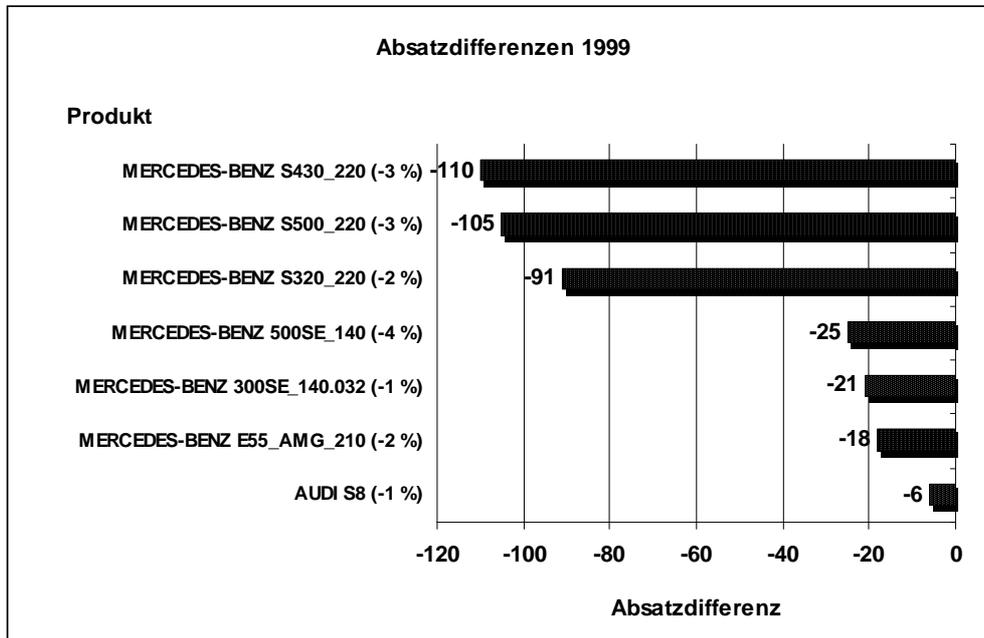


Abbildung 10.40: Vorziehen S430 - Absätze 1999, Gesamtmarktmodell

ter Effekt auf die Nachfrage des „S430“ selbst zu erkennen ist. Darüber hinaus ist bemerkenswert, daß die quantitative Auswirkung auf die Nachfrageveränderung der hier betrachteten Produktmaßnahme im Bereich von unter einem Prozent liegt.

Betrachtet man ferner das darauffolgende Jahr in Abbildung 10.42, so erscheinen die hier erzeugte Substitutionen etwas plausibler. Der „S430“ verliert analog zum Gesamtmarktmodell, wobei hier jedoch das Vorziehen der Nachfrage auf das Einführungsjahr nicht als Begründung betrachtet werden kann. Ferner gewinnen infolge dieses Nachfrageverlustes andere Produkte der Oberklasse hinzu. Hier wie auch in dem Jahr 1998 wird die Struktur des hier verwendeten Nested Logit Modells deutlich, in dem die Produkte segmentweise zusammengefaßt sind. Innerhalb dieses Segments gilt wiederum die IIA-Eigenschaft, derzufolge im Falle von Substitutionen die Produkte proportional zu ihrem Marktanteil an Nachfrage gewinnen bzw. verlieren. Dementsprechend ist auch die Auswahl der Produkte mit den größten Absatzdifferenzen zu erklären.

Insgesamt sind die Ergebnisse des Nested Logit Modells jedoch nicht nachvollziehbar, was dazu führt, die Anwendung dieses Modells bezüglich betrieblicher Planungs-

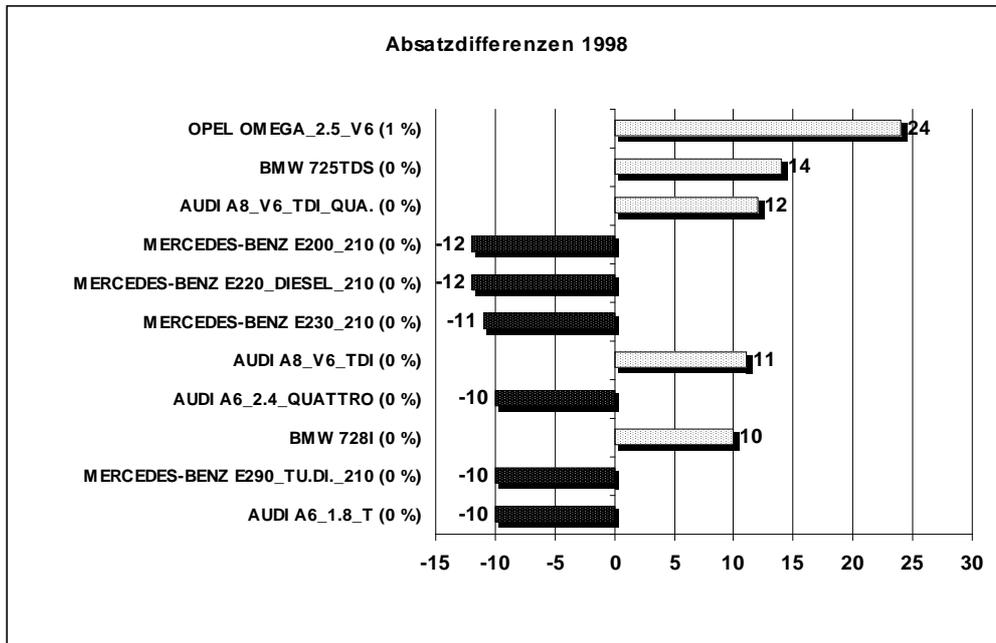


Abbildung 10.41: Vorziehen S430 - Absätze 1998, Nested Logit

prozesse kritisch zu hinterfragen.

Abbildung 10.43 zeigt die Szenarioprognose des neuronalen Netzes für das Jahr 1998. Hier ergibt sich in Analogie zum Gesamtmarktmodell ein beträchtlicher Absatz für den „S430“, der im Ausmaß das Szenario des Gesamtmarktmodells um das dreifache übertrifft. Die weiteren betroffenen Produkte gehören der Oberklasse, der Mittelklasse sowie der oberen Mittelklasse an. Der Eigenschaft des neuronalen Netzes entsprechend ist nicht unmittelbar nachvollziehbar, welche funktionalen Zusammenhänge die betrachteten Produkte aufweisen. So erscheinen einige der hier aufgeführten Modelle durchaus plausibel, Absatzverluste wie der des „Audi A4 1.9 TDI“ hingegen erscheinen eher unwahrscheinlich. Für das Jahr 1999 wird durch das neuronale Netz eine Absatzsteigerung des „S430“ in Höhe von 6 Prozent prognostiziert, weitere Absatzdifferenzen werden nicht prognostiziert. Von einer zeitlichen Substitution der Nachfrage nach dem Produkt kann hier demnach nicht gesprochen werden.

Die lineare Regression prognostiziert strukturell gesehen ähnliche Ergebnisse wie das neuronale Netz, wie in Abbildung 10.44 ersichtlich wird. Auch hier gewinnt der

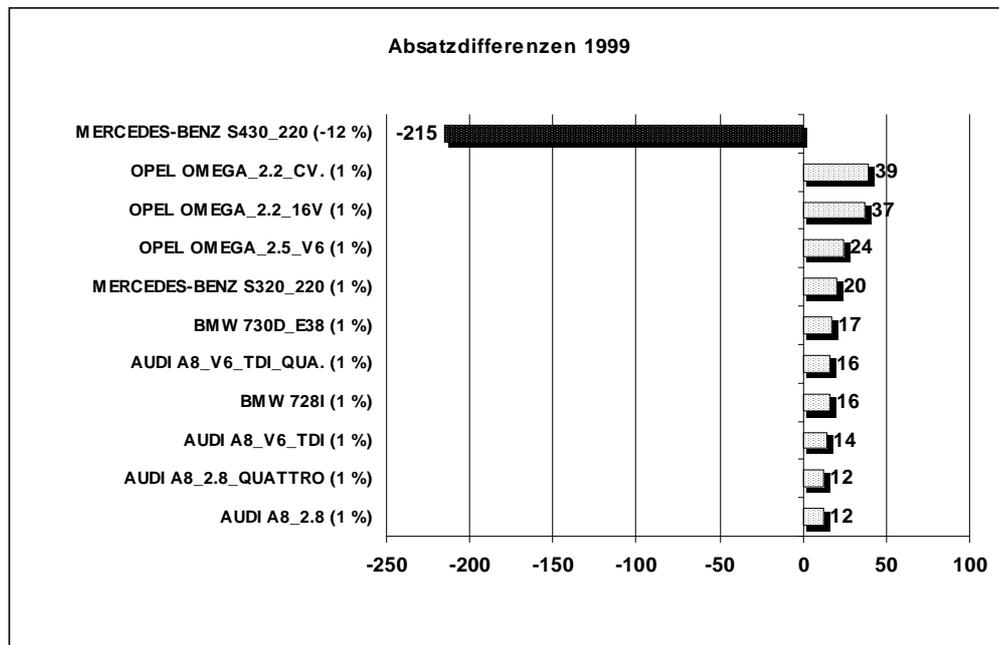


Abbildung 10.42: Vorziehen S430 - Absätze 1999, Nested Logit

„S430“ beträchtlich an Nachfrage, während vor allem Mercedes-Benz Modelle der E-Klasse an Nachfrage verlieren. Dieses Substitutionsmuster erscheint plausibler als das durch das neuronale Netz erzeugte, entbehrt allerdings einer Erklärungsgrundlage. Ebenso erscheint hier wie auch beim neuronalen Netz die Höhe des Nachfrageanstiegs zumindest fragwürdig. Im Folgejahr 1999 werden durch die lineare Regression Nachfrageeinbußen des „S430“ in Höhe von 7 Prozent prognostiziert. Diese Prognose entspricht der Vorstellung einer zeitlichen Substitution der Nachfrage, wie sie auch durch das Gesamtmarktmodell erzeugt wird. Allerdings sind auch hier die Ursachen für dieses Substitutionsmuster nicht unmittelbar abzuleiten, so daß auch dieses Vergleichsmodell keine verlässliche Grundlage für die Betrachtung von Planungsszenarien liefert.

## 10.4 Zusammenfassung der Evaluierung

In diesem Kapitel ist das in dieser Arbeit entwickelte Nachfragemodell hinsichtlich seiner Eigenschaften empirisch evaluiert worden, wobei insbesondere die Modellvalidie-

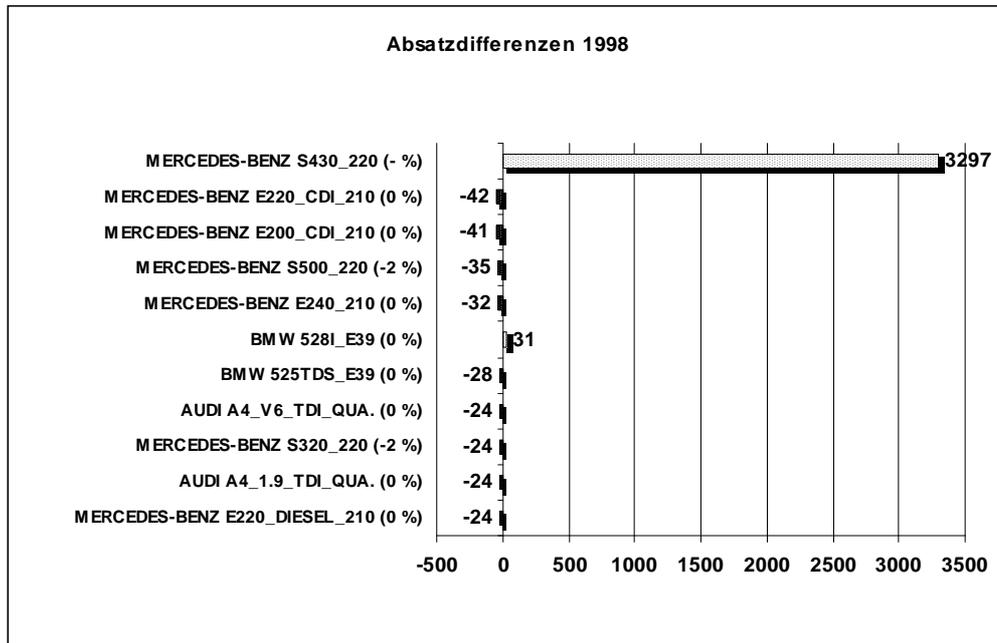


Abbildung 10.43: Vorziehen S430 - Absätze 1998, neuronales Netz

rung, die Generalisierungsfähigkeit des Modells sowie die Modelleigenschaften hinsichtlich der Berechnung und Bewertung alternativer Marktszenarien Gegenstand der Analysen waren.

Die Evaluierung des Modells basiert im wesentlichen auf dem Vergleich des Modells mit drei weiteren Modellen, nämlich dem Nested Logit Modell, neuronalen Netzen sowie der linearen Regression.

Im Vorfeld der Modellvalidierung auf Testdaten sind zudem verschiedene quantitative Untersuchungen des Automobilmarkts untersucht worden.

Wie die Analyse der im Rahmen der Modellidentifikation erreichten Anpassungsgüte und insbesondere der auf unabhängigen Daten basierenden Validierung zeigt, ist das Gesamtmarktmodell hinsichtlich sowohl der Anpassungsgüte als auch der Prognosefehler den Vergleichsmodellen in der aggregierten Betrachtung des Gesamtmarktes überlegen. Auch hinsichtlich der Betrachtung auf weniger aggregierten Ebenen wie Marken und Segmenten zeigt das hier entwickelte Modell in der Gesamtbetrachtung die besten Ergebnisse, die insbesondere durch eine große Ausgewogenheit und Homoge-

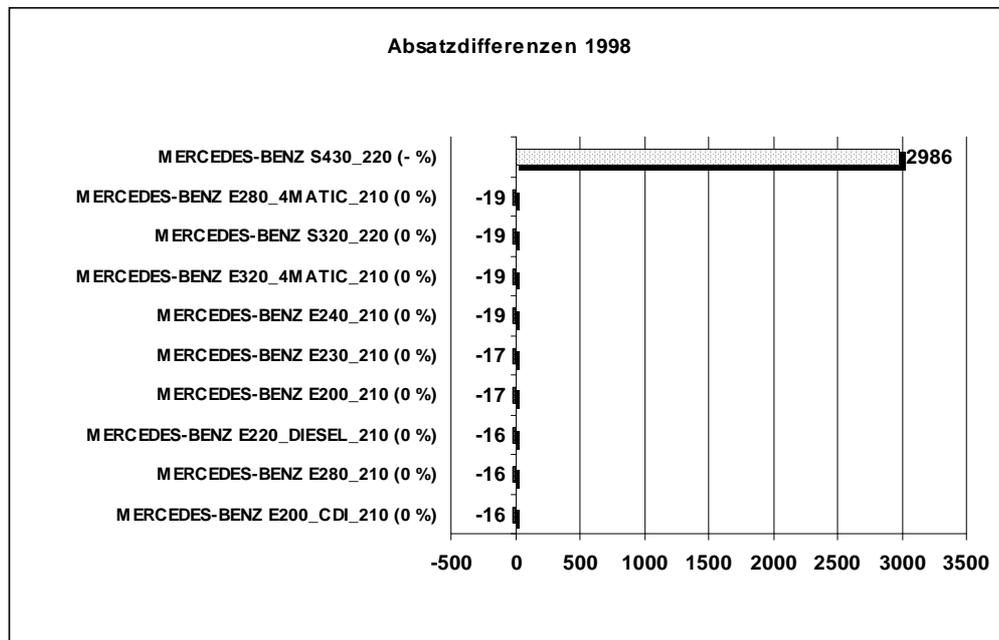


Abbildung 10.44: Vorziehen S430 - Absätze 1998, lin. Regression

nität gekennzeichnet sind.

Auch der Vergleich der Prognoseergebnisse mit der naiven Prognose in Form des Theil'schen Ungleichheitskoeffizienten  $U_2$  liefert zufriedenstellende Resultate.

Eine weitere wesentliche Anforderung an das Nachfragemodell bezieht sich auf dessen Generalisierungsfähigkeit. Diese kommt in den Ergebnissen der Modellvalidierung zum Ausdruck, wurde allerdings vor dem Hintergrund einer praxisbezogenen Modellanwendung hinsichtlich expliziter Aspekte gesondert betrachtet. Die betrachteten Aspekte umfassen einerseits die Prognose neuer, nicht in der Trainingsmenge enthaltener Produkte sowie andererseits die Erklärung zeitlicher Absatzverläufe und der dafür ursächlichen Nachfragedynamik.

Die exemplarisch betrachteten Neuprodukte werden durch das Gesamtmarktmodell verglichen mit den drei weiteren Nachfragemodellen gut prognostiziert, wobei auch empirisch die spezifischen Defizite des Modells deutlich wurden, die aus der Modellstruktur und insbesondere aus der räumlichen Repräsentation der Nachfrage resultieren.

Die im Vergleich gute Prognosefähigkeit des Modells bezüglich neuer Produkte ver-

deutlich insofern den Vorteil des Modells hinsichtlich der praktischen Anwendung, als daß in der Praxis für neue Produkte die Möglichkeit einer auf Vorgängerprodukten beruhenden naiven Prognose oder Extrapolation nicht gegeben ist. Das Nachfragemodell bietet hinreichend universelle Möglichkeiten der Produktrepräsentation sowie der Beschreibung der Wettbewerbsbeziehungen, um auch die Nachfrage nach neuen und modifizierten Produkten darzustellen.

Ebenso werden die zeitlichen Aspekte der Nachfrage, die in schwankenden Absatzverläufen zum Ausdruck kommen, durch das Modell in realistischer Weise als Resultat der jeweils vorliegenden Angebotsstruktur nachvollzogen. Hier zeigt sich das Gesamtmarktmodell insbesondere bezüglich des Prognosezeitraums den drei weiteren Modellen überlegen, die sich auch hier weniger robust zeigen und in den Prognosen stark ausgeprägte Schwankungen aufweisen.

Hieraus läßt sich die Generalisierungsfähigkeit des Modells bezüglich der Erfassung dynamischer Aspekte der Nachfrage ableiten. Eine bemerkenswerte Erkenntnis in diesem Zusammenhang ist die Tatsache, daß markt- und segmentspezifische Absatzschwankungen wesentlich aus den jeweiligen Marktsituationen und Angebotsstrukturen resultieren und in geringerem Ausmaß als allgemein angenommen aus konjunkturellen Entwicklungen.

Insbesondere die Anwendung des Modells im Rahmen der Unterstützung von Absatzplanungsprozessen legt die Betrachtung alternativer Zukunftsszenarien nahe, um auf diese Weise der Unsicherheit bezüglich der Zukunft zu begegnen. Um die diesbezüglichen Modelleigenschaften zu analysieren, sind in Anlehnung an typische produktpolitischen Handlungsalternativen verschiedene Zukunftsszenarien entwickelt worden. Die Betrachtung dieser Szenarien zeigt, daß das Modell einerseits in der Lage ist, differenzierte Produktbeziehungen darzustellen und darüber hinaus robust und in plausibler Weise auf Änderungen der Produktprämissen reagiert. Auf diesem Gebiet zeigt sich die deutlichste Diskrepanz zwischen dem hier entwickelten Modell und den Vergleichsmodellen, deren Plausibilität hinsichtlich der erzeugten Produktsubstitutionen durchaus anzuzweifeln ist und zudem der formalen Erklärungsgrundlage entbehrt, die beim hier

entwickelten Modell aus der Modellspezifikation unmittelbar abzuleiten ist.

Zusammenfassend betrachtet zeigt sich das hier spezifizierte Gesamtmarktmodell den Vergleichsmodellen ebenbürtig und bezüglich der meisten Evaluierungskriterien als überlegen. Hierunter fallen Prognosequalität, Robustheit, Differenziertheit der erzeugten Substitutionen oder die Berücksichtigung der dynamischen Aspekte der Nachfrage, so daß abschließend das Modell durchaus als geeignet im Sinne der Problemstellung dieser Arbeit bewertet werden kann.

**Teil V**

**Schlußbetrachtungen**



# Kapitel 11

## Schlußbetrachtungen

Zum Abschluß dieser Arbeit wird der Gang der Untersuchung und die erzielten Ergebnisse gewürdigt. Im Anschluß wird aufgezeigt, in welcher Weise sich die dargelegte Arbeit weiterentwickeln läßt.

### 11.1 Kritische Würdigung

Der Forschungsgegenstand dieser Arbeit besteht in der quantitativen Untersuchung des Nachfrageverhaltens auf Automobilmärkten vor dem konkreten Hintergrund der Anwendung in der langfristigen betrieblichen Absatzplanung. Die Motivation für die Untersuchung dieser Thematik sowie die Problemstellung ist in Kapitel 1 eingehend dargelegt worden. In Kapitel 2 sind frühere Untersuchungen des Nachfrageverhaltens insbesondere auf Automobilmärkten dargestellt worden. Auf dieser Basis wurde die Abgrenzung der Arbeit vorgenommen und die Zielsetzung der Arbeit herausgestellt, die sich einerseits an den in der Problemstellung dargestellten Anforderungen an die Absatzplanung orientiert und andererseits die in der Literaturbetrachtung gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich des Stands der Forschung und der Auswahl der Methodik berücksichtigt.

Die Zielsetzung umfaßt die Entwicklung eines quantitativen Ansatzes zur Modellierung des langfristigen Nachfrageverhaltens und berücksichtigt einerseits den aus bestehenden Ansätzen abgeleiteten Handlungsbedarf und andererseits den prognostischen Charakter der Planungsaufgabe sowie die Komplexität des Automobilmarkts.

Aus diesem Grund werden zunächst in Kapitel 3 quantitative Modelle des Konsumentenverhaltens näher betrachtet, die die Modelle der neoklassischen Konsumtheorie ebenso einschließen wie teilstochastische Modelle aus dem Bereich der Verhaltenswissenschaften, sowie als deren Weiterentwicklung Modelle der Discrete Choice Theorie und industrieökonomische Modelle der Produktdifferenzierung.

Zur Berücksichtigung der spezifischen Charakteristika der Nachfrage auf Automobilmärkten wird darüber hinaus in Kapitel 4 die formale Beschreibung von Produktlebenszyklen und weiterhin in Kapitel 5 die Nachfrage nach Innovationen näher erörtert.

Die aus der umfassenden Erörterung theoretischer Ansätze gewonnenen Erkenntnisse dienen unter Berücksichtigung der Zielsetzung der Entwicklung eines quantitativen Modells zur Erklärung und Prognose des Nachfrageverhaltens auf Automobilmärkten. Die entsprechende Vorgehensweise wird in Kapitel 6 erläutert, in dem zunächst zusammenfassend auf die Modellierung der relevanten Aspekte des Nachfrageverhaltens eingegangen wird.

In Kapitel 7 wird das als Gesamtmarktmodell bezeichnete quantitative Nachfragemodell spezifiziert. Dieses Modell erfüllt einerseits die gestellten Anforderungen, wird durch die ganzheitliche Betrachtung des Automobilmarktes der Komplexität des hier beobachteten Nachfrageverhaltens gerecht und stellt damit eine Weiterentwicklung der im Zuge der Literaturbetrachtung erläuterten Ansätze dar. Insbesondere die Einführung einer empirischen Verteilung der Präferenzen und deren Kombination mit dem Address Approach sowie die Anwendung einer teilstochastischen Nutzenfunktion erlaubt eine flexible und damit realistische Darstellung der auf Automobilmärkten stark ausgeprägten Heterogenität und Produktdifferenzierung. Gleichzeitig werden die dynamischen Aspekte der Nachfrage in das Modell integriert, indem relevante Charakteristika wie temporale Produktsubstitutionen und Produktalterung explizit berücksichtigt werden. Durch diese Maßnahme ist insbesondere die Darstellung von Produktlebenszyklen gewährleistet.

Die Annahme einer statischen Verteilung der Präferenzen ist vor dem Hintergrund des hohen Grades der Marktsättigung gerechtfertigt und gewährleistet zudem die Ro-

bustheit des Modells, gleichwohl läßt dieser Ansatz lediglich eine eingeschränkte Darstellung gänzlich neuartiger Produkte zu. Dieser Einschränkung wird durch ergänzende Ausführungen in Kapitel 8 begegnet, welche die Integration einer dynamischen Präferenzverteilung und damit insbesondere die Darstellung der Nachfrage nach neuartigen Produkten behandeln.

Die Spezifikation des Modells orientiert sich strikt an den Anforderungen und Charakteristika des Automobilmarktes. Die Anwendung des Modells auf empirische Daten erlaubt die Evaluierung und Validierung der zuvor berücksichtigten Modelleigenschaften. In Kapitel 9 wird dabei zunächst der Kontext der Anwendung dargestellt und die Konzeption der Evaluierung erörtert. Diese umfaßt neben der Erläuterung der Evaluierungskriterien zudem die Spezifikation von drei Vergleichsmodellen, deren Berücksichtigung eine aussagekräftige Bewertung der Modelleigenschaften und Erfüllung der Kriterien erlaubt. Darüber hinaus wird die konkrete Operationalisierung des hier entwickelten Modells sowie der Vergleichsmodelle erörtert.

Die in Kapitel 10 vorgenommene Identifizierung des Modells sowie die nachfolgende Validierung auf auf unabhängigen Daten zeigen insbesondere im Vergleich mit den drei Alternativmodellen sehr zufriedenstellende Ergebnisse. Vor allem die Generalisierungsfähigkeit des Modells als Kernanforderung wird am Beispiel der Prognose neuartiger Produkte wie auch der Darstellung der zeitlichen Absatzentwicklung belegt. Zum Abschluß der Modellevaluierung werden in Anlehnung an den praxisnahen Einsatz des Modells zur Entscheidungsunterstützung in der Absatzplanung exemplarische Absatzszenarien dargestellt. Die Bewertung dieser Szenarien zeigt insbesondere die Fähigkeit des Modells, Produktsubstitutionen differenziert und realistisch darzustellen.

Abschließend läßt sich demnach feststellen, daß die in der Zielsetzung erläuterten Anforderungen im Rahmen der Modellspezifikation konsequent berücksichtigt worden sind und die entsprechenden Modelleigenschaften in der empirischen Anwendung des Modells nachgewiesen werden konnten. So ist das Nachfragemodell in der Lage, die äußerst differenzierte Angebots- bzw. Nachfragestruktur auf Automobilmärkten in formaler Hinsicht adäquat und ganzheitlich darzustellen. Dabei erlaubt die universelle Re-

präsentation der Produkte durch ihre Attribute sowie die Einbindung einer stetigen empirischen Verteilung der Konsumentenpräferenzen die hohe und empirisch gezeigte Generalisierungsfähigkeit des Modells. Die differenzierte Darstellung der Produkte durch die Positionierung in einem mehrdimensionalen Produktraum in Anlehnung an den Address Approach der Produktdifferenzierung bewirkt zudem die formale Erfassung differenzierter Produktähnlichkeiten und damit einhergehend die Generierung komplexer Substitutionsmuster.

Darüber hinaus werden durch das in dieser Arbeit entwickelte Nachfragemodell dynamische Aspekte der Nachfrage erfaßt, indem die relevanten Wirkzusammenhänge in der Modellspezifikation explizit berücksichtigt wurden. Hierunter fällt einerseits die Modellierung von Produktlebenszyklen als sichtbares Ergebnis verschiedener am Markt wirkender Einflüsse, zu denen insbesondere eine psychische Produktalterung und ferner die Auswirkungen temporaler Substitutionen zählen.

Als wesentlicher Vorteil hinsichtlich der Modellanwendung läßt sich die Modellidentifikation aus Absatz- und Produktdaten verzeichnen, die einerseits der Ermittlung der empirischen Verteilung der Präferenzen und andererseits der Schätzung der Nutzenfunktion dienen. Damit werden die in den Marktdaten enthaltenen Informationen in umfassender Weise zur Modellidentifikation und Nachfrageprognose verwertet.

Zur Erreichung der gezeigten Anforderungen sind im Vorfeld der Modellentwicklungen verschiedene Ansätze zur Erklärung des Konsumentenverhaltens wie auch der Berücksichtigung dynamischer Aspekte diskutiert worden, welche im Rahmen der Modellspezifikation explizit berücksichtigt sind. Diese Vorgehensweise reflektiert den interdisziplinären Charakter des hier entwickelten Modells und führt im Ergebnis dazu, die Restriktionen einzelner Ansätze mit Hinblick auf die Zielsetzung dieser Arbeit aufzuheben.

In diesem Sinne begründet sich die Leistung dieser Arbeit nicht lediglich aus der Modellkonzeption als Weiterentwicklung bestehender Ansätze. Vielmehr wurde hier das Problem der Nachfragemodellierung aus der Perspektive verschiedener wissenschaftlicher Gebiete beleuchtet und darauf basierend das Nachfragemodell als inter-

disziplinärer Ansatz entwickelt.

## 11.2 Ausblick und Ansätze zur Weiterentwicklung

In dieser Arbeit ist ein Nachfragemodell vor dem Hintergrund der komplexen Nachfragesituation auf Automobilmärkten entwickelt worden, welches im wesentlichen den geforderten Anforderungen entspricht.

Aus Sicht einer Anwendung in betrieblichen Planungsprozesses wäre darüber hinaus eine Weiterentwicklung der Modellfunktionalität denkbar. So fließen Restriktionen hier implizit als Planungsprämissen ein. Jedoch gerade bei der Betrachtung kurzfristiger Zeiträume ist die Planungsaufgabe neben einer prognostischen Komponente auch durch Optimierungsaufgaben gekennzeichnet, die beispielsweise durch Kapazitätsrestriktionen oder produktseitige Anlaufrestriktionen sowie durch Lagerauf- und -abbau motiviert sind. Hier ist es denkbar, neben der Entscheidungsunterstützung durch die Evaluierung verschiedener Szenarien zusätzlich die Optimierung verschiedener Parameter bezüglich definierter Optimalitätskriterien unmittelbar in das Modell einzubinden.

Wie die im Zuge der Modellevaluierung gewonnene Erkenntnis bezüglich des Nachfrageverhaltens auf Automobilmärkten, daß Nachfrageschwankungen zu einem großen Anteil produktgetrieben sind, zeigt, läßt sich das hier spezifizierte Modell neben prognostischen auch zu analytischen Zwecken verwenden. Dieses schließt beispielsweise eine Analyse der Preisbildung oder der Werthaltigkeit der einzelnen Marken ein. Darüber hinaus ist es denkbar, die hier verwendeten Produkt- und Absatzdaten um konsumentenspezifische Daten zu erweitern, was beispielsweise im Rahmen der Marktsegmentierung eine Analyse von Zielgruppen und Käuferschichten erlaubt.

Die in Kapitel 8 gezeigte Modellerweiterung für die hier ausnahmsweise auftretende Situation der Einführung gänzlich neuartiger Produkte läßt sich zudem verallgemeinernd auf Wachstumsmärkte übertragen, welche durch eine starke strukturelle Dynamik gekennzeichnet sind. Eine entsprechende Weiterentwicklung dieses Ansatzes wäre auch hinsichtlich der Betrachtung dynamisch wachsender Automobilmärkte erforderlich.

Wie schon aus den Darstellungen der verschiedenen Ansätze und dem interdisziplinären Charakter der Arbeit deutlich wurde, sind in formaler Hinsicht den Möglichkeiten der Modifikation und Variation des Modells kaum Grenzen gesetzt, was beispielsweise die Definition des Produktraums, die Schätzung der empirischen Präferenzdichte, die formale Spezifikation der Nutzenfunktion oder die Berücksichtigung dynamischer Aspekte der Nachfrage betrifft. Im Rahmen dieser Arbeit orientierte sich die Modellkonzeption an den Anforderungen der Problemstellung, jedoch ist vor dem Hintergrund alternativer Problemstellungen und der jeweils verfügbaren Daten eine entsprechende Modellmodifikation denkbar.

Abschließend läßt sich feststellen, daß im Zuge dieser Arbeit ein interdisziplinärer und flexibler, quantitativer Ansatz zur Erklärung des Nachfrageverhaltens entwickelt wurde, der insbesondere vor dem Hintergrund bereits konzipierter Modelle einen erweiternden Beitrag hinsichtlich der Untersuchung und Prognose heterogener Nachfragesituationen mit einem mittel- bis langfristigen Zeithorizont liefert.

# Anhang A

## Notationen

$A$	Indexmenge bezüglich aller angebotenen Alternativen
$A_t$	Indexmenge bezüglich aller zum Zeitpunkt $t$ angebotenen Alternativen
$\alpha$	Parameter der Produktveralterung
$a$	interner Diffusionskoeffizient
$b$	externer Diffusionskoeffizient
$\beta$	Vektor der zu schätzenden Koeffizienten der Nutzenfunktion
$d(\mathbf{z})$	Verteilung der Präferenzen $\mathbf{z} \in \mathbb{R}^M$ bzgl. der Produktattribute
$d(\mathbf{z}, z^t)$	Verteilung der Präferenzen $\mathbf{z} \in \mathbb{R}^M, z^t \in \mathbb{R}$ bzgl. der Produktattribute und der Kaufzeitpunkte
$\bar{D}(\mathbf{z})$	stationäre Verteilung der Präferenzen
$D(x)$	Dirac-Funktion
$\delta_{ij}$	Distanz bezüglich der Produkte $i$ und $j$
$\varepsilon$	stochastische Komponente des Nutzens $U$
$f^a$	Aktivierungsfunktion
$f(t)$	Anzahl der Adoptoren einer Innovation zum Zeitpunkt $t$
$F(t)$	kumulierte Anzahl der Adoptoren bis zum Zeitpunkt $t$
$\bar{F}$	Anzahl potentieller Adoptoren einer Innovation
$g(t)$	Diffusionskoeffizient
$h^{\mathbf{X}}(\mathbf{x}_i)$	Abbildung der Produkteigenschaften $\mathbf{x}_i$ auf die Variablen der Nutzenfunktion $\mathbf{X}$
$h^{\mathbf{z}}(\mathbf{x}_i)$	Abbildung der Produkteigenschaften $\mathbf{x}_i$ auf die Produktpositionen $\mathbf{z}$
$I$	Konsumenteneinkommen im Fall der neoklassischen Konsumtheorie
$\lambda$	Parameter zur Gewichtung der zeitlichen Distanz im Produkt- und Präferenzraum

$n$	Anzahl der Produkte
$N$	Marktpotential bzw. Gesamtanzahl der Konsumenten
$N_{it}$	Nachfrage nach Produkt $i$ in der Periode $t$
$N_{rt}^o$	Absatz von Produkt $r, r = 1 \dots, R$ zum Zeitpunkt $t$ in der Stichprobe zur Identifikation der empirischen Präferenzverteilung
$\bar{N}_r^o$	durchschnittlicher (gewichteter) Absatz von Produkt $r$ innerhalb des Zeitraums zur Modellidentifikation
$M_i$	Marktraum für Produkt $i$
$\omega_{rt}$	Konjunkturfaktor bzgl. der Absatzstichprobe $N_r^o$ in Periode $t$
<b>Q</b>	Güterbündel mit Gütermengen $q_1, \dots, q_L$
<b>S</b>	Vektor sozioökonomischer Variablen
$s_i$	Qualitätsindex für Produkt $i$ im Fall der vertikalen Produktdifferenzierung
$t_i^0$	Periode der Markteinführung des Produkts $i$
$T_i$	Letzte Periode der Verfügbarkeit des Produkts $i$
$t_r^0$	Beginn des Zeitraums der Modellidentifikation
$T_r$	Ende des Zeitraums der Modellidentifikation
$\tau$	Parameter zur Gewichtung der räumlichen Distanz im Produkt- und Präferenzraum
$U_{it}$	Nutzen der Alternative $i$ zum Zeitpunkt $t$
$u_i^o$	„objektiver“ Nutzen der Alternative $i$
$u_i^v(\delta_i(\mathbf{z}))$	Nutzenverlust beim Konsum der Alternative $i$ anhängig von der Distanz $\delta$ zur Präferenz in $\mathbf{z}$
$V_{it}$	deterministische Nutzenkomponente der Alternative $i$ zum Zeitpunkt $t$
$v(x)$	Funktion zur Bewertung der Wahrnehmung im Sinne der Prospect-Theorie
$w(\cdot)$	Window-Funktion
$\mathbf{W}(t)$	Vektor diffusionsrelevanter Variablen zum Zeitpunkt $t$
$\mathbf{x}_i$	Eigenschaftsvektor des $i$ -ten Produkts, $\mathbf{x}_i = (x_{i1}, \dots, x_{iJ})$
$\mathbf{x}'_{it}$	Eigenschaftsvektor des $i$ -ten Produkts, bezogen auf den Zeitpunkt $t$ , $\mathbf{x}'_{it} = (x'_{it1}, \dots, x'_{itK})$
$\mathbf{X}_i$	Instrumentvariable des $i$ -ten Produkts, $\mathbf{X}_i = (X_{i1}, \dots, X_{iK})$
$\mathbf{z}_i$	Positionsvektor des $i$ -ten Produkts, $\mathbf{z}_i = (z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{iM})$
$z^t$	zeitliche Dimension des Produkt- und Präferenzraums
$\mathbf{z}_r^o$	Positionsvektor des $r$ -ten Produkts zur Schätzung von $d(\mathbf{z})$ , $\mathbf{z}_r^o = (z_{r1}, z_{r2}, \dots, z_{rM}), r = 1, \dots, R$
$\zeta$	„Breite“ der Window-Funktion $w$

# Anhang B

## Abkürzungen

AHP	Analytischer Hierarchie Prozeß
DGQ	Durchschnittlicher Genauigkeits-Quotient
DU	Discounted Utility
EBA	Elimination by Aspects
GEV	Generalized Extreme Value
IIA	Independence of Irrelevant Alternatives
MAD	Mean Absolute Deviation
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
MDS	Multidimensionale Skalierung
MRS	Marginal Rate of Substitution (Grenzrate der Substitution)
PKW	Personenkraftwagen
RMSE	Root Mean Square Error
SUV	Sport Utility Vehicle



# Anhang C

## Datenbeschreibungen

### C.1 Produktspezifische Absatzdaten

Variable	Inhalt
MARKE	Hersteller
BAUREIHE	Baureihenbezeichnung
TYP	Typbezeichnung
KW	Leistung in kW
HUBRAUM	Hubraum in ccm
MOTOR	Verbrennungsverfahren (Diesel / Benzin)
Allrad	Allradantrieb (Binärvariable)
Zyl	Anzahl der Zylinder
Karosserie	Karosseriebezeichnung
Länge	Länge in mm
Jahr	Jahr der Absatzdaten
M01	Monatliche Absatzdaten
M02	
M03	
M04	
M05	
M06	
M07	
M08	
M09	
M10	
M11	
M12	

*Quelle:* MAPIS-Datenbank, DaimlerChrysler AG

## C.2 Produktattribute

Variable	Inhalt
id	Fahrzeug ID
hersteller	Hersteller
baureihe	Baureihen-Bezeichnung
typvariante1	Typbezeichnung
typvariante2	Typbezeichnung (alternativ)
segment	Segment-Code
karosserie	Karosserie-Code
prod_beg	Produktionsbeginn
prod_end	Produktionsende
prod_beg_br	Produktionsbeginn der Baureihe
prod_end_br	Produktionsende der Baureihe
automatik	Automatikgetriebe (Binärvariable)
vierradantrieb	Allradantrieb (Binärvariable)
diesel	Dieselmotor (Binärvariable)
airbag	Airbag serienmäßig (Binärvariable)
abs	ABS serienmäßig (Binärvariable)
asr	ASR serienmäßig (Binärvariable)
esp	ESP serienmäßig (Binärvariable)
klimaanlage	Klimaanlage serienmäßig (Binärvariable)
weitere_sich_sys	sonstige Sicherheitsfeatures (Binärvariable)
beschleunigung	Beschleunigung (0-100 km/h) in s
geschwindigkeit	Höchstgeschwindigkeit in km/h
drehmoment	Maximales Drehmoment in Nm
leistung	Leistung in kW
hubraum	Hubraum in ccm
laenge	Länge in mm
hoehe	Höhe in mm
breite	Breite in mm
leistungsgewicht	Leistungsgewicht in kW/kg
zul_gewicht	Zulässiges Gesamtgewicht in kg
nutzlast	Zuladbares Gewicht in kg
leergewicht	Leergewicht in kg
verbrauch	Verbrauch in l/100km, nach DIN bzw. EU-Norm
kaufpreis	Listenkaufpreis in Euro
preisdatum	Datum der Preisänderung
zylinder	Anzahl der Zylinder
sitzplatzanzahl	Anzahl zugelassener Sitzplätze

Quelle: LKD-Datenbank, DaimlerChrysler AG

### C.3 Karosseriearten

<b>Kodierung</b>	<b>Karosserieart</b>
1	Limousine
2	Kombi
3	Coupé
4	Cabriolet
5	Geländewagen
6	Roadster
0	Van

### C.4 Segmentdefinitionen

<b>Kodierung</b>	<b>Segment</b>	<b>Karosserieart</b>	<b>Beispiel</b>
9	untere Mittelklasse	Limousine	Mercedes-Benz A-Klasse
10	Mittelklasse	Limousine	Mercedes-Benz C-Klasse
11	Mittelklasse	Kombi	Mercedes-Benz C-Klasse T-Modell
12	Mittelklasse	Coupé	Mercedes-Benz CLK
13	Mittelklasse	Cabrio	Mercedes-Benz CLK Cabrio
14	Mittelklasse	Roadster	Mercedes-Benz SLK
20	obere Mittelklasse	Limousine	Mercedes-Benz E-Klasse
21	obere Mittelklasse	Kombi	Mercedes-Benz E-Klasse T-Modell
30	Oberklasse	Limousine	Mercedes-Benz S-Klasse
32	Oberklasse	Coupé	Mercedes-Benz CL
50	Geländewagen/ SUV	Geländewagen	Mercedes-Benz M-Klasse
60	Van	Van	Chrysler Voyager



# Anhang D

## Verwendete Fehlermaße

Im folgenden werden Maße zur Beurteilung des Prognosefehlers bzw. der Anpassungsgüte des Modells dargestellt,<sup>363</sup> wobei folgende Notationen verwendet werden:

- $x_t$  : Beobachtungswert zum Zeitpunkt  $t$
- $\hat{x}_t$  : Modellwert zum Zeitpunkt  $t$
- $T$  : Anzahl der Perioden bzw. der Beobachtungen

Da sowohl longitudinale als auch querschnittliche Absatzdaten betrachtet werden, bezieht sich der Index  $t$  sowohl auf den Zeitpunkt der Absätze eines Produktes bzw. einer Produktgruppe als auch auf den beobachteten Absatz eines bestimmten Produktes innerhalb eines Absatzquerschnitts zu einem bestimmten Zeitpunkt.

### D.1 Mittlere absolute Abweichung

Die mittlere absolute Abweichung (MAD)<sup>364</sup> mißt die durchschnittliche Entfernung zwischen den Modellwerten und den Beobachtungswerten und ist wie folgt definiert:

$$\text{MAD} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |x_t - \hat{x}_t| \quad . \quad (\text{D.1})$$

Die Berücksichtigung der Beträge der Abweichungen verhindert das gegenseitige Aufheben von Fehlern verschiedener Vorzeichen. Für eine perfekte Prognose nimmt MAD den Wert null an, während die Interpretation der MAD-Fehler größer als null die Kenntnis der Größenordnung der Prognosevariable bzw. des Prognosekontextes voraussetzt.

---

<sup>363</sup>Vgl. Schwarze, 1980, S. 317 ff.; Armstrong, 1985, S. 346 ff.

<sup>364</sup>MAD: Mean Absolute Deviation.

## D.2 Wurzel der mittleren quadratischen Abweichung

Die Wurzel der mittleren quadratischen Abweichung (RMSE)<sup>365</sup> wird in der Literatur häufig zur Fehlermessung verwendet und ist wie folgt definiert:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (x_t - \hat{x}_t)^2} \quad . \quad (\text{D.2})$$

Wie MAD hängt auch RMSE von der Größenordnung der prognostizierten Variable ab, wobei für die perfekte Prognose bzw. Modellanpassung der Wert null angenommen wird.

Durch die Quadrierung der Abweichungen wird wie bei der Betrachtung der Beträge eine gegenseitige Aufhebung von Fehlern verschiedener Vorzeichen verhindert, wobei die Gewichtung der Abweichungen mit deren Betrag zunimmt. Insofern ist der RMSE dem MAD ähnlich, als grobe Approximation gilt:<sup>366</sup>

$$\text{RMSE} \approx 1.25 \cdot \text{MAD} \quad .$$

## D.3 Mittlere relative absolute Abweichung

Die mittlere relative absolute Abweichung (MAPE)<sup>367</sup> ist ebenfalls ein in der Literatur häufig verwendetes Maß, da es sich als durchschnittliche prozentuale Abweichung der Prognose von den tatsächlichen Beobachtungen interpretieren läßt. Es ist wie folgt definiert:

$$\text{MAPE} = \left[ \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{|x_t - \hat{x}_t|}{x_t} \right] \cdot 100 \quad . \quad (\text{D.3})$$

Durch die relative Betrachtung der Abweichungen ist dieses Maß im Gegensatz zu RMSE und MAD dimensionslos, so daß es sich insbesondere zur Analyse von Prognosen in unterschiedlichen Kontexten und zum Vergleich verschiedener Prognoseverfahren eignet.

Zum Fehlermaß MAPE ist kritisch anzumerken, daß die Prognosefehler asymmetrisch in das Fehlermaß eingehen, da Unterschätzungen durch das Modell begünstigt werden. So bewirkt ein (falscher) Prognosewert von Null stets einen MAPE von einhundert Prozent, während Überschätzungsfehler unbegrenzt eingehen.

## D.4 Durchschnittlicher Genauigkeitsquotient

Der durchschnittliche Genauigkeitsquotient (DGQ) weist Ähnlichkeit zum MAPE auf, hebt jedoch dessen Asymmetrie auf, indem Über- und Unterschätzungen in gleicher Weise berücksich-

<sup>365</sup>RMSE: Root Mean Square Error.

<sup>366</sup>Vgl. Armstrong, 1985, S. 347.

<sup>367</sup>MAPE: Mean Absolute Percentage Error.

tigt werden. Der DGQ ist wie folgt definiert:

$$\text{DGQ} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T GQ_t \quad ,$$

mit:

$$GQ_t = \begin{cases} \frac{x_t}{\hat{x}_t} & , \text{ falls } x_t > \hat{x}_t \\ \frac{\hat{x}_t}{x_t} & , \text{ falls } \hat{x}_t \geq x_t \end{cases} \quad .$$
(D.4)

Das Fehlermaß DGQ ist dimensionslos und nimmt den minimalen Wert eins für eine perfekte Prognose an, während es nach oben unbeschränkt ist. Auch wenn sich der DGQ-Fehler nicht als prozentuale Abweichung der Prognose interpretieren läßt, lassen sich hieraus die auf der erwähnten Asymmetrie des MAPE basierenden Verzerrungen im Vergleich der beiden Fehlermaße erkennen.

## D.5 Theil'scher Ungleichheitskoeffizient

Von den verschiedenen von Theil entwickelten Prognosemaßen<sup>368</sup> wird in der Literatur vorwiegend der Theil'sche Ungleichheitskoeffizient neuer Art (U2) favorisiert, da er leicht zu interpretieren ist. Der Koeffizient U2 vergleicht die Qualität des betrachteten Prognoseverfahrens mit einem weiteren Verfahren – beispielsweise der naiven Prognose – und ist wie folgt definiert:

$$U2 = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (x_t - \hat{x}_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (x_t - x_t^{\text{naiv}})^2}} \quad .$$
(D.5)

Wie aus (D.5) hervorgeht, entsteht U2 aus dem Quotienten des RMSE der betrachteten Prognose und des RMSE der naiven Prognose, wobei durch  $x_t^{\text{naiv}}$  der naive Prognosewert zum Zeitpunkt  $t$  bezeichnet ist. Für eine perfekte Prognose nimmt U2 einen Wert von null an, während ein U2 von eins besagt, daß das betrachtete Prognoseverfahren gleichwertig mit der naiven Prognose ist. Insofern eignet sich der Theil'sche Ungleichheitskoeffizient zur Bewertung des Prognoseverfahrens insbesondere dann, falls keine weiteren Informationen oder Vergleichsmöglichkeiten zur Beurteilung der Güte des Prognoseverfahrens verfügbar sind.

<sup>368</sup>Vgl. Schwarze, 1980, S. 333 f.



# Literaturverzeichnis

- Abe, M.: 'A Generalized Additive Model for Discrete-Choice Data'. In: *Journal of Business & Economic Statistics* Bd. 17, Nr. 3:S. 271–284 (1999)
- Allanson, E.: *Car Ownership Forecasting*. Gordon and Breach, New York, 1982
- Anderson, S. P.; de Palma, A.; Thisse, J.-F.: 'Demand for Differentiated Products, Discrete Choice Models, and the Characteristics Approach'. In: *Rev.Econom.Stud.* Bd. 56:S. 21–35 (1989)
- Anderson, S. P.; de Palma, A.; Thisse, J.-F.: *Discrete Choice Theory of Product Differentiation*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1992
- Archibald, G. C.; Eaton, B. C.; Lipsey, R. G.: 'Address Models of Value'. In: Stiglitz, J. E.; Mathewson, F. G. (Hg.), 'New Developments in the Analysis of Market Structure', S. 3–47. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1986
- Arguea, N. M.; Hsiao, C.; Taylor, G. A.: 'Estimating Consumer Preferences Using Market Data - An Application to US Automobile Demand'. In: *Journal of Applied Econometrics* Bd. 9, Nr. 1:S. 1–18 (1994)
- Armstrong, J. S.: *Long-Range Forecasting*. John Wiley & Sons, New York et al., 1985
- Atkeson, A.; Ogaki, M.: 'Wealth-Varying Intertemporal Elasticities of Substitution: Evidence from Panel Data and Aggregate Data'. In: *Journal of Monetary Economics* Bd. 38:S. 507–534 (1996)

- Bajari, P.; Benkard, L.: 'Demand Estimation With Heterogeneous Consumers and Unobserved Product Characteristics: A Hedonic Approach'. Working Paper Stanford University (2001)
- Barwise, P.: 'Good empirical Generalizations'. In: *Marketing Science* Bd. 14:S. G29–G35 (1995)
- Bass, F.: 'A New Product Growth Model for Consumer Durables'. In: *Management Science* Bd. 15:S. 215–227 (1969)
- Bauer, H.; Fischer, M.: 'Product Life Cycle Patterns for Pharmaceuticals and their Impact on R&D Profitability of Late Mover Products'. In: *International Business Review* Bd. 9, Nr. 6:S. 703–726 (2000)
- Baumgartner, B.: 'Monetäre Bewertung von Produkteigenschaften auf dem deutschen Automobilmarkt mit Hilfe hedonischer Modelle'. In: *Marketing - Zeitschrift für Forschung und Praxis* Bd. 19, Nr. 1:S. 15–26 (1997)
- Bayus, B. L.; Gupta, S.: 'An Empirical Analysis of Consumer Durable Replacement Intentions'. In: *International Journal of Research in Marketing* Bd. 9:S. 257–267 (1992)
- Becker, G.: 'A Theory of the Allocation of Time'. In: *Econ. J.* Bd. 75:S. 493–517 (1965)
- Ben-Akiva, M.: *Structure of passenger demand models*. Phd. dissertation MIT, Department of Civil Engineering (1973)
- Ben-Akiva, M.; et al.: 'Extended Framework for Modeling Choice Behavior'. In: *Marketing Letters* Bd. 10, Nr. 3:S. 187–203 (1999)
- Ben-Akiva, M. E.; Lerman, S. R.: *Discrete Choice Analysis*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1985
- Bentz, Y.; Merunka, D.: 'Neural Networks and the Multinomial Logit for Brand Choice Modelling: a Hybrid Approach'. In: *Journal of Forecasting* Bd. 19:S. 177–200 (2000)

- Berkovec, J.: 'A Nested Logit Model of Automobile Holdings for One Vehicle Households'. In: *Transpn. Res. B* Bd. 19, Nr. 4:S. 275–285 (1985)
- Berry, S.; Levinsohn, J.; Pakes, A.: 'Automobile Prices in Market Equilibrium'. In: *Econometrica* Bd. 63, Nr. 4:S. 841–890 (1995)
- Berry, S.; Levinsohn, J.; Pakes, A.: 'Differentiated Products Demand Systems from a Combination of Micro and Macro Data: The New Car Market'. Working Paper Dept. of Economics, Yale University (1998)
- Berry, S. T.: 'Estimating discrete-choice models of product differentiation'. In: *RAND Journal of Economics* Bd. 25, Nr. 2:S. 242–262 (1994)
- Bickelmann, G.: 'Die kurz-, mittel-, und langfristige Absatzprognose bei Daimler-Benz'. In: *Marktforschung im Automobilsektor* S. 130–140 (1983)
- Bierlaire, M.: 'Discrete choice models'. In: Labbé, M.; et al. (Hg.), 'Operations Research and Decision Aid Methodologies in Traffic and Transportation Management', Bd. 166 von *NATO ASI Series, Series F: Computer and Systems Sciences*. Springer Verlag, Berlin, 1998
- Bierlaire, M.: 'A general formulation of the cross-nested logit model'. In: 'Proceedings of the 1st Swiss Transport Research Conference STRC 2001', Stanford Univ. Press, Monte Verita, 2001
- Birou, L. M.; Fawcett, S. E.; Magnan, G. M.: 'Integrating Product Life Cycle and Purchasing Strategies'. In: *International Journal of Purchasing and Materials Management* Bd. 33, Nr. 1:S. 23–32 (1997)
- Birou, L. M.; Fawcett, S. E.; Magnan, G. M.: 'The Product Life Cycle: A Tool for Functional Strategic Alignment'. In: *International Journal of Purchasing and Materials Management* Bd. 34, Nr. 2:S. 37–51 (1998)

- Block, H.; Marschak, J.: 'Random Orderings and Stochastic Theories of Response'. In: Olkin, I. (Hg.), 'Contributions to Probability and Statistics', Stanford Univ. Press, Stanford, 1960
- Börsch-Supan, A.: *Econometric Analysis of Discrete Choice* Bd. 296 von *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. Springer-Verlag, Berlin, 1987
- Börsch-Supan, A.: 'Recent Developments in Flexible Discrete-Choice Models: Nested Logit versus Simulated Moments Probit Analysis'. In: Fischer, M. M.; Nijkamp, P.; Papageorgiou, Y. Y. (Hg.), 'Spatial choices and processes', Bd. 21. North-Holland, Amsterdam, 1990
- Box, G.; Cox, D.: 'An Analysis of Transformations'. In: *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* Bd. 26:S. 211–243 (1964)
- Bresnahan, T. F.: 'Departures from Marginal-Cost Pricing in the American Automobile Industry'. In: *Journal of Econometrics* Bd. 17:S. 201–227 (1981)
- Bresnahan, T. F.: 'Competition and Collusion in the American Automobile Industry: The 1955 Price War'. In: *The Journal of Industrial Economics* Bd. 35, Nr. 4:S. 457–482 (1987)
- Brockhoff, K.: 'A Test for the Product Life Cycle'. In: *Econometrica* Bd. 35:S. 472–484 (1967)
- Brockhoff, K.: *Forschung und Entwicklung*. Oldenburg, München, 1992 3 Aufl.
- Brownstone, D.; Train, K.: 'Forecasting New Product Penetration with Flexible Substitution Patterns'. In: *J.Econometrics* Bd. 89, Nr. 1:S. 109–129 (1999)
- Bubenheim, M.: *Verallgemeinerter Nutzen und „Ähnlichkeit“*. Peter Lang, Frankfurt am Main, 2000
- Buchmann, K.-H.: *Quantitative Planung des Marketing-Mix*. De Gruyter, Berlin, 1973

- Button, K.; Pearman, A.; Fowkes, A.: *Car Ownership Modelling and Forecasting*. Gower Publishing, Aldershot, England, 1982
- Caplin, A.; Nalebuff, B.: 'Aggregation and Imperfect Competition: On the Existence of Equilibrium'. In: *Econometrica* Bd. 59, Nr. 1:S. 25–59 (1991)
- Capon, N.; Hulbert, J. M.: 'The Integration of Forecasting and Strategic Planning'. In: *International Journal of Forecasting* Bd. 1:S. 123–133 (1985)
- Cardell, N.; Dunbar, F.: 'Measuring the societal impacts of automobile downsizing'. In: *Transportation Research A* Bd. 14, Nr. 5-6:S. 423-434 (1980)
- Chamberlin, E.: 'Monopolistic Competition Revisited'. In: *Economica* Bd. 18:S. 343–362 (1951)
- Chamberlin, E.: *The Theory of Monopolistic Competition*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1962 2 Aufl.
- Chatterjee, R.; Eliashberg, J.: 'The Innovation Diffusion Process in a Heterogeneous Population: A Micromodeling Approach'. In: *Management Science* Bd. 36:S. 1057–1079 (1990)
- Chi, T.; Liu, J.: 'Product Life Cycle, and Market Entry and Exit Decisions und Uncertainty'. In: *IIE Transactions* Bd. 33, Nr. 9:S. 695–704 (2001)
- Chow, G.: 'Technological Change and the Demand for Computers'. In: *American Economic Review* Bd. 57:S. 1117–1130 (1967)
- Clark, C.: 'The Greatest of a Finite Set of Elements'. In: *Oper. Research* (1961)
- Claycamp, H.; Liddy, L.: 'Prediction of New Product Performance: An Analytical Approach'. In: *Journal of Marketing Research* Bd. 6:S. 414–420 (1969)
- Cooper, L. G.: 'Market-Share Models'. In: Eliashberg, J.; Lilien, G. L. (Hg.), 'Marketing', Bd. 5 von *Handbooks in Operations Research and Management Science* S. 259–314. North-Holland, Amsterdam, 1993

- Cooper, L. G.; Nakanishi, M.: *Market-Share Analysis*. Kluwer, Boston, 1988
- Corstjens, M.; Gautschi, D.: 'Formal Choice Models in Marketing'. In: *Marketing Science* Bd. 2, Nr. 1:S. 19–56 (1983)
- Cox, W.: 'Product Life Cycles as Marketing Models'. In: *Journal of Business* Bd. 40:S. 375–384 (1967)
- Cramer, J. S.: *The LOGIT model*. Edward Arnold, London, 1991
- Cripps, J. D.; Meyer, R. J.: 'Heuristics and Biases in Timing the Replacement of Durable Products'. In: *Journal of Consumer Research* Bd. 21:S. 304–318 (1994)
- Cropper, M. L.; et al.: 'Valuing Product Attributes Using Single Market Data: A Comparison of Hedonic and Discrete Choice Approaches'. In: *The Review of Economics and Statistics* Bd. 75, Nr. 2:S. 225–232 (1993)
- d'Aspremont, C.; Gabszewicz, J. J.; Thisse, J.-F.: 'On Hotelling's „Stability in competition“'. In: *Econometrica* Bd. 47, Nr. 5:S. 1145–1150 (1979)
- de Kluyver, C.: 'Innovation and Industrial Product Life Cycles'. In: *California Management Review* Bd. 20:S. 21–33 (1977)
- Deaton, A.; Muellbauer, J.: *Economics and Consumer Behavior*. Cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts, 1980
- Dichtl, E.: 'Möglichkeiten einer monetären Bewertung von Produkteigenschaften'. In: *Marketing ZFP* Bd. 7:S. 1–19 (1984)
- Dichtl, E.; et al.: 'Die Dynamisierung mehrdimensionaler Marktmodelle am Beispiel des deutschen Automobilmarktes'. In: *Marketing ZFP* Bd. 2:S. 163–178 (1980)
- Dixit, A.; Stiglitz, J.: 'Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity'. In: *American Economic Review* Bd. 67:S. 297–308 (1977)

- Dodds, W.: 'An Application of the Bass Model in Long-Term New Product Forecasting'. In: *Journal of Marketing Research* Bd. 10:S. 308–311 (1973)
- Dodson, J.; Muller, E.: 'Models for New Product Diffusion through Advertising and Word-of-Mouth'. In: *Management Science* Bd. 24:S. 1568–1578 (1978)
- Dolan, R. J.; Jeuland, A. P.; Muller, E.: 'Models of New Product Diffusion: Extension to Competition against Existing and Potential Firms over Time'. In: Mahajan, J.; Wind, Y. (Hg.), 'Innovation Diffusion of New Product Acceptance', S. 117–150. Ballinger, Cambridge, 1986
- Easingwood, C.: 'Product Life Cycle Patterns for Industrial Goods'. In: *R&D Management* Bd. 18:S. 23–32 (1988)
- Eaton, B. C.; Lipsey, R. G.: 'Product Differentiation'. In: Schmalensee, R.; Willig, R. D. (Hg.), 'Handbook of Industrial Organization', Bd. 1 S. 771–848. North Holland, Amsterdam, 1989
- Eaton, B. C.; Wooders, M. H.: 'Sophisticated Entry in a Model of Spatial Competition'. In: *RAND Journal of Economics* Bd. 16, Nr. 2:S. 282–297 (1985)
- Economides, N.: 'Symmetric Equilibrium Existence and Optimality in Differentiated Products Markets'. In: *Journal of Economic Theory* Bd. 47:S. 178–194 (1989)
- Edgell, S.; Geisler, W.: 'A set-theoretic random utility model of choice behavior'. In: *Journal of Mathematical Psychology* Bd. 21:S. 265–278 (1980)
- Eggert, W.: *Der Einsatz von Discrete-Choice Modellen zur Unterstützung der strategischen Produktplanung*. Diplomarbeit Universität Karlsruhe (TH) (1999)
- Eggert, W.: 'Forecasting the Longterm Demand for Automobiles: a Nested-Logit Approach'. In: 'INFORMS & KORMS Conference Proceedings', Institute for Operations Research and the Management Sciences, Seoul, Korea, 2000

- Eggert, W.; Hrycej, T.: 'Logit Demand Function with Embedded Neural Network Based Utility Function'. In: 'Proceedings of the IEEE-INNS-ENNS International Joint Conference on Neural Networks', IEEE Computer Society, Como, Italy, 2000
- Eggert, W.; Hrycej, T.: 'Model for Optimization of Leasing Rates in the Automotive Market'. In: 'Proceedings of the IFAC Symposium on Modeling and Control of Economic Systems', IFAC, Klagenfurt, Austria, 2001
- Eggert, W.; Hrycej, T.: 'Modelling and Identification of Consumer Demand Behavior'. In: 'Proceedings of the 21st IASTED International Conference on Modelling, Identification, and Control (MIC 2002)', Acta Press, Innsbruck, Austria, 2002
- Feenstra, R. C.; Levinsohn, J. A.: 'Estimating Markups and Market Conduct with Multidimensional Product Attributes'. In: *Rev.Econom.Stud.* Bd. 62:S. 19–52 (1995)
- Fletcher, R.: *Practical Methods of Optimization*. John Wiley & Sons, Chichester, 1987
- Fourt, L.; Woodlock, J.: 'Early prediction of market success for grocery products'. In: *Journal of Marketing* Bd. 25:S. 31–38 (1960)
- Gatignon, H.; et al.: 'A Propositional Inventory for New Diffusion Research'. In: *Journal of Consumer Research* Bd. 11:S. 849–867 (1985)
- Gatignon, H. A.; Robertson, T. S.: 'Integration of Consumer Diffusion Theory and Diffusion Models: New Research Directions'. In: Mahajan, J.; Wind, Y. (Hg.), 'Innovation Diffusion of New Product Acceptance', S. 37–60. Ballinger, Cambridge, 1986
- Goldberg, P. K.: 'Product Differentiation and Oligopoly in International Markets: The Case of the U.S. Automobile Industry'. In: *Econometrica* Bd. 63, Nr. 4:S. 891–951 (1995)
- Gort, M.; Klepper, S.: 'Time Paths in the Diffusion of Product Innovations'. In: *Economic Journal* Bd. 92:S. 630–653 (1982)

- Grabec, I.; Sachse, W.: *Synergetics of Measurement, Prediction and Control*. Springer-Verlag, Berlin, 1997
- Green, P. E.; Srinivasan, V.: 'Conjoint Analysis in Consumer Research: Issues and Outlook'. In: *Journal of Consumer Research* Bd. 5:S. 103–123 (1978)
- Griliches, Z.: 'Hedonic Price Indexes for Automobiles: An Econometric Analysis of Quality Change'. In: Griliches, Z. (Hg.), 'Price Indices and Quality Change', Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1971
- Gutsche, J.: *Produktpräferenzanalyse: ein modelltheoretisches und methodisches Konzept zur Marktsimulation mittels Präferenzzerfassungsmodellen*. Dissertation Universität Mannheim (1995)
- Hall, R. E.: 'Intertemporal Substitution in Consumption'. In: *The Journal of Political Economy* Bd. 96, Nr. 2:S. 339–357 (1988)
- Hansen, L. P.: 'Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators'. In: *Econometrica* Bd. 50, Nr. 4:S. 1029–1054 (1982)
- Hanssens, D. M.; Parsons, L. J.: 'Econometric and Time-Series Market Response Models'. In: Eliashberg, J.; Lilien, G. (Hg.), 'Marketing', Bd. 5 von *Handbooks in Operations Research and Management Science* S. 409–464. North-Holland, Amsterdam, 1993
- Hanssens, D. M.; Parsons, L. J.; Schultz, R. L.: *Market Response Models*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 1990
- Hardie, B.; et al.: 'An Empirical Comparison of New Product Trial Forecasting Models'. In: *Journal of Forecasting* Bd. 17, Nr. 3-4:S. 209–230 (1998)
- Hauschildt, J.: *Innovationsmanagement*. Vahlen, München, 1993
- Hausman, J.; Wise, D.: 'A Conditional Probit Model for Qualitative Choice'. In: *Econometrica* Bd. 46:S. 403–426 (1978)

- Heine, C.: *Die psychische Veralterung von Gütern : Wesen, Ursachen, absatzwirtschaftliche Konsequenzen*. Spindler, Nürnberg, 1968
- Hensher, D.; Johnson, L.: 'Applied Discrete-Choice Modelling'. In: *International Journal of Transport Economics* Bd. 6:S. 51–61 (1979)
- Hensher, D.; Johnson, L.: *Applied Discrete-Choice Modelling*. Croom Helm, London, 1981
- Herrmann, A.: *Produktwahlverhalten*. Schäfer-Poeschel, Stuttgart, 1992
- Hertz, J.; et al.: *Introduction to the Theory of Neural Computation*. Addison Wesley, Redwood City, CA, 1991
- Hippner, H.: 'Neuronale Netze zur langfristigen Prognose von PKW-Neuzulassungen'. In: Hippner, H.; et al. (Hg.), 'Computer Based Marketing', Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1999
- Hippner, H.; Rau, R.: 'Langfristige Prognose der Segmente im deutschen Automobilmarkt mit Neuronalen Netzen'. In: 'AFN-Berichte 1999', S. 7–18. Papierflieger, Clausthal-Zellerfeld, 1999
- Hippner, H.; Rimmelspacher, U.: 'Case-Based Reasoning zur Prognose von PKW-Modellzyklen'. In: Hippner, H.; et al. (Hg.), 'Computer Based Marketing', Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1999
- Horsky, D.; Sen, S. K.: 'Models of Choice: Perspectives from Psychology, Social Psychology, Economics, and Marketing'. In: McAlister, L. (Hg.), 'Choice Models for Buyer Behavior', S. 163–168. JAI Press, Greenwich, 1982
- Horsky, D.; Simon, L.: 'Advertising and the Diffusion of New Products'. In: *Marketing Science* Bd. 2:S. 1–18 (1983)
- Hotelling, H.: 'Stability in Competition'. In: *Economic Journal* Bd. 39:S. 41–57 (1929)

- Hruschka, H.: 'Schätzung und normative Analyse ausgewählter Preis-Absatz-Funktionen'. In: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft (ZfB)* Bd. 67, Nr. 8:S. 845–864 (1997)
- Hrycej, T.; Eggert, W.: 'Demand Model of Automobile Life Cycle Based on Temporal Substitution'. In: 'Proceedings of the IFAC Symposium on Modeling and Control of Economic Systems', IFAC, Klagenfurt, Austria, 2001
- Irle, M.: *Lehrbuch der Sozialpsychologie*. Hogrefe, Göttingen, Toronto, Zürich, 1975
- Jovanovic, B.; MacDonald, G.: 'The Life Cycle of a Competitive Industry'. In: *Journal of Political Economy* Bd. 102:S. 322–347 (1994)
- Kahneman, K.; Tversky, A.: 'Prospect theory: An analysis of decision under risk'. In: *Econometrica* Bd. 47:S. 263–291 (1979)
- Kalish, S.; Lilien, G.: 'A Market Entry Timing Model for New Technologies'. Working Paper College Park: Pennsylvania State University (1993)
- Kalish, S.; Lilien, G. L.: 'Applications of Innovation Diffusion Models in Marketing'. In: Mahajan, J.; Wind, Y. (Hg.), 'Innovation Diffusion of New Product Acceptance', S. 235–280. Ballinger, Cambridge, 1986
- Kalish, S.; Sen, S. K.: 'Diffusion Models and the Marketing Mix for Single Products'. In: Mahajan, J.; Wind, Y. (Hg.), 'Innovation Diffusion of New Product Acceptance', S. 87–116. Ballinger, Cambridge, 1986
- Kamakura, W.; et al.: 'Long-Term Forecasting with Innovation Diffusion Models: The Impact of Replacement Purchase'. In: *Journal of Forecasting* Bd. 6:S. 1–19 (1987)
- Kaplaner, K.: *Betriebliche Voraussetzungen erfolgreicher Produktinnovationen*. GBI, München, 1987
- Kellner, M.: *Absatzprognose im Automobilmarkt*. Dissertation Fakultät für Betriebswirtschaftslehre, Universität München (1987)

- Klepper, S.: 'Entry, Exit, Growth, and Innovation Over the Product Life Cycle'. In: *American Economic Review* Bd. 86:S. 562–583 (1996)
- Koopmans, T. C.: 'Stationary Ordinal Utility and Impatience'. In: *Econometrica* Bd. 28, Nr. 2:S. 287–309 (1960)
- Koopmans, T. C.; Diamond, P. A.; Williamson, R. E.: 'Stationary Utility and Time Perspective'. In: *Econometrica* Bd. 32, Nr. 1-2:S. 82–97 (1964)
- Koppelman, U.: *Produktmarketing - Entscheidungsgrundlage für Produktmanager*. Springer, Heidelberg, 1993 4 Aufl.
- Kotler, P. (Hg.): *Marketing-Management: Analyse, Planung und Verwirklichung*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2001
- Kurawarwala, A. A.; Matsuo, H.: 'Product Growth Models for Medium-Term Forecasting of Short Life Cycle Products'. In: *Technological Forecasting and Social Change* Bd. 57:S. 169–196 (1998)
- Lackman, C.: 'Gompertz Curve Forecasting: A New Product Application'. In: *Journal of the Market Research Society* Bd. 20:S. 45–57 (1978)
- Lancaster, K.: 'A New Approach to Consumer Theory'. In: *J. Pol. Econ.* Bd. 74:S. 132–157 (1966)
- Lancaster, K.: *Consumer Demand: A New Approach*. Cambridge University Press, New York, 1971
- Lancaster, K.: *Moderne Mikroökonomie*. Campus, Frankfurt, 1983 2 Aufl.
- Lawrence, M.: 'What does it take to achieve adoption in sales forecasting'. In: *International Journal of Forecasting* Bd. 16, Nr. 2:S. 147–148 (2000)
- Lawrence, M.; O'Connor, M.: 'Sales Forecasting Updates: How Good are they in Practice?' In: *International Journal of Forecasting* Bd. 16, Nr. 3:S. 369–382 (2000)

- Lawrence, M.; O'Connor, M.; Edmundson, B.: 'A Field Study of Sales Forecasting Accuracy and Processes'. In: *European Journal of Operational Research* Bd. 122, Nr. 1:S. 151–160 (2000)
- Leitherer, E.: *Betriebliche Marktlehre*. Poeschel, Stuttgart, 1989 3 Aufl.
- Lerman, S. R.; Manski, C. F.: 'On the Use of Simulated Frequencies to Approximate Choice Probabilities'. In: Manski, C. F.; McFadden, D. (Hg.), 'Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Application', The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1981
- Lewandowski, R.: *Prognose- und Informationssysteme und ihre Anwendungen* Bd. 2. Walter de Gruyter, Berlin, 1980
- Lilien, G.; Rao, A.; Kalish, S.: 'Bayesian Estimation and Control of Detailing Effort in a Repeat Purchase Diffusion Environment'. In: *Management Science* Bd. 27:S. 493–506 (1981)
- Lindermeir, B.: *Die quantitative Bewertung von Innovationen : eine theoretische Analyse alternativer Modelle*. VVF, München, 1988
- Linestone, H.; Turoff, M.: *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1975
- Loewenstein, G.: 'Anticipation and the valuation of delayed consumption'. In: *Economic Journal* Bd. 97:S. 666–684 (1987)
- Loewenstein, G.; Prelec, D.: 'Negative Time Preference'. In: *American Economic Review* Bd. 82, Nr. 2:S. 347–352 (1991)
- Loewenstein, G.; Prelec, D.: 'Anomalies in Intertemporal Choice: Evidence and an Interpretation'. In: *Quarterly Journal of Economics* Bd. 107:S. 573–597 (1992)
- Luce, R. D.: *Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis*. Wiley, New York, 1959

- Lynn, G. S.; Schnaars, S. P.; Skov, R. B.: 'Survey of New Product Forecasting Practices in Industrial High Technology and Low Technology Businesses'. In: *Industrial Marketing Management* Bd. 28, Nr. 6:S. 565–572 (1999)
- Mahajan, J.; Peterson, R.: 'Innovation Diffusion in a Dynamic Potential Adopter Population'. In: *Management Science* Bd. 24:S. 1589–1597 (1978)
- Mahajan, J.; Peterson, R.: 'Integrating Time and Space in Technological Substitution Models'. In: *Technological Forecasting of Social Change* Bd. 14:S. 231–241 (1979)
- Mahajan, J.; Peterson, R.: 'Erratum to: Innovation Diffusion in a Dynamic Potential Adopter Population'. In: *Management Science* Bd. 28:S. 1087 (1982)
- Mahajan, J.; Peterson, R.: *Models for Innovation Diffusion*. Sage, Beverly Hills, 1985
- Mahajan, J.; Wind, Y. (Hg.): *Innovation Diffusion of New Product Acceptance*. Ballinger, Cambridge, 1986
- Mahajan, V.; Muller, E.; Bass, F. M.: 'New-Product Diffusion Models'. In: Eliashberg, J.; Lilien, G. L. (Hg.), 'Marketing', Bd. 5 von *Handbooks in Operations Research and Management Science* S. 425–456. North-Holland, Amsterdam, 1993
- Maier, G.; Weiss, P.: *Modelle diskreter Entscheidungen*. Springer-Verlag, Wien, 1990
- Mansfield, E.: 'Technical Change and the Rate of Imitation'. In: *Econometrica* Bd. 29:S. 741–766 (1961)
- Manski, C.: 'The structure of random utility models'. In: *Theory and Decision* Bd. 8:S. 229–254 (1977)
- Marschak, J.: 'Binary Choice Constraints on Random Utility Indicators'. In: 'Stanford Symposium on Mathematical Methods in the Social Sciences', Stanford Univ. Press, Stanford, 1960

- McFadden, D.: 'Modelling the Choice of Residential Location'. In: Karlqvist, A.; et al. (Hg.), 'Spatial Interaction Theory and Planning Models', North-Holland, Amsterdam, 1978
- McFadden, D.: 'The Choice Theory Approach to Market Research'. In: *Marketing Science* Bd. 5, Nr. 4:S. 275–297 (1986)
- McFadden, D.: 'A Method of Simulated Moments for Estimation of Discrete Response Models without Numerical Integration'. In: *Econometrica* Bd. 57, Nr. 5:S. 995–1026 (1989)
- McFadden, D.: 'Disaggregate Behavioral Travel Demands RUM Side: A 30-Year Retrospective'. Resource Paper Department of Economics, University of California, Berkeley (2000)
- McFadden, D.; Train, K.: 'Mixed MNL Models for Discrete Response'. Discussion Paper Department of Economics, University of California, Berkeley (1998)
- McFadden, D. L.: 'Econometric Analysis of Quality Response Models'. In: Griliches, Z.; Intriligator, M. D. (Hg.), 'Handbook of Econometrics', Bd. 2. North-Holland, Amsterdam, 1984
- Meffert, H.; Steffenhagen, H.: *Marketing-Prognosemodelle: quantitative Grundlagen des Marketing*. Poeschel, Stuttgart, 1977
- Mentzer, J. T.; Kahn, K. B.: 'State of Sales Forecasting Systems in Corporate America'. In: *Journal of Business Forecasting* Bd. 16, Nr. 1:S. 6–13 (1997)
- Midgley, D. F.: 'A Simple Mathematical Theory of Innovative Behavior'. In: Eliashberg, J.; Lilien, G. (Hg.), 'Marketing', Bd. 5 von *Handbooks in Operations Research and Management Science* S. 475–498. North-Holland, Amsterdam, 1993
- Muth, R.: 'Household Production and Consumer Demand Functions'. In: *Econometrica* Bd. 34:S. 699–708 (1966)

- Neven, D.: 'Two-stage (Perfect) Equilibrium in Hotelling's Model'. In: *Journal of Industrial Economics* Bd. 33:S. 317–326 (1985)
- Nieschlag, R.; Dichtl, E.; Hörschgen, H.: *Marketing*. Duncker & Humblot, Berlin, 1985  
14 Aufl.
- Oren, S.; Schwartz, R.: 'Diffusion of New Products in Risk-Sensitive Markets'. In: *Journal of Forecasting* Bd. 7:S. 273–287 (1988)
- Parfitt, J.; Collins, B.: 'Use of Consumer Panels for Brand Share Prediction'. In: *Journal of Marketing Research* Bd. 5, Nr. 2:S. 131–146 (1968)
- Parzen, E.: 'On estimation of probability density function and mode'. In: *Ann. Math. Stat.* Bd. 35:S. 1065–1076 (1962)
- Peitz, M.: 'A Difficulty With the Address Models of Product Differentiation'. In: *Economic Theory* Bd. 14:S. 717–727 (1999)
- Pengilly, P.; Moss, A.: 'Choice of a New Product'. In: *Operational Research Quarterly* Bd. 47:S. 179–185 (1970)
- Peterson, R. A.; Mahajan, J.: 'Multi-Product Growth Models'. In: Sheth, J. (Hg.), 'Research in Marketing', S. 201–231. JAI Press, Greenwich, CT, 1978
- Pfeiffer, W.; Bischoff, P.: 'Investitionsgüterabsatz'. In: Tietz, B. (Hg.), 'Handwörterbuch der Absatzwirtschaft', S. 918–938. Poeschel, Stuttgart, 1974
- Polak, E.: *Optimization: algorithms and consistent approximations*. Springer-Verlag, New York, 1997
- Preukschat, U.: *Vorankündigung von Neuprodukten - Strategisches Instrument der kommunikationspolitischen Markteinführung*. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 1993

- Prevedouros, P. D.; An, P.: 'Automobile Ownership in Asian Countries'. In: *ITE Journal - Institute of Transportation Engineers*, Nr. 4:S. 24–29 (1998)
- Riepe, C.: *Produkteigenschaften und das Nachfrageverhalten von Konsumenten*. Deutsch, Thun, 1984
- Rink, D.; Swan, J.: 'Product Life Cycle Research: A Literature Review'. In: *Journal of Business Research* Bd. 78:S. 219–242 (1979)
- Roberts, J. H.: *A Multiattribute Utility Diffusion Model: Theory and Application to Pre-launch Forecasting of Automobiles*. Ph.D. Thesis Sloan School of Management, MIT (1984)
- Roberts, J. H.; Lilien, G. L.: 'Explanatory and Predictive Models of Consumer Behavior'. In: Eliashberg, J.; Lilien, G. L. (Hg.), 'Marketing', Bd. 5 von *Handbooks in Operations Research and Management Science* S. 27–82. North-Holland, Amsterdam, 1993
- Robinson, B.; Lakhani, C.: 'Dynamic Price Models for New Product Planning'. In: *Management Science* Bd. 21:S. 1113–1122 (1975)
- Rogers, E.: *Diffusion of Innovations*. The Free Press, New York, 1983
- Rosen, S.: 'Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition'. In: *J. Pol. Econ.* Bd. 82:S. 34–56 (1974)
- Saaty, T. L.: 'A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures'. In: *Journal of Mathematical Psychology* Bd. 15:S. 234–281 (1977)
- Samuelson, P.: 'A note on measurement of utility'. In: *Review of Economic Studies* Bd. 4:S. 155–161 (1937)
- Samuelson, P. A.: *Economics*. McGraw-Hill, New York, 1970 8 Aufl.

- Samuelson, P. A.: *Foundations of Economic Analysis*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1983. Erweiterte Ausgabe
- Schubert, B.: *Entwicklung von Konzepten für Produktinnovationen mittels Conjointanalyse*. Poeschel, Stuttgart, 1991
- Schülen, H.: *Langfristige Automobilmarktprognosen*. Schulz-Kirchner-Verlag, Idstein, 1985
- Schumann, J.: *Die Grundzüge der mikroökonomischen Theorie*. Springer, Berlin, 1971
- Schumpeter, J.: *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Duncker, Berlin, 1964
- Schwarze, J.: 'Statistische Kenngrößen zur Ex-Post Beurteilung von Prognosen (Prognosefehlermaße)'. In: Schwarze, J. (Hg.), 'Angewandte Prognoseverfahren', S. 317–344. Neue Wirtschaftsbriefe, Herne/Berlin, 1980
- Sharif, M.; et al.: 'Binomial Innovation Diffusion Models with Dynamic Potential Adopter Population'. In: *Technological Forecasting of Social Change* Bd. 20:S. 63–87 (1981)
- Simon, H.: 'Strategische Preispolitik bei neuen Produkten'. In: *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft* Bd. 133:S. 257–275 (1977)
- Slovic, P.; Fischhoff, B.; Lichtenstein, S.: 'Behavioral Decision Theory'. In: *Annual Review of Psychology* Bd. 28:S. 1–39 (1977)
- Small, K. A.: 'A Discrete Choice Model for Ordered Alternatives'. In: *Econometrica* Bd. 55, Nr. 2:S. 409–424 (1987)
- Spence, M.: 'Product Selection, Fixed Costs, and Monopolistic Competition'. In: *Review of Economic Studies* Bd. 43:S. 217–235 (1976)
- Spence, M.: 'Non-Price Competition'. In: *American Economic Review* Bd. 67:S. 225–259 (1977)

- Spremann, K.: 'Hybrid Product Life Cycles and the Nerlov-Arrow Model'. Working Paper Abt. Wirtschaftswissenschaften, Universität Ulm (1981)
- Stern, S.: 'A Method for Smoothing Simulated Moments of Discrete Probabilities in Multinomial Probit Models'. In: *Econometrica* Bd. 60, Nr. 4:S. 943–952 (1992)
- Stöppler, S.: *Nachfrageprognose und Produktionsplanung bei saisonalen und konjunkturellen Schwankungen*. Physica-Verlag, Würzburg, 1984
- Strotz, R.: 'The Empirical Implications of a Utility Tree'. In: *Econometrica* Bd. 25:S. 269–280 (1975)
- Stumpp, S.: *Ersatzkaufverhalten bei langlebigen Gütern* Bd. 13 von *Marketing*. Josef Eul Verlag, Lohmar, 2000
- Svenson, O.: 'Process Descriptions of Decision Making'. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes* Bd. 36:S. 86–112 (1978)
- Terporten, M.: *Wettbewerb in der Automobilindustrie: Eine industrieökonomische Untersuchung des deutschen Pkw-Marktes unter besonderer Berücksichtigung der nationalen Hersteller*. Dissertation Gerhard-Mercator Universität Duisburg (1999)
- Thurstone, L. L.: 'A Law of Comparative Judgement'. In: *Psychological Review* Bd. 34:S. 273–286 (1927a)
- Thurstone, L. L.: 'Psychological Analysis'. In: *American Journal of Psychology* Bd. 38:S. 363–389 (1927b)
- Thurstone, L. L.: 'The Prediction of Choice'. In: *Psychometrika* Bd. 10:S. 237–253 (1945)
- Tirole, J.: *The Theory of Industrial Organization*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1988

- Tversky, A.: 'Elimination by Aspects: A Theory of Choice'. In: *Psychological Review* Bd. 79:S. 281–299 (1972)
- Tversky, A.; Sattath, S.: 'Preference Trees'. In: *Psychological Review* Bd. 86:S. 542–573 (1979)
- Urban, G. L.; Hauser, J. R.: *Design and Marketing of New Products*. Prentice-Hall, London, 1980
- Urban, G. L.; Hauser, J. R.; Roberts, J. H.: 'Prelaunch Forecasting of New Automobiles'. Working Paper Marketing Science Institute (1989)
- Varian, H. R.: *Grundzüge der Mikroökonomik*. Oldenbourg, München, 1999
- von Neumann, J.; Morgenstern, O.: *Theory of Games and Behavior*. Princeton University Press, Princeton, 1953 3 Aufl.
- Vovsha, P.: 'The Cross-Nested Logit Model : Application to Mode Choice in the Tel-Aviv Metropolitan Area'. In: *Transportation Research Record 1607* S. 6–15 (1997)
- Wasserman, P. D.: *Neural Computing*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1989
- Weber, K.: *Wirtschaftsprognostik*. Vahlen, München, 1990
- Wen, C.-H.; Koppelman, F. S.: 'The Generalized Nested Logit Model'. Working Paper Department of Traffic & Transportation Engineering & Management, Feng Chia University, Taiwan (2000)
- Wind, Y.: 'A Framework for Classifying New-Product Forecasting Models'. In: Wind, Y.; Mahajan, J.; Cardozo, R. (Hg.), 'New Product Forecasting', Lexington Books, Lexington, 1981
- Wind, Y.; Saaty, T. L.: 'Marketing Applications of the Analytic Hierarchie Proccess'. In: *Management Science* Bd. 26:S. 641–658 (1980)

Wojcik, C.: 'Alternative Models of Demand for Automobiles'. In: *Economics Letters*  
Bd. 68, Nr. 2:S. 113–118 (2000)

Zalles-Reiber, M.: *Produktveralterung und Industrie-Design*. Akademischer Verlag,  
München, 1996