ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Becker, Niels

Book

Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung: Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preisfindung

Bochumer Beiträge zur Unternehmensführung, No. 80

Provided in Cooperation with:
Peter Lang International Academic Publishers

Suggested Citation: Becker, Niels (2012) : Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung: Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preisfindung, Bochumer Beiträge zur Unternehmensführung, No. 80, ISBN 978-3-653-00614-8, Peter Lang International Academic Publishers, Frankfurt a. M.,
https://doi.org/10.3726/978-3-653-00614-8

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/178438

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Band 80

Niels Becker

Produktprogramm-optimierung mit Preisbündelung

BOCHUMER BEITRÄGE ZUR UNTERNEHMENSFÜHRUNG

PETER LANG
Internationaler Verlag der Wissenschaften

Unternehmen werden nur dann ökonomisch erfolgreich sein, wenn sie nicht nur in der Lage sind, ihr Produktprogramm entsprechend der Kundenbedürfnisse zu gestalten, sondern gleichzeitig auch die Fähigkeit besitzen, ihre Leistungen durch differenzierte Preissetzung bestmöglich zu verwerten. In dieser Arbeit wird aufgezeigt, wie Unternehmen ihren ökonomischen Erfolg durch die gemeinsame Bestimmung von Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preisen steigern können. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt in der Entwicklung eines auf mathematischen Modellen basierenden Entscheidungsunterstützungssystems. Der Einsatz des Systems wird an praxisnahen Beispielen demonstriert und seine Gewinnwirkung mittels einer experimentellen Studie evaluiert. Zur Bewältigung von Informationsunsicherheit wird eine robuste Erweiterung vorgestellt.

Niels Becker, geboren 1980 in Haselünne, studierte Wirtschaftswissenschaft an der Ruhr-Universität Bochum. Nach dem Abschluss als Diplom-Ökonom arbeitete er ab 2004 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Unternehmensforschung und Rechnungswesen an der Ruhr-Universität Bochum. Die Promotion erfolgte 2010.

www.peterlang.de

Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung

BOCHUMER BEITRÄGE ZUR UNTERNEHMENSFÜHRUNG

Herausgegeben von
Prof. Dr. Michael Abramovici, Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Walther Busse von Colbe,
Prof. Dr. Dr. h.c. Werner H. Engelhardt, Prof. Dr. Roland Gabriel,
Prof. Dr. Wolfgang Maßberg, Prof. Dr. Horst Meier, Prof. Dr. Heiko Müller,
Prof. Dr. Bernhard Pellens, Prof. Dr. Mario Rese, Prof. Dr. Marion Steven,
Prof. Dr. Rolf Wartmann, Prof. Dr. Brigitte Werners

Band 80

PETER LANG
Frankfurt am Main · Berlin · Bern · Bruxelles · New York · Oxford · Wien

Niels Becker

Produktprogramm-optimierung mit Preisbündelung

Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preisfindung

PETER LANG
Internationaler Verlag der Wissenschaften

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data is available in the internet at http://dnb.d-nb.de.

Open Access: Die Online-Version dieser Publikation ist unter der internationalen Creative Commons Lizenz CC-BY 4.0 auf www.peterlang.com und www.econstor.eu veröffentlicht.
Erfahren Sie mehr dazu, wie Sie dieses Werk nutzen können:
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0.

Dieses Buch ist Open Access verfügbar aufgrund der freundlichen Unterstützung der ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft.

Umschlaggestaltung:
Atelier Platen, Friedberg

Gedruckt auf alterungsbeständigem,
säurefreiem Papier.

E-ISBN 978-3-653-00614-8

D 294
ISSN 1860-479X
ISBN 978-3-631-61426-6

© Peter Lang GmbH
Internationaler Verlag der Wissenschaften
Frankfurt am Main 2011

www.peterlang.de

Geleitwort

Die Ergänzung physischer Produkte durch abgestimmte Dienstleistungen bietet besonders auch im Maschinen- und Anlagenbau eine Chance zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und des Erfolgs von Unternehmen, wobei die kunden- und ergebnisorientierte Ausgestaltung der anzubietenden Leistungsbündel eine besondere Herausforderung darstellt. Die differenzierte Produktgestaltung und die geeignete Kombination der ggf. im Bündel anzubietenden Produkte zur Erfüllung der Kundenbedürfnisse bei gleichzeitiger Optimierung des Unternehmenserfolgs ist höchst anspruchsvoll: Unterschiedliche Kundenpräferenzen und Zahlungsbereitschaften in differenzierten Kundensegmenten und die mit Produkteigenschaften verbundenen Kosten sind zu berücksichtigen, wenn über die anzubietenden Produkte mit ihren Eigenschaften und Preisen für unterschiedliche Produktlinien zu entscheiden ist. Die frühzeitige Berücksichtigung von Bündelkonfigurationen bereits in der Designphase lässt besonders positive Ergebniswirkungen erwarten. Teilaspekte dieses komplexen Problems wurden bisher bereits erfolgreich mittels mathematischer Optimierungsansätze gelöst, die Gesamtproblematik erforderte jedoch die Entwicklung und Implementierung innovativer Modelle und Methoden.

Herr Dr. Becker hat mit der vorliegenden Arbeit ein Entscheidungsunterstützungssystems auf der Basis aktueller mathematischer Modelle und Methoden konzipiert und realisiert, welches Unternehmen bei der Entwicklung von Produktdesign, Produktprogrammplanung, Bündelkonfiguration und Preisfindung optimal unterstützt. Da während der Produktkonfigurationsphase die späteren Zahlungsbereitschaften der Kunden nicht mit Sicherheit bekannt sind, wurde besonderer Wert auf die Erforschung und Integration einer Methode gelegt, die eine hinsichtlich der unsicheren Zahlungsbereitschaften möglichst robuste Lösung bestimmt. Das innovative System wird anhand eines Anwendungsbeispiels aus der Investitionsgüterindustrie veranschaulicht und die hervorragende Eignung mittels umfangreicher empirischer Untersuchungen belegt. Die durch Bündelung erzielbare Gesamtdeckungsbeitragssteigerung resultiert sowohl aus einer besseren Nutzung der Zahlungsbereitschaft als auch aus einer Erhöhung der Gesamtwohlfahrt durch ein stärker kundenorientiertes Angebot. Simultane Bündelung erzielt meist bessere Ergebnisse als sequentielle Bündelung, ist jedoch algorithmisch aufwendiger. Große Unterschiede zeigen sich insbesondere, wenn die Anzahl anzubietender Varianten im Vergleich zur Segmentanzahl klein ist. Dann erweist sich eine simultane Bündelung als besonders empfehlenswert.

In der vorliegenden, sehr innovativen und umfassenden wissenschaftliche Arbeit wird mit der Entwicklung, Implementierung und empirischen Evaluation

eines Entscheidungsunterstützungssystems für die Produktprogrammoptimierung einschließlich der Preisbündelung ein äußerst aktuelles, höchst anspruchsvolles Problem gelöst, wozu gemischt-ganzzahlige lineare und nichtlineare mathematische Modelle entwickelt, realisiert und empirisch getestet werden. Die Arbeit beeindruckt durch den stringenten Aufbau und die hervorragende Argumentation, die den themenbezogenen aktuellen Stand der Forschung umfassend dargestellt, diskutiert und in die innovativen Modelle integriert. Über die Entwicklung neuer theoretischer Ansätze hinaus werden sowohl optimierende wie evolutionäre Lösungsmethoden realisiert, die selbst für große Instanzen in vertretbarer Zeit sehr gute Ergebnisse liefern. Damit ist auch die Basis für die Durchführung höchst umfangreicher empirischer Untersuchungen gelegt, mit denen die Erfolgsfaktoren für den Einsatz dieser Methoden zur Produktionsprogrammplanung mit sequentieller und simultaner Preisbündelung aufgezeigt werden.

Die Arbeit stellt einen erheblichen wissenschaftlichen Fortschritt hinsichtlich quantitativer Modellentwicklung einschließlich der Realisierung von Lösungsalgorithmen für diesen Anwendungsbereich, theoretischer Impulse für differenzierte Preisgestaltungen und die Entwicklung eines neuen Robustheitsansatzes dar. Neben den herausragenden theoretischen Ergebnissen ist der praktische Nutzen bereits in ersten industriellen Anwendungen im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts SmartWert belegt, bei dem für verschiedene Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus die Ausgestaltung von Produktprogrammen und Preisen empfohlen wurde.

Der vorliegenden Arbeit von Herrn Dr. Becker ist eine weitere Verbreitung in Theorie und Praxis sehr zu wünschen.

Prof. Dr. Brigitte Werners

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Unternehmensforschung und Rechnungswesen, an der Ruhr-Universität Bochum. In ihr habe ich meine Erkenntnisse aus dem vom BMBF geförderten Verbundprojekt „SmartWert– Integrierter Preisfindungsprozess im Maschinen- und Anlagenbau“ zusammengefasst und weiterentwickelt. Im Juli 2010 wurde sie von der Fakultät für Wirtschaftswissenschaft als Dissertation angenommen. An dieser Stelle möchte ich all denen danken, die direkt oder indirekt zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt meiner akademischen Lehrerin Frau Prof. Dr. Brigitte Werners für die Betreuung meines Promotionsvorhabens und ihre langjährige Unterstützung und Förderung. Durch ihre stete Diskussionsbereitschaft und kritischen Anmerkungen hat sie sehr zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Für die Übernahme des Zweitgutachtens danke ich Frau Prof. Dr. Marion Steven, durch deren Anregungen die Arbeit deutlich gestrafft werden konnte. Bei Herrn Prof. Dr. Roland Gabriel bedanke ich mich für seine Bereitschaft, die Funktion als Prüfer bei meiner Disputation zu übernehmen. Darüber hinaus danke ich dem Institut für Unternehmensführung für die finanzielle Unterstützung und die Aufnahme dieser Arbeit in ihre Schriftenreihe.

Bedanken möchte ich mich auch bei den Kolleginnen und Kollegen im Verbundprojekt „SmartWert“ für die angenehme und erfolgreiche Zusammenarbeit. Zu nennen sind insbesondere Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Markus Bartoschek (RWTH Aachen), Dipl.-Ing. Dennis Bender (RWTH Aachen), Dipl.-Wirtsch.-Ing. Robert Mai (TU Dresden), Dipl.-Ök. Urs Pietschmann (RUB), Dipl.-Kffr. Katja Soyez (TU Dresden) und Dr. Stefan Wünschmann (TU Dresden). Nicht zuletzt möchte ich mich bei den Ansprechpartnern der beteiligten Industrieunternehmen für die gewährten Praxiseinblicke und bereichernden Diskussionen bedanken.

Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern am Lehrstuhl danke ich für die schöne Zeit, die interessanten Diskussionen, das Korrektur lesen meiner Arbeit und ihre zahlreichen Verbesserungsvorschläge. Besonders hervorheben möchte ich an dieser Stelle Dr. Jens Wiggershaus und Dr. Jens Kanacher. Meinem Schreibtischnachbarn und guten Freund Jens W. danke ich für die Hilfe bei der Themenfindung und Strukturierung meiner ersten Ideen. Dr. Jens Kanacher, dessen fachliche Kompetenz ich sehr schätze, danke ich für seine ständige Diskussionsbereitschaft, kritischen Anmerkungen und aufmunternden Worte sowohl im Büro als auch beim Joggen um den Kemnader See. Neben den wissenschaftlichen Mitarbeitern danke ich unseren studentischen Hilfskräften für Ihre Unter-

stützung. Im Hinblick auf diese Arbeit bin ich Alexander Kornrumpf B.Sc. zu besonderem Dank verpflichtet. Mit seiner Informatik-Kompetenz und nicht nachlassen wollenden Motivation war er mir bei der Entwicklung und Umsetzung des in dieser Arbeit leider nur kurz angesprochenen evolutionären Algorithmus eine wertvolle Hilfe.

Schließlich danke ich meiner Frau Nicole, die mit mir alle Höhen und Tiefen meines Promotionsvorhabens durchlebt hat. Sie hat mir stets den notwendigen Rückhalt und Freiraum gegeben und war mir eine kritische Diskussionspartnerin. Nicht hoch genug kann ich ihr jedoch anrechnen, dass sie gemeinsam mit unserem Sohn Timothy mich den Blick für die wesentlichen Dinge des Lebens nicht hat vergessen lassen. Ihnen sei daher diese Arbeit gewidmet.

Niels Becker

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis XIII

Tabellenverzeichnis XVII

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis XXI

1 Einleitung 1

2 Grundlagen einer quantitativen Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung 5

2.1 Produktprogrammoptimierung als Teil der Produktpolitik 6

2.1.1 Merkmale und Ausprägungen zur Gestaltung von Produkten 6

2.1.2 Subjekte und Objekte der Programmgestaltung 9

2.1.3 Produkt- und programmpolitische Entscheidungstatbestände 14

2.2 Preisbündelung als Instrument der Preispolitik 17

2.2.1 Preisbündelung als Sonderform der Preisdifferenzierung 18

2.2.2 Wirkungsweise und Formen der Preisbündelung 22

2.2.3 Preispolitische Entscheidungstatbestände 29

2.3 Informationsbedarf einer quantitativen Optimierung 30

2.3.1 Strategische Vorgaben und ökonomische Ziele 30

2.3.2 Entscheidungsrelevante Kosten 32

2.3.3 Nutzen und Zahlungsbereitschaften 35

2.4 Einsatz zur Entscheidungsunterstützung 42

3 Quantitative Planungsunterstützung zum Produktliniendesign und zur Preisbündelung 43

3.1 Operationalisierung der Produkt- und Bündelwahl 44

3.1.1 Produktprogrammgestaltung als hierarchisches Planungsproblem 44

3.1.2 Klassische Wahlmodelle im Produktliniendesign 47

3.1.3 Lineares Programm zur nutzenmaximalen Produkt- und Bündelwahl 56

3.2 Product Line Design und seine Anwendung 59
3.2.1 Problemstellung und Stand der Forschung 60
3.2.2 Analyse und Bewertung der Modelle anhand ihrer Charakteristika 67
3.2.3 Modellierung des Product Line Design Problems 76

3.3 Product Bundling und seine Anwendung 84
3.3.1 Problemstellung und Stand der Forschung 85
3.3.2 Analyse und Bewertung der Modelle anhand ihrer Charakteristika 88
3.3.3 Modellierung des Product Bundling Problems 92

3.4 Kritische Würdigung quantitativer Planungsunterstützung 98

4 Entscheidungsunterstützungsmodelle zur integrierten Produktprogrammoptimierung 103

4.1 Integration von Produktliniendesign und Preisbündelung 104
4.1.1 Integrationsformen der Preisbündelung 104
4.1.2 Bündeldarstellung und Modellierung der Kundenwahl 105
4.1.3 Modellannahmen 112

4.2 Grundmodelle und Erweiterungen zur integrierten Produktprogrammoptimierung 116
4.2.1 Grundmodell zur Produktprogrammoptimierung mit sequentieller Preisbündelung 119
4.2.2 Grundmodell zur Produktprogrammoptimierung mit simultaner Preisbündelung 127
4.2.3 Anwendungsspezifische Modellerweiterungen 130

4.3 Exemplarische Anwendung der entwickelten Modelle 137
4.3.1 Darstellung von Problemstruktur und untersuchter Fragestellung 137
4.3.2 Auswirkungen auf Produktdesign, Kundenwahl, Erfolgsgrößen und Wohlfahrt 140
4.3.3 Modellkomplexität und heuristische Lösung 150

4.4 Bewertung der Modelle und der exemplarischen Anwendung 157

5 Erfolgsfaktoren sequentieller und simultaner Produktprogrammoptimierung ... 159

5.1 Diskussion des Untersuchungsdesigns ... 160
5.1.1 Untersuchte Fragestellungen ... 160
5.1.2 Aufbau der experimentellen Untersuchung ... 162
5.1.3 Beurteilungsgrundlagen und Ablauf der Untersuchung ... 164
5.1.4 Statistische Auswertung ... 166

5.2 Datengenerierung ... 171
5.2.1 Generierung der Kosten ... 172
5.2.2 Generierung der Zahlungsbereitschaften ... 174
5.2.3 Ähnlichkeit der erzeugten Zahlungsbereitschaften ... 177

5.3 Wirkungs- und Erfolgsfaktorenanalyse ... 179
5.3.1 Auswirkungen integrierter Produktprogrammoptimierung ... 180
5.3.2 Varianzanalysen zur Ermittlung der Erfolgsfaktoren ... 183
5.3.3 Analyse der Interaktionseffekte bei simultaner Bündelung ... 202
5.3.4 Analyse der Interaktionseffekte bei sequentieller Bündelung ... 209

5.4 Zusammenfassung und kritische Würdigung ... 214

6 Robuste Entscheidungsunterstützung zur Produktprogrammoptimierung unter Unsicherheit ... 221

6.1 Unsicherheit und robuste Entscheidungsunterstützung ... 222
6.1.1 Unsicherheit in der Produktprogrammoptimierung ... 222
6.1.2 Der Begriff der Robustheit ... 224
6.1.3 Robustheitsmaße und Robustheitseffizienzkurve ... 229

6.2 Verfahren zu Ermittlung robuster Produktprogramme ... 233
6.2.1 Erweiterung der Modelle um Robustheitsparameter Δ ... 235
6.2.2 Robustheitsbewertung durch Simulation ... 238
6.2.3 Interaktive Ermittlung effizienter Produktprogramme ... 240

6.3 Exemplarische Anwendung des entwickelten Verfahrens ... 243
6.3.1 Problemstruktur und Untersuchungsdesign ... 243

6.3.2 Ermittlung der Robustheitseffizienzkurve 247
6.3.3 Analyse der vorgenommenen Programmanpassungen 251
6.3.4 Einfluss der Güte von Zahlungsbereitschaftsschätzungen 253

6.4 Abschließende Beurteilung der Unsicherheitsbewältigung 258

7 Zusammenfassung und Ausblick 261

Literaturverzeichnis 269

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Aufbau der Arbeit ... 3
Abb. 2.1: Aufbau des zweiten Kapitels ... 5
Abb. 2.2: Exemplarisches Produktprogramm eines Nutzfahrzeugherstellers ... 10
Abb. 2.3: Exemplarisches Produktprogramm eines Nutzfahrzeugherstellers mit zwei Bündeln ... 13
Abb. 2.4: Entscheidungstatbestände der Produkt- und Programmpolitik ... 15
Abb. 2.5: Produkt- und programmpolitische Entscheidungstatbestände der Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung ... 16
Abb. 2.6: Deckungsbeitrag und Konsumentenrente bei einheitlicher Preissetzung im Vergleich zur Preissetzung bei segmentspezifischer Preisdifferenzierung ... 20
Abb. 2.7: Reine Einzelpreissetzung ... 24
Abb. 2.8: Reine Preisbündelung ... 25
Abb. 2.9: Gemischte Preisbündelung ... 27
Abb. 2.10: Preispolitische Entscheidungstatbestände der Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung ... 29
Abb. 2.11: Bausteine eines Kaufentscheidungsmodells ... 36
Abb. 2.12: Zusammenhang zwischen Nutzen, Zahlungsbereitschaft, Preis und Surplus ... 40
Abb. 3.1: Aufbau des dritten Kapitels ... 43
Abb. 3.2: Grundstruktur eines hierarchischen Systems ... 45
Abb. 3.3: Grundstruktur eines hierarchischen Systems mit Antizipation ohne Rückkopplung ... 46
Abb. 3.4: Produktprogramm mit drei Produkten A, B, C und zwei Bündeln I, II ... 56
Abb. 4.1: Aufbau des vierten Kapitels ... 103
Abb. 4.2: Integrationsformen der Preisbündelung ... 104
Abb. 4.3: Ablauf der Produktprogrammoptimierung mit sequentieller Preisbündelung ... 126
Abb. 4.4: Ablauf der Produktprogrammoptimierung mit simultaner Preisbündelung ... 130
Abb. 4.5 Surplus, Gesamtdeckungsbeitrag und Effizienzverlust in Prozent maximal möglicher Wohlfahrt in Abhängigkeit des Optimierungstyps bei 4 Varianten pro Linie ... 149
Abb. 4.6: Schematische Darstellung der semantischen Hierarchie eines Genoms ... 153
Abb. 4.7: Aufbau des Softwaretools SmartOpt© ... 154

Abb. 4.8: Eingabemaske des Model Editors 155
Abb. 4.9: Darstellung des Bundle Designers 156
Abb. 5.1: Aufbau des fünften Kapitels 159
Abb. 5.2: Ablauf der experimentellen Untersuchung 164
Abb. 5.3: Klassifikation von Interaktionen 169
Abb. 5.4: Zusammenhang zwischen Strukturierungsgrad und Ähnlichkeit von Zahlungsbereitschaften 179
Abb. 5.5: Durchschnittliche prozentuale Steigerung des Gesamtdeckungsbeitrags durch sequentielle und simultane Bündelung im Vergleich zum Produktliniendesign 180
Abb. 5.6: Aufteilung der maximal möglichen Wohlfahrt in Gesamtdeckungsbeitrag, Konsumentenrente und Effizienzverlust im Vergleich 181
Abb. 5.7: Verteilung der Gesamtdeckungsbeitragssteigerungen 183
Abb. 5.8: Durchschnittliche GDB-Steigerungen in Abhängigkeit der Merkmalsanzahl 189
Abb. 5.9: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit von der Merkmalsanzahl 190
Abb. 5.10: Durchschnittliche GDB-Steigerungen in Abhängigkeit der Ausprägungsanzahl 191
Abb. 5.11: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit der Ausprägungsanzahl 192
Abb. 5.12: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit der Ausprägungsanzahl für segmentviele Varianten 193
Abb. 5.13: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit der Ausprägungsanzahl für eine Variante 193
Abb. 5.14: Durchschnittliche GDB-Steigerungen in Abhängigkeit der Programmbreite 194
Abb. 5.15: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit der Linienanzahl 195
Abb. 5.16: Durchschnittliche GDB-Steigerungen in Abhängigkeit der Programmtiefe 196
Abb. 5.17: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit der Anzahl angebotener Varianten 197
Abb. 5.18: Durchschnittliche GDB-Steigerungen in Abhängigkeit der Segmentanzahl 197
Abb. 5.19: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit der Segmentanzahl 198

Abb. 5.20: Durchschnittliche GDB-Steigerungen in Abhängigkeit des Zahlungsbereitschaftstyps ... 199
Abb. 5.21: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit des Zahlungsbereitschaftstyps ... 200
Abb. 5.22: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit des Zahlungsbereitschaftstyps für segmentviele Varianten ... 201
Abb. 5.23: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit des Zahlungsbereitschaftstyps für eine Variante ... 202
Abb. 5.24: Interaktion der Faktoren Varianten und ZB-Typ bei simultaner Bündelung ... 203
Abb. 5.25: Interaktion der Faktoren Varianten und Linien bei simultaner Bündelung ... 204
Abb. 5.26: Interaktion der Faktoren Varianten und Ausprägungen bei simultaner Bündelung ... 205
Abb. 5.27: Interaktion der Faktoren Segmente und Linien bei simultaner Bündelung ... 206
Abb. 5.28: Interaktion der Faktoren Ausprägungen und Linien bei simultaner Bündelung ... 207
Abb. 5.29: Interaktion der Faktoren Ausprägungen und ZB-Typ bei simultaner Bündelung ... 207
Abb. 5.30: Interaktion der Faktoren Varianten und Merkmale bei simultaner Bündelung ... 208
Abb. 5.31: Interaktion der Faktoren Merkmale und Linien bei simultaner Bündelung ... 209
Abb. 5.32: Interaktion der Faktoren Varianten und ZB-Typ bei sequentieller Bündelung ... 210
Abb. 5.33: Interaktion der Faktoren Varianten und Linien bei sequentieller Bündelung ... 211
Abb. 5.34: Interaktion der Faktoren Segmente und Linien bei sequentieller Bündelung ... 211
Abb. 5.35: Interaktion der Faktoren Merkmale und Linien bei sequentieller Bündelung ... 212
Abb. 5.36: Interaktion der Faktoren Ausprägungen und Linien bei sequentieller Bündelung ... 212
Abb. 5.37: Interaktion der Faktoren Varianten und Ausprägungen bei sequentieller Bündelung ... 213
Abb. 5.38: Interaktion der Faktoren Merkmale und Segmente bei sequentieller Bündelung ... 213

Abb. 6.1: Aufbau des sechsten Kapitels 221
Abb. 6.2: Robustheitsbegriffe und zugrunde liegende Entscheidungssituationen 225
Abb. 6.3: Exemplarischer Vergleich einer optimalitätsrobusten Lösung mit Szenario-Optima und Alternativlösung 226
Abb. 6.4: Exemplarischer Vergleich einer ergebnisrobusten Lösung mit Szenario-Optima und optimalitätsrobuster Lösung 227
Abb. 6.5: (z_1,z_2)-Diagramm relevanter Zielbeziehungen 230
Abb. 6.6: Robustheitseffizienzkurve und ineffiziente Lösungen 232
Abb. 6.7: Komponenten und Ablauf einer robusten Entscheidungsunterstützung zur Produktprogrammoptimierung unter Unsicherheit 234
Abb. 6.8: Ablauf der Simulation zur Robustheitsbewertung 239
Abb. 6.9: Ablauf zur interaktiven Ermittlung effizienter Produktprogramme 241
Abb. 6.10: Robustheitseffizienzkurve mit drei Lösungen 242
Abb. 6.11: Ebenen und verfügbare Informationen in der Robustheitsanalyse 244
Abb. 6.12: Deterministischer und erw. Gesamtdeckungsbeitrag sowie Standardabweichung erzeugter Lösungen in Abhängigkeit vom Robustheitsparameter Δ 247
Abb. 6.13: Standardabweichung, Semistandardabweichung vom Erwartungswert sowie Semistandardabweichung vom deterministischen GDB im Vergleich 248
Abb. 6.14: Standardabweichung und erwarteter Gesamtdeckungsbeitrag unterschiedlicher Lösungen 249
Abb. 6.15: Robustheitseffizienzkurve für Anwendungsbeispiel 250
Abb. 6.16: Preis- und Designabweichungen robuster Lösungen zur Ausgangslösung in Abhängigkeit des Robustheitsparameters Δ 253
Abb. 6.17: Änderung der Robustheitseffizienzkurve durch Unsicherheitsschwankungen 254
Abb. 6.18: Robustheitseffizienzkurven in Abhängigkeit der Schätzverzerrung 257

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Merkmale und Ausprägungen eines Kippsattelaufliegers ... 8
Tab. 2.2: Prozentuale Gewinnsteigerung durch eine 1%ige Verbesserung ausgewählter Einflussgrößen ... 17
Tab. 2.3: Zahlungsbereitschaft von fünf Kundensegmenten für Telematik, Servicevertrag und Bündel ... 23
Tab. 2.4: Durch reine Preisbündelung im Vergleich zur Einzelpreissetzung zusätzlich abgeschöpfte Zahlungsbereitschaft ... 26
Tab. 3.1: Konzeptionelle Unterscheide klassischer Wahlmodelle ... 51
Tab. 3.2: Handlungsalternativen des Kunden beim Produktprogramm aus Abb. 3.4 ... 57
Tab. 3.3: Merkmalskosten und Zahlungsbereitschaften von zwei Kundensegmenten für Ausprägungen kaufrelevanter Merkmale einer Beschichtungsanlage ... 61
Tab. 3.4: Kannibalisierung der für den amerikanischen Markt vorgesehenen Variante U durch die deutsche Variante D ... 62
Tab. 3.5: Vermeidung von Kannibalisierung durch separate Preisanpassung im Vergleich zur simultanen Produkt- und Preisoptimierung ... 63
Tab. 3.6: Charakteristika der Modelle zum Product Line Design (1985 – 2000) ... 68
Tab. 3.7: Charakteristika der Modelle zum Product Line Design (2001 – 2009) ... 69
Tab. 3.8: Modellierung der Entscheidungsvariable in Product Line Design Modellen ... 73
Tab. 3.9: Fixkostenberücksichtigung in Product Line Design Modellen ... 74
Tab. 3.10: Die vier Modellkategorien im Product Line Design und ihre Vertreter ... 77
Tab. 3.11: Fehlerhafte Prognose des Kundenverhaltens durch Annahme perfekter Substitution ... 86
Tab. 3.12: Charakteristika der Modelle zum Product Bundling ... 89
Tab. 4.1: Zahlungsbereitschaft und Gesamtsurplus von Kunde 1 für vier verschiedene Bündel ... 123
Tab. 4.2: Kaufrelevante Merkmale und Ausprägungen für Kippsattelauflieger, Telematik, Service-Vertrag und Finanzierung ... 137
Tab. 4.3: Kosten und Zahlungsbereitschaften für Ausprägungen des Kippsattelaufliegers ... 138
Tab. 4.4: Kosten und Zahlungsbereitschaften für Ausprägungen der Telematik ... 139

Tab. 4.5: Kosten und Zahlungsbereitschaften für Ausprägungen des Service-Pakets ... 139
Tab. 4.6: Kosten und Zahlungsbereitschaften für Ausprägungen der Finanzierung ... 139
Tab. 4.7: Produktdesign bei reinem Produktliniendesign, sequentieller und simultaner Bündelung ... 141
Tab. 4.8: Produktkennzahlen, Surplus und Kundenwahl beim Produktliniendesign ... 142
Tab. 4.9: Bündelkonfiguration, Surplus und Kundenwahl bei sequentieller Bündelung ... 143
Tab. 4.10: Bündelkonfiguration, Surplus und Kundenwahl bei simultaner Bündelung ... 144
Tab. 4.11: Steigerung ökonomischer Erfolgsgrößen durch Bündelung ... 145
Tab. 4.12: Steigerung ökonomischer Erfolgsgrößen durch Bündelung in Abhängigkeit der Settings ... 146
Tab. 4.13: Konsumenten-, Produzentenrente und Wohlfahrt in Abhängigkeit der Settings ... 147
Tab. 4.14: Berechnungszeiten nach Optimierungstyp und Setting (Werte in Sekunden) ... 151
Tab. 4.15: Berechnungszeiten der simultanen Bündelung in Abhängigkeit von der Segment- und Variantenanzahl (Werte in Sekunden) ... 152
Tab. 5.1: Untersuchte Umweltfaktoren, ihre Messgrößen und betrachtete Realisationen ... 162
Tab. 5.2: Linienkosten einer Produktlinie in Abhängigkeit der Kostenhöhe ... 172
Tab. 5.3: Minimale und maximale Rangwerte der Ausprägungen eines Merkmals ... 173
Tab. 5.4: Nutzertypen, deren Wahrscheinlichkeiten sowie die Verteilungsparameter des vom Nutzertyps abhängigen Kostenzuschlagsfaktor ... 175
Tab. 5.5: Anzahl Instanzen mit geringerer, identischer und höherer Konsumentenrente im Vergleich zum PLD in Abhängigkeit von der Bündelungsform ... 182
Tab. 5.6: Ergebnis der Varianzanalyse zur simultanen Bündelung ... 185
Tab. 5.7: Ergebnis der Varianzanalyse zur sequentiellen Bündelung ... 187
Tab. 5.8: Minimaler, maximaler und durchschnittlicher GDB-Steigerungsfaktor in Abhängigkeit von Bündelungsform und Realisation der Umweltfaktoren ... 188
Tab. 5.9: Erfolgsfaktoren simultaner Bündelung und ihre Interaktion ... 216
Tab. 5.10: Erfolgsfaktoren sequentieller Bündelung und ihre Interaktion ... 218

Tab. 6.1: Unsichere Einflussfaktoren bei der Gestaltung von Produktprogrammen 222
Tab. 6.2: Geschätzte Zahlungsbereitschaften von Segment 2 und der in Segment 2 enthaltenen Kunden für Merkmalsausprägungen des Kippsattelaufliegers in € 245
Tab. 6.3: Designvergleich von optimalitätsrobustesten Produktprogramm und Ausgangslösung 251
Tab. 6.4: Deterministische Gesamtdeckungsbeiträge von ausgewählten robusten Produktprogrammen mit und ohne Designanpassung 252
Tab. 6.5: Deterministische Gesamtdeckungsbeiträge im Vergleich zu erwarteten Gesamtdeckungsbeiträgen in Abhängigkeit der ZB-Schätzung bei Robustheitsverzicht 256
Tab. 6.6: Deterministische Gesamtdeckungsbeiträge im Vergleich zu erwarteten Gesamtdeckungsbeiträgen in Abhängigkeit der ZB-Schätzung (Optimalitätsrobusteste Lösungen) 256

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

α	Anpassungsfaktor für verallgemeinerte Wahlmodelle
γ_{lma}	Binärvariable, die angibt, ob in mindestens einem Bündel Produkttyp l im Merkmal m die Ausprägung a aufweist
$\Gamma(c)$	Menge der kundenindividuellen Bündel k, die in Restriktion c enthalten sind
δ	Design, Entscheidungsvariable
δ_{blvma}	Binärvariable, die angibt, ob Bündel b aus Linie l Variante v Merkmal m in Ausprägung a enthält
δ_{lvma}	Binärvariable, die angibt, ob aus Linie l Variante v Merkmal m in Ausprägung a enthält
δ_{vma}	Binärvariable, die angibt, ob Variante v Merkmal m in Ausprägung a enthält
Δ	Robustheitsparameter (= Mindest-Surplusdifferenz)
ε , ε' , ε''	stochastische Nutzenkomponente
$\Phi(q)$	Menge der kundenindividuellen Bündel, die in Leistungsverbund q enthalten sind
φ_{kb}	Dichtefunktion des Reservationspreises von Kundensegment k für Bündel b
$\rho_{kbb'}$	Lineare Korrelation für Kunde k zwischen Bündel b und Bündel b' , $\rho_{kbb'} \in [0;1]$
θ	Allgemein Auswahlwahrscheinlichkeit, in deterministischen Modellen Binärvariable zur Erfassung der Kundenwahl
θ_k	Binärvariable, die angibt, ob Kunde k etwas kauft
$\bar{\theta}_k$	Binärvariable, die angibt, ob Kunde k nichts kauft
$\theta_{kk'}$	Binärvariable, die angibt, ob Kunde k und Kunde k´ identische Bündel erwerben
θ_{kb}, θ_{kv}	Binärvariable, die angibt, ob Kunde k Bündel b / Variante v erwirbt bzw. Wahrscheinlichkeit, dass Kunde k Bündel b / Variante v erwirbt
θ_{kq}	Binärvariable, die angibt, ob Kunde k Leistungsverbund q kauft
Θ_b	Menge aller Kombinationen von Bündeln, die jeweils dieselben Einzelkomponenten enthalten wie Bündel b. Es gilt: $\Theta_b := \left\{ C \subset \{1,...,B\} \mid \bigcup_{c \in C} K(c) = K(b) \right\}$

σ	Standardabweichung
ω	deterministische Nutzenkomponente
Ω	Synergieeffekte (=Kosteneinsparungen)
Ω_b	Synergieeffekte bei Bündel b
ψ_{kb}	Inverse der Verteilungsfunktion des Reservationspreises von Kundensegment k für Bündel b
:=	wird gesetzt auf, ist definiert als
a	Ausprägung, a = 1, …, A_m
AK_{lma}	Ausprägungskosten von Ausprägung a des Merkmals m von Linie l
$B(\bullet,\bullet,\bullet,...)$	Bündelkonfiguration eines Bündels
BBM_{tlma}	Bauteilbedarfsmatrix, 1, falls Bauteil t zur Realisation von Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a benötigt wird
BK_{blv}	Bündelkonfiguration, 1, falls Bündel b aus Linie l Variante v enthält
BK_t	Variable Kosten, die mit Verwendung von Bauteil t anfallen
BR_{klma}	Basisreservationspreis von Kunde k für Ausprägung a des Merkmals m der Linie l
BTL	Bradley-Terry-Luce-Regel
BOG	Maximale Anzahl echter Bündel
c	Restriktionen zur Einhaltung der Surplussuperadditivitätsbedingungen c = 1, …, C
CA	Conjoint-Analyse
CusChoice	Optimierungsmodell zur Prognose der Kundenwahl
D	Variantendesign, Leistungsverbunddesign
D_{ema}	Design der existierenden Variante e, 1 sofern Variante e in Merkmal m die Ausprägung a besitzt, 0 sonst
D_{qlv}	Design von Leistungsverbund q, 1 sofern Leistungsverbund q aus Linie l Variante v enthält, 0 sonst
D_v	Design der Variante v
DB	Deckungsbeitrag
$\underline{DB}$	Mindest-Deckungsbeitrag
DB_{kma}	Teildeckungsbeitrag für Merkmal m in Ausprägung a im Falle des Erwerbs durch Kunde k
e	Einzelkomponenten (= Produkte), e = 1, …, E

EG	Erreichungsgrad
EV	Effizienzverlust
ev	normierter Effizienzverlust
EW	Erwartungswert
FK	Fixkosten
FK_b, FK_v	Fixkosten von Bündel b / Variante v
FK_{lma}	Teilfixkosten, die bei Angebot einer Variante von Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a anfallen
FK_{ma}	Teilfixkosten, die bei Angebot einer Variante mit Merkmal m in Ausprägung a anfallen
$f_k(p_v)$	Teilnutzenfunktion von Kunde k für den Preis der Variante v
$g_k(D_v)$	Teilnutzenfunktion von Kunde k für die nichtpreislichen Merkmalsausprägungen von Variante v
GDB	Gesamtdeckungsbeitrag
$\overline{GDB}$	Erwarteter Gesamtdeckungsbeitrag
$\underline{GDB}$	Mindest-Gesamtdeckungsbeitrag
$\widehat{GDB}$	Steigerungsrate des Gesamtdeckungsbeitrags
GDB_i	Gesamtdeckungsbeitrag von Instanz i, Szenario i
gdb	normierter Gesamtdeckungsbeitrag
i	Instanz, Szenarien, Iteration, i = 1, …, I
IIA	Independence of irrelevant alternatives
K(b)	Menge der in Bündel b enthaltenen Einzelkomponenten
K_{be}	Bündelkonfiguration; 1, falls Bündel b Einzelkomponente e enthält, 0 sonst
K_{blv}	Bündelkonfiguration, 1 falls Bündel b Produkttyp l in Variante v enthält, 0 sonst
k	Kunde, Kundensegment, k = 1, ..., K
k(c)	Kunde k für die Restriktion c gilt
KK_{lm}	Komplexitätskosten, die bei Realisierung einer im Produkttyp l angebotenen Ausprägung von Merkmal m anfallen
KR	Konsumentenrente
kr	normierte Konsumentenrente
$KV_{lmal'm'a'}$	Kombinationsverbot, Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a ist nicht gemeinsam mit Produkttyp l´ mit Merkmal m´ in Ausprägung a´ zu realisieren

l	Produktlinie, Produkttyp, l = 1, ..., L
LK_l	Linienkosten der Produktlinie l
m	Merkmal, m = 1, …, M_l
M	große positive Zahl
MA	Mindest-Marktanteil
MDS	Multidimensionale Skalierung
MK_{lm}	Merkmalskosten von Merkmal m der Linie l
MNL	Multinomial Logit Modell
MR_{klma}	Modifizierter Reservationspreis von Kunde k für Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a
N	Stichprobenumfang
o.B.d.A.	ohne Beschränkung der Allgemeinheit
p	Preis, Entscheidungsvariable
p_b, p_q, p_v	Preis von Bündel b / Leistungsverbund q / Variante v
p_k	Preis den Kunde k für die von ihm gekauften Leistungen zahlt
p_{kb}, p_{kq}	Preis den Kunde k für Bündel b / Leistungsverbund q bezahlt
P_b , P_v	Vorgegebener Preis von Bündel b / Variante v, Parameter
PUG_b , POG_b	Preisunter-/obergrenze für Bündel b
PLD	Produktliniendesign
PW	Planwert
QS	Quadratsumme
q	Leistungsverbund, q = 1, …, Q
r	Ressource, r = 1, …, R
r_{cl}	Maximale Zahlungsbereitschaft von Kunde k(c) für eine Variante aus Linie l bei Kauf aller der in Restriktion c vorgesehenen Bündel, Variable
R	Reservationspreis (= Zahlungsbereitschaft)
R_{kl}	Maximaler Reservationspreis von Kunde k für eine Variante aus Linie l
$R^{+}_{kll'}$	Zusätzliche Zahlungsbereitschaft von Kunde k für ein Bündel, welches sowohl Varianten aus Linie l als auch aus Linie l´ enthält, mit l´ > l
R_{klv}	Reservationspreis von Kunde k für Produkttyp l in Variante v
R_{klma}	Reservationspreis von Kunde k für Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a

R_{kma}	Reservationspreis von Kunde k mit Merkmal m in Ausprägung a
R_{kq}	Reservationspreis von Kunde k für Leistungsverbund q
R_{kv}	Reservationspreis von Kunde k für Variante v
RBM_{rlma}	Ressourcenbedarfsmatrix, 1, falls Ressource r zur Realisation von Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a vorzuhalten ist
rg	Rang
rg_{lm}	Kostenrang von Merkmal m der Linie l
rg_{lma}	Kostenrang von Ausprägung a des Merkmals m von Linie l
RK_r	Fixkosten zur Bereitstellung von Ressource r
$S_{kb}(p_b)$	Surplus von Kunde k für Bündel b, Funktion
$\underline{S}_k$	Mindest-Surplus von Kunde k (= Surplus aus Status-Quo Produkt), Parameter
s_k	Surplus von Kundensegment k, Variable
$s_{kk'}$	Surplus von Kundensegment k für Leistungen, die Kunde k‘ erwirbt, Variable
s_{kb}	Surplus von Kundensegment k bei Wahl von Bündel b, Variable
SeqBun	Optimierungsmodell zur sequentiellen Bündelung
SG_k	Segmentgröße, Anzahl von Kunden in Segment k
SimBun	Optimierungsmodell zur simultanen Bündelung
SSA(PW)	Semistandardabweichung von einem Planwert
t	Bauteil, t = 1, …, T
UIA	Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen
U	Nutzen
$\underline{U}$	Mindestumsatz
U_k	Nutzen von Kunde k für sein Status-Quo Produkt
U_{kb}	Gesamtnutzen von Kundensegment k für Bündel b
$U^{+}_{kll'}$	Zusätzlicher Nutzen von Kunde k für ein Bündel, welches sowohl Varianten aus Linie l als auch aus Linie l´ enthält
U_{klma}	Teilnutzen von Kunde k für Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a
U_{klv}	Nutzen von Kunde k für Produkttyp l in Variante v
U_{kma}	Teilnutzen von Kunde k für Merkmal m in Ausprägung a
U_{kv}	Nutzen von Kunde k für Variante v
V_E, V_F, V_N	Anzahl der eigenen, fremden & neueinzuführenden Varianten
v	Variante, v = 1 … V_l

VK	Variable Herstellkosten
VK_b, VK_v	Variable Herstellkosten von Bündel b / Variante v
VK_{kb}, VK_{kv}	Kundenspezifische variable Herstellkosten, für den Fall das Kunde k Bündel b / Variante v kauft
VK_{lv}	Variable Herstellkosten von Produkttyp l in Variante v
VK_{lma}	Variable Herstellkosten von Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a
VK_{ma}	Variable Herstellkosten zur Realisation von Merkmal m in Ausprägung a
$VSE_{lmal´m´a´}$	Variable Synergieeffekte bei Realisation von Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a und Produkttyp l´ mit Merkmal m´ in Ausprägung a´
W	Wahrscheinlichkeit, Wohlfahrt
W_i^{Bun}	Tatsächlich erreichte Wohlfahrt in Instanz I durch die gewählte Bündelungsform SeqBun, SimBun
W_{kl}^{max}	Maximal möglicher Wohlfahrtsbeitrag durch Angebot einer Variante für Kunden k aus Linie l
W_i^{max}	Maximal mögliche Wohlfahrt in Instanz I
w	bereits existierende eigene und fremde Varianten, $w = 1, \ldots, V_E$ eigene Varianten $w = V_E+1, \ldots, V_E+V_F$ fremde Varianten
x	Entscheidungsvariable
x_{kblvma}	Binärvariable, die angibt, ob Kunde k Bündel b erwirbt, welches aus Linie l Variante v mit Merkmal m in Ausprägung a enthält
x_{kblv}	Binärvariable, die angibt, ob Kunde k aus Bündel b Produkttyp l in Variante v nutzt
x_{klma}	Binärvariable, die angibt, ob Kunde k ein Produkt aus Linie l mit Merkmal m in Ausprägung a erwirbt
x_{klv}	Binärvariable, die angibt, ob Kunde k aus Linie l Variante v erwirbt
x_{klvma}	Binärvariable, die angibt, ob Kunde k aus Linie l Variante v mit Merkmal m in Ausprägung a erwirbt
$x_{klmal´m´a´}$	Binärvariable, die angibt, ob in dem von Kunde k erworbenen Bündel sowohl Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a und Produkttyp l´ mit Merkmal m´ in Ausprägung a´ enthalten ist

x_{kvma}	Binärvariable, die angibt, ob Kunde k Variante v mit Merkmal m in Ausprägung a kauft
y	Entscheidungsvariable
y_b, y_v	Binärvariable, die angibt, ob Bündel b / Variante v angeboten wird
$y_{kll'}$	Binärvariable, die angibt, ob das von Kunde k gekaufte Bündel neben einer Variante aus Linie l auch eine Variante aus Linie l´ enthält
ZB	Zahlungsbereitschaft
z_k	Von Kundensegment k generierter Deckungsbeitrag, Variable
z_{kt}	Binärvariable, die angibt, ob zur Produktion des von Kunden k erworbenen Bündels Bauteil t benötigt wird
z_r	Binärvariable, die angibt, ob Ressource r beschafft wird
ZF	Zielfunktionswert
ZF_{klma}	Kostenzuschlagsfaktor

1 Einleitung

Im Mittelpunkt jeder unternehmerischen Tätigkeit steht die Erstellung und Verwertung von Leistungen. Vor der Leistungserstellung ist jedoch von jedem Unternehmen festzulegen, welche Leistungen überhaupt angeboten werden sollen. Die Gesamtheit der angebotenen Leistungen, das Produktprogramm, besteht meist aus mehreren Produktlinien, welche die Varianten eines Produkttyps umfassen. Nur Unternehmen, die in der Lage sind, ihr Produktprogramm immer wieder an sich verändernde Kundenbedürfnisse und Marktbedingungen anzupassen, können langfristig erfolgreich sein.

Für den ökonomischen Erfolg eines Unternehmens hingegen ist die Fähigkeit, Produkte entsprechend den Kundenbedürfnissen zu gestalten, nicht ausreichend. Es gilt, die angebotenen Leistungen auch bestmöglich zu verwerten. Dazu sind die Zahlungsbereitschaften der Kunden für die angebotenen Produkte zu nutzen und durch eine geeignete Preissetzung in Deckungsbeiträge für das Unternehmen umzuwandeln. Immer häufiger wird in der Praxis hierzu das Instrument der Preisbündelung eingesetzt. Eigenständige Produkte werden zu Bündeln kombiniert und zu einem einheitlichen Paketpreis angeboten. Dadurch können von unterschiedlichen Kunden unterschiedliche Preise verlangt und so der Gewinn deutlich gegenüber einem ungebündelten Angebot gesteigert werden.

Preisbündelung sollte daher bereits bei der Gestaltung von Produkten und Produktprogrammen berücksichtigt werden, was bisher jedoch kaum thematisiert wird. Entscheidungsunterstützungsmodelle zur Produktliniengestaltung betrachten jeweils nur eine Produktlinie und ignorieren daher Bündelungsentscheidungen. Entscheidungsunterstützungsmodelle zur Preisbündelung hingegen gehen stets davon aus, dass Produktgestaltungsentscheidungen bereits getroffen wurden und das Design der angebotenen Produkte somit feststeht. Dadurch wird jedoch die Chance vertan, Produkte optimal im Hinblick auf eine beabsichtigte Bündelung zu gestalten und so die Gewinnsituation des Unternehmens deutlich zu verbessern.

Vor diesem Hintergrund liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit in der Unterstützung von Entscheidungsträgern im Produkt- und Preismanagement bei der gemeinsamen Gestaltung von Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preisen in der Unternehmenspraxis. Ziel ist die Integration der bisher separat behandelten Preisbündelung in den Prozess der Produktprogrammgestaltung und die Entwicklung eines in der Praxis einsetzbaren Entscheidungsunterstützungssystems. Im Rahmen dieser Arbeit werden dazu bestehende mathematische Modelle weiterentwickelt, zu integrierten Modellen verbunden und in ein theoretisches Vorgehenskonzept eingeordnet. Die praktische Einsetzbarkeit der entwickelten Pro-

duktprogrammoptimierung mit Preisbündelung wird durch folgende Maßnahmen sichergestellt.

Erstens wird der Modelleinsatz exemplarisch anhand eines praxisnahen Beispiels demonstriert und die heuristische Lösung praxisrelevanter Problemstellungen thematisiert. Zweitens werden in einer umfangreichen experimentellen Studie das Gewinnsteigerungspotenzial des neuen Verfahrens aufgezeigt, die Ursachen analysiert und Erfolgsfaktoren identifiziert. Die Ergebnisse erlauben eine Prognose der in einer gegebenen Unternehmenssituation erzielbaren Gewinnsteigerung und so eine fundierte Entscheidung über den Praxiseinsatz des Verfahrens. Drittens wird zur Bewältigung von Informationsunsicherheit ein interaktives Verfahren zur robusten Entscheidungsunterstützung entwickelt, durch welches gute Programmvorschläge unabhängig von konkreten Zahlungsbereitschaften bestimmt werden können.

Der Aufbau der Arbeit ist in Abbildung 1.1 dargestellt. Sie gliedert sich in sieben Kapitel, die im Folgenden erläutert werden.

Zunächst werden in Kapitel 2 die Grundlagen einer quantitativen Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung dargestellt. Dazu erfolgt als Erstes eine Einordnung der Produktprogrammoptimierung in das Produktmanagement. Nach Erläuterung relevanter Subjekte und Objekte der Programmgestaltung wird die Produktgestaltung auf Basis von Merkmalen und Ausprägungen dargestellt, bevor die produkt- und programmpolitischen Entscheidungstatbestände der Produktprogrammoptimierung abgegrenzt werden. Anschließend erfolgt die Darstellung der Preisbündelung als Instrument des Preismanagements. Nach einer Einordnung in die Preisdifferenzierung werden Wirkungsweise und Formen veranschaulicht, bevor auf die preispolitischen Entscheidungstatbestände eingegangen wird. Im Anschluss wird der Informationsbedarf einer quantitativen Optimierung konkretisiert.

Gegenstand von Kapitel 3 sind quantitative Ansätze zur Unterstützung der Produktliniengestaltung (Product Line Design) und der Preisbündelung (Product Bundling). Einführend wird die für jede quantitative Planung notwendige Operationalisierung der Kundenwahl vorgenommen. Dazu werden auf dem in Kapitel 2 vorgestellten Nutzen- und Zahlungsbereitschaftskonzept basierende Wahlmodelle mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt sowie ein lineares Programm (CusChoice) vorgeschlagen. Im Anschluss wird ein Überblick über die in der Literatur erarbeiteten Modelle und Methoden zur Produktliniengestaltung und Preisbündelung gegeben. Hierzu werden jeweils nach Darlegung der Problemstellung und des Stands der Forschung die entwickelten Modelle anhand ihrer Charakteristika analysiert und bewertet, bevor die mathematische Modellierung des Planungsproblems veranschaulicht wird.

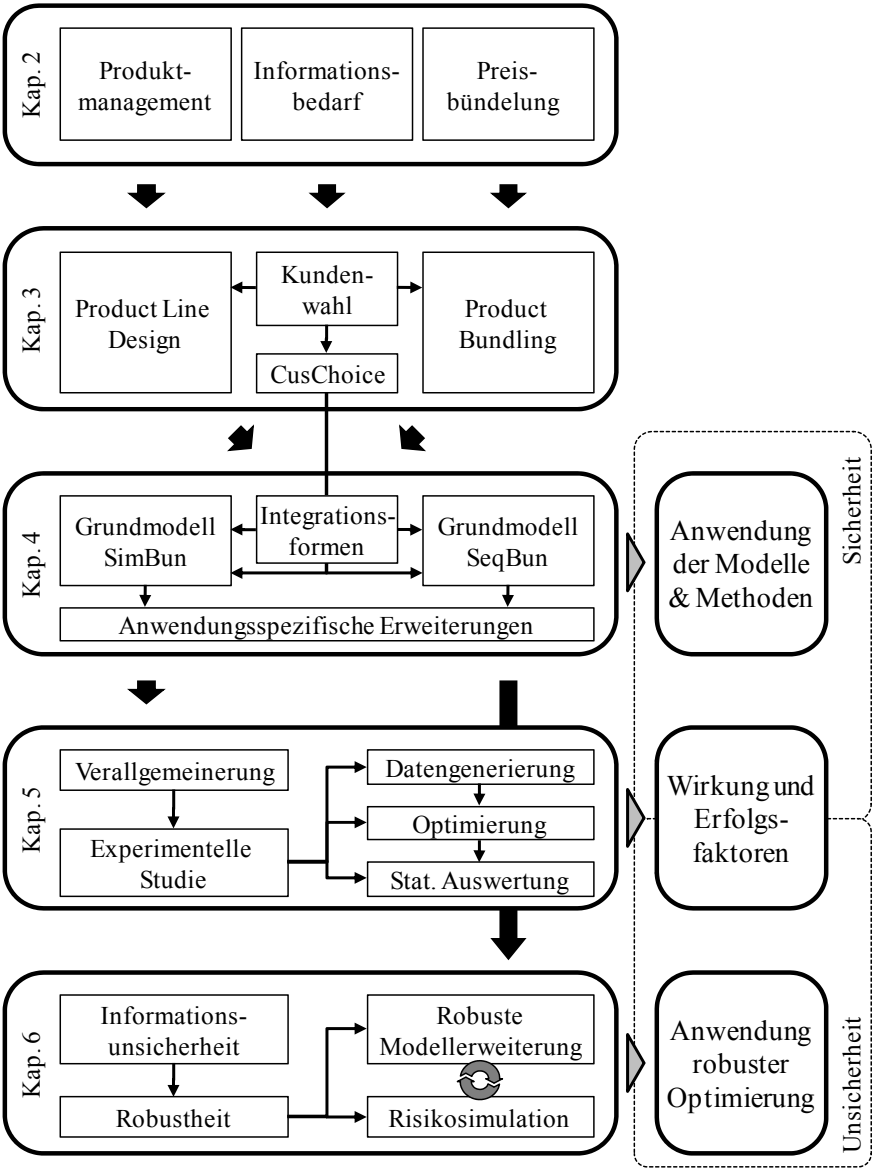


Abbildung 1.1: Aufbau der Arbeit

Im vierten Kapitel werden die bisher unverbunden Ansätze der Produktliniengestaltung und Preisbündelung zusammengeführt und zu einem integrierten An-

satz verbunden. Zunächst werden mit sequentieller und simultaner Bündelung die möglichen Integrationsformen der Preisbündelung vorgestellt. Anschließend werden Grundmodelle zur sequentiellen Bündelung (SeqBun) und zur simultanen Bündelung (SimBun) hergeleitet, erläutert und zusammen mit dem im dritten Kapitel entwickelten Modell CusChoice in ein Vorgehenskonzept eingebettet. Im Anschluss werden anwendungsspezifische Erweiterungen der Modelle diskutiert. Der praktische Einsatz der entwickelten Modelle wird anhand eines beispielhaften Produktprogramms demonstriert und die Auswirkungen auf Produktdesign, Kundenwahl, ökonomische Erfolgsgrößen sowie Kunden und Wohlfahrt analysiert. Zugleich wird die heuristische Lösung schwieriger Probleminstanzen thematisiert. Die in diesem Kapitel entwickelte Entscheidungsunterstützung stellt die Basis für die weiteren Kapitel 5 und 6 dar.

Zur Verallgemeinerung der Ergebnisse aus dem vierten Kapitel und zur Prognose der Vorteilhaftigkeit des entwickelten Verfahrens in realen Anwendungssituationen wird in Kapitel 5 eine umfangreiche experimentelle Studie durchgeführt. Der statistischen Auswertung der Optimierungsergebnisse geht eine ausführliche Vorstellung des Datengenerierungsprozess voraus. Nach Analyse der Wirkung integrierter Produktprogrammoptimierung auf Gesamtdeckungsbeitrag, Konsumentenrente und Wohlfahrt werden mit Hilfe von Varianzanalysen Erfolgsfaktoren der sequentiellen und simultanen Bündelung identifiziert. Anschließend werden die Interaktionseffekte der erkannten Erfolgsfaktoren getrennt für beide Bündelungsformen untersucht.

In Kapitel 6 wird nicht mehr davon ausgegangen, dass Anbieter alle benötigten Informationen mit Sicherheit kennen, sondern dass sie sich wie in der Unternehmenspraxis einer Informationsunsicherheit gegenübersehen. Zur Bewältigung dieser Unsicherheit wird ein interaktives Verfahren zur robusten Entscheidungsunterstützung entwickelt und durchgeführt. Durch Erweiterung der Modelle um den Robustheitsparameter Δ können interaktiv robuste Programmvorschläge identifiziert und mit Risikosimulation bewertet werden. Der Einsatz wird exemplarisch an dem aus Kapitel 4 bekannten Anwendungsbeispiel demonstriert. Anhand dessen werden Robustheitsgüte, vorgenommene Programmanpassungen sowie der Einfluss der Güte von Zahlungsbereitschaftsschätzungen untersucht. Die Arbeit schließt im siebten Kapitel mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse und einem Ausblick.

2 Grundlagen einer quantitativen Produktprogramm-optimierung mit Preisbündelung

Die in dieser Arbeit betrachtete quantitative Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung stellt ein Instrument einer integrierten Produkt- und Preispolitik dar. Zur Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems sind einerseits die notwendigen Grundlagen der Produkt- und Preispolitik zu erläutern und andererseits der Informationsbedarf einer quantitativen Optimierung zu konkretisieren (vgl. Abbildung 2.1).

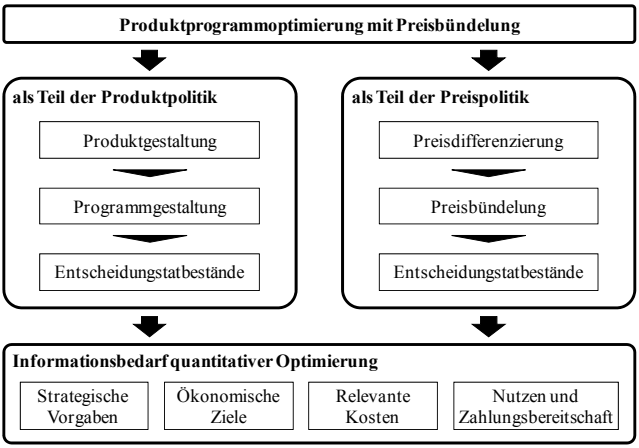


Abbildung 2.1: Aufbau des zweiten Kapitels

Im ersten Teil des Kapitels wird der Bezug zur Produktpolitik herausgearbeitet. Nach Vorstellung eines Ansatzes zur Gestaltung von Produkten werden relevante Subjekte und Objekte der Programmgestaltung identifiziert und definiert. Anschließend werden produkt- und programmpolitische Entscheidungstatbestände diskutiert. Im zweiten Teil wird der Bezug zur Preispolitik hergestellt. Den Schwerpunkt bildet hier nach einer Einordnung in die Preisdifferenzierung die Vorstellung der Wirkungsweise und der Formen der Preisbündelung. Anschließend werden preispolitische Entscheidungstatbestände diskutiert. Im dritten Teil werden die benötigten Informationen einer quantitativen Optimierung herausgearbeitet. Neben strategischen Vorgaben sind ökonomische Ziele festzulegen, entscheidungsrelevante Kosten zu erheben sowie Nutzen und Zahlungsbereitschaften zu quantifizieren. Abschließend wird der Einsatz zur Entscheidungsunterstützung zusammengefasst.

2.1 Produktprogrammoptimierung als Teil der Produktpolitik

Die Produktpolitik ist einer der zentralen Parameter des Marketings und beinhaltet alle Entscheidungstatbestände, die sich auf die Gestaltung der vom Unternehmen anzubietenden Leistungen beziehen.[1] Sie bildet zusammen mit der Preis-, Distributions- und Kommunikationspolitik die instrumentelle Perspektive des Marketings.[2] Produkt- und Preispolitik sind besonders eng miteinander verzahnt, da jegliches Angebot immer nur durch Produkt- und Preisdimension gemeinsam darstellbar ist. Einige Autoren verzichten daher auf eine Unterteilung und fassen beides zur Angebotspolitik zusammen.[3]

Die Produktpolitik lässt sich hinsichtlich der Betrachtungsebene in die Programmgestaltung einerseits und die Produktgestaltung andererseits unterteilen.[4] Für die Programmgestaltung stellen Produkte die kleinste Einheit dar, die geeignet zu Produktlinien und Produktprogrammen zusammenzusetzen sind. Für die Produktgestaltung hingegen sind Produkte nicht unteilbar, sondern werden durch Merkmale und Ausprägungen beschrieben. Da durch die betrachtete Produktprogrammoptimierung Entscheidungsträger nicht nur bei der Programm-, sondern auch bei der Produktgestaltung unterstützt werden sollen, ist sie beiden Bereichen zuzuordnen. Im Folgenden wird zunächst ein Ansatz zur Produktgestaltung vorgestellt, bevor die für die Produktprogrammoptimierung relevanten Subjekte und Objekte der Programmgestaltung definiert werden. Anschließend erfolgt eine Einordnung der Produktprogrammoptimierung in die produkt- und programmpolitischen Entscheidungstatbestände.

2.1.1 Merkmale und Ausprägungen zur Gestaltung von Produkten

Das Produkt

Die Gestaltung von Produkten setzt zunächst die inhaltliche Bestimmung des Begriffs Produkt voraus. In einer sehr weiten Definition wird unter einem Produkt alles verstanden, was einer Person angeboten werden kann, um ein Bedürfnis oder einen Wunsch zu befriedigen.[5] Kern dieser als generischer Produktbegriff in der Marketingliteratur etablierten Definition ist die Auffassung eines

1 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 397; Becker (2009), S. 490.
2 Vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 531-924; Meffert et al. (2008), S. 397-732, Homburg/Krohmer (2006), S. 158-288, Kotler/Armstrong (2005), S. 219-468.
3 Vgl. Becker (2009), S. 486-526 sowie der Überblick in Pepels (2004), S. 350-352.
4 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 400f.; Pepels (2004), S. 356; Brockhoff (1999), S. 25 und S. 67.
5 Vgl. Kotler et al. (2007), S. 12, Kotler/Armstrong (2005), S. 221.

Produktes als nutzenstiftende Einheit. Das Produkt umfasst damit die gesamte Nutzleistung, die dem Kunden vom Unternehmen angeboten wird.[6]

Diese Definition eröffnet jedoch keinen Ansatz zur Gestaltung von Produkten. Dies wird erst möglich, wenn *Produkte als Eigenschaftsbündel* verstanden werden. Nach Brockhoff ist „ein Produkt eine im Hinblick auf eine erwartete Bedürfnisbefriedigung beim bekannten oder unbekannten Verwender von einem Anbieter gebündelte Menge von Eigenschaften".[7] Diese Sichtweise eines Produkts als Bündel verschiedener nutzenstiftender Eigenschaften hat sich weitgehend durchgesetzt.[8] Die Eigenschaften bzw. beschreibenden Merkmale sind es, die beim Kunden den Nutzen hervorrufen. So kann bspw. ein Kippsattelauflieger durch die Merkmale Ladelänge, Art der Mulde, Rückwandtyp und Anzahl der Achsen charakterisiert werden.

Ein Produkt als Eigenschaftsbündel ist jedoch von den beschreibenden Eigenschaften abzugrenzen. Eine Möglichkeit hierzu bietet die Sichtweise von *Produkten als identifizierbare Einzelgüter*.[9] Demnach sind Produkte einzeln identifizierbar, d.h. prinzipiell einzeln verkäuflich, werden ausdrücklich nach Außen kommuniziert und besitzen einen impliziten oder explizit ausgewiesenen Preis. Zusammenfassend ergibt sich folgende Definition:

> *Ein Produkt ist eine im Hinblick auf eine erwartete Bedürfnisbefriedigung gebündelte Menge von Eigenschaften, die in ihrer Gesamtheit einzeln identifizierbar sind und einen impliziten oder explizit ausgewiesenen Preis besitzen.*

Die Merkmale und Ausprägungen

Allgemein bezeichnen die Begriffe *Merkmale*, Attribute, Eigenschaften und Charakteristika die tatsächlich beobachteten oder rein gedanklich erfassten Bestandteile eines Objekts.[10] In der Produktgestaltung werden Merkmale und Ausprägungen zur Beschreibung von Produkten verwendet. Während Produkte entsprechend ihrer Definition identifizierbare Einzelgüter sind, sind Merkmale zumindest aus Sicht des Anbieters integraler Bestandteil eines Produkts bzw. zu dessen Beschreibung unerlässlich. So ist für jeden Kippsattelauflieger der Rückwandtyp festzulegen und die Rückwand damit integraler Bestandteil. Desweiteren muss der Anbieter prinzipiell in der Lage sein, Merkmalsausprägungen frei wählen zu können. Da jedoch auch Merkmale wie Marke existieren, die ein An-

6 Vgl. Benkenstein (2001), S. 130.
7 S. Brockhoff (1999), S. 13.
8 Vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 537; Helm (2009), S. 259; Esch et al. (2008), S. 220; Meffert et al. (2008), S. 399.
9 Vgl. Priemer (2000), S. 41.
10 Vgl. Herrmann (1998), S. 138.

bieter gerade nicht wählen kann, die aber sehr wohl seine Produkte von denen der Wettbewerber abgrenzen, ist eine übergeordnete Sichtweise einzunehmen und die Möglichkeit zur Festlegung eines Merkmals von einem hypothetischen Anbieter zu fordern.

Eine Ausprägung ist eine mögliche Realisation eines beschreibenden Merkmals. In der Produktgestaltung ist es üblich, mehrere diskrete Ausprägungen für ein Merkmal vorzugeben.[11] Einerseits können dadurch Produkte deutlich voneinander abgegrenzt werden und andererseits ergeben sich einige Vorteile hinsichtlich der Nutzenquantifizierung.[12] Zusammenfassend ergibt sich folgende Definition:

Ein Merkmal ist ein Kriterium zur Beschreibung von Produkten, welches in einem konkreten Produkt nach Wunsch des (hypothetischen) Anbieters eine von mehreren unterschiedlichen diskreten Ausprägungen annehmen kann.

Exemplarisch sind in Tabelle 2.1 mögliche Merkmale und Ausprägungen zur Beschreibung eines Kippsattelaufliegers dargestellt.

Tabelle 2.1: Merkmale und Ausprägungen eines Kippsattelaufliegers

Merkmal		Ausprägung A1	Ausprägung A2	Ausprägung A3
M1	Ladelänge	8200 mm	9400 mm	10450 mm
M2	Mulde	Alu-Kastenmulde	2 Metall-Mulde	Stahl-Rundmulde
M3	Rückwand	Pendelklappe	Kombitür	Hydraulische Rückwand
M4	Achsen	2 Achsen	3 Achsen	

Die Gestaltung eines Produkts erfolgt durch die Festlegung einer Ausprägung für jedes beschreibende Merkmal. Die konkrete Kombination von Merkmalsausprägungen eines Produktes wird im Weiteren als *Produktdesign i.e.S.* und die konkrete Kombination von Merkmalsausprägungen für alle angebotenen Produkte als *Produktdesign i.w.S.* bezeichnet.

Merkmale oder Eigenschaften können in verschiedene Arten eingeteilt werden.[13] Üblich ist die Einteilung in objektive und subjektive Eigenschaften.[14]

11 Vgl. die Ausführungen in Kapitel 3. So verwenden alle auf der Conjoint-Analyse basierenden Modelle diskrete Ausprägungen.
12 Vgl. die Ausführung in Kapitel 2.3.3.
13 Vgl. Steiner (2007), S. 153-177.
14 Vgl. Albers (2007), S. 365-374; Bauer/Huber (2000), S. 717; Steiner (1999), S. 10-12; Schubert (1991), S. 31-34.

Objektive Eigenschaften beschreiben die „physikalisch-chemisch-technische Beschaffenheit“ eines Produkts, wie z.B. die Achsenanzahl bei einem LKW. Sie sind direkt beobachtbar, objektiv messbar, weisen meist eine endliche Zahl an diskreten Ausprägungen auf und sind direkt durch den Anbieter beeinflussbar.[15] Subjektive Eigenschaften sind hingegen nicht direkt, sondern nur indirekt über eine Änderung objektiver Eigenschaften beeinflussbar.[16] Somit bietet sich für die Produktgestaltung als primäre Bezugsbasis die Verwendung objektiver Eigenschaften an, weswegen auch viele Verfahren der Conjoint-Analyse zur Präferenzerhebung objektive Eigenschaften verwenden.[17] Zur unverzerrten Messung der Präferenzen wurden einschränkende Anforderungen an die verwendeten Eigenschaften definiert, auf deren Diskussion hier jedoch verzichtet wird:[18]

- Vollständigkeit der Produktbeschreibung durch die Merkmale
- Relevanz der Eigenschaften für die Bewertung der Stimuli
- Beeinflussbarkeit durch einen (hypothetischen) Anbieter
- Realisierbarkeit der Merkmalsausprägungen
- Technische Unabhängigkeit der Ausprägungsrealisationen
- Präferenzunabhängigkeit der Merkmale
- Kompensatorische Beziehung zwischen einzelnen Merkmalen
- Abwesenheit von Ausschlusskriterien
- Obergrenze hinsichtlich der Anzahl an Stimuli

2.1.2 Subjekte und Objekte der Programmgestaltung

Subjekte der Programmgestaltung

Im Rahmen der Programmgestaltung existieren mit Anbietern, Kunden und Wettbewerbern drei Gruppen von Subjekten, deren Handeln im Rahmen der Produktprogrammoptimierung zu beachten ist.

Dem *Anbieter*, auch als anbietendes Unternehmen bezeichnet, obliegt die Gestaltung der von ihm angebotenen Leistungen. Er ist somit Träger der Produktpolitik, kann diese jedoch nicht unabhängig von den anderen Subjekten ausführen, sondern muss sie und ihr Handeln in seinen Planungen berücksichtigen.

Der Begriff *Kunde* wird hier sehr weit gefasst und umfasst sowohl Interessenten und Nachfrager als auch Käufer, Konsumenten und Verbraucher. Kunden besitzen Bedürfnisse, zu deren Befriedigung sie die von den Unternehmen angebotenen Produkte nachfragen. Sie wählen und erwerben die Leistungen, durch

15 Vgl. Herrmann (1998), S. 31; Reiners (1996), S. 47f.
16 Vgl. Albers (1989), S. 188f.
17 Vgl. Reiners (1996), S. 48-50; Schubert (1991), S. 317.
18 Vgl. Weiber/Mühlhaus (2009); Backhaus et al. (2008), S. 456f.; Hillig (2006), S. 42-44; Hahn (1997), S. 48f. und die dort angegebene Literatur.

die sie sich die beste Bedürfnisbefriedigung versprechen. Durch ihre Wahl üben sie einen Einfluss auf den mit den angebotenen Leistungen erzielbaren Gewinn eines Anbieters aus.

Wettbewerber oder Konkurrenten sind andere Anbieter, die die Absicht haben, identische Kundenbedürfnisse mit ihren eigenen Leistungen zu befriedigen. Aufgrund der Substituierbarkeit der Leistungen werden Kunden ihre Bedürfnisse durch Erwerb der Leistungen entweder vom betrachteten Anbieter oder von einem seiner Konkurrenten befriedigen, sodass ein Anbieter Wettbewerber und ihre angebotenen Leistungen berücksichtigen muss.

Objekte der Programmgestaltung

Die für eine Produktprogrammoptimierung relevanten Objekte der Programmgestaltung sind das Produktprogramm in seiner Gesamtheit, die Produktlinien mit ihren Varianten sowie Produkte und Bündel.

Das Produktprogramm

Die Gesamtheit der zu einem bestimmten Zeitpunkt von einem Unternehmen angebotenen Leistungen wird als *Produktprogramm* bezeichnet.[19] Produktprogramme lassen sich hinsichtlich zweier Strukturmerkmale beschreiben.

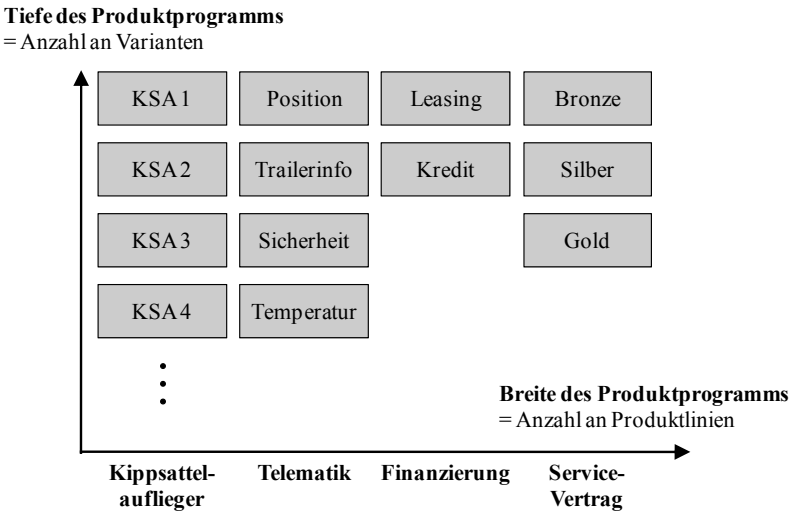


Abbildung 2.2: Exemplarisches Produktprogramm eines Nutzfahrzeugherstellers

19 Vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 588; Meffert et al. (2008), S. 400; Hansen et al. (2001), S. 214.

Zum einen durch die Programmbreite, welche die Anzahl unterschiedlicher Produktlinien im Produktprogramm angibt, zum anderen durch die Programmtiefe, durch welche die Anzahl an Produkten innerhalb der Produktlinien erfasst wird.[20] Je breiter ein Produktprogramm ist, umso unterschiedlichere Kundenbedürfnisse werden erfüllt und je tiefer es ist, umso mehr Auswahlmöglichkeiten stehen den Kunden zur Befriedigung eines ihrer Bedürfnisse zu Verfügung. Ein exemplarisches Produktprogramm eines Nutzfahrzeugherstellers ist in Abbildung 2.2 dargestellt.

Die Produktlinie mit ihren Varianten

Eine Gruppe von Produkten, die aufgrund bestimmter Kriterien in enger Beziehung zueinander stehen, wird als *Produktlinie* bezeichnet.[21] Im Rahmen der in dieser Arbeit betrachteten Produktprogrammoptimierung wird davon ausgegangen, dass eine Produktlinie technisch ähnliche Produkte zusammenfasst und daher alle Produkte einer Linie vom selben *Produkttyp* sind. Die einzelnen Produkte werden als *Varianten* dieser Linie bzw. dieses Produkttyps bezeichnet. Sämtliche Varianten einer Linie werden durch die gleichen Merkmale beschrieben, können jedoch unterschiedliche Ausprägungen aufweisen und unterscheiden sich paarweise in mindestens einer Merkmalsausprägung. Aufgrund ihrer Ähnlichkeit stellen sie aus Sicht der Kunden Substitute zur Bedürfnisbefriedigung dar.

In Abbildung 2.2 umfasst die Produktlinie Kippsattelauflieger verschiedene Varianten des Produkttyps Kippsattelauflieger. Alle Varianten werden durch die in Tabelle 2.1 dargestellten Merkmale beschrieben, unterscheiden sich jedoch in mindestens einer Merkmalsausprägung voneinander. Durch jede Variante wird das Kundenbedürfnis nach Transport von Schüttgütern befriedigt, sodass Kunden sie als Substitute ansehen und maximal eine Variante zur Befriedigung ihres Bedürfnisses erwerben.

Das Bündel

Angebotsbündel oder kurz *Bündel* sind das Ergebnis einer Preis- und/oder Produktbündelung. Die Begriffe Preis- und Produktbündelung können synonym

20 Vgl. Hansen et al. (2001), S. 214f.; Herrmann (1998), S. 496f.

21 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 401; Decker/Bornemeyer (2007), S. 561; Pechtl (2005), S. 194; Benkenstein (2001), S. 138f.; Brockhoff (1999), S. 26. Als Kriterien werden z.B. Bedarfs- und Funktionszusammenhang, produktionstechnischer Zusammenhang und zielgruppenbezogener Zusammenhang genannt, vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 588; Runia et al. (2007), S. 131; Kotler/Armstrong (2005), S. 243.

verwendet werden,[22] denn ob eine Bündelung aus vornehmlich preis- oder produktpolitischen Erwägungen vorgenommen wird, ist für das Ergebnis irrelevant. Nach Wübker liegt eine Preisbündelung dann vor, wenn ein Anbieter mehrere heterogene, d.h. durch unterschiedliche Merkmale beschriebene Produkte zu einem Bündel (Paket) zusammenfasst und für dieses einen Gesamtpreis (Bündelpreis) verlangt.[23] Seine Sichtweise eines *Bündels als ein Paket heterogener Produkte mit einem Preis* schließt damit explizit mengenmäßige Preisdifferenzierung aus. Entsprechend der hier verwendeten Definition einer Produktlinie entstammen heterogene Produkte somit unterschiedlichen Produktlinien. Priemer hingegen sieht ein *Bündel als vorgefertigtes Standardpaket identifizierbarer Einzelgüter*, welches einem größeren Kundenkreis angeboten wird.[24] Damit es sich bei den Bestandteilen bzw. Komponenten eines Bündels um identifizierbare Produkte handelt, sind laut Priemer folgende Kriterien zu erfüllen:[25] Erstens sind Produkte prinzipiell einzeln verkäuflich bzw. werden tatsächlich auch gesondert angeboten. Zweitens sind sie ausdrücklich im Angebot aufgeführt. Drittens besitzen sie einen impliziten oder explizit ausgewiesenen eigenen Preis, welcher viertens in Relation zum Gesamtpreis nicht vernachlässigbar ist. Fünftes und abschließend stellen sie wichtige Kaufentscheidungskriterien dar. Ähnlich, jedoch mit einem stärkeren Fokus auf die Nachfrager sehen dies Stremersch und Tellis mit ihrer Sichtweise eines *Bündels als ein Paket separater Produkte.*[26] Nach ihrer Auffassung existieren für separate Produkte auch separate Märkte, sodass zumindest einige Kunden die Produkte einzeln erwerben bzw. erwerben wollen. Dies deckt sich mit der Forderung Priemers nach der prinzipiellen Einzelverkäuflichkeit von Produkten, geht jedoch von den Kunden und nicht vom Anbieter aus. Zusammenfassend wird ein Bündel im Weiteren wie folgt definiert:

> *Ein Bündel ist ein vom Anbieter vorgefertigtes Standardpaket mehrerer heterogener und einzeln identifizierbarer Produkte, welches einem größeren Kundenkreis zu einem einheitlichen Preis angeboten wird.*

22 Über die Verwendung der Begriffe in der Literatur vgl. Huber/Kopsch (2007), S. 621f.; Wübker (1998), S. 9-11. Für eine deutlichere Abgrenzung treten Homburg/Krohmer (2006), S. 216 und vor allem Stremersch/Tellis (2002), S. 56f. ein. Nach ihrer Auffassung bieten Produktbündel den Kunden einen über den Nutzen der Einzelprodukte hinausgehenden Zusatznutzen, den Preisbündel hingegen nicht aufweisen. Ein anderer Ansatz liegt in der Unterscheidung von physischer Zusammenfassung und Bündelung „auf dem Papier“, vgl. Huber/Kopsch (2007), S. 622.

23 Vgl. Wübker (1998), S. 12.

24 Vgl. Priemer (2000), S. 41.

25 Vgl. Priemer (2000), S. 41f.

26 Vgl. Stremersch/Tellis (2002), S. 56.

Die konkrete Angabe der in einem Bündel enthaltenen Varianten wird im Weiteren als *Bündelkonfiguration i.e.S.* und die Angabe für alle Bündel als *Bündelkonfiguration i.w.S.* bezeichnet.

Unter den unterschiedlichen Erscheinungsformen[27] von Bündeln stellt die Kombination aus Sach- und Dienstleistungen eine Besonderheit dar,[28] welche als *hybrides Produkt* bzw. *hybrides Leistungsbündel* bezeichnet werden kann. Ebenso können hybride Produkte jedoch nicht als Bündel im Sinne dieser Arbeit, sondern als eigenständige Produkte angesehen werden, die untrennbar aus Sach-, Dienst- und hybriden Leistungskomponenten bestehen.[29] In dieser Arbeit wird jedoch auf die Besonderheiten solcher Bündel nicht explizit eingegangen.

Das komplexe Produktprogramm

In Abbildung 2.3 wurde das exemplarische Produktprogramm des Nutzfahrzeugherstellers aus Abbildung 2.2 um zwei Bündel ergänzt.

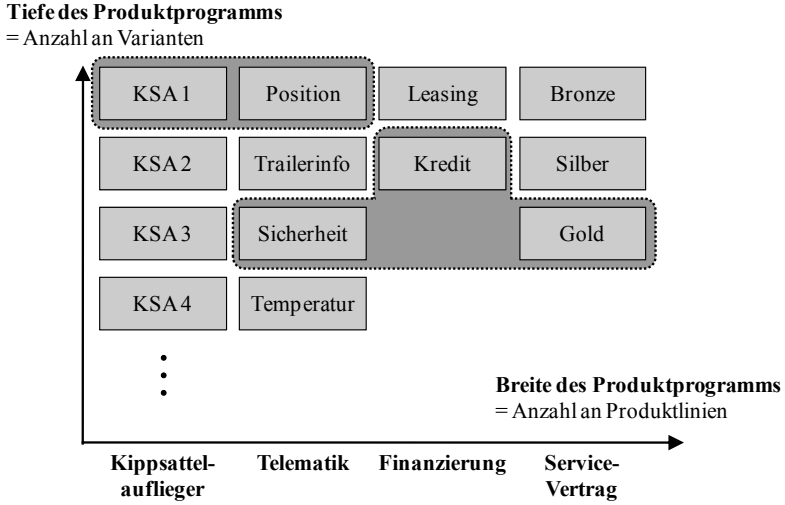


Abbildung 2.3: Exemplarisches Produktprogramm eines Nutzfahrzeugherstellers mit zwei Bündeln

Durch das zusätzliche Angebot von Bündeln steigt die Anzahl an Auswahlmöglichkeiten, die ein Kunde besitzt. Er kann seine Bedürfnisse nicht nur durch

27 Für eine Systematik vgl. Priemer (2000), S. 47-70; Roth (2006), S. 62-65; Pepels (2006), S. 606-612;

28 Vgl. Priemer (2000), S. 40f.

29 Vgl. Steven (2007), S. 111f.; Steven/Wasmuth (2006), S. 472; Meier et al. (2005), S. 529.

den Erwerb einzelner Varianten, sondern stattdessen auch durch den Erwerb von Bündeln befriedigen. Da grundsätzlich jede Variante mit allen Varianten anderer Produktlinien zu einem Bündel kombiniert werden kann, existiert eine Vielzahl an Bündeln.

Durch eine Zunahme der Anzahl angebotener Bündel steigt nicht nur die Schwierigkeit einer geeigneten Darstellung, sondern wie noch zu zeigen sein wird, gleichzeitig die Schwierigkeit einer ganzheitlichen, optimalen Gestaltung. Zur Unterscheidung der Produktprogramme werden im weiteren Verlauf der Arbeit die Produktprogramme, die zusätzlich Bündel enthalten, aufgrund ihrer höheren Komplexität als *komplexe Produktprogramme* bezeichnet.

2.1.3 Produkt- und programmpolitische Entscheidungstatbestände

Die im Rahmen der Produktpolitik zu treffenden Entscheidungen lassen sich, wie in Abbildung 2.4 dargestellt, in Programm- und Produktgestaltung gliedern, wobei erstere zudem in strategische und operative Programmplanung unterteilt werden kann.

Die *strategische Programmplanung* befasst sich mit der strategischen Ausrichtung des gesamten Produktprogramms. Ihre Aufgabe ist die Identifikation zu adressierender Märkte und Kundensegmente, die Festlegung der verfolgten Zielsetzung sowie die Vorgabe von Programmbreite und -tiefe.[30] Wird im Zuge der Planung die Breite des Programms verändert, so wird bei einer Ausweitung von Programmdiversifizierung und bei einer Einengung von Programmunifizierung gesprochen.[31] Durch Programmdiversifizierung wird eine weitere Linie in das Produktprogramm aufgenommen und Innovationsprozesse zur Entwicklung der Produkte gestartet, während durch Programmunifizierung eine Linie ersatzlos aus dem Programm eliminiert wird. Die strategische Programmplanung sollte insbesondere bei Diversifikations- und Eliminationsentscheidungen die Verbundbeziehungen zwischen den Produkten berücksichtigen.[32]

Hinsichtlich der Veränderung der Programmtiefe lässt sich die Programmdifferenzierung als Ausweitung des Programms von der Programmstandardisierung als Abflachung des Programms unterscheiden.[33] Die Festlegung der Programmtiefe führt oft zu einem Zielkonflikt zwischen verschiedenen Unternehmensbereichen. Während der Marketingbereich sich ein tiefes Produktprogramm wünscht, um die Bedürfnisse unterschiedlicher Nachfrager bestmöglich erfüllen

30 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 402; Benkenstein (2001), S. 138.
31 Vgl. Pepels (2006), S. 424f.
32 Zu Verbundbeziehungen vgl. Meffert et al. (2008), S. 406f.; Pepels (2006), S. 630-632; Brockhoff (1999), S. 84-94; Gutenberg (1984), S. 545-549.
33 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 402; Pepels (2006), S. 425.

zu können, tendiert der Produktionsbereich zu einem flachen Produktprogramm, um durch höhere Stückzahlen Degressionseffekte in der Produktion zu erzielen und Kosten zu reduzieren.[34] Die Tiefe eines Produktprogramms ist vor diesem Hintergrund wohlüberlegt festzulegen. Ist es zu flach, werden unterschiedliche Kundenbedürfnisse nur unzureichend befriedigt und Kunden werden u.U. auf Produkte von Wettbewerbern ausweichen.[35] Ist es hingegen zu tief, so steigen Kosten sowohl in der Produktion durch steigende Rüst- und Stillstandskosten als auch im indirekten Bereich durch steigende Komplexitätskosten.[36]

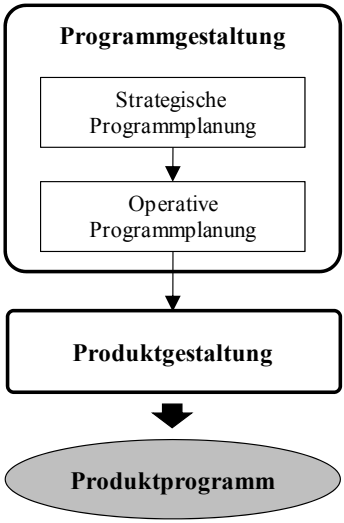


Abbildung 2.4: Entscheidungstatbestände der Produkt- und Programmpolitik
Quelle: In Anlehnung an Meffert et al. (2008), S. 400.

Die operative Programmplanung hingegen befasst sich mit der Ausgestaltung der einzelnen Produktlinien, wobei sich die zu treffenden Entscheidungen auf Innovation, Variation, Differenzierung und Elimination von Produkten beziehen.[37] Die Produktinnovation umfasst die Entwicklung neuer Produkte. Durch Produktvariation wird eine Variante durch eine andere ersetzt, während durch Produktdifferenzierung eine neue Produktvariante zusätzlich in die Linie aufgenommen wird. Produktelimination schließlich umfasst die Entscheidung, welche

34 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 403.
35 So ermittelte eine empirische PIMS Studie einen positiven Zusammenhang zwischen Produktprogrammtiefe und Marktanteil bzw. Profitabilität, vgl. Kekre/Srinivasan (1990).
36 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 403.
37 Vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 542, S. 589 und S. 596; Meffert et al. (2008), S. 401; Büschken/von Thaden (2007).

Produkte vom Markt genommen werden. Grundsätzlich kann durch operative Entscheidungen die Länge einer Linie verändert werden, sofern diese nicht durch strategische Vorgabe der Programmtiefe determiniert ist.

Die operative Ausführung aller Programmentscheidungen erfolgt im Rahmen der Produktgestaltung, was im Rahmen dieser Arbeit gleichbedeutend mit der konkreten Festlegung der Ausprägungen aller die Produkte beschreibenden Merkmale ist. Offensichtlich sind damit operative Programmplanung und Produktgestaltung eng miteinander verzahnt, da jede im Rahmen der operativen Programmplanung zu treffende Entscheidung mit Ausnahme der Elimination eine Produktgestaltung nach sich zieht.

Die im Rahmen dieser Arbeit betrachtete Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung ordnet sich wie in Abbildung 2.5 dargestellt in die produkt- und programmpolitischen Entscheidungsbereiche ein. Sie umfasst die Entscheidungsbereiche der operativen Programmplanung und der Produktgestaltung. Die strategische Programmplanung ist der Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung vorgelagert und schränkt ihren Handlungsspielraum ein. Konkret sind durch die strategische Programmplanung die verfolgte Zielsetzung, die zu bearbeitenden Kundensegmente und deren Größe und die Programmbreite und -tiefe vorzugeben. Entsprechend dieser Vorgaben soll durch die Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung das optimale Produktprogramm ermittelt werden. Dazu sind alle Varianten aller betrachteten Produktlinien optimal durch Festlegung einer Ausprägung in jedem beschreibenden Merkmal zu gestalten.

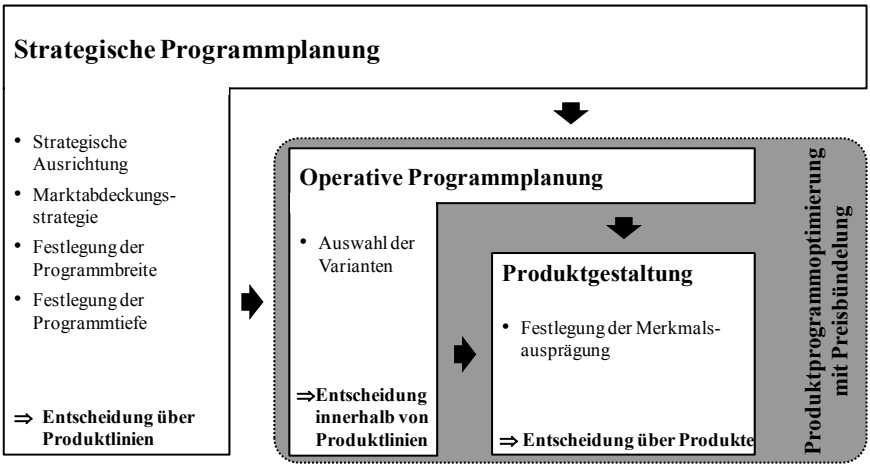


Abbildung 2.5: Produkt- und programmpolitische Entscheidungstatbestände der Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung

2.2 Preisbündelung als Instrument der Preispolitik

Die Preispolitik umfasst i.e.S. alle Entscheidungstatbestände im Hinblick auf die von den Kunden für die angebotenen Produkte zu entrichtenden Entgelte (Preise).[38] Die enge Verzahnung von Preis- und Produktpolitik zeigt die Sichtweise, dass die alleinige Preissetzung einer gegebenen Leistung den Entscheidungsraum willkürlich beschränkt und stattdessen eine gemeinsame Preis-Leistungspolitik propagiert wird.[39] Während Produktpolitik durch die Produktprogrammgestaltung Nutzen beim Kunden hervorruft und somit Zahlungsbereitschaften für die angebotenen Produkte entstehen lässt, soll Preispolitik diese Zahlungsbereitschaft nutzen und in Deckungsbeiträge für das Unternehmen umwandeln.

Die Preispolitik besitzt jedoch einige besondere Charakteristika. Dies sind ihre schnelle Umsetzbarkeit, die aufgrund von Kundenwahrnehmungen schwere Revidierbarkeit einmal getroffener Entscheidungen, ihre hohe Wirkungsgeschwindigkeit und ihre große Wirkungsstärke.[40] Die große Wirkungsstärke belegen auch die in Tabelle 2.2 dargestellten empirischen Studien.

Tabelle 2.2: Prozentuale Gewinnsteigerung durch eine 1%ige Verbesserung ausgewählter Einflussgrößen

	McKinsey (1992)	**A.T. Kearney (2000)**	**McKinsey (2002)**	**Schuppar (2004)**
Preise	11,1%	8,2%	11,0%	14,9%
Variable Kosten	7,8%	5,1%	7,3%	8,9%
Absatz	3,3%	3,0%	3,7%	7,4%
Fixkosten	2,3%	2,0%	2,7%	5,9%

Diese zeigen, dass eine 1%ige Verbesserung der Preissituation ceteris paribus den Gewinn deutlicher beeinflusst als eine 1%ige Steigerung des Absatzes oder eine 1%ige Kostenreduktion.[41] Die Preisgestaltung ist daher der entscheidende Hebel zur nachhaltigen Beeinflussung des Gewinns.

38 Vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 641; Becker (2009), S. 513; Helm (2009), S. 311. Im weiteren Sinne umfasst Preispolitik zusätzlich Rabatte, Lieferungs-, Zahlungs- und Kreditierungsbedingungen sowie die Preisdurchsetzung, vgl. Meffert et al. (2008), S. 478.

39 Vgl. Diller (2008), S. 33f.

40 Vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 641f.; Helm (2009); Simon/Fassnacht (2009), S. 7f.; Meffert et al. (2008), S. 478; Benkenstein (2001), S. 209f. Zur schnellen Umsetzbarkeit preispolitischer Entscheidungen im Vergleich zur Produktpolitik vgl. auch Gutenberg (1984), S. 524f.

41 Vgl. Schuppar (2006), S. 120f.; Phillips (2005), S. 13f.; Marn et al. (2004), S. 4-6; Marn/Rosiello (1992), S. 85.

2.2.1 Preisbündelung als Sonderform der Preisdifferenzierung

In der operativen Preispolitik existieren verschiedene Ansätze zur Bestimmung konkreter Preise. Je nachdem, welche Informationen im Wesentlichen herangezogen werden, wird von einer kostenorientierten, einer wettbewerbsorientierten oder einer nachfrageorientierten Preisfindung gesprochen.[42]

Die *kostenorientierte Preisfindung* basiert überwiegend auf Informationen der Kostenrechnung. Die Listenpreise werden bestimmt, indem den kalkulierten Stückkosten ein Gewinnzuschlag hinzugerechnet wird. Aufgrund dessen wird dieser Ansatz auch als Kosten-Plus-Preisfindung bezeichnet.

Bei der *wettbewerbsorientierten Preisfindung* werden Preise und preisbezogene Verhaltensweisen der Wettbewerber in besonderem Maße berücksichtigt. Diese Form der Preisbestimmung wird häufig in Oligopolen, also Märkten mit wenigen Anbietern und vielen Nachfragern, angewendet. Oft verzichten Anbieter auf einen Teil ihrer Preisautonomie und orientieren sich an den Preisen ihrer Wettbewerber, die damit als sogenannte Leitpreise dienen.

Die *nachfrageorientierte Preisfindung* stützt sich primär auf die möglichen Reaktionen der Nachfrager und die somit für ein Produkt wirksame Nachfrage im Markt. Die bei alternativen Preisen absetzbare Menge wird mit Hilfe einer aggregierten Preis-Absatz-Funktion bestimmt. Durch Integration der Preis-Absatz-Funktion in die Gewinnfunktion ist deren Maximierung möglich und somit optimale Preise bestimmbar. Der durch die Preis-Absatz-Funktion gegebene Zusammenhang zwischen sinkenden Preisen und steigender Absatzmenge zeigt, dass unterschiedliche Kunden unterschiedlich hohe Zahlungsbereitschaften für ein und dasselbe Produkt besitzen. Es bietet sich daher an, nicht von allen Kunden einen Einheitspreis, sondern von unterschiedlichen Kunden unterschiedliche Preise zu verlangen, was als *Preisdifferenzierung* bezeichnet wird. Orientieren sich Preise vor allem an dem vom Kunden wahrgenommenen Wert, also dem Nutzen eines Produkts, so wird von *nutzenorientierter Preisfindung* als Spezialfall der nachfrageorientierten Preisfindung gesprochen. Kern dieses Ansatzes ist die Bestimmung des individuellen Kundennutzens und dessen monetäre Quantifizierung (= Zahlungsbereitschaft).

Jeder der drei Ansätze besitzt Vor- und Nachteile, weswegen die meisten Unternehmen alle Preisfindungsformen gemeinsam zur Bestimmung der eigenen Preise heranziehen. Empirische Studien weisen jedoch darauf hin, dass Kosten- und Wettbewerbsaspekte deutlich stärker als nachfragebezogene Einflussfakto-

42 Vgl. hierzu und zur folgenden Vorstellung Becker (2009), S. 516-523; Homburg/ Krohmer (2009), S. 692-726; Meffert et al. (2008), S. 524-536; Pechtl (2005), S. 75-161; Pepels (2004), S. 534-608.

ren gewichtet werden.[43] Die Vernachlässigung nachfragebezogener Einflussgrößen ist jedoch kritisch zu sehen, da entweder durch zu niedrige Preise Gewinnpotenziale nicht genutzt oder durch zu hohe Preise Kunden vom Erwerb der eigenen Produkte abgehalten werden. Die in dieser Arbeit entwickelte quantitative Entscheidungsunterstützung basiert daher explizit auf der nutzenorientierten Preisfindung, berücksichtigt jedoch auch Informationen über Herstellkosten sowie Produkte und Preise von Wettbewerbern.

Die erwähnten unterschiedlichen Zahlungsbereitschaften der Kunden sind Ausgangspunkt der Preisdifferenzierung. Preisdifferenzierung liegt vor, wenn ein Anbieter identische oder geringfügig unterschiedliche Produkte verschiedenen Kundensegmenten zu unterschiedlichen Preisen anbietet.[44] Dazu ist ein heterogener Gesamtmarkt so in Teilmärkte aufzuspalten, dass Nachfrager desselben Teilmarkts bzw. Segments homogener auf die eingesetzten Marketinginstrumente reagieren als Nachfrager unterschiedlicher Teilmärkte bzw. Kundensegmente.[45] Dadurch können Kunden spezifischer angesprochen und ihnen individuelle Angebote unterbreitet werden. Die Segmentierung kann nach geographischen, soziodemographischen, psychographischen und verhaltensorientierten Kriterien erfolgen.[46] Da Nutzen als ein zentrales Kriterium zur Kaufentscheidung angesehen werden kann, bietet sich eine Marktsegmentierung auf Basis von Nutzenvorstellungen an.[47] Die durch diese Nutzen- bzw. Benefitsegmentierung[48] erzeugten Kundensegmente besitzen die Eigenschaft, dass sie für die beschreibenden Merkmale und Ausprägungen eines Produkts ähnliche, im Idealfall identische Nutzenvorstellungen bzw. Zahlungsbereitschaften besitzen.[49]

Durch Preisdifferenzierung ist eine Steigerung der Produzentenrente bzw. des Deckungsbeitrags möglich, wie Abbildung 2.6 veranschaulicht. In der Abbildung ist eine Monopolsituation mit konstanten Stückkosten für das angebotene Produkt und eine lineare Preis-Absatz-Funktion dargestellt.

---

43 Vgl. Riekhof/Lohaus (2009), S. 7-11; Schuppar (2006), S. 112-114; Huckemann (1997); Shipley/Bourdon (1990), S. 219f.

44 Vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 697; Simon/Fassnacht (2009), S. 257; Diller (2008), S. 228; Steven (2008), S. 104; Phillips (2005), S. 74; Gutenberg (1979), S 341. Für eine ausgiebigere Begriffsanalyse vgl. Faßnacht (1996), S. 13-26.

45 Vgl. Becker (2009), S. 247; Meffert et al. (2008), S. 182. Zur Segmentierung allgemein vgl. Freter (2008); Kesting/Rennhak (2008); Pepels (2007).

46 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 189-209; Becker (2009), S. 250-280; Kotler/Armstrong (2005), S. 190-197; Benkenstein (2001), S. 54-58; Aust (1996), S. 29-33.

47 Vgl. Becker (2009), S. 275f.; Decker/Bornemeyer (2009), S. 202; Scheer (2008), S. 61.

48 Zur Benefitsegmentierung vgl. u.a. Decker/Bornemeyer (2009); Scheer (2008); Bornstedt (2007); Perrey/Hölscher (2003); König (2001); Aust (1996); Haley (1968).

49 Vgl. Decker/Bornemeyer (2009), S. 204.

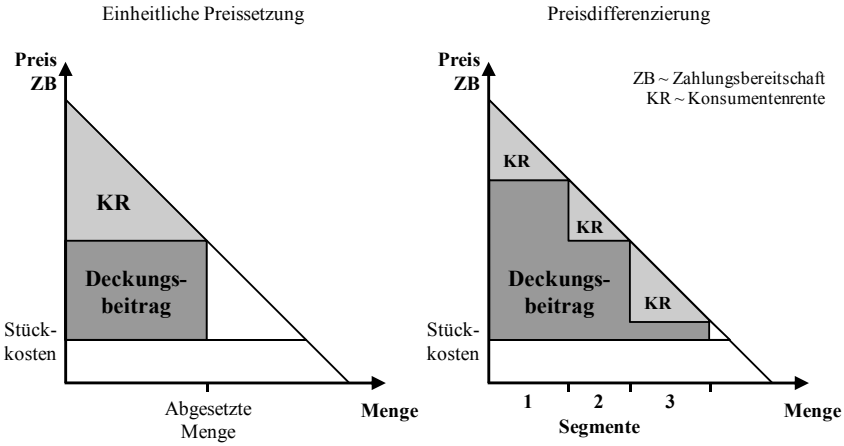


Abbildung 2.6: Deckungsbeitrag und Konsumentenrente bei einheitlicher Preissetzung im Vergleich zur Preissetzung bei segmentspezifischer Preisdifferenzierung
Quelle: In Anlehnung an Wiggershaus (2008), S. 44f.

Durch eine einheitliche Preissetzung (linke Abbildung) erzielt der Anbieter eine Produzentenrente[50] in Höhe der dunkelgrauen Fläche. Die Differenz aus Zahlungsbereitschaft und Einheitspreis ist der Nettonutzenvorteil eines Kunden, der als Konsumentenrente bezeichnet wird.[51] Da in der Abbildung Kunden entsprechend ihrer Zahlungsbereitschaft absteigend sortiert sind, nimmt die erzielte Rente von links nach rechts ab. Die Konsumentenrente aller Kunden ist durch das hellgraue Dreieck gegeben.

In der rechten Abbildung ist dieselbe Situation dargestellt, jedoch wurden in diesem Fall drei unterschiedlich große Kundensegmente gebildet. Es zeigt sich, dass durch die segmentspezifische Preisdifferenzierung der Deckungsbeitrag steigt. Dies resultiert daher, dass einerseits Kunden aus Segment 1 nun einen höheren Preis als den bisherigen Einheitspreis bezahlen und andererseits nun auch Kundensegment 3 bedient wird. Eine allgemeine Aussage, ob durch Preisdifferenzierung die Konsumentenrente sinkt oder steigt, kann jedoch nicht getroffen werden, da die Konsumentenrente der Kunden aus Segment 1 sinkt, nun aber Kunden aus dem Segment 3 eine Rente zusätzlich erzielen. Je nachdem, welcher der beiden Effekte überwiegt, wird die Gesamtkonsumentenrente steigen oder fallen.

50 Zum Begriff Produzentenrente vgl. Pindyck/Rubinfeld (2005), S. 377; Varian (2006), S. 256f.; Mankiw/Taylor (2008), S. 167.

51 Vgl. Pindyck/Rubinfeld (2005), S. 183; Varian (2006), S. 246f.; Mankiw/Taylor (2008), S. 160.

Mit zunehmender Segmentierung und Preisdifferenzierung ist eine immer größere Produzentenrente möglich. Die maximale Produzentenrente wird erreicht, sofern jedes Kundensegment aus genau einem Kunden besteht, welcher einen Preis in Höhe seiner Zahlungsbereitschaft zahlt.[52] Allerdings ist eine zunehmende Preisdifferenzierung nicht nur mit Vorteilen, sondern auch mit höheren Kosten verbunden.[53] So steigt bspw. mit zunehmender Segmentierung der Aufwand für die Marktforschung zur Bestimmung aller segmentspezifischen Zahlungsbereitschaften. Aber auch durch ein variantenreicheres Produktprogramm, ein komplexeres Preissystem und einen individuelleren Einsatz der Marketinginstrumente steigen im Unternehmen die Komplexitätskosten. Vor diesem Hintergrund sind Nutzen und Kosten der Preisdifferenzierung jeweils kritisch gegenüberzustellen, um die optimale Anzahl an Segmenten abzuleiten.[54] Die in der Unternehmenspraxis optimale Segmentanzahl scheint jedoch weitaus geringer zu sein, als man evtl. vermuten könnte. So berechnen bspw. Elrod und Winer, dass bereits mit 5 Segmenten 90 % der maximalen Produzentenrente zu erzielen ist.[55] Es ist jedoch anzumerken, dass sie von einem einheitlichen Produkt ausgehen, sodass bei Produktdifferenzierung u.U. auch eine höhere oder geringere Anzahl optimal sein kann.

Preisbündelung stellt eine Sonderform der Preisdifferenzierung dar, weil sie einerseits das Vorhandensein mehrerer Produkte voraussetzt, andererseits auch eine implizite, d.h. verdeckte Preisdifferenzierung ermöglicht.[56] Wird bspw. ein Bündelrabatt gewährt und damit ein Bündel zu einem günstigeren Preis als die Summe der einzelnen Produkte angeboten, so ist eine explizite, d.h. für alle Kunden sichtbare Preisdifferenzierung gegeben. Durch Preisbündelung ergibt sich jedoch immer zusätzlich auch eine implizite, nach außen nicht sichtbare Preisdifferenzierung. So zahlen verschiedene Kunden unterschiedliche Preise für die in einem Bündel enthaltenen Produkte, auch wenn sie denselben Preis für das Bündel bezahlen. Diese Tatsache wird klarer, wenn die Wirkungsweise der Preisbündelung im nächsten Kapitel anhand eines Beispiels veranschaulicht wird. Auch wenn die Steigerung des Gewinns sicherlich den bedeutendsten Grund für den Einsatz der Preisbündelung darstellt, werden weitere Ziele wie

52 Vgl. Pechtl (2005), S. 228; Phillips (2005), S. 75.
53 Vgl. Simon/Fassnacht (2009), S. 284f.; Homburg (2000), S. 260f.
54 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 210f.
55 Vgl. Elrod/Winer (1982), S. 69.
56 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 519; Diller (2008), S. 241; Priemer (2000), S. 75f.; Wübker (1998), S. 18. Zu den weiteren Formen vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 701f.; Meffert et al. (2008), S. 515-521; Faßnacht (1996), S. 55-82.

Steigerung des Absatzes, Reduzierung der Kosten oder Erhöhung der Kundenzufriedenheit angeführt.[57]

Der Einsatz der Preisbündelung ist an einige Anwendungsvoraussetzungen geknüpft.[58] Erstens ist zu unterstellen, dass Kundenbedürfnisse durch jeweils eine Einheit zu befriedigen sind, um Preisbündelung von der nichtlinearen Preisbildung abzugrenzen. Zweitens muss ein Unternehmen mindestens zwei Produktlinien anbieten, um heterogene Produkte zu besitzen, die gebündelt werden können. Erst mit Erfüllung dieser Voraussetzungen ist per Definition die Bildung eines Bündels möglich. Drittens müssen Kunden heterogene Zahlungsbereitschaften besitzen, damit durch Preisbündelung eine Steigerung des Gewinns zu erzielen ist. Die Zahlungsbereitschaften sind heterogen, falls Kunden für gleiche Produkte unterschiedliche Zahlungsbereitschaften besitzen und insbesondere, falls einige Kunden das eine und andere Kunden ein anderes Produkt besonders schätzen. Viertens muss Preisbündelung aus wettbewerbsrechtlichen Gründen im beabsichtigten Markt erlaubt sein.[59]

2.2.2 Wirkungsweise und Formen der Preisbündelung

Preisbündelung besitzt die besondere Eigenschaft, ungenutzte Zahlungsbereitschaft von einem Produkt auf ein anderes zu übertragen.[60] Dadurch gelingt es, einen größeren Teil der Zahlungsbereitschaft zu nutzen und in Deckungsbeiträge für den Anbieter umzuwandeln. Dies wird im Allgemeinen auch als bessere Abschöpfung der Zahlungsbereitschaft bezeichnet.[61] Die Wirkungsweise der Preisbündelung sei an einem Beispiel anhand der drei Grundformen[62] reine Einzelpreissetzung (Pure Components), reine Preisbündelung (Pure Bundling) und gemischte Preisbündelung (Mixed Bundling) erläutert.

---

57 Für eine Diskussion dieser und weiterer Gründe/Vorteile vgl. Huber/Kopsch (2007), S. 627-630; Priemer (2000), S. 73-141; Wübker (1998), S. 20-27 und die dort angegebene Literatur.

58 Vgl. Wübker (1998), S. 20 sowie etwas umfassender Alkas (2009), S. 40-44.

59 Zur Diskussion rechtlicher Aspekte vgl. Stremersch/Tellis (2002), S. 58-60; Wübker (1998), S. 187-193; Simon (1992), S. 1229-1231 und die dort angegebene Literatur. Für eine Diskussion wettbewerbspolitischer und regulierungsökonomischer Aspekte der Preisbündelung am Beispiel der Telekommunikation vgl. Alkas (2009).

60 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 519; Pechtl (2003), S. 77; Wübker (1998), S. 26.

61 Vgl. u.a. Alkas (2009), S. 38f.; Diller (2008), S. 240; Roth (2006), S. 67; Herrmann (1998), S. 551; Simon (1992), S. 1219.

62 Vgl. Huber/Kopsch (2007), S. 623; Olderog/Skiera (2000), S. 139-142; Priemer (2000), S. 49f.; Simon/Wübker (1999), S. 10; Adams/ Yellen (1976), S. 478. Auf die Darstellung von Spezialformen wie Kopplungsverkäufe, Add-on Preisbündelung, Umsatzbonus und Kreuzcouponierung wird hier verzichtet. Vgl. hierzu u.a. Pechtl (2005), S. 168-171; Wübker (1998), S. 30-35.

Ein Nutzfahrzeughersteller überlegt, seine Telematik gebündelt mit seinem Servicevertrag anzubieten. Als Ziel wird die Umsatzmaximierung verfolgt, sodass Kosten vernachlässigt werden können. Durch Marktsegmentierung wurden fünf gleich große Kundensegmente identifiziert, deren Zahlungsbereitschaften für die Produkte und das Bündel in Tabelle 2.3 dargestellt sind.[63]

Tabelle 2.3: Zahlungsbereitschaft von fünf Kundensegmenten für Telematik, Servicevertrag und Bündel

Kunden-segment	Zahlungsbereitschaft		
	Telematik	Servicevertrag	Bündel
S_1	2.000 €	12.000 €	14.000 €
S_2	2.000 €	8.000 €	10.000 €
S_3	5.500 €	7.000 €	12.500 €
S_4	9.000 €	5.500 €	14.500 €
S_5	10.000 €	1.000 €	11.000 €

Im Beispiel ist die Zahlungsbereitschaft der Kunden für das Bündel gleich der Summe der Zahlungsbereitschaften für die beiden Produkte. Der Erwerb der Produkte in einem Bündel führt damit im Vergleich zum Einzelkauf nicht zu einem zusätzlichen, über die Einzelnutzen hinausgehenden Bündelnutzen.

Streng genommen zählt *reine Einzelpreissetzung* nicht zur Preisbündelung, da ausschließlich Einzelprodukte angeboten werden. Da sie jedoch eine zur Preisbündelung alternative Preissetzung darstellt, wird sie üblicherweise in ökonomischen Analysen betrachtet und als Vergleichs- und Beurteilungsmaßstab herangezogen. Bei Einzelpreissetzung können die Preise beider Produkte getrennt voneinander optimiert werden. Als mögliche Preise kommen die unterschiedlichen Zahlungsbereitschaften der Kundensegmente in Betracht. Durch Ausprobieren dieser Preispositionen ergibt sich im Beispiel, dass die optimalen Preise 5.500 € für die Telematik und 9.000 € für den Servicevertrag betragen.

Die optimalen Preise und die Zahlungsbereitschaften der Kunden sind in Abbildung 2.7 dargestellt.

63 Vereinfachend sei angenommen, dass jedes Segment aus genau einem Kunden besteht.

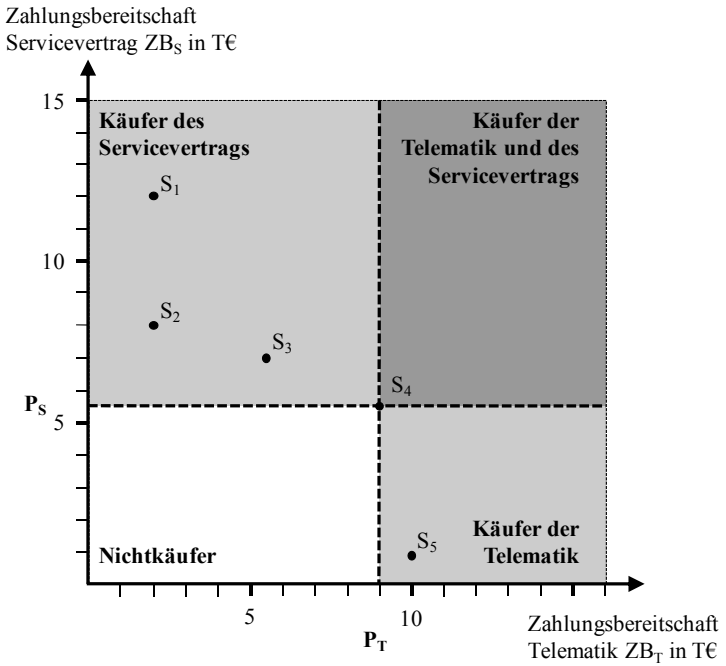


Abbildung 2.7: Reine Einzelpreissetzung

Die Kunden S_1, S_2, S_3 und S_4 besitzen für den Servicevertrag eine Zahlungsbereitschaft, die größer oder gleich dem geforderten Preis von 5.500 € ist. Sie werden daher den Servicevertrag abschließen. Analog erwerben deswegen die Kunden S_4 und S_5 die Telematik. Damit teilen sich die Kunden in drei Gruppen auf: In die Käufer des Servicevertrags, die Käufer der Telematik und die Käufer beider Produkte. Keiner der Kunden zählt zur vierten möglichen Gruppe, der Gruppe der Nichtkäufer. Der mit diesen Preisen erzielbare Umsatz beträgt 40.000 €.

Bei *reiner Preisbündelung* wird ausschließlich das Bündel zu einem Gesamtpreis angeboten. Da die Produkte nicht einzeln angeboten werden, können Kunden nur entscheiden, ob sie das Bündel erwerben möchten oder nicht. Der in dieser Situation optimale Bündelpreis beträgt 10.000 € und ist zusammen mit den Zahlungsbereitschaften in Abbildung 2.8 dargestellt.[64]

64 Als mögliche Bündelpreise kommen wiederum die unterschiedlichen Zahlungsbereitschaften der Kundensegmente in Betracht. Der optimale Bündelpreis kann wie die optimalen Einzelpreise durch Ausprobieren dieser Preispositionen ermittelt werden.

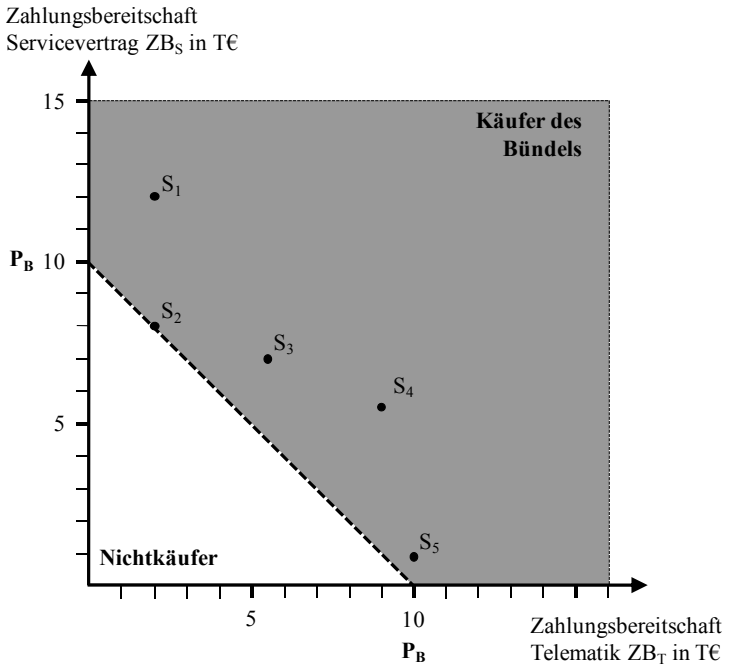


Abbildung 2.8: Reine Preisbündelung

Die Abbildung veranschaulicht zunächst, dass sich nun Kunden nur in zwei Gruppen einteilen lassen. Zum einen in die Gruppe der Nichtkäufer, zum anderen in die Gruppe der Bündelkäufer. Durch reine Preisbündelung wurde somit die Heterogenität der Nachfrage reduziert.[65] Da im Beispiel alle Kunden eine Zahlungsbereitschaft größer oder gleich dem geforderten Preis von 10.000 € besitzen, erwerben alle Kunden das Bündel, zahlen jedoch implizit unterschiedliche Preise für die Einzelprodukte. So zahlt bspw. Kunde S_2 gemäß seiner Zahlungsbereitschaft 2000 € für die Telematik und 8.000 € für den Servicevertrag während Kunde S_5 zwischen 9.000 € und 10.000 € für die Telematik und bis zu 1.000 € für den Servicevertrag zahlt. In dieser Situation erzielt der Anbieter einen Umsatz von 50.000 €, was einer Steigerung von 25 % im Vergleich zur Einzelpreissetzung entspricht. Diese Steigerung ergibt sich aufgrund der zusätzlichen Abschöpfung von Zahlungsbereitschaft, welche aufgrund der Übertragung von Zahlungsbereitschaft von einem Produkt auf das andere ermöglicht wird. Bei Einzelpreissetzung erwirbt Kunde S_2 bspw. nur den Servicevertrag, da dort seine Zahlungsbereitschaft mit 8.000 € größer als der Preis von 5.500 € ist. Die

65 Vgl. hierzu auch Schmalensee (1984), S. 227.

Differenz von 2.500 € ist seine Konsumentenrente. Er verzichtet auf den Kauf der Telematik, da er nur bereit ist 2.000 € zu zahlen, sie jedoch 9.000 € kostet. Der Anbieter „verschenkt" damit zum einen die Konsumentenrente in Höhe von 2.500 €, die der Kunde durch seinen Kauf erzielt hat, zum anderen die Zahlungsbereitschaft der nicht gekauften Telematik in Höhe von 2.000 €. Durch reine Preisbündelung hingegen erwirbt der Kunde das Bündel und damit beide Produkte zu einem Gesamtpreis von 10.000 €. Die Idee der Übertragung von Zahlungsbereitschaft wird deutlich, wenn angenommen wird, dass die Telematik bei reiner Einzelpreissetzung 4.500 € kostet. Aufgrund seiner geringeren Zahlungsbereitschaft hätte der Kunde weiterhin nur den Servicevertrag erworben, obwohl er für beide Produkte zusammen ebenfalls 10.000 € zu zahlen hätte. Durch Preisbündelung jedoch wird ein Teil der Zahlungsbereitschaft für den Servicevertrag auf die Telematik übertragen. „Gefühlt" zahlt Kunde S_2 damit 8.000 € für den Servicevertrag und 2.000 € für die Telematik.

Jedoch auch von den anderen Kunden wird durch reine Preisbündelung zusätzliche Zahlungsbereitschaft abgeschöpft, wie Tabelle 2.4 veranschaulicht.

Tabelle 2.4: Durch reine Preisbündelung im Vergleich zur Einzelpreissetzung zusätzlich abgeschöpfte Zahlungsbereitschaft

Kunden-segment	**Nicht genutzte Zahlungsbereitschaft**			**zusätzlich abgeschöpfte ZB**
	reine Einzelpreissetzung		**reine Preis-bündelung**	
	Telematik	Servicevertrag		
S_1	2.000 €	6.500 €	4.000 €	4.500 €
S_2	2.000 €	2.500 €	0 €	4.500 €
S_3	5.500 €	1.500 €	2.500 €	4.500 €
S_4	0 €	0 €	4.500 €	-4.500 €
S_5	1.000 €	1.000 €	1.000 €	1.000 €
Summe	**22.000 €**		**12.000 €**	**10.000 €**

Die Tabelle zeigt die durch reine Einzelpreissetzung im Vergleich zur reinen Preisbündelung nicht genutzte Zahlungsbereitschaft. Insgesamt wird mit reiner Preisbündelung zusätzliche Zahlungsbereitschaft in Höhe von 10.000 € abgeschöpft. Die Tabelle zeigt aber auch, dass reine Preisbündelung nicht unvermeidlich mit Nachteilen für die Kunden verbunden sein muss. So realisiert Kunde S_4 durch reine Preisbündelung eine Konsumentenrente in Höhe von 4.500 €, die er durch reine Einzelpreissetzung nicht erzielt hatte.

Durch Einsatz einer gemischten Preisbündelung werden Telematik und Servicevertrag sowohl einzeln als auch gemeinsam als Bündel angeboten. Wie aus Abbildung 2.9 ersichtlich werden Kunden wiederum in vier Gruppen eingeteilt: Die Nichtkäufer, die Käufer des Servicevertrags bzw. der Telematik und die Käufer des Bündels.

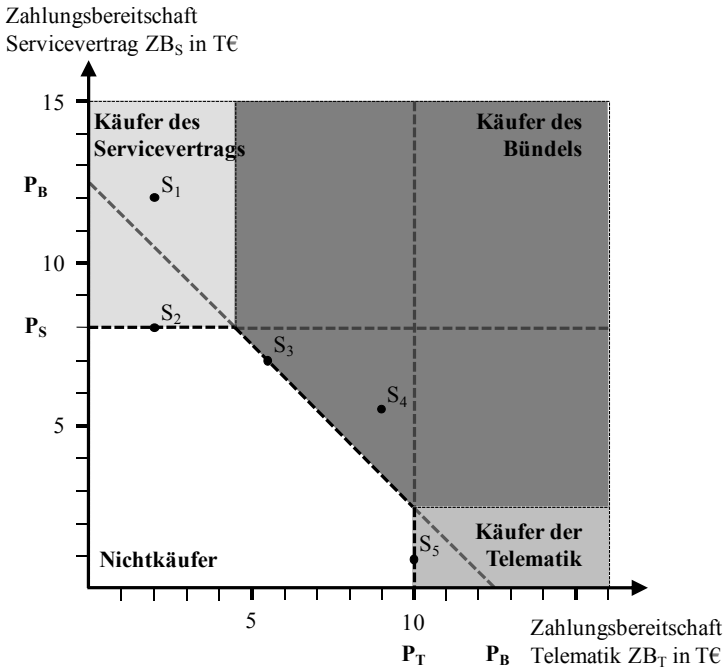


Abbildung 2.9: Gemischte Preisbündelung

Im Gegensatz zu den vorherigen Bündelungsformen gestaltet sich die Bestimmung optimaler Preise deutlich aufwändiger, da wesentlich mehr Preiskombinationen zu untersuchen sind. Im Gegensatz zu den bereits dargelegten Formen können hier Preise nicht getrennt voneinander analysiert werden, vielmehr sind alle möglichen Preiskombinationen zu überprüfen. Da im Optimum ein Preis immer genau der Zahlungsbereitschaft eines Kunden entspricht, existieren für die Produkte und das Bündel jeweils fünf mögliche Preise, wodurch sich jedoch 5 * 5 * 5 = 75 Preiskombinationen ergeben. Die optimalen Preise betragen 10.000 € für die Telematik, 8.000 € für den Servicevertrag und 12.500 € für das Bündel, für welches damit ein Rabatt von 5.500 € oder 30,6 % auf die Einzelpreise gewährt wird.

Die Kunden links unterhalb der gestrichelten Linie besitzen eine Gesamt-Zahlungsbereitschaft, die niedriger als der geforderte Bündelpreis ist, weswegen sowohl Kunde S_2 als auch S_5 das Bündel nicht erwerben. Da ihre Zahlungsbereitschaft jedoch für eines der beiden Produkte gleich dem Preis ist, erwerben sie den Servicevertrag bzw. die Telematik. Die Kunden S_3 und S_4 besitzen jeweils Zahlungsbereitschaften, die geringer als die geforderten Einzelpreise sind. Da jedoch ihre Gesamtzahlungsbereitschaft höher als der Bündelpreis ist, kaufen beide das Bündel. Kunde S_1 ist insofern besonders, da seine Zahlungsbereitschaft für den Servicevertrag mit 12.000 € größer als der Preis von 8.000 €, gleichzeitig aber auch seine Gesamtzahlungsbereitschaft mit 14.000 € größer als der Bündelpreis von 12.500 € ist. Grundsätzlich kommen damit für ihn sowohl der Servicevertrag als auch das Bündel in Betracht. Da jedoch seine Konsumentenrente mit Wahl des Servicevertrags (4.000 €) größer als mit Wahl des Bündels ist (1.500 €), entscheidet er sich für den Servicevertrag. Der mit gemischter Preisbündelung erzielbare Umsatz beträgt 51.000 € und ist damit 27,5 % höher als der mit reiner Einzelpreissetzung und 2 % höher als der mit reiner Preisbündelung erzielbare Umsatz.

Im vorliegenden Beispiel wurde mit gemischter Preisbündelung der größte Umsatz erzielt. Eine generelle Vorziehenswürdigkeit der gemischten Preisbündelung kann daraus jedoch nicht gefolgert werden. Die optimale Bündelungsform hängt nicht nur von der Verteilung der Zahlungsbereitschaften, sondern auch von weiteren Faktoren wie variablen Stückkosten oder den Segmentgrößen ab.[66] Allerdings sind Tendenzaussagen auf Basis der Zahlungsbereitschaften möglich.[67] Reine Einzelpreissetzung ist vor allem dann vorteilhaft, wenn Kunden jeweils für eines der Produkte eine sehr hohe und für das andere eine sehr niedrige Zahlungsbereitschaft besitzen. In den Abbildungen sind solche Kunden nah an einer Achse und weit entfernt von der anderen Achse einzuzeichnen. Reine Preisbündelung bietet sich vor allem dann an, wenn die Zahlungsbereitschaften für beide Produkte hoch und relativ ausgewogen sind, sich die Kunden also tendenziell im rechten oberen Bereich befinden. Gemischte Preisbündelung bietet dann den größten Nutzen, wenn einige Kunden ausgewogene, andere hingegen extreme Zahlungsbereitschaftsverteilungen besitzen. In diesen Fällen vereint gemischte Preisbündelung die Vorteile von Einzelpreissetzung und reiner Preisbündelung.

66 Vgl. Wübker (1998), S. 63-65; Olderog/Skiera (2000); Adams/Yellen (1976), S. 480f.

67 Vgl. Wübker (1998), S. 63; Simon (1992), S. 1225; Schmalensee (1984), S. 227. Vgl. auch die Analysen von Adams/Yellen (1976).

2.2.3 Preispolitische Entscheidungstatbestände

Preispolitische Entscheidungen lassen sich in strategische und operative Preisentscheidungen unterteilen.[68] *Strategische Preisentscheidungen* beinhalten alle grundlegenden und langfristig gültigen Preisparameter. Dazu zählen u.a. die grundsätzliche Preispositionierung, die Vorgabe einer lebenszyklusabhängigen Preisstrategie wie Penetrations- oder Skimmingpreispolitik, die Entscheidung zur Preisdifferenzierung sowie der Einsatz der Preisbündelung mit Wahl der Bündelungsform.[69] Operative Preisentscheidungen umfassen alle kurzfristig variierbaren Pricing-Instrumente. Dazu zählt insbesondere die Kalkulation von Listenpreisen für alle angebotenen Produkte,[70] aber auch die Bestimmung aller Bündelkonfigurationen und Bündelpreise.[71]

Die im Rahmen dieser Arbeit betrachtete Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung ordnet sich wie in Abbildung 2.10 dargestellt in die preispolitischen Entscheidungsbereiche ein.

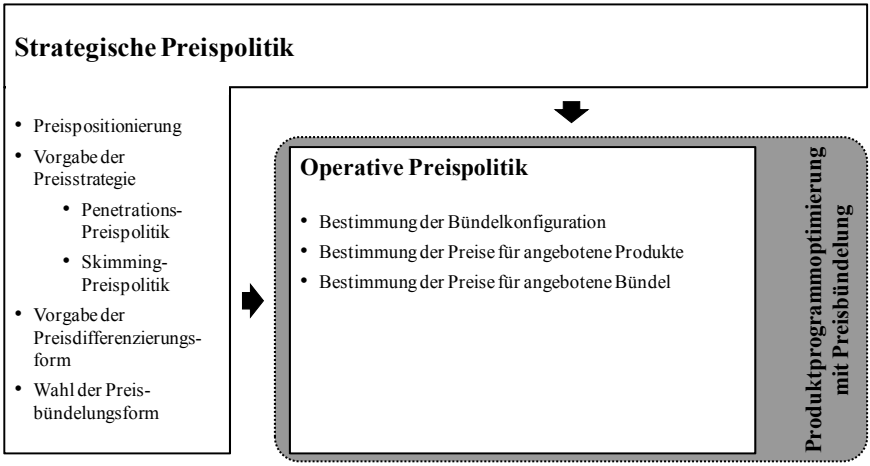


Abbildung 2.10: Preispolitische Entscheidungstatbestände der Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung

68 Vgl. Diller (2008), S. 36f.
69 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 504-524.
70 Vgl. Diller (2008), S. 37.
71 Die Bestimmung von Bündelkonfigurationen könnte auch dem Entscheidungsbereich der Produktpolitik zugeordnet werden. Da in dieser Arbeit Bündelung jedoch vor allem aus preispolitischen Motiven erfolgt, ist eine Zuordnung zu preispolitischen Entscheidungstatbeständen nur folgerichtig.

Die strategische Preispolitik ist wiederum vorgelagert und schränkt das Entscheidungsfeld ein. Aufgrund ihrer Natur setzt eine Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung den Einsatz einer Preisbündelung als Preisdifferenzierungsform voraus. Aufgrund der verfolgten lebenszyklusabhängigen Preisstrategie sind im Rahmen der Preisbündelung konkret zu verfolgende ökonomische Ziele ebenso vorzugeben wie ggf. der Einsatz einer bestimmten Preisbündelungsform. Der Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung obliegt es, die Produkte geeignet zu Bündeln zusammenzustellen und die Preise aller angebotenen Produkte und Bündel optimal festzulegen.

2.3 Informationsbedarf einer quantitativen Optimierung

Die quantitative Optimierung von Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preisen setzt die Verfügbarkeit einiger Informationen voraus. Diese werden im Weiteren erläutert und konkretisiert.

2.3.1 Strategische Vorgaben und ökonomische Ziele

Strategische Vorgaben und daraus abgeleitete Informationen

Die Diskussion der Entscheidungstatbestände ergab, dass die strategische Programmplanung und die strategische Preispolitik der Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung wesentliche Eckpunkte vorgeben. In Bezug auf eine quantitative Optimierung lassen sich die strategischen Vorgaben in marktbezogene und unternehmensbezogene Vorgaben unterteilen.

Hinsichtlich der marktbezogenen Vorgaben sind entsprechend der verfolgten Marktabdeckungsstrategie die Kundensegmente vorzugeben, die im Rahmen der Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung zu berücksichtigen sind. Hinsichtlich der Kundensegmente wird zusätzlich die Information über deren Segmentgröße benötigt. Darüber hinaus sind die zu beachtenden Wettbewerber zu bestimmen.

Unternehmensintern ist festzulegen, welche Produktlinien in die Produktprogrammoptimierung einbezogen werden und wie viele Varianten pro Produktlinie angeboten werden sollen. Dadurch ergeben sich die Merkmale und Ausprägungen zur Beschreibung jedes Produkttyps.

Darüber hinaus sind strategische Ziele in eine konkrete, quantifizierbare Zielsetzung zu überführen.

Ökonomische Zielsetzungen

Zentrale Zielsetzung der Produktpolitik ist die Ausrichtung des Produktprogramms an den Bedürfnissen der Nachfrager, um dadurch einen dauerhaften

Wettbewerbsvorteil zu generieren.[72] Konkrete Ziele sind hingegen aus den gegebenen Unternehmens-[73] bzw. Marketingzielen[74] abzuleiten.[75] Als Oberziel der Preispolitik kann die Gewinnmaximierung angesehen werden, wobei je nach Situation auch die Verwendung heruntergebrochener Instrumentalziele oder die zusätzliche Berücksichtigung weiterer strategischer Ziele sinnvoll sein kann.[76] Für eine quantitative Entscheidungsunterstützung wird hingegen eine einfach zu operationalisierende Zielsetzung benötigt. Hierzu kommen vor allem ökonomische Zielsetzungen wie Gewinn-, Umsatz- und Marktanteilsmaximierung sowie u.U. Wohlfahrts- und Kundennutzenmaximierung in Betracht.

Durch *Kundennutzenmaximierung* wird das Produktprogramm ermittelt, durch welches der Gesamtnutzen aller Kunden maximiert wird. Für gewinnorientierte Anbieter wird daher diese Zielsetzung eher selten in Frage kommen.[77] Nachteilig ist zudem die einseitige Orientierung am Kundennutzen, dem u.U. deutlich höhere Kosten gegenüberstehen.

Die *Wohlfahrtsmaximierung* unterscheidet sich von der Kundennutzenmaximierung durch die zusätzliche Berücksichtigung der mit dem Produktprogramm verbundenen Kosten. Hierdurch wird ein Ausgleich zwischen den Kundenwünschen und den Kosten hergestellt und die Summe aus Produzenten- und Konsumentenrente maximiert. Eine solche Zielsetzung kann im Non-Profit Bereich z.B. von staatlich gelenkten Monopolen verfolgt werden. Es existieren jedoch auch Gründe für gewinnorientierte Unternehmen, sich auf wohlfahrtsmaximale Produktpositionen zu beschränken. Einerseits überleben im Wettbewerb langfristig nur wohlfahrtsmaximale Produkte und somit erlangt der Anbieter, der diese Positionen als erstes besetzt, einen strategischen Wettbewerbsvorteil.[78] Andererseits ist der Gesamtdeckungsbeitrag als Produzentenrente Teil der Wohlfahrt, weswegen ein wohlfahrtsmaximales Produktprogramm prinzipiell einen größeren Deckungsbeitrag ermöglichen sollte.

Die *Marktanteilsmaximierung* zielt darauf ab, den mit einem Produktprogramm erzielbaren Marktanteil zu maximieren. Unter der Annahme eines konstanten Markts entspricht sie der Maximierung der Anzahl an Neukunden, d.h. der Kunden, die durch das neugeplante Produktprogramm vom Wettbewerber

72 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 401.
73 Für einen Überblick typischer Unternehmensziele vgl. Pepels (2006), S. 430f.
74 Für einen Überblick über Ziele im Marketing vgl. Becker (2009), S. 60-134; Benkenstein (2001), S. 92-98.
75 Vgl. Herrmann (1998), S. 353. Für weitere produktpolitische Ziele vgl. u.a. Berndt/ Cansier (2007), S. 157; Sander (2004), S. 351.
76 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 482; Diller (2003), S. 17. Für eine Darstellung eines preispolitischen Zielsystems vgl. Diller (2008), S. 38-49; Diller (2003), S. 17-22.
77 Vgl. Albers/Bielert (1996) für ein Beispiel.
78 Vgl. Dobson/Kalish (1993), S. 164.

zum Anbieter wechseln. Auch wenn Marktanteilsmaximierung ein zentrales Marketingziel darstellt,[79] ist ihre Verfolgung nicht unproblematisch. So besteht die Gefahr, durch eine zu niedrige Preissetzung zwar einen hohen Marktanteil, jedoch nur einen geringen Umsatz und damit einen geringen, wenn nicht sogar negativen Gesamtdeckungsbeitrag zu erzielen.

Durch *Umsatzmaximierung* wird der mit einem Produktprogramm erzielbare Umsatz maximiert, was einerseits die Gefahr geringer Umsätze und damit negativer Gesamtdeckungsbeiträge verringert, jedoch andererseits durch die Vernachlässigung der Kosten nur in den seltensten Fällen dem gewinnmaximalen Produktprogramm entspricht.

Durch *Gewinnmaximierung* soll der mit einem Produktprogramm erzielbare Gewinn maximiert werden. Werden nicht alle, sondern nur variable Kosten und evtl. ein Teil der Fixkosten berücksichtigt, ist korrekterweise von einer *Gesamtdeckungsbeitragsmaximierung* zu sprechen. Durch konsequente Gewinnmaximierung ist die den Kunden verbleibende Konsumentenrente gering, wodurch Neukunden schwieriger zu gewinnen sind, was gerade in der Einführungsphase neuer Produkte kritisch zu sehen ist.

Je nach Situation und strategischer Ausrichtung kann die Verfolgung jeder diskutierten Zielsetzung sinnvoll sein. Die Wahl einer konkreten ökonomischen Zielsetzung sollte daher stets in Einklang mit der strategischen Planung und den strategischen Zielen stehen.

2.3.2 Entscheidungsrelevante Kosten

Für produktpolitische Entscheidungen sind jene Kosten relevant, deren Höhe abhängig von Produktprogramm und Produktdesign sind.[80] Alle anderen Kosten können vernachlässigt werden. Die in einem Unternehmen anfallenden Kosten lassen sich nach ihrer Beschäftigungsabhängigkeit und Zurechenbarkeit unterteilen. Nach dem Kriterium der Beschäftigungsabhängigkeit werden variable und fixe Kosten unterschieden, wobei erstere von der Ausbringungsmenge abhängig und letztere davon unabhängig sind.[81] Hinsichtlich der Zurechenbarkeit werden Einzel- und Gemeinkosten unterschieden, wobei sich erstere einem Produkt eindeutig zurechnen lassen, letztere jedoch in keinem direkten Zusammenhang mit der Herstellung eines Produkts stehen.[82]

79 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 247.
80 Allgemein zum Einfluss produktpolitischer Entscheidungen auf die Kosten vgl. Gutenberg (1983), S. 444-456.
81 Vgl. Plinke/Rese (2006), S. 29-34; Deimel et al. (2006), S. 59-73.
82 Vgl. Steven (2007), S. 438f.

Die Produktgestaltung beeinflusst insbesondere die variablen Herstellkosten der Produkte. Zu den variablen Herstellkosten zählen alle direkt und indirekt zurechenbaren Kosten wie Material- und Fertigungskosten, die für jede herzustellende Einheit anfallen.[83] Zur Prognose der mit einer konkreten Produktgestaltung verbundenen Kosten sind die Herstellkosten auf die einzelnen Produkteigenschaften bzw. auf die beschreibenden Merkmale und Ausprägungen aufzuschlüsseln. Zur sprachlichen Unterscheidung werden die auf Merkmalsausprägungen aufgeschlüsselten Herstellkosten im Weiteren als *merkmalsbezogene Kosten* bezeichnet. Grundsätzlich wird mit einer solchen Aufschlüsselung ein additives Teilkostenmodell unterstellt, sodass sich die Herstellkosten eines neuen Produkts durch Addition der Merkmalskosten festgelegter Merkmalsausprägungen ergeben. Die Gesamtsumme ist zu korrigieren, falls sich durch bestimmte Kombinationen von Merkmalsausprägungen *Synergieeffekte* und damit Kosteneinsparungen ergeben.

Auch wenn variable Stückkosten mit Zunahme der kumulierten Produktionsmenge abnehmen, ist im Rahmen der Produktgestaltung sinnvollerweise von einem fixen Produktionsvolumen und damit von konstanten Herstellkosten auszugehen, da die Erfassung der Skaleneffekte und ihre Zurechnung zu den Merkmalsausprägungen kaum möglich ist.[84] Die Aufschlüsselung variabler Einzelkosten auf Merkmalsausprägungen sollte mit Hilfe eines effizienten Kostenrechnungssystems gelingen. Variable Gemeinkosten können anschließend entsprechend der zur Verrechnung der Gemeinkosten verwendeten Zuschlagsbasis den direkten Merkmalskosten zugerechnet werden.

Durch das Produktdesign werden jedoch nicht nur variable, sondern auch fixe Kosten beeinflusst. Zunächst bietet es sich an, zwischen einmalig und periodisch anfallenden Fixkosten zu unterscheiden. In vielen Fällen ist bei letzteren, zu denen z.B. Lagerhaltungs-, Rüst- sowie Reparatur- und Wartungskosten für Fertigungsanlagen zählen, davon auszugehen, dass sie unabhängig vom Produktdesign und daher für die Produktgestaltung irrelevant sind.[85] Zu den einmaligen Fixkosten zählen insbesondere *Markteinführungskosten*, die alle zur Entwicklung und Einführung eines neuen Produkts notwendigen Investitionen umfassen.[86] Hierzu zählen bspw. der Aufwand für Forschung und Entwicklung, die Anschaffung spezieller Fertigungsanlagen und die Vorbereitung des Marketingkonzepts. Zur Erhebung der Fixkosten können Expertenschätzungen herangezogen werden. So haben bspw. Entwickler ihren Aufwand und damit die Kosten

83 Vgl. Steven (2007), S. 445f.; Kistner/Steven (1997), S. 109f.
84 Vgl. Dobson/Kalish (1993), S. 171f.; Schmalensee/Thisse (1988), S. 236.
85 Vgl. Steiner (1999), S. 50.
86 Vgl. Steiner (1999), S. 50.

routinemäßig zu schätzen.[87] Analog zu variablen Einzelkosten sind Fixkosten auf Merkmalsausprägungen aufzuschlüsseln und werden daher im Weiteren als *merkmalsbezogene Fixkosten* bezeichnet. Die direkte Aufschlüsselung anteiliger Fixkosten auf einzelne Produkteigenschaften kann jedoch aufgrund des oft pauschalen Charakters von Fixkosten mit erheblichen Problemen verbunden sein.[88] In dieser Situation bietet sich der Einsatz statistischer Verfahren an wie die Response-Surface-Methodology[89] oder das Teilfixkosten-Modell.[90] Im Rahmen dieser Verfahren werden zunächst für einzelne hypothetische Produkte die anfallenden Fixkosten von Experten geschätzt, bevor anschließend die Parameter vorgegebener Kostenmodelle mit Hilfe statistischer Verfahren ermittelt werden. Während die Response-Surface-Methodology mehrere Kostenfunktionen vorgibt und anschließend die mit der höchsten Anpassungsgüte auswählt, liegt dem Teilfixkosten-Modell ein additives Kostenmodell analog zu den Teilnutzenmodellen[91] der Conjoint Analyse zugrunde. Alternativ kann eine Aufschlüsselung auch mit Hilfe neuronaler Netze versucht werden.[92]

Nicht in allen Fällen bietet sich eine produkt- bzw. merkmalspezifische Aufschlüsselung der Fixkosten an. So fällt bspw. der Entwicklungsaufwand zur Realisation eines neuen Motortyps nur einmal an, egal in wie vielen Varianten später der Motor eingebaut wird. In diesem Fall ist auf eine Aufschlüsselung zu merkmalsbezogenen Fixkosten zu verzichten und stattdessen die Fixkosten gemeinsam nutzbarer Ressourcen zu erheben. Der Begriff Ressource ist sehr weit gefasst und kann Entwicklungsaufwand ebenso umfassen wie Fertigungsanlagen und Marketingkampagnen.[93] Ressourcenkosten entsprechen daher den Markteinführungskosten, unterscheiden sich von diesen jedoch dadurch, dass Ressourcen von mehreren Merkmalsausprägungen gemeinsam genutzt werden können. Durch Wenn-Dann-Beziehungen von Merkmalsausprägungen und Ressourcen ist eine Ressource zu beschaffen, falls die entsprechende Merkmalsausprägung in irgendeinem Produkt ausgewählt wurde. In Analogie zum Ressourcenkonzept kann auch auf variable und fixe Merkmalskosten zugunsten der Ermittlung von Prozessen und *Prozesskosten* verzichtet werden.[94]

87 Vgl. Dobson/Kalish (1993), S. 172.
88 Vgl. Steiner (1999), S. 51.
89 Vgl. Albers (1989), S. 188 und für methodische Details Myers et al. (2009); Khuri/Cornell (1996).
90 Vgl. Gaul et al. (1995), S. 841.
91 Vgl. die Ausführungen im folgenden Kapitel 2.3.3.
92 Vgl. Becker (1996); König (1995), S. 188-199; Becker/Prischmann (1994).
93 Vgl. Dobson/Yano (1995), S. 153f.
94 Vgl. Raman/Chhajed (1995), S. 189; Chakravarty/Baum (1992), 2295-2299.

Eine besondere Kostenform stellen die sogenannten *Komplexitätskosten* dar, deren Höhe im Wesentlichen von der Vielfalt des Produktprogramms, also der Programmbreite und -tiefe abhängt.[95] Durch zunehmende Variantenvielfalt bspw. sinken die produzierten Stückzahlen pro Variante, sind mehr Ersatzteile vorzuhalten und mehr Prospekte, Preis- und Bestelllisten zu drucken.[96] Der Aufwand steigt, je unterschiedlicher die Varianten sind, also je mehr Merkmalsausprägungen insgesamt im Produktprogramm realisiert werden. Die Komplexitätskosten sind daher in Abhängigkeit von der Anzahl verwendeter Merkmalsausprägungen zu schätzen und entsprechend in der Produktgestaltung zu berücksichtigen.[97] Da Komplexitätskosten vor allem im indirekten Bereich anfallen, sind sie jedoch schwierig zu erheben und einzelnen Produkten, geschweige denn Merkmalsausprägungen, zuzuweisen.[98]

2.3.3 Nutzen und Zahlungsbereitschaften

Ein Anbieter hat bei der Gestaltung von Produkten und Produktprogrammen das Verhalten der Kunden zu berücksichtigen. Insbesondere benötigt er eine Prognose, welche Produkte die Kunden aus seinem Produktprogramm oder dem seiner Wettbewerber wählen, um die ökonomischen Konsequenzen seiner Gestaltungsalternativen zu beurteilen. Hierzu ist es notwendig, die *Präferenzen*[99] der Kunden bezüglich der angebotenen Produkte zu ermitteln.[100]

Zur Quantifizierung der Präferenz bietet sich der *Nutzen* an, welcher ein zentrales ökonomisches Konstrukt zur Erklärung menschlichen Verhaltens ist und als Maß für den Grad der Befriedigung individueller Bedürfnisse dient.[101] Unter Annahme eines rationalen Entscheidungsverhaltens werden Kunden daher versuchen, ihren Nutzen durch die Produktwahl zu maximieren. Dementsprechend werden sie Produkte mit höherem Nutzen gegenüber Produkten mit niedrigerem

95 Vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 598-600; Ehrlenspiel et al. (2007), S. 154f.; Pepels (2006), S. 585f.

96 Zur Kostenwirkung der Variantenvielfalt vgl. Herrmann/Peine (2007), S. 655-662; Herrmann (1998), S. 563-571.

97 Vgl. Raman/Chhajed (1995), S. 200.

98 Vgl. Herrmann/Peine (2007), S. 660; Pepels (2006), S. 586.

99 Präferenz bringt das Ausmaß der Vorziehenswürdigkeit eines Beurteilungsobjekts für eine bestimmte Person während eines bestimmten Zeitraums zum Ausdruck, vgl. Böker (1986), S. 556f.

100 Die Präferenz erfüllt in besonderer Weise die Anforderungen an ein Konstrukt zur Erklärung realen Wahlverhaltens und wird dementsprechend oft verwendet, vgl. Schlag (2008), S. 12-14; Hahn (1997), S. 8; Gutsche (1995), S. 41.

101 Vgl. Teichert (2001), S. 23. Zur Abbildung der Präferenz durch Nutzen sind einige Bedingungen erforderlich, vgl. Bamberg et al. (2008b), S. 34-36; Eisenführ/Weber (2003), S. 99.

Nutzen präferieren. Aufgrund der engen Verknüpfung von objektbezogenem Nutzen und alternativenbezogener Präferenz werden die Begriffe teilweise synonym verwendet.[102]

Für eine quantitative Optimierung wird eine Verknüpfung von den in den Produkten festgelegten Merkmalsausprägungen und den Wahlentscheidungen der Kunden benötigt. Unter der Annahme, dass objektive Produkteigenschaften die individuellen Präferenzurteile bestimmen und dass diese wiederum die Grundlage für das beobachtete Wahlverhalten bilden, kann das folgende, in Abbildung 2.11 dargestellte, vereinfachte Kaufentscheidungsmodell aufgestellt werden.[103]

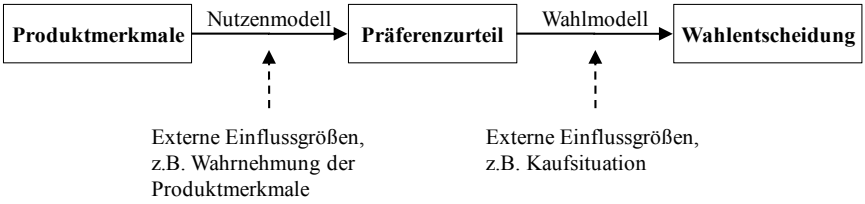


Abbildung 2.11: Bausteine eines Kaufentscheidungsmodells
Quelle: In Anlehnung an Teichert (2001), S. 59.

Wie aus der Abbildung ersichtlich, sind zwei Modelle zu spezifizieren: Ein Nutzenmodell zur Ermittlung des Präferenzurteils und ein Wahlmodell zur Bestimmung der Wahlentscheidung. Ergänzend können auch intervenierende Variablen berücksichtigt werden, welche die Transformationsprozesse beeinflussen. Im Weiteren wird das Nutzenmodell erläutert, während die Operationalisierung der Produkt- und Bündelwahl durch ein Wahlmodell Gegenstand von Kapitel 3 ist.

In Modellen zur Produktgestaltung wird üblicherweise auf ein kompensatorisches Nutzenmodell auf Basis der multiattributiven Nutzentheorie zurückgegriffen.[104] Dieses besteht zum einen aus der isolierten Bewertung einzelner Merkmalsausprägungen und zum anderen aus der Verknüpfung der Einzelbewertungen zu einem Gesamturteil. Zur Bewertung einzelner diskreter Merkmalsausprägungen kann das Teilnutzenmodell bzw. parth-worth model herangezogen

102 So werden bspw. Nutzenmodelle auch als Präferenzmodelle und Präferenzmessung auch als Nutzenmessung bezeichnet. Vgl. auch Esch et al. (2008), S. 143; Wübker (1998), S. 106.

103 Vgl. Teichert (2001), S. 59. Für komplexere Kaufentscheidungsprozesse unter Verwendung von Präferenzen vgl. u.a. Schlag (2008), S. 16-19; Hahn (1997), S. 8-11; Gutsche (1995), S. 40-43; Balderjahn (1993), S. 19-29.

104 Vgl. Teichert (2001), S. 59; Steiner (1999), S. 25. Zur multiattributiven Nutzentheorie vgl. u.a. Eisenführ/Weber (2003), S. 115-150.

werden.[105] Dieses geht davon aus, dass eine vorgegebene Anzahl diskreter Ausprägungen vorliegen und schätzt für jede diskrete Ausprägung eines Merkmals separat einen Teilnutzenwert. Sein Vorteil liegt in seiner großen Flexibilität. Es kann sowohl nichtlineare Funktionsverläufe abbilden als auch kategoriale Merkmale wie z.B. den Rückwandtyp eines Sattelhinterkippers verarbeiten.[106] Nachteilig ist hingegen eine größere Anzahl zu schätzender Parameter.[107] Zur Verknüpfung der Einzelbewertung können kompensatorische und nichtkompensatorische Modelle eingesetzt werden.[108] Erstere unterscheiden sich von letzteren dadurch, dass alle kaufrelevanten Merkmalsausprägungen berücksichtigt werden und eine Geringschätzung einer Merkmalsausprägung durch einen entsprechend hohen Nutzenbeitrag einer anderen Merkmalsausprägung kompensiert werden kann. Aufgrund seiner Robustheit, leichten Handhabung und Interpretierbarkeit sowie seiner Prognosegenauigkeit wird üblicherweise mit dem linear-additiven Modell ein kompensatorisches Modell verwendet.[109] Insgesamt ergibt sich danach der Nutzen U_{kv}, den Kunde k Variante v beimisst, als Summe der zu schätzenden, individuellen Teilnutzenwerte U_{kma} jedes der in dieser Variante realisierten Merkmalsausprägungen. Zur formalen Darstellung werden folgende Indexmengen, Indizes und Parameter benötigt.

Indizes und Indexmengen

$a = 1, \ldots, A_m$	Mögliche Ausprägungen von Merkmal m
$k = 1, \ldots, K$	Kundensegmente
$m = 1, \ldots, M$	Merkmale zur Beschreibung der Varianten
$v = 1, \ldots, V$	Varianten

Parameter

U_{kma}	Teilnutzenwerte von Kunde k für Merkmal m in Ausprägung a
U_{kv}	Gesamtnutzen von Kunde K für Variante v
δ_{vma}	Binärvariable, die angibt, ob Variante v Merkmal m in Ausprägung a enthält

105 Alternativen stellen das Ideal- und Vektormodell dar, die jedoch beide kontinuierliche Ausprägungen der Merkmale voraussetzen und daher vor allem zur Produktpositionierung eingesetzt werden. Zu den Modellen vgl. Bichel/Trommsdorff (2009), S. 61-66; Schlag (2008), S. 32f.; Steiner (1999), S. 26-28; Gutsche (1995), S. 82-85.

106 Vgl. Reiners (1996), S. 56; Brockhoff (1999), S. 43.

107 Vgl. Teichert (2001), S. 60; Reiners (1996), S. 57.

108 Für einen Überblick über mögliche Verknüpfungsfunktion vgl. etwa Bichel/Trommsdorff (2009), S. 66-69; Schlag (2008), S. 34f.; Gutsche (1995), S. 85-88.

109 Vgl. Bichel/Trommsdorff (2009), S. 70; Schlag (2008), S. 34; Teichert (2001), S. 63; Hair et al. (2010), S. 287; Green/Srinivasan (1978), S. 107.

Der Gesamtnutzen einer Variante ergibt sich damit formal gemäß:[110]

$$U_{kv} = \sum_{m=1}^{M} \sum_{a=1}^{A_m} U_{kma} \cdot \delta_{vma} \tag{2.1}$$

Aufgrund der additiven Verknüpfung können Interaktionen zwischen zwei oder mehr Merkmalsausprägungen nicht erfasst werden.[111] Allerdings zeigen zahlreiche Untersuchungen, dass Schätzungen unter Verwendung der additiven Verknüpfung den Gütekriterien der Validität und Reliabilität am besten genügen.[112]

Um den Nutzen eines Bündels zu bestimmen, bedarf es einer weiteren Verknüpfungsfunktion. Auch hier kann das additive Modell eingesetzt werden, wodurch sich der Gesamtnutzen für ein Bündel additiv aus den Einzelnutzen der enthaltenen Produkte ergibt.[113] Zur Erfassung eines über die Einzelnutzen hinausgehenden Bündel- oder Zusatznutzens bedarf es einer Annahme, auf welcher Ebene sich dieser Nutzen manifestiert. Hierzu wird folgende Erweiterung vorgeschlagen:[114] Es wird angenommen, dass sich der Zusatznutzen durch die in einem Bündel enthaltenen Produkttypen ergibt und nicht von den konkret enthaltenen Varianten abhängt. Zur formalen Darstellung werden folgende zusätzliche Indizes, Indexmengen und Parameter vereinbart.

zusätzliche Indizes und Indexmengen

$b = 1, \ldots, B$	Bündel
$l = 1, \ldots, L$	Linien, Produkttyp

zusätzliche Parameter

K_{blv}	Bündelkonfiguration, 1 falls Bündel b Produkttyp l in Variante v enthält, 0 sonst. Zusätzlich gilt $\sum_{v=1}^{V_l} K_{blv} \leq 1$
$U^{+}_{kll'}$	Zusatznutzen von Kunde k für ein Bündel, welches sowohl Varianten aus Linie l als auch aus Linie l´ enthält, mit $l' > l$

Die bereits bekannten Parameter sind um den zusätzlichen Linienindex zu erweitern. Dadurch ist der Gesamtnutzens eines Bündels wie folgt darstellbar:

$$U_{kb} = \sum_{l=1}^{L} K_{blv} \cdot U_{klv} + \sum_{l=1}^{L-1} \sum_{l'=l}^{L} U^{+}_{kll'} \cdot \sum_{v=1}^{V_l} K_{blv} \cdot \sum_{v=1}^{V_{l'}} K_{bl'v} \tag{2.2}$$

110 Vgl. Steiner (1999), S. 28.

111 Zur Erfassung von Interaktionseffekten vgl. Teichert (2000), S. 480-482; Green/Krieger (1993), S. 471f. Teichert weist jedoch darauf hin, dass dadurch die Modellkomplexität stark ansteigt.

112 Vgl. Schmidt-Gallas (2003), S. 106f.; Teichert (2001), S. 63; Gutsche (1995), S. 88.

113 Dies entspricht dem in Kapitel 2.2.2 verwendeten Vorgehen.

114 Die Erweiterung basiert auf den Ansatz von Teichert zur Erfassung von Interaktionseffekten.

Der Zusatznutzen U^+ ist hinzuzurechnen, falls Bündel b sowohl eine Variante aus Linie l als auch eine Variante aus Linie l´ enthält. Da die Varianten eines Produkttyps für die Kunden definitionsgemäß Substitute darstellen, enthält jedes Bündel von jeder Linie maximal eine Variante. Ein Vorteil dieser Modellierung ist die Möglichkeit zur getrennten Schätzung von Zusatznutzen und Teilnutzenwerten.

Neben den nicht-preislichen Merkmalsausprägungen üben auch die geforderten Preise einen entscheidenden Einfluss auf die Produktwahl aus. Eine Möglichkeit zur Erfassung besteht darin, den Preis als „negative Produkteigenschaft" aufzufassen, der mit einem bestimmten Nutzenentgang für die Kunden verbunden ist.[115] Von dem durch die positiven Produkteigenschaften induzierten Brutto-Nutzen ist der Nutzenentgang zu subtrahieren um zum Netto-Nutzen zu gelangen.[116] Formal kann dies wie folgt dargestellt werden:[117]

$$U_{kv}^{Netto} = U_{kv}^{Brutto} - \beta_k p_v \tag{2.3}$$

Der Parameter β_k stellt den individuellen Nutzenentgang für eine Geldeinheit dar und spiegelt gleichzeitig die Bedeutung des Preises für Kunde k bei seiner Produktwahl wider. Die Höhe von β_k entspricht den Opportunitätskosten, also dem Nutzen, den Kunde k mit alternativer Verwendung des Geldes erzielen würde.[118] Wie ersichtlich wurde in (2.3) ein linearer Zusammenhang zwischen Produktpreis und Gesamtnutzen unterstellt, was der üblichen Vorgehensweise in der Marketingforschung und -praxis entspricht.[119]

Unter Annahme dieses linearen Zusammenhangs besteht jedoch auch die Möglichkeit, die Teilnutzenwerte in Geldeinheiten statt die Preise in Nutzen umzurechnen. Es ergeben sich somit Zahlungsbereitschaften bzw. Reservationspreise R als monetäre Bewertung des Nutzens für die einzelnen Merkmalsausprägungen. Formal gilt:

$$R_{kma} = \frac{1}{\beta_k} U_{kma} \tag{2.4}$$

115 Vgl. Steiner (1999), S. 30; Balderjahn (1993), S. 45f. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Preis als weiteres Produktmerkmal zu erfassen. Für eine weitergehende Diskussion des Zusammenhangs von Preis und Nutzen vgl. u.a. Steiner (1999), S. 28-32; Balderjahn (1993), S. 45-55.

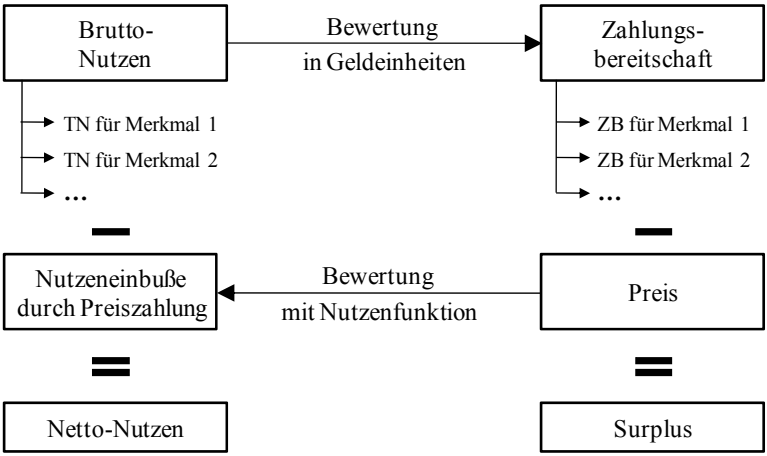
116 Vgl. Kroeber-Riel et al. (2009), S. 427; Becker (2009), S. 513; Meffert et al. (2008), S. 482.

117 Vgl. Steiner (1999), S. 30; Balderjahn (1993), S. 47; Schmalensee/Thisse (1988), S. 232.

118 Vgl. Balderjahn (1993), S. 46; Breidert (2006), S. 30f.

119 Vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 551f.; Meffert et al. (2008), S. 542f.; Balderjahn (1993), S. 47.

Die Differenz aus Zahlungsbereitschaft und Preis wird als Surplus bezeichnet. Der Zusammenhang zwischen Bruttonutzen, Zahlungsbereitschaft, Preis, Surplus und Nettonutzen ist abschließend in Abbildung 2.12 dargestellt. Für die Produktgestaltung können daher sowohl Nutzen als auch Zahlungsbereitschaften verwendet werden. Zahlungsbereitschaften bieten den Vorteil, dass sie direkt dem Preis gegenübergestellt werden können, was eine Preissetzung erleichtert. Im Weiteren wird daher für die selbst entwickelten Modelle das Vorhandensein von Zahlungsbereitschaftsinformationen vorausgesetzt.



TN ~ Teilnutzen

Abbildung 2.12: Zusammenhang zwischen Nutzen, Zahlungsbereitschaft, Preis und Surplus

Zur Messung von Zahlungsbereitschaften sind in den letzten Jahren einige Methoden entwickelt worden.[120] Diese lassen sich je nach Art ihrer Erhebung in Beobachtungen, Befragungen und Bietverfahren unterteilen.[121] Zur Produktgestaltung werden insbesondere Befragungen eingesetzt, die sich in Experten- sowie Kundenbefragungen unterteilen lassen. Kundenbefragungen wiederum unterteilen sich in direkte und indirekte Preisabfragen, je nachdem, ob die Zahlungsbereitschaft direkt abgefragt wird oder die Zahlungsbereitschaft z.B. aus den ermittelten Nutzen berechnet wird. Zur Nutzenmessung werden kompositionelle bzw. dekompositionelle Verfahren unterschieden.[122] Kompositionelle Verfahren erfragen Nutzenurteile für einzelne Merkmale und Ausprägungen

120 Für einen Überblick vgl. Esch et al. (2008), S. 304-310; Völckner (2006); Breidert (2006), S. 37-56; Wübker (1998), S. 97-104.
121 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 537-543; Wertenbroch/Skiera (2002), S 229f.
122 Darüber hinaus existieren hybride Verfahren, die beide Prinzipien vereinen.

getrennt und bilden anschließend daraus den Gesamtnutzen eines Produkts, während dekompositionelle Verfahren den Gesamtnutzen eines Produkts aus ganzheitlichen Aussagen ermitteln und ihn mittels statistischer Methoden in Nutzenurteile der einzelnen Merkmalsausprägungen zerlegen.[123] In der Praxis weit verbreitet ist in diesem Zusammenhang die Conjoint Analyse, welche zu den dekompositionellen Verfahren zählt.[124] Hierbei handelt es sich nicht um eine geschlossene Methode, sondern um eine Ansammlung von Ansätzen, die auf Basis ganzheitlicher Urteile unter Beachtung eines experimentellen Designs einen Nutzen, die Gewichtung einzelner Merkmale und die Teilnutzen ihrer Ausprägungen ermitteln.[125] Inzwischen existieren eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren mit jeweils unterschiedlichen Vorteilen und Schwächen.[126] Die Ermittlung von Nutzen- und Zahlungsbereitschaftsinformationen für eine quantitative Optimierung ist daher sichergestellt.

Die unterschiedlichen Verfahren sind in zahlreichen Studien gegenübergestellt und bewertet worden.[127] Für den praktischen Einsatz ist vor allem die Reliabilität und Validität des ausgewählten Verfahrens relevant, d.h. seine Eignung zur zuverlässigen Messung von Zahlungsbereitschaften bzw. Nutzen.[128] Im Rahmen externer Validitätsanalysen wird untersucht, ob Zahlungsbereitschaften verzerrungsfrei geschätzt werden.[129] Zu welchen Konsequenzen eine systematische Über- bzw. Unterschätzung der Zahlungsbereitschaften im Rahmen der Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung führt, wird in Kapitel 6 untersucht und basierend auf den Ergebnissen eine Auswahlempfehlung gegeben.

123 Vgl. Hartmann (2004), S. 55f.; Gutsche (1995), S. 75-77.

124 Vgl. Balderjahn (2003), S. 394; Voeth (2000), S. 31f.; Voeth (1999), S. 159; Brockhoff (1999), S. 44. Für einen Überblick über den kommerziellen Einsatz vgl. u.a. Wittink et al. (1994); Wittink/ Cattin (1989); Cattin/Wittink (1982).

125 Vgl. Weiber/Mühlhaus (2009), S. 43; Hillig (2006), S. 2; Teichert (2000), S. 473; Gutsche (1995), S. 77; Schubert (1991), S. 132. Zur traditionellen Conjoint Analyse und ihrer Vorgehensweise vgl. u.a. Hair et al. (2010), S. 262-334; Böhler/Scigliano (2009); Backhaus et al. (2008), S. 451-499; Teichert (2000); Green/Krieger (1993).

126 Zu nennen wären bspw. Traditionelle Conjoint Analyse (TCA), Adaptive Conjoint Analyse (ACA), Choice based Conjoint Analyse (CBC), Hybride Conjoint Analyse, Hierarchische Conjoint Analyse, Limit Conjoint Analyse (LC), Individualisierte Conjoint Analyse. Für einen Überblick vgl. Hair et al. (2010), S. 306-312; Baier et al. (2009); Backhaus et al. (2008), S. 492-495; Hillig (2006).

127 Vgl. bspw. Helm et al. (2008); Schlag (2008); Heidbrink (2007); Voeth/Bornstedt (2007); Hillig (2006); Backhaus et al. (2005); Helm et al. (2004); Sattler/Nitschke (2003); Wertenbroch/Skiera (2002); Albrecht (2000).

128 Zur Reliabilität und Validität vgl. u.a. Helm/Steiner (2008), S. 289-308; Völckner (2006), S. 40-42.

129 Dies wird auch als Hypothetical Bias bezeichnet. Hierzu und für einen Bewertung der unterschiedlichen Verfahren vgl. Völckner (2006), S. 43-47; Sattler/Nitschke (2003).

2.4 Einsatz zur Entscheidungsunterstützung

Aufgrund der in Kapitel 2.1.3 und 2.2.3 erfolgten Einordnung der Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung in die Entscheidungstatbestände der Produkt- und Preispolitik dient das in dieser Arbeit zu entwickelnde Entscheidungsunterstützungssystem vor allem der Unterstützung operativer Entscheidungen. Durch das System werden entsprechend der verfolgten Zielsetzungen und der strategischen Vorgaben das optimale Produktdesign, die optimale Bündelkonfiguration sowie die optimalen Preise ermittelt. Es wird konkret für jede Variante festgelegt, welche Ausprägung in jedem beschreibenden Merkmal optimalerweise zu wählen ist und für jedes Bündel, welche Variante welcher Produktlinien enthalten sein soll.

Die quantitative Entscheidungsunterstützung dient damit der bestmöglichen Konkretisierung einer Programm- und Preisstrategie. Daher ist das System bei weitem nicht auf die Unterstützung operativer Produktprogramm- und Preisentscheidungen beschränkt. Durch Festlegung verschiedener strategischer Vorgaben, bspw. unterschiedlicher Produktprogrammtiefen, können die jeweils besten Produktprogramme ermittelt und die ökonomischen Konsequenzen aufgezeigt werden. Dies ermöglicht den Vergleich und die Bewertung unterschiedlicher strategischer Optionen. Da üblicherweise nur eine begrenzte Anzahl strategischer Optionen zu analysieren sind, eignet sich das System damit auch zur strategischen Entscheidungsunterstützung.

Zur Entwicklung des Entscheidungsunterstützungssystems werden im folgenden Kapitel 3 die in der Literatur vorgeschlagenen Ansätze zur Produktliniengestaltung und Preisbündelung vorgestellt und analysiert, bevor sie in Kapitel 4 zusammengeführt werden.

3 Quantitative Planungsunterstützung zum Produktliniendesign und zur Preisbündelung

Zur Unterstützung produkt- und preispolitischer Planungen sind verschiedene quantitative Ansätze entwickelt worden, welche im vorliegenden Kapitel vorgestellt, analysiert und diskutiert werden. Zuvor ist jedoch die Operationalisierung der Wahl von Produkten und Bündeln durch die Kunden näher zu beleuchten und darzulegen, wie das Kundenverhalten einerseits in mathematischen Modellen integriert und andererseits auf Basis des in Kapitel 2 vorgestellten Nutzenkonzepts prognostiziert werden kann (vgl. Abbildung 3.1).

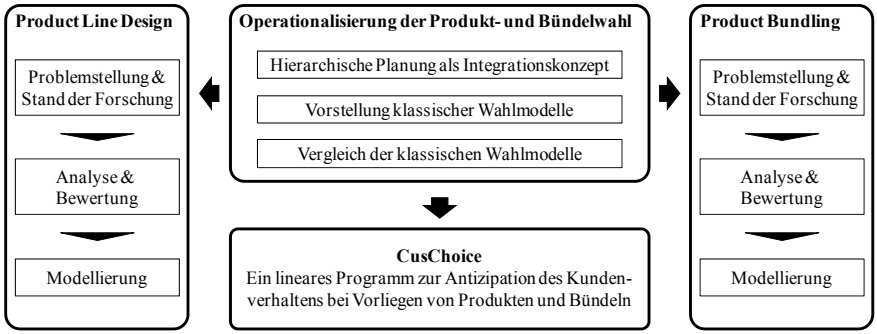


Abbildung 3.1: Aufbau des dritten Kapitels

Zur Integration des Kundenverhaltens wird die Produktprogrammgestaltung als hierarchisches Planungsproblem interpretiert. Anschließend erfolgt die Vorstellung und vergleichende Analyse klassischer Wahlmodelle. Ausgehend von den Wahlmodellen wird dann ein lineares Programm entwickelt, welches im Gegensatz zu den klassischen Wahlmodellen in der Lage ist, das Kundenverhalten auch bei Vorliegen von Produkten und Bündeln zu prognostizieren. Im Anschluss wird die quantitative Planungsunterstützung zur Produktliniengestaltung und Preisbündelung näher untersucht. Die Analyse erfolgt für beide Bereiche getrennt, wobei jeweils zunächst die Problemstellung erläutert, ein verbaler Literaturüberblick gegeben und die entwickelten Modelle anhand ihrer Charakteristika analysiert und bewertet werden, bevor unterschiedliche mathematische Modellierungen des Planungsproblems anhand ausgewählter Ansätze veranschaulicht werden. Das Kapitel endet mit einer kritischen Zusammenfassung der Ergebnisse.

3.1 Operationalisierung der Produkt- und Bündelwahl

Eine Entscheidungsunterstützung zur Produktprogrammoptimierung hat das Verhalten der Kunden adäquat zu erfassen, wozu es einer Operationalisierung der Produkt- und Bündelwahl bedarf. Hierzu wird zunächst mit der Interpretation der Produktprogrammgestaltung als hierarchisches Planungsproblem ein theoretischer Rahmen zur Berücksichtigung des Kundenverhaltens geschaffen. Anschließend werden die auf dem Nutzenkonzept basierenden klassischen Wahlmodelle zur Ableitung der Produktwahl in Produktlinien vorgestellt und bewertet. Da keines der Wahlmodelle unmodifiziert zur Prognose der Produkt- und Bündelwahl in komplexen Produktprogrammen einsetzbar ist, wird anschließend ein lineares Programmierungsmodell entwickelt.

3.1.1 Produktprogrammgestaltung als hierarchisches Planungsproblem

In der Entscheidungstheorie wird im Grundmodell von einem Entscheidungsträger ausgegangen. Eine genauere Betrachtung der vorliegenden Entscheidungssituation führt jedoch zu dem Ergebnis, dass mit Anbieter und Kunde zwei Entscheidungsträger existieren, deren Verhalten den jeweils anderen beeinflusst. Der Anbieter legt zunächst das Produktprogramm und die Preise fest. Anschließend wählt der Kunde aus den angebotenen Produkten das für ihn beste Produkt aus oder verzichtet auf einen Kauf. Beide Entscheidungen gemeinsam bestimmen den Deckungsbeitrag des Anbieters und die Konsumentenrente des Kunden. Diese Situation kann daher zum einen als (sequentielles) Zweipersonenspiel im Sinne der Spieltheorie[130], zum anderen allgemeiner als hierarchisches Planungsproblem[131] bei geteilter Entscheidungsfindung modelliert werden.[132]

Hierarchische Planungsprobleme setzen wie hier nicht zwangsweise eine starke hierarchische Beziehung im Sinne einer organisatorischen Über- und Unterordnung voraus. *Gemäß Schneeweiß wird mit „hierarchisch" im weiten Sinne jede Entscheidungssituation mit mindestens zwei Entscheidungseinheiten charakterisiert, zwischen denen eine asymmetrische Beziehung hinsichtlich ihrer*

130 Vgl. Green/Krieger (1985), S. 5f. sowie in etwa Berninghaus et al. (2006), S. 202f.; Davis (2005), S. 95; Güth (1999), S. 146. Für eine Einführung in die Spieltheorie vgl. Dixit et al. (2009); Sieg (2005).

131 Für eine allgemeine Einführung in die hierarchische Planung vgl. etwa Klein/Scholl (2004), S. 223-262; Schneeweiss (2003); Adam (1997), S. 374-382; Schneeweiß (1992), S. 76-94. Speziell für hierarchische Produktionsplanung vgl. Kistner/Steven (2001), S. 209-238; Steven (1994).

132 Vgl. Schneeweiss (2003), S. 4 und S. 7f.

Entscheidungsrechte oder verfügbaren Informationen existiert oder dass eine Entscheidungseinheit ihre Entscheidungen zeitlich vor der anderen trifft.[133]

Die Grundstruktur eines hierarchischen Systems mit zwei Planungsebenen ist in Abbildung 3.2 dargestellt. Durch Vorgaben der oberen Ebene wird der Entscheidungsbereich der unteren Ebene eingeschränkt. Basierend auf diesen Informationen führt die untergeordnete Ebene ihre Planung durch und gibt, sofern ex ante Rückkopplungen vorgesehen sind, ihre Planungsergebnisse an die übergeordnete Ebene zurück, bevor die endgültigen Entscheidungen getroffen und die Ergebnisse realisiert werden.

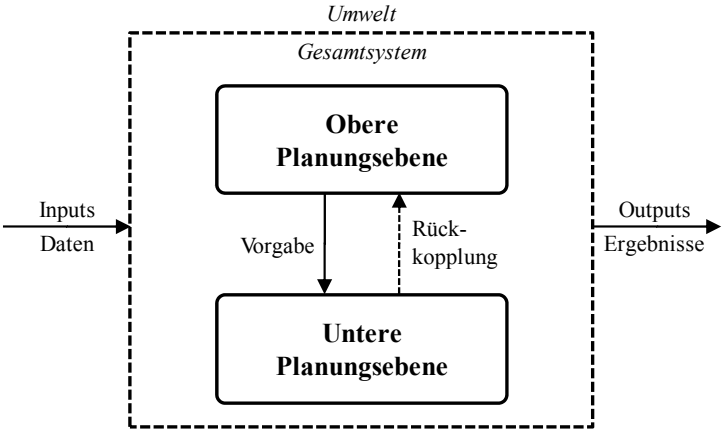


Abbildung 3.2: Grundstruktur eines hierarchischen Systems
Quelle: In Anlehnung an Kistner/Steven (2001), S. 210.

Im Rahmen der Gestaltung von Produktprogrammen ist eine solche Rückkopplung jedoch nicht möglich. Auf Basis der angebotenen Produkte werden die Kunden als untergeordnete oder besser als zeitlich nachgelagerte Entscheidungseinheit direkt abschließend entscheiden. Insbesondere da Kunden und Anbieter unterschiedliche Ziele verfolgen, ist es für den Anbieter zur Erreichung seiner Ziele wichtig, die Kundenreaktion zu antizipieren und in seiner Planung zu berücksichtigen. Die Struktur eines hierarchischen Systems mit Antizipation jedoch ohne ex ante Rückkopplung ist in Abbildung 3.3 dargestellt.

Basierend auf ihrem Entscheidungsmodell unterbreitet die obere Planungsebene hypothetische Vorgaben und ermittelt mit Hilfe des antizipierten Entscheidungsmodells der unteren Planungsebene die mögliche Reaktion der unteren Ebene auf diese Vorgaben. Die Vorgaben werden so lange variiert, bis auf Basis der antizipierten Reaktionen die verfolgten Ziele der oberen Planungs-

133 Vgl. Schneeweiss (2003), S. 7.

ebene bestmöglich erfüllt werden. Diese werden als finale Vorgabe an die untere Planungsebene übermittelt, die gemäß ihrem eigenen Entscheidungsmodell entsprechend ihren Zielen die beste Alternative auswählt und anschließend die Ergebnisse realisiert.

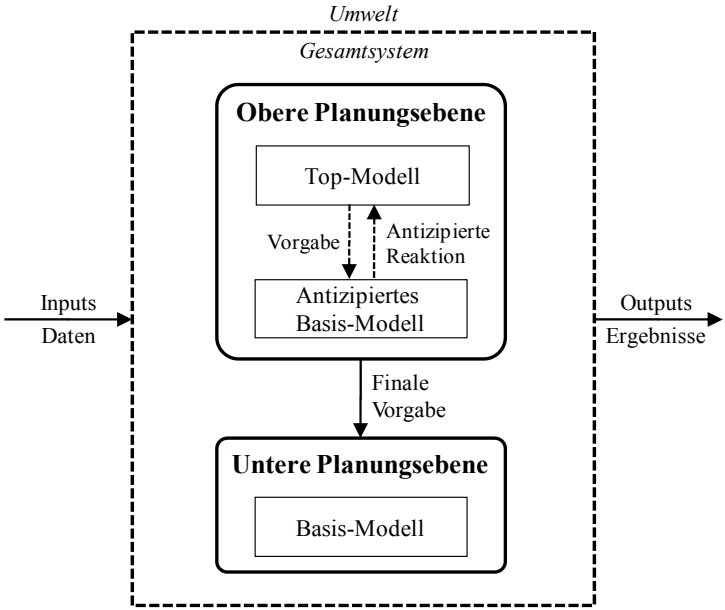


Abbildung 3.3: Grundstruktur eines hierarchischen Systems mit Antizipation ohne Rückkopplung
Quelle: In Anlehnung an Schneeweiss (2003), S. 27.

Die Antizipation muss nicht zwangsweise in zwei getrennten Modellen erfolgen. Wird bspw. die Entscheidung auf Basis eines Optimierungsmodells getroffen, so sollte das antizipierte Entscheidungsmodell der unteren Ebene direkt in das Optimierungsmodell integriert werden. Zuvor ist es jedoch sinnvoll, sich mit der Entscheidungssituation der Kunden und geeigneten Modellen zur Antizipation des Kundenverhaltens auseinanderzusetzen, bevor auf die Integration des antizipierten Modells in Optimierungsmodelle eingegangen wird.

3.1.2 Klassische Wahlmodelle im Produktliniendesign

Zur Antizipation des Kundenverhaltens wird ein Wahlmodell benötigt, welches Nutzen bzw. Zahlungsbereitschaften in Wahlentscheidungen transformiert.[134] Da jedoch kein einheitliches Modell, sondern verschiedene Wahlmodelle unterschiedlicher Komplexität existieren, ist in konkreten Entscheidungssituationen eine Auswahl zu treffen. Die am weitesten verbreiteten Wahlmodelle sind die *Wahlregel des maximalen Nutzens* sowie die zur diskreten Entscheidungsanalyse[135] gehörenden *Attraktions-* und *Zufallsnutzenmodelle*.[136]

Alle Modelle basieren auf der im zweiten Kapitel angesprochenen normativen, multiattributiven Nutzentheorie. Ihnen liegt die Annahme zugrunde, dass Kunden die nutzenrelevanten Merkmalsausprägungen eines Produkts einem kompensatorischen Bewertungsprozess unterziehen, hieraus einen Nutzenwert ableiten und basierend auf einem Nutzenvergleich die Auswahlentscheidung treffen.[137] Darüber hinausgehende nicht-kompensatorische Modelle wie Elimination by Aspects[138] oder hierarchische Stufenmodelle[139] spielen ebenso wie Modelle zur Berücksichtigung von Entscheidungsanomalien[140] für quantitative Produktliniendesign-Modelle eine untergeordnete Rolle und werden daher hier nicht näher behandelt.

Wahlregel des maximalen Nutzens

Das intuitiv verständlichste und daher vermutlich auch kommerziell am häufigsten eingesetzte Wahlmodell ist die deterministische *Wahlregel des maximalen Nutzens*.[141] Sie wird auch als *Maximum Utility* oder *First-Choice Regel* bezeichnet. Sie unterstellt zum einen, dass der Produktnutzen eines Kunden fehlerfrei und vollständig durch die abgefragten Merkmalsausprägungen erfasst werden kann, zum anderen, dass Kunden sich vollkommen rational verhalten und die Variante mit dem höchsten Nutzen wählen. Dadurch beträgt die Auswahlwahrscheinlichkeit θ von Kunde k für die Variante v mit dem höchsten Nutzen 1,

134 Vgl. auch Abbildung 2.11. Für eine Einordnung dieser Art Wahlmodelle in die Gesamtheit der Modelle zur Prognose des Kundenverhaltens vgl. u.a. Herrmann (1992), S. 79-85; Scheer (2008), S. 19-21; Homburg/Krohmer (2009), S. 103-137.

135 Auch als Discrete Choice Analysis bezeichnet. Für eine Einführung vgl. etwa Ben-Akiva/Lerman (2003); Hahn (1997), S. 83-124; Anderson et al. (1992).

136 Vgl. Teichert (2001), S. 72; Hillig (2006), S. 52f.

137 Vgl. Teichert (2001), S. 72.

138 Vgl. Tversky (1972).

139 Vgl. die Übersichten in Scheer (2008), S. 24-26.

140 Vgl. Herrmann (1998), S. 112-127.

141 Vgl. Gutsche (1995), S. 142-144; Steiner (1999), S. 33f.; Teichert (2001), S. 30-32 und S. 72.

während alle anderen Varianten eine Wahrscheinlichkeit von null zugeordnet wird, bzw. formal:

$$\theta_{kv} = \begin{cases} 1, & \text{falls } U_{kv} = \max\limits_{v' \in \{1,\ldots,V\}} (U_{kv'}) \\ 0, & \text{sonst} \end{cases} \tag{3.1}$$

Attraktionsmodelle

Attraktionsmodelle basieren auf der stochastischen Nutzentheorie von Luce[142] und verzichten auf die Annahme einer stets vollkommen rationalen Wahlentscheidung der Konsumenten.[143] Die Bezeichnung stochastische Nutzentheorie ist ungeschickt, da nicht der Nutzen, sondern die auf Basis des Nutzens getroffene Auswahlentscheidung stochastisch ist. Da die Modelle neben der Arbeit von Luce auf den Arbeiten von Bradley und Terry[144] basieren, werden sie auch als *Bradley-Terry-Luce-Modelle*, kurz als *BTL-Modelle* oder aufgrund ihre Annahme eines konstanten Nutzens auch als *Konstantnutzenmodelle* bezeichnet. Bei ihnen wird der Nutzen der Produkte analog zur First-Choice Regel deterministisch modelliert, der eigentliche Auswahlprozess jedoch probabilistisch interpretiert. Dadurch soll die begrenzte Rationalität von Menschen und situative Einflüsse erfasst und berücksichtigt werden.[145] Dies bedeutet, dass nicht nur der nutzenmaximalen, sondern auch allen anderen Varianten eine positive Auswahlwahrscheinlichkeit zugeordnet wird. Die Auswahlwahrscheinlichkeit θ einer Variante v hängt vom Verhältnis des Nutzens dieser Variante zur Summe des Nutzens aller zur Verfügung stehenden Varianten ab, bzw. formal:[146]

$$\theta_{kv} = \frac{U_{kv}^{\alpha}}{\sum\limits_{v'=1}^{V} U_{kv'}^{\alpha}} \tag{3.2}$$

Im Grundmodell beträgt $\alpha = 1$, im verallgemeinerten Modell kann durch Erhöhung des Skalierungsparameters α Varianten mit größeren Nutzen eine größere Auswahlwahrscheinlichkeit zugeordnet und so das Modell an reale Auswahlentscheidungen angepasst werden. Im Extremfall resultiert mit $\alpha = \infty$ die First-Choice Regel. Der großen Flexibilität des verallgemeinerten Modells steht jedoch der Nachteil der Schätzung eines geeigneten Werts für α gegenüber.[147]

142 Vgl. Luce (1959).
143 Vgl. Gutsche (1995), S. 144-150; Steiner (1999), S. 34-37; Teichert (2001), S. 72f.
144 Vgl. Bradley/Terry (1952).
145 Vgl. Herrmann (1998), S. 107; Anderson et al. (1992), S. 20.
146 Vgl. Teichert (2001), S. 73; Gutsche (1995), S. 149; Herrmann (1992), S. 120.
147 Zur Schätzung des Skalierungsparameters α vgl. Gutsche (1995), S. 149f.

Nicht unproblematisch ist die aufgrund der stochastischen Nutzentheorie notwendige *Annahme der Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen*, welche auch als *UIA*- bzw. englisch als *IIA-Annahme*[148] bezeichnet wird. Diese besagt, dass das Verhältnis der Auswahlwahrscheinlichkeiten zweier Alternativen unabhängig von allen weiteren zur Verfügung stehenden Alternativen ist.[149] In realen Entscheidungssituationen muss dies jedoch nicht gegeben sein, wie an einfachen Beispielen gezeigt werden kann.[150] Angenommen das Unternehmen aus Kapitel 2 bietet seinen Kunden zur Finanzierung seiner Kippsattelauflieger die Finanzierungsformen Kredit und Leasing an. Angenommen ein Kunde hat für beide Finanzierungsalternativen einen identischen Nutzen. In dem Fall besitzt gemäß der BTL-Regel jedes Finanzierungsangebot eine Wahrscheinlichkeit von 50 % ausgewählt zu werden und das Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten zueinander beträgt 1. Nach reiflicher Überlegung führt das Unternehmen ein weiteres, leicht verändertes Leasing-Angebot ein, was jedoch für den betrachteten Kunden gleichwertig zum ersten Leasing-Angebot ist. Gemäß der BTL-Regel besitzen nun der Kredit und die zwei Leasing-Angebote eine Wahrscheinlichkeit von je ca. 33 % ausgewählt zu werden. Das Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten von Kredit und erstem Leasing-Angebot beträgt weiterhin 1 und ist somit konstant, weswegen die UIA-Annahme auch Constant Choice Axiom genannt wird. Im vorliegenden Fall ist das Ergebnis jedoch wenig plausibel und die UIA-Annahme daher nicht zu halten. Durch Hinzufügen eines neuen Leasing-Angebots besteht nun eine Wahrscheinlichkeit von über 66 %, dass der Kunde Leasing als Finanzierungsform wählt. Jedoch sollte die Wahrscheinlichkeit, ob ein Kunde grundsätzlich einen Kredit- oder einen Leasing-Vertrag wählt, unabhängig von der Existenz eines weiteren Leasing-Vertrages sein. Durch die Ähnlichkeit der Leasing-Verträge hätte der neue Leasing-Vertrag einen weit größeren Marktanteil vom alten Leasing-Vertrag anstelle vom Kredit-Vertrag erhalten müssen. Nachvollziehbar wäre z.B., wenn der Kredit weiterhin eine Auswahlwahrscheinlichkeit von 50 % und die beiden für den Kunden gleich nutzenstiftenden Leasing-Verträgen eine Auswahlwahrscheinlichkeit von je 25 % aufweisen würden.

148 Independence of irrelevant alternatives.

149 Vgl. Steiner (1999), S. 42; Teichert (2001), S. 39. Für eine mathematische Herleitung vgl. Gutsche (1995), S. 144-146; Herrmann (1992), S. 118f.

150 Weitere Beispiele in der Literatur sind das Cola/Fanta Beispiel (vgl. Herrmann (1992), S. 120-124) und das Roter Bus/Blauer Bus Paradoxon (vgl. Ben-Akiva/Lerman (2003), S. 51f).

Zufallsnutzenmodelle

Im Gegensatz zu den bisherigen Wahlmodellen unterstellen Zufallsnutzenmodelle, dass aufgrund erhebungs- und messtechnischer Defizite nur Teile des Gesamtnutzens erhoben werden können und aufgrund dessen der Nutzen als stochastisch anzusehen ist.[151] Konkret wird der Gesamtnutzen U einer Alternative v in eine deterministische Komponente ω und eine stochastische Komponente ε zerlegt.[152] Es gilt:

$$U_{kv} = \omega_{kv} + \varepsilon_{kv} \tag{3.3}$$

Die Wahl eines Kunden ist analog zur First-Choice Regel streng rational und nutzenmaximierend, sodass ein Kunde die Variante mit dem höchsten Nutzen auswählen wird. Aufgrund der stochastischen Komponente kann jedoch nicht mit Sicherheit prognostiziert werden, welche Variante dies ist, sondern es sind lediglich Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich. Formal beträgt die Wahrscheinlichkeit θ, dass Kunde k Variante v auswählt:[153]

$$\begin{aligned} \theta_{kv} &= \theta\left(U_{kv} \geq U_{kv'}, \forall v' \in \{1,...,V\} \neq v\right) \\ &= \theta\left(\omega_{kv} - \omega_{kv'} \geq \varepsilon_{kv'} - \varepsilon_{kv}, \forall v' \in \{1,...,V\} \neq v\right) \end{aligned} \tag{3.4}$$

Eine Variante v wird genau dann einer Variante v´ vorgezogen, wenn die Differenz der deterministischen Nutzenkomponenten größer als die Differenz der stochastischen Komponenten ist. Zur Bestimmung konkreter Wahrscheinlichkeiten ist eine Annahme über die Verteilung der stochastischen Komponenten notwendig. Wird Normalverteilung unterstellt, so resultiert ein *multinomiales Probitmodell*.[154] Dieses benötigt zwar nicht die UIA-Annahme, ist jedoch aufgrund komplizierter Mehrfachintegrale äußerst aufwendig in der Berechnung und wird daher in realen Anwendungssituationen nur selten verwandt.[155] Wesentlich häufiger wird die Annahme getroffen, dass die stochastische Komponente unabhängig extremwertverteilt[156] ist.[157] In dem Fall resultiert ein *multinomiales Logit-*

151 Vgl. Teichert et al. (2008), S. 666; Herrmann (1998), S. 104f.

152 Vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 114-118; Steiner (1999), S. 37-45; Gutsche (1995), S. 150-155; Herrmann (1992), S. 135-165. Diese Wahlmodelle gehen insbesondere auf die Arbeiten von McFadden zurück, vgl. Maddala (2008), S. 59-61; Herrmann (1992), S. 135 sowie u.a. McFadden (1974); McFadden (1976); McFadden (1981).

153 Vgl. Hensher et al. (2005), S. 82f.; Ben-Akiva/Lerman(2003), S. 101; Herrmann (1998), S. 109f.

154 Vgl. Hahn (1997), S. 118; Herrmann (1992), S. 140; Gutsche (1995), S. 153.

155 Vgl. Maddala (2008), S. 64; Ben-Akiva/Lerman (2003), S. 128; Teichert (2001), S. 74; Herrmann (1992), S. 156-165.

156 In der Literatur wird teilweise angegeben, dass die stochastische Nutzenkomponente logistisch verteilt ist, was jedoch nicht korrekt ist. Vielmehr ist die in der weiteren Her-

Modell, kurz *MNL-Modell*, welches den Vorteil einer geschlossenen analytischen Form besitzt. Nach dieser ergibt sich die Auswahlwahrscheinlichkeit θ von Variante v durch Kunde k formal gemäß:[158]

$$\theta_{kv} = \frac{\exp(\alpha \cdot \omega_{kv})}{\sum_{v'=1}^{V} \exp(\alpha \cdot \omega_{kv'})} \tag{3.5}$$

Im Grundmodell beträgt $\alpha = 1$, im verallgemeinerten Modell kann durch Veränderung des Skalierungsparameters α wiederum eine Anpassung an reale Auswahlentscheidungen vorgenommen werden. Auch hier resultiert im Extremfall mit $\alpha = \infty$ die First-Choice Regel.

Vergleich der klassischen Wahlmodelle

Wie erläutert, unterscheiden sich die klassischen Wahlmodelle einerseits hinsichtlich des unterstellten Entscheidungsverhaltens, andererseits hinsichtlich des angenommenen Ausmaßes empirischer Nutzenerfassung. Durch Kombination dieser Dimensionen ergibt sich eine 2x2-Matrix, wie sie in Tabelle 3.1 dargestellt ist.[159]

Tabelle 3.1: Konzeptionelle Unterscheide klassischer Wahlmodelle
Quelle: In Anlehnung an Teichert (2001), S. 75.

Unterstelltes Entscheidungsverhalten	**Ausmaß vermuteter Nutzenerfassung**	
	vollständig	**unvollständig**
deterministisch	First-Choice Regel	Zufallsnutzenmodelle (MNL-Modelle)
stochastisch	Attraktionsmodelle (BTL-Modelle)	–

leitung benötigte Differenz zweier extremwertverteilter Zufallszahlen logistisch verteilt, vgl. Train (2008), S. 38f.

157 Vgl. Steiner (1999), 39; Hahn (1997), S. 112f.

158 Vgl. Maddala (2008), S. 59-61; Ben-Akiva/Lerman (2003), S. 100-107; Steiner (1999), S. 37-42; Gutsche (1995), S. 151-153; Maier/Weiss (1990), S. 135-137.

159 Vgl. Teichert (2001), S. 75; Homburg/Krohmer (2009), S. 113.

Die First-Choice Regel besitzt einige Vorteile. Zunächst besticht sie durch ihre Einfachheit. Dadurch ist sie zum einen intuitiv verständlich, was die Akzeptanz der auf ihr basierenden Ergebnisse bei Entscheidungsträgern erhöht, zum anderen ist sie leicht zu berechnen, was die Integration dieser Regel in andere Entscheidungsmodelle vereinfacht.[160] Darüber hinaus ist sie invariant gegenüber linearen Transformationen der Nutzenwerte und robust gegenüber Verletzung der UIA-Annahme.[161] Als Nachteil ist ihre Vernachlässigung der Nutzenabstände zwischen verschiedenen Alternativen anzuführen.[162] So erhalten selbst Varianten mit nur leicht geringerem Nutzen als die beste Variante eine Auswahlwahrscheinlichkeit von null. Dies setzt jedoch nicht nur eine genaue Nutzenwahrnehmung durch die Kunden, sondern auch deren exakte Messung durch die Marktforschung voraus.[163] Ein Umstand, der mit abnehmender Wichtigkeit der Kaufentscheidung und zunehmender Produktkomplexität weniger erfüllt sein wird und so zu einer Überschätzung der Auswahlwahrscheinlichkeit für Produkte mit überdurchschnittlichem Nutzen führen kann.[164] Die First-Choice Regel wird daher im Allgemeinen für Kaufentscheidungen empfohlen, bei denen von einem hohen *Involvement*[165] der Kunden auszugehen ist.[166] Dies sind vor allem einmalige, seltene oder für den Kunden wichtige Kaufentscheidungen meist langlebiger Konsumgüter.[167] Beispiele hierfür sind der Kauf einer Immobilie, eines Autos, einer Versicherung und eines Computers. In diesen Fällen ist davon auszugehen, dass die Kunden sich intensiv mit der Kaufentscheidung auseinandersetzen, sich über die Alternativen und den jeweiligen Nutzen klar werden und entsprechend dem ökonomischen Prinzip der Nutzenmaximierung die nutzenmaximale Variante auswählen.

Attraktionsmodelle können hingegen Wahlentscheidungen besser prognostizieren, die stärker von der Nutzenbewertung entkoppelt sind.[168] Durch die Angabe von Auswahlwahrscheinlichkeiten für alle Varianten eignen sie sich besser zur Abbildung der Kaufentscheidungen von Segmenten als die First-Choice

160 Vgl. Gutsche (1995), S. 142 sowie S. 144; Teichert (2001), S. 81.
161 Vgl. Heidbrink (2007), S. 41; Teichert (2001), S. 76 und S. 79.; Green/Krieger (1988), S. 116f.
162 Vgl. Otter (2001), S. 62.
163 Vgl. Hillig (2006), S. 53. Eine exakte Nutzenwahrnehmung ist jedoch insbesondere für sehr ähnlichen Produkten erschwert, vgl. Hartmann (2004), S. 34.
164 Vgl. Steiner (1999), S. 34; Gutsche (1995), S. 143.
165 Zum Involvement-Konzept zur Typologisierung von Kaufentscheidungen vgl. Homburg/Krohmer (2009), S. 105f.; Foscht/Swoboda (2007), S. 149-160; Kuß/Tomczak (2007), S. 73-84.
166 Vgl. Hillig (2006), S. 54; Steiner (1999), S. 35.
167 Vgl. Hartmann (2004), S. 34; Gutsche (1995), S. 142f.; Green/Krieger (1988), S. 117.
168 Vgl. Teichert (2001), S. 76.

Regel. So muss nicht davon ausgegangen werden, dass alle Kunden eines Segments eine Variante erwerben, sondern dass entsprechend der Auswahlwahrscheinlichkeit multipliziert mit der Segmentgröße viele Kunden eine bestimmte Variante kaufen. Darüber können sie, sofern in realen Situationen notwendig, die First-Choice Regel nachbilden. Allerdings weisen BTL-Modelle einige Nachteile auf. So setzen sie Intervallskalierung, d.h. einen natürlichen Nullpunkt, der Nutzenwerte voraus, die jedoch maximal verhältnisskaliert sind.[169] Dadurch kann für Varianten mit negativen Nutzenwerten keine Wahrscheinlichkeit bestimmt werden und eine zur Behebung notwendige lineare Transformation mit konstantem Faktor würde die Auswahlwahrscheinlichkeiten verändern.[170] Ein Umstand, der insbesondere im Hinblick auf die Normierung von Nutzenwerten kritisch zu sehen ist.[171] Zudem benötigen sie modelltheoretisch die UIA-Annahme und zeigen sich wenig robust gegenüber ihrer Verletzung.[172] Desweiteren fehlt ihrem Skalierungsparameter α eine eindeutige und wissenschaftlich fundierte Interpretation.[173] Zudem sind sie nicht mit der Annahme rationalen Entscheidungsverhalten vereinbar, wie die bewusste Entscheidung für eine andere als die nutzenmaximale sowie die positiven Auswahlwahrscheinlichkeiten selbst für dominierte Varianten zeigen.[174] Vor diesem Hintergrund ist es grundsätzlich fraglich, ob eine probabilistische Modellierung des Kaufverhaltens auf Grundlage deterministischer Nutzenbewertung nicht bereits in sich einen Widerspruch darstellt.[175] Empfohlen werden Attraktionsmodelle vor allem zur Prognose von Kaufentscheidungen mit geringem Involvement. Dies kann vor allem für Verbrauchsprodukte mit häufiger Kauffrequenz wie Joghurt und ähnlichen Lebensmitteln des täglichen Bedarfs unterstellt werden, bei denen Abwechslung im Konsum angestrebt wird, der jedoch nutzenmäßig nicht erfassbar ist.[176]

Zufallsnutzenmodelle eignen sich wie die Attraktionsmodelle für eine segmentspezifische Modellierung und können ebenso ggf. die First-Choice Regel nachbilden, stehen hingegen im Einklang mit der Annahme rationalen Entscheidungsverhaltens.[177] Auswahlwahrscheinlichkeiten entstehen hier nicht durch

169 Vgl. Hillig (2006), S. 54; Teichert (2000), S. 76-78.
170 Vgl. Heidbrink (2007), S. 41; Hartmann (2004), S. 33; Green/Krieger (1988), S. 116f.
171 Zur Nutzennormierung vgl. Backhaus et al. (2008), S. 470f.; Steiner (2007), S. 113-116; Gutsche (1995), S. 133-135.
172 Vgl. Heidbrink (2007), S. 78-79.
173 Vgl. Steiner (1999), S. 36f.; Brockhoff (1999).
174 Vgl. Hartmann (2004), S. 38. Entgegen der Aussage von Hartmann gilt dies jedoch aufgrund des stochastischen Nutzens jedoch nicht für Zufallsnutzenmodelle. Zum Dominanzprinzip vgl. u.a. Werners (2008), S. 27f.; Eisenführ/Weber (2003), S. 87-89.
175 Vgl. Steiner (1999), S. 37.
176 Vgl. Gutsche (1995), S. 143; Teichert (2001), S. 76.
177 Vgl. Steiner (1999), S. 37.

irrationales Verhalten der Kunden, sondern durch unvollständige Nutzenerfassung in Form der stochastischen Nutzenkomponente. Weitere Vorteile sind die methodisch und theoretisch fundierte Modellschätzung inklusive des Skalierungsparameters α und die Möglichkeit der empirischen Modellvalidierung.[178] Nachteilig ist hingegen die fehlende Invarianz gegenüber multiplikativen Transformationen der Nutzenwerte.[179] Auch benötigen die Zufallsnutzenmodelle, zumindest in der Form praktikabler MNL-Modelle, die UIA-Annahme. Allerdings können Produktlinien grundsätzlich so definiert werden, dass die UIA-Annahme eingehalten wird. Im obigen Beispiel unterschiedlicher Finanzierungen könnte die Produktlinie mit den verschiedenen Finanzierungsvarianten Kredit und Leasing in zwei Produktlinien für Kredit- und Leasing-Verträge aufgeteilt werden. Innerhalb der zwei neuen Produktlinien wäre dann die UIA-Annahme erfüllt. Alternativ können Entscheidungshierarchien, also zunächst die Grundsatzentscheidung Kredit oder Leasing, anschließend die konkrete Variante, durch sogenannte „Nests" in multinomiale Modelle integriert werden.[180] Dadurch ergibt sich jedoch die Schwierigkeit der Bestimmung dieser Nester. Ebenfalls nicht ganz unproblematisch ist der zur Schätzung der Parameter benötigte große Stichprobenumfang.[181] Aufgrund ihrer Eigenschaften können Zufallsnutzenmodelle immer dann empfohlen werden, wenn in Wahlsituationen eine vollständige Nutzenerfassung unwahrscheinlich ist. Dies kann sowohl bei Produkten mit High als auch Low Involvement der Fall sein, jedoch tendenziell eher bei komplexeren Produkten.

Aus theoretischer Sicht bietet jedes der drei Modelle Vor- und Nachteile, sodass keine prinzipielle, allenfalls eine anwendungsspezifische Überlegenheit zu konstatieren ist.[182] Jedes der Modelle wurde bereits in unterschiedlichen Anwendungssituationen erfolgreich eingesetzt. Allerdings zeigt sich, dass Unterschiede zwischen den drei Modellen geringer ausfallen, als man vermuten könnte.[183] So ergibt sich nach der First-Choice Regel auf individueller Ebene zwar ein Schwellenwert-Modell, auf aggregierter Ebene hingegen ein dem S-Modell der probabilistischen Modelle sehr ähnlicher Verlauf.[184] Zahlreiche Studien belegen, dass mit der einfachen First-Choice Regel eine prognostische Validität

178 Vgl. Steiner (1999), S. 38f.
179 Vgl. Heidbrink (2007), S. 41; Hartmann (2004), S. 33; Green/Krieger (1988), S. 116f.
180 Für nähere Ausführungen zu den sog. hierarchischen Wahlmodellen im Allgemeinen und den Nested Logit Modellen im Speziellen vgl. McFadden (1981); Lilien et al. (1992), S. 104-107; Ben-Akiva/Lerman (2003), S. 276-322; Hensher et al. (2005), S. 518-604; Maddala (2008), S. 67-70.
181 Vgl. Hartmann (2004), S. 40.
182 Vgl. Hartmann (2004), S. 34.
183 Siehe vergleichende Analysen z.B. in Albers/Brockhoff (1985).
184 Vgl. Teichert (2001), S. 80.

auf aggregierter Ebene erzielt werden kann, die mit der von komplexen Modellen vergleichbar ist.[185] Zu einem ähnlichen Ergebnis gelangt Heidbrink im Rahmen einer Meta-Analyse von 135 Studien. Nach seiner Analyse fällt über alle Einsätze die mittlere absolute Abweichung der Wahlanteilsvorhersage bei der First-Choice Regel mit 6,1 Prozentpunkten deutlich geringer als beim BTL-Modell mit 13,9 Prozentpunkten und ähnlich gut wie beim MNL-Modell mit 4,7 Prozentpunkten aus.[186] Werden hingegen ausschließlich traditionelle Conjoint-Analysen betrachtet, so führt die First-Choice Regel sogar zu der geringsten Abweichung (4,1 Prozentpunkte im Vergleich zu 6,6 Prozentpunkten beim MNL-Modell).

Randomized First-Choice Regel als neues Wahlmodell

Zur Überwindung der Probleme klassischer Wahlmodelle wird im Rahmen von Marktsimulationsmodellen mit der *Randomized First-Choice* Regel, kurz RFC, eine alternative Variante der Zufallsnutzentheorie vorgeschlagen.[187] Auch ihr liegt ein stochastischer Nutzen zugrunde. Im Gegensatz zum vorgestellten Zufallsnutzen erfolgt nicht nur eine Variation des Gesamtnutzens, sondern auch der Teilnutzenwerte. Damit ergibt sich der Gesamtnutzen U einer Produktvariante v durch Addition der deterministischen Teilnutzenwerte ω und der stochastischen Variation ε′ einer Ausprägungen a eines Merkmale m sowie der stochastischen Variation des Gesamtnutzens ε″, bzw. formal:[188]

$$U_{kv} = \sum_{m=1}^{M} \sum_{a=1}^{A_m} \delta_{vma} \cdot \left(\omega_{kma} + \varepsilon'_{kma} \right) + \varepsilon''_{kv} \tag{3.6}$$

Die Variable δ_{vma} gibt in diesem Zusammenhang das Produktdesign an. Sie nimmt den Wert 1 an, falls Variante v in Merkmal m die Ausprägung a aufweist und null sonst. Unter Vernachlässigung der ersten stochastischen Komponente und mit Annahme einer unabhängig extremwertverteilter Variation des Gesamtnutzens ergibt sich das MNL-Modell. Laut Huber et al. kann durch die erste stochastische Komponente Geschmacksvariation abgebildet werden.[189] Andererseits ermöglicht sie die Erfassung der den geschätzten Teilnutzenwerten innewohnenden Unsicherheit. Da auf eine geschlossene Form der Auswahlwahrscheinlichkeit verzichtet wird, kann jede Verteilung der stochastischen Komponenten angenommen werden. Die Auswahlwahrscheinlichkeiten werden bei der

185 Vgl. Shocker/Srinivasan (1979), S. 172 und die dort angegebenen Studien sowie Sudharshan et al. (1987), S. 199; Huber et al. (1999); Moore et al. (1998), S. 202.
186 Vgl. Heidbrink (2007), S. 101, Tab. 6.16.
187 Vgl. Huber et al. (2007); Orme/Baker (2000).
188 Vgl. Huber et al. (2007), S. 348.
189 Vgl. Huber et al. (2007), S. 348.

Randomized First Choice Regel durch Simulation ermittelt, indem wiederholt zufällig Werte der stochastischen Nutzenkomponenten aus den unterstellten Verteilungen gezogen, der resultierende Gesamtnutzen berechnet und die gemäß der First-Choice Regel getroffene Auswahl bestimmt werden. Das Randomized First-Choice Modell stellt damit eine Verknüpfung von First-Choice Regel und Zufallsnutzenmodellen dar und verknüpft somit die Einfachheit und Robustheit des First-Choice Modells mit der realitätsnäheren Abbildung der Produktwahl in den probabilistischen Modellen.

3.1.3 Lineares Programm zur nutzenmaximalen Produkt- und Bündelwahl

In komplexen Produktprogrammen mit Produkten und Bündeln ist die Bestimmung der den Kunden zur Verfügung stehenden Handlungsalternativen deutlich schwieriger. Handlungsalternativen stellen nach der Entscheidungstheorie mögliche Lösungen des Entscheidungsproblems dar. Gemäß dem *Prinzip der vollkommenen Alternativenstellung* schließen sich Handlungsalternativen gegenseitig aus, sodass genau eine Alternative auszuwählen ist.[190] In Produktlinien stellt jede Variante eine Handlungsalternative dar. Zusammen mit der Unterlassungsalternative, durch die auch der Kauf beim Wettbewerb abgebildet werden kann, ist der Alternativenraum abgeschlossen und der Kunde hat sich für genau eine dieser Alternativen zu entscheiden. Situationen mit mehreren Linien können auf den Ein-Linien-Fall zurückgeführt werden, sofern davon auszugehen ist, dass die Linien unabhängig beurteilt werden und keine Interdependenzen existieren.

Anders hingegen im Bündelungsfall. Der Zwei-Produkt-Ein-Bündel-Fall wurde bereits ausführlich in Kapitel 2 vorgestellt. Die Erhöhung der betrachteten Anzahl von Produkten und Bündel führt jedoch zu einem erheblichen Anstieg möglicher Handlungsalternativen. Dies sei an einem Produktprogramm mit drei unterschiedlichen Produkten A, B, C und zwei Bündeln I, II beispielhaft erläutert, welches in Abbildung 3.4 dargestellt ist.

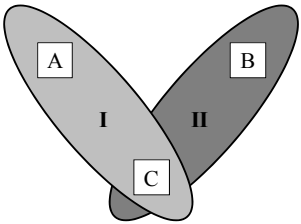


Abbildung 3.4: Produktprogramm mit drei Produkten A, B, C und zwei Bündeln I, II

190 Vgl. Werners (2008), S. 21; Saliger (2003), S. 4-6; Rommelfanger/Eickemeier (2002), S. 18f.

Es könnte vermutet werden, dass der Kunde sechs Handlungsalternativen, nämlich den Kauf der einzelnen Produkte A, B, C, den Kauf der einzelnen Bündel I, II und den Verzicht auf einen Kauf besitzt. Allerdings sind diese Alternativen nicht überschneidungsfrei, da A, B und C unterschiedliche Produkttypen sind und daher auch gemeinsam gekauft werden können. Insgesamt besitzt der Kunde folgende 13 Handlungsalternativen:[191]

Tabelle 3.2: Handlungsalternativen des Kunden beim Produktprogramm aus Abb. 3.4

Alternative	Erworbene Bündel und Produkte	Alternative	Erworbene Bündel und Produkte
1	Verzicht	8	A,B,C
2	A	9	I
3	B	10	II
4	C	11	I,II
5	A,B	12	I,B
6	A,C	13	II,A
7	B,C		

Die Anzahl der Handlungsalternativen steigt noch einmal deutlich an, wenn für jeden der drei Produkttypen A, B, C mehrere Varianten A1, A2, …, B1, B2, … etc. angeboten werden.

Dadurch ergeben sich zwei Schwierigkeiten für den Einsatz probabilistischer Wahlmodelle. Erstens kann die UIA-Annahme in keinem Fall aufrecht erhalten werden. Ein neu eingeführtes Bündel I, welches die Produkte A und B enthält, sollte insbesondere Marktanteile zulasten der Einzelprodukte A und B, nicht jedoch von Produkt C erzielen. Auch die diskutierte Möglichkeit genesteter Modelle ist aufgrund der schwierigen Identifikation geeigneter Nester, die sich zudem aufgrund der angebotenen Produkte und Bündel laufend ändern, problematisch zu sehen. Zweitens stellt sich die Frage, ob die Grundannahme der MNL-Modelle, nämlich die Unabhängigkeit stochastischer Nutzenkomponenten, verletzt ist. Zunächst ist zu klären, ob durch Bündelung ein eigenständiger Nutzen entsteht und somit ein Bündel mehr ist als die enthaltenen Produkte. Falls dies zu bejahen ist, so stellt sich die Frage, wann dieser zusätzliche Bündelnutzen zum Tragen kommt. Angenommen ein Kunde erwirbt von dem in Kapitel 2 vorgestellten Unternehmen ein Bündel aus Kippsattelauflieger und Servicevertrag. Ein über die Produktnutzen hinausgehender Zusatznutzen könnte durch die Kombination beider Produkte entstehen. Dann jedoch sollte der Kunde den glei-

191 Dominierte Handlungsalternativen wurden bereits entfernt. So kann bspw. bei Besitz von Bündel I durch den zusätzlichen Kauf von Produkt A der Nutzen nicht mehr gesteigert werden.

chen Gesamtnutzen erzielen, wenn er die beiden Produkte getrennt voneinander erwirbt. In dem Fall sind jedoch die stochastischen Nutzenkomponenten der Alternativen „Kauf des Bündels“ und „Kauf beider Einzelprodukte“ nicht nur nicht mehr unabhängig, sondern identisch. Die Vorziehenswürdigkeit eines der beiden Alternativen resultiert dann ausschließlich aus der deterministischen Komponente, die sich nur noch im Preis unterscheiden kann.

Vor diesem Hintergrund wird zur Entwicklung eines Modells zur Antizipation der Produkt- und Bündelwahl in komplexen Produktprogrammen auf probabilistische Wahlmodelle verzichtet, sondern stattdessen eine Erweiterung der deterministischen First-Choice Regel unternommen. Da die Varianten einer Produktlinie Substitute darstellen, kann ein Kunde jeweils maximal eine Variante nutzstiftend einsetzen. Erwirbt er mehrere Varianten einer Produktlinie, wird er die Variante mit dem größeren Nutzen verwenden. Ein rationaler Kunde wird aus einem gegebenen Produktprogramm die Kombination aus Produkten und Bündeln erwerben, durch die er seinen Nutzen bzw. Surplus maximiert. Zur Prognose des Kundenverhaltens und der von ihm erworbenen Produkte und Bündel wird das folgende lineare Programmierungsmodell vorgeschlagen. Es ermittelt, welche Produkte und Bündel ein Kunde erwerben wird und ggf. welche Variante er nutzt, sofern er mehr als eine Variante pro Linie erwirbt. Letzteres ist für einen Kunden sinnvoll, wenn ein ansonsten attraktives Bündel aus einer Produktlinie eine so unattraktive Variante enthält, dass er durch den Erwerb einer weiteren Variante dieser Linie seinen Nutzen erhöhen kann, auch wenn er dann die im Bündel enthaltene Variante nicht nutzt. Für das Modell werden folgende Indizes, Parameter und Variablen benötigt:

Indizes und Indexmengen

$b = 1, \ldots, B$	„Unechte“ und „echte“ Bündel
$k = 1, \ldots, K$	Kunden
$l = 1, \ldots, L$	Produktlinien
$v = 1, \ldots, V_l$	Varianten der Produktlinie l

Parameter

K_{blv}	Bündelkonfiguration, 1 falls Bündel b Produkttyp l in Variante v enthält, 0 sonst
P_b	Preis von Bündel b
R_{klv}	Reservationspreis / Zahlungsbereitschaft von Kunde k für Produkttyp l in Variante v

Variablen

$$x_{kblv} = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k aus Bündel b Produkttyp l in Variante v nutzt} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\theta_{kb} = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k Bündel b kauft} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Das binäre lineare Modell *CusChoice* lautet wie folgt:

$$\max \quad \sum_{k=1}^{K} \left(\sum_{b=1}^{B} \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} R_{klv} \cdot x_{kblv} - \sum_{b=1}^{B} P_b \cdot \theta_{kb} \right) \tag{3.7}$$

$$\text{s.d.} \quad x_{kblv} \le K_{blv} \cdot \theta_{kb} \qquad \forall k, b, l, v \tag{3.8}$$

$$\sum_{b=1}^{B} \sum_{v=1}^{V_l} x_{kblv} \le 1 \qquad \forall k, l \tag{3.9}$$

$$x_{kblv}, \theta_{kb} \in \{0,1\} \qquad \forall k, b, l, v \tag{3.10}$$

Die Indexmenge Bündel umfasst hier nicht nur alle echten Bündel, also Bündel, die mehr als ein Produkt enthalten, sondern auch Einzelprodukte. Sie stellt damit die Gesamtheit aller erwerbbaren Angebote dar. Durch die Zielfunktion (3.7) wird der Surplus der Kunden maximiert. Da die Kunden unabhängig voneinander agieren, kann die Größe der Kundensegmente vernachlässigt werden. Durch den ersten Term der Zielfunktion wird die Zahlungsbereitschaft des Kunden durch die von ihm genutzten Produktvarianten, durch den zweiten der Gesamtpreis der von ihm erworbenen Bündel bestimmt. Restriktion (3.8) stellt sicher, dass nur die Produktvarianten genutzt werden, die in irgendeinem gekauften Bündel enthalten sind, während Restriktion (3.9) die Annahme abbildet, dass pro Produkttyp von allen erworbenen Varianten maximal eine nutzenstiftend eingesetzt werden kann. Durch Restriktion (3.10) werden abschließend die Entscheidungsvariablen als Binärvariablen deklariert. Das Modell *CusChoice* stellt damit ein im Sinne der hierarchischen Planung geeignetes Antizipationsmodell dar.

3.2 Product Line Design und seine Anwendung

Product Line Design stellt eine Erweiterung des Problems des Product Designs dar, welches sich mit der Frage nach der optimalen Gestaltung eines neu einzuführenden Produkts beschäftigt. Bereits in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts entstanden erste Entscheidungsunterstützungsmodelle, welche nach und

nach um weitere ergänzt wurden und so einen eigenständigen Forschungszweig eröffneten.

Es lassen sich zwei Hauptströmungen identifizieren. Zum einen Produktdesign-Modelle auf Basis der *Multidimensionalen Skalierung*[192], kurz MDS, zum anderen Modelle auf Basis der *Conjoint-Analyse*. Während sich die MDS-basierte Forschungsrichtung mit der optimalen *Produktpositionierung* im psychologischen Eigenschaftsraum der Kunden mit meist kontinuierlichen Ausprägungen beschäftigt, versucht die CA-basierte Richtung durch optimale Festlegung diskreter Ausprägungen von physischen Produkteigenschaften eine optimale *Produktgestaltung* zu erzielen. Product Design-Modelle stellen als Vorgänger der Product Line Design-Modelle zwar auch eine Basis für die vorliegende Arbeit dar, sie sind jedoch für die im Weiteren zu entwickelnden Modelle von untergeordneter Bedeutung. Sie werden daher hier nicht vorgestellt, stattdessen wird auf Überblicke in der Literatur verwiesen.[193]

3.2.1 Problemstellung und Stand der Forschung

Das Ergebnis optimaler Produktliniengestaltung kann eindeutig angegeben werden. Nach Optimierung existiert eine Produktlinie mit mehreren Varianten, die so ausgewählt bzw. spezifiziert wurden, dass die verfolgte Zielsetzung bestmöglich erreicht wird. Die Schwierigkeit liegt darin, die Produktlinie so zu gestalten, dass negative Effekte durch *Kannibalisierung* zwischen den Varianten verhindert bzw. gemindert werden.

Unter Kannibalisierung wird im Marketing die Verdrängung einer etablierten Produktvariante durch eine eigene neue Variante verstanden.[194] Entsprechend der negativen Begriffskonnotation wird oft davon ausgegangen, dass die verdrängte Variante einen größeren Deckungsbeitrag aufweist als die verdrängende und sich somit der Gesamtdeckungsbeitrag verringert.[195] Im Rahmen von Neuplanungen von Produktlinien adressiert ein Anbieter mit verschiedenen Varianten verschiedene Kundensegmente. In diesem Zusammenhang liegt Kannibalisierung vor, falls ein Kunde von der für ihn vom Anbieter vorgesehenen Variante abweicht und stattdessen eine andere Variante erwirbt. Kannibalisierung führt vor dem Hintergrund rationaler Varianten-Segment-Zuordnungen immer zu Deckungsbeitragseinbußen, welche daher durch Änderung des Produktdesigns

192 Für eine Einführung vgl. Backhaus et al. (2008), S. 535-542.

193 Vgl. Krishnan/Ulrich (2001); Steiner (1999), S. 63-147; Kaul/Rao (1995); Green/Krieger (1989).

194 Vgl. Meffert et al. (2008), S. 464; Brockhoff (1999), S. 85.

195 Vgl. Werners et al. (2009), S. 62; Klein/Steinhardt (2008), S. 22f.; Decker/Bornemeyer (2007), S. 576; Haverkamp (2005), S. 62.

und/oder der Preise zu verhindern sind. Dies wird im Folgenden an einem Beispiel unter Verwendung der First-Choice Regel illustriert.

Angenommen ein Maschinenbauunternehmen bietet weitgehend standardisierte Beschichtungsanlagen für den deutschen und amerikanischen Markt an. Neben einem Grundblock bzw. der Grundmaschine werden die Anlagen durch die Unterscheidungsmerkmale Kammergröße mit den Ausprägungen mittel, groß und übergroß sowie Temperatur mit den Ausprägungen Hochtemperaturbeschichtung und Hoch- und Niedertemperaturbeschichtung charakterisiert. Die 10 Kunden jeder Region besitzen ähnliche Zahlungsbereitschaften, sodass der Markt regional segmentiert wurde. Gemäß Tabelle 3.3 sind Unternehmen aus dem Kundensegment BRD bereit, 530.000 € für den Grundblock zu zahlen. Besitzt eine Beschichtungsanlage eine übergroße Kammer und können außerdem Beschichtungen sowohl im Hoch- als auch im Niedertemperaturbereich durchgeführt werden, erhöht sich die Zahlungsbereitschaft um 120.000 € + 70.000 € = 190.000 €. Insgesamt sind Kunden dieses Segments bereit, 720.000 € für eine Beschichtungsanlage zu zahlen, was die maximale Zahlungsbereitschaft darstellt. Wird der Preis auf maximal 720.000 € festgelegt, werden alle 10 Kunden diese Segments die Variante erwerben.

Tabelle 3.3: Merkmalskosten und Zahlungsbereitschaften von zwei Kundensegmenten für Ausprägungen kaufrelevanter Merkmale einer Beschichtungsanlage

Merkmal	Ausprägung	Kosten	Zahlungsbereitschaft	
			BRD	USA
Grundblock		290 T€	530 T€	550 T€
Kammergröße	mittel	20 T€	35 T€	35 T€
	groß	50 T€	60 T€	75 T€
	übergroß	120 T€	120 T€	80 T€
Temperatur	Hochtemperatur	40 T€	30 T€	60 T€
	Hoch- und Niedertemperatur	90 T€	70 T€	120 T€

Beide Märkte sollen mit einer eigenen Variante bedient werden. Isoliert betrachtet stellt eine Anlage mit mittlerer Kammergröße und ausschließlich Hochtemperaturbeschichtung die deckungsbeitragsmaximale Variante D für den deutschen Markt dar. Für andere Ausgestaltungen besitzen Kunden u.U. eine höhere Zahlungsbereitschaft als 595.000 €, welche jedoch nicht die steigenden Kosten kompensieren kann. Der maximale Deckungsbeitrag beträgt für einem Preis entsprechend der Zahlungsbereitschaft 245.000 €. Die deckungsbeitragsmaximale Anlage U für den amerikanischen Markt dagegen sollte eine große Kammer

besitzen und sowohl Hoch- als auch Niedertemperaturbeschichtungen ermöglichen. Für diese Variante werden amerikanische Kunden einen Preis von bis zu 745.000 € zu zahlen, wodurch sich ein Deckungsbeitrag von bis zu 315.000 € ergibt. Werden jedoch sowohl die für den deutschen als auch den amerikanischen Markt bestimmten Varianten angeboten, werden sich amerikanische Kunden ebenfalls für die deutsche Variante D entscheiden und es kommt zur Kannibalisierung, wie sie in Tabelle 3.4 dargestellt ist.

Tabelle 3.4: Kannibalisierung der für den amerikanischen Markt vorgesehenen Variante U durch die deutsche Variante D

Variante	**Konfiguration**	**Preis /** Kosten	**Zahlungsbereitschaft /** Surplus **BRD**	**USA**	**DB**
Variante D	mittlere Kammer nur Hochtemperatur	**595 T€** 350 T€	**595 T€** 0 T€ ✓	**645 T€** 50 T€ ✓	**245 T€**
Variante U	große Kammer Hoch- & Niedertemperatur	**745 T€** 430 T€	**660 T€** -85 T€	**745 T€** 0 T€	**315 T€**
				Gesamtdeckungsbeitrag 20 x 245 T€ = 4,9 Mio. €	

Amerikanische Kunden erhalten durch Wahl von Variante U einen Surplus von 0 €, da der Preis mit 745.000 € genau ihrer Zahlungsbereitschaft entspricht. Für Variante D hingegen sind sie zwar nur bereit, 645.000 € zu zahlen, allerdings liegt der Preis mit 595.000 € deutlich darunter. Sie realisieren damit einen Surplus von 50.000 € und werden sich daher ebenfalls für die deutsche Anlage entscheiden. Diese Variante erfüllt zwar nicht vollständig ihre Bedürfnisse, jedoch wird dies durch den günstigen Preis überkompensiert. Die deutsche Variante mit etwas niedrigerem Deckungsbeitrag hat damit die hochpreisige amerikanische Variante vom Markt verdrängt. Durch die Kannibalisierung wird nun nicht mehr ein Gesamtdeckungsbeitrag von 5,6 Mio. €, sondern nur noch von 4,9 Mio. € erwirtschaftet.

Die Kannibalisierung kann durch eine bessere Preissetzung vermieden werden. Offenbar ist Anlage U für amerikanische Kunden im Vergleich zur Anlage D zu teuer. Eine Preiserhöhung der Anlage D kommt hingegen nicht in Betracht, da ansonsten die deutschen Kunden keinen positiven Surplus mehr besitzen und damit gar keine Anlage erwerben. Wird hingegen der Preis der Anlage U um 50.000 € auf 695.000 € gesenkt, so sind beide Anlagen für amerikanische Kunden gleichwertig. Im Rahmen des Verkaufsgesprächs sollte es daher möglich sein, sie zum Kauf der für sie vorgesehenen Anlage zu bewegen. Da jedoch der

Deckungsbeitrag von Anlage U mit 265.000 € größer als der von Anlage D ist, erhöht sich der Gesamtdeckungsbeitrag auf 5,1 Mio. €. Durch simultane Produkt- und Preisoptimierung ist jedoch ein noch höherer Gesamtdeckungsbeitrag zu erzielen, wie Tabelle 3.5 veranschaulicht.

Tabelle 3.5: Vermeidung von Kannibalisierung durch separate Preisanpassung im Vergleich zur simultanen Produkt- und Preisoptimierung

Kundenindividuelle Gestaltung ohne Preisoptimierung		**Produktgestaltung mit anschließender Preisoptimierung**		**Simultane Produkt- und Preisoptimierung**	
Preis / DB	**Konfiguration**	**Preis** / DB	**Konfiguration**	**Preis** / DB	**Konfiguration**
Variante D **595 T€** 245 T€	mittlere Kammer Hoch-temperatur	**Variante D** **595 T€** 245 T€	mittlere Kammer Hoch-temperatur	**Variante D_{neu}** ***680 T€*** *230 T€*	*übergroße Kammer* Hoch-temperatur
Variante U **745 T€** 315 T€	große Kammer Hoch- und Niedertemperatur	**Variante U** ***695 T€*** *265 T€*	große Kammer Hoch- und Niedertemperatur	**Variante U** ***735 T€*** *305 T€*	große Kammer Hoch- und Niedertemperatur
Gesamt-DB 4,9 Mio. €		**+ 4,1%** → **Gesamt-DB 5,1 Mio. €**		**+ 9,2%** → **Gesamt-DB 5,35 Mio. €**	

Durch simultane Produkt- und Preisoptimierung wird die deutsche Variante dahingehend modifiziert, dass sie statt einer mittleren Kammer eine übergroße Kammer enthält. Dadurch kann von deutschen Kunden mit 680.000 € ein deutlich höherer Preis verlangt werden. Dennoch sinkt der Deckungsbeitrag um 15.000 €, da nun die Kammergröße als Differenzierungsmerkmal genutzt wird und die positive Differenz aus Zahlungsbereitschaft und Kosten einer mittleren Kammer nicht mehr abgeschöpft werden kann. Amerikanische Kunden hingegen schätzen eine übergroße Kammer nicht. Für sie ist die Möglichkeit zur Hoch- und Niedertemperaturbeschichtung wichtiger, die jedoch der deutschen Anlage fehlt. Aus diesem Grund kann der Preis von Anlage U bis auf 735.000 € erhöht werden, bevor amerikanische Unternehmen wieder zur Anlage D wechseln. Nun realisieren amerikanische Kunden jedoch nur einen Surplus von 10.000 €. Gleichzeitig steigt der Deckungsbeitrag von Anlage U um 40.000 € auf 305.000 €, was den Deckungsbeitragsverlust bei Anlage D_{neu} von 15.000 € überkompensiert. Insgesamt ermöglicht die simultane Produkt- und Preisoptimierung einen Gesamtdeckungsbeitrag von 5,35 Mio. €.

Produktlinien können entsprechend der in Kapitel 2 diskutierten *Zielsetzungen* gestaltet werden. Neben klassisch produktpolitischen Zielen wie der Maximierung des Gesamtdeckungsbeitrags bzw. Gewinns, des Umsatz oder des

Markanteils bzw. Anzahl der Neukunden können auch die eher in Non-Profit Situationen sinnvollen Ziele Maximierung des Nutzens und Maximierung der Wohlfahrt im Vordergrund stehen.

Darüber hinaus können Produktliniengestaltungen nach ihrer *Ausgangsbasis* unterschieden werden. So existiert entweder einer Menge von Produktkandidaten, aus der eine Auswahl zu treffen ist, oder die Varianten sind durch Festlegung der kaufrelevanten Merkmalsausprägungen zu designen. Da im ersten Fall zur Ermittlung der Produktlinie zwei Schritte notwendig sind, wird dies oft als *zweistufiger Ansatz* bezeichnet. Dementsprechend ist der zweite Fall als *einstufiger Ansatz* bekannt. Da streng genommen beim zweistufigen Ansatz nicht das Design der Produktkandidaten festzulegen, sondern stattdessen eine Auswahl zu treffen ist, bietet es sich an, diesen Unterfall als *Product Line Selection* zu bezeichnen. Dieser Idee folgend ist der einstufige Ansatz entsprechend als *Product Line Design i.e.S.* zu bezeichnen. Die Existenz von Produktkandidaten besitzt den Vorteil, dass Nutzenwerte direkt für Produkte erhoben werden können, wodurch auf die Annahme additiver Teilnutzenwerte verzichtet werden kann.[196] Die Gestaltung der Produktlinie direkt auf Basis der Merkmale und Ausprägungen hingegen bietet den Vorteil, dass der Lösungsraum nicht durch die Vorgabe von Produktkandidaten eingeschränkt wird und u.U. die optimale Lösung nicht mehr enthält. Wird eine Produktlinie durch wenige Merkmale und Ausprägungen beschrieben, so sind beide Ansätze ineinander überführbar, indem alle möglichen Ausprägungskombinationen als Produktkandidaten vorgegeben werden.

Die Gestaltung einer Produktlinie ist zunächst einmal dem *Entscheidungsbereich* des Marketings zuzuordnen, da eine nicht an Kundenbedürfnissen ausgerichtete Produktliniengestaltung von vornherein zum Scheitern verurteilt ist. Vor diesem Hintergrund tendieren Marketingmanager dazu, möglichst viele Varianten anzubieten, um die Kundenbedürfnisse bestmöglich befriedigen und somit auch hohe Preise und Deckungsbeiträge erzielen zu können. Durch viele Varianten reduzieren sich jedoch die Stückzahlen pro Variante, was in der Produktion zu geringeren Losgrößen, höheren Rüstkosten und somit allgemein zu steigenden Kosten führt. Vor diesem Hintergrund bevorzugen Produktionsmanager kurze Produktlinien mit wenigen Varianten, womit sich die Ziele der Bereiche Marketing und Produktion konfliktionär gegenüberstehen. Hinzu kommt, dass nicht nur durch die Variantenanzahl, sondern auch durch das Design der Varianten die Kostensituation entscheidend verändert wird. So kann z.B. durch geschickte Produktgestaltung auf gemeinsame Komponenten, Ressourcen oder Prozesse zurückgegriffen und so variable und fixe Kosten einge-

196 Vgl. hierzu die Ausführung in Kapitel 2.3.3.

spart werden. Die Problemstellung unterscheidet sich somit nach dem Grad der Produktionsberücksichtigung.

Aber selbst bei Fokussierung auf den Entscheidungsbereich Marketing kann der Entscheidungsraum mit seinen *Entscheidungsvariablen* unterschiedlich groß sein. So kann die Anzahl anzubietender Varianten entweder während der Produktliniengestaltung festgelegt werden oder sie wird der Produktliniengestaltung durch vorherige oder übergeordnete Planungsstufen exogen vorgegeben. Eine weitere Entscheidung hängt von der Ausgangsbasis ab. Liegen Produktkandidaten vor, ist zu entscheiden, welche von ihnen in die Produktlinie aufgenommen werden. Liegen diese hingegen nicht vor, so ist für jede Variante festzulegen, welche Ausprägung jedes Merkmal annehmen soll. Die Produktliniengestaltung kann zudem die Preissetzung für die Varianten umfassen oder die Preise werden wiederum im Vorfeld festgelegt, sodass Deckungsbeiträge für Produktkandidaten bzw. Merkmalsausprägungen vorliegen. Wird im Rahmen der Produktliniengestaltung auch über die Preise entschieden, so ist zu klären, ob eine von mehreren vorgegebenen Preisstufen auszuwählen ist oder ob Preise beliebig, evtl. in einem Bereich, gewählt werden können. Im ersten Fall wird von diskreter, im zweiten von kontinuierlicher Preissetzung gesprochen. Im Product Line Selection Fall kann bei Verwendung der First-Choice Regel die Auswahl von Produktkandidaten durch die Preissetzung ersetzt werden.[197] In dem Fall erfolgt die Auswahl der in der Linie enthaltenen Varianten implizit durch die festgelegten Preise. Wird der Preis einer Variante hoch genug gewählt, wird kein Kunde diese erwerben und die Variante ist dementsprechend nicht in der Linie enthalten. Aufgrund der simultanen Preissetzung für mehrere Produkte wird dies daher auch als *Multiproduct Pricing* bezeichnet. Dies gilt jedoch nicht, wenn die MNL-Regel verwendet wird. Nach der MNL-Regel erhalten auch Varianten mit negativem Surplus eine, wenn auch geringe Auswahlwahrscheinlichkeit, sodass nach dieser Regel durch die Preissetzung kein vollständiges Ausscheiden einer Variante aus der Linie möglich ist.

Viele Faktoren beeinflussen das Ergebnis optimaler Produktliniengestaltung. Die Problemstellung differiert je nachdem, welche *Einflussfaktoren* explizit berücksichtigt und welche vernachlässigt werden. Die Einflussfaktoren lassen sich gruppieren zu den drei Bereichen Kunden-, Anbieter- und Wettbewerbsinformationen. Die Kunden stellen den bedeutsamsten Einflussfaktor dar und es sollte die Information über ihre Anzahl und ihr Nutzen aus bzw. ihre Zahlungsbereitschaft für die Produktkandidaten oder Merkmalsausprägungen vorliegen. Sofern

197 Dies gilt unter einigen Bedingungen auch für die BTL-Regel. So ist technisch sicherzustellen, dass in die Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeiten Varianten mit negativen Surplus nicht eingehen.

jedoch eine Marktsegmentierung durchgeführt wurde, sollte die Anzahl und Größe der Segmente sowie die für die Segmente geschätzte Nutzen bzw. Zahlungsbereitschaften bekannt sein. Darüber hinaus können Informationen über zur Verfügung stehende Budgets oder Mindestanforderungen sinnvoll sein. Die internen Informationen des Anbieters betreffen zu einem Großteil Kostenaspekte und sind daher nur im Falle der Deckungsbeitragsmaximierung relevant. Entscheidungsrelevante Kosten sind bereits in Kapitel 2.3.2 diskutiert worden, sodass dies hier nicht wiederholt wird. Weitere Informationen wie Kapazität etc. sind für die Produktliniengestaltung von untergeordneter Bedeutung. Sofern, wie in den meisten Fällen, kein Monopol vorliegt, existieren Wettbewerber mit eigenen Produktlinien. Sollen Informationen über Wettbewerber im Rahmen der eigenen Produktgestaltung berücksichtigt werden, so kann dies auf zwei Arten geschehen. Entweder wird davon ausgegangen, dass Wettbewerber auf die Veränderung der eigenen Produktlinien reagieren oder nicht. Im ersten Fall sind die angebotenen Varianten der Wettbewerber, im zweiten Fall zusätzlich Informationen über das Reaktionsverhalten der Wettbewerber zu ermitteln.

Zuletzt kann die Problemstellung nach der unterstellten Umweltsituation unterschieden werden. Wird davon ausgegangen, dass sämtliche Informationen vollständig und korrekt erfasst wurden, so handelt es sich um eine *Entscheidungssituation* unter Sicherheit. Wird hingegen angenommen, dass mindestens ein Parameter in Zukunft unterschiedliche Werte annehmen kann und wird dies explizit in der Planung berücksichtigt, so handelt es sich um eine Entscheidungssituation unter Unsicherheit.[198]

Stand der Forschung

Zahlreiche Artikel beschäftigen sich mit der Gestaltung von Produktlinien. Je nach verwendetem Modell lassen sich zwei Richtungen unterscheiden. Zum einen abstrakte, formalanalytische Theoriemodelle, deren vorrangiges Ziel die Erlangung allgemeingültiger Aussagen und Gesetze ist, zum anderen anwendungsorientierte Optimierungsansätze des Operations Research, welche darauf abzielen, Entscheidungsträger in konkreten Entscheidungssituationen bestmöglich zu unterstützen.[199] Da erstere aufgrund ihrer stark vereinfachenden Annahmen zwar analytisch lösbar, für praktische Entscheidungsunterstützung jedoch weniger geeignet sind, werden im Folgenden ausschließlich Optimierungsmodelle vorgestellt.[200]

198 Vgl. Werners (2008), S. 22; Klein/Scholl (2004), S. 40f.; Mag (1990), S. 23.

199 Vgl. Roth (2006), S. 261-268; Dobson/Kalish (1993), S. 161; Dobson/Kalish (1988), S. 108.

200 Es handelt sich ausschließlich um CA-basierte Modelle. Die zwei bisher vorgeschlagenen MDS-basierte Produktlinienmodelle sind hingegen von untergeordneter Bedeutung

Insgesamt ergab die Literaturrecherche 45 relevante Artikel mit 35 verschiedenen Ansätzen von quantitativen Modellen und Methoden zur Produktliniengestaltung.[201] Der erste Ansatz einer quantitativen Entscheidungsunterstützung stammt von Green und Krieger aus dem Jahre 1985.[202] Seitdem hat eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Modelle und Methoden stattgefunden, die bis heute nicht abgeschlossen ist, wie zahlreiche aktuelle Beiträge zeigen. Aufgrund der Vielzahl der Ansätze wird auf eine Einzelvorstellung verzichtet. Zur Entwicklung eines integrierten Ansatzes werden im Weiteren stattdessen die Problemcharakteristika und deren Berücksichtigung in den Modellen untersucht. Ziel ist die Identifizierung derjenigen Problemcharakteristika, die üblicherweise in den Modellen berücksichtigt werden, um diese auch im integrierten Modell zu erfassen. Gleichzeitig werden Modellgemeinsamkeiten und –unterschiede herausgearbeitet, um durch den Vergleich verschiedener Modellierungsansätze eine geeignete Modellierung für den integrierten Ansatz zu ermitteln.

3.2.2 Analyse und Bewertung der Modelle anhand ihrer Charakteristika

Die in der Literatur vorgeschlagenen Optimierungsansätze lassen sich durch die unterschiedliche Berücksichtigung der im vorherigen Kapitel diskutierten Problemcharakteristika, durch die Art des mathematischen Modells sowie das eingesetzte Lösungsverfahren beschreiben. Nachfolgende Tabellen geben einen Überblick über die Charakteristika und deren Berücksichtigung in den untersuchten Literaturstellen.

---

und werden hier nicht vorgestellt. Vgl. Sudharshan et al. (1988); Albers (1977) für die Originalbeiträge bzw. Steiner (1999), S. 102-107 für eine Kurzzusammenfassung.

201 Vgl. Green/Krieger (1985); McBride/Zufryden (1988); Dobson/Kalish (1988), Dobson/Kalish (1993); Kohli/Sukumar (1990); Chakravarty/Baum (1992); Nair et al. (1995); Raman/Chhajed (1995); Gaul et al. (1995); Dobson/Yano (1995); Yano/Dobson (1998a); Yano/Dobson (1998b); Gutsche (1995); Albers/Bielert (1996); Hanson/Martin (1996); Tönshoff (1997); Tönshoff et al. (1999); Steiner (1999), insbesondere S. 193-198; Steiner/Hruschka (2000); Chen/Hausman (2000); Thakur et al. (2000); Tarasewich (2000); Morgan et al. (2001); Shi et al. (2001); Alexouda/ Paparrizos (2001); Alexouda (2004); Alexouda (2005); Li/Azarm (2002); Steiner/Hruschka (2002a); Steiner/Hruschka (2002b); Kraus/Yano (2003); Steiner/Hruschka (2003); Balakrishnan et al. (2004); Balakrishnan et al. (2006); Nichols et al. (2005); Chhajed/Kim (2005); Rusmevichientong et al. (2006); Fruchter et al. (2006); Jiao et al. (2007); Wang (2007); Wang et al. (2009); Yunes et al. (2007); Belloni et al. (2008); Chen et al. (2009); Shioda et al. (2009).

202 Vgl. Green/Krieger (1985) sowie Green/Krieger (1987) für die Beschreibung eines Anwendungsfalls.

Tabelle 3.6: Charakteristika der Modelle zum Product Line Design (1985 – 2000)

● erfüllt ○ mit Einschränkung erfüllt	Green/Krieger (1985)	McBride/Zufryden (1988)	Dobson/Kalish (1988) & Dobson/Kalish (1993)	Kohli/Sukumar (1990)	Chakravarty/Baum (1992)	Nair et al. (1995)	Raman/Chhajed (1995)	Gaul et al. (1995)	Dobson/Yano (1995) & Yano/Dobson (1998a+b)	Gutsche (1995)	Albers/Bielert (1996)	Hanson/Martin (1996)	Tönshoff (1997) & Tönshoff et al. (1999)	Steiner (1999) + Steiner/Hruschka (2000)	Chen/Hausman (2000)	Thakur et al. (2000) & Tarasewich(2000)
Zielsetzung																
Maximierung des Konsumentennutzen	●			●		●										
Maximierung der Wohlfahrt			●													
Maximierung des Umsatz																
Maximierung des Gewinns bzw. GDB	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	
Maximierung des Marktanteils		●		●		●				●						●
Sonstige Zielsetzung											●					
Entscheidungsbereiche																
Marketing	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Produktion					●		●		●				●			
Ausgangsbasis																
Produktkandidaten	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●		●	
Merkmale und Ausprägungen				●	●	●	●	●		●	●			●		●
Modellierung der Produktwahl																
Deterministische Auswahlregel	●	●	●	●		●	●		●		●		●			●
Probabilistische Auswahlregel					●											
Attraktionsmodell (BTL)								●		●						
Zufallsnutzenmodell (MNL)										●		●		●	●	
Entscheidungsvariablen																
Anzahl anzubietender Varianten	○	○	●				●	●	●				●		●	
Auswahl vordefinierter Varianten	●	●	●						●				●		●	
Festlegung von Merkmalausprägungen				●		●	●	●		●	●			●		●
Preissetzung			●				●		●	●		●	●	●	●	
Einflussfaktoren																
Kundeninformationen																
Nutzen / Zahlungsbereitschaft	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Budget																●
Anbieterinformationen																
Deckungsbeitrag / Anbieternutzen	●	●		●		●		●								
Variable Kosten			●		●		●		●	●	●	●	●	●	●	
Fixkosten		●	●		●		●	●	●				●			
Wettbewerbsinformationen																
mit Wettbewerbsreaktionen										●				●		
ohne Wettbewerbsreaktionen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●			●	●
Entscheidungssituation																
Sicherheit	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●
Unsicherheit													●			
Art des mathematischen Modells																
(M)ILP		●			●						●		●			●
(M)INLP			●	●		●	●	●	●	●		●		●	●	
Lösungsverfahren																
Exaktes Verfahren		●			●						●		●		●	
Evolutionärer Algorithmus										●				●		●
Andere Heuristik	●		●	●		●	●	●	●			●				●

Tabelle 3.7: Charakteristika der Modelle zum Product Line Design (2001 – 2009)

● erfüllt
○ mit Einschränkung erfüllt

	Morgan et al. (2001)	Shi et al. (2001)	Alexouda/Paparizzos (2001) & Alexouda (2005)	Li/Azarm (2002)	Steiner/Hruschka (2002a) & Steiner/Hruschka (2002b)	Kraus/Yano (2003)	Steiner/Hruschka (2003)	Alexouda (2004)	Balakrishnan et al. (2004) & Balakrishnan et al. (2006)	Nichols et al. (2005)	Chhajed/Kim (2005)	Rusmevichientong et al. (2006)	Fruchter et al. (2006)	Jiao et al. (2007)	Wang (2007) & Wang et al. (2009)	Yunes et al. (2007)	Belloni et al. (2008)	Chen et al. (2009)	Shioda et al. (2009)
Zielsetzung																			
Maximierung des Konsumentennutzen			●																
Maximierung der Wohlfahrt										●									
Maximierung des Umsatz												●							●
Maximierung des Gewinns bzw. GDB	●		●	●	●	●	●			●	●		●				●		
Maximierung des Marktanteils		●		●				●	●						●				
Sonstige Zielsetzung														●		●		●	
Entscheidungsbereiche																			
Marketing	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Produktion	●																	●	
Ausgangsbasis																			
Produktkandidaten	●			●		●				●		●	●			●	●		●
Merkmale und Ausprägungen		●	●		●		●	●	●		●			●	●			●	
Modellierung der Produktwahl																			
Deterministische Auswahlregel	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●		●	●	●		●
Probabilistische Auswahlregel																			
Attraktionsmodell (BTL)						●													
Zufallsnutzenmodell (MNL)					●		●							●				●	
Entscheidungsvariablen																			
Anzahl anzubietender Varianten	●			●		●				●	○		●	●		●			○
Auswahl vordefinierter Varianten	●			●						●			●	●		●	●		●
Festlegung von Merkmalausprägungen		●	●		●		●	●	●		●			●	●			●	
Preissetzung					●	●	●			●	●	●	●	●			●	●	●
Einflussfaktoren																			
Kundeninformationen																			
Nutzen / Zahlungsbereitschaft	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Budget												●							
Anbieterinformationen																			
Deckungsbeitrag / Anbieternutzen	●		●													●			
Variable Kosten				●	●	●	●			●	●		●	●		●	●		
Fixkosten				●	●					●						●			
Wettbewerbsinformationen																			
mit Wettbewerbsreaktionen																			
ohne Wettbewerbsreaktionen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	●			●	●
Entscheidungssituation																			
Sicherheit	●	●	●		●		●	●	●	●	●	●	●	●				●	
Unsicherheit				●		●									●	●	●		●
Art des mathematischen Modells																			
(M)ILP	●							●	●		●				●				●
(M)INLP		●	●		●	●	●			●			●	●					●
Lösungsverfahren																			
Exaktes Verfahren	●														●	●			●
Evolutionärer Algorithmus		●	●	●	●		●	●	●	●			●	●			●	●	
Andere Heuristik		●				●					●	●					●		●

Von den 35 untersuchten Ansätzen bestimmen 32 die optimale Produktlinie hinsichtlich einer verfolgten Zielsetzung, auch wenn in den Tabellen teilweise mehrere Ziele angegeben sind. In den meisten dieser Fälle werden die Ziele unabhängig voneinander verfolgt und in unterschiedlichen Modellen abgebildet. Lediglich 3 Ansätze verwenden eine gewichtete Zielfunktion.[203] Am häufigsten erfolgt die Maximierung des Gesamtdeckungsbeitrags bzw. des Gewinns (25 Ansätze), gefolgt von der Maximierung des Marktanteils bzw. der Anzahl von Neukunden (10 Ansätze). Die übrigen Zielsetzungen werden hingegen kaum verwendet. Immerhin noch 4 Ansätze unterstützen die kundennutzenmaximale Produktliniengestaltung,[204] während die Gestaltung wohlfahrts- bzw. umsatzmaximaler Produktlinien Gegenstand von jeweils nur zwei Ansätzen ist.[205] Überraschend ist der hohe Anteil marktanteilsmaximierender Ansätze, da Kannibalisierung durch Marktanteilsmaximierung nur unzureichend berücksichtigt wird. Unter dieser Zielsetzung zielt die Gestaltung der Produktlinie ausschließlich darauf ab, neue Kunden von Wettbewerbern zu gewinnen, während Kannibalisierungseffekte durch "Abwandern" eigener Premiumkunden zu neuen Varianten mit geringerer Profitabilität nicht berücksichtigt werden. Der häufige Einsatz dürfte daher aus der im Vergleich zur Deckungsbeitragsmaximierung geringeren Lösungskomplexität herrühren, da Marktanteilsmaximierung auf Anbieterseite und Nutzenmaximierung auf Kundenseite gleichgerichtete und damit gut zu vereinbarende Zielsetzungen darstellen.[206]

Hinsichtlich des Entscheidungsbereichs ist festzustellen, dass sich die überwiegende Mehrheit, nämlich 29 Ansätze, auf den Entscheidungsbereich Marketing beschränken. Nur 6 Ansätze modellieren den Produktionsbereich explizit und integrieren ihn in ihren Modellen, wobei sehr unterschiedlich vorgegangen wird.[207] Chakravarty und Baum sowie Raman und Chhajed führen Prozesse mit variablen und fixen Kosten ein, die zur Erstellung gewählter Merkmalsausprägungen notwendig sind. Ähnlich ist der Ressourcenansatz von Yano und Dobson, welcher einerseits zwar ausschließlich Fixkosten berücksichtigt, andererseits jedoch nicht zwangsweise auf den Produktionsbereich beschränkt ist. Unter einer Ressource könnte auch ein Entwicklungsteam, eine Marketingkampagne oder eine Vertriebsorganisation verstanden werden. Tönshoff hingegen berücksichtigt neben Fixkosten für Module auch Produktions- und Entwicklungskapa-

203 Vgl. Li/Azarm (2002); Nichols et al. (2005); Chen et al. (2009).
204 Vgl. Green/Krieger (1985); Kohli/Sukumar (1990); Nair et al. (1995); Alexouda (2005).
205 Vgl. Dobson/Kalish (1988); Dobson/Kalish (1993); Nichols et al. (2005) bzw. Rusmevichientong et al. (2006); Shioda et al. (2009).
206 Vgl. Steiner (1999), S. 48.
207 Vgl. Chakravarty/Baum (1992); Raman/Chhajed (1995); Dobson/Yano (1995); Morgan et al. (2001); Chen et al. (2009).

zitäten, während Morgan et al. den Produktionsbereich über Lagerhaltungs- und Setupkosten integrieren, wodurch die Anzahl an Produktionszyklen zur Entscheidungsvariablen wird. Chen et al. schließlich integrieren den Wunsch des Produktionsbereich nach möglichst vielen Gleichteilen direkt in ihrer gewichten Zielfunktion. Die vielen Ansätze mit ausschließlichem Fokus auf den Entscheidungsbereich Marketing zeigen jedoch, dass Produktliniengestaltungen auch ohne Einbeziehung des Produktionsbereichs sinnvoll unterstützt werden können.

Unter den 35 Ansätzen sind 16 zweistufige Ansätze, die Produktkandidaten als Ausgangsbasis voraussetzen und 19 einstufige Ansätze, die Produktlinien direkt auf Basis der Merkmale und Ausprägungen gestalten. Die fehlende Tendenz verdeutlicht, dass sich in der Literatur bisher kein Ansatz endgültig durchsetzen konnte. Dies mag auch daran liegen, dass bisher ein Vergleich beider Ansätze auf denselben Daten fehlt. Der geringeren Lösungskomplexität zweistufiger Ansätze und der damit zu erwartenden besseren Performance von Heuristiken steht die Einschränkung des Lösungsraums und damit u.U. das Abschneiden der optimalen Lösung gegenüber. Erst ein Vergleich beider Ansätze auf denselben Daten würde zeigen, welcher Ansatz zu besseren Ergebnissen führt und so eine fundierte Entscheidung für die eine oder andere Ausgangsbasis ermöglichen.

Im Gegensatz dazu existiert eine klare Tendenz hinsichtlich der eingesetzten Wahlregel. Die überwiegende Mehrheit, nämlich 24 Ansätze, verwenden die deterministische First-Choice Regel, während nur 11 Ansätze eine probabilistische Wahlregel einsetzen. Der Grund hierfür kann jedoch nicht nur in ihrer einfacheren Integrierbarkeit in Optimierungsansätze liegen. So verwenden 9 Ansätze mit deterministischer Wahlregel zur Lösung einen evolutionären Algorithmus.[208] Wie die Arbeit von Gutsche jedoch zeigt, können probabilistische Wahlregeln ohne Probleme in evolutionäre Algorithmen integriert werden, da sich ausschließlich die Berechnung der Fitnessfunktion verändert.[209] Es ist daher auch wenig überraschend, dass von den 11 Ansätzen mit probabilistischer Wahlregel 6 einen evolutionären Algorithmus zur Lösung einsetzen.[210] Dies zeigt, dass für die Wahl der First-Choice Regel andere Gründe ausschlaggebend sein müssen. Innerhalb probabilistischer Wahlregeln überwiegen eindeutig Zufallsnutzenmodelle in Form der MNL-Regel. 8 Ansätze verwenden diese Regel,

208 Vgl. Thakur et al. (2000); Tarasewich (2000); Shi et al. (2001); Alexouda/Paparrizos (2001); Li/Azarm (2002); Alexouda (2004); Balakrishnan et al. (2004); Balakrishnan et al. (2006); Nichols et al. (2005); Chhajed/Kim (2005); Fruchter et al. (2006); Belloni et al. (2008).

209 Vgl. Gutsche (1995), S. 223.

210 Vgl. Gutsche (1995); Steiner (1999); Steiner/Hruschka (2002b); Steiner/Hruschka (2003); Jiao et al. (2007); Chen et al. (2009).

während nur 4 ein Attraktionsmodell in Form der BTL-Regel bzw. ein ähnliches[211] Wahlmodell einsetzen.

Im Entscheidungsbereich Marketing werden unterschiedlich viele Entscheidungsvariablen und damit unterschiedlich umfangreiche Entscheidungsräume betrachtet. Knapp die Hälfte, nämlich 17 Ansätze, ermöglichen die Bestimmung der optimalen Variantenanzahl, während in den restlichen 18 Ansätzen die Anzahl einzuführender Varianten explizit vorzugeben ist. Auffällig ist der deutliche Unterschied zwischen den verschiedenen Ausgangsbasen. Während 13 der 16 auf Produktkandidaten basierenden Ansätze diese Entscheidungsvariable enthalten, sind es bei Vorgabe von Merkmalen und Ausprägungen nur 4 der 19 Ansätze. Dies mag daran liegen, dass im ersten Fall die Auswahl, im zweiten Fall das Design im Vordergrund steht. In 4 Ansätzen ist die optimale Bestimmung jedoch eingeschränkt. So ermöglichen Green und Krieger sowie McBride und Zufryden zwar die endogene Bestimmung, da sie jedoch auf Fixkosten verzichten, wird in den meisten Fällen die optimale Anzahl gleich der vorgegebenen Anzahl maximal einzuführender Varianten sein. Chhajed und Kim sowie Jioda et al. hingegen ermöglichen aufgrund ihrer kundenbasierten Modellierung segmentviele Varianten. Eine niedrigere Anzahl wird hingegen nur erreicht, wenn mehrere Segmente identische Varianten erwerben.

Eine relativ eindeutige Zuordnung lässt sich hinsichtlich der Entscheidungsvariablen *Auswahl vordefinierter Varianten* und *Festlegung von Merkmalsausprägungen* treffen. Von den 16 zweistufigen Ansätzen verwenden 13 eine Entscheidungsvariable zur Auswahl vordefinierter Varianten, während lediglich 3 Ansätze hierauf verzichten und die Auswahl implizit über den Preis berücksichtigen.[212] Von den 19 einstufigen Ansätzen verwenden 18 die Entscheidungsvariable Festlegung von Merkmalsausprägungen, während der Ansatz von Chakravarty und Baum die Vorgabe ganzer Produktlinien erfordert.

Die Preissetzung wird in 19 Ansätzen berücksichtigt. Davon modellieren 11 den Preis als eigenständige, kontinuierliche Entscheidungsvariable, während die restlichen 8 Beiträge entweder den Preis als eigenständige Variable oder als ein Merkmal mit diskreten Ausprägungen modellieren (vgl. Tabelle 3.8). Es ist anzumerken, dass in der Übersicht nur die Beiträge gezählt wurden, in denen explizit auf den Preis als Entscheidungsvariable hingewiesen wurde. Grundsätzlich ermöglicht fast jeder einstufige Ansatz die Modellierung des Preises als Merkmal mit diskreten Ausprägungen, sodass durchaus mehr Ansätze in der Lage

211 Chakravarty und Baum leiten für gegebene Produktlinien aus nicht näher bestimmten Kundenpräferenzen mit Hilfe einer an Attraktionsmodelle erinnernde Formel die nachgefragte Menge für jede Variante her, vgl. Chakravarty/Baum (1992), S. 2300f.

212 Vgl. für die drei Ansätze Hanson/Martin (1996); Kraus/Yano (2003); Rusmevichientong et al. (2006).

sind, diskrete Preissetzung zu unterstützen. Trotzdem ist überraschend, dass überhaupt Ansätze auf die Modellierung der Entscheidungsvariable Preis verzichten, zeigt das einfache Beispiel aus Kapitel 3.2.1 doch eindeutig die Überlegenheit simultaner Produkt- und Preisanpassungen zur Vermeidung von Kannibalisierung.

Tabelle 3.8: Modellierung der Entscheidungsvariable in Product Line Design Modellen

	Dobson/Kalish (1988) + (1993)	Raman/Chhajed (1995)	Yano/Dobson (1995) + (1998a) + (1998b)	Gutsche (1995)	Hanson/Martin (1996)	Tönshoff (1997) + Tönshoff et al. (1999)	Steiner (1999) + Steiner/Hruschka (2000)	Chen/Hausman (2000)	Steiner/Hruschka (2002a)+(2002b)	Kraus/Yano (2003)	Steiner/Hruschka (2003)	Nichols et al. (2005)	Chhajed/Kim (2005)	Rusmevichientong et al. (2006)	Fruchter et al. (2006)	Jiao et al. (2007)	Belloni et al. (2008)	Chen et al. (2009)	Shioda et al. (2009)
Preis																			
kontinuierlich	●	●	●		●	●				●		●	●	●	●		●		●
diskret				●			●	●	●		●					●		●	

Innerhalb der Einflussfaktoren herrscht in der Gruppe der Kundeninformationen Einigkeit. Mit einer Ausnahme verwenden alle Ansätze Nutzenwerte bzw. Zahlungsbereitschaften entweder für Produktkandidaten oder Merkmalsausprägungen.[213] Darüber hinausgehende Kundeninformationen, wie Budgets, Mindest- und Funktionsanforderungen werden selten verwendet.[214] Etwas anders stellt sich das Bild in der Gruppe der Anbieterinformationen dar. 8 Ansätze verwenden Deckungsbeiträge[215] oder abstrakten Anbieternutzen[216], während 20 Ansätze variable Kosten explizit berücksichtigen. Ein Ansatz berücksichtigt sowohl Deckungsbeiträge als auch weitere variable Kosten.[217] Variable (Teil-)Kosten wer-

213 Chakravarty/Baum (1992) verwenden hingegen Kundenpräferenzen für Merkmale, welche zwar keine Nutzen darstellen und auch nicht fundiert sind, jedoch ähnliche eingesetzt werden können.

214 Vgl. Thakur et al. (2000) sowie Rusmevichientong et al. (2006) für Budgets, Thakur et al. (2000) für Mindestanforderungen und Tönshoff (1997) für Funktionsanforderungen.

215 Vgl. Kohli/Sukumar (1990); Nair et al. (1995); Gaul et al. (1995); Morgan et al. (2001); Alexouda/Paparrizos (2001); Yunes et al. (2007).

216 Vgl. Green/Krieger (1985); McBride/Zufryden (1988).

217 Vgl. Yunes et al. (2007), die neben Deckungsbeiträgen zusätzlich variable Lagerhaltungs- und Kapitelkosten berücksichtigen.

den üblicherweise direkt den Produktkandidaten bzw. den Merkmalsausprägungen zugordnet. Lediglich Chakravarty und Baum sowie Raman und Chhajed verwenden wie erläutert variable Prozesskosten. Fixkosten werden von 11 Ansätzen berücksichtigt. Wie aus Tabelle 3.9 ersichtlich, berücksichtigt die Mehrheit von 8 Ansätzen (Teil-)Fixkosten in Form einmalig zur Markteinführung anfallender Kosten.

Tabelle 3.9: Fixkostenberücksichtigung in Product Line Design Modellen

	McBride/Zufryden (1988)	Dobson/Kalish (1988) + (1993)	Chakravarty/Baum (1992)	Raman/Chhajed (1995)	Gaul et al. (1995)	Yano/Dobson (1995) + (1998a+b)	Tönshoff (1997) + T. et al. (1999)	Li/Azarm (2002)	Steiner/Hruschka (2002a)+(2002b)	Nichols et al. (2005)	Yunes et al. (2007)
Fixkosten											
Markteinführungskosten	●	●			●		●	●	●	●	●
Prozesskosten			●	●							
Ressourcenkosten						●					
Modulentwicklungskosten							●				
Komplexitätskosten				●							●

Chakravarty und Baum sowie Raman und Chhajed berücksichtigen hingegen fixe Prozesskosten, Yano und Dobson fixe Kosten für die Bereitstellung von Ressourcen und Tönshoff fixe Modulentwicklungskosten. Nur zwei Ansätze modellieren hingegen explizit Komplexitätskosten.[218] Drei Ansätze modellieren darüber hinaus weitere Kosten wie z.B. Lagerhaltungs- und Kapitalkosten.[219]

In der Gruppe der Wettbewerbsinformationen herrscht wiederum größere Übereinstimmung. Die überwiegende Mehrheit von 28 Ansätzen berücksichtigt Produkte der Wettbewerber, unterstellt jedoch keine Wettbewerbsreaktionen auf die eigene Produktliniengestaltung. In 16 Fällen werden Wettbewerbsprodukte jedoch nicht explizit, sondern in Form kundenindividueller Status-Quo Produkte und zugehörigem Status-Quo Nutzen bzw. Surplus berücksichtigt. 6 Ansätze

218 Vgl. Raman/Chhajed (1995); Yunes et al. (2007).
219 Vgl. Chakravarty/Baum (1992); Morgan et al. (2001); Yunes et al. (2007).

hingegen gehen ex- oder implizit von einer Monopolsituation aus.[220] Nur zwei Ansätze berücksichtigen Reaktionen der Wettbewerber und versuchen Marktgleichgewichte zu identifizieren.[221]

Die meisten Ansätze unterstellen eine Entscheidungssituation unter Sicherheit. Nur 7 Ansätze berücksichtigen in irgendeiner Form, dass eingehende Informationen, insbesondere Nutzenwerte unsicher sein können.[222] Hervorzuheben sind die Ansätze von Shioda et al. und Tönshoff. Während die übrigen Ansätze die Unsicherheit erst nach der Optimierung durch die simulationsbasierte Bestimmung der Verteilung des Zielfunktionswertes erfassen und damit die Robustheit ihrer Heuristik überprüfen, integrieren Shioda et al. in ihrem Modell einen Parameter, durch den robustere Lösungen erzeugt werden sollen. Tönshoff hingegen bildet die Unsicherheit mit Hilfe diskreter Szenarien ab und maximiert den über alle Szenarien erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag.

Mathematische Optimierungsmodelle können nach der Art der Zielfunktion und Restriktionen in (gemischt-)ganzzahlige lineare, kurz MILP bzw. ILP[223] und (gemischt-)ganzzahlige nichtlineare Modelle, kurz MINLP bzw. INLP[224] unterteilt werden.[225] Sind die Zielfunktion sowie sämtliche Restriktionen linear, so handelt es sich um ein lineares Optimierungsmodell. Im Product Line Design werden deutlich häufiger nichtlineare Modelle eingesetzt.[226] So liegt 11 Ansätzen ein lineares und 19 Ansätzen ein nichtlineares Modell zugrunde. In den übrigen 5 Fällen kann die Modellart aufgrund der Darlegung entweder nicht zweifelsfrei festgelegt werden oder es wurde auf die Angabe eines geschlossenen mathematischen Modells verzichtet.[227] Für die Bevorzugung nichtlinearer

220 Vgl. Albers/Bielert (1996); Tönshoff (1997); Chhajed/Kim (2005); Fruchter et al. (2006); Yunes et al. (2007); Belloni et al. (2008).

221 Vgl. Gutsche (1995), S. 241-249; Steiner (1999), S. 173-269; Steiner/Hruschka (2000).

222 Vgl. Tönshoff (1997); Li/Azarm (2002); Kraus/Yano (2003); Wang (2007); Yunes et al. (2007); Belloni et al. (2008); Shioda et al. (2009).

223 (Mixed) Integer Linear Program

224 (Mixed) Integer Nonlinear Program

225 Zur Klassifizierung von Optimierungsmodellen vgl. u.a. Freiwald (2005), S. 35f.; Klein/Scholl (2004), S. 43-50.

226 Sofern in Beitrag mehrere Modelle enthält, wurde jeweils das GDB-Modell herangezogen.

227 In der Originalquelle von 1985 geben Green und Krieger die First-Choice Restriktion in der Variablendeklaration und nicht im eigentlichen Modell an. Spätere Umformulierungen führen zu linearen (vgl. Gutsche (1995), S. 217) und nichtlinearen Modellen (vgl. Decker/Bornemeyer(2007), S. 567; Steiner (1999), S. 150), auch wenn dies von den einzelnen Autoren nicht immer richtig erkannt wird. Da Green und Krieger jedoch selbst das Modell als nicht zugänglich für Standardverfahren der mathematischen Programmierung bezeichnen (vgl. Green/Krieger (1985), S. 9), handelt es sich aus ihrer Sicht anscheinend nicht um ein lineares Modell.

Modelle kommen zwei Gründe in Betracht. Erstens sind nichtlineare Modelle einfacher zu formulieren, zweitens sind aufgrund der Ganzzahligkeitsbedingung selbst lineare Modelle schwierig zu lösen, sodass in vielen Fällen auf Heuristiken zurückgegriffen wird. Für die meisten Heuristiken wie bspw. evolutionäre Algorithmen ist jedoch die Art der Modellformulierung unerheblich.

Hinsichtlich des eingesetzten Lösungsverfahrens zeigt sich, dass nur 9 Ansätze schwerpunktmäßig auf exakte Verfahren zurückgreifen. Meist werden dann auch nur kleine Probleminstanzen gelöst. Die überwiegende Mehrheit verzichtet auf die Optimalitätsgarantie und setzt auf den Einsatz heuristischer Lösungsverfahren.[228] Hierbei scheinen sich insbesondere evolutionäre Algorithmen durchzusetzen. So verwenden insgesamt 15 von den 27 Ansätzen mit heuristischen Lösungsverfahren evolutionäre Algorithmen. Werden hingegen nur die Ansätze ab 2000 betrachtet, so verwenden 12 der 15 Ansätze diese Meta-Heuristik. Zu der weiten Verbreitung dürften auch die Ergebnisse diverser Heuristikvergleiche beigetragen haben, nach denen evolutionäre Algorithmen eine gegenüber vorher entwickelten Heuristiken bessere Performance aufweisen. Bestätigt werden diese Ergebnisse in jüngster Zeit durch den ausführlichen Vergleich von Belloni et al., der belegt, dass evolutionäre Algorithmen eines der besten Verfahren zur Gestaltung von Produktlinien sind.

3.2.3 Modellierung des Product Line Design Problems

Der Schwerpunkt der Betrachtungen lag bisher auf den Problemcharakteristika und dem verbalen Vergleich der in der Literatur entwickelten Ansätze, während die mathematischen Modellformulierungen bewusst ausgeklammert wurden. Als Grundlage einer quantitativen Entscheidungsunterstützung sind mathematische Modelle jedoch sinnvoll und eine detaillierte Auseinandersetzung mit ihnen unerlässlich. Aufgrund der Vielzahl von Ansätzen ist eine Vorstellung jedes Ansatzes wenig zweckdienlich. Wie die Analyse gezeigt hat, lassen sich die Ansätze nach der Modellierung des Kaufverhaltens und der verwendeten Ausgangsbasis in vier Kategorien einteilen (vgl. Tabelle 3.10). Für jede Modellkategorie wird im Folgenden exemplarisch ein Ansatz vorgestellt. Hierfür wurden die in Tabelle 3.10 fett markierten Ansätze ausgewählt, da sich an ihnen die Besonderheiten der Modellkategorie gut veranschaulichen lassen. Zur besseren Vergleichbarkeit wird die Notation der vorgestellten Modelle vereinheitlicht.

228 Zur Definition von Heuristiken vgl. Hillier/Lieberman (2005), 617; Silver (2004), S. 936.

Tabelle 3.10: Die vier Modellkategorien im Product Line Design und ihre Vertreter

Modellierung des Kaufverhaltens	Ausgangsbasis	
	Produkt-kandidaten	**Merkmale und Ausprägungen**
Deterministisch	Green/Krieger (1985) McBride/Zufryden (1988) **Dobson/Kalish (1988)+(1993)** Yano/Dobson (1995)+(1998a)+(1998b) Tönshoff (1997)+Tönshoff et al. (1999) Morgan et al. (2001) Li/Azarm (2002) Nichols et al. (2005) Rusmevichientong et al. (2006) Fruchter et al. (2006) Yunes et al. (2007) Belloni et al. (2008) Shioda et al. (2009)	**Kohli/Sukumar (1990)** Nair et al. (1995) Raman/Chhajed (1995) Albers (1996) Thakur et al. (2000)+ Tarasewich (2000) Shi et al. (2001) Alexouda/Paparizzos (2001)+ Alexouda (2005) Alexouda (2004) Balakrishnan et al. (2004)+(2006) Chhajed/Kim (2005) Wang (2007)+Wang et al. (2009)
Probabilistisch	**Hanson/Martin (1996)** Chen/Hausman (2000) Kraus/Yano (2003)	Chakravarty/Baum (1992) **Gaul et al. (1995)** Gutsche (1995) Steiner (1999)+ Steiner/Hruschka (2000) Steiner/Hruschka (2002a+b) Steiner/Hruschka (2003) Chen et al. (2009) Jiao et al. (2009)

Das deterministische Product Line Selection Problem

Das deterministische Product Line Selection Problem nach Dobson und Kalish kann wie folgt beschrieben werden: Von V möglichen Produktkandidaten sind eine endogen zu bestimmende Anzahl von Varianten so auszuwählen und zu bepreisen, dass der resultierende Gesamtdeckungsbeitrag von K unterschiedlichen Kundensegmenten maximal ist. Zur Modellierung werden folgende Indizes, Parameter und Variablen vereinbart:[229]

229 Vgl. Dobson/Kalish (1988), S. 111; Dobson/Kalish (1993), S. 166.

Indizes und Indexmengen

$k = 1, \ldots, K$	Kundensegmente
$v = 0, \ldots, V$	Varianten

Parameter

R_{kv}	Reservationspreis / Zahlungsbereitschaft von Kunde k für Variante v
R_{k0}	Surplus von Kunde k für Status-Quo Produkt
SG_k	Segmentgröße von Kundensegment k
VK_v	Variable Herstellkosten von Variante v, $VK_0 = 0$
FK_v	Fixkosten, die durch das Angebot von Variante v anfallen, $FK_0 = 0$

Variablen

p_v Preis von Variante v

$$\theta_{kv} = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k Variante v kauft} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$y_v = \begin{cases} 1, & \text{falls Variante v in die Linie aufgenommen wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Damit kann folgendes gemischt-ganzzahlige nichtlineare Programmierungsmodell aufgestellt werden:

$$\max \quad \sum_{k=1}^{K}\sum_{v=0}^{V} SG_k \cdot (p_v - VK_v) \cdot \theta_{kv} - \sum_{v=1}^{V} FK_v \cdot y_v \tag{3.11}$$

$$\text{s.d.} \quad \sum_{v=0}^{V} \theta_{kv} = 1 \qquad \forall k \tag{3.12}$$

$$\theta_{kv} \le y_v \qquad \forall k,v \tag{3.13}$$

$$\sum_{v'=0}^{V} (R_{kv'} - p_{v'}) \cdot \theta_{kv'} \ge (R_{kv} - p_v) \cdot y_v \qquad \forall k,v \tag{3.14}$$

$$p_0 = 0, y_0 = 1 \tag{3.15}$$

$$\theta_{kv}, y_v \in \{0,1\} \qquad \forall k,v \tag{3.16}$$

$$p_v \ge 0 \qquad \forall v \tag{3.17}$$

Durch die Zielfunktion (3.11) wird der Gesamtdeckungsbeitrag abzüglich der durch die angebotenen Varianten verursachten Fixkosten maximiert. Die Zielfunktion ist aufgrund der Multiplikation der Entscheidungsvariablen θ_{kv} und p_v nichtlinear. Restriktion (3.12) garantiert, dass jedes Segment genau eine Variante auswählt. Der Kaufverzicht wird durch Wahl des Status-Quo Produkts (v = 0) abgebildet. Restriktion (3.13) stellt einerseits sicher, dass Kunden nur angebotene Varianten erwerben können und andererseits, dass die mit Auswahl einer Variante anfallenden Fixkosten in der Zielfunktion berücksichtigt werden. Die First-Choice Wahlregel ist durch Restriktion (3.14) gegeben. Der Surplus eines Kunden aus seiner gewählten Variante (linke Seite) muss mindestens so groß sein wie der Surplus dieses Kunden für jede andere angebotene Variante (rechte Seite). Wird der Surplus eines Kunden durch mehrere Varianten maximiert, wird entsprechend der Zielfunktion die Variante mit dem größten Deckungsbeitrag ausgewählt. Es sei angemerkt, dass diese Restriktion wie die Zielfunktion nichtlinear ist. Durch Restriktion (3.15) wird der Preis des Status-Quo Produkts auf null gesetzt und sichergestellt, dass es angeboten wird. In der Modellierung wurde angenommen, dass jeder Kunde ein Status-Quo Produkt von einem Wettbewerber besitzt. Existiert kein Wettbewerb oder besitzt ein Kunde kein Status-Quo Produkt, so ist R_{k0} auf null zu setzen. Sollten Kunden hingegen Status-Quo Produkte beim Anbieter besitzen, so sind diese explizit als Variante v = 1, 2, … vorzugeben. Die letzten beiden Restriktionen deklarieren die Entscheidungsvariablen als Binärvariablen bzw. geben die Nichtnegativitätsbedingung an.

Das deterministische Product Line Design Problem

Das Product Line Design Problem nach Kohli und Sukumar kann wie folgt beschrieben werden: Für V Varianten ist in jedem beschreibenden Merkmal m genau eine der A_m möglichen Ausprägungen so festzulegen, dass der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert wird. Es werden folgende Indizes, Parameter und Variablen benötigt:[230]

Indizes und Indexmengen

$a = 1, \ldots, A_m$	Ausprägungen von Merkmal m
$k = 1, \ldots, K$	Kundensegmente
$m = 1, \ldots, M$	Merkmale
$v = 1, \ldots, V$	Varianten

230 Vgl. Kohli/Sukumar (1990), S. 1467f.

Parameter

DB_{kma}	Kundenspezifischer Deckungsbeitrag für Merkmal m in Ausprägung a
U_{kma}	Nutzen von Kunde k für Merkmal m in Ausprägung a
U_k	Nutzen von Kunde k für Status-Quo Produkt

Variablen

$$x_{kvma} = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k Variante v mit Merkmal m in Ausprägung a kauft} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\theta_k = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k eine Variante aus der Produktlinie erwirbt} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Damit ergibt sich das folgende binäre Programmierungsmodell:

$$\max \quad \sum_{k=1}^{K} \sum_{v=1}^{V} \sum_{m=1}^{M} \sum_{a=1}^{A_m} DB_{kma} \cdot x_{kvma} \cdot \theta_k \tag{3.18}$$

$$\text{s.d.} \quad \sum_{v=1}^{V} \sum_{a=1}^{A_m} x_{kvma} = 1 \qquad \forall k, m \tag{3.19}$$

$$\sum_{a=1}^{A_m} x_{kvma} - \sum_{a=1}^{A_{m'}} x_{kvm'a} = 0 \qquad \forall k, v, m' > m \tag{3.20}$$

$$x_{kvma} + x_{k'vma'} \leq 1 \qquad \forall k' > k, v, m, a' > a \tag{3.21}$$

$$\sum_{v=1}^{V} \sum_{m=1}^{M} \sum_{a=1}^{A_m} U_{kma} \cdot \left(x_{kvma} - x_{k'vma} \right) \geq 0 \qquad \forall k \neq k' \tag{3.22}$$

$$\theta_k \cdot \sum_{v=1}^{V} \sum_{m=1}^{M} \sum_{a=1}^{A_m} U_{kma} \cdot x_{kvma} \geq \theta_k \cdot U_k \qquad \forall k \tag{3.23}$$

$$x_{kvma}, \theta_k \in \{0,1\} \qquad \forall k, v, m, a \tag{3.24}$$

Die Zielfunktion (3.18) ist wiederum nichtlinear und sorgt für die Maximierung des Gesamtdeckungsbeitrages. Restriktion (3.19) stellt sicher, dass jedem Kunden genau eine Variante mit einer Ausprägung pro Merkmal zugeordnet wird. Restriktion (3.20) gewährleistet die vollständige Beschreibung einer Variante. Wird eine Variante einem Kunden zugeordnet, so bedeutet dies, dass jedes Merkmal genau eine Ausprägung besitzen muss. Die Gleichung stellt sicher, dass, sobald für ein Merkmal eine Auswahl getroffen wird (Erstes Summenzeichen), für jedes andere Merkmal ebenfalls genau eine Ausprägung zu wählen ist (Zweites Summenzeichen). Kaufen zwei Kunden dieselbe Variante, so muss

sie identische Merkmalsausprägungen besitzen. Restriktion (3.21) sorgt dafür, dass in diesem Fall keine andere Ausprägung gewählt werden kann. Die Einhaltung der First-Choice Regel wird mit Hilfe der Restriktion (3.22) sichergestellt. Der Nutzen eines Kunden aus der von ihm gewählten Variante muss größer sein als sein Nutzen für jede von den anderen Kunden gewählte Variante. Die Kunden kaufen genau dann die spezifizierte Variante, wenn sie einen größeren Nutzen als ihr Status-Quo Produkt aufweist, was durch Restriktion (3.23) berücksichtigt wird. Die letzte Restriktion definiert die verwendeten Variablen wiederum als Binärvariablen.

Das probabilistische Product Line Design Problem

Das probabilistische Product Line Design Problem nach Gaul et al. ergibt sich wie folgt: Für eine endogen zu bestimmende Anzahl von Varianten sind die Ausprägungen der beschreibenden Merkmale so festzulegen, dass der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert wird. Dazu definieren die Autoren:[231]

Indizes und Indexmengen

$a = 1, \ldots, A_m$	Ausprägungen von Merkmal m
$k = 1, \ldots, K$	Kundensegmente
$m = 1, \ldots, M$	Merkmale
$v = 1, \ldots, V_N$	Neueinzuführende Varianten
$w = 1, \ldots, V_E+V_F$	Bereits existierende eigene und fremde Varianten
	$w = 1, \ldots, V_E$ eigene Varianten
	$w = V_E+1, \ldots, V_E+V_F$ fremde Varianten

Parameter

α	Skalierungsparameter der BTL-Regel
D_{wma}	Design der existierenden Varianten; 1, falls Variante w Merkmal m in Ausprägung a enthält, 0 sonst
DB_{kma}	Kundenspezifischer Deckungsbeitrag für Merkmal m in Ausprägung a
FK_{ma}	Fixkosten, die anfallen, falls eine Variante Merkmal m in Ausprägung a besitzt
SG_k	Segmentgröße von Kundensegment k
U_{kma}	Nutzen von Kunde k für Merkmal m in Ausprägung a

231 Vgl. Gaul et al. (1995), S. 840f.

Variablen

$$\delta_{vma} = \begin{cases} 1, & \text{falls Variante v Merkmal m in Ausprägung a besitzt} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

θ_{kv} Wahrscheinlichkeit, dass Kunde k Variante v erwirbt

θ_{kw} Wahrscheinlichkeit, dass Kunde k Variante w erwirbt

Damit ergibt sich folgendes binäres Programmierungsmodell:

$$\max \quad \sum_{m=1}^{M}\sum_{a=1}^{A_m}\left(\sum_{v=1}^{V_N}\delta_{vma}\cdot\left(\sum_{k=1}^{K}\theta_{kv}\cdot SG_k\cdot DB_{kma}-FK_{ma}\right)\right)+ \sum_{m=1}^{M}\sum_{a=1}^{A_m}\left(\sum_{w=1}^{V_E}D_{ema}\cdot\left(\sum_{k=1}^{K}\theta_{kw}\cdot SG_k\cdot DB_{kma}\right)\right) \tag{3.25}$$

s.d. $$\sum_{a=1}^{A_m}\delta_{vma}\le 1 \qquad \forall v,m \tag{3.26}$$

$$\sum_{a=1}^{A_m}\delta_{vma}=\sum_{a=1}^{A_{(m+1)}}\delta_{v(m+1)a} \qquad \forall v,m=1,\ldots,M-1 \tag{3.27}$$

$$\theta_{kv}=\frac{\left(\sum_{m=1}^{M}\sum_{a=1}^{A_m}\delta_{vma}\cdot U_{kma}\right)^{\alpha}}{\sum_{v'=1}^{V_N}\left(\sum_{m=1}^{M}\sum_{a=1}^{A_m}\delta_{v'ma}\cdot U_{kma}\right)^{\alpha}+\sum_{w=1}^{V_E+V_F}\left(\sum_{m=1}^{M}\sum_{a=1}^{A_m}D_{wma}\cdot U_{kma}\right)^{\alpha}} \qquad \forall k,v \tag{3.28}$$

$$\theta_{ke}=\frac{\left(\sum_{m=1}^{M}\sum_{a=1}^{A_m}D_{wma}\cdot U_{kma}\right)^{\alpha}}{\sum_{v=1}^{V_N}\left(\sum_{m=1}^{M}\sum_{a=1}^{A_m}\delta_{vma}\cdot U_{kma}\right)^{\alpha}+\sum_{w=1}^{V_E+V_F}\left(\sum_{m=1}^{M}\sum_{a=1}^{A_m}D_{wema}\cdot U_{kma}\right)^{\alpha}} \qquad \forall k,w \tag{3.29}$$

$$\delta_{vma}\in\{0,1\} \qquad \forall v,m,a \tag{3.30}$$

$$\theta_{kv},\theta_{kw}\ge 0 \qquad \forall k,v,w \tag{3.31}$$

Die nichtlineare Zielfunktion (3.25) maximiert den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag der neueinzuführenden und bereits existierenden eigenen Varianten abzüglich der durch die gewählte Produktgestaltung bedingten Fixkosten. Mit Restriktion (3.26) wird sichergestellt, dass in jeder neueinzuführenden Variante jedem Merkmal maximal eine Ausprägung zugeordnet wird, wohingegen Restriktion (3.27) dafür sorgt, dass die Varianten immer vollständig beschrieben

werden. Wird eine Merkmalsausprägung festgelegt (linker Teil = 1), so muss auch für das nachfolgende Produktmerkmal eine Ausprägung bestimmt werden (rechter Teil = 1). Durch diese Formulierung können auch weniger als V_N Varianten ausgewählt werden, indem einer Variante in keinem Merkmal eine Ausprägung zugeordnet wird. Die von den Autoren verwendete verallgemeinerte BTL-Regel ist in den Restriktionen (3.28) für neueinzuführende Varianten und (3.29) für bereits existierende Varianten dargestellt. Vereinfacht ausgedrückt, ist die Auswahlwahrscheinlichkeit einer Variante gleich dem Verhältnis ihres Nutzens zum Gesamtnutzen aller angebotenen Varianten. Der Parameter α ist ein Skalierungsfaktor, um die Regel an verschiedene Marktgegebenheiten anzupassen. Statt eines Attraktionsmodells kann in diesem Ansatz auch ein Zufallsnutzenmodell verwendet werden, indem die BTL-Regel durch die MNL-Regel ersetzt wird. Abschließend definiert Restriktion (3.30) die Designvariable δ als Binärvariable und Restriktion (3.31) gibt die Nichtnegativitätsbedingung an.

Das probabilistische Product Line Selection Problem

Beim probabilistischen Product Line Selection Problem nach Hanson und Martin ist eine vorgegebene Anzahl von Produktkandidaten deckungsbeitragsmaximal zu bepreisen. Zur Modellierung werden folgende Indizes, Parameter und Variablen verwendet.[232]

Indizes und Indexmengen

$k = 1, \ldots, K$	Kundensegmente
$v = 1, \ldots, V$	Eigene und fremde Varianten
	$v = 1,\ldots,V_E$ Eigene Varianten
	$v = V_E+1,\ldots,V$ Fremde Varianten

Funktionen

$g_k(D_v)$	Teilnutzenfunktion von Kunde k für die nichtpreislichen Merkmalsausprägungen von Variante v
$f_k(p_v)$	Teilnutzenfunktion von Kunde k für den Preis der Variante v, die mit steigendem Preis fällt

Parameter

D_v	Design von Variante v
P_v	Preis der fremden Variante v
SG_k	Segmentgröße von Kundensegment k
VK_{kv}	Variable Herstellkosten, falls Kunde k Variante v kauft

232 Erstellt nach den verbalen und math. Ausführungen in Hanson/Martin (1996), S. 993f.

Variablen

p_v Preis von Variante v

θ_{kv} Wahrscheinlichkeit, dass Kunde k Variante v erwirbt

Damit kann das folgende nichtlineare Optimierungsmodell aufgestellt werden:

$$\max \quad \sum_{k=1}^{K} \sum_{v=1}^{V_E} (p_v - VK_{kv}) \cdot SG_k \cdot \theta_{kv} \tag{3.32}$$

$$\text{s.d.} \quad \theta_{kv} = \frac{\exp\left(g_k(D_v) + f_k(p_v)\right)}{\sum_{v'=1}^{V} \exp\left(g_k(D_{v'}) + f_k(p_{v'})\right)} \qquad \forall k, v \tag{3.33}$$

$$p_v = P_v \qquad \forall v = V_E + 1, \ldots, V \tag{3.34}$$

$$p_v, \theta_{kv} \geq 0 \qquad \forall k, v \tag{3.35}$$

Die Zielfunktion (3.32) maximiert wiederum den Gesamtdeckungsbeitrag. Gleichung (3.33) bestimmt die Auswahlwahrscheinlichkeit gemäß der MNL-Regel. Dieser Ansatz weist die Besonderheit auf, dass anstelle der Bestimmung von Zahlungsbereitschaften für nichtpreisliche Merkmalsausprägungen Preise in Teilnutzen umgerechnet werden. Da gemäß dem MNL-Modell auch für Varianten mit negativen Nutzen eine Auswahlwahrscheinlichkeit existiert, erhalten alle Varianten eine, wenn auch u.U. geringe Auswahlwahrscheinlichkeit. Restriktion (3.34) verhindert eine Anpassung der Preise für alle fremden Varianten, während (3.35) wiederum die Nichtnegativitätsbedingung widerspiegelt.

3.3 Product Bundling und seine Anwendung

Ausgangspunkt des Product Bundlings war die Feststellung Stiglers im Jahre 1963, dass Bündelung von Produkten auch ohne Kosteneinsparungen für das anbietende Unternehmen mit höheren Gewinnen einhergehen kann.[233] Seitdem haben sich in der Ökonomie unterschiedliche Ansätze entwickelt, welche sich nach ihrer Disziplin in volkswirtschaftlich-rechtliche und in betriebswirtschaftlich-entscheidungstheoretische Ansätze unterschieden lassen.[234] Die zur letzten Gruppe zählenden Optimierungsansätze stellen wiederum die Grundlage für die weitere Arbeit dar und werden daher ausführlich vorgestellt und analysiert. Zuvor erfolgt jedoch wieder die Erläuterung der Problemstellung.

233 Vgl. Stigler (1963).
234 Vgl. Wübker (1998), S. 41.

3.3.1 Problemstellung und Stand der Forschung

Die Aufgabe des Product Bundlings besteht in der hinsichtlich einer Zielsetzung optimalen Kombination verschiedener gegebener Produkte zu Bündeln sowie der optimalen Bestimmung der Bündelpreise. Da die Idee der Bündelung bereits ausführlich in Kapitel 2.2.2 erläutert und das Potenzial zur Steigerung des Gesamtdeckungsbeitrags veranschaulicht wurden, ist eine erneute Auseinandersetzung hier nicht erforderlich. Allerdings wurden in den bisherigen Ausführungen nur zwei Produkte und dementsprechend nur ein Bündel betrachtet. Da jedoch in praktisch relevanten Fällen meist mehr als zwei Produkte existieren, bedarf dieser Fall, im Weiteren als P-Produkte-Fall bezeichnet, einer detaillierteren Analyse.

Die Bündelungsstrategien reine und gemischte Preisbündelung wurden anhand des 2-Produkte-1-Bündel-Falls erläutert. Sie sind jedoch für den P-Produkte-Fall zu konkretisieren. Laut Definition liegt reine Preisbündelung genau dann vor, wenn ausschließlich Bündel angeboten werden, im 2-Produkte-1-Bündel-Fall also genau das eine mögliche Bündel. Im P-Produkte-Fall ist hingegen die Anzahl angebotener Bündel zu konkretisieren. So können beliebig viele Bündel erlaubt sein oder die Anzahl der Bündel auf eins beschränkt werden. Im letzteren Fall ist zudem zu klären, ob ein beliebiges Bündel oder das vollständige Bündel anzubieten ist, welches alle Produkte enthält. Gemischte Preisbündelung liegt hingegen vor, wenn sowohl Produkte als auch Bündel angeboten werden. Hier ist zu konkretisieren, ob sämtliche Produkte einzeln anzubieten sind oder nur solche, die auch in einem Bündel vorkommen, oder ob es ausreicht, wenn wenigstens ein Produkt einzeln angeboten wird. Darüber hinaus ist festzulegen, ob Preise so zu setzen sind, dass sowohl Bündel als auch Produkte gekauft werden. Können Preise frei gewählt werden, so sind auch prohibitiv hohe Produktpreise möglich, wodurch sich faktisch eine reine Preisbündelung ergibt. Unterschiedliche Konkretisierungen der Bündelungsstrategien können zu unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich der Vorteilhaftigkeit der einzelnen Bündelungsstrategien führen.

Die Anzahl möglicher Bündel steigt exponentiell mit der Anzahl möglicher Produkte. Ist im 2-Produkte-Fall genau ein Bündel möglich, so sind es im P-Produkte-Fall $2^P - 1$ viele Bündel. Zur konkreten Konfiguration eines Bündels ist für jedes Produkt zu entscheiden, ob es im Bündel enthalten ist oder nicht. Dies kann daher auch so interpretiert werden, dass jedes Bündel durch die Produkte wie durch Merkmale beschrieben wird mit den jeweiligen Ausprägungen *enthalten* bzw. *nicht enthalten*. Dadurch wären grundsätzlich alle aus der Produktliniengestaltung bekannten einstufigen Ansätze geeignet, optimale Bündel zu bestimmen. Gegen einen Einsatz der Produktlinienmodelle sprechen zwei

unterschiedlich schwerwiegende Gründe. Weniger schwerwiegend ist, dass PLD-Modelle einen additiven Bündelnutzen implizieren. Kunden können jedoch für Bündel auch einen größeren Nutzen als für die enthaltenen Produkte besitzen. Die Annahme additiver Nutzen ist trotzdem weniger restriktiv als es zunächst erscheint. So stellt sich die Frage, ob in realistischen Situationen der Nutzen sämtlicher Bündel überhaupt bestimmbar ist und somit bereits aufgrund verfügbarer Informationen eine Beschränkung auf additive Nutzen notwendig wird. Zudem zeigt das Beispiel in Kapitel 2.2.2, dass es keines superadditiven Bündelnutzens bedarf, damit Bündelung sich positiv auf den Gesamtdeckungsbeitrag auswirkt. Schwerwiegender ist jedoch, dass PLD-Modelle perfekte Substitution sämtliche Varianten bzw. Bündel zueinander unterstellen. Dies ist in der Produktliniengestaltung auch zutreffend, da aufgrund der Ähnlichkeit der Varianten davon auszugehen ist, dass Kundenbedürfnisse durch jede Variante, wenn auch unterschiedlich gut, befriedigt werden. Es lässt sich jedoch leicht zeigen, dass diese Annahme im Fall von Bündeln nicht haltbar ist. Angenommen Bündel A enthält die Komponenten 1 und 2 und Bündel B die Komponenten 3 und 4. Dann sind A und B perfekte Komplemente und ein Kunde wird sich nicht zwischen A und B entscheiden müssen, sondern wird, jeweils einen positiven Surplus vorausgesetzt, beide erwerben. Wird hingegen fälschlicherweise perfekte Substitution unterstellt, ist davon auszugehen, dass der Kunde nur eines der beiden Bündel, nämlich das mit dem größeren Surplus, erwirbt. Dies führt zu einer Unterschätzung des möglichen Gesamtdeckungsbeitrags. Ebenso ist jedoch auch eine Überschätzung möglich, wie folgendes Beispiel zeigt.

Tabelle 3.11: Fehlerhafte Prognose des Kundenverhaltens durch Annahme perfekter Substitution

Bündel	Enthaltene Produkte	Kosten	Preis	Kunde	
				ZB	Surplus
Bündel A	(1+2)	10 €	12 €	15 €	3 €
Bündel B	(3+4)	10 €	17 €	20 €	3 €
Bündel C	(1+2+3+4)	20 €	30 €	35 €	5 €

Angenommen neben Bündel A und B existiert ein vollständiges Bündel C. Gemäß den Zahlungsbereitschaften und Preisen in Tabelle 3.11 wäre mit Annahme perfekter Substitution davon auszugehen, dass der dargestellte Kunde Bündel C erwirbt. Da jedoch A und B perfekte Komplemente sind, wird er hingegen beide erwerben, wodurch er einen Gesamtsurplus von 6 € anstelle von 5 € realisiert. Für den Anbieter hingegen reduziert sich der Gesamtdeckungsbeitrag von 10 €

auf 9 €. Wie unschwer zu erkennen ist, wird Bündel C durch das gemeinsame Angebot von Bündel A und B kannibalisiert. Dies hat zur Folge, dass die korrekte Modellierung der Produkt- und Bündelwahl in Bundling Modellen deutlich aufwändiger ist als in PLD-Modellen.

Im Grunde können im Rahmen der Bündelung dieselben *Ziele* wie in der Produktliniengestaltung verfolgt werden. Neben Gesamtdeckungsbeitragsmaximierung sind daher auch Umsatz- oder Marktanteilsmaximierung ebenso denkbar wie Nutzen- oder Wohlfahrtsmaximierung. Hinsichtlich der *Ausgangsbasis* ist zu unterscheiden, ob bereits vorkonfigurierte Bündel existieren, von denen die anzubietenden auszuwählen sind, oder ob Produkte vorliegen, aus denen die anzubietenden Bündel zu konfigurieren sind. Demnach kann auch hier in Analogie zur Produktliniengestaltung von ein- und zweistufigen Ansätzen gesprochen werden. Ebenso kann eine Unterscheidung gemäß der Art der *Modellierung des Wahlverhaltens* (deterministisch bzw. probabilistisch) erfolgen.

Der Entscheidungsraum von Bündelungen kann unterschiedlich umfangreich ausgestaltet werden, indem unterschiedliche *Entscheidungsvariablen* verwendet werden. Zunächst kann die Anzahl maximal anzubietender Bündel entweder exogen vorgegeben oder im Rahmen der Bündelung entschieden werden. Desweiteren ist zu unterscheiden, ob entsprechend der Ausgangsbasis Bündel aus einer Menge von Kandidaten auszuwählen oder aus den Produkten zu konfigurieren sind. Darüber hinaus können Bündelpreise ebenfalls vorgegeben oder Gegenstand der Bündelgestaltung sein. Schließlich differieren Bündelungen hinsichtlich der Berücksichtigung von Bündelungsstrategien. So ist zu unterscheiden, ob keine Vorgaben möglich sind oder explizit reine bzw. gemischte Preisbündelung vorgegeben werden können.

Die verwendeten *Einflussfaktoren* lassen sich wiederum in die drei Gruppen Kunden-, Anbieter- und Wettbewerbsinformationen unterteilen. Hinsichtlich Kundeninformationen ist zu unterscheiden, ob im Rahmen der Bündelung additive Bündelnutzen unterstellt werden oder ob auch sub- und superadditive Bündelnutzen berücksichtigt werden können. In der Gruppe der Anbieterinformationen unterscheiden sich Bündelungen hinsichtlich der Kostenberücksichtigung. So kann unterstellt werden, dass sich die variablen Kosten eines Bündels additiv aus den Kosten der enthaltenen Produkte ergeben oder es können Synergieeffekte in Form subadditiver Kosten oder Kostensteigerungen in Form superadditiver Kosten berücksichtigt werden. Zudem unterscheiden sich Bündelungen bezüglich ihrer Berücksichtigung von Fixkosten. Sollen Wettbewerbsinformationen in der Planung berücksichtigt werden, kann entweder angenommen werden, dass Wettbewerber auf die eigene Bündelung reagieren oder dass sie ihr Produktprogramm konstant halten.

Zuletzt sind Bündelungen wie Produktlinienansätze nach der unterstellten Umweltsituation zu unterscheiden. Wird davon ausgegangen, dass sämtliche Informationen vollständig und korrekt erfasst wurden, so handelt es sich um eine *Entscheidungssituation* unter Sicherheit, andernfalls um eine Entscheidungssituation unter Unsicherheit.

Stand der Forschung

Während zur Produktliniengestaltung zahlreiche Optimierungsansätze entwickelt wurden, ist deren Anzahl im Bereich der Preisbündelung überschaubar. Die Mehrzahl der Beiträge ist formalanalytischer Natur und beschränkt sich auf den 2-Produkte-1-Bündel-Fall[235], abstrahiert von den einzelnen Produkten[236] oder beschäftigt sich mit der Erhebung und Messung der Zahlungsbereitschaften[237] für Bündel.[238]

Insgesamt wurden 9 relevante Artikel mit 7 verschiedenen quantitativen Ansätzen identifiziert, die sich explizit mit der optimalen Konfiguration von Bündeln und deren Preissetzung befassen.[239] Besonders beachtet wurde das im Jahre 1990 von Hanson und Martin entwickelte gemischt-ganzzahlige lineare Programmierungsmodell.[240] Analog zu den Produktlinienmodellen wird auch hier auf eine Einzelvorstellung der Modelle zugunsten einer Diskussion der Problemcharakteristika und ihrer Berücksichtigung in den verschiedenen Ansätzen verzichtet.

3.3.2 Analyse und Bewertung der Modelle anhand ihrer Charakteristika

Die Optimierungsansätze zur Bündelung lassen sich durch die unterschiedliche Berücksichtigung der im vorherigen Kapitel diskutierten Problemcharakteristika, durch die Art des mathematischen Modells sowie das eingesetzte Lösungsverfahren beschreiben. Tabelle 3.12 gibt einen Überblick über die Charakteristika und deren Berücksichtigung in den untersuchten Literaturstellen.

235 Vgl. bspw. Kannan et al. (2009); Netessine/Taylor (2007); McCardle et al. (2007).
236 Vgl. bspw. Ansari et al. (1996); Venkatesh/Mahajan (1993).
237 Vgl. bspw. Albers et al. (2007); Chung/Rao (2003).
238 Für einen Überblick vgl. u.a. Wübker (1998), S. 41.
239 Vgl. Kinberg/Sudit (1979); Hanson/Martin (1990); Fürderer (1996); Fürderer et al. (1996); Fürderer/Huchzermeier (1997); Wübker (1998); Fürderer et al. (1999); Stauß (2006); Wu et al. (2008).
240 Vgl. Hanson/Martin (1990).

Tabelle 3.12: Charakteristika der Modelle zum Product Bundling

● erfüllt ○ mit Einschränkung erfüllt	Kinberg/Sudit (1979)	Hanson/Martin (1990)	Fürderer (1996) & F./Huchzermeier (1997)	Fürderer et al. (1996) & Fürderer et al. (1999)	Wübker (1998)	Stauß (2006)	Wu et al. (2008)
Zielsetzung							
Maximierung des Gewinns bzw. GDB	●	●	●	●	●	●	●
Ausgangsbasis							
Bündel			●	●		●	
Produkte	●	●			●		●
Modellierung des Wahlverhaltens							
Deterministische Auswahlregel		●			●	●	●
Probabilistische Auswahlregel							
Attraktionsmodell (BTL)			●	○			
Entscheidungsvariablen							
Anzahl anzubietender Bündel	●	○	●	●	○	●	●
Auswahl vorkonfigurierter Bündel			●	●		●	
Festlegung der Bündelkonfiguration	●	●			●		
Preissetzung		●	●	●	●	●	●
Bündelungsstrategie			●	●	●		
Einflussfaktoren							
Kundeninformationen							
subadditiver Nutzen	●	●	●	●	●		●
additiver Nutzen	●	●	●	●	●	●	●
superadditiver Nutzen		●	●	●	●		●
Anbieterinformationen							
subadditive var. Kosten		●	●	●	●	●	●
additive var. Kosten	●	●	●	●	●	●	●
superadditive var. Kosten			●	●		●	●
Fixkosten			●	●		●	●
Wettbewerbsinformationen							
ohne Wettbewerbsreaktionen			●				
Entscheidungssituation							
Sicherheit	●	●			●	●	●
Unsicherheit			●	●		●	●
Art des mathematischen Modells							
(M)ILP		●				●	
(M)INLP			●	●	●	●	●
Lösungsverfahren							
Exaktes Verfahren		●			●	●	
Heuristik	●		●	●			●

Während in der Produktliniengestaltung Ansätze zu unterschiedlichen Zielsetzungen entwickelt wurden, verfolgen alle 7 Bündelungsansätze die Maximierung des Gesamtdeckungsbeitrags. Dies ist wenig überraschend, zielt Preisbündelung doch vor allem auf die Abschöpfung der Zahlungsbereitschaften und weniger auf die Erhöhung des Marktanteils bzw. die Gewinnung von Neukunden. Aus diesem Grund stehen Ziele wie Deckungsbeitrags- oder Umsatzmaximierung bei der Preisbündelung im Vordergrund. Letztere wird hingegen nicht explizit modelliert, ergibt sie sich doch unter Vernachlässigung aller Kosten aus der Deckungsbeitragsmaximierung.

Hinsichtlich der Ausgangsbasis und der Modellierung des Wahlverhaltens zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der Produktliniengestaltung. Knapp die Hälfte, nämlich 3 Ansätze, setzen die Existenz von vorkonfigurierten Bündeln voraus, aus denen eine Auswahl zu treffen ist,[241] während 4 Ansätze direkt aus gegebenen Produkten Bündel konfigurieren.[242] Das Wahlverhalten wird in 4 Ansätzen deterministisch gemäß der First-Choice Regel modelliert.[243] Ihre große Verbreitung dürfte vor allem an der Tatsache liegen, dass sich die in Kapitel 3.3.1 diskutierten Substitutions- und Komplementaritätsbeziehungen angebotener Produkte und Bündel durch sie einfacher als durch probabilistische Wahlregeln erfassen lassen. In 2 Ansätzen kommen mit der unmodifizierten bzw. um lineare Korrelation erweitere BTL-Regel probabilistische Wahlregeln zum Einsatz, während Zufallsnutzenmodelle z.B. in Form der MNL-Wahlregel bisher nicht eingesetzt wurden.[244] Kinberg und Sudit hingegen arbeiten nicht mit einer Wahlregel, sondern verwenden zur Abbildung des Kundenverhaltens Kaufwahrscheinlichkeiten.

Die zur Bündelung entwickelten Ansätze verwenden weitgehend identische Entscheidungsvariablen und weisen damit ähnliche Entscheidungsräume auf. Mit Ausnahme des Ansatzes von Kinberg und Sudit unterstützen alle Ansätze die Preissetzung und modellieren den Preis als kontinuierliche Entscheidungsvariable. Auch ermöglichen alle die Bestimmung der optimalen Anzahl anzubietender Bündel und Produkte, wobei dies in den Modellen von Hanson und Martin sowie von Wübker nur eingeschränkt der Fall ist. Die in diesen Modellen getroffene Annahme, dass jeder Kunde maximal ein Bündel erwirbt, setzt voraus, dass die Anzahl anzubietender Bündel der Kundenanzahl entspricht. Nur falls mehrere Kunden dieselben Bündel erwerben, wird in diesem Fall eine geringere Anzahl angeboten. 3 Ansätze ermöglichen zudem die Vorgabe verschie-

241 Vgl. Fürderer/Huchzermeier (1997); Fürderer et al. (1999); Stauß (2006).
242 Vgl. Kinberg/Sudit (1979); Hanson/Martin (1990); Wübker (1998); Wu et al. (2008).
243 Vgl. Hanson/Martin (1990); Wübker (1998); Stauß (2006); Wu et al. (2008).
244 Vgl. Fürderer/Huchzermeier (1997); Fürderer et al. (1999).

dener Bündelungsstrategien, die teilweise unterschiedlich konkretisiert wurden.[245] Wübker geht bspw. bei reiner Preisbündelung davon aus, dass nur ein Bündel anzubieten ist, während Fürderer et al. nur den Verkauf der einzelnen Produkte verbieten. Die 3 auf Bündeln basierenden Ansätze setzen eine Entscheidungsvariable zur Auswahl vorkonfigurierter Bündel ein, während sich 3 der 4 auf Produkten basierenden Ansätze einer geschickten Interpretation bedienen, um die optimale Bündelkonfiguration zu bestimmen. Im Gegensatz zu dem aus dem Produktliniendesign bekannten Prinzip einstufiger Ansätze bilden sie sämtliche aus den gegebenen Produkten konfigurierbaren Bündel und wählen anschließend wie die Ansätze auf Bündelbasis die anzubietenden Bündel aus. Der Unterschied zwischen ein- und zweistufigen Bündelungsansätzen besteht daher nur in der Anzahl gegebener Bündel. Einstufige Ansätze betrachten alle möglichen Kombinationen, während zweistufige Ansätzen nur eine vorher festgelegte Auswahl berücksichtigen. Im Ansatz von Wu et al. hingegen ist kein konkretes Bündel auszuwählen, sondern Preise für verschieden umfangreiche Bündel festzulegen, während Kunden selbst die enthaltenen Produkte aussuchen können.

Hinsichtlich der Einflussfaktoren ist in der Gruppe der Kundeninformationen festzustellen, dass alle Ansätze additive Bündelnutzen ermöglichen. Da zudem mit Ausnahme des Ansatzes von Stauß alle Ansätze Nutzen bzw. Zahlungsbereitschaften auf Ebene der Bündel und nicht auf Ebene der Produkte bestimmen, sind die meisten Ansätze in der Lage, auch sub- und superadditive Bündelnutzen zu erfassen. Kinberg und Sudit müssen aufgrund ihres Lösungsverfahrens superadditive Nutzen ausschließen, während Stauß den Nutzen auf Basis der Produkte erfasst und zur Berechnung additive Bündelnutzen unterstellt. In der Gruppe der Anbieterinformationen berücksichtigen alle Ansätze variable Kosten, während immerhin 4 Ansätze zusätzlich Komplexitätskosten oder die Erhöhung allgemeiner Verwaltungskosten als Fixkosten eines Bündels erfassen.[246] Kinberg und Sudit müssen sich wiederum aufgrund ihres Lösungsverfahrens auf additive variable Bündelkosten beschränken, während alle anderen zudem sub- und mit Ausnahme von Hanson und Martin sowie Wübker superadditive Kosten berücksichtigen können. Der Grund liegt bei letzteren in der zur Annahme des Kaufs von nur einem Bündel notwendigen Voraussetzung eines subadditiven Preissystems, welches nur unter Annahme subadditiver Bündelkosten für den Anbieter optimal ist. Abschließend ist in der Gruppe der Wettbewerbsinformationen festzustellen, dass mit einer Ausnahme alle Ansätze von einer Monopolsituation

245 Vgl. Fürderer/Huchzermeier (1997); Fürderer et al. (1999); Wübker (1998).

246 Vgl. Fürderer/Huchzermeier (1997); Fürderer et al. (1999); Stauß (2006); Wu et al. (2008).

ausgehen. Nur im Ansatz von Fürderer und Huchzermeier werden Angebote von Wettbewerbern in Form eines Status-Quo Nutzens berücksichtigt.

Hinsichtlich der Entscheidungssituation unterstellen 3 Ansätze eine Entscheidung unter Sicherheit und damit vollständige und sichere Kenntniss der Nutzen bzw. Zahlungsbereitschaften.[247] Zwei Ansätze gehen ausschließlich von Entscheidungen unter Unsicherheit aus,[248] während die verbleibenden Ansätze sowohl den Sicherheits- als auch den Unsicherheitsfall berücksichtigen.[249] Die Erfassung der Unsicherheit erfolgt in den Ansätzen sehr unterschiedlich. Während Fürderer und Huchzermeier sowie Fürderer et al. Verteilungen der Reservationspreise unterstellen, erfasst Stauß die Unsicherheit in Form von Szenarien. Wu et al. hingegen erfassen die Unsicherheit nicht im Modell, sondern lösen ihr Modell mehrfach mit verschiedenen Eingangswerten und bilden anschließend für jede Entscheidungsvariable Durchschnittswerte.

Von den Ansätzen mit explizit angegebenem mathematischem Modell bilden 5 Ansätze das Bündelungsproblem in Form eines gemischt-ganzzahligen nichtlinearen und nur 2 Ansätze es in Form eines gemischt-ganzzahligen linearen Modells ab.[250] Die entwickelten Modelle werden zudem sehr unterschiedlich gelöst. Während Wübker die Lösung mit Standardverfahren nur andeutet, entwickeln Hanson und Martin sowie Stauß Verfahren, die das Modell optimal lösen, u.U. jedoch sehr lange Laufzeiten besitzen. In den übrigen 4 Ansätzen werden zur Lösung eigene Heuristiken entwickelt, während Meta-Heuristiken wie evolutionäre Algorithmen bisher nicht eingesetzt wurden.

3.3.3 Modellierung des Product Bundling Problems

Auch wenn im Vergleich zur Produktliniengestaltung eine geringere Anzahl an Optimierungsmodellen existiert, ist eine Vorstellung sämtlicher Modelle wiederum wenig zweckdienlich. Im Weiteren werden daher mit dem Ansatz von Hanson und Martin sowie dem Ansatz von Fürderer et al. jeweils ein Modell mit deterministischer und probabilistischer Wahlregel vorgestellt.

Das deterministische Product Bundling Problem

Ausgangspunkt des deterministischen Product Bundling Problems nach Hanson und Martin ist eine gegebene Menge von Produkten, die deckungsbeitrags-

247 Vgl. Kinberg/Sudit (1979); Hanson/Martin (1990); Wübker (1998).
248 Vgl. Fürderer/Huchzermeier (1997); Fürderer et al. (1999).
249 Vgl. Stauß (2006); Wu et al. (2008).
250 Stauß schlägt in seinem Ansatz zwei Modelle vor. Ein MILP zur Entscheidungsunterstützung unter Sicherheit und ein MINLP bei Unsicherheit, welches laut seiner Aussage jedoch linearisierbar ist.

maximal zu Bündeln zusammenzustellen und zu bepreisen sind. Zunächst werden aus den Einzelkomponenten alle möglichen Bündel gebildet, anschließend sind diese optimal zu bepreisen, sodass die Auswahl, welche Bündel angeboten werden, implizit über den Preis erfolgt. Für die Modellierung des Problems werden folgende Bezeichnungen der Indizes, der Parameter sowie der Hilfs- und Entscheidungsvariablen vereinbart:[251]

Indizes und Indexmengen

$b = 1, \ldots, B$	Sämtliche aus E Einzelkomponenten mögliche Bündel $B = 2^E - 1$
	$b = 1, \ldots, E$ Unechte Bündel ($\hat{=}$ Einzelkomponenten)
	$b = E+1, \ldots, B$ Echte Bündel
$K(b)$	Menge der in Bündel b enthaltenen Einzelkomponenten
Θ_b	Menge aller Kombinationen von Bündeln, die jeweils dieselben Einzelkomponenten enthalten wie Bündel b. Es gilt: $\Theta_b := \left\{ C \subset \{1,\ldots,B\} \mid \bigcup_{c \in C} K(c) = K(b) \right\}$
$e = 1, \ldots, E$	Einzelkomponenten
$k = 1, \ldots, K$	Kundensegmente

Parameter

VK_{kb}	Variable Herstellkosten, falls Kunde k Bündel b kauft
SG_k	Segmentgröße von Kundensegment k
R_{kb}	Zahlungsbereitschaft von Kunde k für Bündel b
R^{max}	Maximale Zahlungsbereitschaft, $R^{max} = \max_{k,b} \{R_{kb}\}$

Hilfsvariablen

z_{kb}	Von Kundensegment k mit Bündel b generierter Deckungsbeitrag
s_k	Surplus von Kundensegment k
s_{kb}	Surplus von Kundensegment k bei Wahl von Bündel b
p_{kb}	Preis, den Kunde k für Bündel b bezahlt

Entscheidungsvariablen

p_b Preis für Bündel b

$$\theta_{kb} = \begin{cases} 1, & \text{falls Kundensegment k Bündel b kauft} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

251 Vgl. Hanson/Martin (1990), S. 157-161.

Das gemischt-ganzzahlige lineare Optimierungsmodell lautet:

$$\max \quad \sum_{k=1}^{K}\sum_{b=1}^{B} z_{kb} \cdot SG_k \tag{3.36}$$

$$\text{s.d.} \quad s_k \geq R_{kb} - p_b \qquad \forall k,b \tag{3.37}$$

$$p_b \leq \sum_{c \in C} p_c \qquad \forall k, C \in \Theta_b \tag{3.38}$$

$$p_{kb} \geq p_b - R^{max} \cdot (1 - \theta_{kb}) \qquad \forall k,b \tag{3.39}$$

$$p_{kb} \leq p_b \qquad \forall k,b \tag{3.40}$$

$$s_k \geq \sum_{b=1}^{B} (R_{kb} \cdot \theta_{k'b} - p_{k'b}) \qquad \forall k,k' \tag{3.41}$$

$$z_{kb} = p_{kb} - VK_b \cdot \theta_{kb} \qquad \forall k,b \tag{3.42}$$

$$s_{kb} = R_{kb} \cdot \theta_{kb} - p_{kb} \qquad \forall k,b \tag{3.43}$$

$$s_k = \sum_{b=0}^{B} s_{kb} \qquad \forall k \tag{3.44}$$

$$\sum_{b=0}^{B} \theta_{kb} = 1 \qquad \forall k \tag{3.45}$$

$$p_b, p_{kb}, s_k, s_{kb}, z_{kb} \geq 0 \qquad s_{k0} = 0 \qquad \forall k,b \tag{3.46}$$

$$\theta_{kb} \in \{0,1\} \qquad \forall k,b \tag{3.47}$$

Durch die Zielfunktion (3.36) wird der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert. Restriktion (3.37) spiegelt in Verbindung mit (3.43) und (3.44) die First-Choice Regel wider. Durch (3.37) wird für jeden Kunden der maximale Surplus aus allen Bündeln ermittelt, während durch (3.43) und (3.44) der Surplus des gewählten Bündels bestimmt wird. Durch (3.43) in Verbindung mit der Nichtnegativitätsbedingung (3.46) wird zudem der kundenindividuelle Preis für alle nichtgewählten Bündel auf null gesetzt. Es wird angenommen, dass Kunden maximal ein Bündel erwerben, was subadditive Bündelpreise voraussetzt.[252] Dies wird mit Restriktion (3.38) sichergestellt. Für ein subadditives Preissystem darf der Preis eines Bündels maximal so groß sein wie der Gesamtpreis aller Bündel, die die

252 Vgl. hierzu Hanson/Martin (1990), S. 158f. sowie S. 172 oder die Ausführungen in Kapitel 4.2.

gleichen Einzelkomponenten enthalten. Da die in einem Bündel enthaltenen Einzelkomponenten durch verschiedene Kombinationen anderer Bündel abgebildet werden können, existieren für jedes Bündel b mehrere Teilmengen C. Die Restriktionen (3.39) und (3.40) stellen sicher, dass im Falle eines Erwerbs der kundenindividuelle Bündelpreis dem Bündelpreis entspricht und somit alle Kunden für ein Bündel identische Preise zahlen. Restriktion (3.41) ist nicht notwendig, erleichtert jedoch die Lösung des relaxierten Modells. Durch sie wird sichergestellt, dass der Surplus eines Kunden mindestens so groß ist wie sein Nutzen aus dem von einem anderen Kunden gewählten Bündel abzüglich des von diesem Kunden bezahlten Preises. Mit (3.42) wird der mit einem Kunden erzielte Deckungsbeitrag bestimmt. Die Variable z_{kb} ist jedoch unnötig, da die rechte Seite der Gleichung auch direkt in der Zielfunktion hätte aufgenommen werden können. Durch (3.45) ist von jedem Kunden entweder genau ein Bündel zu erwerben oder auf den Erwerb durch Wahl des 0-Bündels zu verzichten. Restriktion (3.46) gibt die Nichtnegativitätsbedingung an und deklariert einen Surplus von null für den Nichtkauf. Abschließend deklariert (3.47) die Variable θ als Binärvariable.

Das probabilistische Product Bundling Problem

Beim probabilistischen Product Bundling Problem nach Fürderer et al. ist aus einer vorgegebenen Anzahl von Bündeln eine optimale Auswahl zu treffen und deckungsbeitragsmaximal zu bepreisen. Zur Modellierung werden folgende Indizes, Parameter und Variablen verwendet.[253]

Indizes und Indexmengen

$b = 1, \ldots, B$	Bündel	
	$b = 1, \ldots, E$	Unechte Bündel ($\hat{=}$ Einzelkomponenten)
	$b = E+1, \ldots, B$	Echte Bündel
$e = 1, \ldots, E$	Einzelkomponenten	
$k = 1, \ldots, K$	Kundensegmente	

Funktionen

φ_{kb}	Dichtefunktion des Reservationspreises von Kundensegment k für Bündel b
ψ_{kb}	Inverse der Verteilungsfunktion des Reservationspreises von Kundensegment k für Bündel b

253 Vgl. Fürderer et al. (1999), S. 64-69.

$S_{kb}(p_b)$	Surplus von Kunde k für Bündel b, welches zu einem Preis von p_b angeboten wird

Parameter

α_k	Kundenindividueller BTL-Skalierungsparameter
$\rho_{kbb'}$	Von Kunde k wahrgenommene Substitutionsbeziehung zwischen Bündel b und Bündel b', $\rho_{kbb'} \in [0;1]$
BOG	Maximal anzubietende Anzahl echter Bündel
K_{be}	Bündelkonfiguration; 1, falls Bündel b Einzelkomponente e enthält, 0 sonst
FK_b	Fixkosten von Bündel b
POG_b	Preisobergrenze für Bündel b
PUG_b	Preisuntergrenze für Bündel b
SG_k	Segmentgröße von Kundensegment k
VK_{kb}	Variable Kosten, die anfallen, wenn Kunde k Bündel b kauft

Variablen

p_b	Preis von Bündel b
θ_{kb}	Wahrscheinlichkeit, dass Kunde k Bündel b erwirbt
y_b	$= \begin{cases} 1, & \text{falls Bündel b angeboten wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$

Der Surplus eines Kundensegments k für Bündel b in Abhängigkeit des gewählten Preises p_b ergibt sich als Fläche unter der Dichtefunktion des Reservationspreises gemäß:

$$S_{kb}(p_b) = \int_{p_b}^{\infty} (p - p_b) \cdot \varphi_{kb}(p)\, dp \tag{3.48}$$

Da Fürderer et al. unterstellen, dass Kunden nur Bündel mit positivem Surplus erwerben, ist pro Segment die Anzahl an Kunden zu bestimmen, die für einen gegebenen Preis p_b aus Bündel b einen positiven Surplus ziehen. Diese Anzahl ergibt sich aus der Inversen der Verteilungsfunktion des Reservationspreises $\psi_{kb}(p_b)$.

Damit lautet das gemischt-ganzzahlige nichtlineare Optimierungsmodell:

$$\max \sum_{k=1}^{K} \sum_{b=1}^{B} (p_b - VK_{kb}) \cdot SG_k \cdot \theta_{kb} \cdot \psi_{kb}(p_b) - \sum_{b=1}^{B} FK_b \cdot y_b \tag{3.49}$$

$$\text{s.d.} \quad \theta_{kb} = \frac{S_{kb}^{\alpha_k}(p_b) \cdot y_b}{\sum_{b'=1}^{B} \rho_{kbb'} \cdot S_{kb'}^{\alpha_k}(p_{b'}) \cdot y_{b'}} \qquad \forall k, b \qquad (3.50)$$

$$\sum_{b=E+1}^{B} y_b \leq BOG \qquad (3.51)$$

$$PUG_b \leq p_b \leq POG_b \qquad \forall b \qquad (3.52)$$

$$K_{be} \cdot (y_b + y_e) \leq 1 \qquad \forall e, b = E+1, \ldots, B \qquad (3.53a)$$

$$\max_{\substack{e \leq E \\ E+1 \leq b \leq B}} K_{be} \cdot (y_b + y_e) \geq 1 \qquad (3.53b)$$

$$y_b \in \{0,1\} \qquad \forall b \qquad (3.54)$$

$$\theta_{kb}, p_b \geq 0 \qquad \forall b \qquad (3.55)$$

Die Zielfunktion (3.49) maximiert den Gesamtdeckungsbeitrag abzüglich der mit dem Angebot der Bündel verbundenen Fixkosten. Restriktion (3.50) stellt eine modifizierte Form der BTL-Wahlregel dar. So werden einerseits segmentspezifische Skalierungsparameter α_k verwendet, andererseits zusätzlich kundenspezifisch wahrgenommene Substitutionsbeziehungen zwischen den Bündeln durch den Parameter ρ berücksichtigt. Da ρ zwischen 0 und 1 definiert ist, gehen zur Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeit eines Bündels b die anderen Bündel b´ umso stärker ein, je größer ihre wahrgenommenen Substitutionsbeziehungen sind. Sind sämtliche Bündel für einen Kunden zueinander perfekte Substitute, sind sämtliche $\rho = 1$ und es resultiert die aus dem Produktliniendesign bekannte BTL-Regel. Durch (3.51) kann zusätzlich die Anzahl anzubietender Bündel auf eine vorgegebene Anzahl beschränkt werden, was jedoch aufgrund der Fixkosten in der Zielfunktion nicht unbedingt notwendig ist. Restriktion (3.52) stellt sicher, dass sich Bündelpreise innerhalb eines Preiskorridors bewegen und weder übertrieben hoch noch niedrig sind. Die Restriktionen (3.53a) und (3.53b) sind alternativ zu verwenden, da jeweils maximal eine gelten darf. Durch sie kann eine bestimmte Bündelungsstrategie vorgegeben werden. Restriktion (3.53a) stellt sicher, dass eine Einzelkomponente entweder alleine, nur im Bündel oder gar nicht angeboten wird, was der reinen Preisbündelung entspricht. Durch (3.53b) hingegen ist jede Einzelkomponente einzeln und in mindestens einem Bündel anzubieten, was der gemischten Preisbündelung entspricht. Abschließend definieren (3.54) und (3.55) die Entscheidungsvariablen als Binärvariablen bzw. geben die Nichtnegativitätsbedingung an.

3.4 Kritische Würdigung quantitativer Planungsunterstützung

Neben Anbietern treten im Rahmen der Produktprogrammgestaltung Kunden als handelnde Akteure auf, weswegen ihr Verhalten geeignet in quantitativen Planungsansätzen zu berücksichtigen ist. Hierzu bietet sich das Konzept der hierarchischen Planung an, gemäß dem Anbieter als übergeordnete Entscheidungsebene zunächst über Produktprogramm und Preise entscheiden und damit Einfluss auf das Entscheidungsfeld der Kunden nehmen. Anschließend entscheiden die Kunden als untergeordnete Ebene, ob und ggf. welche der angebotenen Produkte sie erwerben. Um in dieser Situation zu zielentsprechenden Entscheidungen zu gelangen, haben Anbieter die Produkt- und Bündelwahl der Kunden mit Hilfe eines Modells zu antizipieren und vor ihrer endgültigen Entscheidung zu berücksichtigen.

Im Produktliniendesign stehen mit der Wahlregel des maximalen Nutzens bzw. der First-Choice Regel, den Attraktionsmodellen in Form der BTL-Regel und den Zufallsnutzenmodellen in Form der MNL-Regel mehrere Antizipationsmodelle zur Verfügung, die auf Basis des Nutzens bzw. der Zahlungsbereitschaft die Wahl der Kunden prognostizieren. Die Wahlmodelle unterscheiden sich hinsichtlich des vermuteten Ausmaßes der Nutzenerfassung sowie des unterstellten Entscheidungsverhaltens. Die First-Choice Regel geht von vollständiger Nutzenerfassung und deterministischem Entscheidungsverhalten aus. Attraktionsmodelle hingegen unterstellen zwar ebenfalls eine vollständige Nutzenerfassung, gehen ansonsten jedoch von einem probabilistischen Entscheidungsverhalten der Kunden aus. Dadurch existieren positive Auswahlwahrscheinlichkeiten auch für nicht nutzenmaximale Produkte. Zufallsnutzenmodelle hingegen unterstellen eine unvollständige Nutzenerfassung, aber ein deterministisches Entscheidungsverhalten. Es wird daher eine Wahrscheinlichkeit berechnet, dass ein gegebenes Produkt für einen Kunden von allen Produkten den höchsten Nutzen aufweist und daher ausgewählt wird.

Die Bewertung der klassischen Wahlmodelle erfolgte sowohl auf einer theoretischen als auch einer empirischen Basis. Die theoretische Analyse ergab, dass alle Wahlmodelle Vor- und Nachteile besitzen und somit keine prinzipielle, allenfalls eine anwendungsspezifische Überlegenheit festzustellen ist. Als Hauptkritikpunkte waren für die deterministische First-Choice Regel ihre Sensitivität hinsichtlich Abweichungen von unterstellten Nutzenwerten und für die probabilistischen Modelle die Verletzung der UIA-Annahme anzuführen. Die Analyse empirischer Studien ergab, dass die First-Choice Regel trotz ihrer Einfachheit eine prognostische Validität auf aggregierter Ebene erzielen kann, welche mit der von komplexen Modellen vergleichbar ist und somit auch empirisch keine generelle Überlegenheit eines der Verfahren gegeben ist.

Mit der Randomized First-Choice Regel wurde im Weiteren ein aktuelles Wahlmodell vorgestellt, welches die Vorteile deterministischer und probabilistischer Modelle in sich vereinigt. Bei unterstellter unvollständiger Nutzenerfassung werden Auswahlwahrscheinlichkeiten im Gegensatz zu Zufallsnutzenmodellen nicht auf Basis deterministischer Nutzenkomponenten berechnet, sondern durch Simulation bestimmt. Durch die fehlende geschlossene Form besitzt die Randomized First-Choice Regel auf der einen Seite den Vorteil, keine Annahmen über stochastische Nutzenkomponenten treffen zu müssen, auf der anderen Seite jedoch den Nachteil, dass sie nur schwierig in mathematische Modelle zu integrieren ist.

Sowohl die klassischen Wahlmodelle als auch die Randomized First-Choice Regel gehen davon aus, dass Kunden aufgrund der innerhalb von Produktlinien herrschenden Substitutionsbeziehungen maximal eine Variante erwerben. In komplexen Produktprogrammen stellen Varianten und Bündel hingegen nicht zwangsläufig perfekte Substitute dar und es kann somit für Kunden rational sein, auch mehr als eine Variante oder Bündel zu erwerben. In dieser Situation ist die Einsetzbarkeit probabilistischer Wahlregeln fraglich, da weder die UIA-Annahme noch die Annahme unabhängiger stochastischer Nutzenkomponenten aufrecht zu erhalten war. Es wurde daher die First-Choice Regel zum linearen Programmierungsmodell *CusChoice* weiterentwickelt. Dieses prognostiziert die Produkt- und Bündelwahl in komplexen Produktprogrammen und stellt somit ein geeignetes Antizipationsmodell im Sinne der hierarchischen Planung dar.

Im zweiten Teil des Kapitels wurden quantitative Modelle zur Unterstützung der Produktliniengestaltung vorgestellt, deren Hauptaufgabe in der Vermeidung bzw. Minderung von Kannibalisierungseffekten liegt. So ist zu vermeiden, dass Kunden anstelle der für sie vorgesehenen Variante stattdessen eine andere erwerben, die für sie mit größerem Surplus, für den Anbieter jedoch mit einem geringeren Deckungsbeitrag verbunden ist. Es wurde dargelegt, dass die Vermeidung von Kannibalisierung und damit die Erzielung hoher Gesamtdeckungsbeiträge durch simultane Produkt- und Preisanpassungen wesentlich besser gelingt als durch alleinige Preisänderungen.

Die Analyse 35 conjoint-basierter Ansätze ergab, dass überwiegend der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert und auf die explizite Modellierung des Entscheidungsbereichs Produktion verzichtet wird. Dass ein- und zweistufige Ansätze jeweils ca. die Hälfte aller Beiträge ausmachen, zeigt, dass sich bisher keiner der Ansätze eindeutig durchsetzen konnte. Dies liegt auch an dem fehlenden Vergleich beider Ansätze auf identischen Datensätzen. Dieser würde zeigen, welcher Ansatz zu besseren Ergebnissen führt und so eine fundierte Entscheidung für die eine oder andere Ausgangsbasis ermöglichen. Die Kundenwahl wird mehrheitlich deterministisch modelliert, was umso überraschender ist, da

sich viele Ansätze heuristischer Lösungsverfahren wie evolutionäre Algorithmen bedienen, die ohne Probleme auch probabilistische Wahlmodelle berücksichtigen können. Desweiteren berücksichtigt zwar mehr als die Hälfte der Ansätze die Preissetzung, jedoch modelliert davon nur ca. die Hälfte den Preis als kontinuierliche Entscheidungsvariable. Die meisten Ansätze unterstellen eine Entscheidungssituation unter Sicherheit, von den wenigen, die unsichere Einflussfaktoren erfassen, integrieren nur zwei die Unsicherheit im Modell, während die übrigen im Nachhinein die Robustheit der mit ihrer Heuristik erzeugten Lösungen überprüfen. Aufgrund der Komplexität der meist nichtlinearen Modelle werden Heuristiken eingesetzt, wobei sich hier evolutionäre Algorithmen hervorgetan und eine weite Verbreitung erfahren haben.

Im dritten Teil wurden schließlich quantitative Modelle zur Unterstützung der Preisbündelung vorgestellt. Die Hauptschwierigkeit liegt hier in der richtigen Prognose der von Kunden gewählten Produkte und Bündel, weswegen vermutlich die Mehrheit der sieben untersuchten Ansätze eine deterministische Wahlregel verwendet. Darüber hinaus ließ sich feststellen, dass alle Ansätze die Maximierung des Gesamtdeckungsbeitrags verfolgen und nahezu alle die Bündelpreise endogen bestimmen. Durch die Annahme des Vorhandenseins von Bündelkandidaten oder sämtlicher Bündelkonfigurationen können zwar beliebig strukturierte Nutzen berücksichtigt werden, jedoch steigt die Komplexität der Modelle sehr stark an. Nur ein Ansatz berücksichtigt Wettbewerbsangebote, aber ca. die Hälfte thematisiert die unsichere Erfassung der Nutzenwerte. Die überwiegend nichtlinearen Modelle werden wiederum mit Heuristiken gelöst, wobei hierzu evolutionärer Algorithmen bisher nicht eingesetzt wurden.

Die quantitative Planungsunterstützung zur Produktliniengestaltung und Preisbündelung erscheint unverbunden. Produktlinienmodelle gehen davon aus, dass zwischen Produktlinien keine Wechselwirkungen existieren und somit eine Produktlinie unabhängig von allen anderen Produktlinien zu optimieren ist. Bündelungsmodelle hingegen berücksichtigen zwar, dass Produkte aufgrund heterogener Zahlungsbereitschaften der Kunden nicht einzeln, sondern gemeinsam zu bepreisen sind, unterstellen einerseits jedoch die Unveränderlichkeit des Produktdesigns und andererseits die Existenz von nur einer Variante pro Produkttyp. Unternehmen bieten heutzutage jedoch nicht nur eine, sondern mehrere Produktlinien an. Möchte ein Anbieter sein Produktprogramm unter Berücksichtigung von Preisbündelung optimal gestalten, so können ihn die bisherigen Ansätze nicht unterstützen. Es bedarf eines neuen, integrierten Ansatzes, der sowohl Produktliniengestaltung als auch Preisbündelung erfasst und in einem geschlossenen Entscheidungsunterstützungsmodell vereint.

Im folgenden Kapitel 4 wird ein solcher Ansatz konzipiert und quantitative Optimierungsmodelle entwickelt. Zugleich wird die heuristische Lösung mittels

eines hybriden evolutionären Algorithmus thematisiert. In Kapitel 5 werden in einer umfangreichen experimentellen Studie die durch Einsatz des neuen Verfahrens zu erwartenden Gesamtdeckungsbeitragssteigerungen analysiert. Gleichzeitig werden Faktoren identifiziert, die den Erfolg einer Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung begünstigen. Unsichere Nutzenerfassung wird schließlich in Kapitel 6 thematisiert. Zur Ermittlung robuster Lösungen werden die in Kapitel 4 entwickelten Modelle um einen Robustheitsparameter erweitert. Zur Robustheitsbewertung der ermittelten Lösungen erfolgt eine Simulation auf Basis des vorgestellten Randomized First-Choice Modells.

4 Entscheidungsunterstützungsmodelle zur integrierten Produktprogrammoptimierung

Kapitel 3 gab einen Überblick über quantitative Entscheidungsunterstützungsmodelle zur Produktliniengestaltung und zur Preisbündelung. Es wurde deutlich, dass Produktliniendesignmodelle Bündelungsentscheidungen ebenso ausklammern, wie Bündelungsmodelle Designentscheidungen. Beide Ansätze unterscheiden sich insbesondere in ihrer Modellierung der Kundenwahl. Im vorliegenden Kapitel 4 werden beide Bereiche zusammengeführt und zu einem integrierten Ansatz verbunden (vgl. Abbildung 4.1). Zunächst werden mögliche Integrationsformen der Preisbündelung vorgestellt. Anschließend werden unterschiedliche Bündeldarstellungen beschrieben und ihre Auswirkungen auf die Kundenwahlmodellierung untersucht, um eine geeignete Form für den integrierten Ansatz zu identifizieren. Im Anschluss werden notwendige Annahmen herausgearbeitet, um zwei Grundmodelle entwickeln zu können.

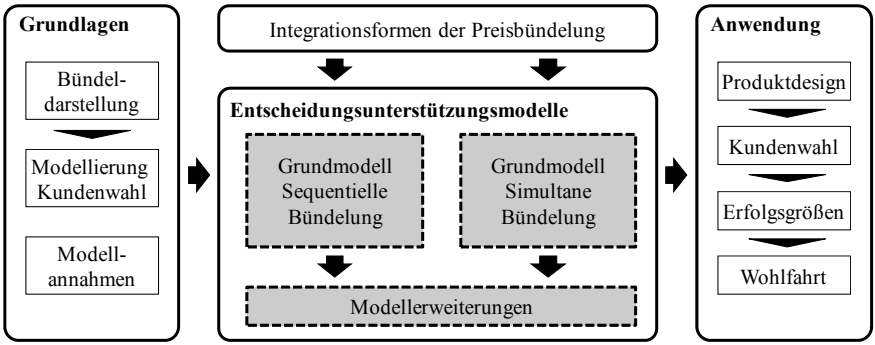


Abbildung 4.1: Aufbau des vierten Kapitels

Auf dieser Basis werden die Grundmodelle zur sequentiellen und simultanen Bündelung hergeleitet und erläutert. Diverse Modellerweiterungen werden vorgestellt und erlauben die Anpassung der Grundmodelle an reale Anwendungssituationen. Der praktische Einsatz der entwickelten Modelle wird anhand eines beispielhaften Produktprogramms demonstriert und die Auswirkungen auf Produktdesign, Kundenwahl, ökonomische Erfolgsgrößen sowie Kunden und Wohlfahrt analysiert. Die Ausführungen enden mit einer Bewertung der entwickelten Modelle und der exemplarischen Anwendung.

4.1 Integration von Produktliniendesign und Preisbündelung

Zur Optimierung komplexer Produktprogramme ist das Produktdesign ebenso festzulegen wie die Bündelkonfiguration und die Preise. Produktliniendesignmodelle sind daher um Aspekte der Bündelkonfiguration und Preisbündelung zu erweitern.

4.1.1 Integrationsformen der Preisbündelung

Grundsätzlich bestehen zwei in Abbildung 4.2 dargestellte Möglichkeiten, Preisbündelung in das Produktliniendesign zu integrieren.

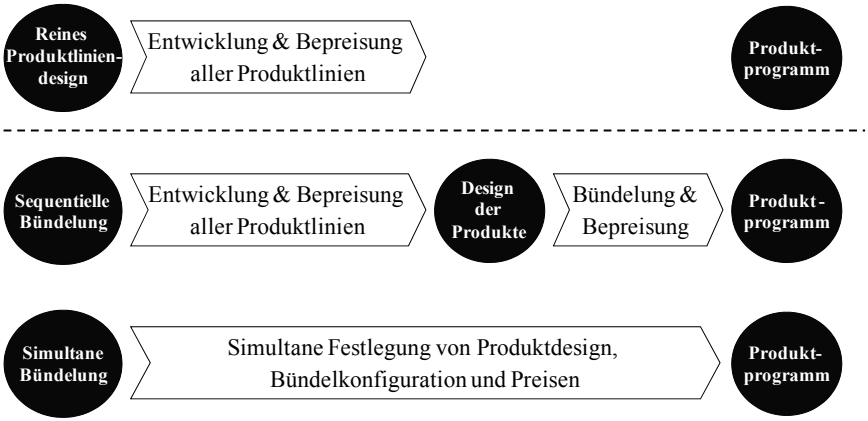


Abbildung 4.2: Integrationsformen der Preisbündelung

Um im weiteren Verlauf die Vorteilhaftigkeit von Produktprogrammgestaltungen mit Preisbündelung untersuchen zu können, ist ein Vergleichspunkt festzulegen. Ohne Berücksichtigung von Preisbündelung wird jede Produktlinie separat betrachtet und optimiert. Diese Optimierung wird im Weiteren als *reines Produktliniendesign* bezeichnet. Der Kunde wird aus jeder Linie die Variante erwerben, welche ihm den größten Surplus bietet. Existiert in einer Linie keine Variante mit positivem Surplus, wird der Kunde hingegen diesen Produkttyp nicht kaufen. Sinnvollerweise werden durch Preisbündelung nur dann Bündel gebildet und angeboten, wenn dadurch der Gesamtdeckungsbeitrag steigt. Ist dies nicht der Fall, ist auf das Angebot von Bündeln zu verzichten. Der Gesamtdeckungsbeitrag des reinen Produktliniendesigns stellt damit einerseits die Untergrenze, andererseits den Vergleichsmaßstab für die beiden Integrationsformen dar.

Als erste Möglichkeit zur Integration bietet sich ein sequentielles Vorgehen an, was daher im Weiteren als s*equentielle Bündelung* bezeichnet wird. Hierbei wird zunächst jede Produktlinie für sich betrachtet und das Produktdesign für jede Variante ermittelt. Auf Basis der in diesem ersten Schritt festgelegten Produktvarianten wird die Preisbündelung durchgeführt. Es werden optimale Bündel aus den bereits spezifizierten Varianten gebildet und optimale Preise bestimmt. Falls notwendig, werden in diesem Schritt auch die Preise der Einzelprodukte angepasst. Das Produktdesign kann hingegen nicht modifiziert werden. Kunden können entweder nur Einzelprodukte, nur Bündel oder eine beliebige Kombination von Einzelprodukten und Bündel erwerben, wobei sie sich die Leistungen nutzenmaximal zusammenstellen werden. Die sequentielle Bündelung kann für Unternehmen interessant sein, deren Produktlinien bereits separat optimiert wurden und die daher Produktmodifikationen vermeiden, jedoch ihr Produktprogramm um Angebotsbündel erweitern möchten.

Anstatt Bündel im Anschluss an eine Produktoptimierung zu konfigurieren, besteht zweitens die Möglichkeit, Produktliniendesign und Preisbündelung simultan durchzuführen. Dies wird im Folgenden daher als *simultane Bündelung* bezeichnet. Hierbei wird das optimale Produktdesign jeder Variante in jeder Linie zusammen mit der optimalen Bündelkonfiguration und den Preisen bestimmt. Analog zur sequentiellen Bündelung besitzen Kunden die Möglichkeit, eine beliebige Kombination aus Einzelprodukten und Bündeln zu erwerben. Der erreichbare Gesamtdeckungsbeitrag ist mit simultaner Bündelung auf jeden Fall größer als mit sequentieller Bündelung. Zur Verdeutlichung sei angenommen, dass durch Produktliniendesign alle Produktvarianten optimal im Hinblick auf die Bündelung spezifiziert wurden. In dieser Situation werden durch sequentielle und simultane Bündelung identisch spezifizierte Varianten und Bündel ermittelt, wodurch sich der gleiche Gesamtdeckungsbeitrag ergibt. Sind hingegen die Produktdesigns nicht optimal aufeinander abgestimmt, kann durch sequentielle Bündelung nur ein geringerer Gesamtdeckungsbeitrag erreicht werden. Simultane Bündelung ist vor diesem Hintergrund für Unternehmen interessant, die ihre Produkte überarbeiten oder Bündelungsvorteile maximal nutzen möchten.

4.1.2 Bündeldarstellung und Modellierung der Kundenwahl

Die Art und Weise der mathematischen Beschreibung von Bündeln ist entscheidend für die Entwicklung eines praktisch einsetzbaren Verfahrens. Unterschiedliche Modellierungen der Bündel bedingen unterschiedliche Modellierungen der Kundenwahl, welche wiederum zu unterschiedlich komplexen Modellen führen. Die Schwierigkeit der Kundenwahlmodellierung liegt in der hierarchischen Na-

tur der Entscheidungen.[254] Zunächst bestimmt der Anbieter das Leistungsangebot und anschließend entscheiden die Kunden, welche der angebotenen Leistungen sie erwerben möchten. Rationale Kunden werden die für sie surplusmaximale Kombination bestimmen und auswählen, was durch das in Kapitel 3.1.3 vorgestellte Modell *CusChoice* antizipiert wird. Zur Optimierung komplexer Produktprogramme ist die prognostizierte Kundenwahl in die quantitativen Modelle zu integrieren. Problematisch ist die Tatsache, dass die von Kunden verfolgte Nutzenmaximierung der Gewinnmaximierung des Anbieters konträr gegenübersteht. Das Unternehmen möchte, dass Kunden Produkte mit hohen Deckungsbeiträgen kaufen, welche meist jedoch einen niedrigen Surplus aufweisen. Die Kunden hingegen möchten ihren Surplus maximieren und werden daher selten Produkte mit hohen Deckungsbeiträgen erwerben. Die Integration beider Entscheidungen kann daher nicht über die Zielfunktion erfolgen. Vielmehr wird als alleiniges Ziel die Deckungsbeitragsmaximierung unter der Nebenbedingung verfolgt, dass Kunden von den angebotenen Produkten und Bündeln ihre surplusmaximale Kombination auswählen und kaufen. Die Schwierigkeit besteht darin, das Modell *CusChoice* in Restriktionen umzuformulieren und einem Bundling- bzw. PLD-Modell hinzuzufügen. Es existieren verschiedene Möglichkeiten der Bündeldarstellung, welche die zur Abbildung der Kundenwahl notwendigen Restriktionen und damit die Komplexität der Modelle entscheidend beeinflussen.

Vollständige Angabe kaufbarer Leistungsverbunde (mit Produktdesign)

Wie die Darstellung des *Product Line Design* und des *Bundling Problems* in Kapitel 3 zeigte, können alle Handlungsalternativen der Kunden explizit angegeben und in den Modellen berücksichtigt werden. Im Product Line Design-Fall waren dies alle ggf. nach Vorauswahl möglichen Produktdesigns, im Bundling-Fall alle möglichen Bündelkonfigurationen. In der integrierten Produktprogrammoptimierung können analog dazu alle möglichen Kombinationen von Produkten und Bündel gebildet werden, die im Weiteren als kaufbare Leistungsverbunde bezeichnet werden. Durch Angabe der Leistungsverbunde sind alle Handlungsalternativen eines Kunden explizit beschrieben.[255]

Da Leistungsverbunde vollständig durch die Angabe der enthaltenen Einzelprodukte und Bündel definiert sind, können Zahlungsbereitschaften bzw. Reservationspreise R_{kq} eines Kunden k für jeden Leistungsverbund $q = 1,\ldots,Q$ berechnet werden. Die Hilfs-Entscheidungsvariable θ stellt die Kaufentscheidung des Kunden dar:

254 Vgl. die Ausführungen in Kapitel 3.1.1.

255 Vgl. hierzu auch das Beispiel in Kapitel 3.1.3.

$$\theta_{kq} = \begin{cases} 1, & \text{wenn Kunde k Leistungsverbund q kauft} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Wenn p_q den Preis des Leistungsverbunds q und p_{kq} den kundenindividuellen Preis, den Kunde k für Leistungsverbund q zahlt, darstellen, so kann die Kundenwahl wie folgt als Restriktionen modelliert werden:

$$\sum_{q=1}^{Q} \left(R_{kq} \cdot \theta_{kq} - p_{kq} \right) \geq R_{kq'} - p_{q'} \qquad \forall k, q' \tag{4.1}$$

$$\sum_{q=1}^{Q} \left(R_{kq} \cdot \theta_{kq} - p_{kq} \right) \geq 0 \qquad \forall k \tag{4.2}$$

Durch die linke Seite der Ungleichung (4.1) wird der Surplus der Kundenwahl bestimmt. Dieser Surplus muss größer oder gleich dem Surplus jedes möglichen Leistungsverbunds sein (rechte Seite). Dadurch kann θ nur für den Leistungsverbund mit dem größten Surplus den Wert 1 annehmen. Durch Restriktion (4.2) wird sichergestellt, dass der Kunde auf einen Kauf verzichtet, sollte kein Leistungsverbund zu einem positiven Surplus führen. Durch diese Restriktion wird zeitgleich sichergestellt, dass der kundenindividuelle Preis p_{kq} für alle nicht gekauften Leistungsverbunde gleich null ist. Durch weitere Restriktionen analog zum Bundling Modell von Hanson und Martin ist sicherzustellen, dass der kundenindividuelle Preis p_{kq} identisch mit dem Preis des gewählten Leistungsverbunds ist.[256]

Diese Modellierung besitzt den Vorteil, dass ein Leistungsverbund eine Handlungsalternative im Sinne der Entscheidungstheorie darstellt. Dadurch ist die Kundenwahl einfach als Restriktion abzubilden, da nur sicherzustellen ist, dass die beste Handlungsalternative gewählt wird.

Problematisch ist hingegen, dass aufgrund der Kombinatorik sehr viele Leistungsverbunde existieren und dass selbst die Berechnung der Reservationspreise für alle Leistungsverbunde einen enormen Aufwand darstellt. Dies sei an einem Beispiel verdeutlicht. Angenommen ein Anbieter von Nutzfahrzeugen kann aufgrund kaufrelevanter Merkmale und Ausprägungen 54 verschiedene Sattelauflieger, 16 verschiedene Telematiken, 54 verschiedene Serviceverträge und 27 verschiedene Finanzierungen anbieten.[257] Bietet er eine Variante pro Linie an, existieren $4^2 - 5 = 11$ verschiedene Bündel.[258] Zur vollständigen Definition eines

256 Vgl. die Darstellung in Kapitel 3.3.3.

257 Vgl. auch Tabelle 4.2 in Kapitel 4.3.1.

258 Zur Angabe eines Bündels ist pro Linie festzulegen, ob die spezifizierte Variante enthalten ist oder nicht. Somit existieren bei vier Linien 4^2 verschiedene Möglichkeiten. Hier-

Leistungsverbunds muss pro Variante und Bündel angegeben werden, ob diese Variante bzw. dieses Bündel in ihm enthalten ist. Die angegebenen Alternativen sind demnach um die Nichtkauf-Alternativen zu erweitern, sodass insgesamt 55·17·55·28·12 = 17.278.799 mögliche Leistungsverbunde existieren, falls neben den Einzelprodukten *ein* Bündel angeboten werden soll. Die Anzahl steigt deutlich an, wenn pro Linie weitere Varianten und insgesamt weitere Bündel angeboten werden. Die hohe Anzahl selbst in dem einfach gehaltenen Beispiel zeigt, dass eine vollständige Angabe aller kaufbaren Leistungsverbunde nicht sinnvoll ist und zu komplexen Modellen führt, die vermutlich niemals gelöst werden können.

Vollständige Angabe kaufbarer Leistungsverbunde (nur Struktur)

Dieses Problem wird verringert, wenn nicht alle Leistungsverbunde explizit mit ihrem Produktdesign, sondern nur hinsichtlich ihrer Struktur beschrieben werden. Dies bedeutet, dass ein Leistungsverbund die Aussage enthält, ob bspw. Variante 1 aus Linie 2 enthalten ist, nicht jedoch wie diese Variante spezifiziert ist. Die Struktur ist durch folgenden Parameter gegeben:

$$D_{qlv} = \begin{cases} 1, & \text{falls Leistungsverbund q aus Produktlinie l Variante v enthält} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Das Produktdesign hingegen wird nicht im Vorfeld explizit formuliert, sondern mit Hilfe der folgenden Entscheidungsvariablen modelliert:

$$\delta_{lvma} = \begin{cases} 1, & \text{falls in Linie l Variante v im Merkmal m Ausprägung a besitzt} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Sofern R_{kma} den Reservationspreis von Kunden k für Merkmal m in der Ausprägung a bezeichnet, ist die Zahlungsbereitschaft von Kunde k für Leistungsverbund q gegeben durch:

$$R_{kq} := \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} D_{qlv} \cdot \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot \delta_{lvma} \qquad \forall k, q \qquad (4.3)$$

Die Zahlungsbereitschaft für Leistungsverbunde ist dadurch jedoch kein Parameter mehr, sondern ergibt sich endogen durch das Modell. Damit weiterhin ein lineares Modell[259] entsteht, kann nicht wie in Ungleichung (4.1) R_{kq} mit θ_{kq} multipliziert werden, da ansonsten mit θ und δ zwei Entscheidungsvariablen multi-

von sind die 4 unechten Bündel und das komplett leere Bündel zu subtrahieren, sodass 11 mögliche Bündel verbleiben.

259 Zur Linearität von Modelle vgl. Werners (2008), S. 44-54; Domschke/Drexl (2005), S. 13; Hillier/Lieberman (2005), S. 32-34; Kistner (2003), S. 11-14; Neumann/Morlock (2002), S. 35-52.

pliziert werden würden und damit die Ungleichung nicht mehr linear wäre. Es wird daher die zusätzliche Variable s_k eingefügt, welche den Surplus von Kunde k modelliert. Zusammen mit der großen positiven Zahl M lässt sich die Kundenwahl wie folgt modellieren:

$$s_k \geq R_{kq} - p_q \qquad \forall k,q \qquad (4.4)$$

$$s_k \leq R_{kq} - p_q + M \cdot (1 - \theta_{kq}) \qquad \forall k,q \qquad (4.5)$$

Restriktion (4.4) stellt sicher, dass der Surplus eines Kunden größer oder gleich des Surplus jedes Leistungsverbundes ist. Restriktion (4.5) hingegen begrenzt den Surplus auf den Surplus des gewählten Leistungsverbundes. Nur für den Leistungsverbund mit dem größten Surplus ist $\theta_{kq} = 1$, wodurch der zweite Summand entfällt. Für alle anderen Leistungsverbunde ist $\theta_{kq} = 0$ und die Ungleichung aufgrund des positiven Parameters M nicht bindend.[260] Die Nichtkauf-Alternative wird in dieser Modellierung durch den Leistungsverbund 0 sichergestellt, für den $R_{k0} = 0$ und $p_0 = 0$ gilt.

Durch diese Modellierung reduziert sich die Anzahl der Leistungsverbunde. Sollen im Beispiel wieder eine Variante pro Linie und ein Bündel angeboten werden, so existieren ohne Produktdesign $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 12 = 192$ verschiedene Leistungsverbunde. Diese Darstellung der Bündel benötigt jedoch die große positive Zahl M, aufgrund dessen die Restriktionen im relaxierten[261] Modell jedoch schwächer als (4.1) und (4.2) sind.[262] Dies hat starke Auswirkung auf die Bestimmung von Schranken im Branch & Bound Algorithmus[263] und verlängert dessen Laufzeit erheblich.[264] Da die Zahl der Leistungsverbunde mit Anzahl angebotener Varianten und Bündel zudem stark steigt, scheint auch diese Art der Modellierung für realistische Problemgrößen auszuscheiden.

Modellierung durch Bündelkonfiguration

Die Anzahl möglicher Leistungsverbunde reduziert sich deutlich, wenn davon auszugehen ist, dass Kunden genau ein Bündel kaufen. Dazu sind bestimmte Modellannahmen zu treffen, die im nachfolgenden Kapitel 4.1.3 diskutiert werden. Kauft ein Kunde hingegen nur ein Bündel, stellen die angebotenen Bündel

260 Zu dieser Art der Modellierung logischer Bedingungen vgl. Kallrath (2002), S. 110-113.

261 Im relaxierten Modell wird auf die Binärbedingungen der Variablen verzichtet.

262 Vgl. Hanson/Martin (1990), S. 161.

263 Allgemein zum Branch & Bound Algorithmus vgl. Domschke/Drexl (2005), S. 132-137; Kistner (2003), S. 197-205; Neumann/Morlock (2002), S. 393-402.

264 Der Grund liegt in der schlechten Annäherung der konvexen Hülle durch die LP-Relaxierung dieser Art der Modellierung, vgl. Kallrath (2002), S. 113. In diesem Zusammenhang wird eine Modellformulierung gegenüber einer anderen als besser bezeichnet, wenn sie der konvexen Hülle näher kommt, vgl. Wolsey (1998), S. 16.

gleichzeitig alle sich einem Kunden bietenden Handlungsalternativen dar. In quantitativen Modellen ist sicherzustellen, dass Kunden jeweils die Handlungsalternative wählen, für die ihr Surplus maximal ist. Dazu bezeichne p_b den Preis von Bündel b und δ die Bündelkonfiguration wie folgt:

$$\delta_{blvma} = \begin{cases} 1, & \text{falls Bündel b aus Linie l Variante v} \\ & \text{mit Merkmal m in Ausprägung a enthält} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Dann ergibt sich der Surplus eines Kunden k für Bündel b durch

$$s_{kb} := \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot \delta_{blvma} - p_b \tag{4.6}$$

Wenn θ_{kb} die Wahl eines Bündels mit

$$\theta_{kb} = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k Bündel b erwirbt} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

wiedergibt, kann die Kundenwahl wie folgt abgebildet werden:

$$s_{kb} + M \cdot (1 - \theta_{kb}) \geq s_{kb'} \qquad \forall k, b, b' \tag{4.7}$$

$$s_{kb} + M \cdot (1 - \theta_{kb}) \geq 0 \qquad \forall k, b \tag{4.8}$$

Restriktion (4.7) fordert, dass sobald Kunde k Bündel b erwirbt, der Surplus von k aus der Wahl von Bündel b größer oder gleich dem Surplus bei Wahl jedes anderen Bündels ist. Restriktion (4.8) stellt wiederum sicher, dass nur Bündel mit positivem Surplus gekauft werden können. Durch diese Art der Modellierung wird die Anzahl zu berücksichtigender Handlungsalternativen deutlich reduziert. Diese Modellierung benötigt jedoch wieder die große positive Zahl M und ist dementsprechend ungünstig.

Implizite Modellierung durch Kundenwahl

Bisherige Modellierungsformen haben alle Handlungsalternativen explizit durch Leistungsverbunde oder Bündel abgebildet. Viele Handlungsalternativen kommen jedoch nicht in Betracht, sondern werden durch extrem hohe Preise vom Anbieter faktisch nicht angeboten. Zur Auswahl einer Handlungsalternative sind für die Kunden daher nur die Leistungsverbunde relevant, die vom Unternehmen auch wirklich angeboten werden. Angeboten werden jedoch nur solche Alternativen, die von mindestens einem Kunden gekauft werden. Es ist daher zu überprüfen, ob der für Kunden k vorgesehene Leistungsverbund im Vergleich zu den Leistungsverbunden, die anderen Kunden angeboten werden, den größtmöglichen Surplus aufweist.

Der Leistungsverbund von Kunde k wird durch folgende Entscheidungsvariable spezifiziert:

$$x_{klma} = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k einen Leistungsverbund erwirbt, der in Linie l} \\ & \text{eine Variante mit Merkmal m in Ausprägung a enthält} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Die Entscheidungsvariable x ersetzt damit die Variablen θ und δ und vereint somit Kundenwahl und Produktdesign. Der Preis ist nun nicht mehr für jeden Leistungsverbund zu bestimmen, sondern nur noch für die von den Kunden gekauften Leistungsverbunde. Wird der Preis, den Kundensegment k für den von ihm gewählten Leistungsverbund zahlt, mit p_k bezeichnet, kann die Kundenwahl wie folgt modelliert werden:

$$\sum_{l=1}^{L}\sum_{m=1}^{M_l}\sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot x_{klma} - p_k \geq \sum_{l=1}^{L}\sum_{m=1}^{M_l}\sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot x_{k'lma} - p_{k'} \qquad \forall k, k' \qquad (4.9)$$

$$\sum_{l=1}^{L}\sum_{m=1}^{M_l}\sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot x_{klma} - p_k \geq 0 \qquad \forall k \qquad (4.10)$$

Ungleichung (4.9) stellt sicher, dass der Surplus der von Kunde k gekauften Leistungen größer oder gleich dem Surplus von Kunde k für Leistungen ist, die Kunde k´ erwirbt. Durch diese Restriktion wird zeitgleich sichergestellt, dass zwei Kunden die gleichen Preise bezahlen, sofern sie die gleichen Leistungen erwerben. Restriktion (4.10) hingegen stellt wiederum sicher, dass Kunden nur etwas kaufen, sofern sie daraus auch einen positiven Surplus ziehen.

Diese Modellierung besitzt den Vorteil einer deutlichen Reduktion alternativer Handlungsmöglichkeiten. Es sei angenommen, dass im Beispiel das optimale Programm für 10 Kunden zu ermitteln ist. In diesem Fall ist für jeden Kunden nur zu prüfen, ob aus seiner Sicht der für ihn vorgesehene Leistungsverbund attraktiver als die restlichen neun Leistungsverbunde der anderen Kunden ist. Nachteilig ist hingegen die fehlende Möglichkeit zur Beschränkung der Variantenanzahl. Gemäß der vorgestellten Modellierung existieren pro Linie maximal so viele Varianten wie Kunden berücksichtigt werden. Soll hingegen die Anzahl angebotener Varianten in einer Linie beschränkt werden, ist die Modellierung zu modifizieren.

Implizite Modellierung mit Beschränkung der Bündel und Varianten

Die Entscheidungsvariable x ist wie folgt zu modifizieren:

$$x_{kblvma} = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k Bündel b erwirbt, welches aus der Linie l Variante v mit Merkmal m in Ausprägung a enthält} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Übersichtshalber wird wiederum der Surplus eines Kunden k bei Wahl eines Bündels, welches für Kunde k´ bestimmt ist, definiert als:

$$s_{kk'} := \sum_{b=1}^{B} \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot x_{k'blvma} - p_{k'} \tag{4.11}$$

Dann ergibt sich die Kundenwahl zu

$$s_{kk} \geq s_{kk'} \qquad \forall k, k' \tag{4.12}$$

$$s_{kk} \geq 0 \qquad \forall k \tag{4.13}$$

4.1.3 Modellannahmen

Zur Entwicklung der Grundmodelle im folgenden Kapitel sind einige Annahmen zu treffen. Die Annahmen lassen sich in vier Kategorien einteilen: *Annahmen über die Kunden* und ihr Verhalten, *Annahmen über den Markt*, in dem das Unternehmen agiert, *Annahmen über die Produktion*, insbesondere die Kosten der Leistungserstellung und *Annahmen über die zur Verfügung stehenden Informationen*.

Nachfolgende Liste gibt einen Überblick über getroffene Annahmen, wobei kursiv markierte Annahmen im Laufe der Arbeit fallen gelassen werden:

1. Rationale, nutzenmaximierende Kunden
2. Kein Nutzen aus zusätzlichen Varianten von erworbenen Produkttypen
3. *Additive Zahlungsbereitschaft für Bündel*
4. *Kundensegmente mit homogener Zahlungsbereitschaft*
5. Kostenlose Entsorgung und kostenlose Bündelung
6. Gültigkeit der Preise für alle Kunden
7. Kein Weiterverkauf von erworbenen Leistungen
8. *Gesamtdeckungsbeitragsmaximierung als Unternehmensziel*
9. Keine Reaktion von Wettbewerbern
10. *Keine technischen Restriktionen der Produktgestaltung*
11. *Fixkosten sind unabhängig von Produktprogramm und Produktdesign*
12. *Additive Kosten der Bündel*
13. *Streng monoton steigende Bündelkosten*
14. *Vollständige Kenntnis aller benötigten Informationen*

Annahmen über die Kunden

Die Kunden verhalten sich rational und versuchen, ihren Nettonutzen zu maximieren. Dies erreichen sie, indem sie Leistungen derart kombinieren, dass ihr Surplus maximal ist. Ihr Verhalten kann folglich durch die First Choice Regel gemäß Kapitel 3.1.2 modelliert und mit Hilfe des Modells *CusChoice* aus Kapitel 3.1.3 antizipiert werden.

Kunden können pro Produktlinie nur aus einer Variante einen Nutzen ziehen und besitzen dementsprechend für weitere Varianten eines bereits erworbenen Produkttyps keine Zahlungsbereitschaft. Hat bspw. ein Kunde bereits ein Sattelauflieger-Telematik-Bündel erworben, so wird er aus einer zweiten Telematik keinen weiteren Nutzen ziehen können. Es können jedoch Situationen auftreten, in denen Kunden auch für weitere Varianten einen Nutzen besitzen. Möchte bspw. eine Spedition ihren Fuhrpark um zwei Sattelauflieger erweitern, so wird sie auch aus einem zweiten Sattelauflieger bzw. ggf. einer zweiten Telematik einen Nutzen erhalten. Zur Erfassung solcher Situationen ist der Kauf in zwei unabhängige Kaufprozesse zu separieren und der Kunde als zwei getrennte Kunden mit identischer Zahlungsbereitschaft zu behandeln, die jeweils eine Leistung erwerben. Sollte aus irgendwelchen Gründen ein Kunde zwei Varianten eines Produkttyps erwerben, so wird er die Variante nutzen, die ihm den höheren Bruttonutzen bietet. Die Zahlungsbereitschaft R_{kl} eines Kunden k für einen Produkttyp l ist daher das Maximum der Zahlungsbereitschaften für alle Varianten, bzw. formal:

$$R_{kl} := \max_{v} \left\{ \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot \delta_{lvma} \right\} \tag{4.14}$$

Im Weiteren wird zunächst angenommen, dass sich die Zahlungsbereitschaft für Bündel additiv aus den Zahlungsbereitschaften der enthaltenen Varianten zusammensetzen. Ist die Spedition bspw. bereit, 20.000 € für einen Sattelauflieger und 2.000 € für eine Telematik zu zahlen, so ist sie bereit 22.000 € für eine Sattelauflieger-Telematik-Kombination zu bezahlen.[265] Formal ergibt sich die Zahlungsbereitschaft von Kunde k für Bündel b gemäß:

$$R_{kb} := \sum_{l=1}^{L} \max_{v} \left\{ \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot \delta_{blvma} \right\} \tag{4.15}$$

Zahlungsbereitschaften innerhalb eines Kundensegments sind vollständig homogen, d.h. Kunden des gleichen Segments besitzen identische Zahlungsbereitschaften. Kunden können nicht gewünschte Produkte kostenlos entsorgen

265 Vgl. auch das Beispiel in 2.2.2.

und kostenlos Einzelprodukte oder Bündel zu komplexeren Bündeln zusammensetzen.

Annahmen über den Markt

Ermittelte Preise gelten für alle Kunden, sodass keine kundenspezifische Preisdifferenzierung möglich ist.

Ein direkter Weiterverkauf von erworbenen Produkten ist nicht möglich. Kunden, die bspw. die Sattelauflieger-Telematik-Kombination erworben haben, können die Telematik nicht sofort an andere Unternehmen weiterverkaufen. Dies verhindert, dass angebotene Produkte zeitgleich zu günstigeren Preisen verkauft werden.

Der Anbieter verfolgt eine Abschöpfungsstrategie und möchte seinen Gesamtdeckungsbeitrag maximieren. Alternativ sind Umsatz- oder Marktanteilsmaximierung möglich, deren Implementierung im Kapitel 4.2.3 diskutiert wird.

Vorhandene Wettbewerber reagieren nicht auf Veränderungen des Produktprogramms durch den Anbieter. Durch reagierende Wettbewerber würden mit großer Wahrscheinlichkeit Programmanpassungen des Anbieters notwendig werden, wonach anschließend die Wettbewerber ihrerseits auf die neue Situation reagieren, usw. In solchen Situationen können mit Hilfe spieltheoretischer Modelle Gleichgewichtspunkte bestimmt werden.[266] Spieltheoretische Modelle besitzen jedoch zum einen den Nachteil, dass sie meist nur für kleine Produktprogramme und sehr wenige Wettbewerber eine Lösung ermitteln können, zum anderen setzen sie die Kenntnis der Kostenstruktur der Wettbewerber voraus, was in der Praxis nur in den wenigsten Fällen gegeben sein dürfte.

Annahmen über Produktion und Herstellkosten

Es existieren keine technischen Restriktionen hinsichtlich der Gestaltung von Produktvarianten. Eine Variante ist vollständig beschrieben, wenn in jedem Merkmal genau eine Ausprägung ausgewählt wird, wobei Merkmalsausprägungen beliebig miteinander kombiniert werden dürfen. Die Annahme wäre bspw. verletzt, wenn in einem Sattelauflieger eine große Ladelänge nicht mit zwei Achsen kombiniert werden dürfte.

Fixkosten sind unabhängig vom angebotenen Produktprogramm und vom Produktdesign der Varianten. Sie sind daher im Kontext der Produktprogrammoptimierung nicht entscheidungsrelevant und können vernachlässigt werden.

Die Kosten eines Bündels setzen sich analog zu den Zahlungsbereitschaften additiv aus den Kosten der enthaltenen Produkte zusammen. Alternativ sind durch Bündelung Synergieeffekte möglich, bspw. indem die Telematik direkt

266 Vgl. u.a. Steiner (1999), S. 173-192.

während der Herstellung des Sattelaufliegers eingebaut wird. Dadurch sind die Kosten eines Bündels subadditiv. Superadditive Kosten können hingegen in additive oder subadditive Kosten überführt werden. Ist bspw. die Sattelauflieger-Telematik-Kombination aufgrund des Einbaus teurer als Sattelauflieger und Telematik zusammen, so ist der Einbau als eine im Bündel enthaltene Dienstleistung aufzunehmen. Das resultierende Sattelauflieger-Telematik-Einbau-Bündel wird wieder einen subadditiven Kostenzusammenhang aufweisen. Formal ergeben sich die variablen Kosten VK_b eines Bündels b aus den variablen Kosten der enthaltenen Produkte abzüglich der im Bündel b realisierbaren Synergieeffekte Ω_b:

$$VK_b := \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} VK_{lma} \cdot \delta_{blvma} - \Omega_b \tag{4.16}$$

Die Kosten der Bündel sind im Bündelumfang streng monoton steigend, was bedeutet, dass umfangreichere Bündel höhere Kosten aufweisen. Enthält ein Bündel B_2 alle Bestandteile eines Bündels B_1 und darüber hinaus weitere Bestandteile, so sei Bündel B_2 als umfangreicher gegenüber B_1 bezeichnet, bzw. formal $B_2 \supset B_1$. Dann gilt für die variablen Herstellkosten beider Bündel:

$$VK_2 > VK_1 \qquad \text{, falls } B_1 \subset B_2 \tag{4.17}$$

Dies ist für additive und superadditive Bündelkosten stets erfüllt, bei Subadditivität genau dann, wenn die Synergieeffekte geringer als die Kosten des zusätzlich enthaltenen Produktes sind.

Annahmen über verfügbare Informationen

Der Anbieter besitzt vollständige Kenntnis aller benötigten Informationen.[267] Aufgrund dessen handelt es sich um eine Entscheidungssituation unter Sicherheit.

267 Vgl. die Ausführungen in Kapitel 2.3.

4.2 Grundmodelle und Erweiterungen zur integrierten Produktprogrammoptimierung

Aufgrund der Maximumbildung in Gleichung (4.15) sind mit Verwendung von R_{kb} keine linearen Restriktionen möglich. Die Maximumbildung kann vernachlässigt werden, wenn Kunden maximal ein Bündel erwerben. Es gilt folgende Aussage:[268]

Bei Gültigkeit der in Kapitel 4.1.3 getroffenen Annahmen, subadditiven und streng monoton steigenden Bündelkosten und dem Angebot segmentvieler Bündel wird jeder Anbieter ein subadditives Preisschema anbieten, durch welches jeder Kunde maximal ein überschneidungsfreies Bündel erwirbt.

Beweis: Der Beweis erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt wird hergeleitet unter welchen Bedingungen bzw. bei welchem Preissystem ein Kunde ein überschneidungsfreies Bündel erwirbt und unter welchen Bedingungen ein Anbieter ein solches Preissystem vorgibt. In einem zweiten Schritt wird gezeigt, dass nicht überschneidungsfreie Bündel von überschneidungsfreien dominiert und daher vom Anbieter nicht angeboten werden.

Schritt 1

Bezeichne $B(\bullet,\bullet,\bullet,...)$ die Bündelkonfiguration eines Bündels, welches mehrere Produktvarianten zusammenfasst. Dieses Bündel sei als überschneidungsfrei bezeichnet, wenn aus jeder Produktlinie maximal eine Variante enthalten ist. Ein Bündel mit der Bündelkonfiguration $B(\alpha(1),\alpha(2),\beta)$ enthält hingegen aus der Produktlinie α zwei Varianten und ist daher nicht überschneidungsfrei. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit (o.B.d.A.) werden im Weiteren nur zwei Produktlinien betrachtet.

Ein Kunde k wird ein überschneidungsfreies Bündel $b = B_b(\alpha, \beta)$ den Produkten α und β vorziehen, wenn sein realisierbarer Surplus s mit Kauf des Bündels größer als bei Einzelkauf ist:[269]

$$s_b \geq s_\alpha + s_\beta \tag{4.18}$$

Dies ist genau dann der Fall, wenn die Zahlungsbereitschaft R_b für das Bündel abzüglich des Bündelpreises p_b größer als die Summe der Zahlungsbereitschaften für die Einzelprodukte abzüglich der Produktpreise ist:

$$\Leftrightarrow R_b - p_b \geq R_\alpha - p_\alpha + R_\beta - p_\beta \tag{4.19}$$

268 Die Aussage stellt eine Verallgemeinerung der Aussage und Beweis von Hanson und Martin dar. Vgl. Hanson/Martin (1990), S. 158f.

269 Auf den Kundenindex k wird im Weiteren verzichtet.

Da annahmegemäß Zahlungsbereitschaften additiv sind, gilt:

$$\begin{aligned} &\Leftrightarrow R_\alpha + R_\beta - p_b \geq R_\alpha - p_\alpha + R_\beta - p_\beta \\ &\Leftrightarrow p_b \leq p_\alpha + p_\beta \end{aligned} \tag{4.20}$$

Als Zwischenergebnis ist festzuhalten, dass Kunden das Bündel erwerben, falls der Anbieter subadditive Bündelpreise setzt. Ein Anbieter wird subadditive Bündelpreise verlangen, sofern der mit dem Bündel mögliche Deckungsbeitrag DB_b im Vergleich zu Einzelangeboten größer ist:

$$\begin{aligned} &DB_b \geq DB_\alpha + DB_\beta \\ &\Leftrightarrow p_b - VK_b \geq p_\alpha - VK_\alpha + p_\beta - VK_\beta \end{aligned} \tag{4.21}$$

Nach Gleichung (4.16) ergibt sich dies zu:

$$\begin{aligned} p_b - VK_\alpha - VK_\beta + \Omega_b &\geq p_\alpha - VK_\alpha + p_\beta - VK_\beta \\ \Leftrightarrow p_b + \Omega_b &\geq p_\alpha + p_\beta \\ \Leftrightarrow p_b &\geq p_\alpha + p_\beta - \Omega_b \end{aligned} \tag{4.22}$$

Zusammen mit (4.20) ergibt sich folgende Bedingung:

$$p_\alpha + p_\beta - \Omega_b \leq p_b \leq p_\alpha + p_\beta \tag{4.23}$$

Aus Anbietersicht lohnt sich ein Bündel, wenn der Bündelpreis die Summe der Einzelpreise abzüglich der Synergieeffekte übersteigt, während aus Kundensicht ein Bündel einzelnen Produkten vorgezogen wird, wenn der Bündelpreis maximal additiv ist. Diese Bedingung ist bei positiven Synergieeffekten immer erfüllbar. Dies gilt nicht nur für Bündel und Einzelkomponenten, sondern auch für andere Bündel. So können α und β Bündel darstellen, während b ein Bündel bezeichnet, welches überschneidungsfrei alle Produkte von α und β enthält. Damit ist gezeigt, dass Anbieter subadditive Preise für überschneidungsfreie Bündel setzen und jeder Kunde genau ein Bündel erwirbt.

Schritt 2

Im zweiten Schritt ist zu zeigen, dass gekaufte Bündel immer überschneidungsfrei sind. Der Surplus, den ein Kunde aus dem nicht überschneidungsfreien Bündel $b(3) = B_3(\alpha(1),\alpha(2),\beta)$ erhält, ist per Definition gegeben durch:

$$s_{b(3)} := \max\left\{R_{\alpha(1)}, R_{\alpha(2)}\right\} + R_\beta - p_{b(3)} \tag{4.24}$$

Da der Kunde entweder für Variante α(1) oder α(2) die größere Zahlungsbereitschaft besitzt, sei o.B.d.A. angenommen, dass $R_{\alpha(1)} > R_{\alpha(2)}$ gilt.

Der Surplus ergibt sich damit zu:

$$s_{b(3)} := R_{\alpha(1)} + R_{\beta} - p_{b(3)} \tag{4.25}$$

Es existieren jedoch zwei überschneidungsfreie Bündel, die die gleichen Produktlinien enthalten wie Bündel b(3), nämlich b(1) mit $B_1(\alpha(1),\beta)$ und b(2) mit $B_2(\alpha(2),\beta)$. Der Surplus beider Bündel ist gegeben durch:

$$\begin{aligned} s_{b(1)} &:= R_{\alpha(1)} + R_{\beta} - p_{b(1)} \\ s_{b(2)} &:= R_{\alpha(2)} + R_{\beta} - p_{b(2)} \end{aligned} \tag{4.26}$$

Da o.B.d.A. $R_{\alpha(1)} > R_{\alpha(2)}$ gilt, sind Bündel b(1) und b(3) für den Kunden genau dann gleichwertig, wenn sie identische Preise besitzen:

$$s_{b(1)} = R_{\alpha(1)} + R_{\beta} - p_b = s_{b(3)} \qquad \text{,mit } p_b = p_{b(1)} = p_{b(3)} \tag{4.27}$$

Da Bündel b(3) jedoch umfangreicher als Bündel b(1) ist, also $b(3) \supset b(1)$ gilt, sind aufgrund der Annahme streng monotoner Kosten die variablen Herstellkosten von b(3) größer als die von b(1):

$$VK_{b(3)} > VK_{b(1)} \tag{4.28}$$

Damit ist mit Bündel b(1) jedoch ein größerer Deckungsbeitrag erzielbar:

$$DB_{b(1)} = p_b - VK_{b(1)} > p_b - VK_{b(3)} = DB_{b(3)} \tag{4.29}$$

Unter den getroffenen Annahmen ist es für einen Anbieter stets vorteilhaft, jedem Kunden genau ein überschneidungsfreies Bündel anzubieten, da für jedes nicht überschneidungsfreie Bündel mindestens ein für den Kunden gleichwertiges überschneidungsfreies Bündel existiert, welches das nicht überschneidungsfreie im Hinblick auf den Deckungsbeitrag dominiert. (q.e.d.) □

Da in einem überschneidungsfreien Bündel aus jeder Linie maximal eine Variante enthalten sein wird, kann die Zahlungsbereitschaft von Kunde k für Bündel b aus Gleichung (4.15) wie folgt modifiziert werden:

$$R_{kb} := \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot \delta_{blvma} \tag{4.30}$$

4.2.1 Grundmodell zur Produktprogrammoptimierung mit sequentieller Preisbündelung

Wie in Kapitel 4.1.1 erläutert, wird bei sequentieller Bündelung zunächst jede Produktlinie einzeln optimiert, bevor die sich ergebenden Produktvarianten zu Bündeln kombiniert werden. Zur Produktlinienoptimierung sind in Kapitel 3 zahlreiche Modelle vorgestellt und diskutiert worden, die im Prinzip alle hier eingesetzt werden können. Da jedoch keines der in der Literatur vorgeschlagenen Modelle First-Choice Regel und kontinuierliche Preissetzung mit einer kundenindividuellen Modellierung verbindet, ist zunächst ein entsprechendes Modell zu erstellen.[270] Zuvor erfolgt eine Darstellung aller in dem Modell verwendeten Indizes, Parameter und Variablen.

Indizes und Indexmengen

$k = 1, \ldots, K$	Kundensegmente
$v = 1, \ldots, V$	Varianten
$m = 1, \ldots, M$	Merkmale
$a = 1, \ldots, A_m$	Ausprägungen von Merkmal m

Parameter

R_{kma}	Reservationspreis / Zahlungsbereitschaft von Kunde k für Merkmal m in Ausprägung a
SG_k	Segmentgröße von Kundensegment k
VK_{ma}	Variable Kosten zur Realisierung von Merkmal m in Ausprägung a

Variablen

p_k Preis, den Kunde k für die von ihm erworbene Variante bezahlt

$$x_{kvma} = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k Variante v mit Merkmal m in Ausprägung a kauft} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\delta_{vma} = \begin{cases} 1, & \text{falls Variante v Merkmal m in Ausprägung a enthält} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

270 Der Ansatz von Chhajed und Kim enthält zwar diese Elemente, ist jedoch hinsichtlich einiger Aspekte fehlerhaft. So ist bspw. nicht sichergestellt, dass Kunden entweder ein vollständig spezifiziertes oder gar kein Produkt angeboten wird, vgl. Chhajed/Kim (2005), S. 321.

Das gemischt-ganzzahlige lineare Product Line Design Modell *PLD* lautet:

$$\max \quad \sum_{k=1}^{K} SG_k \cdot \left(p_k - \sum_{v=1}^{V} \sum_{m=1}^{M} \sum_{a=1}^{A_m} VK_{ma} \cdot x_{kvma} \right) \tag{4.31}$$

$$\text{s.d.} \quad \sum_{v=1}^{V} \sum_{m=1}^{M} \sum_{a=1}^{A_m} R_{kma} \cdot x_{kvma} - p_k \geq \sum_{v=1}^{V} \sum_{m=1}^{M} \sum_{a=1}^{A_m} R_{kma} \cdot x_{k'vma} - p_{k'} \quad \forall k, k' \tag{4.32}$$

$$\sum_{v=1}^{V} \sum_{m=1}^{M} \sum_{a=1}^{A_m} R_{kma} \cdot x_{kvma} - p_k \geq 0 \qquad \forall k \tag{4.33}$$

$$\sum_{v=1}^{V} \sum_{a=1}^{A_m} x_{kvma} \leq 1 \qquad \forall k, m \tag{4.34}$$

$$\sum_{a=1}^{A_m} x_{kvma} = \sum_{a=1}^{A_{m'}} x_{kvm'a} \qquad \forall k, v, m, m' \tag{4.35}$$

$$\delta_{vma} \geq x_{kvma} \qquad \forall k, v, m, a \tag{4.36}$$

$$\sum_{a=1}^{A_m} \delta_{vma} = 1 \qquad \forall v, m \tag{4.37}$$

$$x_{kvma} \in \{0,1\} \qquad \forall k, v, m, a \tag{4.38}$$

$$p_k, \delta_{vma} \geq 0 \qquad \forall k, v, m, a \tag{4.39}$$

Die Zielfunktion (4.31) maximiert den Gesamtdeckungsbeitrag, der mit der Produktlinie realisiert werden kann. Dieser setzt sich aus den Deckungsbeiträgen der von den Kunden gekauften Varianten multipliziert mit den Segmentgrößen zusammen. Die Restriktionen (4.32) und (4.33) bilden die Kundenwahl gemäß der First-Choice Regel ab. Restriktion (4.34) verbietet einem Kunden zum einen, pro Merkmal mehr als eine Ausprägung zu wählen, zum anderen, mehr als eine Variante zu erwerben. Durch Restriktion (4.35) wird sichergestellt, dass Kunden ausschließlich komplette Produkte erwerben. Wählt ein Kunde eine bestimmte Variante mit einer bestimmten Ausprägung in einem Merkmal, so ist diese Variante ebenfalls in allen anderen Merkmalen zu spezifizieren. Sollte er hingegen eine Variante nicht erwerben, kann in keinem Merkmal eine Ausprägung gewählt werden. Restriktionen (4.36) und (4.37) stellen sicher, dass Varianten für alle Kunden einheitlich definiert werden. Ein Kunde kann eine bestimmte Merkmalsausprägung in einer Variante nur wählen, wenn diese Variante diese Merkmalsausprägung auch enthält. Durch (4.37) ist jede Variante komplett zu spezifizieren. Beide Restriktionen könnten analog zum vorgestellten Ansatz von Kohli und Sukumar durch

$$x_{kvma} + x_{k'vm'a} \leq 1 \qquad \forall k, k', v, m, m', a \tag{4.40}$$

ersetzt werden.[271] Auch wenn durch diese Modellierung auf die Entscheidungsvariable δ verzichtet werden kann, zeigte die softwaretechnische Implementierung eine Erhöhung der zur Lösung benötigten Zeit. Auf eine Ersetzung wird daher verzichtet. Abschließend legen die Bedingungen (4.38) und (4.39) den Definitionsbereich der Entscheidungsvariablen fest. Auf die Definition von δ als Binärvariable kann verzichtet werden, da für gekaufte Varianten durch (4.36) in Verbindung mit (4.37) ausschließlich binäre Werte angenommen werden können.

Mit Hilfe des obigen Optimierungsmodells *PLD* sind für jede Produktlinie alle Varianten optimal zu konfigurieren und zu bepreisen. Dadurch ergeben sich Produkte, die in einem zweiten Schritt zu Bündeln kombiniert werden können. Ggf. sind in diesem Schritt Preise entsprechend anzupassen. Unter der Annahme, dass die Anzahl der Bündel nicht beschränkt ist, kann die deckungsbeitragsmaximale Kombination mit folgendem Modell ermittelt werden, wobei zunächst wieder Indizes, Parameter und Variablen angegeben werden.

Indizes und Indexmengen

$k = 1, \ldots, K$	Kundensegmente
$l = 1, \ldots, L$	Produktlinien
$v = 1, \ldots, V_l$	Varianten der Produktlinie l
$q = 1, \ldots, Q$	Kaufbare Leistungsverbunde, $Q = 2^k - 1$
$\Phi(q)$	Menge der kundenindividuellen Bündel, die in Leistungsverbund q enthalten sind

Parameter

R_{klv}	Reservationspreis / Zahlungsbereitschaft von Kunde k für Produkttyp l in Variante v
SG_k	Segmentgröße von Kundensegment k
VK_{lv}	Variable Herstellkosten von Produkttyp l in Variante v

Variablen

p_k Preis, den Kunde k für das von ihm erworbene Bündel bezahlt

$$x_{klv} = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k aus Linie l Variante v kauft} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

271 Vgl. die Vorstellung in Kapitel 3.2.3.

Das gemischt-ganzzahlige nichtlineare Modell *SeqBun* kann damit wie folgt angegeben werden:

$$\max \quad \sum_{k=1}^{K} SG_k \cdot \left(p_k - \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} VK_{lv} \cdot x_{klv} \right) \tag{4.41}$$

$$\text{s.d.} \quad \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} R_{klv} \cdot x_{klv} - p_k \geq \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} R_{klv} \cdot x_{k'lv} - p_{k'} \qquad \forall k, k' \tag{4.42}$$

$$\sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} R_{klv} \cdot x_{klv} - p_k \geq \sum_{l=1}^{L} \max_{\substack{v \\ k' \in \Phi(q)}} R_{klv} \cdot x_{k'lv} - \sum_{k' \in \Phi(q)} p_{k'} \qquad \forall k, q \tag{4.43}$$

$$\sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} R_{klv} \cdot x_{klv} - p_k \geq 0 \qquad \forall k \tag{4.44}$$

$$\sum_{v=1}^{V_l} x_{klv} \leq 1 \qquad \forall k, l \tag{4.45}$$

$$x_{klv} \in \{0,1\} \qquad \forall k, l, v \tag{4.46}$$

$$p_k \geq 0 \qquad \forall k \tag{4.47}$$

Das Modell *SeqBun* weist bis auf Restriktion (4.43), die näher zu erläutern ist, viele Parallelen zum Modell *PLD* auf. Die Zielfunktion (4.41) maximiert den Gesamtdeckungsbeitrag. Die Restriktionen (4.42) und (4.44) modellieren wiederum die Kundenwahl entsprechend der First-Choice Regel, während (4.45) sicherstellt, dass für jeden Kunden das ihm zugeordnete Bündel aus jeder Produktlinie maximal eine Variante enthält. Schließlich definieren die Restriktionen (4.46) und (4.47) den zulässigen Wertebereich der Variablen.

Im Produktliniendesign wird jeder Kunde maximal ein Produkt erwerben. Es ist daher ausreichend, wenn die für einen Kunden bestimmte Variante mit allen für andere Kunden vorgesehenen Varianten verglichen wird. Bei einer Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung ist dies nicht unbedingt der Fall. Es wurde bereits gezeigt, dass mit Gültigkeit der Annahmen Anbieter keinen Anreiz besitzen, Preise derart zu setzen, dass Kunden mehr als ein Bündel erwerben. Daraus kann jedoch nicht geschlossen werden, dass das für einen Kunden vorgesehene Bündel ausschließlich mit allen anderen Bündeln zu vergleichen ist. Unter Umständen ergibt sich aus den anderen Bündeln ein kaufbarer Leistungsverbund, der für einen Kunden attraktiver als das eigene Bündel ist. Dies wird im Folgenden an einem Beispiel verdeutlicht.

In Tabelle 4.1 ist der Surplus von Kunde 1 für sein eigenes Bündel B_1 und drei weiterer Bündel dargestellt. Das für Kunden 1 vorgesehene Bündel besteht aus

einer Variante von Produktlinie 1, für die er eine Zahlungsbereitschaft von 30 € besitzt und aus einer Variante von Produktlinie 2 für die er bereit ist, 40 € zu bezahlen. Für das Bündel ist er bereit, 70 € zu bezahlen, sodass er bei einem Preis von 40 € einen Gesamtsurplus von 30 € erzielt. Es ist leicht ersichtlich, dass Bündel B_1 für Kunde 1 einen größeren Surplus bietet als jedes andere Bündel. Statt jedoch ein anderes Bündel zu kaufen, könnte er mehrere Bündel erwerben. Erwirbt er bspw. Bündel B_2 und B_3, addiert sich der Surplus aufgrund der Überschneidungsfreiheit der Bündel, sodass der Kunde einen Surplus von 35 € erhält. Selbst nicht überschneidungsfreie Leistungsverbunde können gegenüber einem Bündel vorteilhaft sein. So bietet der kombinierte Erwerb von B_3 und B_4 bei einem Gesamtpreis von 80 € einen in Geld bewerteten Nutzen von 120 € und damit einen Gesamtsurplus von 40 €.

Tabelle 4.1: Zahlungsbereitschaft und Gesamtsurplus von Kunde 1 für vier verschiedene Bündel

	Bündel B_1	**Bündel B_2**	**Bündel B_3**	**Bündel B_4**
Preis	40 €	40 €	40 €	40 €
ZB für Linie 1	30 €	30 €	0 €	60 €
ZB für Linie 2	40 €	0 €	60 €	5 €
ZB für Linie 3	0 €	25 €	0 €	0 €
Gesamtsurplus	**30 €**	**15 €**	**20 €**	**25 €**

In den mathematischen Modellen ist zu berücksichtigen, dass Kunde 1 niemals Bündel B_1 erwerben wird, wenn zeitgleich die Bündel B_3 und B_4 angeboten werden. Dies geschieht durch Restriktion (4.43). Die rechte Seite der Ungleichung bestimmt den Surplus von jedem durch die gegebenen Bündel möglichen Leistungsverbund. Damit Kunde k das für ihn bestimmte Bündel erwirbt, ist sicherzustellen, dass der Surplus seines Bündels einen größeren Surplus aufweist. Kurz gesagt, muss für jedes von einem Kunden gekaufte Bündel Surplussuperadditivität gelten:

Ein für einen Kunden vorgesehenes Bündel ist surplussuperadditiv, wenn durch dessen Erwerb der Surplus des Kunden größer oder gleich dem Surplus aus jedem anderen durch die angebotenen Bündel möglichen Leistungsverbundes ist.

In einer Situation mit k Kundensegmenten existieren $2^k - 1$ unterschiedliche Leistungsverbunde.[272] Darin enthalten sind auch die Leistungsverbunde, die jeweils nur aus einem Bündel bestehen. Insofern ist Restriktion (4.42) in (4.43) enthalten und könnte entfallen. Restriktion (4.43) bietet jedoch zwei Nachteile. Zum einen ist sie aufgrund der Maximumbildung nichtlinear, zum anderen steigt die Anzahl der Leistungsverbunde exponentiell mit der Zahl der Kunden, wodurch die Zahl zusätzlicher Restriktionen ebenso stark ansteigt und die Lösbarkeit entsprechend eingeschränkt ist. Viele dieser zusätzlichen Restriktionen sind hingegen nicht bindend. Da für jeden Kunden ein eigenes Bündel konfiguriert wird, erwerben nur wenige Kunden ausschließlich Einzelprodukte. Überschneidungsfreie Leistungsverbunde sind daher eher unwahrscheinlich. Durch Maximierung des Gesamtdeckungsbeitrags wird der Preis eines Bündels möglichst nah an die Zahlungsbereitschaft gesetzt. Es ist daher noch unwahrscheinlicher, dass ein Kunde aus nicht überschneidungsfreien Bündeln einen größeren Surplus zieht als aus dem für ihn vorgesehenen Bündel.

Aus diesem Grund wird ein iteratives Vorgehen vorgeschlagen. Restriktion (4.43) wird zunächst ignoriert, wodurch sich das relaxierte Modell *SeqBun Relax* ergibt. Die optimale Lösung des relaxierten Modells ist gleichzeitig optimale Lösung von *SeqBun*, wenn ausschließlich surplussuperadditive Bündel angeboten werden. Dies kann mit dem in Kapitel 3.1.3 vorgestellten Modell *CusChoice* überprüft werden. Surplussuperadditivität ist erfüllt, falls alle Kunden die für sie vorgesehenen Bündel erwerben. Sie ist verletzt, sofern mindestens ein Kunde von seinem Bündel abweicht und stattdessen mehrere andere Bündel erwirbt. In diesem Fall sind die verletzenden Bündel zu bestimmen und eine zusätzliche Restriktion dem Modell *SeqBun Relax* hinzuzufügen. Dazu werden folgende Indizes, Parameter und Variablen benötigt.

Zusätzliche Indizes und Indexmengen

$c = 1, \ldots, C$	Restriktionen zur Beachtung der Surplussuperadditivität
$k(c)$	Kunde k, für den Restriktion c gilt
$\Gamma(c)$	Menge der kundenindividuellen Bündel, die in Restriktion c enthalten sind

Zusätzliche Variable

r_{cl}	Maximale Zahlungsbereitschaft von Kunde k(c) für eine Variante aus Linie l bei Kauf aller in Restriktion c vorgesehenen Bündel

272 Pro Bündel die binäre Entscheidung, enthalten oder nicht und abzüglich des leeren Verbundes.

Zusätzliche Restriktionen

$$r_{cl} \geq \sum_{v=1}^{V_l} R_{k(c)lv} \cdot x_{k'lv} \qquad \forall c,l,k' \in \Gamma(c) \tag{4.48}$$

$$\sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} R_{k(c)lv} \cdot x_{k(c)lv} - p_{k(c)} \geq \sum_{l=1}^{L} r_{cl} - \sum_{k' \in \Gamma(c)} p_{k'} \qquad \forall c \tag{4.49}$$

$$r_{cl} \geq 0 \qquad \forall c,l \tag{4.50}$$

Durch Restriktion (4.48) wird die Maximumbildung vermieden und die Linearität des Modells gewährleistet. Sie bestimmt für jede Restriktion den maximalen Surplus pro Linie durch Erwerb der Varianten, die in den anderen Bündeln enthalten sind. Eine Begrenzung von r_{cl} nach oben ist nicht notwendig, da aufgrund von Restriktion (4.49) r_{cl} möglichst klein gewählt wird. Restriktion (4.49) stellt die eigentliche Restriktion zur Wahrung der Surplussuperadditivität dar. Der Surplus eines Kunden aus dem für ihn vorgesehenen Bündeln (linke Seite) muss größer sein als die Zahlungsbereitschaft für die verletzenden Bündel abzüglich der Bündelpreise. Restriktion (4.50) stellt die Nichtnegativitätsbedingung sicher, die jedoch aufgrund (4.48) redundant ist.

Im vorgestellten Beispiel verletzt Bündel B_1 die Surplussuperadditivität. Anstelle seines Bündels wird Kunde 1 die Bündel B_3 und B_4 erwerben. Es wird daher eine neue Restriktion mit k(1) = 1 und $\Gamma(1) = \{3,4\}$ dem Modell hinzugefügt. Pro Produktlinie entspricht die Zahlungsbereitschaft dem Maximum der Zahlungsbereitschaften für die in Bündel B_3 oder B_4 enthaltenen Varianten. Der Surplus aus dem für Kunde 1 vorgesehenen Bündel muss größer sein als die Gesamtzahlungsbereitschaft für Bündel B_3 und B_4 abzüglich des Gesamtpreises. Mit erneuter Optimierung könnte z.B. der Preis von Bündel B_4 steigen. In dem Fall wird jedoch Kunde 1 statt B_1 die Kombination B_2 und B_3 erwerben. In diesem Fall ist eine weitere Restriktion analog hinzuzufügen.

Es werden iterativ so lange weitere Restriktionen hinzugefügt bis keine Verletzung der Surplussuperadditivität mehr auftritt. Das Verfahren bricht nach einer endlichen Anzahl von Schritten ab, da in jedem Schritt eine Restriktion für einen möglichen Leistungsverbund hinzugefügt wird und deren Zahl endlich ist.[273] Das Verfahren ist damit in der Lage, das Optimum für *SeqBun* in jedem Fall zu finden. Wie bereits erläutert, ist ein Konflikt der Bündel und damit die Einbuße der Surplussuperadditivität eher unwahrscheinlich, sodass in vielen Fällen keine oder nur wenige Iterationen durchgeführt werden müssen. Sollten

273 Entsprechend (4.43) ist die Anzahl der hinzufügbaren Restriktionen durch $(2^k - 1) \cdot k$ beschränkt.

in Einzelfällen jedoch viele Iterationen erforderlich sein, kann das Verfahren heuristisch vorzeitig abgebrochen werden. Der Zielfunktionswert für eine gefundene Lösung von *SeqBun Relax* stellt eine obere Schranke von *SeqBun* dar. Mit Hilfe von *CusChoice* kann der mit einer Lösung mögliche Zielfunktionswert ermittelt werden, welcher eine untere Schranke für den Zielfunktionswert von *SeqBun* ist. Mit der unteren und oberen Schranke kann die Optimalitätslücke bzw. der GAP wie folgt berechnet werden:

$$\text{GAP} = \frac{\text{obere Schranke UB - untere Schranke LB}}{\text{untere Schranke LB}} \cdot 100$$

Der GAP gibt an, um wie viel Prozent der Zielfunktionswert der optimalen Lösung maximal vom Zielfunktionswert der bisher besten Lösung entfernt sein kann. Ist der GAP sehr klein, kann vom Entscheidungsträger auf eine weitere Suche verzichtet und die aktuelle Lösung beibehalten werden.

Zum Abschluss der Ausführungen ist der Ablauf der Produktprogrammoptimierung mit sequentieller Preisbündelung in Abbildung 4.3 dargestellt.

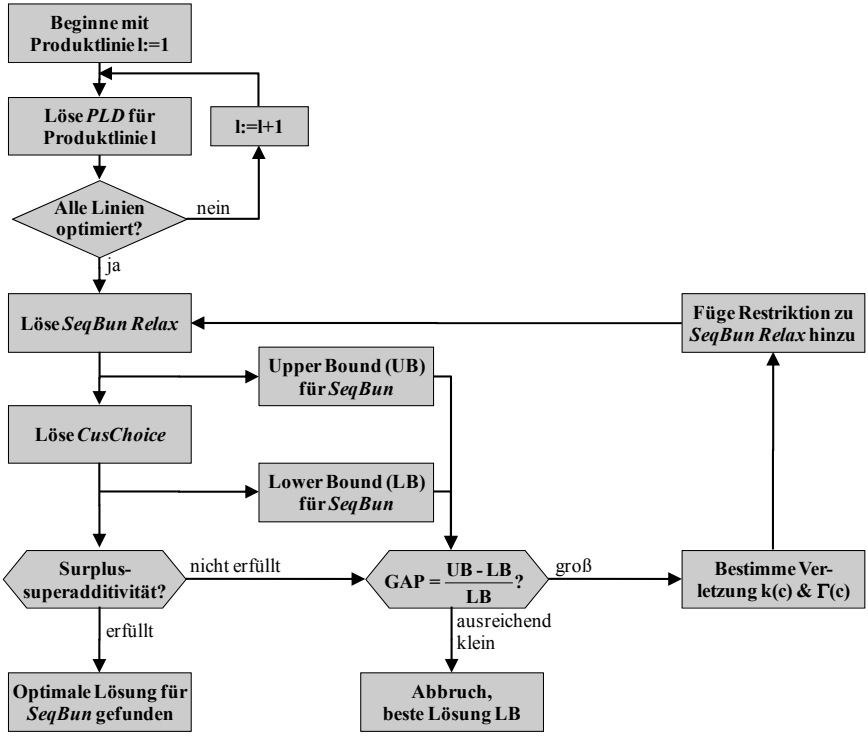


Abbildung 4.3: Ablauf der Produktprogrammoptimierung mit sequentieller Preisbündelung

4.2.2 Grundmodell zur Produktprogrammoptimierung mit simultaner Preisbündelung

Im Unterschied zur Produktprogrammoptimierung mit sequentieller Preisbündelung werden nun Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preise simultan bestimmt. Dazu sind die bisherigen Modelle *PLD* und *SeqBun* zusammenzuführen. Zur Angabe des Modells sind folgende Indizes, Parameter und Entscheidungsvariablen erforderlich.

Indizes und Indexmengen

$k = 1, \ldots, K$	Kundensegmente
$l = 1, \ldots, L$	Produktlinien
$v = 1, \ldots, V_l$	Varianten der Produktlinie l
$m = 1, \ldots, M_l$	Merkmale, die Produktlinie l beschreiben
$a = 1, \ldots, A_m$	Ausprägungen von Merkmal m
$q = 1, \ldots, Q$	Kaufbare Leistungsverbunde, $Q = 2^k - 1$
$\Phi(q)$	Menge der kundenindividuellen Bündel k, die in Leistungsverbund q enthalten sind

Parameter

R_{klma}	Reservationspreis / Zahlungsbereitschaft von Kunde k für Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a
SG_k	Segmentgröße von Kundensegment k
VK_{lma}	Variable Kosten zur Realisierung in Produkttyp l das Merkmal m in Ausprägung a

Variablen

p_k Preis, den Kunde k für das von ihm erworbene Bündel bezahlt

$$x_{klvma} = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k aus Linie l Variante v mit Merkmal m in Ausprägung a kauft} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\delta_{lvma} = \begin{cases} 1, & \text{falls in Linie l Variante v Merkmal m in Ausprägung a enthält} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Um die Übersichtlichkeit des Modells zu wahren, wird der Surplus eines Kunden k bei Wahl des für Kunden k´ vorgesehenen Bündels wie folgt bezeichnet:

$$s_{kk'} := \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot x_{k'lvma} - p_{k'}$$

Mit den eingeführten Indizes, Parametern und Variablen kann das folgende nichtlineare gemischt-ganzzahlige Modell *SimBun* zur Produktprogrammoptimierung mit simultaner Preisbündelung aufgestellt werden:

$$\max \quad \sum_{k=1}^{K} SG_k \cdot \left(p_k - \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} VK_{lma} \cdot x_{klvma} \right) \tag{4.51}$$

$$\text{s.d.} \quad s_{kk} \geq s_{kk'} \qquad \forall k,k' \tag{4.52}$$

$$s_{kk} \geq \sum_{l=1}^{L} \max_{\substack{v \\ k' \in \Phi(q)}} \left(\sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot x_{k'lvma} \right) - \sum_{k' \in \Phi(q)} p_{k'} \quad \forall k,q \tag{4.53}$$

$$s_{kk} \geq 0 \qquad \forall k \tag{4.54}$$

$$\sum_{v=1}^{V_l} \sum_{a=1}^{A_m} x_{klvma} \leq 1 \qquad \forall k,l,m \tag{4.55}$$

$$\sum_{a=1}^{A_m} x_{klvma} = \sum_{a=1}^{A_{m'}} x_{klvm'a} \qquad \forall k,l,v,m,m' \tag{4.56}$$

$$\delta_{lvma} \geq x_{klvma} \qquad \forall k,l,v,m,a \tag{4.57}$$

$$\sum_{a=1}^{A_m} \delta_{lvma} = 1 \qquad \forall l,v,m \tag{4.58}$$

$$x_{klvma} \in \{0,1\} \qquad \forall k,l,v,m,a \tag{4.59}$$

$$p_k, \delta_{lvma} \geq 0 \qquad \forall k,l,v,m,a \tag{4.60}$$

Das Modell ist analog zu den bisher diskutierten Modellen aufgebaut. Die Zielfunktion (4.51) maximiert den Gesamtdeckungsbeitrag. Die Restriktionen (4.52) und (4.54) modellieren die First-Choice Regel, Restriktion (4.53) sichert die Surplussuperadditivität. Restriktion (4.55) verbietet zeitgleich den Kauf von mehr als einer Variante pro Linie und die Wahl von mehr als einer Ausprägung pro Merkmal. Durch Restriktion (4.56) können nur vollständig definierte Varianten in den Bündeln enthalten sein, während (4.57) und (4.58) nur kundeneinheitlich definierte Varianten ermöglichen. Die Variablendefinition ist mit (4.59) und (4.60) gegeben.

Die Lösung des Modells erfolgt analog zur Produktprogrammoptimierung mit sequentieller Preisbündelung. Zunächst wird Restriktion (4.53) fallen gelassen, wodurch sich das Modell *SimBun Relax* ergibt. Nach erfolgreicher Lösung des Modells wird überprüft, ob alle angebotenen Bündel surplussuperadditiv sind.

Ist dies der Fall, ist die Lösung des relaxierten Modells gleichzeitig optimale Lösung des Ausgangsmodells *SimBun*. Ist die Surplussuperadditivität hingegen verletzt, wird das entsprechende Bündel und die anstelle dessen gekauften Bündel identifiziert und als zusätzliche Restriktion dem Modell hinzugefügt. Dadurch ergibt sich ein erweitertes Modell *SimBun Relax* wie folgt:

Zusätzliche Indizes und Indexmengen

$c = 1, \ldots, C$	Restriktionen zur Beachtung der Surplussuperadditivität
$k(c)$	Kunde k, für den Restriktion c gilt
$\Gamma(c)$	Menge der kundenindividuellen Bündel, die in Restriktion c enthalten sind

Zusätzliche Variable

r_{cl}	Maximale Zahlungsbereitschaft von Kunde k(c) für eine Variante aus Linie l bei Kauf aller der in Restriktion c vorgesehenen Bündel

Zusätzliche Restriktionen

$$r_{cl} \geq \sum_{v=1}^{V_l} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_l} R_{k(c)lma} \cdot x_{k'lvma} \qquad \forall c, l, k' \in \Gamma(c) \qquad (4.61)$$

$$s_{k(c)k(c)} \geq \sum_{l=1}^{L} r_{cl} - \sum_{k' \in \Gamma(c)} p_{k'} \qquad \forall c \qquad (4.62)$$

$$r_{cl} \geq 0 \qquad \forall c, l \qquad (4.63)$$

Restriktion (4.61) bestimmt pro Produktlinie aus allen verletzenden Bündeln pro Linie die Variante, für die Kunde k(c) die größte Zahlungsbereitschaft aufweist. Durch Restriktion (4.62) wird in der nächsten Iteration sichergestellt, dass der Surplus aus dem für Kunde k(c) bestimmten Bündel größer ist als der Gesamtsurplus der den Konflikt verursachenden Bündel. Abschließend erweitert Restriktion (4.63) die Variablendeklaration.

Auch dieses Verfahren konvergiert zum Optimum, da in jedem Schritt eine zusätzliche Restriktion hinzugefügt wird, bis schließlich alle durch (4.53) gegebenen Restriktionen eingehalten sind. In realistischen Problemstellungen werden nur wenige Iterationen notwendig sein. Trotzdem kann die Optimierung wieder auf Basis des GAP vorzeitig terminiert werden. Einen abschließenden Überblick über den Ablauf gibt Abbildung 4.4.

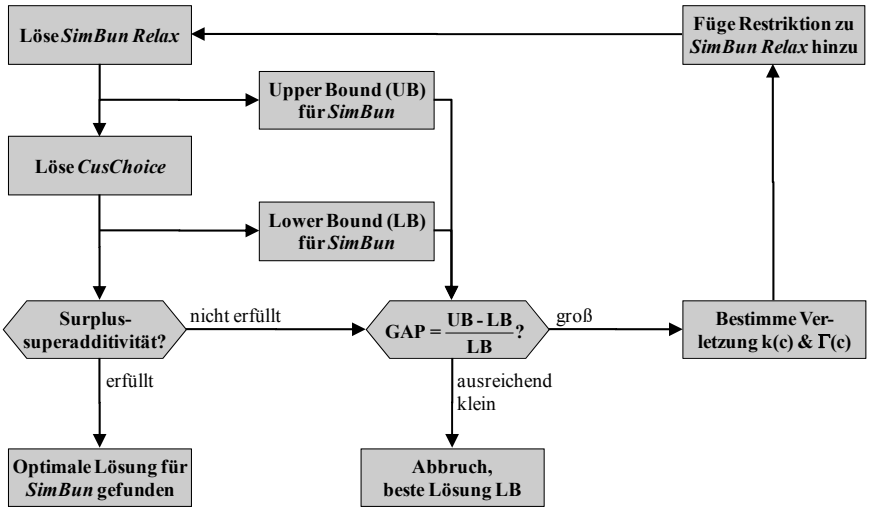


Abbildung 4.4: Ablauf der Produktprogrammoptimierung mit simultaner Preisbündelung

4.2.3 Anwendungsspezifische Modellerweiterungen

Je nach Anwendungssituationen können die Grundmodelle erweitert werden, um den geänderten Anforderungen Rechnung zu tragen. Im Folgenden werden mögliche Erweiterungen durch Änderungen der Zielsetzung, dem Vorliegen weiterer Kunden- oder Kosteninformation oder dem Vorhandensein von Wettbewerbern bzw. technische Restriktionen kurz am Beispiel des Modells *SimBun* vorgestellt.

Änderung und Ergänzung der Zielsetzung

Anstelle des Gesamtdeckungsbeitrags kann das Unternehmen daran interessiert sein, den Umsatz oder den Marktanteil zu maximieren. Die Umsatzmaximierung ergibt sich, indem in der bisherigen Zielfunktion der Kostenterm entfällt, wodurch sich die Zielfunktion reduziert zu:

$$\max \sum_{k=1}^{K} SG_k \cdot p_k \tag{4.64}$$

Zur Maximierung des Marktanteils wird eine weitere Variable θ_k benötigt, die nur dann den Wert 1 annimmt, wenn Kunde k ein beliebiges Bündel kauft. Dies wird realisiert durch:

$$\begin{aligned} &\theta_k \geq x_{klvma} && \forall k,l,v,m,a \\ &\theta_k \leq \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} x_{klvma} && \forall k \end{aligned} \tag{4.65}$$

Die Zielfunktion lautet:

$$\max \frac{\sum_{k=1}^{K} SG_k \cdot (1-\theta_k)}{\sum_{k=1}^{K} SG_k} \tag{4.66}$$

Der Nenner kann entfallen, wodurch nicht der Marktanteil, sondern die Anzahl der Kunden maximiert wird, was im Falle einer konstanten Marktgröße äquivalent ist. Im Gegensatz zu den beiden vorherigen Zielen bedarf die Marktanteilsmaximierung jedoch weiterer Satisfizierungsziele. So ist ein Marktanteil von 100 % immer zu erreichen, indem die Bündel günstig genug, z.B. zu einem Preis von null abgegeben werden. Um dies zu verhindern, ist ein Mindest-Umsatz $\underline{U}$ oder ein Mindest-Gesamtdeckungsbeitrag $\underline{GDB}$ vorzugeben durch:

$$\begin{gathered} \sum_{k=1}^{K} SG_k \cdot \left(p_k - \sum_{l=1}^{L} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} VK_{lma} \cdot x_{klvma} \right) \geq \underline{GDB} \\ \sum_{k=1}^{K} SG_k \cdot p_k \geq \underline{U} \end{gathered} \tag{4.67}$$

Analog kann ein Mindest-Marktanteil $\underline{MA}$ die anderen Ziele ergänzen. Möchte das Management einen bestimmten Mindest-Deckungsbeitrag $\underline{DB}$ für jedes verkaufte Bündel realisieren, ist folgende Restriktion hinzuzufügen:

$$p_k - \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} VK_{lma} \cdot x_{klvma} \geq \underline{DB} \cdot \theta_k \qquad \forall k \tag{4.68}$$

Berücksichtigung weiterer Kundeninformationen

Erhalten Kunden durch Bündelung einen Zusatznutzen, so kann diese zusätzliche Zahlungsbereitschaft bei der Gestaltung berücksichtigt werden.[274] Dazu sind jedoch ein zusätzlicher Parameter und eine zusätzliche Variable erforderlich.

Zusätzliche Parameter

$R^{+}_{kll'}$ Zusätzliche Zahlungsbereitschaft von Kunde k für ein Bündel, welches sowohl Varianten aus Linie l als auch aus Linie l′ enthält mit l′>l

Zusätzliche Variable

$$y_{kll'} = \begin{cases} 1, & \text{falls das von Kunde k gekaufte Bündel eine Variante aus Linie l und eine Variante aus Linie l′ enthält} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

274 Vgl. hierzu die Ausführungen in Kapitel 2.3.3.

Der Surplus von Kunde k für das Bündel von Kunde k´ ergibt sich nun durch:

$$s_{kk'} := \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot x_{k'lvma} + \sum_{l=1}^{L} \sum_{l'=1}^{L} R^{+}_{kll'} \cdot y_{k'll'} - p_{k'}$$

Zur Bestimmung von *y* sind folgende Restriktionen zusätzlich notwendig:

$$1 + y_{kll'} \geq x_{klvma} + x_{kl'v'm'a'} \qquad \forall k,l,l',v,v',m,m',a,a' \qquad (4.69)$$

$$y_{kll'} \leq x_{klvma} \qquad \forall k,l,l',v,m,a \qquad (4.70)$$

$$y_{kll'} \leq x_{kl'vma} \qquad \forall k,l,l',v,m,a \qquad (4.71)$$

$$y_{kll'} \geq 0 \qquad \forall k,l,l' \qquad (4.72)$$

Restriktion (4.69) stellt sicher, dass *y* gleich 1 ist, sofern ein Bündel beide Produkttypen l und l´ enthält, wohingegen (4.70) und (4.71) nur dann Werte größer null zulassen, wenn tatsächlich Produkttypen l und l´ enthalten sind. Durch (4.72) ist wiederum der Wertebereich definiert. Aufgrund der anderen Restriktionen kann eine Binärdeklaration entfallen.

Berücksichtigung weiterer Kosteninformationen

Fixkosten

Für einige Fragestellungen sind neben variablen auch fixe Kosten relevant. Im Gegensatz zu variablen Kosten fallen Fixkosten unabhängig von der abgesetzten Menge an. Fixkosten sind nur dann entscheidungsrelevant, wenn sich deren Höhe aufgrund der angebotenen Leistungen und realisierten Merkmalsausprägungen unterscheiden. Neben merkmalsbezogenen Fixkosten können auch Ressourcen- und Komplexitätskosten auftreten.[275] Zur Fixkostenberücksichtigung sind zusätzlich folgende Indizes, Parameter und Variablen erforderlich.

Zusätzliche Indizes und Indexmengen

r = 1, …, R	Ressourcen

Zusätzliche Parameter

FK_{lma}	Fixkosten, die bei Realisierung von Merkmal m in Ausprägung a im Produkttyp l anfallen
RK_r	Fixkosten zur Bereitstellung von Ressource r
KK_{lm}	Komplexitätskosten, die bei Realisierung einer im Produkttyp l angebotenen Ausprägung von Merkmal m anfallen

275 Vgl. die Ausführungen in Kapitel 2.3.2.

$$\mathrm{RBM}_{\mathrm{rlma}} = \begin{cases} 1, & \text{falls Ressource r zur Realisierung von Produkttyp l} \\ & \text{mit Merkmal m in Ausprägung a benötigt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Zusätzliche Variable

$$\gamma_{\mathrm{lma}} = \begin{cases} 1, & \text{falls in mindestens einem Bündel Produkttyp l} \\ & \text{im Merkmal m die Ausprägung a aufweist} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$z_{\mathrm{r}} = \begin{cases} 1, & \text{fallsRessource r beschafft wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Zur Berücksichtigung merkmalsbezogener Fixkosten sind folgende Restriktionen zusätzlich erforderlich.

$$\gamma_{\mathrm{lma}} \geq x_{\mathrm{klvma}} \qquad \forall \mathrm{k,l,v,m,a} \qquad (4.73)$$

$$\gamma_{\mathrm{lma}} \geq 0 \qquad \forall \mathrm{l,m,a} \qquad (4.74)$$

Eine Begrenzung von γ nach oben ist nicht notwendig, da aufgrund des negativen Zielfunktionskoeffizienten γ möglichst klein gewählt wird. Die Zielfunktion ist anschließend um folgenden Term zu ergänzen:

$$-\sum_{\mathrm{l}=1}^{\mathrm{L}} \sum_{\mathrm{m}=1}^{\mathrm{M_l}} \sum_{\mathrm{a}=1}^{\mathrm{A_m}} \mathrm{FK}_{\mathrm{lma}} \cdot \gamma_{\mathrm{lma}} \qquad (4.75)$$

Durch (4.75) ist auch eine Berücksichtigung linearer Komplexitätskosten möglich. Dazu muss $\mathrm{FK_{lma}} = \mathrm{KK_{lm}}$ für alle l, m, a sein.

Merkmalsbezogene Fixkosten sind dann geeignet, wenn direkte Beziehungen zwischen Merkmalausprägungen und Kosten bestehen. Enthält z.B. ein Servicevertrag eine 24-Stunden Hotline, so fallen Kosten für den Servicemitarbeiter unabhängig davon an, wie viele Serviceverträge abgeschlossen werden. Dies gilt zumindest, sofern ein gewisser Auslastungsgrad nicht überschritten wird, den ein einzelner Servicevertrag jedoch kaum erhöht. Unter Umständen besetzt dieser Mitarbeiter jedoch nicht nur die Hotline, sondern er wird auch zur Abwicklung von Teleservices benötigt. Dann fallen die Kosten selbst dann nur einmal an, falls 24-Stunden Hotline und Teleservices gemeinsam angeboten werden. Dies ist jedoch durch merkmalsbezogene Fixkosten nicht zu berücksichtigen, wohl jedoch durch fixe Ressourcenkosten. Ressourcen werden zur Erbringung von Merkmalsausprägungen benötigt, was in der Ressourcenbedarfsmatrix RBM spezifiziert ist. Das Konzept der Ressourcen ist in der Lage, auch merkmalsbezogene Fixkosten abzubilden, da in dem Fall eine 1 zu 1 Beziehung zwischen

benötigter Ressource und Merkmalsausprägung besteht. Die Zielfunktion ist um folgenden Term zu erweitern:

$$-\sum_{r=1}^{R} RK_r \cdot z_r \tag{4.76}$$

Zur Bestimmung, ob eine Ressource beschafft wird, sind folgende Restriktionen zu ergänzen:

$$z_r \geq x_{klvma} \cdot RBM_{rlma} \qquad \forall k,l,r,v,m,a \tag{4.77}$$

$$z_r \geq 0 \qquad \forall r \tag{4.78}$$

Eine Begrenzung von *z* nach oben ist wiederum nicht notwendig, da aufgrund des negativen Zielfunktionskoeffizienten *z* möglichst klein gewählt wird.

Synergieeffekte

Durch Synergieeffekte reduzieren sich die variablen Herstellkosten aufgrund bestimmter Kombinationen von Merkmalsausprägungen. So reduziert bspw. ein elektrisch schwenkbarer Außenspiegel die Kosten für den Einbau von elektrischen Fensterhebern und umgekehrt, da beide auf gemeinsame Komponenten zurückgreifen. Zur Berücksichtigung von Synergieeffekten werden folgende Indizes, Parameter und Variablen benötigt.

Zusätzliche Indizes und Indexmengen

t = 1, …., T	Bauteile

Zusätzliche Parameter

BK_t	Variable Kosten bei Verwendung von Bauteil t
$VSE_{lmal'm'a'}$	Variable Synergieeffekte bei Realisation von Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a und Produkttyp l´ mit Merkmal m´ in Ausprägung a´

$$BBM_{tlma} = \begin{cases} 1, & \text{falls Bauteil t zur Realisierung von Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a benötigt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Zusätzliche Variable

$$x_{klmal'm'a'} = \begin{cases} 1, & \text{falls das Bündel von Kunde k Produkttyp l im Merkmal m die Ausprägung a und gleichzeitig Produkttyp l′ im Merkmal m′ die Ausprägung a′ aufweist} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$z_{kt} = \begin{cases} 1, & \text{falls zur Produktion vom Kunden k} \\ & \text{gekauften Bündel Bauteil t benötigt wird} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Synergieeffekte können auf zwei Arten in den Modellen berücksichtigt werden. Für die erste Möglichkeit werden folgende Restriktionen benötigt:

$$x_{klmal'm'a'} \geq x_{klvma} + x_{kl'v'm'a'} \qquad \forall k,l,l',v,v',m,m',a,a' \qquad (4.79)$$

$$x_{klmal'm'a'} \leq x_{klvma} \qquad \forall k,l,l',v,m,m',a,a' \qquad (4.80)$$

$$x_{klmal'm'a'} \leq x_{kl'v'm'a'} \qquad \forall k,l,l',v',m,m',a,a' \qquad (4.81)$$

$$x_{klmal'm'a'} \geq 0 \qquad \forall k,l,l',m,m',a,a' \qquad (4.82)$$

Die Restriktionen sind analog zu (4.69) - (4.72) aufgebaut. Die Zielfunktion ist um folgenden Term zu erweitern:

$$-\sum_{k=1}^{K}\sum_{l=1}^{L}\sum_{m=1}^{M_l}\sum_{a=1}^{A_m}\sum_{l'=1}^{L}\sum_{m'=1}^{M_{l'}}\sum_{a'=1}^{A_{m'}} SG_k \cdot VSE_{klmal'm'a'} \cdot x_{klmal'm'a'} \qquad (4.83)$$

Diese Modellierung ist sehr flexibel, da sowohl subadditive als auch superadditive Kosten dargestellt werden können. Aufgrund der vielen zusätzlichen Variablen und Restriktionen ist eine Lösung des Modells jedoch deutlich erschwert. Ein einfacheres Konzept, welches hingegen nur subadditive Kosten berücksichtigen kann, stellt wiederum das Ressourcenkonzept dar. Da hier jedoch variable Kosten betrachtet werden, sei zur besseren Unterscheidung vom Bauteilkonzept gesprochen. Dazu ist zunächst zu bestimmen, welche Bauteile zur Herstellung eines kundenindividuellen Bündels benötigt werden. Dies geschieht durch:

$$z_{kt} \geq x_{klvma} \cdot BBM_{tlma} \qquad \forall k,t,l,v,m,a \qquad (4.84)$$

$$z_{kt} \geq 0 \qquad \forall k,t \qquad (4.85)$$

Die Zielfunktion ist um folgenden Term zu ergänzen:

$$-\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T} SG_k \cdot BK_t \cdot z_{kt} \qquad (4.86)$$

Es versteht sich, dass die Merkmalskosten vorher um die Kosten der Bauteile zu reduzieren sind, um zu denselben Lösungen zu führen wie der erste Ansatz.

Berücksichtigung technischer Restriktionen

Aufgrund technischer Restriktionen können bestimmte Kombinationen von Merkmalsausprägungen nicht realisierbar sein. Dies kann zum einen durch Ver-

wendung stark superadditive Kosten, zum anderen durch explizite Beschränkung vermieden werden. Für Letztgenanntes wird folgender Parameter zusätzlich benötigt.

Zusätzliche Parameter

$$KV_{lmal'm'a'} = \begin{cases} 1, & \text{falls Produkttyp l mit Merkmal m in Ausprägung a} \\ & \text{nicht mit Produkttyp l' mit Merkmal m' in Ausprägung a'} \\ & \text{kombiniert werden kann} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Zusätzlich zu (4.79) - (4.82) wird durch folgende Restriktion das Kombinationsverbot sichergestellt:

$$x_{klmal'm'a'} \leq KV_{lmal'm'a'} \qquad \forall k,l,l',m,m',a,a' \qquad (4.87)$$

Kombinationsgebote, durch die eine Festlegung einer Merkmalsausprägung die Realisation einer anderen Merkmalsausprägung vorschreibt, können durch Verbot aller anderen Merkmalsausprägungen in Kombinationsverbote überführt werden.

Berücksichtigung von Wettbewerbern

Hinsichtlich der Berücksichtigung von Wettbewerbern ist zwischen nicht-reagierender und reagierender Wettbewerbsmodellierung zu unterschieden. Wird angenommen, dass ein Wettbewerber auf eine Produktprogrammänderung des Anbieters nicht mit eigener Produkt- oder Preisanpassung reagiert, handelt es sich um einen nicht reagierenden Wettbewerb, im anderen Fall um einen reagierenden Wettbewerb. Im Falle eines reagierenden Wettbewerbs ist mit Hilfe komplexer spieltheoretischer Modelle ein Gleichgewicht zu ermitteln, welches jedoch umfangreiche Kenntnisse über die Wettbewerber voraussetzt und daher in der Realität nur selten bestimmbar sein dürfte. Die Berücksichtigung von nicht-reagierendem Wettbewerb setzt hingegen nur die Kenntnis der Produktprogramme und der Preise der Wettbewerber voraus.

Mit Hilfe der ermittelten Zahlungsbereitschaften und der erhobenen Produktprogramme der Wettbewerber ist zu ermitteln, welchen Surplus ein Kunde k maximal bei allen Wettbewerbern erhalten würde. Dieser Surplus sei mit $\underline{S}_k$ bezeichnet. Ein Kunde wird erst dann zum Anbieter wechseln und ein Produkt erwerben, wenn er dadurch seinen Surplus steigern kann. Im Grundmodell ist daher Restriktion (4.65) hinzuzufügen und Restriktion (4.54) wie folgt zu modifizieren:

$$s_{kk} \geq \underline{S}_k \cdot \theta_k \qquad \forall k \qquad (4.88)$$

4.3 Exemplarische Anwendung der entwickelten Modelle

4.3.1 Darstellung von Problemstruktur und untersuchter Fragestellung

Die Anwendung der entwickelten Modelle wird im Weiteren exemplarisch an einem Unternehmen der Nutzfahrzeugbranche demonstriert, welches Kippsattelauflieger herstellt. Im Speziellen werden die Produkte Kippsattelauflieger, Telematik, Service-Paket und Finanzierung betrachtet. Es wird angenommen, dass wie in Tabelle 4.2 dargestellt alle Produkte durch jeweils drei bzw. vier Merkmale mit je zwei bis drei Ausprägungen beschrieben werden.

Tabelle 4.2: Kaufrelevante Merkmale und Ausprägungen für Kippsattelauflieger, Telematik, Service-Vertrag und Finanzierung

Produkt		Merkmal	Ausprägung A1	Ausprägung A2	Ausprägung A3
Kippsattel-auflieger	M1	Ladelänge	8200 mm	9400 mm	10450 mm
	M2	Mulde	Alu-Kastenmulde	2 Metall-Mulde	Stahl-Rundmulde
	M3	Rückwand	Pendelklappe	Kombitür	Hydraulische Rückwand
	M4	Achsen	2 Achsen	3 Achsen	
Telematik	M5	Kühl-überwachung	Enthalten	Nicht enthalten	
	M6	Sicherheits-überwachung	Enthalten	Nicht enthalten	
	M7	Just-In-Time Paket	Enthalten	Nicht enthalten	
	M8	Trailer-informationen	Enthalten	Nicht enthalten	
Service-Paket	M9	Fahrleistung pro Jahr	$\leq$ 100.000 km	$\leq$ 150.000 km	$\leq$ 200.000 km
	M10	Vertrags-bindung	36 Monate	48 Monate	60 Monate
	M11	Umfang	Wartung	Wartung & Reparatur	Wartung & Reparatur & Ersatzteile
	M12	Reifendienst	Enthalten	Nicht enthalten	
Finanzierung	M13	Art	Mietkauf	Leasing	Kredit
	M14	Laufzeit	48 Monate	60 Monate	72 Monate
	M15	Schutzpaket	Kein Schutzpaket	Kleines Schutzpaket	Großes Schutzpaket

Das Unternehmen hat vier gleichgroße Kundensegmente identifiziert. Aus Erfahrung ist bekannt, dass pro Periode mit ca. 40 Aufträgen für diesen speziellen Sattelauflieger zu rechnen ist. Es ist daher davon auszugehen, dass aus jedem Segment 10 Aufträge eingehen werden. Ferner wird angenommen, dass die Zahlungsbereitschaften aller Kunden eines Segments identisch und bekannt sind. Um die Beurteilung der Bündelung nicht dadurch zu verfälschen, dass Kunden für Bündel eine höhere Zahlungsbereitschaft besitzen als für Einzelprodukte, wird angenommen, dass kein Kunde einen Zusatznutzen aus der Bündelung erfährt.

Der zu zahlende Preis wird grundsätzlich als Einmalbetrag angegeben, wobei Dienstleistungskomponenten auch monatlich oder jährlich abgerechnet werden könnten. Solche periodischen Zahlungen sind jedoch unter Anwendung von Kalkulationszinssätzen in Einmalbeträge umrechenbar. Gleichfalls wird angenommen, dass alle über die gesamte Nutzungsdauer anfallenden variablen (Merkmals-)Kosten mit geeigneten Methoden erhoben und zu einem Einmalbetrag zu Beginn der Laufzeit umgerechnet wurden. Anfallende Fixkosten sind unabhängig vom konkreten Produktprogramm und Produktdesign, sodass diese entscheidungsirrelevant sind und daher vernachlässigt werden. Weitere Kosten fallen nicht an und Synergieeffekte werden nicht realisiert. Die Zahlungsbereitschaften und Kosten können für den Kippsattelauflieger Tabelle 4.3 und für die anderen Produkte den Tabellen 4.4 – 4.6 entnommen werden.

Tabelle 4.3: Kosten und Zahlungsbereitschaften für Ausprägungen des Kippsattelaufliegers

Kippsattelauflieger		Kosten	ZB von Kundensegment			
			S_1	S_2	S_3	S_4
M_1: Ladelänge	A_1: 8200 mm	3.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	4.000 €
	A_2: 9400 mm	4.000 €	8.000 €	7.000 €	4.000 €	10.000 €
	A_3: 10450 mm	7.000 €	10.000 €	8.000 €	2.000 €	4.000 €
M_2: Mulde	A_1: Alu-Kastenmulde	2.000 €	4.000 €	3.000 €	5.000 €	3.000 €
	A_2: 2Metall-Mulde	4.000 €	8.000 €	6.000 €	2.000 €	3.000 €
	A_3: Stahl-Rundmulde	2.500 €	4.000 €	3.000 €	5.000 €	3.000 €
M_3: Rückwand	A_1: Pendelklappe	2.000 €	6.000 €	4.000 €	1.000 €	10.000 €
	A_2: Kombitür	4.000 €	8.000 €	6.000 €	8.000 €	1.000 €
	A_3: Hydraulisch	5.000 €	10.000 €	8.000 €	6.000 €	4.000 €
M_4: Achsen	A_1: Zwei Achsen	2.000 €	3.000 €	3.000 €	6.000 €	5.000 €
	A_2: Drei Achsen	3.000	5.000 €	4.000 €	3.000 €	4.000 €

Tabelle 4.4: Kosten und Zahlungsbereitschaften für Ausprägungen der Telematik

Telematik		Kosten	ZB von Kundensegment			
			S_1	S_2	S_3	S_4
M_5: Kühlüberwachung	A_1: enthalten	1.500 €	0 €	0 €	0 €	0 €
	A_2: nicht enthalten	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
M_6: Sicherheitsüberwachung	A_1: enthalten	2.500 €	3.000 €	0 €	5.000 €	1.000 €
	A_2: nicht enthalten	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
M_7: Just in Time-Paket	A_1: enthalten	1.500 €	2.000 €	2.000 €	1.000 €	0 €
	A_2: nicht enthalten	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
M_8: Trailerinformation	A_1: enthalten	2.000 €	3.000 €	0 €	2.000 €	4.000 €
	A_2: nicht enthalten	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €

Tabelle 4.5: Kosten und Zahlungsbereitschaften für Ausprägungen des Service-Pakets

Service-Paket		Kosten	ZB von Kundensegment			
			S_1	S_2	S_3	S_4
M_9: Fahrleistung	A_1: ≤ 100.000 km	400 €	2.000 €	0 €	500 €	1.000 €
	A_2: ≤ 150.000 km	600 €	1.000 €	1.000 €	1.000 €	2.000 €
	A_3: ≤ 200.000 km	1.600 €	500 €	500 €	2.000 €	1.000 €
M_{10}: Vertragsbindung	A_1: 36 Monate	550 €	500 €	500 €	1.500 €	1.000 €
	A_2: 48 Monate	800 €	750 €	750 €	500 €	1.500 €
	A_3: 60 Monate	1.200 €	1.500 €	500 €	500 €	1.000 €
M_{11}: Umfang	A_1: Wartung	1.000 €	1.000 €	1.500 €	0 €	1.500 €
	A_2: W & Reparatur	2.000 €	2.000 €	2.000 €	1.000 €	3.000 €
	A_3: W, R & Ersatzteile	3.000 €	4.000 €	0 €	2.000 €	4.500 €
M_{12}: Reifendienst	A_1: Enthalten	1.100 €	2.000 €	500 €	0 €	1.000 €
	A_2: Nicht enthalten	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €

Tabelle 4.6: Kosten und Zahlungsbereitschaften für Ausprägungen der Finanzierung

Finanzierung		Kosten	ZB von Kundensegment			
			S_1	S_2	S_3	S_4
M_{13}: Art	A_1: Mietkauf	750 €	0 €	500 €	1.500 €	1.000 €
	A_2: Leasing	750 €	0 €	1.500 €	1.000 €	1.000 €
	A_3: Kredit	750 €	0 €	0 €	1.000 €	1.000 €
M_{14}: Laufzeit	A_1: 48 Monate	400 €	0 €	500 €	2.000 €	500 €
	A_2: 60 Monate	500 €	0 €	750 €	1.000 €	1.500 €
	A_3: 72 Monate	600 €	0 €	1.500 €	1.000 €	1.000 €
M_{15}: Schutzpaket	A_1: ohne	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
	A_2: kl. Schutzpaket	1.800 €	2.000 €	1.000 €	1.000 €	500 €
	A_3: gr. Schutzpaket	3.000 €	4.000 €	1.000 €	2.000 €	4.000 €

Im Rahmen dieses Beispiels wird davon ausgegangen, dass das Unternehmen bisher die Produkte einzeln angeboten und die vier Produktlinien unabhängig voneinander optimiert hat. Dieses Produktprogamm dient als Vergleichspunkt zur Beurteilung der Bündelung. Wie erläutert kann durch sequentielle und simultane Bündelung das Produktprogramm nur verbessert werden. Im Weiteren wird daher nicht die Frage untersucht, ob durch Integration der Preisbündelung bessere Produktprogramme zu ermitteln sind, sondern wie groß das Verbesserungspotenzial ist.

Dazu wird im ersten Schritt untersucht, welche Produkte zu welchen Bündeln kombiniert werden und ob sich durch simultane Bündelung das Produktdesign gegenüber reinen Einzelpreisen verändert. Ist dies nicht der Fall, können Produkt- und Angebotsgestaltung getrennt werden und nacheinander erfolgen. Produkte sind dann zunächst zu gestalten und anschließend ggf. durch Angebotsbündel zu ergänzen. Zur besseren Übersicht wird davon ausgegangen, dass pro Produktlinie genau eine Variante zu konfigurieren ist. Im zweiten Schritt wird untersucht, warum Bündel so konfiguriert und Produkte so gestaltet wurden. Dazu ist zu klären, welche Auswirkungen die Bündelung auf die Wahl der Kunden ausübt, was ebenfalls anhand des 1-Varianten-Falls dargestellt wird. Im dritten Schritt werden die Auswirkungen der Bündelung auf ökonomische Erfolgsgrößen, insbesondere auf den Gesamtdeckungsbeitrag untersucht. Dazu wird der 1-Varianten-Fall sukzessiv auf den 4-Varianten-Fall erweitert. Die Gründe und Herkunft für diese Auswirkungen werden im letzten und vierten Schritt untersucht. Dazu werden die Auswirkungen der Bündelung auf Konsumenten und Gesamtwohlfahrt näher beleuchtet. Zusammenfassend wird folgenden Fragen nachgegangen:

1. Wie verändert sich das Produktdesign?
2. Warum ist das Produktdesign verändert worden?
3. Wie stark sind die Auswirkungen auf ökonomische Erfolgsgrößen?
4. Wie kann die Auswirkung erklärt werden und welche Auswirkungen hat die Bündelung auf Konsumenten und Wohlfahrt?

4.3.2 Auswirkungen auf Produktdesign, Kundenwahl, Erfolgsgrößen und Wohlfahrt

Auswirkung auf das Produktdesign

Das Produktdesign ist Tabelle 4.7 zu entnehmen. Auf Angabe der konkreten Ausprägungsbeschreibung wurde zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet. Stattdessen sind die gewählten Ausprägungsnummern dargestellt. Werden Produktlinien getrennt und unabhängig voneinander optimiert, so besitzt der Kippsattelauflieger eine Ladelänge von 9400mm, eine Alu-Kastenmulde, eine hyd-

raulische Rückwand und zwei Achsen. In der Telematik sind mit Ausnahme der Kühlüberwachung alle Elemente enthalten. Das Service-Paket gilt für eine jährliche Fahrleistung von weniger als 100.000km und hat eine Vertragsbindung von 48 Monaten. Es enthält neben Reparatur, Wartung und Ersatzteilen einen Reifendienst zur Überprüfung und Erneuerung der Reifen. Desweiteren wird eine Finanzierung in Form eines Mietkaufs über 48 Monate mit großem Schutzpaket angeboten.

Tabelle 4.7: Produktdesign bei reinem Produktliniendesign, sequentieller und simultaner Bündelung

Produkt	Merkmal		Reines PLD & Sequentielle Bündelung				Simultane Bündelung			
Kippsattel-auflieger	M1	Ladelänge		**2**				**2**		
	M2	Mulde	**1**			=	**1**			
	M3	Rückwand			**3**					**3**
	M4	Achsen	**1**				**1**			
Telematik	M5	Kühlung		**2**				**2**		
	M6	Sicherheit	**1**				**1**			
	M7	Just-In-Time	**1**			≠		(**2**)		
	M8	Trailerinfo	**1**				**1**			
Service-Paket	M9	Fahrleistung	**1**					(**2**)		
	M10	Vertragsbindung		**2**				**2**		
	M11	Umfang			**3**	≠				**3**
	M12	Reifendienst	**1**				**1**			
Finanzierung	M13	Art	**1**					(**2**)		
	M14	Laufzeit	**1**			≠				(**3**)
	M15	Schutzpaket			**3**		(**1**)			

Aus Tabelle 4.7 ist zudem das Produktdesign ersichtlich, welches sich durch Anwendung der Produktprogrammoptimierung mit simultaner Bündelung ergibt. Es wird deutlich, dass mit Ausnahme des Kippsattelaufliegers alle Produkte anders konfiguriert wurden. In der Telematik ist nun nicht mehr das Just-In-Time Paket enthalten, wohingegen das Service-Paket nun auch bei Fahrleistungen bis zu 150.000km erworben werden kann. Die Finanzierung weist den deutlichsten Unterschied auf. In allen drei die Finanzierung beschreibenden Merkmalen werden andere Ausprägungen gewählt. So handelt es sich nun um einen 72-monatigen Leasing-Vertrag ohne Schutzpaket.

Durch simultane Bündelung können Produkte somit anders spezifiziert werden, weshalb Produktdesign und Bündelkonfiguration nicht getrennt voneinander bestimmt werden sollten. Um zu verstehen, warum ein anderes Produktdesign optimal ist, sind die Auswirkungen der Änderungen auf die Kundenwahl zu analysieren.

Auswirkung auf die Kundenwahl

Werden die Produkte einzeln angeboten, werden für den Kippsattelauflieger 21.000 €, für die Telematik und das Service-Paket jeweils 8.000 € und für die Finanzierung 5.500 € verlangt. Die sich durch diese Preise ergebenden Deckungsbeiträge und der Surplus sind in Tabelle 4.8 dargestellt.

Tabelle 4.8: Produktkennzahlen, Surplus und Kundenwahl beim Produktliniendesign

Produkt			**Surplus von Kundensegment**			
			S_1	**S_2**	**S_3**	**S_4**
Kippsattel-	Preis	21.000 €				
auflieger	Kosten	13.000 €	**4.000 €***	**0 €***	**0 €***	**1.000 €***
	DB	8.000 €				
Telematik	Preis	8.000 €				
	Kosten	6.000 €	**0 €***	-6.000 €	**0 €***	-3.000 €
	DB	2.000 €				
Service-	Preis	8.000 €				
Paket	Kosten	5.300 €	**750 €***	-6.750 €	-5.000 €	**0 €***
	DB	2.700 €				
Finanzierung	Preis	5.500 €				
	Kosten	4.150 €	-1.500 €	-3.500 €	**0 €***	**0 €***
	DB	1.350 €				

* Gewählte Produkte

Jeder Kunde hat vier Wahlentscheidungen zu treffen und zwar pro Produkttyp, ob er die spezifizierte Variante erwerben möchte oder nicht. Gemäß der First-Choice Regel wird sich der Kunde dafür entscheiden, sofern der Surplus größer oder gleich null ist. Ein Kunde aus Segment 1 wird demnach den Kippsattelauflieger, die Telematik und das Servicepaket erwerben und einen Gesamtsurplus von 4.750 € realisieren. Kunden aus Segment 2 erwerben nur den Auflieger und realisieren damit ebenso wie Kunden aus Segment 3, die zwar alles außer dem Service-Paket kaufen, einen Surplus von 0 €. Kunden aus dem Segment 4 erwerben alles außer der Telematik und realisieren einen Surplus von 1.000 €.

Kunden aus Segment 1 besitzen eine deutlich höhere Zahlungsbereitschaft sowohl für den Auflieger als auch für das Servicepaket. Im Falle einer Erhöhung der Preise für beide Produkte werden Kunde 2 bzw. 3 die Produkte jedoch nicht kaufen und die Deckungsbeitragseinbuße durch die Nichtkäufe sind größer als der zusätzliche Deckungsbeitrag durch die höheren Preise. Auf der anderen Seite lohnt es sich nicht, die Preise für einzelne Produkte zu senken, damit weitere Kunden diese erwerben. So könnte bspw. Kunde 1 dazu bewegt werden, eine Finanzierung zu wählen, wenn der Preis um 1.500 € niedriger ist, wodurch der Deckungsbeitrag jedoch negativ wäre. Zusammenfassend zahlt Kunde 1 für seine drei von ihm gewählten Produkte 37.000 € und ermöglicht dem Unternehmen damit einen Deckungsbeitrag von 12.700 €. Die Werte der anderen Kunden können analog berechnet werden.

Werden statt Einzelprodukte Bündel angeboten, so sollten diese wie in Tabelle 4.9 dargestellt gebildet werden. Bündel 1 enthält den Kippsattelauflieger, die Telematik und das Servicepaket und wird zu einem Preis von 37.750 € angeboten. Bündel 2 ist streng genommen gar kein Bündel, da es nur den Kippsattelauflieger zum Preis von 21.000 € enthält. Bündel 3 wiederum enthält den Auflieger, die Telematik und die Finanzierung und wird wie Bündel 4, welches Auflieger, Service-Paket und Finanzierung enthält, zu einem Preis von 34.500 € angeboten.

Tabelle 4.9: Bündelkonfiguration, Surplus und Kundenwahl bei sequentieller Bündelung

Bündel			**Surplus von Kundensegment**			
			S_1	S_2	S_3	S_4
Bündel 1	Preis	37.750 €				
(K, T, S, -)	Kosten	24.300 €	**4.000 €***	-13.500 €	-5.750 €	-2.750 €
	DB	13.400 €				
Bündel 2	Preis	21.000 €				
(K, - , - , -)	Kosten	13.000 €	4.000 €	**0 €***	0 €	1.000 €
	DB	8.000 €				
Bündel 3	Preis	34.500 €				
(K, T, - , F)	Kosten	23.150 €	2.500 €	-9.500 €	**0 €***	-2.000 €
	DB	11.350 €				
Bündel 4	Preis	34.500 €				
(K, - , S, F)	Kosten	22.450 €	3.250 €	-10.250 €	-5.000 €	**1.000 €***
	DB	12.050 €				

***** Gewähltes Bündel

Im Gegensatz zur Ausgangssituation haben die Kunden nur eine Entscheidung zu treffen. Sie können entweder nichts erwerben oder eines der vier Bündel kau-

fen. Es stellt sich heraus, dass jeder Kunde das Bündel erwirbt, welches genau die Produkte enthält, die er auch einzeln erwerben würde. Ist der Surplus für zwei Bündel identisch, so ist der Kunde indifferent und es sollte daher für das Unternehmen möglich sein, ihn zum Kauf der vom Unternehmen präferierten Alternative zu bewegen. Die Kunden 2 bis 4 zahlen für ihre Bündel genau den Betrag, den sie auch für die einzelnen Produkte insgesamt gezahlt haben. Kunde 1 zahlt jedoch 750 € mehr, was aus der eingeschränkten Wahlmöglichkeit aufgrund der Bündelung resultiert.

In der Ausgangssituation konnte der Preis des Service-Pakets nicht weiter erhöht werden, da er bereits der Zahlungsbereitschaft von Kunde 3 entsprach. Aus diesem Grund konnte die darüber hinausgehende Zahlungsbereitschaft von Kunde 1 nicht genutzt werden. Durch die Bündelung ist jedoch das von Kunden 3 präferierte Bündel für Kunde 1 eine deutlich schlechtere Alternative, was durch den geringeren Surplus von 2.500 € deutlich wird. Daher ist es möglich, den Preis für Bündel 1 von 37.000 € auf 37.500 € zu steigern. Eine weitere Steigerung ist jedoch unsinnig, da Kunde 1 sonst Bündel 2 erwirbt und damit deutliche Deckungsbeitragseinbußen verbunden wären.

Wie bereits diskutiert, werden durch Anwendung simultaner Bündelung die Telematik, das Service-Paket und die Finanzierung anders konfiguriert. Mit diesen anders konfigurierten Produkten können andere Bündel gebildet werden, wie sie in Tabelle 4.10 dargestellt sind.

Tabelle 4.10: Bündelkonfiguration, Surplus und Kundenwahl bei simultaner Bündelung

Bündel			**Surplus von Kundensegment**			
			S_1	**S_2**	**S_3**	**S_4**
Bündel 1	Preis	37.750 €				
(K, T´, S´, -)	Kosten	23.000 €	**1.000 €***	-14.500 €	-6.250 €	-1.750 €
	DB	14.750 €				
Bündel 2	Preis	24.000 €				
(K, - , - , F´)	Kosten	14.350 €	1.000 €	**0 €***	-1.000 €	0 €
	DB	9.650 €				
Bündel 3	Preis	30.000 €				
(K, T´, - , F´)	Kosten	18.850 €	1.000 €	-6.000 €	**0 €***	-1.000 €
	DB	11.150 €				
Bündel 4	Preis	38.000 €				
(K, T´, S´, F´)	Kosten	24.350 €	750 €	-11.750 €	-4.500 €	**0 €***
	DB	13.650 €				

***** Gewähltes Bündel

Durch Integration der Preisbündelung in die Produktgestaltung gelingt es, die Produkte sehr genau entsprechend der Zahlungsbereitschaft der Kunden zu gestalten. Dies führt zu deutlichen Steigerungen der Deckungsbeiträge, deren Auswirkung auf den Gesamtdeckungsbeitrag im folgenden Abschnitt analysiert wird.

Auswirkung auf ökonomische Erfolgsgrößen

Werden Produkte ausschließlich einzeln angeboten, so werden Umsatzerlöse in Höhe von ca. 1,3 Mio. € erwirtschaftet. Die variablen Gesamtkosten des Produktprogramms belaufen sich auf 829 T€, sodass ein Gesamtdeckungsbeitrag von 441 T€ realisiert wird. Tabelle 4.11 stellt im Vergleich dazu die Erfolgsgrößen der mit Bündelung erstellten Produktprogramme dar.

Tabelle 4.11: Steigerung ökonomischer Erfolgsgrößen durch Bündelung

Produktliniendesign		**Sequentielle Bündelung**		**Simultane Bündelung**	
Umsatzerlöse	1.270.000 €	Umsatzerlöse	1.277.500 €	Umsatzerlöse	1.297.500 €
Gesamtkosten	829.000 €	Gesamtkosten	829.000 €	Gesamtkosten	805.500 €
Gesamt-DB	441.000 €	Gesamt-DB	448.500 €	Gesamt-DB	492.000 €

Durch sequentielle Bündelung wird von jedem Kunden aus Segment 1 ein zusätzlicher Umsatzerlös von 750 € realisiert, wodurch Gesamterlös und Gesamtdeckungsbeitrag um 7.500 € steigen. Durch simultane Bündelung wird der Umsatzerlös gegenüber sequentieller Bündelung nochmals um 20.000 € gesteigert. Aufgrund einer gleichzeitigen Kostenreduktion steigt der Gesamtdeckungsbeitrag auf 492 T€. Dies entspricht einer Steigerung von 11,6 % gegenüber dem Gesamtdeckungsbeitrag bei reinen Einzelpreisen und 9,7 % gegenüber sequentieller Bündelung. Durch sequentielle Bündelung wird im Beispiel hingegen der Gesamtdeckungsbeitrag nur um 1,7 % gesteigert.

Bisher wurde pro Produktlinie genau eine Variante spezifiziert. Aufgrund der vier Kundensegmente kann es jedoch sinnvoll sein, auch bis zu vier verschiedene Varianten anzubieten. Dadurch ergeben sich drei weitere Settings, nämlich ein Angebot von 2, 3 bzw. 4 Varianten pro Linie. Auf die Möglichkeit, für jede Produktlinie unterschiedlich viele Varianten anzubieten, wird hier verzichtet. Die optimalen Produktprogramme dieser Settings sind jeweils unter Anwendung reines Produktliniendesigns (PLD) sowie sequentieller (SeqBun) und simultaner Bündelung (SimBun) ermittelt worden. Die nachfolgende Tabelle 4.12 gibt einen Überblick über die ökonomischen Erfolgsgrößen und die Steigerung des Gesamtdeckungsbeitrags im Vergleich zum Produktliniendesign in Abhängigkeit von den Settings.

Tabelle 4.12: Steigerung ökonomischer Erfolgsgrößen durch Bündelung in Abhängigkeit der Settings

Setting	Typ	Umsatz-erlöse	Gesamt-kosten	Gesamt-DB	GDB-Steigerung
1 Variante pro Linie	PLD	1.270.000 €	829.000 €	441.000 €	
	SeqBun	1.277.500 €	829.000 €	448.500 €	+1,7 %
	SimBun	1.297.500 €	805.500 €	492.000 €	+11,6 %
2 Varianten pro Linie	PLD	1.355.000 €	755.000 €	600.000 €	
	SeqBun	1.355.000 €	755.000 €	600.000 €	+0 %
	SimBun	1.400.000 €	743.500 €	656.500 €	+9,4 %
3 Varianten pro Linie	PLD	1.560.000 €	855.000 €	705.000 €	
	SeqBun	1.590.000 €	855.000 €	735.000 €	+4,3 %
	SimBun	1.595.000 €	846.500 €	748.500 €	6,2 %
4 Varianten pro Linie	PLD	1.580.000 €	850.000 €	730.000 €	
	SeqBun	1.610.000 €	850.000 €	760.000 €	+4,1 %
	SimBun	1.615.000 €	841.500 €	773.500 €	+5,9 %

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass durch simultane Bündelung in allen Settings Umsätze gesteigert und gleichzeitig Kosten gesenkt werden. Dadurch lässt sich der Gesamtdeckungsbeitrag deutlich gegenüber reinem Produktliniendesign steigern. Die Steigerungsraten liegen im Beispiel zwischen 11,6 % und 5,9 %, wobei diese mit steigender Variantenzahl abnehmend sind. Die Variantenvielfalt des Produktprogramms könnte daher ein wesentlicher Erfolgsfaktor der Bündelung sein. Dies lässt sich auf Basis des Beispiels jedoch nicht schlussfolgern, da dies auch den gewählten Werten geschuldet sein kann. Die Auswirkungen der Variantenvielfalt auf den Bündelungserfolg werden in Kapitel 5 aufgegriffen und dort anhand einer umfangreichen Experimentalstudie näher analysiert. Wenn Variantenvielfalt einen Einfluss auf den Bündelungserfolg besitzt, so können auch weitere Faktoren relevant sein. Durch Identifikation dieser Erfolgsfaktoren wäre in der Unternehmenspraxis der Erfolg simultaner Optimierung von Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preisen besser abzuschätzen.

Auf Basis der bisherigen Ergebnisse liegt der Erfolg der Bündelung zum einen in einem gesteigerten Umsatz, zum anderen in reduzierten Kosten. Ein höherer Umsatz bedeutet jedoch, dass entweder mehr Kunden etwas kaufen oder dass diese höhere Preise bezahlen. Dies ist insofern irritierend, da Kunden für gewöhnlich für kostengünstigere Produkte niedrigere Zahlungsbereitschaften

besitzen. Im Weiteren wird daher untersucht, welche Auswirkungen die Bündelung auf Konsumenten und Gesamtwohlfahrt hat, um zu ergründen, wie die identifizierten Deckungsbeitragssteigerungen erreicht wurden.

Auswirkungen auf Konsumenten und Gesamtwohlfahrt

Bündelung hat nicht nur Auswirkungen auf das Unternehmen und den erzielbaren Gesamtdeckungsbeitrag, sondern auch auf Konsumenten. Konsumenten besitzen für die angebotenen Produkte Zahlungsbereitschaften. Sind diese größer als der vom Unternehmen geforderte Preis, so wird der Kunde dieses Produkt erwerben und einen Nettonutzenvorteil daraus ziehen. Die Differenz aus Zahlungsbereitschaft und Preis wird als *Konsumentenrente* bzw. als *Surplus* bezeichnet.[276] Zusammen mit der *Produzentenrente*[277] (hier Gesamtdeckungsbeitrag) ergibt sich die *Wohlfahrt* bzw. der *Wohlfahrtsgewinn*.[278] Die in den einzelnen Settings erreichte Konsumenten- und Produzentenrente sowie die Gesamtwohlfahrt sind in Tabelle 4.13 dargestellt.

Tabelle 4.13: Konsumenten-, Produzentenrente und Wohlfahrt in Abhängigkeit der Settings

Setting	Typ	Gesamt-Surplus	Gesamt-DB	Erreichte Wohlfahrt
1 Variante pro Linie	PLD	57.500 €	441.000 €	498.500 €
	SeqBun	50.000 €	448.500 €	498.500 €
	SimBun	10.000 €	492.000 €	502.000 €
2 Varianten pro Linie	PLD	60.000 €	600.000 €	660.000 €
	SeqBun	60.000 €	600.000 €	660.000 €
	SimBun	2.500 €	656.500 €	659.000 €
3 Varianten pro Linie	PLD	60.000 €	705.000 €	765.000 €
	SeqBun	30.000 €	735.000 €	765.000 €
	SimBun	15.000 €	748.500 €	763.500 €
4 Varianten pro Linie	PLD	40.000 €	730.000 €	770.000 €
	SeqBun	10.000 €	760.000 €	770.000 €
	SimBun	5.000 €	773.500 €	778.500 €

276 Vgl. Pindyck/Rubinfeld (2005), S. 183; Varian (2006), S. 246f.; Mankiw/Taylor (2008), S. 160.

277 Zum Begriff Produzentenrente vgl. Pindyck/Rubinfeld (2005), S. 377; Varian (2006), S. 256f.; Mankiw/Taylor (2008), S. 167.

278 Vgl. Mankiw/Taylor (2008), S. 172; Pechtl (2005), S. 3f.

Es ist auffällig, dass in jedem Setting der Gesamtsurplus durch Bündelung im Vergleich zum reinen Produktliniendesign zurückgeht, während die Produzentenrente steigt. Die Herkunft der Deckungsbeitragssteigerungen scheint damit geklärt. Durch Bündelung gelingt es Unternehmen, den Gesamtdeckungsbeitrag zu Lasten der Konsumentenrente auszuweiten.

Andererseits steigt in einigen Settings auch die Gesamtwohlfahrt. Die „Umwandlung" von Konsumenten- in Produzentenrente kann daher nicht die gesamte Deckungsbeitragssteigerung erklären. Wie bereits diskutiert, werden durch simultane Bündelung andere Produktdesigns realisiert als durch reine Produktliniengestaltung. Für anders gestaltete Produkte besitzen Kunden jedoch andere Zahlungsbereitschaften, sodass die Gesamtzahlungsbereitschaft vom Unternehmen durch das Produktdesign beeinflusst werden kann. Dadurch ist jedoch auch die erreichbare Wohlfahrt nicht unabhängig vom Produktdesign und durch andere Produktgestaltungen ist eine größere Wohlfahrt erzielbar. Genau dies geschieht in den Settings mit einer und vier Varianten pro Linie. Aufgrund der Zielsetzung des Anbieters wird eine solche Ausweitung der Wohlfahrt eher zu einer Steigerung des Gesamtdeckungsbeitrags als zu einer Steigerung des Gesamtsurplus führen.

Wenn die Wohlfahrt vom Produktdesign abhängt, so gibt es auch ein Produktdesign, welches als *wohlfahrtsmaximal* zu bezeichnen ist. Dieses wird erreicht, wenn für jeden Kunden separat pro Linie wohlfahrtsmaximale Varianten spezifiziert werden. Dazu ist in jedem Merkmal die Ausprägung zu wählen, durch die die Differenz aus Zahlungsbereitschaft dieses Kunden und den Kosten maximiert wird. Liegt die Gesamtzahlungsbereitschaft unterhalb der Kosten, so ist in dieser Linie keine Variante anzubieten. Formal ergibt sich die maximal mögliche Wohlfahrt für Kunde k und Linie l gemäß:

$$W_{kl}^{max} := \begin{cases} \sum_{m=1}^{M_l} \max_a \left\{ R_{klma} - VK_{lma} \right\} & \text{, falls } \sum_{m=1}^{M_l} \max_a \left\{ R_{klma} - VK_{lma} \right\} > 0 \\ 0 & \text{, sonst} \end{cases} \tag{4.89}$$

Damit kann für eine konkrete Situation mit erhobenen Zahlungsbereitschaften und Kosten die maximal mögliche Wohlfahrt berechnet werden. Diese beträgt im Beispiel 778.500 €. Dies stellt gleichzeitig die Obergrenze für den Gesamtdeckungsbeitrag dar, da in diesem Fall die komplette Wohlfahrt nur aus Produzentenrente besteht und eine weitere Steigerung daher nicht möglich ist. Weicht das Unternehmen von wohlfahrtsoptimalen Programmen ab, so resultiert auf jeden Fall eine andere, niedrigere Wohlfahrt. Die Differenz zwischen der maxi-

mal möglichen Wohlfahrt und der realisierten kann als *Effizienzverlust* bzw. *Deadweight loss* bezeichnet werden.[279]

Im Beispiel teilt sich im Setting mit vier Varianten pro Linie die maximal mögliche Wohlfahrt entsprechend der Abbildung 4.5 auf. Der Abbildung kann nun abschließend die Herkunft der Deckungsbeitragssteigerung entnommen werden. Die Steigerung des Gesamtdeckungsbeitrags um 43.500 € bzw. 5,6 % der maximalen Wohlfahrt ergibt sich zum einen durch die Umwandlung von 35.000 € oder 4,5 % von Surplus in Deckungsbeitrag und zum anderen durch eine Reduktion des Wohlfahrtsverlusts um 8.500 € bzw. 1,1 %. Bündelung kann daher wohlfahrtssteigernd wirken, muss es jedoch im Einzelfall nicht sein, wie die Settings mit zwei und drei Varianten pro Linie zeigen.

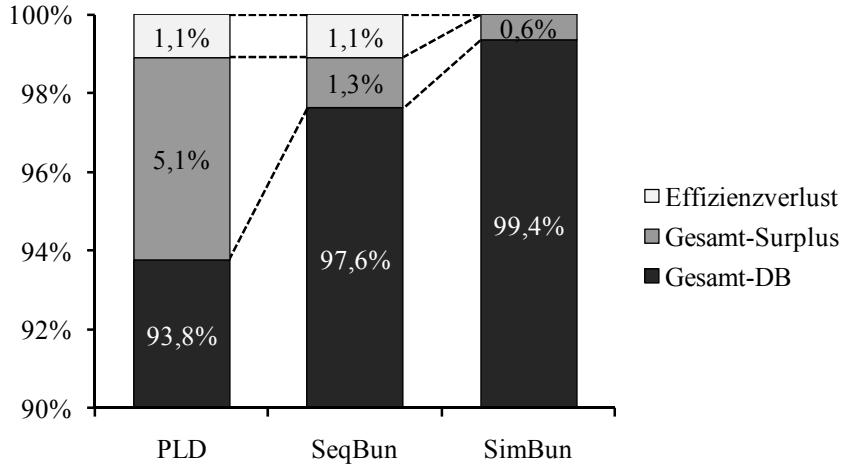


Abbildung 4.5 Surplus, Gesamtdeckungsbeitrag und Effizienzverlust in Prozent maximal möglicher Wohlfahrt in Abhängigkeit des Optimierungstyps bei 4 Varianten pro Linie

Die Abbildung zeigt darüber hinaus, dass im Beispiel durch sequentielle Bündelung keine Wohlfahrtssteigerungen erreicht wurden, sondern der Deckungsbeitrag ausschließlich zu Lasten der Konsumentenrente ausgeweitet wurde. Anscheinend führt sequentielle Bündelung damit nicht zu Wohlfahrtssteigerungen. Dieses ist bei näherer Betrachtung jedoch zu verneinen. Für jede Situation ergibt sich die maximale Wohlfahrt dadurch, dass jeder Kunde die wohlfahrtsmaximalen Varianten erwirbt. Ist das Produktdesign hingegen gegeben, so ergibt sich

279 Vgl. Pindyck/Rubinfeld (2005), S. 406f.; Varian (2006), S. 297f.; Mankiw/Taylor (2008), S. 187.

durch das Produktprogramm eine mögliche Wohlfahrt. Analog zur maximal möglichen Wohlfahrt wählt jeder Kunde pro Linie die Variante, bei der die Differenz zwischen seiner Zahlungsbereitschaft und den Kosten maximal und positiv ist. Aufgrund der Preissetzung des Unternehmens kann es jedoch sein, dass die Zahlungsbereitschaft für einige Varianten zwar oberhalb der Kosten, nicht jedoch oberhalb der Preise liegt. Ein Kunde wird daher auf den Kauf dieser Varianten verzichten, auch wenn aus Wohlfahrtssicht ein Verkauf der Varianten sinnvoll wäre. Durch sequentielle Bündelung kann es sinnvoll sein, ein Bündel anzubieten, welches das bisher nicht gekaufte Produkt enthält und welches zu einem Preis angeboten wird, sodass der Kunde einen positiven Surplus besitzt. Ist dies der Fall, so werden durch sequentielle Bündelung Varianten verkauft, die bei reinem Produktliniendesign nicht verkauft worden wären, was sich wohlfahrtssteigernd auswirkt. Im Beispiel ist dies hingegen nicht der Fall. Die mit den durch reines Produktliniendesign konfigurierten Produkten mögliche Wohlfahrt beträgt 770.000 € und ist gleich der mit Produktliniendesign erreichten Wohlfahrt. Im Beispiel kann sequentielle Bündelung daher den Deckungsbeitrag nur durch Umwandlung des Surplus steigern, nicht jedoch durch Reduzierung des Effizienzverlustes.

Das Beispiel verdeutlicht die Herkunft der durch Bündelung erreichbaren Deckungsbeitragssteigerungen. Die Steigerung liegt zum einen in einer Umwandlung der Konsumentenrente, zum anderen in einer Reduzierung des Effizienzverlustes begründet. Bündelung kann sich daher wohlfahrtssteigernd auswirken, allerdings wird nahezu ausschließlich der Produzent begünstigt. Die Ergebnisse sind jedoch nicht allgemeingültig, da es sich hierbei um ein einzelnes Beispiel handelt. Welche Auswirkungen Bündelung im Allgemeinen auf Konsumenten und Gesamtwohlfahrt ausübt, ist durch eine umfangreichere Studie zu klären, welche Gegenstand von Kapitel 5 ist.

4.3.3 Modellkomplexität und heuristische Lösung

Zu Beginn des Kapitels wurde auf den Zusammenhang zwischen Modellierung, Anzahl unterschiedlicher Handlungsalternativen und Modellkomplexität eingegangen. Dies hat Auswirkung auf das Laufzeitverhalten der Modelle. Zur Analyse der Laufzeiten wird mit XPress-Ive ein für viele Problemstellungen angewendetes Standardprodukt zur Lösung linearer und (gemischt-) ganzzahliger Optimierungsprobleme eingesetzt.[280] Neben XPress-Ive mit dem Solver XPress-MP können auch andere Standardoptimierungssysteme und Solver eingesetzt

280 Vgl. u.a. Werners/Wülfing (2010); Wiggershaus (2008), S. 155; Werners/Wülfing (2007); Freiwald (2005), S. 164; Slaghuis (2005), S. 136; Thorn (2002), S. 195; Guéret et al. (2002).

werden.[281] Die Zeiten zur Berechnung des Beispiels sind in Tabelle 4.14 dargestellt.[282] Es ist festzustellen, dass simultane Bündelung deutlich mehr Rechenzeit benötigt als Produktliniendesign und sequentielle Bündelung. Darüber hinaus ergibt sich eine eindeutige Reihenfolge. Sowohl eine Variante pro Linie als auch vier Varianten pro Linie werden schneller gelöst, als wenn eine andere Variantenbeschränkung eingeführt wird.

Tabelle 4.14: Berechnungszeiten nach Optimierungstyp und Setting (Werte in Sekunden)

Setting / Typ	1 Variante pro Linie	2 Varianten pro Linie	3 Varianten pro Linie	4 Varianten pro Linie
PLD	0,125s	0,437s	0,110s	0,156s
SeqBun	0,015s	0,031s	0,031s	0,016s
SimBun	0,297s	2,516s	2,484s	0,160s

Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass das Beispiel bewusst einfach gehalten ist. In der Realität können Produkte durch mehr Merkmale und Ausprägungen charakterisiert werden. Ebenso dürfte eine größere Segmentierung gegeben sein. Doch nicht nur die Modell-, sondern auch die Datenstruktur besitzt einen Einfluss auf die zur Lösung benötigte Zeit. Im Beispiel sind Kunden aufgrund der gewählten Zahlungsbereitschaften leicht voneinander zu trennen, was der hohe Anteil der Gesamtdeckungsbeiträge an der Gesamtwohlfahrt impliziert. Dies wiederum verringert die Zahl der zu berücksichtigenden Kannibalisierungseffekte, die aufgrund der Ganzzahligkeit der Entscheidungsvariablen zur Komplexität entscheidend beitragen. Die nachfolgende Tabelle 4.15 zeigt die Laufzeit simultaner Bündelung in Abhängigkeit von Segment- und Variantenanzahl. Dazu wurden dem Grundsetting sukzessive weitere Segmente hinzugefügt.

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass simultane Bündelung sowohl bei segmentvielen als auch bei nur einer Variante schnell gelöst wird. Wird jedoch die Variantenanzahl auf einen anderen Wert, bspw. jeweils auf die Hälfte der Segmente beschränkt, verlängert sich die Laufzeit drastisch. So konnte im Beispiel bereits mit 10 Segmenten keine optimale Lösung innerhalb von 10.000 Sekunden bzw. 2,5 Stunden bestimmt werden.

281 Für einen Überblick über weitere Standardsoftware vgl. Kallrath (2004).

282 Die Berechnungen erfolgten auf einem PC mit AMD Athlon 3200+ Prozessor mit 2 GHz und 1,5 GB Arbeitsspeicher unter Verwendung der FICO™ Xpress Optimization Suite mit Xpress-Ive in Version 1.19.01, dem XPress-Optimizer in Version 19.00.00 und Standardeinstellungen.

Tabelle 4.15: Berechnungszeiten der simultanen Bündelung in Abhängigkeit von der Segment- und Variantenanzahl (Werte in Sekunden)

Segmente / Varianten	4 Segmente	6 Segmente	8 Segmente	10 Segmente
1	0,297s	2,125	2,172s	6,141s
½ · segmentviele	2,516s	38,80s	53,89s	>10.000s
segmentviele	0,160s	0,172s	0,296s	0,905s

Auch wenn die Ergebnisse stark von den gewählten Werten abhängen, zeigen sie jedoch, dass für praktische Problemstellungen mit Beschränkung der Variantenanzahl eine leistungsfähige Heuristik benötigt wird.

Heuristische Lösung mittels eines hybriden evolutionären Algorithmus

Zur Erzielung von guten Lösungen auch in praktisch relevanten Problemstellungen wurde ein heuristisches Lösungsverfahren entwickelt. Es basiert aufgrund des zahl- und erfolgreichen Einsatzes im Gebiet der Produktliniengestaltung auf der populationsbasierten Meta-Heuristik der evolutionären Algorithmen.[283] Die Heuristik wurde prototypisch umgesetzt und ist Teil des Softwaretools Smart-Opt©. Ihre Idee und Aufbau, ihre softwaretechnische Umsetzung sowie die Ergebnisse ihrer umfangreichen experimentellen Evaluation werden im Weiteren kurz zusammengefasst.[284]

Aufgrund der großen Komplexität der Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung wurde eine Problemdekomposition durchgeführt und das Gesamtproblem in ein *Design-Masterproblem* und ein *Pricing-Subproblem* zerlegt. Das *Design-Masterproblem* ist dem Pricing-Subproblem übergeordnet. Für ein konkretes Design soll innerhalb des *Pricing-Subproblem* das optimale Preissystem identifiziert werden. Zur gemeinsamen Lösung beider Teilprobleme wurde ein evolutionärer Algorithmus entwickelt und um die bereits erfolgreich eingesetzte Preisheuristiken von Dobson und Kalish ergänzt.[285] Es handelt sich somit um einen hybriden evolutionären Algorithmus, dessen Einzelkomponenten wie folgt zusammenarbeiten: In jeder Generation wird zu einem vom evolutionären Algorithmus vorgeschlagenen Produktprogramm und Produktdesign mittels der Preisheuristik ein passendes Preissystem bestimmt, bevor der Gesamtdeckungsbeitrag berechnet wird.

283 Vgl. die Ausführungen in Kapitel 3.2.
284 Für eine umfassende Darstellung vgl. Becker et al. (2010)
285 Zu den Preisheuristiken vgl. Dobson/Kalish (1988), Dobson/Kalish (1993).

Die Besonderheit des hier eingesetzten evolutionären Algorithmus liegt in seiner Codierung. Anstelle eines einfachen Strings wird ein Genom durch einen komplexen String mit semantischer Hierarchie repräsentiert (vgl. Abbildung 4.6).

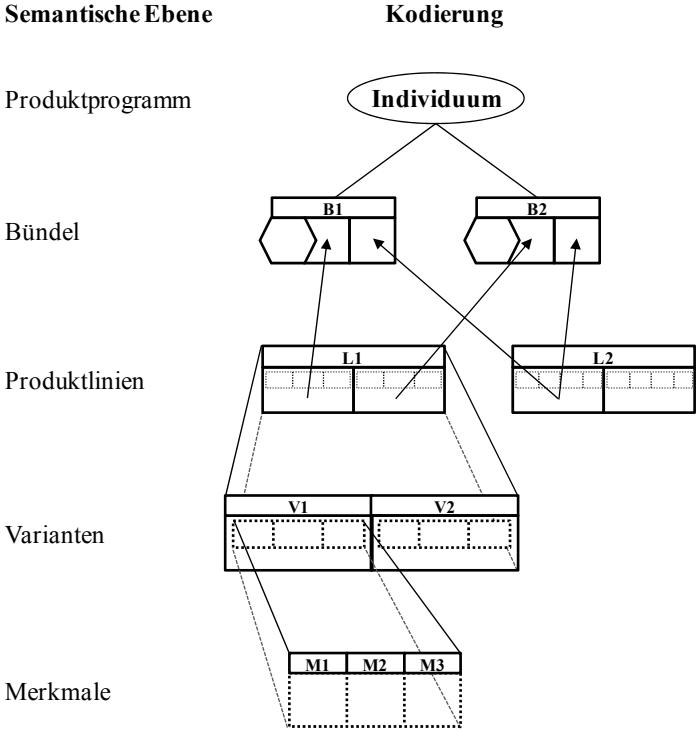


Abbildung 4.6: Schematische Darstellung der semantischen Hierarchie eines Genoms

Danach stellt ein Individuum ein vollständiges Produktprogramm dar, welches aus mehreren Bündeln besteht. Die Bündel besitzen einen Preis und enthalten von jedem Produkttyp maximal eine Variante. Die Varianten wiederum werden durch Merkmale und Ausprägungen beschrieben und sind ihrerseits Teil einer u.U. beschränkten Produktlinie. Als Rekombinationsoperator wird eine die semantische Hierarchie berücksichtigende Variante des Uniform Crossovers verwendet und die Mutationsoperatoren *Change-Product-Specification, Replace-Product-In-Bundle* sowie *Replace-Product-In-Line* sorgen für die genetische Vielfalt und verhindern eine vorzeitige Konvergenz.

Vor Berechnung des Gesamtdeckungsbeitrags wird mit den von Dobson und Kalish entwickelten Heuristiken *Reassignment* und *PriceGreedy* ein zum Produktprogramm passendes Preissystem bestimmt. Erstere macht sich den Um-

stand zu Nutze, dass die Bestimmung optimaler Preise für eine gegebene Zuordnung von Kunden zu Bündeln dem Finden kürzester Wege innerhalb eines Graphen entspricht. Kürzeste Wege sind jedoch aufgrund der Algorithmen von Dijkstra bzw. Bellman und Ford sehr schnell exakt zu bestimmen. Zur Identifikation einer guten Zuordnung versucht die *Reassignment*-Heuristik, eine gegebene Zuordnung sukzessive durch Neuzuordnung (Reassignment) zu verbessern. Anfänglich werden die Kunden dem Bündel zugeordnet werden, bei dem die mögliche Wohlfahrt als Differenz von Reservationspreis und Kosten maximal ist (*MaxW*-Heuristik). Im Gegensatz dazu fügt die *PriceGreedy*-Heuristik in jedem Schritt gierig (greedy) das Bündel mit dem größten Potenzial dem Produktprogramm hinzu. Anschließend wird zunächst der Preis des neu hinzugefügten Bündels festgelegt, bevor der Reihe nach die Preise der bereits im Produktprogramm enthaltenen Bündel ggf. angepasst werden. Die Preissetzung bzw. -anpassung erfolgt ebenfalls gierig im Hinblick auf den erzielbaren Gesamtdeckungsbeitrag.

Der hybride evolutionäre Algorithmus wurde in C# umgesetzt und ist Teil des modular aufgebauten Softwaretools SmartOpt©. Durch den modularen Aufbau können einzelne Komponenten ersetzt und bei Bedarf durch andere bereits vorhandene Anwendungen ausgetauscht werden. SmartOpt© besteht aus drei Komponenten, die nacheinander angewendet werden (vgl. Abbildung 4.7).

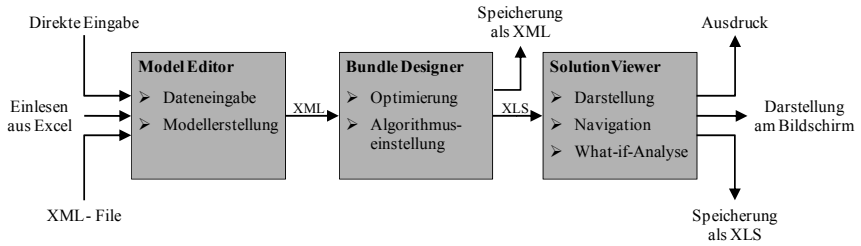


Abbildung 4.7: Aufbau des Softwaretools SmartOpt©

Zunächst sind alle Informationen im *Model Editor* zusammenzutragen. Dazu besteht die Möglichkeit, Daten per Hand einzugeben oder direkt aus den in vorherigen Schritten verwendeten Programmen zu importieren, ggf. über geeignete Austauschformate wie Excel- oder XML-Dateien. Seine Hauptaufgabe ist jedoch die Spezifikation von Settings, die im zweiten Schritt durch den *Bundle Designer* optimiert werden. Zur einfachen Handhabung werden alle Einstellungen in übersichtlichen Eingabemasken vorgenommen, die exemplarisch in Abbildung 4.8 dargestellt sind.

Abbildung 4.8: Eingabemaske des Model Editors

Die erstellten Settings werden anschließend an den *Bundle Designer* übergeben und durch diesen optimiert. Der *Bundle Designer* ist das Herzstück von Smart-Opt© und optimiert mit Hilfe des entwickelten Algorithmus nacheinander alle formulierten Settings. Er wurde so konzipiert, dass Anwender Einblick in die Optimierung und ihren Fortschritt nehmen können. Der Benutzer hat jederzeit die Möglichkeit, die Optimierung anzuhalten und sich die bisher ermittelten Lösungen anzeigen zu lassen. Er kann so überprüfen, wie sich das Produktprogramm im Zeitablauf verändert und verbessert hat. Zusätzlich veranschaulichen mehrere Grafiken den Fortschritt der Optimierung. Die in Abbildung 4.9 dargestellte Grafik zeigt den Gesamtdeckungsbeitrag des besten gefundenen Produktprogramms in den einzelnen Optimierungsschritten. Es wird deutlich, dass der Algorithmus zu Beginn starke Verbesserungen erzielt und schließlich auch letzte Potenziale ausschöpft. Die erzielten Lösungen werden im *Bundle Designer* in der Tabelle zusammen mit den erreichten Gesamtdeckungsbeiträgen angezeigt. Zur besseren Visualisierung und Weiterverarbeitung können die optimalen Produktprogramme mit Angabe der Produktkonfigurationen und Preise nach Excel exportiert und vom *Solution Viewer* dargestellt werden. Mit diesem können die Auswirkungen postoptimaler Anpassung des Produktprogramms bzw. der Preise prognostiziert oder What-If-Analysen durchgeführt werden.

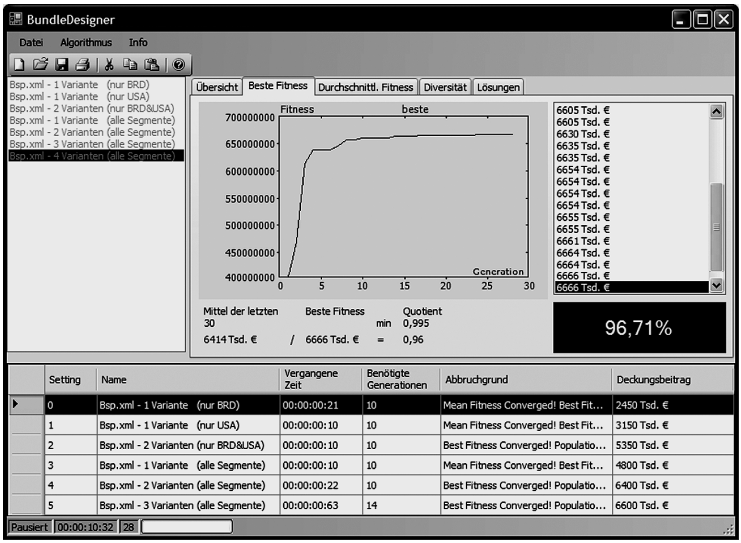


Abbildung 4.9: Darstellung des Bundle Designers

Zur Evaluation der Performance wurde nach der Ermittlung der besten Parametereinstellungen eine experimentelle Studie mit 1080 Instanzen durchgeführt. Die Studie ergab, dass der entwickelte Algorithmus in der Lage ist, simultan Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preise zu optimieren. Im Durchschnitt wurde mit der *Reassignment*-Heuristik in Verbindung mit der *MaxW*-Initialisierungsheuristik und den besten Einstellungen 96,2 % des Optimums erzielt. Auch durch mehrmalige Wiederholung der Berechnung mit identischen Einstellungen verändert sich dieses Ergebnis nicht, was die stabile Performance des Verfahrens belegte. Die kurze Laufzeit des Verfahrens von einigen Millisekunden bis zu wenigen Minuten pro Instanz erlaubt in der Praxis die mehrmalige Ausführung des Algorithmus und die Verwendung des Laufs mit dem besten Ergebnis. So konnte mit identischen Einstellungen und sechsfacher Ausführung der durchschnittliche Erreichungsgrad um 1,6 Prozentpunkte auf 97,8 % gesteigert werden. Die im Weiteren durchgeführte Analyse der Umweltfaktoren zeigte zudem, dass die Performance u.a. von der Zahlungsbereitschaftsstruktur abhängt. Für Zahlungsbereitschaften von Typ II[286], die aufgrund ihrer Erzeugung am ehesten Zahlungsbereitschaften in der Realität entsprechen, wurde mit dreifacher Wiederholung im Durchschnitt 98,1 % des Optimums erzielt. Insgesamt steht mit dem entwickelten Algorithmus somit eine leistungsfähige Heuristik auch zur Lösung großer und schwieriger Probleminstanzen zur Verfügung.

286 Vgl. hierzu die Ausführungen in Kapitel 5.2.

4.4 Bewertung der Modelle und der exemplarischen Anwendung

Zur Integration von Produktliniendesign und Preisbündelung wurden zwei alternative Vorgehensweisen identifiziert: Sequentielle Bündelung, bei der zunächst das Produktdesign festgelegt und anschließend die Bündelkonfiguration und Preissetzung durchgeführt werden und simultane Bündelung, bei der Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preise gleichzeitig bestimmt werden.

Bisherige quantitative Ansätze unterscheiden sich in der Form der Kundenwahlmodellierung. Bündelungsmodelle setzen vor allem auf eine explizite Angabe aller kaufbaren Leistungsverbunde. Aufgrund der Kombinatorik existieren jedoch im integrierten Modell zu viele Leistungsverbunde, als dass durch explizite Modellierung eine Optimierung möglich ist. Sinnvoller ist hier eine Übertragung der impliziten Modellierung. Hierbei wird ein Bündel durch die Wahl eines Kunden spezifiziert. Dadurch ist die Anzahl der Bündel auf die Anzahl der Segmente fixiert, was keine Einschränkung darstellt, sofern das Angebot eines Bündels keine zusätzlichen Kosten verursacht. Dies dürfte in den meisten praktischen Fällen gegeben sein, sodass diese Art der Modellierung für den integrierten Ansatz verwendet wurde. Darüber hinaus sind weitere Modellannahmen getroffen worden, die zum Großteil durch Einführung von Modellerweiterungen aufgehoben werden können.

Basierend auf den Annahmen wurde gezeigt, dass es aus Unternehmenssicht zielentsprechend ist, Bündel so zu konfigurieren und Preise so zu setzen, dass Kunden maximal ein Bündel erwerben. Dies ermöglicht die Aufstellung von nichtlinearen gemischt-ganzzahligen Grundmodellen für sequentielle und simultane Bündelung, in denen durch Surplussuperadditivitätsbedingungen die Kundenwahl berücksichtigt wird. Durch Relaxierung der Surplussuperadditivitätsbedingungen können die Grundmodelle in lineare, gemischt-ganzzahlige Modelle überführt werden, bei denen durch ein iteratives Lösungsverfahren die Einhaltung der Kundenwahl sichergestellt wird. Nach jedem Durchlauf des relaxierten Bündelungsmodells wird mit dem Kundenwahlmodell CusChoice die vom Bündelungsmodell prognostizierte Kundenwahl überprüft. Weichen sie voneinander ab, so werden die Bündel identifiziert, durch die die Surplussuperadditivität verletzt wird. Das Bündelungsmodell wird um eine zusätzliche lineare Restriktion ergänzt und erneut gelöst. Das Verfahren bricht nach einer endlichen Anzahl von Schritten ab und gibt die optimale Lösung aus. Sollte das Verfahren in der Praxis sehr lange Laufzeiten benötigen, so können nach jeder Iteration aktuelle untere und obere Grenzen für den Zielfunktionswert bestimmt und das Verfahren heuristisch abgebrochen werden. Zum Einsatz sequentieller und simultaner Bündelung in vielfältigen praktischen Einsatzgebieten sind verschiedene Erweiterungen der Grundmodelle vorgeschlagen und dargelegt worden.

Exemplarisch wurde ein Anwendungsfall aus der Nutzfahrzeugbranche näher betrachtet. Anhand dieses anschaulich gehaltenen Beispiels sind die entwickelten Entscheidungsmodelle demonstriert und zur Optimierung des Produktprogramms eingesetzt worden. Im Detail wurden Auswirkungen der Bündelung auf das Produktdesign, die Kundenwahl, die ökonomischen Erfolgsgrößen sowie die Kunden und die Wohlfahrt analysiert. Es stellte sich heraus, dass Produkte durch simultane Bündelung anders konfiguriert werden als durch reine Produktliniengestaltung. Ferner zeigte sich, dass durch simultane Bündelung eine deutliche Steigerung des erreichten Gesamtdeckungsbeitrags gegenüber dem Deckungsbeitrag bei Produktliniendesign erfolgen kann. Auch bei sequentieller Bündelung gelingt meist eine Steigerung des Deckungsbeitrags, wobei die Steigerung im Vergleich zur simultanen Bündelung eher gering ausfällt. Die Steigerung des Deckungsbeitrags resultiert im Beispiel aus einer Steigerung der Umsatzerlöse in Verbindung mit einer Reduzierung der Gesamtkosten. Dieses zunächst paradox erscheinende Ergebnis resultiert aus der Eigenschaft der Bündelung, Zahlungsbereitschaften von einem Produkt auf ein anderes zu übertragen und ermöglicht so eine wesentlich stärkere Separierung der Kundensegmente. Dies wiederum erlaubt Preissteigerungen für einige Bündel und Produkte. Aus Sicht der Kunden ermöglicht die Bündelung u.U. den Kauf von Produkten, die einzeln zu Preisen oberhalb der Zahlungsbereitschaft angeboten wurden. Insgesamt sinkt jedoch die mit Bündelung erzielte Konsumentenrente. Andererseits ist hervorzuheben, dass der Gesamtdeckungsbeitrag deutlich stärker steigt als die Konsumentenrente zurückgeht. Die „Umwandlung“ von Konsumentenrente in Deckungsbeitrag kann daher nicht die einzige Ursache sein. Die zweite Herkunft der Deckungsbeitragssteigerung ist die Reduzierung des Wohlfahrtverlusts. Dieser ergibt sich, wenn Unternehmen Produktprogramme nicht wohlfahrtsmaximal, sondern deckungsbeitragsmaximal ausrichten. Im Beispiel lagen die durch Bündelung erzielten Produktprogramme näher am Wohlfahrtsoptimum als solche, die durch Produktliniendesign bestimmt worden waren. Durch simultane Bündelung im Falle von vier Varianten pro Linie wurde sogar das wohlfahrtsoptimale Produktprogramm angeboten. Theoretisch bestünde damit für Unternehmen die Möglichkeit, ihren Deckungsbeitrag zu steigern und gleichzeitig ihren Kunden den gleichen Surplus wie bei reinen Einzelprodukten zuzugestehen. Die Analyse zeigte zudem, dass im Beispiel Bündelung umso wichtiger wird, je einfacher das Produktprogramm ist und je weniger Varianten angeboten werden. Aufgrund dessen ist zu vermuten, dass weitere Erfolgsfaktoren existieren, die einen Einsatz begünstigen. Deren Identifikation kann jedoch nicht anhand der hier durchgeführten exemplarischen Anwendung erfolgen. Zur Übertragung der Ergebnisse auf allgemeinere Probleminstanzen bedarf es stattdessen umfangreicherer Berechnungen, wie sie im anschließenden Kapitel 5 erfolgen.

5 Erfolgsfaktoren sequentieller und simultaner Produktprogrammoptimierung

In Kapitel 4 wurden die Auswirkungen sequentieller und simultaner Bündelung auf Produktdesign, Kundenwahl, ökonomische Erfolgsgrößen sowie Konsumenten und Gesamtwohlfahrt anhand eines konkreten Anwendungsbeispiels veranschaulicht. Im Beispiel konnte der Gesamtdeckungsbeitrag mit simultaner Bündelung deutlich im Vergleich zum reinen Produktliniendesign gesteigert werden. Die Untersuchung der Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf allgemeinere Probleminstanzen und die Identifikation von Faktoren, die den Erfolg der Bündelung unterstützen, sind Gegenstand einer umfangreichen experimentellen Studie, die im vorliegenden Kapitel 5 vorgestellt wird.

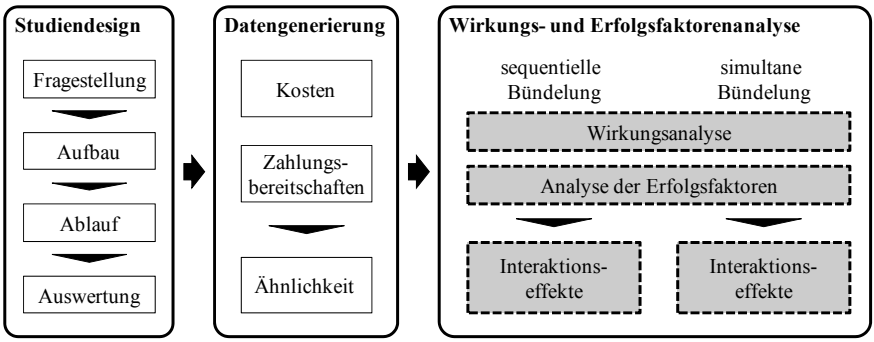


Abbildung 5.1: Aufbau des fünften Kapitels

Entsprechend Abbildung 5.1 wird zunächst das Studiendesign mit den Fragestellungen, dem Experimentaufbau und -ablauf sowie der Varianzanalyse als statistischer Methode zur Auswertung der Ergebnisse vorgestellt. Da es sich um eine experimentelle Studie mit generierten Daten handelt, werden im zweiten Teil der Datengenerierungsprozess und resultierende Ähnlichkeiten ausführlich dargelegt. Schwerpunkt des Kapitels ist die Wirkungs- und Erfolgsfaktorenanalyse. Nach Betrachtung der Wirkung integrierter Produktprogrammoptimierung auf Gesamtdeckungsbeitrag, Konsumentenrente und Wohlfahrt werden mit Hilfe von Varianzanalysen Erfolgsfaktoren identifiziert, bevor die Interaktionseffekte der erkannten Erfolgsfaktoren getrennt für beide Bündelungsformen untersucht werden. Die Ausführungen enden mit einer Zusammenfassung und kritischen Würdigung der Ergebnisse.

5.1 Diskussion des Untersuchungsdesigns

5.1.1 Untersuchte Fragestellungen

Durch die experimentelle Untersuchung soll erstens geklärt werden, mit welchen Steigerungen der Gesamtdeckungsbeiträge beim Einsatz simultaner Bündelung im Vergleich zur sequentiellen Bündelung und zu reinem Produktliniendesign durchschnittlich in der Unternehmenspraxis zu rechnen ist. Um realistische Ergebnisse zu erzielen, sind daher a) möglichst viele und b) möglichst unterschiedliche Anwendungssituationen in die Untersuchung aufzunehmen. Darüber hinaus wird zweitens der Ursprung der GDB-Steigerung näher analysiert. Im Rahmen des in Kapitel 4 diskutierten Beispiels konnten Übertragung von Konsumentenrente und Steigerung der Wohlfahrt als Gründe identifiziert werden. In der experimentellen Untersuchung wird geprüft, inwiefern dieses Ergebnis verallgemeinerbar ist und ob es für eine Vielzahl von Anwendungssituationen gilt.

Drittens sind Erfolgsfaktoren sequentieller und simultaner Bündelung zu identifizieren. Die Ergebnisse aus Kapitel 4 implizieren einen Zusammenhang zwischen Anzahl vorgegebener Varianten pro Linie und der durch simultane Bündelung erreichbaren GDB-Steigerung. Wenn jedoch die Anzahl vorgegebener Varianten einen Einfluss auf den Erfolg der Bündelung besitzt, so existieren u.U. noch weitere Einflussfaktoren. Mit Kenntnis dieser den Erfolg beeinflussenden Umweltfaktoren könnte die zu erzielende GDB-Steigerung vor der Durchführung umfangreicher Conjoint-Analysen und mathematischer Optimierungen abgeschätzt werden. Dadurch wäre eine bessere Entscheidung über den Einsatz einer integrierten Produktprogrammoptimierung möglich. Konkret wird im Rahmen dieser Arbeit unter einem Erfolgsfaktor der sequentiellen und simultanen Bündelung ein Umweltfaktor verstanden, der einen bedeutsamen Einfluss auf den Erfolg sequentieller und simultaner Bündelung ausübt. Der Erfolg wird in diesem Zusammenhang als umso größer angesehen, je höher die erzielte Gesamtdeckungsbeitragssteigerung im Vergleich zum Produktliniendesign ausfällt.

Vor der experimentellen Untersuchung sind die zu untersuchenden Umweltfaktoren festzulegen. Diese sind hier Produktkomplexität, Produktprogrammbreite und –tiefe sowie Marktheterogenität. Unter *Produktkomplexität* wird die Anzahl kaufrelevanter Merkmale und Ausprägungen verstanden. Diese wird weniger durch das Unternehmen selbst, sondern vielmehr durch den Wettbewerb und die Kunden determiniert. Im Rahmen der operativen Produkt- und Programmgestaltung kann die Anzahl als gegeben und die Produktkomplexität damit als Umweltfaktor angesehen werden. Aufgrund strategischer Überlegungen kann ein Unternehmen versuchen, die Produktkomplexität zu reduzieren, indem

es die Anzahl angebotener Ausprägungen verringert bzw. einzelne Merkmale nur in einer Ausprägung anbietet.

Auf der Programmebene werden *Produktprogrammbreite*, die Anzahl betrachteter Produktlinien und die *Produktprogrammtiefe*, die Anzahl von Varianten pro Linie untersucht. Beide Größen sind durch das Unternehmen beeinflussbar, werden jedoch auf der übergeordneten strategischen Ebene entschieden und gelten damit als Umweltfaktoren für die konkrete Produktprogrammoptimierung.

Als externer Faktor wird die *Marktheterogenität* mit den Dimensionen *Segmentierungsgrad* und *Strukturierungsgrad der Zahlungsbereitschaften* untersucht. Im Rahmen der Marktsegmentierung wird der Gesamtmarkt so in Segmente aufgeteilt, dass Kunden innerhalb eines Segments sehr homogene Verhaltensweisen aufweisen.[287] Die Anzahl der zu bildenden Segmente ist zwar eine unternehmerische Entscheidung, jedoch ist sie weitgehend durch die im Gesamtmarkt vorherrschende Heterogenität der Kunden determiniert. Sehr heterogene Märkte bedingen daher eine Vielzahl von Markt- bzw. Kundensegmenten. Neben dem Segmentierungsgrad äußert sich die Marktheterogenität im Strukturierungsgrad der Zahlungsbereitschaften. So können Zahlungsbereitschaften sowohl schwach als auch stark strukturiert sein.

Durch die experimentelle Untersuchung soll viertens die Auswirkung auf die Kunden und die Gesamtwohlfahrt analysiert werden. Die exemplarische Anwendung zeigte ein eindeutiges Bild hinsichtlich der Konsumentenrente, die durch sequentielle und simultane Bündelung reduziert wird. Hinsichtlich der Wohlfahrt waren die Ergebnisse uneinheitlich, da in einigen Fällen Wohlfahrtssteigerungen, in anderen Fällen Wohlfahrtseinbußen zu verzeichnen waren. Zusammenfassend werden folgende Fragen untersucht:

1. Mit welchen GDB-Steigerungen ist beim Einsatz sequentieller und simultaner Bündelung durchschnittlich zu rechnen?
2. Worin liegt die Ursache der GDB-Steigerungen begründet?
3. Welche Umweltfaktoren beeinflussen positiv den Erfolg sequentieller und simultaner Bündelung bzw. in welchen Situationen lohnt sich die Optimierung am meisten?
4. Welche Auswirkungen haben sequentielle und simultane Bündelung auf Kunden und Gesamtwohlfahrt?

287 Vgl. die Ausführungen in Kapitel 2.2.1.

5.1.2 Aufbau der experimentellen Untersuchung

Wie erwähnt, ist die Untersuchung so aufzubauen, dass eine Vielzahl relevanter Anwendungssituationen berücksichtigt wird. Allen Anwendungssituationen ist hier ein 240 Kunden umfassender Markt gemeinsam. Er wird entsprechend der Marktheterogenität in unterschiedlich viele, jedoch immer gleich große Segmente zerlegt. Dadurch wird vermieden, dass heterogene Märkte mit ihrer größeren Anzahl an Segmenten mehr Kunden umfassen und allein dadurch höhere Gesamtdeckungsbeiträge erreicht werden. Innerhalb der Segmente sind die Zahlungsbereitschaften der Kunden identisch und bekannt. Um die Beurteilung der Bündelung nicht dadurch zu verfälschen, dass Kunden für Bündel eine höhere Zahlungsbereitschaft besitzen als für Einzelprodukte, wird angenommen, dass sich Zahlungsbereitschaften für Bündel additiv aus den Zahlungsbereitschaften der enthaltenen Produkte zusammensetzen. Preise und variable Kosten sind grundsätzlich Einmalbeträge. Anfallende Fixkosten sind wiederum unabhängig vom konkreten Produktprogramm und Produktdesign, sodass diese entscheidungsirrelevant sind und vernachlässigt werden. Weitere Kosten fallen nicht an, ebenso werden keine Synergieeffekte realisiert.

Zur Identifikation der Erfolgsfaktoren sind verschiedene *Settings* mit jeweils unterschiedlichen *Realisationen* der betrachteten *Umweltfaktoren* zu bilden. Mit den in Tabelle 5.1 dargestellten Umweltfaktoren, Messgrößen und Realisationen sind 486 verschiedene Settings möglich. Pro Setting werden zufällig 10 *Instanzen* generiert, indem mit den in Kapitel 5.2 dargestellten Verfahren konkrete Kosten und Zahlungsbereitschaften erzeugt werden. Die Studie besteht damit aus 4.860 unterschiedlichen Instanzen.

Tabelle 5.1: Untersuchte Umweltfaktoren, ihre Messgrößen und betrachtete Realisationen

Umweltfaktor	Messgröße	Betrachtete Realisationen		
Produktkomplexität	Anzahl Merkmale	3	6	9
Produktkomplexität	Anzahl Ausprägungen	2	3	4
Programmbreite	Anzahl Produktlinien	2	3	4
Programmtiefe	Anzahl Varianten pro Linie	1 Variante	segmentviele	
Marktheterogenität	Anzahl Segmente	4	8	12
Marktheterogenität	Strukurierungsgrad der Zahlungsbereitschaften	Typ I (schwach)	Typ II (mittel)	Typ III (stark)

Der Umweltfaktor *Produktkomplexität* wird durch die Anzahl betrachteter Merkmale und Ausprägungen definiert. Im Rahmen traditioneller Conjoint-Analysen werden 4 – 7 Merkmale und 2 – 3 Ausprägungen empfohlen.[288] Um auch komplexere Produkte abzubilden, wurden zusätzlich die Realisationen „9 Merkmale“ und „4 Ausprägungen“ aufgenommen. Ferner wird im Gegensatz dazu mit der Realisation „3 Merkmale“ ein bewusst sehr einfach strukturiertes Produkt untersucht. Die in einem Setting festgelegte Produktkomplexität gilt grundsätzlich für alle Produktlinien.

Hinsichtlich der *Programmbreite* setzt Bündelung das Vorhandensein von mindestens 2 Produktlinien voraus. Desweiteren wird das Vorhandensein von 3 und 4 Produktlinien untersucht. Auf die Untersuchung einer höheren Anzahl wird verzichtet, da in der Realität eine Bündelung von fünf oder mehr Produkten mit jeweils unabhängigen Produktlinien eine untergeordnete Bedeutung einnehmen dürfte. Die *Programmtiefe* wird gemessen durch die Anzahl an möglichen Varianten pro Linie. Diese kann jedoch nicht unabhängig von der Anzahl betrachteter Segmente sein, da sinnvollerweise pro Segment maximal eine Variante anzubieten ist.[289] Produktlinien bestehen daher in der vorliegenden Untersuchung entweder aus segmentvielen Varianten oder aus nur einer Variante. Die Vorgabe ist für alle Produktlinien identisch.

Marktheterogenität wird durch die Anzahl gebildeter Kundensegmente und den Strukturierungsgrad der Zahlungsbereitschaften bestimmt. Im vorliegenden Experiment werden mit 4, 8 und 12 Segmenten sowohl gering als auch stark segmentierte Märkte untersucht.[290] Der Strukturierungsgrad wird durch die zwei Dimensionen *Kostenbezug* und *Nutzerstruktur* determiniert. Je nach Stärke des Kostenbezugs spiegeln Zahlungsbereitschaften die Struktur der Herstellkosten unterschiedlich stark wider. Hinsichtlich der Nutzerstruktur lassen sich identische und unterschiedliche Nutzertypen unterscheiden. Weisen Kunden unterschiedliche Nutzertypen auf, so lassen sich Segmente mit identischen oder ähnlichen Nutzertypen identifizieren und die Daten dadurch strukturieren. In der experimentellen Studie werden drei Typen von Zahlungsbereitschaften mit unterschiedlichem Strukturierungsgrad unterschieden. Zahlungsbereitschaften von Typ I weisen nur einen schwachen Kostenbezug auf und alle Kunden besitzen

288 Vgl. Scholl et al. (2005), S. 768; Teichert (2000), S. 503; Curry (1997), S. 6; Green/Srinivasan (1990), S. 8 sowie der Überblick in Voeth (2000), S. 57. Untersuchen zeigen zudem, dass selbst komplexe Produkte von Kunden anhand weniger Merkmale beurteilt werden, vgl. Helm/Steiner (2008), S. 180 und die dort angegebene Literatur.

289 Dies folgt aus der Annahme, dass die angebotenen Varianten für die Kundensegmente Substitute darstellen und Kunden daher maximal eine Variante erwerben, vgl. auch Kapitel 4.1.3.

290 Vgl. die Ausführungen in Kapitel 2.2.1.

einen identischen Nutzertyp. Sie sind daher schwach strukturiert und gleichen am ehesten einem Zufallsprozess. Zahlungsbereitschaften von Typ III hingegen lassen durch ihren starken Kostenbezug und unterschiedliche Nutzertypen eine starke Struktur erkennen, während Zahlungsbereitschaften vom Typ II zwar auch unterschiedliche Nutzertypen, aber einen deutlich schwächeren Kostenbezug aufweisen und daher mittelstark strukturiert sind. Für eine detaillierte Diskussion des Strukturierungsgrads ist die Kenntnis des Generierungsprozesses notwendig, sodass die Diskussion im Anschluss an dessen Vorstellung fortgesetzt wird.

5.1.3 Beurteilungsgrundlagen und Ablauf der Untersuchung

Nach Erstellung der Settings kann die experimentelle Untersuchung erfolgen. Wie in Abbildung 5.2 dargestellt, werden pro Instanz drei Berechnungen durchgeführt.

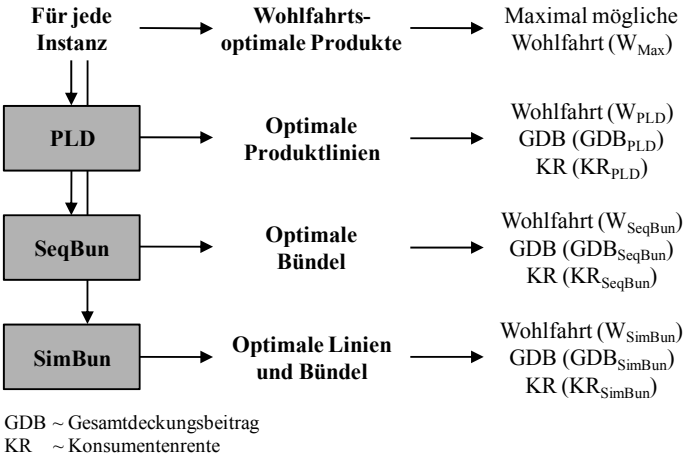


Abbildung 5.2: Ablauf der experimentellen Untersuchung

Zunächst werden mit Hilfe des Modells *PLD* die Produktlinien getrennt voneinander optimiert. Auf Basis der ermittelten optimalen Produktlinien werden die ökonomischen Größen Wohlfahrt, Gesamtdeckungsbeitrag und Konsumentenrente bestimmt. Anschließend werden die Varianten der ermittelten Produktlinien optimal unter Zuhilfenahme des Modells *SeqBun* gebündelt. Dadurch ergeben sich aus den gestalteten Produktvarianten optimal konfigurierte Bündel. Entsprechend der nun vorliegenden Bündel können wiederum die ökonomischen Größen berechnet werden. In einer dritten Optimierung wird unabhängig von den beiden anderen Optimierungen Produktdesign, Bündelkonfiguration und

Preise simultan unter Verwendung des Modells *SimBun* festgelegt. Es ergeben sich optimal gestaltete Produktlinien und Bündel sowie wiederum Gesamtdeckungsbeitrag, Konsumentenrente und Wohlfahrt.

Zur Auswertung der empirischen Studie ist ein geeignetes Maß zur Beurteilung der Bündelung und ihres Erfolges festzulegen. Innerhalb einer Instanz kann der Erfolg der Bündelung anhand des Unterschieds zwischen dem erzielten Gesamtdeckungsbeitrag einer Optimierung mit Preisbündelung im Vergleich zum Gesamtdeckungsbeitrag bei reinem Produktliniendesign beurteilt werden. Dieser Unterschied kann sowohl absolut als auch relativ gemessen werden. Da die absoluten Gesamtdeckungsbeiträge jedoch zwischen den Instanzen schwanken, muss ein kleiner absoluter Unterschied nicht zwangläufig auf einen geringen Bündelungserfolg hindeuten. Ist der in dieser Situation mit Produktliniendesign erzielbare Gesamtdeckungsbeitrag ebenfalls klein, so ergibt sich trotzdem eine große relative Steigerung. Ein Vergleich unterschiedlicher Instanzen und Settings kann daher ebenso wie eine aggregierte Beurteilung der Bündelung nicht auf absoluten Werten basieren. Aus diesem Grund wird zur Beurteilung die in einer Instanz i durch sequentielle und simultane Bündelung erzielte prozentuale Steigerungsrate des Gesamtdeckungsbeitrags im Vergleich zum Gesamtdeckungsbeitrag bei reinem Produktliniendesign herangezogen. Formal berechnet sich die prozentuale Steigerungsrate gemäß:

$$\widehat{GDB}_i^{Bun} = \left(\frac{GDB_i^{Bun}}{GDB_i^{PLD}} - 1 \right) \cdot 100 \qquad Bun = SeqBun, SimBun \tag{5.1}$$

Alle Steigerungsraten sind nichtnegativ, da mit Bündelung ausschließlich Verbesserungen erzielt werden können.[291] Durch die Verwendung relativer Steigerungsraten anstelle absoluter Gesamtdeckungsbeiträge sind Instanzen untereinander vergleichbar, sodass eine Gegenüberstellung durchschnittlicher Steigerungsraten eine geeignete Beurteilungsgrundlage der Bündelung darstellt.

Alternativ kann zu Beurteilung der Bündelung der erzielte Gesamtdeckungsbeitrag in Beziehung zur maximal möglichen Wohlfahrt gesetzt werden. Für jede Instanz i ist, wie in Abbildung 5.2 dargestellt, die maximal mögliche Wohlfahrt zu bestimmen, die mit dem wohlfahrtsmaximalen Produktprogramm erzielt werden kann.[292] Die Normierung der Gesamtdeckungsbeiträge durch die maximal mögliche Wohlfahrt erlaubt wiederum einen Vergleich unterschiedlicher Instanzen und stellt deshalb ebenfalls eine geeignete Beurteilungsgrundlage dar. Formal wird der prozentuale Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt durch folgenden Quotienten berechnet:

291 Vgl. die Ausführungen in Kapitel 4.1.1.
292 Vgl. die Ausführungen in Kapitel 4.3.2.

$$gdb_i^{Bun} = \frac{GDB_i^{Bun}}{W_i^{max}} \cdot 100 \qquad Bun = SeqBun, SimBun \tag{5.2}$$

Da der Gesamtdeckungsbeitrag ein Teil der maximal möglichen Wohlfahrt ist, liegt die Kennzahl stets zwischen 0 und 100. Ein Wert von 100 ist nur zu erreichen, wenn die maximal mögliche Wohlfahrt auch erreicht werden kann. Je nach strategischer Vorgabe muss dies jedoch nicht der Fall sein. Zur Berechnung der maximal möglichen Wohlfahrt wird angenommen, dass für jedes Kundensegment ein wohlfahrtsmaximales Bündel angeboten wird. Sie wird daher in der Regel auch nur dann erreicht werden können, wenn die Anzahl der angebotenen Varianten der Segmentanzahl entspricht.

Analog ergibt sich die normierte Konsumentenrente kr_i als Anteil der Konsumentenrente an der maximal möglichen Wohlfahrt. Die Summe aus Gesamtdeckungsbeitrag GDB_i und Konsumentenrente KR_i ist die in einer Instanz i tatsächlich erreichte Wohlfahrt. Diese kann aufgrund des festgelegten Produktdesigns und der gewählten Preise von der maximal möglichen Wohlfahrt abweichen. Die Differenz zwischen erreichter Wohlfahrt und maximal möglicher Wohlfahrt ist der Effizienzverlust EV_i bzw. der normierte Effizienzverlust ev_i.[293] Es gelten somit folgende Gleichungen:

$$GDB_i^{Bun} + KR_i^{Bun} + EV_i^{Bun} = W_i^{max} \tag{5.3}$$

$$gdb_i^{Bun} + kr_i^{Bun} + ev_i^{Bun} = 100 \tag{5.4}$$

5.1.4 Statistische Auswertung

Ein Teil der Untersuchungsfragen kann durch Mittelwertvergleiche der GDB-Steigerungsraten beantwortet werden. Hierzu können klassische Tests wie der t-Test eingesetzt werden.[294] Sind mehr als zwei Mittelwerte zu vergleichen, bietet es sich aufgrund der Fehlerkumulierung mehrerer t-Tests an, stattdessen eine *Varianzanalyse* (im engl. ANOVA) durchzuführen.[295] Die Varianzanalyse untersucht den Einfluss einer oder mehrerer unabhängiger Variablen, die auch als *Faktoren* bezeichnet werden, auf eine oder mehrere abhängige Variablen.[296] In

293 Vgl. die Ausführungen in Kapitel 4.3.2.

294 Zum t-Test und zu anderen Tests zum Vergleich von Mittelwerten vgl. Bamberg et al. (2008a), S. 183-187 und S. 192-194; Kähler (2008), S. 383-401; Rasch et al. (2006a), S. 43-118.

295 Vgl. Rasch et al. (2006b), S. 2-6; Bortz (2005), S. 250; Bühner/Ziegler (2009), S. 324-327.

296 Zur Varianzanalyse und den allgemeinen Aussagen im Weiteren vgl. u.a. Backhaus et al. (2008), S. 151-180; Bortz (2005), S. 247-438; Rasch et al. (2006b), S. 1-142; Eckey et al. (2002), S. 93-202; Fahrmeir et al. (1996); Scheffé (1999).

der vorliegenden Untersuchung wird zur Identifikation der Erfolgsfaktoren der Einfluss von sechs Faktoren auf eine abhängige Variable, nämlich GDB-Steigerung, analysiert. Es handelt sich damit um eine *mehr-* bzw. *sechsfaktorielle Varianzanalyse*. Wie der linearen Regressionsanalyse liegt der Varianzanalyse ein lineares Modell zugrunde. Sie besitzt zudem den Vorteil, dass zwar die abhängige Variable metrisch sein muss, die Faktoren und deren als *Faktorstufen* bezeichnete Ausprägungen auch nominal oder ordinal skaliert sein dürfen. Aufgrund dieser Vorteile ist die Varianzanalyse das bedeutendste Verfahren zur Auswertung von Experimenten.[297]

Die Varianzanalyse prüft für jeden Faktor und jede Interaktion, inwieweit signifikante Mittelwertunterschiede zwischen seinen Faktorstufen bzw. ihren *Interaktionsstufen* existieren.[298] Als *Nullhypothese* wird angenommen, dass alle wahren Mittelwerte der Grundgesamtheit gleich sind, d.h. der Faktor damit nicht zur Erklärung der abhängigen Variable beiträgt. Als *Alternativhypothese* wird getestet, ob sich mindestens zwei wahre Mittelwerte eines Faktors unterscheiden. Dies schränkt die Aussagekraft etwas ein, da mit Signifikanz eines Faktors nicht bekannt ist, welche Mittelwerte sich voneinander unterscheiden. Für signifikante Faktoren ist daher mit einem *Post-Hoc-Test* zu prüfen, welche Stufen sich voneinander unterscheiden.[299] Für gewöhnlich wird hierzu der konservative *Scheffé-Test* eingesetzt, der Signifikanz erst bei deutlichen Unterschieden feststellt.[300]

Die Untersuchungsanordnung mehrfaktorieller Varianzanalysen wird als *faktorielles Design* bezeichnet.[301] Bei zwei Faktoren mit 3 bzw. 2 Faktorstufen wird von einem 3 x 2-faktoriellen Design gesprochen. Dadurch ergeben sich sechs *Zellen,* für die jeweils eine unabhängige *Teilstichprobe* zu erheben ist. Im durchgeführten Experiment wird aufgrund der festgelegten Umweltfaktoren und deren Realisationen ein 3 x 3 x 3 x 2 x 3 x 3-faktorielles Design verwendet, sodass 486 unabhängige Teilstichproben benötigt werden. Jede Zelle entspricht einem Setting und jede Teilstichprobe den in einem Setting erzeugten Instanzen. Da für jedes Setting gleich viele Instanzen erzeugt werden, sind die Teilstichprobenumfänge identisch und es wird von *balanced design* oder *orthogonaler Varianzanalyse* gesprochen.[302]

297 Vgl. Backhaus et al. (2008), S. 152.

298 Die für Faktoren gemachten Aussagen gelten grundsätzlich auch für alle Interaktionseffekte. Der besseren Übersicht wegen wird auf die getrennte Erwähnung von Interaktionseffekten verzichtet.

299 Vgl. Eckstein (2008), S. 131; Kähler (2008), S. 435-438.

300 Vgl. Kähler (2008), S. 437f.; Bortz (2005), S. 274-276.

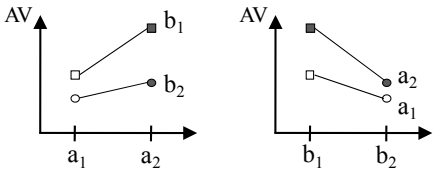
301 Vgl. Backhaus et al. (2008), S. 160.

302 Vgl. Scheffé (1999), S. 224; Eckey et al. (2002), S. 97.

Auf Basis der Stichprobe erfolgt durch die Varianzanalyse eine Streuungszerlegung in einen erklärten und einen nicht erklärten Anteil der Gesamtvarianz. Der erklärte Anteil wiederum wird auf die Faktoren und Wechselwirkungen aufgeteilt. Es wird zwischen *Haupteffekten* (Erklärung der Varianz durch einen Faktor) und *Interaktionseffekten* (Erklärung der Varianz durch Wechselwirkung von Faktoren) unterschieden. Interaktionseffekte können jedoch nicht nur zwei Faktoren umfassen (Interaktionseffekte 1. Ordnung), sondern auch drei (Interaktionseffekte 2. Ordnung) oder allgemein n Faktoren (Interaktionseffekte n-1. Ordnung).[303] Da mit steigender Ordnung Interaktionseffekte immer schwieriger zu interpretieren sind, werden im Rahmen dieser Analyse ausschließlich Haupteffekte und Interaktionseffekte 1. Ordnung untersucht.[304] Liegen signifikante Interaktionseffekte vor, so können diese auch durch *Profil- bzw. Interaktionsdiagramme* sämtlicher Gruppenmittelwerte getrennt nach den Faktoren erkannt werden.[305] Ist laut Varianzanalyse der Interaktionseffekt zwischen zwei Faktoren nicht signifikant, sollten sich im Interaktionsdiagramm parallele Verläufe zeigen.[306] In diesem Fall sind beide Haupteffekte einzeln interpretierbar. Liegen hingegen nichtparallele Verläufe vor, so sind Haupteffekte je nach Art der Interaktion nicht mehr sinnvoll zu interpretieren.[307]

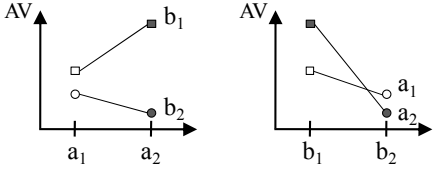
Es werden *ordinale*, *hybride* und *disordinale* Interaktion unterschieden, die in Abbildung 5.3 anhand der zwei Faktoren A und B mit je zwei Faktorstufen a_1 und a_2 bzw. b_1 und b_2 dargestellt sind.[308] Eine ordinale Interaktion liegt vor, wenn sich die Linienzüge in beiden Diagrammen nicht schneiden. Die Haupteffekte sind dann auch isoliert voneinander interpretierbar. In der obersten Abbildung führt a_2 immer zu höheren Werten als a_1 und b_2 immer zu niedrigeren Werten als b_1. Im Fall einer hybriden Interaktion schneiden sich die Linienzüge in einem der beiden Diagramme und nur der Haupteffekt, dessen Linienzüge sich nicht kreuzen, ist interpretierbar. In der mittleren Abbildung führt b_2 immer zu niedrigeren Werten als b_1. Ob a_2 im Vergleich zu a_1 zu höheren oder niedrigeren Werten führt, ist jedoch abhängig von der Realisation des Faktors B. Kreuzen sich die Linienzüge in beiden Diagrammen, wird von disordinaler Interaktion gesprochen und keiner der Haupteffekte kann inhaltlich interpretiert werden.

303 Vgl. Rasch et al. (2006b), S. 82; Bortz (2005), S. 320.
304 Vgl. Backhaus et al. (2008), S. 168f.
305 Vgl. Eckstein (2008), S. 142; Kinnear/Gray (2009), S. 273f.; Bortz (2005), S. 299f.
306 Vgl. Backhaus et al. (2008), S. 162; Rasch et al. (2006b), S. 85.
307 Vgl. Kähler (2008), S. 177; Bortz (2005), S. 300.
308 Zu den Wechselwirkungsarten, ihrer Identifikation und Interpretation vgl. Kähler (2008), S. 172-178; Bortz (2005), S. 300f.; Rasch et al. (2006b), S. 86-88. Die hybride Interaktion wird auch als semi-disordinale Interaktion bezeichnet.



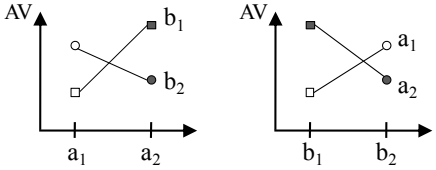
Ordinale Interaktion

Beide Haupteffekte interpretierbar



Hybride Interaktion

Nur Haupteffekt B interpretierbar



Disordinale Interaktion

Kein Haupteffekt interpretierbar

AV Gruppenmittelwert der abhängigen Variable
a_1,a_2 Faktorstufen von Faktor A
b_1,b_2 Faktorstufen von Faktor B

Abbildung 5.3: Klassifikation von Interaktionen
Quelle: In Anlehnung an Bortz (2005), S. 301.

Die Prüfung statistischer Unabhängigkeit erfolgt mit Hilfe der F-Verteilung. Allerdings lässt sich damit nur das Vorhandensein eines Effekts nachweisen, nicht jedoch dessen Stärke. Dies ist jedoch insbesondere für große Stichproben nicht ausreichend, da mit zunehmendem Stichprobenumfang auch sehr schwache Effekte signifikant werden.[309] Zur Messung der Effektstärke werden u.a. *Eta-Quadrat* (η^2), *partielles Eta-Quadrat*, *Omega-Quadrat* (ω^2) und *partielles Omega-Quadrat* vorgeschlagen. Das Eta-Quadrat gibt den durch einen Faktor oder eine Interaktion erklärten Anteil der Gesamtvariation an und kann unter Verwendung der Quadratsumme (QS[310]) berechnet werden:[311]

$$\eta_i^2 = \frac{QS_i}{QS_{Gesamt}} \tag{5.5}$$

309 Vgl. Kähler (2008), S. 319-321.
310 Im Englischen auch mit SS (sum of squares) bezeichnet.
311 Vgl. Kinnear/Gray (2009), S. 280; Kähler (2008), S. 429.

Nachteilig ist die Abhängigkeit des Wertes von der Anzahl und Stärke anderer Effekte, sodass üblicherweise ein um diese Effekte bereinigtes partielles Eta-Quadrat berechnet wird.[312] Dieses kann sowohl über die Quadratsummen als auch über Freiheitsgrade (df) und F-Statistik (F) bestimmt werden durch:[313]

$$\text{partielles } \eta_i^2 = \frac{QS_i}{QS_i + QS_{Fehler}} = \frac{df_i \cdot F_i}{df_i \cdot F_i + df_{Fehler}} \tag{5.6}$$

Das partielle Omega-Quadrat kann unter Zuhilfenahme der bekannten Werte und des Stichprobenumfangs N berechnet werden gemäß:[314]

$$\text{partielles } \omega_i^2 = \frac{df_i \cdot (F_i - 1)}{df_i \cdot (F_i - 1) + N} \tag{5.7}$$

Im Gegensatz zum partiellen Eta-Quadrat berücksichtigt das partielle Omega-Quadrat die Varianz der zugrundeliegenden Population und nicht nur die Varianz innerhalb der Stichprobe. Dadurch wird eine Überschätzung des Effekts innerhalb der Population vermieden.[315] Mit zunehmendem Stichprobenumfang nähern sich Eta- und Omega-Quadrate einander an. In der experimentellen Untersuchung sind aufgrund des Stichprobenumfangs von N = 4.860 bei 4.798 Freiheitsgraden das partielle Eta- und das partielle Omega-Quadrat nahezu identisch, sodass auf die Berechnung des Omega-Quadrats verzichtet wird.

Die Stärke von Effekten kann in die drei Gruppen *klein*, *mittel* und *groß* eingeteilt werden.[316] Von einem kleinen Effekt wird gesprochen, sofern Omega-Quadrat größer als 0,01 und kleiner als 0,06 ist. Von einem mittleren Effekt für Werte zwischen 0,06 und 0,14 und von einem großen Effekt für Werte größer als 0,14. Die Einteilung wurde von Cohen für Effekte in der Verhaltensforschung vorgeschlagen. In anderen Gebieten wird eine Einteilung der Effektstärke bisher kaum diskutiert, sodass der von Cohen vorgeschlagenen Einteilung gefolgt wird.

Die Anwendung der Varianzanalyse ist an einige Voraussetzungen geknüpft.[317] Wie bereits erwähnt, basiert die Varianzanalyse auf einem linearen Modell, in welches Haupt- und Interaktionseffekte additiv eingehen. Die abhän-

312 Vgl. Kinnear/Gray (2009), S. 281.
313 Vgl. Backhaus et al. (2008), S. 174; Bühner/Ziegler (2009), S. 363.
314 Vgl. Kinnear/Gray (2009), S. 282; Grissom/Kim (2005), S. 140-142; Meyers et al. (2005), S. 299.
315 Vgl. Kinnear/Gray (2009), S. 281; Rasch et al. (2006b), S. 39.
316 Für die Einteilung vgl. u.a. Kinnear/Gray (2009), S. 281. Allgemein zur Bestimmung der Effektgröße vgl. Cohen (1988); Rasch et al. (2006a), S. 65-76.
317 Vgl. Backhaus et al. (2008), S. 176f.; Kähler (2008), S. 427; Bortz (2005), S. 284-286 und S. 328.

gige Variable muss metrisch skaliert sein und ein theoretischer Wirkungszusammenhang zwischen den Faktoren und der abhängigen Variable ist vorzugeben. Darüber hinaus sind folgende Voraussetzungen zu prüfen:

- Unabhängigkeit der Teilstichproben
- Normalverteilung der Werte innerhalb einer Teilstichprobe
- Varianzhomogenität zwischen den Stichproben

Da die Werte zufällig generiert werden, kann davon ausgegangen werden, dass Unabhängigkeit zwischen den Teilstichproben herrscht. Die Werte innerhalb einer Teilstichprobe müssen normalverteilt sein, was mit Hilfe des *Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest* geprüft werden kann.[318] Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass unsystematische Einflüsse für alle Teilstichproben identisch sind, was gleichbedeutend mit einer konstanten Varianz zwischen den Teilstichproben ist. Dies wird im Rahmen der Varianzanalyse üblicherweise mit dem *Levene-Test* überprüft.[319] Die Varianzanalyse ist jedoch robust gegenüber Verletzung dieser Annahmen, solange die Gesamtstichprobe hinreichend groß ist und die Teilstichproben gleiche Umfänge besitzen, was hier beides erfüllt ist.[320]

5.2 Datengenerierung

Zur Durchführung der experimentellen Studie sind für jede Instanz Zahlungsbereitschaften und Kosten zu generieren. Um möglichst vielfältige Anwendungssituationen abzubilden, muss durch die Art der Generierung die Möglichkeit unterschiedlichster Kosten- und Zahlungsbereitschaftsstrukturen gewährleistet sein. Im Folgenden werden die Generierungsprozesse im Detail vorgestellt, bevor auf die Ähnlichkeit der durch diese Prozesse erzeugte Zahlungsbereitschaften eingegangen wird.

Analog zur Marktgröße, die sich nicht in Abhängigkeit der Segmentanzahl ändert, sollen Gesamtkosten und -zahlungsbereitschaften unabhängig von der Anzahl an Merkmalen und Ausprägungen sein. Aus diesem Grund werden nicht direkt Kosten bzw. Zahlungsbereitschaften für Merkmalsausprägungen, sondern zunächst hypothetische Gesamtkosten generiert. Diese werden anschließend auf die Merkmalsausprägungen verteilt. Zahlungsbereitschaften hingegen werden im nächsten Schritt auf Basis der zuvor erzeugten Kosten gebildet.

318 Vgl. Eckstein (2008), S. 127.
319 Vgl. Eckstein (2008), S. 127; Backhaus et al. (2008), S. 177; Kähler (2008), S. 401f.
320 Vgl. Backhaus et al. (2008), S. 177; Kähler (2008), S. 439; Bortz (2005), S. 286f.

5.2.1 Generierung der Kosten

Die Kosten der Produktlinien werden unabhängig voneinander in folgenden Schritten generiert:

1. Festlegung der Linienkosten
2. Verteilung der Linienkosten auf Merkmale
3. Verteilung der Merkmalskosten auf Ausprägungen
4. Zufällige Anpassung der Ausprägungskosten

1. Festlegung der Linienkosten

Zunächst wird für die betrachtete Linie gemäß der in Tabelle 5.2 gegebenen Wahrscheinlichkeiten die generelle Kostenhöhe (niedrig, mittel, hoch) bestimmt. Dadurch entstehen unterschiedliche Produkttypen wie der Kippsattelauflieger oder die Finanzierung.

Tabelle 5.2: Linienkosten einer Produktlinie in Abhängigkeit der Kostenhöhe

Kostenhöhe	Wahrscheinlichkeit des Auftretens	Verteilungsparameter der Dreiecksverteilung		
		Min	Erw. Kosten	Max
niedrig	20%	6.750,-€	7.500,-€	8.250,-€
mittel	60%	13.500,-€	15.000,-€	16.500,-€
hoch	20%	27.000,-€	30.000,-€	33.000,-€

Anschließend werden entsprechend der ermittelten Kostenhöhe, die *Linienkosten* LK_l der betrachteten Linie zufällig entsprechend der in der Tabelle gegebenen Dreiecksverteilung ermittelt. Die Linienkosten sind daher unabhängig von der Anzahl der den Produkttyp beschreibenden Merkmale und Ausprägungen. Linienkosten stellt kein Begriff der betriebswirtschaftlichen Kostenrechnung dar, sondern bezeichnet die hypothetischen Gesamtkosten aller Merkmalsausprägungen.

Durch diese Generierung weisen Produktlinien mit gleicher Kostenhöhe ähnliche, wenn auch nicht identische Linienkosten auf, während Produktlinien mit unterschiedlichen Kostenhöhen auf jeden Fall sehr unterschiedliche Linienkosten besitzen. So können Produktprogramme sowohl mit sehr ähnlichen als auch sehr verschiedenartigen Produkttypen entstehen.

2. Verteilung der Linienkosten auf Merkmale

Die ermittelten Linienkosten werden anschließend auf die beschreibenden Merkmale verteilt. Merkmale können Kosten jedoch unterschiedlich stark beeinflussen. So wird bspw. die Ladelänge deutlich stärker zu den Gesamtkosten eines Kippsattelaufliegers beitragen als die Art der Rückwand. Um dies abzubilden, wird für jedes Merkmal unabhängig ein Rangwert rg_{lm} ganzzahlig zwischen 1 und 5 bestimmt. Je höher dieser Rangwert, umso höher sind die *Merkmalskosten* MK_{lm}, die wie Linienkosten kein betriebswirtschaftlicher Kostenbegriff sind. Der Anteil der Merkmalskosten für Merkmal m an den Linienkosten der Linie l ergibt sich als Quotient aus eigenem Rangwert und der Summe aller Rangwerte, sodass Merkmalskosten berechnet werden durch:

$$MK_{lm} = \frac{rg_{lm}}{\sum_{m=1}^{M_l} rg_{lm}} \cdot LK_l \tag{5.8}$$

Durch Gleichung (5.8) weisen Merkmalskosten folgende Eigenschaften auf: Erstens besitzen zwei Merkmale mit identischen Rangwerten auch identische Merkmalskosten. Zweitens ist der Anteil der Merkmalskosten an den Linienkosten abhängig von den Rangwerten aller Merkmale. Dadurch können wiederum sehr unterschiedliche Kostenstrukturen erzeugt werden.

3. Verteilung der Merkmalskosten auf Ausprägungen

In einem dritten Schritt werden die Merkmalskosten auf die einzelnen Ausprägungen verteilt. Dies geschieht in Analogie zu den Merkmalen, jedoch werden zunächst minimale und maximale Rangwerte für die Ausprägungen des betrachteten Merkmals gemäß Tabelle 5.3 zufällig bestimmt.

Tabelle 5.3: Minimale und maximale Rangwerte der Ausprägungen eines Merkmals

Ähnlichkeit	Wahrscheinlichkeit des Auftretens	Rangwerte	
		Min	Max
identisch	33%	2	2
ähnlich	34%	2	4
unterschiedlich	33%	2	6

Durch dieses Vorgehen entstehen Merkmale, deren Ausprägungen unterschiedlich ähnliche Kosten aufweisen. Im ersten Fall existiert nur ein Rang, sodass alle Ausprägungen identische Kosten besitzen, wie es in der Realität bspw. bei der Farbe des Autolackes vorkommt. Im zweiten Fall existieren drei verschiedene

Ränge, sodass deutlich voneinander abgegrenzte Ausprägungsgruppen entstehen und eine Ausprägung maximal doppelt so hohe Kosten wie eine andere aufweist. Dies könnte bspw. für den Rückwandtyp gelten. Im letzten Fall entstehen aufgrund der fünf möglichen Ränge Ausprägungen mit eher feinen Kostenunterschieden, was u.U. die Ladelänge geeignet abbildet. Gleichzeitig nimmt das maximale Verhältnis der Ausprägungskosten zueinander auf 3:1 zu.

Für jede Ausprägung wird anschließend gleichwahrscheinlich ein Rang zwischen den vorher festgelegten minimalen und maximalen Rangwerten bestimmt. Die *Ausprägungskosten* AK_{lma} einer Ausprägung a von Merkmal m eines Produkts der Linie l werden anschließend in Analogie zu den Merkmalskosten berechnet durch:

$$AK_{lma} = \frac{rg_{lma}}{\sum_{a=l}^{A_{ml}} rg_{lma}} \cdot MK_{lm} \tag{5.9}$$

4. Zufällige Anpassung der Ausprägungskosten

Im letzten Schritt unterliegen Ausprägungskosten einer zufälligen Variation. Jede Ausprägung besitzt eine Wahrscheinlichkeit von 10 %, dass ihre Kosten auf null gesetzt werden. Dadurch können auch Nicht-Enthalten oder im Grundmodell enthaltene Basisausprägung abgebildet werden. Die durch diese vier Schritte erzeugten Ausprägungskosten entsprechen den variablen Herstellkosten VK_{lma}, die bei Wahl dieser Merkmalsausprägung anfallen. Es gilt:

$$VK_{lma} = \begin{cases} AK_{lma}, & \text{mit } W = 0{,}90 \\ 0, & \text{mit } W = 0{,}10 \end{cases} \tag{5.10}$$

5.2.2 Generierung der Zahlungsbereitschaften

Es wird angenommen, dass Zahlungsbereitschaften einen Bezug zur generellen Kostenhöhe eines Produkttyps aufweisen, um im Vergleich zu den Kosten zu hohe oder niedrige Zahlungsbereitschaften zu vermeiden. So wäre es sehr verwunderlich, wenn Kunden für ein Produkt, welches über 30.000 € kostet, nur bereit wären 7.500 € zu bezahlen, während sie umgekehrt für ein Produkt, welches 7.500 € kostet, 30.000 € zahlen würden.

Die Art und Stärke des Kostenbezugs hängt vom unterstellten ZB-Typ ab. Während Zahlungsbereitschaften von *Typ I* nur einen schwachen Kostenbezug aufweisen, ist dieser für Zahlungsbereitschaften vom *Typ II* deutlich stärker und für Zahlungsbereitschaften vom *Typ III* am stärksten. Konkret wird die Zah-

lungsbereitschaft eines Kunden in folgenden Schritten generiert, die zum Großteil je nach ZB-Typ unterschiedlich sind:

1. Festlegung des Nutzertyps (ZB-Typ abhängig)
2. Bestimmung des Basisreservationspreises (ZB-Typ abhängig)
3. Modifikation des Basisreservationspreises (ZB-Typ abhängig)
4. Zufällige Anpassung des modifizierten Reservationspreises

1. Festlegung des Nutzertyps

Zunächst wird für jeden Kunden und jede Produktlinie zufällig entsprechend der in Tabelle 5.4 angegebenen Wahrscheinlichkeiten festgelegt, um welchen Typ von Nutzer es sich handelt. Dadurch kann sich der *Nutzertyp* eines Kunden von Produktlinie zu Produktlinie unterscheiden. Durch Festlegung des Nutzertyps bestimmt sich, um wie viel die Zahlungsbereitschaft dieses Kunden die Kosten übersteigt. Dieser Faktor wird im Weiteren als *Kostenzuschlagsfaktor ZF* bezeichnet und zufällig gemäß den in Tabelle 5.4 angegebenen Parametern bestimmt.

Tabelle 5.4: Nutzertypen, deren Wahrscheinlichkeiten sowie die Verteilungsparameter des vom Nutzertyps abhängigen Kostenzuschlagsfaktor

Nutzertyp	Wahrscheinlichkeit des Auftretens	Verteilungsparameter der Dreiecksverteilung		
		Min	Erw. ZF	Max
Premiumkunde	20%	140%	160%	180%
Normalkunde	40%	110%	130%	150%
Geizkragen	30%	80%	100%	120%
Ablehner	10%	70%	90%	110%

Mit einer Wahrscheinlichkeit von 20 % ist ein Kunde für die betrachtete Produktlinie ein Premiumkunde. Als Premiumkunde wird sein Zuschlagsfaktor zwischen 140 % und 180 % liegen, d.h. er ist bereit, für jede Merkmalsausprägung das 1,4 bis 1,8-fache der Kosten zu zahlen. Der Zuschlagsfaktor ZF_{klma} ist eine dreiecksverteilte Zufallszahl, die pro Kunde für jede Merkmalsausprägungen eines Produktes zufällig bestimmt wird. Der Zuschlagsfaktor wird nur für Zahlungsbereitschaften vom *Typ II* und *Typ III* ermittelt, für Zahlungsbereitschaften vom *Typ I* hingegen wird ein konstanter Wert von 1,2 vorgegeben.

2. Bestimmung des Basisreservationspreises

Der *Basisreservationspreis* ist ebenfalls abhängig vom unterstellten ZB-Typ. Da Zahlungsbereitschaften von *Typ I* nur einen schwachen Kostenbezug aufweisen

sollen, werden zunächst die durchschnittlichen Ausprägungskosten eines Produkts bestimmt. Dazu werden die Linienkosten durch die Anzahl an Merkmalsausprägungen geteilt. Folglich berechnet sich der *Basisreservationspreis* BR_{klma} von Kunde k für eine Ausprägung a von Merkmal m der Linie l gemäß:

$$BR^{I}_{klma} = \frac{LK_l}{\#\text{Merkmalsausprägungen}} \tag{5.11}$$

Dadurch besitzen Basisreservationspreise von ZB-Typ I keine direkte Beziehung zu den variablen Herstellkosten. Um unrealistische Kombinationen von Zahlungsbereitschaften und Kosten zu vermeiden, hängt der Basisreservationspreis jedoch von der allgemeinen Kostenhöhe ab. Für Zahlungsbereitschaften vom *Typ II* und *Typ III* entsprechen die Basisreservationspreise den variablen Herstellkosten, wodurch ein deutlich stärkerer Kostenbezug gegeben ist:

$$BR^{II,III}_{klma} = VK_{lma} \tag{5.12}$$

3. Modifikation des Basisreservationspreises

Im Anschluss wird der Basisreservationspreis durch Multiplikation mit dem Kostenzuschlagsfaktor bzw. dem konstanten Faktor modifiziert. Weitere Modifikationen hängen wiederum vom Zahlungsbereitschaftstyp ab. Zahlungsbereitschaften basieren je nach Typ unterschiedlich stark auf den individuellen Präferenzen der Kunden. Zur Modellierung dieser Präferenzen werden in Analogie zu den Kosten für Ausprägungen zufällig Präferenzränge zwischen 1 und 5 gebildet. Der sich daraus ergebende durchschnittliche Rang von 3 dient als Maßstab zur Präferenzbeurteilung. Erhält nun eine Ausprägung einen Präferenzrang größer als 3, so besitzt der Kunde eine positive Präferenz für diese Ausprägung und die Zahlungsbereitschaft wird nach oben korrigiert. Entsprechendes gilt, falls einer Ausprägung ein Präferenzrang kleiner als 3 zugeordnet wird. Durch die Berücksichtigung von Präferenzrängen ändern sich Zahlungsbereitschaften wie folgt: Erstens, besitzt ein Kunde für zwei Ausprägungen identische Rangwerte, so ändert sich das Verhältnis der Zahlungsbereitschaften zueinander nicht. Zweitens, besitzt für ihn eine Ausprägung einen höheren Rangwert als eine andere, so steigt die Zahlungsbereitschaft der höherrangigen Ausprägung im Verhältnis zur niederrangigen. Drittens, besitzt ein Kunde für eine Ausprägung einen Rang größer (kleiner) als 3, so steigt (sinkt) seine Zahlungsbereitschaft für diese Ausprägung unabhängig von den Rängen anderer Ausprägungen.

Kundenindividuelle Präferenzen für Ausprägungen werden nur für Zahlungsbereitschaften von *Typ I* und *Typ II* berücksichtigt. Formal berechnet sich der modifizierte Reservationspreis MR_{klma} in Abhängigkeit des Zahlungsbereitschaftstyps gemäß:

$$MR^{I}_{klma} = BR^{I}_{lma} \cdot 1,2 \cdot \frac{rg_{klma}}{3} \tag{5.13}$$

$$MR^{II}_{klma} = BR^{II}_{lma} \cdot ZF_{klma} \cdot \frac{rg_{klma}}{3} \tag{5.14}$$

$$MR^{III}_{klma} = BR^{III}_{lma} \cdot ZF_{klma} \tag{5.15}$$

4. Zufällige Anpassung des modifizierten Reservationspreises

Unabhängig vom Zahlungsbereitschaftstyp erfolgt eine Anpassung der ermittelten Zahlungsbereitschaften. So besitzt jede Ausprägung eine Wahrscheinlichkeit von 5 %, dass die Zahlungsbereitschaft auf null gesetzt wird, um eine Ablehnung dieser Merkmalsausprägung abzubilden. Andernfalls unterliegt sie einem Rauschen (Noise), durch das sämtliche Zufallseinflüsse erfasst werden. Das Rauschen ergibt sich hier aus Multiplikation von modifiziertem Reservationspreis mit einer gleichverteilten Zufallszahl Z, für die gilt:

$$Z_{klma} \in \left[-1/3; +1/3 \right] \tag{5.16}$$

Damit ergibt sich die Zahlungsbereitschaft ZB_{klma} gemäß:

$$ZB_{klma} = \begin{cases} MR_{klma} + MR_{klma} \cdot Z_{klma}, & \text{mit } W = 0,95 \\ 0, & \text{mit } W = 0,05 \end{cases} \tag{5.17}$$

5.2.3 Ähnlichkeit der erzeugten Zahlungsbereitschaften

Wie in Kapitel 5.1.2 erläutert, sind Zahlungsbereitschaften einerseits durch ihren Kostenbezug und andererseits durch ihre Nutzerstruktur unterschiedlich stark strukturiert. Zahlungsbereitschaften vom Typ I sind weitestgehend von den Herstellkosten losgelöst und basieren insbesondere auf einer kundenindividuellen Präferenzordnung. Es ist daher nicht ungewöhnlich, dass selbst für Merkmalsausprägungen mit sehr niedrigen Herstellkosten hohe Zahlungsbereitschaften auftreten und umgekehrt. Realistische Zahlungsbereitschaften hingegen dürften in vielen Merkmalen jedoch einen stärkeren Bezug zu den Kosten aufweisen. Zahlungsbereitschaften vom Typ I stellen somit einen Spezialfall besonders unstrukturierter Zahlungsbereitschaften dar. Im Gegensatz dazu werden Zahlungsbereitschaften vom Typ III nicht durch individuelle Präferenzrangfolgen beeinflusst, sondern weisen einen starken Kostenbezug auf. Dadurch werden Zahlungsbereitschaften jedoch deutlich strukturierter sein, als realistischerweise anzunehmen ist. Sie stellen damit im Vergleich zu Typ I das andere Extrem dar. Zahlungsbereitschaften vom Typ II hingegen basieren nicht nur auf Kosten,

sondern auch auf individuellen Präferenzen. Diese Kunden bilden ihre Zahlungsbereitschaft grundsätzlich auf Basis der Ausprägungskosten, sodass bspw. Kunden tendenziell für eine kostenintensivere Klimaanlage höhere Zahlungsbereitschaften besitzen als für ein kostengünstigeres Schiebedach. Die Tatsache, dass einige Kunden hingegen Klimaanlagen ablehnen und stattdessen ein Schiebedach vorziehen, kann durch die Präferenzränge ebenfalls berücksichtigt werden. Besteht eine entsprechend starke Differenz zwischen den Rangwerten, so können die Zahlungsbereitschaften dieser Kunden für das Schiebedach durchaus höher als für die Klimaanlage ausfallen. Die Zahlungsbereitschaft basiert damit auf den Kosten und der Präferenzreihenfolge. Welcher der beiden Einflüsse stärker ist, hängt von den Kosten, dem Zuschlagsfaktor und der Stärke der Präferenz ab. Zahlungsbereitschaften vom Typ II sind daher hinsichtlich des Kostenbezugs eher schwach strukturiert.

Hinsichtlich der Nutzertypen weisen Zahlungsbereitschaften vom Typ I identische Nutzertypen und damit ebenfalls nur eine geringe Struktur auf, während Zahlungsbereitschaften vom Typ III durch unterschiedliche Nutzertypen unterschiedliche Zahlungsbereitschaftsniveaus aufweisen und somit auch nach diesem Faktor stark strukturiert sind. Zahlungsbereitschaften vom Typ II weisen ebenfalls verschiedene Nutzertypen und damit eine starke Struktur auf. Aufgrund ihrer jedoch im Hinblick auf Kosten schwachen Strukturierung sind sie insgesamt als mittelstark strukturiert einzustufen.

Die Ähnlichkeit von Zahlungsbereitschaften kann durch zwei Dimensionen beschreiben werden (vgl. Abbildung 5.4). Einerseits können sich Zahlungsbereitschaften in ihrer Struktur ähneln, was bedeutet, dass sich von der ersten bis zur letzten Merkmalsausprägung ähnliche Verläufe der Zahlungsbereitschaften ergeben. Andererseits können sich Zahlungsbereitschaften in ihrem Niveau ähneln. Das Zahlungsbereitschaftsniveau der Kunden kann für ein Produkt konstant oder unterschiedlich sein. Besitzen Kunden für Produkte unterschiedliche Zahlungsbereitschaftsniveaus, können die Niveauunterschiede für alle Produkte identisch oder unterschiedlich sein. Innerhalb eines Produkts wird von einem einheitlichen Niveau gesprochen, wenn Kunden im Durchschnitt für alle möglichen Varianten gleiche Zahlungsbereitschaften besitzen. Ein unterschiedliches Niveau liegt hingegen vor, wenn einige Kunden bereit sind, deutlich mehr für ein Produkt zu bezahlen als andere Kunden. Die Niveauähnlichkeit wird insbesondere durch die Nutzerstruktur determiniert. Weisen alle Kunden denselben Nutzertyp auf, so ergibt sich ein ähnliches Zahlungsbereitschaftsniveau. Weisen sie hingegen unterschiedliche Nutzertypen auf, so ergeben sich unterschiedliche Niveaus, da einige Kunden tendenziell höhere und andere tendenziell niedrigere Zahlungsbereitschaften für ein Produkt besitzen. Ist der Nutzertyp zudem über

verschiedene Produktlinien hinweg konstant, so ist auch das Zahlungsbereitschaftsniveau über die Produktlinien hinweg konstant.

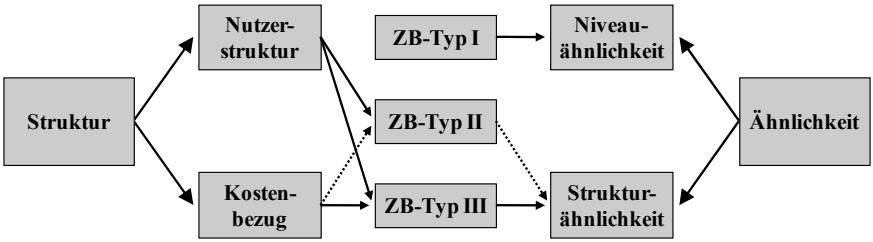


Abbildung 5.4: Zusammenhang zwischen Strukturierungsgrad und Ähnlichkeit von Zahlungsbereitschaften

Wie in Abbildung 5.4 dargestellt, besteht ein Zusammenhang zwischen dem Strukturierungsgrad von Zahlungsbereitschaften und ihrer Ähnlichkeit. Im Hinblick auf Kosten stark strukturierte Zahlungsbereitschaften weisen eine hohe Ähnlichkeit hinsichtlich der Zahlungsbereitschaftsstruktur auf. Dementsprechend sind sich Zahlungsbereitschaften vom Typ III in ihrer Struktur im Hinblick auf die Merkmalsausprägungen sehr ähnlich, Zahlungsbereitschaften vom Typ II deutlich weniger ähnlich und Zahlungsbereitschaften vom Typ I eher unähnlich. Ein hoher Strukturierungsgrad führt zu einer hohen Ähnlichkeit. Anders hingegen führt eine starke Nutzerstruktur zu unähnlichen Zahlungsbereitschaften im Hinblick auf die Dimension Niveauähnlichkeit. Zahlungsbereitschaften vom Typ II und III besitzen eine starke Struktur und weisen daher Niveauunterschiede auf. Aus diesem Grund sind sie nach dieser Dimension eher unähnlich. Zahlungsbereitschaften vom Typ I hingegen besitzen identische Nutzertypen und weisen damit hohe Niveauähnlichkeit auf.

5.3 Wirkungs- und Erfolgsfaktorenanalyse

Zur Beantwortung der in 5.1.1 aufgeworfenen Fragestellungen wurden für jede der 4.860 unabhängigen Instanzen drei Optimierungen durchgeführt. Zunächst wurde das optimale Produktprogramm ohne Bündelung bestimmt (*PLD*), welches anschließend optimal um Bündel ergänzt wurde (*SeqBun*). Davon unabhängig wurden Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preise simultan optimiert (*SimBun*). Alle 14.580 Optimierungen wurden unter Verwendung der Standardsoftware XPress-Ive optimal gelöst.[321]

321 Hier eingesetzt: FICO™ Xpress Optimization Suite der Fair Isaac Corporation mit Xpress-Ive in Version 1.19.01 und dem XPress-Optimizer in Version 19.00.00. Die Be-

5.3.1 Auswirkungen integrierter Produktprogrammoptimierung

Die theoretischen Überlegungen in Kapitel 4.1.1 ergaben zwar, dass der Gesamtdeckungsbeitrag durch das zusätzliche Angebot von Bündeln gesteigert werden kann, ließen jedoch keinen Schluss auf den Umfang solcher Steigerungen zu. Vor diesem Hintergrund soll die experimentelle Studie klären, ob durch Bündelung GDB-Steigerungen in nennenswertem Umfang erfolgen, die den in der Praxis erhöhten Aufwand für Informationsbeschaffung und Optimierung aufwiegen. Nach Auswertung der Studie ist dies zu bejahen, wie Abbildung 5.5 belegt. Durch Einsatz sequentieller Bündelung steigen im Durchschnitt die erzielbaren Gesamtdeckungsbeiträge um 7,4 % und durch Einsatz simultaner Bündelung um 13,1 %.

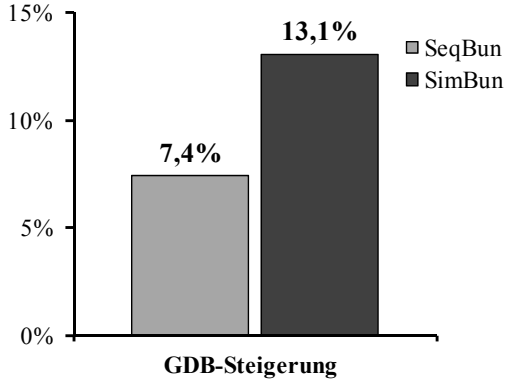


Abbildung 5.5: Durchschnittliche prozentuale Steigerung des Gesamtdeckungsbeitrags durch sequentielle und simultane Bündelung im Vergleich zum Produktliniendesign

Der deutliche Unterschied zwischen beiden Ansätzen belegt, dass Preisbündelung gemeinsam mit der Produktgestaltung zu erfolgen hat, wenn das gesamte Potenzial der Bündelung genutzt werden soll. Wird in einem Unternehmen bereits sequentielle Bündelung eingesetzt, so kann durch den Wechsel zur simultanen Bündelung der Gesamtdeckungsbeitrag im Durchschnitt um 5,3 % gesteigert werden. Damit ist simultane Bündelung der sequentiellen auch dann überlegen, wenn erstere aufgrund der deutlich höheren Komplexität nur heuristisch lösbar ist und damit u.U. Produktprogramme mit leicht geringeren Gesamtdeckungsbeiträgen ermittelt werden.

---

rechnungen erfolgten auf einem PC mit Intel Core i7 Prozessor mit 2,67 GHz und 6 GB Arbeitsspeicher.

In Beiträgen zur Preisbündelung wird oft darauf hingewiesen, dass Gewinnmaximierung durch bessere Abschöpfung der Zahlungsbereitschaft zu erreichen ist.[322] Wie jedoch bereits das Beispiel in Kapitel 4.3.2 zeigte, sind erzielte Gesamtdeckungsbeitragssteigerungen nicht allein durch bessere Abschöpfung der Zahlungsbereitschaft und damit einhergehenden Verringerung der Konsumentenrente zu erklären. Dieses exemplarische Ergebnis wird durch die Studie in vollem Umfang bestätigt, wie Abbildung 5.6 veranschaulicht.

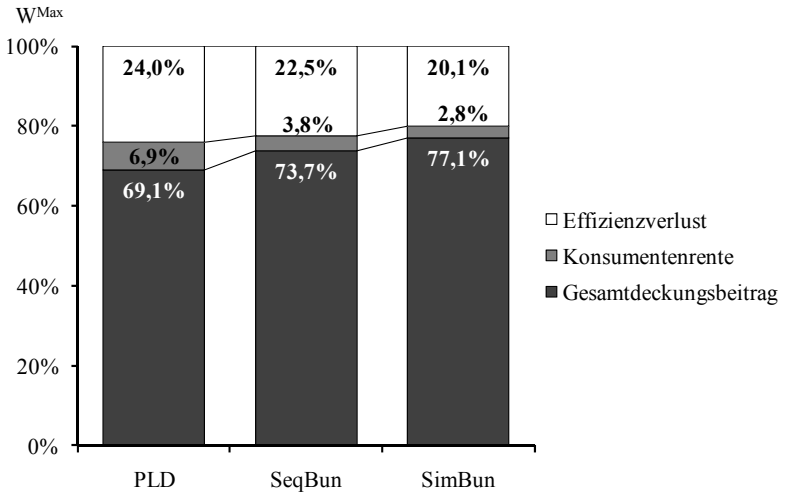


Abbildung 5.6: Aufteilung der maximal möglichen Wohlfahrt in Gesamtdeckungsbeitrag, Konsumentenrente und Effizienzverlust im Vergleich

Wird auf eine Bündelung verzichtet, so resultiert im Durchschnitt ein Gesamtdeckungsbeitrag in Höhe von 69,1 % der maximal möglichen Wohlfahrt. Dieser kann durch sequentielle Bündelung auf 73,7 % und durch simultane Bündelung auf 77,1 % gesteigert werden. Die Konsumentenrente hingegen sinkt von 6,9 % auf 3,8 % bzw. 2,8 %, sodass insgesamt 4,1 Prozentpunkte und damit die Hälfte der GDB-Steigerung erklärt werden. Die restlichen 3,9 Prozentpunkte hingegen erklären sich durch eine Reduzierung des Effizienzverlustes, welcher von 24,0 % auf 22,5 % bzw. 20,1 % sinkt. Da anders als im Beispiel aus Kapitel 4 auch durch sequentielle Bündelung der Effizienzverlust reduziert wird, steigt unabhängig von der gewählten Bündelungsform im Durchschnitt die erzielte Wohlfahrt. Während die mit simultaner Bündelung einhergehenden GDB-Steigerungen nahezu hälftig auf beide Quellen zurückzuführen sind, basiert der

322 Vgl. die Ausführungen in Kapitel 2.2.2.

Erfolg sequentieller Bündelung verstärkt auf einer besseren Abschöpfung der Zahlungsbereitschaft. So erklärt sich die durchschnittliche Erhöhung von 4,6 Prozentpunkten hier durch eine Reduzierung der Konsumentenrente um 3,1 Prozentpunkte und eine Reduzierung des Effizienzverlustes von 1,5 Prozentpunkten. Die mit sequentieller Bündelung einhergehenden GDB-Steigerungen basieren damit im Durchschnitt zu 66 % auf einer besseren Abschöpfung der Zahlungsbereitschaft.

Die Studie belegt zudem, dass anders als im Beispiel aus Kapitel 4, Bündelung auch zu steigenden Konsumentenrenten führen kann. So sind zwar unabhängig von der gewählten Bündelungsform in den meisten Instanzen im Vergleich zur reinen Produktliniengestaltung geringere Konsumentenrenten zu verzeichnen, es existieren, wie Tabelle 5.5 jedoch zeigt, auch Fälle, in denen sich die Konsumentenrente insgesamt nicht ändert oder sogar steigt. Im Vergleich führt simultane Bündelung jedoch deutlich häufiger zu einer geringeren Konsumentenrente als sequentielle Bündelung.

Tabelle 5.5: Anzahl Instanzen mit geringerer, identischer und höherer Konsumentenrente im Vergleich zum PLD in Abhängigkeit von der Bündelungsform

Konsumentenrente im Vergleich zum PLD	**SeqBun**	**SimBun**
geringer	2938	4236
identisch	1382	146
höher	540	478

Da Gesamtdeckungsbeitragssteigerungen auch aus einer Verringerung des Effizienzverlusts herrühren, ist Bündelung für Anbieter auch ohne Konsumentenrenteneinbußen vorteilhaft. Hier kommt der simultanen Bündelung wiederum eine Schlüsselrolle zu. Durch sequentielle Bündelung kann eine zusätzliche Konsumentenrente nur dadurch erzielt werden, dass einem Kunden die Möglichkeit gegeben wird, ein bisher nicht erworbenes Produkt im Bündel zu erwerben oder dass ein Kunde für die von ihm erworbenen Produkte und Bündel weniger zahlen muss.[323] Anders hingegen die simultane Bündelung: Durch Anpassung des Produktdesigns kann ein höherer Nutzen für die Kunden erzeugt und damit auch eine höhere Zahlungsbereitschaft generiert werden.

Die bisherigen Analysen basieren auf Durchschnittswerten. Wie das Histogramm in Abbildung 5.7 zeigt, schwanken die in den einzelnen Instanzen erziel-

323 Vgl. hierzu die Ausführungen in Kapitel 4.3.2. und das Beispiel in Kapitel 2.2.3.

ten GDB-Steigerungen jedoch erheblich. So ist in 9,9 % der Fälle mit simultaner Bündelung und in 26 % der Fälle mit sequentieller Bündelung nur eine Steigerung von unter 2 % möglich. Auf der anderen Seite existieren hingegen auch Fälle mit Steigerungsraten von über 40 %, im Maximum sogar 56,9 %. Im Weiteren wird daher untersucht, welche Faktoren den Erfolg der Bündelung beeinflussen und insbesondere welche Faktoren die hohen Steigerungsraten ermöglichen.

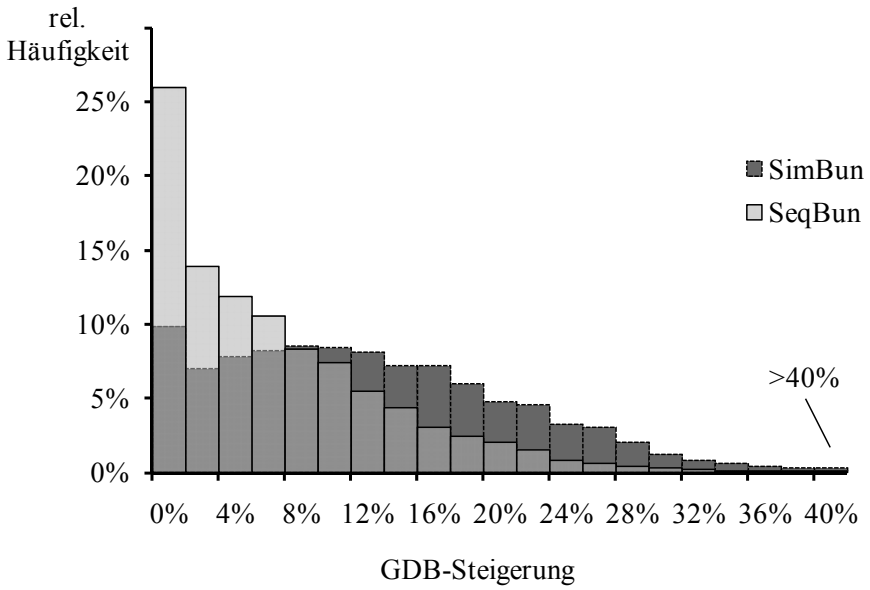


Abbildung 5.7: Verteilung der Gesamtdeckungsbeitragssteigerungen

5.3.2 Varianzanalysen zur Ermittlung der Erfolgsfaktoren

Zur Ermittlung der Umweltfaktoren, die einen signifikanten Einfluss auf die mit sequentieller und simultaner Bündelung erzielbaren GDB-Steigerungen ausüben und daher als Erfolgsfaktoren bezeichnet werden können, werden zwei Varianzanalysen durchgeführt. Als abhängige Variable wird die Steigerungsrate des Gesamtdeckungsbeitrags durch Bündelung im Vergleich zum Produktliniendesign spezifiziert. Als erklärende Faktoren werden die in Tabelle 5.1 dargestellten Umweltfaktoren mit ihren Realisationen herangezogen. Neben Haupteffekten werden Interaktionseffekte 1. Ordnung in das Modell aufgenommen.[324]

324 Die Auswertung erfolgt mit dem Statistikpaket SPSS Statistics in der Version 17.0.

Überblick über durchgeführte Varianzanalysen

Vor der Auswertung sind die Anwendungsvoraussetzungen zu überprüfen. Die Unabhängigkeit der Teilstichproben ist durch den Generierungsprozess sichergestellt. Die Überprüfung der Normalverteilungsannahme innerhalb der Teilstichproben erfolgt durch Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests mit Signifikanzniveaus von $\alpha = 0{,}05$. Als Nullhypothese wird für jedes Setting angenommen, dass die Steigerungsraten normalverteilt sind. Die Nullhypothese ist zu verwerfen, wenn die Wahrscheinlichkeit einer Fehlentscheidung kleiner als das vorgegebene Signifikanzniveau von 5 % ist. Von den 486 Settings ist im Falle der simultanen Bündelung in 473 Fällen bzw. im Falle der sequentiellen Bündelung in 443 Fällen die Wahrscheinlichkeit jedoch größer, sodass in diesen Fällen nichts gegen die Normalverteilungsannahme spricht. Da nur in 15 bzw. 43 Settings die Nullhypothese zu verwerfen ist, kann insgesamt die Normalverteilungsannahme als erfüllt angesehen werden. Anders ist hingegen die Varianzhomogenität zwischen den Stichproben zu beurteilen. Der Levene-Test ermittelt in beiden Fällen ein $\alpha^* < 0{,}001$, sodass die Homogenitätshypothese zu verwerfen ist. Die hier durchgeführten Varianzanalysen besitzen jedoch einerseits ein balanced design und andererseits einen großen Stichprobenumfang und sind daher robust gegenüber Verletzung ihrer Annahmen, insbesondere gegenüber der Varianzhomogenität.[325] Zur Vermeidung einer fälschlichen Identifikation von Einflussfaktoren wird zusätzlich ein schärferes Signifikanzniveau von $\alpha = 0{,}01$ verlangt.

Varianzanalyse zur simultanen Bündelung

Die Varianzanalyse zur simultanen Bündelung ist in Tabelle 5.6 dargestellt. Das R^2 von 0,613 bzw. das korrigierte R^2 von 0,608 zeigen, dass durch das Modell und die untersuchten Faktoren ein Großteil der Varianz erklärt wird. Der kleinere Teil der Varianz, nämlich 39,2 %, wird nicht durch die untersuchten Faktoren, sondern durch unsystematische Zufallseinflüsse verursacht. Da in der Studie möglichst unterschiedliche Anwendungssituationen erfasst werden sollten, weist der Generierungsprozess bewusst einen hohen Anteil an Zufallsprozessen auf. Vor diesem Hintergrund wäre es sowohl verwunderlich als auch wenig wünschenswert, wenn das R^2 zu hoch ausfallen würde.

325 Vgl. Bortz (2005), S. 287 und S. 328.

Tabelle 5.6: Ergebnis der Varianzanalyse zur simultanen Bündelung

Tests der Zwischensubjekteffekte

Abhängige Variable: GDB-Steigerung SimBun

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat	Effekt-stärke
Korrigiertes Modell	22,927[a]	61	,376	124,543	,000	,613	
Konstanter Term	6211,808	1	6211,808	2058339,125	,000	,998	
Merkmale (3)	2,584	2	1,292	428,041	,000	,151	***
Ausprägungen (3)	1,303	2	,651	215,829	,000	,083	**
Linien (3)	5,628	2	2,814	932,524	,000	,280	***
Variantenanzahl (2)	4,918	1	4,918	1629,583	,000	,254	***
ZB-Typ (3)	,362	2	,181	59,958	,000	,024	*
Segmente (3)	3,382	2	1,691	560,317	,000	,189	***
Merk * Ausp	,030	4	,007	2,468	,043	,002	
Merk * Lin	,156	4	,039	12,944	,000	,011	*
Merk * Var	,175	2	,088	29,054	,000	,012	*
Merk * ZB-Typ	,101	4	,025	8,331	,000	,007	
Merk * Seg	,057	4	,014	4,711	,001	,004	
Ausp * Lin	,223	4	,056	18,433	,000	,015	*
Ausp * Seg	,029	4	,007	2,385	,049	,002	
Ausp * Var	,604	2	,302	100,024	,000	,040	*
Ausp * ZB-Typ	,217	4	,054	17,972	,000	,015	*
Lin * Var	,980	2	,490	162,352	,000	,063	**
Lin * Seg	,372	4	,093	30,825	,000	,025	*
Lin * ZB-Typ	,096	4	,024	7,966	,000	,007	
Var * ZB-Typ	1,518	2	,759	251,497	,000	,095	**
Var * Seg	,077	2	,038	12,697	,000	,005	
ZB-Typ * Seg	,117	4	,029	9,711	,000	,008	
Fehler	14,480	4798	,003				
Gesamt	6249,215	4860					
Korrigierte Gesamtvariation	37,407	4859					

a. R-Quadrat=,613 (korrigiertes R-Quadrat=,608)

* kleiner Effekt, ** mittlerer Effekt, *** großer Effekt

Interessanterweise war zudem festzustellen, dass die Variantenanzahl einen hohen Einfluss auf die Erklärungsgüte aufweist. Werden statt einer gemeinsamen Varianzanalyse zwei getrennte Varianzanalysen für eine Variante und segmentviele Varianten durchgeführt, so besitzt erstere ein R^2 von 0,472 und letztere ein R^2 von 0,713. Anscheinend sind für wenige Varianten die Zufallseinflüsse trotz eines identischen Datengenerierungsprozesses stärker als für viele Varianten. Dies mag daran liegen, dass im 1-Varianten-Fall ein Großteil der erzeugten Informationen nicht verwendet wird. Nur die Kosten- und Zahlungsbereitschaftsinformationen der gewählten Merkmalsausprägungen sind für die jeweiligen Gesamtdeckungsbeiträge und damit auch die Steigerungsraten relevant. Dies

führt dazu, dass die GDB-Steigerungen in den Setting mit einer Variante weitaus stärker schwanken als in den Settings mit segmentvielen Varianten.

Alle Haupt- und Interaktionseffekte mit Ausnahme der Interaktionen von Merkmalen und Ausprägungen sowie Ausprägungen und Segmenten sind signifikant. Die niedrigen p-Werte (Sig.) von 0,000 resultieren aus dem mit 4.860 Einzelbeobachtungen sehr großen Stichprobenumfang, durch den selbst kleinste Effekte nachweisbar sind. Es bietet sich daher an, nicht die Signifikanz, sondern die Effektstärke gegeben durch das partielle Eta-Quadrat zur Beurteilung heranzuziehen. Gemäß der Einteilung von Cohen üben die Faktoren *Merkmale*, *Linien*, *Variantenanzahl* und *Segmente* jeweils einzeln einen großen Einfluss auf die GDB-Steigerungen aus, während der Faktor *Ausprägungen* einen mittleren Einfluss und der Faktor *Zahlungsbereitschaftstyp* nur einen kleinen Einfluss besitzt. Hinsichtlich der Interaktionseffekte zeigt sich, dass nur die Interaktionen von *Linien* und *Variantenanzahl* sowie *Variantenanzahl* und *Zahlungsbereitschaftstyp* einen mittelgroßen Einfluss ausüben. Die Interaktion von *Merkmalen* und *Linien*, *Merkmalen* und *Variantenanzahl*, *Ausprägungen* und *Linien*, *Ausprägungen* und *Variantenanzahl*, *Ausprägungen* und *Zahlungsbereitschaftstyp* sowie *Linien* und *Segmenten* besitzen immerhin noch einen kleinen Einfluss. Die übrigen Interaktionen weisen jeweils einen Einfluss von unter 1 % auf und sind daher zu vernachlässigen. Es fällt auf, dass die Interaktion der Variantenanzahl mit den übrigen Faktoren fast immer einen spürbaren und zweimal sogar einen mittelstarken Effekt aufweist. Wie sich im Weiteren noch zeigen wird, sind aufgrund dessen einige Aussagen in Abhängigkeit der Variantenanzahl zu formulieren.

Varianzanalyse zur sequentiellen Bündelung

Die Ergebnisse der Varianzanalyse zur sequentiellen Bündelung sind in Tabelle 5.7 dargestellt. Ihre Erklärungsgüte ist aufgrund eines R^2 von 0,570 bzw. eines korrigierten R^2 von 0,565 etwas schlechter als die der Varianzanalyse zur simultanen Bündelung. Auch hier weisen nach Variantenanzahl getrennte Varianzanalysen unterschiedlich gute Erklärungsgehalte auf. So beträgt das R^2 für viele Varianten 0,722 und für eine Variante hingegen nur 0,463.

Interessanterweise scheinen im Gegensatz zur simultanen Bündelung der Faktor *Variantenanzahl* nur einen kleinen und der Faktor *Zahlungsbereitschaftstyp* gar keinen nennenswerten Effekt auf den Bündelungserfolg auszuüben. Gleichzeitig hat sich der Einfluss der Faktoren *Merkmale* und *Ausprägungen* jeweils ungefähr verdoppelt und der Faktor Ausprägungen weist nun auch einen großen Effekt auf. Hinsichtlich der Interaktionseffekte sind im Wesentlichen die gleichen Interaktionen festzustellen, allerdings auf einem anderen Niveau. Während auf den Erfolg simultaner Bündelung die Interaktion der Faktoren *Linien* und

Variantenanzahl sowie *Variantenanzahl* und *Zahlungsbereitschaftstyp* einen mittleren Effekt ausüben, ergibt sich hier jeweils nur ein kleiner Effekt. Insgesamt ist der Einfluss von Interaktionen auf den Erfolg sequentieller Bündelung geringer, aber auch auf einem einheitlicheren Niveau. So schwankt hier die Stärke der Interaktionseffekte zwischen 0,028 und 0,017, während sie sich im Rahmen der simultanen Bündelung zwischen 0,095 und 0,011 bewegt.

Tabelle 5.7: Ergebnis der Varianzanalyse zur sequentiellen Bündelung

Tests der Zwischensubjekteffekte

Abhängige Variable: GDB-Steigerung SeqBun

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat	Effekt-stärke
Korrigiertes Modell	13,099[a]	61	,215	104,443	,000	,570	
Konstanter Term	5606,295	1	5606,295	2726808,480	,000	,998	
Merkmale (3)	4,096	2	2,048	996,010	,000	,293	***
Ausprägungen (3)	1,704	2	,852	414,455	,000	,147	***
Linien (3)	2,939	2	1,469	714,631	,000	,230	***
Variantenanzahl (2)	,592	1	,592	288,083	,000	,057	*
ZB-Typ (3)	,072	2	,036	17,392	,000	,007	
Segmente (3)	1,740	2	,870	423,103	,000	,150	***
Merk * Ausp	,046	4	,012	5,631	,000	,005	
Merk * Lin	,231	4	,058	28,073	,000	,023	*
Merk * Var	,017	2	,009	4,186	,015	,002	
Merk * ZB-Typ	,018	4	,004	2,163	,071	,002	
Merk * Seg	,167	4	,042	20,273	,000	,017	*
Ausp * Lin	,207	4	,052	25,146	,000	,021	*
Ausp * Seg	,087	4	,022	10,607	,000	,009	
Ausp * Var	,180	2	,090	43,827	,000	,018	*
Ausp * ZB-Typ	,058	4	,015	7,071	,000	,006	
Lin * Var	,278	2	,139	67,586	,000	,027	*
Lin * Seg	,235	4	,059	28,539	,000	,023	*
Lin * ZB-Typ	,035	4	,009	4,223	,002	,004	
Var * ZB-Typ	,288	2	,144	70,014	,000	,028	*
Var * Seg	,080	2	,040	19,565	,000	,008	
ZB-Typ * Seg	,030	4	,007	3,626	,006	,003	
Fehler	9,865	4798	,002				
Gesamt	5629,258	4860					
Korrigierte Gesamtvariation	22,963	4859					

a. R-Quadrat=,570 (korrigiertes R-Quadrat=,565)

* kleiner Effekt, ** mittlerer Effekt, *** großer Effekt

Einen Überblick über die Umweltfaktoren und die minimalen, maximalen und durchschnittlichen mit sequentieller und simultaner Bündelung erzielten GDB-Steigerungen in Abhängigkeit ihrer Realisationen gibt Tabelle 5.8.

Tabelle 5.8: Minimaler, maximaler und durchschnittlicher GDB-Steigerungsfaktor in Abhängigkeit von Bündelungsform und Realisation der Umweltfaktoren

Faktor	Realisation	N	GDB-Steigerung SimBun			GDB-Steigerung SeqBun		
			Min	∅ (Std.Abw.)	Max	Min	∅ (Std.Abw.)	Max
Merkmale								
	3	1620	0,000	1,161 (0,091)	1,569	0,000	1,114 (0,078)	1,476
	6	1620	0,000	1,125 (0,083)	1,399	0,000	1,064 (0,057)	1,338
	9	1620	0,000	1,106 (0,079)	1,448	0,000	1,045 (0,047)	1,305
Ausprägungen								
	2	1620	0,000	1,152 (0,089)	1,569	0,000	1,099 (0,077)	1,476
	3	1620	0,000	1,128 (0,084)	1,392	0,000	1,069 (0,063)	1,347
	4	1620	0,000	1,112 (0,086)	1,472	0,000	1,054 (0,057)	1,364
Produktlinien								
	2	1620	0,000	1,086 (0,061)	1,423	0,000	1,042 (0,049)	1,423
	3	1620	0,000	1,137 (0,082)	1,472	0,000	1,078 (0,064)	1,351
	4	1620	0,000	1,169 (0,095)	1,569	0,000	1,102 (0,077)	1,476
Varianten								
	1	2430	0,000	1,162 (0,087)	1,569	0,000	1,085 (0,073)	1,476
	segment-viele	2430	0,000	1,099 (0,077)	1,415	0,000	1,630 (0,063)	1,363
Segmente								
	4	1620	0,000	1,095 (0,075)	1,569	0,000	1,048 (0,055)	1,435
	8	1620	0,000	1,140 (0,087)	1,529	0,000	1,080 (0,070)	1,476
	12	1620	0,000	1,157 (0,088)	1,563	0,000	1,093 (0,072)	1,423
ZB-Typ								
	Typ I	1620	0,000	1,121 (0,094)	1,469	0,000	1,073 (0,072)	1,435
	Typ II	1620	0,000	1,129 (0,863)	1,529	0,000	1,070 (0,066)	1,476
	Typ III	1620	0,000	1,142 (0,081)	1,457	0,000	1,079 (0,068)	1,423
Gesamt		4860	0,000	1,131 (0,088)	1,569	0,000	1,074 (0,069)	1,476

N = Anzahl Instanzen
∅ = Durchschnitt

Sie zeigt z.B., dass hinsichtlich des Faktors *Anzahl Merkmale* in den 1.620 Instanzen mit der Realisation *3 Merkmale* im Minimum der Gesamtdeckungsbeitrag um 0 % und im Maximum um 56,9 % mit simultaner Bündelung gesteigert wurde. Im Durchschnitt wurde mit simultaner Bündelung bei dieser Realisation des Faktors eine Steigerung von 16,1 % erzielt. Die Standardabweichung beträgt in diesem Fall 9,1 %. Dies zeigt, dass die GDB-Steigerungen stark zwischen den Instanzen schwanken, was impliziert, dass weitere Umweltfaktoren einen starken Einfluss ausüben. Die übrigen Einträge sind analog zu interpretieren.

Die Haupteffekte werden im Weiteren nacheinander einzeln analysiert. Dies setzt voraus, dass sämtliche einen Umweltfaktor betreffenden Interaktionen mit anderen Faktoren ordinale Interaktionen sind. Im Fall simultaner Bündelung ist dies mit einer Ausnahme immer gegeben. Nur der Zahlungsbereitschaftstyp kann aufgrund einer hybriden Interaktion mit der Variantenanzahl nicht eigenständig interpretiert werden. Im Fall sequentieller Bündelung weist der ZB-Typ zudem hybride Interaktionen mit weiteren Faktoren auf und ist dementsprechend schwierig zu interpretieren. Auf die Problematik wird jedoch im Detail bei der Erläuterung der Interaktionseffekte eingegangen.

Einfluss der Produktkomplexität I (Anzahl an Merkmalen)

Sowohl im Fall simultaner als auch sequentieller Bündelung übt die Anzahl der Merkmale einen großen Einfluss auf den Bündelungserfolg aus. Sequentielle Bündelung reagiert aufgrund des partiellen Eta-Quadrats von 0,293 deutlich stärker auf eine Veränderung der Anzahl an Merkmalen als simultane Bündelung mit einem Eta-Quadrat von 0,151.

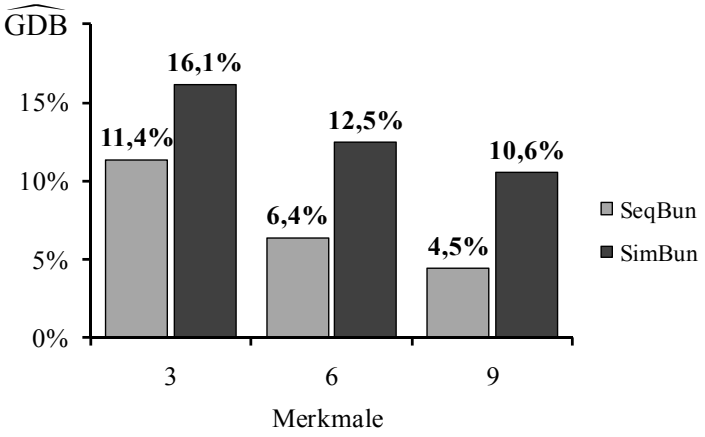


Abbildung 5.8: Durchschnittliche GDB-Steigerungen in Abhängigkeit der Merkmalsanzahl

Wie aus Abbildung 5.8 ersichtlich, nehmen die durchschnittlich zu erzielenden GDB-Steigerungen unabhängig von der Bündelungsform mit zunehmender Merkmalsanzahl ab. Gleichzeitig ist erkennbar, dass in beiden Fällen eine Erhöhung der Merkmalsanzahl von 3 auf 6 zu einer deutlicheren Einbuße als die Erhöhung von 6 auf 9 Merkmale führt. Der negative Effekt ist somit abnehmend. Darüber hinaus ist der Abbildung auch die unterschiedliche Effektstärke zu entnehmen. So sinkt die durchschnittlich erzielte GDB-Steigerung bei sequentieller Bündelung mit 6,9 Prozentpunkten bzw. 60,5 % sowohl absolut als auch relativ stärker als bei simultaner Bündelung mit 5,5 Prozentpunkten bzw. 34,6 %.

Die Ursache dieser Abnahme liegt in der reinen Produktliniengestaltung begründet, wie Abbildung 5.9 zu entnehmen ist. Werden Produkte nur durch wenige Merkmale beschrieben, so können durch reine Produktliniengestaltung die Kundensegmente nur schlecht voneinander getrennt werden und es wird häufig dazu kommen, dass die für ein Segment gestalteten Varianten auch für andere Segmente attraktiv sind. Zur Vermeidung von Kannibalisierungseffekten können nicht alle Preise den Zahlungsbereitschaften entsprechen, wodurch ein geringerer Anteil der maximal möglichen Wohlfahrt in Gesamtdeckungsbeitrag umgewandelt wird. Durch Bündelung mehrerer Produkte gelingt es, die Kunden besser voneinander zu trennen und höhere Preise durchzusetzen.

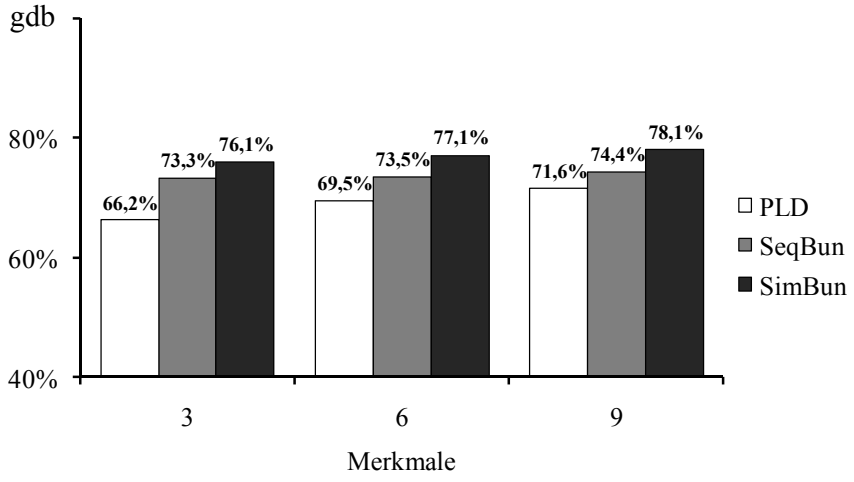


Abbildung 5.9: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit von der Merkmalsanzahl

Wie aus der Abbildung ersichtlich, gelingt dies mit simultaner Bündelung besser als mit sequentieller Bündelung. In der Studie können durch reines Produkt-

liniendesign mit drei beschreibenden Merkmalen im Durchschnitt 66,2 % der maximal möglichen Wohlfahrt erreicht werden. Durch Bündelung sind hingegen 73,3 % (SeqBun) bzw. 76,1 % (SimBun) erzielbar. Steigt nun die Anzahl der Merkmale bzw. nimmt die Produktkomplexität zu, ist in allen Fällen eine Zunahme des Anteils festzustellen. Reines Produktliniendesign profitiert davon jedoch am stärksten und sequentielle Bündelung am schwächsten. Dadurch sinkt der Abstand zwischen den Bündelungsformen und reinem Produktliniendesign, wodurch sich der zuvor festgestellte negative Einfluss ergibt.

Einfluss der Produktkomplexität II (Anzahl an Ausprägungen)

Die Anzahl an Ausprägungen weist, wie Abbildung 5.10 zeigt, einen ähnlichen Einfluss auf den Bündelungserfolg auf wie die Anzahl der Merkmale. Der Erfolg beider Bündelungsformen nimmt mit zunehmender Ausprägungsanzahl ab. Der Effekt ist ebenfalls mit zunehmender Anzahl abnehmend und wiederum für sequentielle Bündelung stärker als für simultane wie das partielle Eta-Quadrat von 0,147 im Vergleich zu 0,083 belegt.

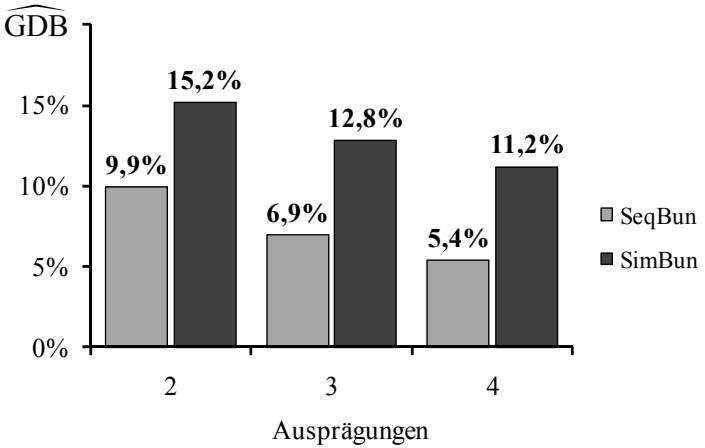


Abbildung 5.10: Durchschnittliche GDB-Steigerungen in Abhängigkeit der Ausprägungsanzahl

Sowohl für simultane als auch sequentielle Bündelung ist der Effekt jedoch deutlich geringer als für den Faktor Merkmal. Dies überrascht insofern, da die Anzahl an Ausprägungen die Produktkomplexität weitaus stärker erhöht als die Anzahl an Merkmalen. So sind mit 3 Merkmalen und 2 Ausprägungen 8 verschiedene Varianten möglich. Eine Erhöhung der Merkmalsanzahl um 1 führt zu 16, eine Erhöhung der Ausprägungsanzahl um 1 hingegen zu 27 Varianten. Vor

dem Hintergrund der Diskussion für den Faktor Merkmale sollte der Bündelungserfolg aufgrund der höheren Produktkomplexität jedoch deutlich stärker von der Ausprägungsanzahl abhängen. Da dies nicht der Fall ist, scheint die produktpolitische Wirkung von Produktkomplexität daher entscheidend von der Art ihrer Entstehung abhängig zu sein. Einen Aufschluss hierüber gibt ein Vergleich der mit reinem Produktliniendesign und Bündelung möglichen GDB-Anteile in Abhängigkeit der Merkmalsanzahl und der möglichen GDB-Anteile in Abhängigkeit der Ausprägungsanzahl. Letzteres ist in Abbildung 5.11 dargestellt.

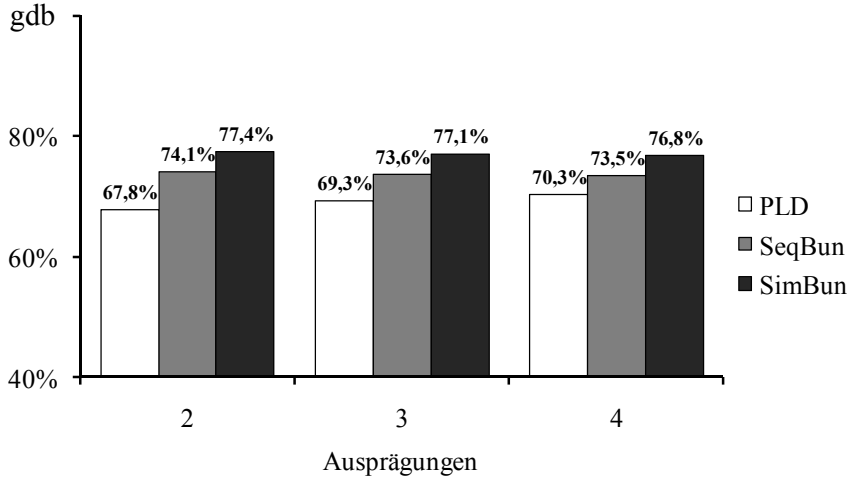


Abbildung 5.11: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit der Ausprägungsanzahl

Zum einen steigen, wie im Faktor Merkmale auch, mit zunehmender Ausprägungsanzahl der mit reinem Produktliniendesign erreichbaren GDB-Anteile, zum anderen sinken, anders als im Faktor Merkmale, zusätzlich die mit Bündelung erreichbaren Anteile. Dies ist überraschend und erst erklärbar, wenn die Interaktion zwischen Ausprägungs- und Variantenanzahl näher analysiert wird. Abbildung 5.12 und Abbildung 5.13 zeigen die erzielbaren GDB-Anteile für segmentviele Varianten bzw. eine Variante.

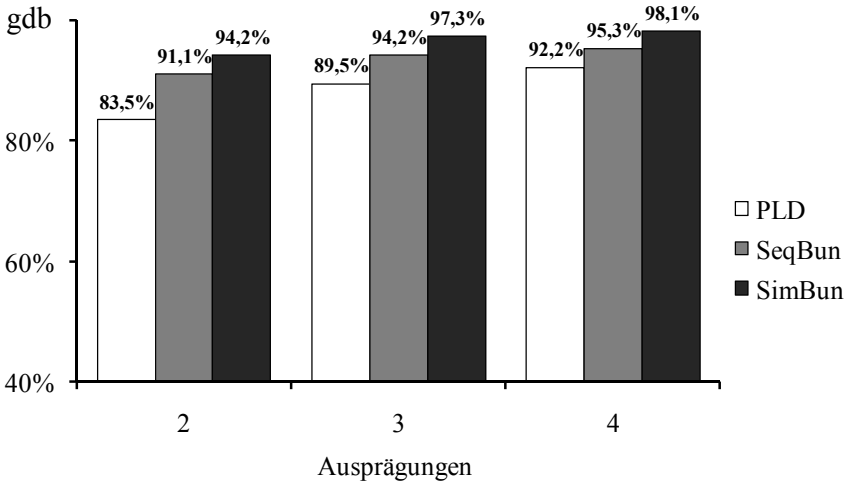


Abbildung 5.12: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit der Ausprägungsanzahl für segmentviele Varianten

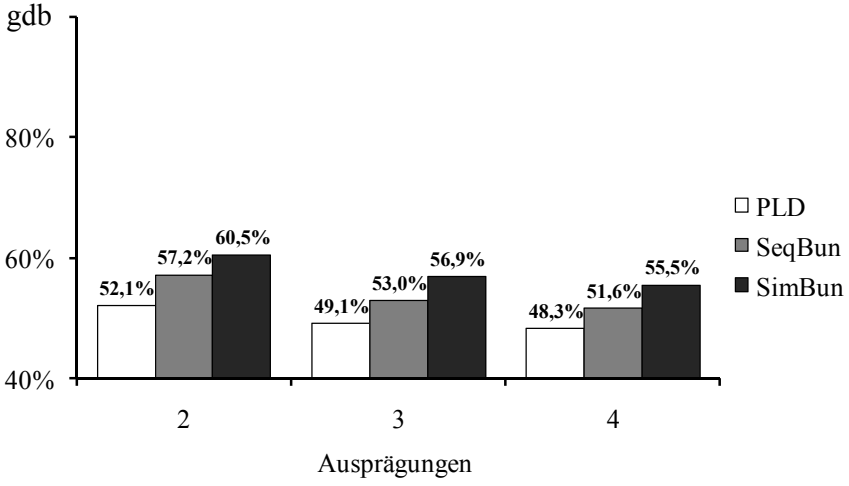


Abbildung 5.13: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit der Ausprägungsanzahl für eine Variante

Durch ein zusätzliches Merkmal wird meist zusätzliches Differenzierungspotenzial geschaffen, da in dem neuen Merkmal eine Ausprägung festzulegen ist und Kunden nicht identische Zahlungsbereitschaften für alle möglichen Ausprägungen besitzen. Die positive Wirkung auf erzielbare GDB-Anteile ist daher unab-

hängig von der Anzahl angebotener Varianten, sodass auf getrennte Abbildungen verzichtet wurde. Eine zusätzliche Ausprägung pro Merkmal bietet hingegen nur dann einen Vorteil, wenn ausreichend viele Möglichkeiten zur Verfügung stehen, um die Ausprägungen auch auswählen zu können. Aus diesem Grund steigen, wie in Abbildung 5.12 zu sehen, die GDB-Anteile mit zunehmender Ausprägungsanzahl an, während sie wie aus Abbildung 5.13 ersichtlich mit zunehmender Anzahl abnehmen. Wird nur eine Variante angeboten, so führen zusätzliche Ausprägungen nur dazu, dass ein größerer Anteil an Ausprägungen nicht angeboten wird und somit die für diese Ausprägungen existierenden Zahlungsbereitschaften nicht genutzt werden.

Aufgrund dieser Tatsache wird das Verhältnis der mit reinem Produktliniendesign und der mit den Bündelungsformen erzielbaren GDB-Anteile weitaus weniger durch ausprägungsinduzierte als durch merkmalsinduzierte Produktkomplexität beeinflusst. Aus diesem Grund übt die Anzahl an Ausprägungen einen schwächeren Einfluss aus als die Anzahl an Merkmalen. Der interagierende Einfluss von Varianten- und Ausprägungsanzahl auf den Bündelungserfolg wird im weiteren Verlauf in den Kapiteln 5.3.3 und 5.3.4 diskutiert.

Einfluss der Programmbreite (Anzahl an Produktlinien)

Die Programmbreite gemessen an der Anzahl betrachteter Produktlinien stellt eine der bedeutendsten Einflussgrößen für den Bündelungserfolg dar. So beträgt das Eta-Quadrat im sequentiellen Fall 0,230 und damit den nach der Merkmalsanzahl zweithöchsten Wert, während im simultanen Fall mit einem Eta-Quadrat von 0,280 der höchste Wert erzielt wird.

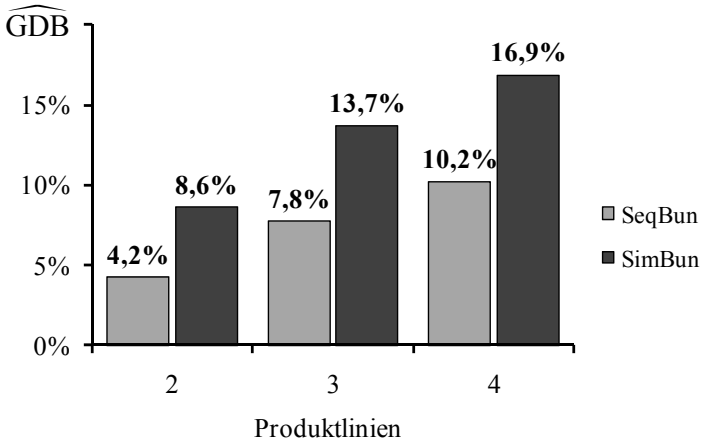


Abbildung 5.14: Durchschnittliche GDB-Steigerungen in Abhängigkeit der Programmbreite

Wie Abbildung 5.14 zu entnehmen, steigt mit zunehmender Produktlinienzahl der Bündelungserfolg. Allerdings ist auch ersichtlich, dass der Effekt mit zunehmender Anzahl schwächer wird. Die Ursache der Steigerungen liegt in diesem Fall jedoch nicht im Produktliniendesign begründet. Da im Produktliniendesign jede Linie unabhängig von den anderen optimiert wird, sollte sich der im Durchschnitt erzielte GDB-Anteil nicht ändern. Wie Abbildung 5.15 zu entnehmen, ist dies auch nicht der Fall. Mit steigender Linienanzahl steigt hingegen der Bündelungserfolg. Dies liegt darin begründet, dass umfangreichere Bündel gebildet werden können, wenn mehr Produktlinien einbezogen werden. Dies reduziert zum einen Kannibalisierungseffekte auf Bündelebene, zum anderen verbessert es die Möglichkeit, Produkte so zu kombinieren, dass eine Übertragung der Zahlungsbereitschaft von einem Produkt auf ein anderes möglich wird. Beides zusammen erlaubt höhere Bündelpreise und damit höhere Gesamtdeckungsbeiträge.

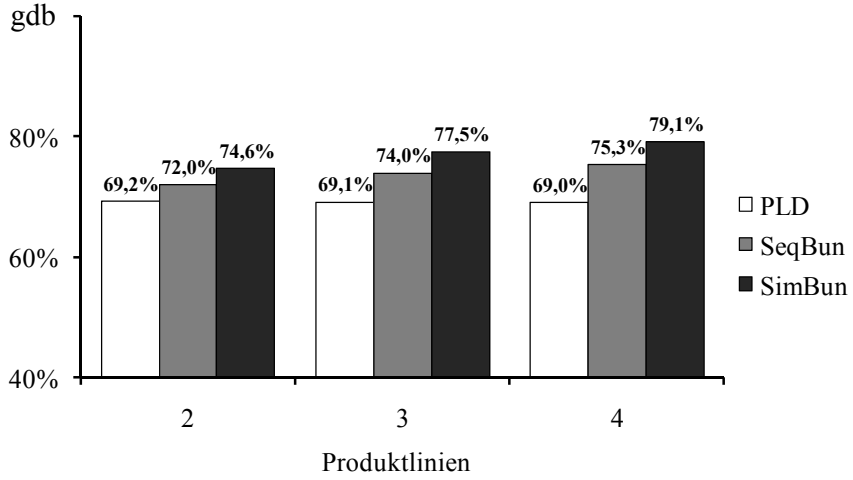


Abbildung 5.15: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit der Linienanzahl

Einfluss der Programmtiefe (Anzahl an Varianten pro Linie)

Die Programmtiefe gemessen an der Anzahl angebotener Varianten pro Linie ist für die Interpretation der Erfolgsfaktoren von entscheidender Bedeutung. Die meisten anderen Einflussfaktoren interagieren mit ihr und wirken je nach Variantenanzahl stark unterschiedlich, teilweise sogar gegensätzlich. Dies beginnt bereits mit dem Einfluss auf die Erklärungsgüte. Wie bereits erläutert, ist der Fall segmentvieler Varianten deutlich besser durch die Faktoren zu erklären als

der 1-Varianten-Fall. Desweiteren ist der direkte Einfluss der Variantenanzahl auf sequentielle und simultane Bündelung stark unterschiedlich. Während simultane Bündelung, wie ein Eta-Quadrat von 0,254 belegt, stark von ihr beeinflusst wird, ist ihr Einfluss auf die sequentielle Bündelung von geringerer Bedeutung, wie das Eta-Quadrat von 0,057 zeigt.

Abbildung 5.16 veranschaulicht, dass unabhängig von der Bündelungsform Bündelung erfolgreicher ist, wenn nur eine Variante pro Produktlinie anzubieten ist. Die GDB-Steigerungen reduzieren sich, falls für jedes Segment eine eigene Variante angeboten wird. Während der Rückgang für sequentielle Bündelung mit 2,2 Prozentpunkten gering ausfällt, ist er für simultane Bündelung mit 6,3 Prozentpunkten sehr deutlich.

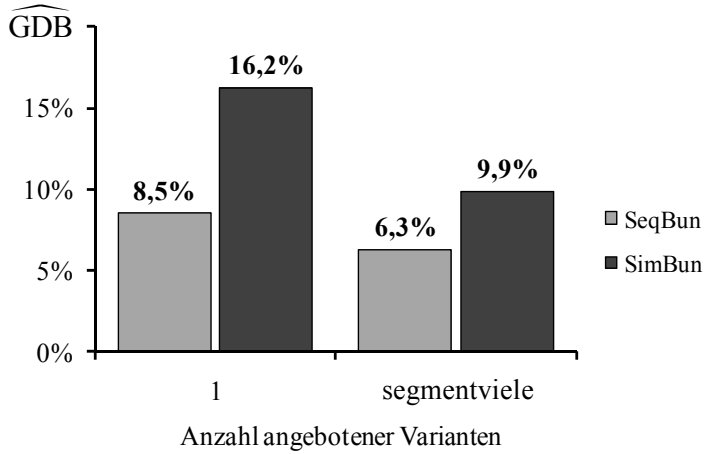


Abbildung 5.16: Durchschnittliche GDB-Steigerungen in Abhängigkeit der Programmtiefe

Abbildung 5.17 zeigt, dass die Ursache wiederum im Produktliniendesign begründet liegt. Werden segmentviele Varianten angeboten, so wird bereits mit reinem Produktliniendesign ein GDB-Anteil von 88,4 % erzielt, während bei einer Variante pro Linie reines Produktliniendesign nur zu einem GDB-Anteil von 49,8 % führt. Dieser deutliche Unterschied liegt daran, dass mit einer Variante der heterogene Markt sehr undifferenziert bearbeitet wird und auf Kundenbedürfnisse nur unzureichend eingegangen werden kann. Unabhängig von der Variantenanzahl ist der GDB-Anteil mit Bündelung um ca. 4-5 bzw. 8 Prozentpunkte steigerbar. Aufgrund der geringen Ausgangsbasis ist die relative Steigerung im 1-Varianten-Fall hingegen deutlich größer.

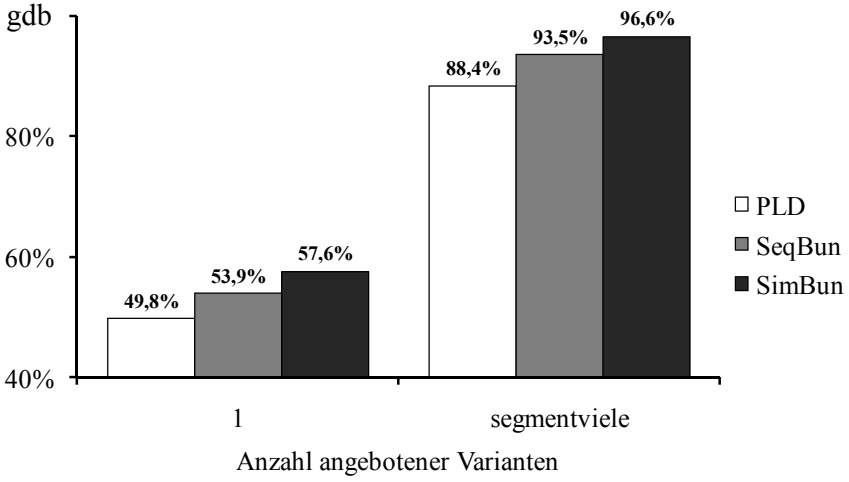


Abbildung 5.17: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit der Anzahl angebotener Varianten

Einfluss der Marktheterogenität I (Anzahl an Segmenten)

Die Marktheterogenität gemessen an der Anzahl gebildeter Kundensegmente stellt für sequentielle und simultane Bündelung gleichermaßen einen wichtigen Einflussfaktor dar, wie die Eta-Quadrate von 0,150 (SeqBun) und 0,189 (SimBun) zeigen.

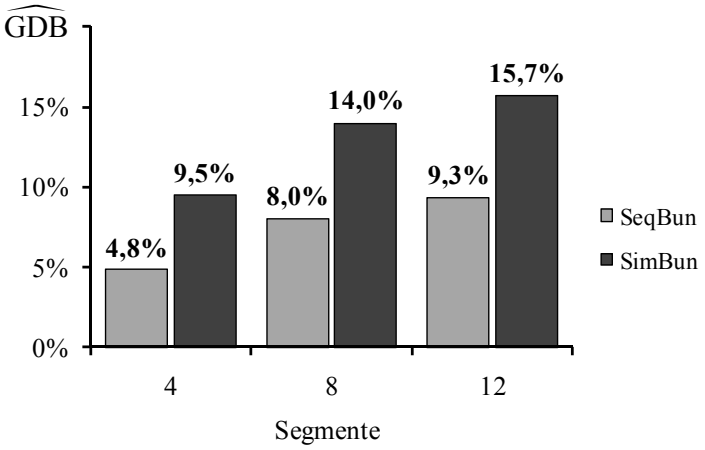


Abbildung 5.18: Durchschnittliche GDB-Steigerungen in Abhängigkeit der Segmentanzahl

Wie Abbildung 5.18 belegt, ist Bündelung umso erfolgreicher, je stärker der Markt segmentiert wurde. Der Effekt nimmt jedoch deutlich mit der Segmentanzahl ab. So führt eine Erhöhung der Anzahl von 4 auf 8 Segmente zu einer Erhöhung der durchschnittlichen GDB-Steigerung um 3,2 (SeqBun) bzw. 4,5 Prozentpunkte (SimBun), während eine Erhöhung von 8 auf 12 Segmente nur zu einer Erhöhung um 1,3 bzw. 1,7 Prozentpunkte führt.

Gemäß Abbildung 5.19 liegt der positive Einfluss der Segmentanzahl auf den Bündelungserfolg darin begründet, dass die mit beiden Bündelungsformen erzielbaren GDB-Anteile durch stärkere Segmentierung weniger stark zurückgehen als die mit reinem Produktliniendesign erzielbaren Anteile.

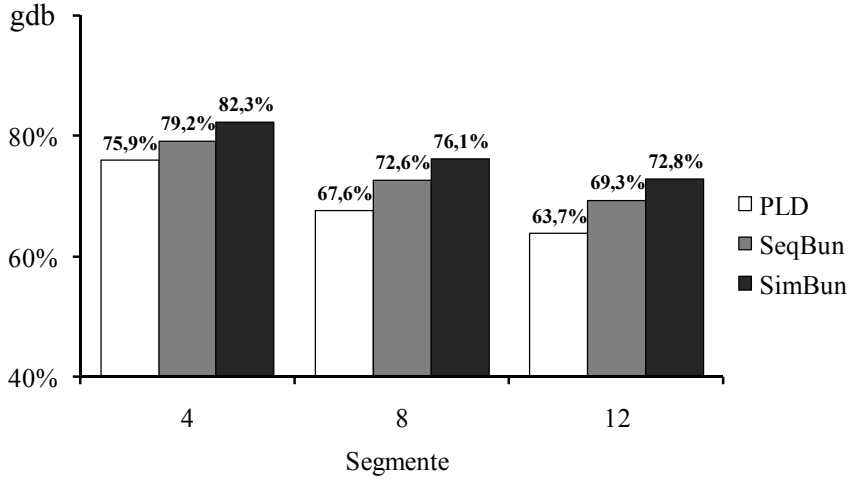


Abbildung 5.19: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit der Segmentanzahl

Die Tatsache, dass erzielbare GDB-Anteile mit zunehmender Segmentierung abnehmen, mag überraschen, da üblicherweise davon ausgegangen wird, dass zunehmende Segmentierung zu einer besseren Bedürfnisidentifikation und -befriedigung und damit auch zu höheren Gesamtdeckungsbeiträgen führt. Diese Sichtweise geht jedoch davon aus, dass der Segmentierungsgrad eine unternehmerische Entscheidung darstellt und der Anbieter sich dafür entscheidet, den heterogenen Markt in homogene Segmente zu zerlegen und zu bearbeiten. In der vorliegenden Studie jedoch spiegelt die Anzahl der Kundensegmente die Marktheterogenität wider und ist daher gerade nicht durch das Unternehmen zu beeinflussen. Vor diesem Hintergrund ist es somit auch plausibel, dass die Abschöpfung aller Zahlungsbereitschaften durch eine zunehmende Anzahl an Segmenten

erschwert wird. Dies liegt in der Tatsache begründet, dass durch zunehmende Segmentanzahl auch mögliche Kannibalisierungseffekte zwischen den angebotenen Varianten zunehmen und somit Preisabweichungen von den Zahlungsbereitschaften notwendig werden.

Einfluss der Marktheterogenität II (Zahlungsbereitschaftstyp)

Im Gegensatz zu den bisherigen Faktoren ist die Marktheterogenität gemessen an der Zahlungsbereitschaftsstruktur von untergeordneter Bedeutung für den Bündelungserfolg. Während dieser Faktor auf den Erfolg der simultanen Bündelung einen kleinen Einfluss ausübt (Eta-Quadrat = 0,024), ist der Einfluss auf die sequentielle Bündelung zwar signifikant, jedoch nur minimal und vernachlässigbar (Eta-Quadrat = 0,007).

Wie aus Abbildung 5.20 ersichtlich wird, sind die mit sequentieller Bündelung erzielten Steigerungsraten weitestgehend unabhängig vom Zahlungsbereitschaftstyp. Bestätigt wird dies durch den Scheffé-Test, durch den hier, im Gegensatz zu allen anderen Faktoren, kein signifikanter Unterschied zwischen den Faktorstufen Typ I und Typ II festgestellt werden konnte.[326] Für simultane Bündelung stellt sich das Bild etwas anders dar. Hier nehmen mit zunehmendem Strukturierungsgrad die erzielbaren GDB-Steigerungen leicht zu.

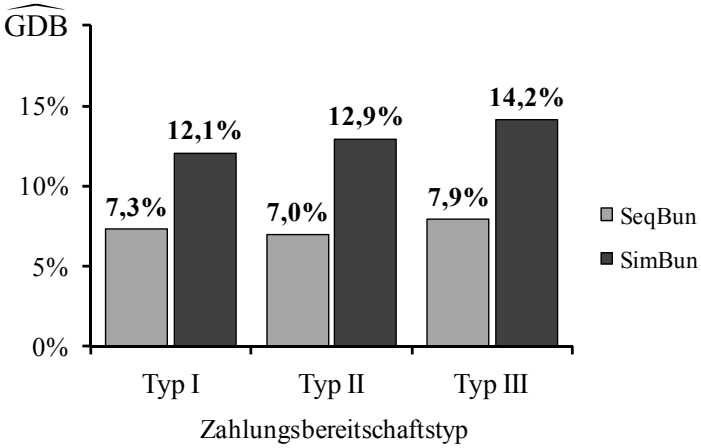


Abbildung 5.20: Durchschnittliche GDB-Steigerungen in Abhängigkeit des Zahlungsbereitschaftstyps

326 Für die Faktorstufen aller anderen Umweltfaktoren ergaben sich für ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0{,}01$ jeweils signifikante Unterschiede.

Eine Analyse der Ursachen zeigt wiederum ein uneinheitliches Bild (vgl. Abbildung 5.21). So ist der durchschnittliche GDB-Anteil im reinen Produktliniendesign mit Vorliegen von Zahlungsbereitschaften von Typ II am geringsten und mit Vorliegen von Zahlungsbereitschaften vom Typ I am größten.

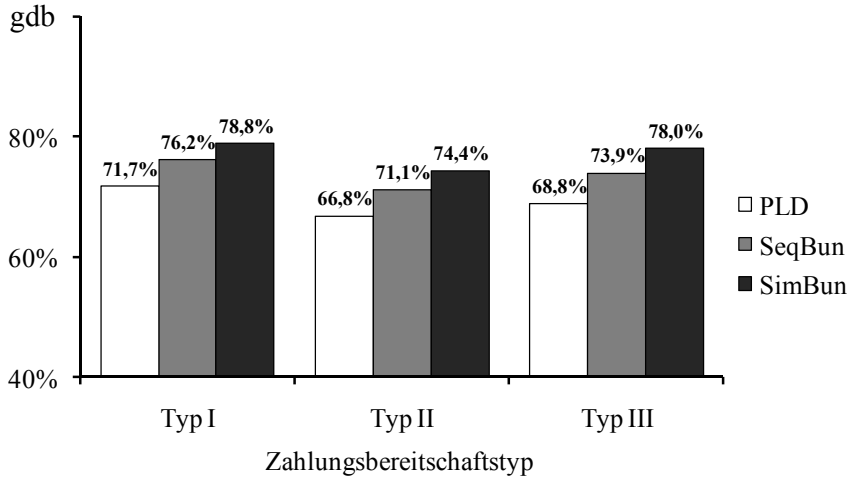


Abbildung 5.21: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit des Zahlungsbereitschaftstyps

Einen ähnlichen Verlauf weisen die GDB-Anteile der beiden Bündelungsformen auf. Theoretisch wäre zu vermuten, dass mit zunehmendem Strukturierungsgrad reines Produktliniendesign weniger in der Lage ist, die Zahlungsbereitschaften der Kunden in Gesamtdeckungsbeiträge umzuwandeln. Dementsprechend müsste sich ein abnehmender Verlauf von Typ I über Typ II zu Typ III ergeben. Nicht jedoch der Strukturierungsgrad, sondern die Ähnlichkeiten der Zahlungsbereitschaften sind ausschlaggebend für die erzielbaren GDB-Anteile. Der Einfluss der Ähnlichkeit hängt jedoch nicht nur von ihrer Art, sondern auch von der Anzahl angebotener Varianten ab, wie ein Vergleich der Abbildung 5.22 und Abbildung 5.23 zeigt.

In Abbildung 5.22 sind die GDB-Anteile für segmentviele Varianten dargestellt. Hier zeigt sich der soeben beschriebene, theoretisch vermutete Verlauf. Dies liegt an der mit zunehmendem Strukturierungsgrad einhergehenden zunehmenden Struktur- und abnehmenden Niveauähnlichkeit. So sind Zahlungsbereitschaften vom Typ III in ihrer Struktur sehr ähnlich, hinsichtlich ihres Niveaus jedoch sehr unähnlich. Beides führt dazu, dass durch reines Produktliniendesign Kannibalisierungseffekte nur durch Preisanpassungen vermieden

werden können und somit ein vergleichsweise geringer Anteil der maximal möglichen Wohlfahrt in Gesamtdeckungsbeitrag umgewandelt werden kann. Zahlungsbereitschaften vom Typ I hingegen sind in ihrer Struktur sehr unähnlich, weisen aber ein identisches Niveau auf, wodurch eine starke Differenzierung der Varianten bereits durch das Produktdesign möglich ist.

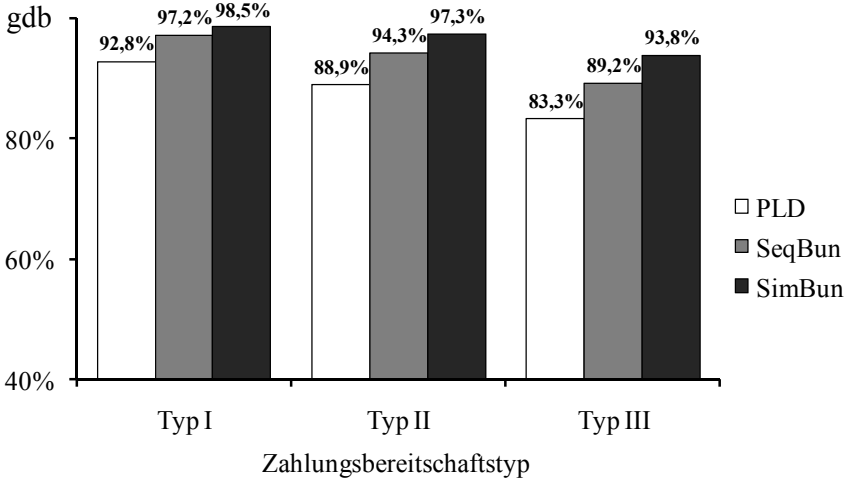


Abbildung 5.22: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit des Zahlungsbereitschaftstyps für segmentviele Varianten

Wird hingegen nur eine Variante angeboten, so ist es gemäß Abbildung 5.23 von Vorteil, wenn sich Zahlungsbereitschaften in ihrer Struktur sehr ähneln. Je unterschiedlicher die Zahlungsbereitschaften in ihrer Struktur sind, umso schwieriger ist es, eine für alle Kunden attraktive Variante zu gestalten. Ähneln sich hingegen Zahlungsbereitschaften hinsichtlich ihres Niveaus, so existieren keine Kunden mit sehr hohen Zahlungsbereitschaften, die jedoch aufgrund von Kunden mit niedrigeren Zahlungsbereitschaften und damit notwendigen niedrigeren Preisen nicht genutzt werden können. Aus diesem Grund führt zunehmende Niveauähnlichkeit auch hier zu höheren GDB-Anteilen. Wie die Vergleiche von Typ I mit Typ II sowie von Typ I mit Typ III belegen, ist der Effekt der Niveauähnlichkeit stärker als der Unterschied zwischen keiner und mittlerer Strukturähnlichkeit, jedoch deutlich schwächer als der Unterschied zwischen mittlerer und hoher Strukturähnlichkeit. Aus diesem Grund ergibt sich für den 1-Varianten-Fall der in Abbildung 5.23 dargestellte Verlauf mit ZB-Typ II als Minimum.

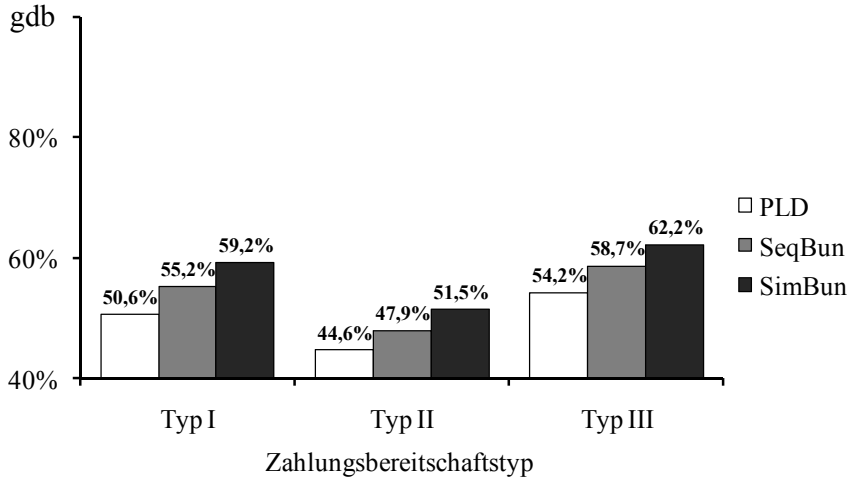


Abbildung 5.23: Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt in Abhängigkeit des Zahlungsbereitschaftstyps für eine Variante

Die Analyse des Zahlungsbereitschaftstyps zeigt noch einmal, dass Interaktionen zwischen Einflussfaktoren nicht zu ignorieren sind, wenn fundierte und korrekte Aussagen über die Erfolgsfaktoren getroffen werden sollen. Im Weiteren werden daher die Interaktionen zwischen den Erfolgsfaktoren in absteigender Reihenfolge ihrer Effektstärke zunächst für simultane und anschließend für sequentielle Bündelung untersucht.

5.3.3 Analyse der Interaktionseffekte bei simultaner Bündelung

Zur richtigen Interpretation des Einflusses der betrachteten Umweltfaktoren auf den Bündelungserfolg ist die Berücksichtigung von Interaktionen zwischen den Faktoren unerlässlich. Im Folgenden werden diese Interaktionen in absteigender Reihenfolge ihrer Effektstärke erläutert und diskutiert.

Interaktion von Variantenanzahl und Zahlungsbereitschaftstyp

Das in Abbildung 5.24 dargestellte Interaktionsdiagramm der Faktoren Variantenanzahl und Zahlungsbereitschaftstyp zeigt aufgrund der sich schneidenden Verbindungslinien keine ordinale Interaktion der beiden Faktoren. Da jedoch unabhängig vom Zahlungsbereitschaftstyp mit einer Variante eine größere GDB-Steigerung erzielt wird als mit segmentvielen Varianten, schneiden sich die Verbindungslinien nicht, wenn auf der X-Achse der ZB-Typ abgetragen wird. Es liegt daher eine hybride Interaktion vor, wodurch nur die Variantenan-

zahl, nicht jedoch der ZB-Typ einzeln interpretierbar ist. Gleichzeitig belegt das hohe Eta-Quadrat von 0,095, dass diese Interaktion einen mittleren Effekt auf den Bündelungserfolg ausübt und daher nicht zu vernachlässigen ist.

Abbildung 5.24 ist zunächst zu entnehmen, dass sich die Vorteilhaftigkeit der Zahlungsbereitschaftstypen mit der Variantenanzahl umkehrt. Für segmentviele Varianten ist es am vorteilhaftesten, wenn Zahlungsbereitschaften eine hohe Strukturähnlichkeit aufweisen (ZB-Typ III). Sind sie hingegen in ihrer Struktur sehr unähnlich, jedoch ähnlich in ihrem Niveau (ZB-Typ I), so kann durch Bündelung nur eine geringere Verbesserung gegenüber reinem Produktliniendesign erzielt werden. Wird stattdessen nur eine Variante angeboten, so sind eine unähnliche Zahlungsbereitschaftsstruktur und ein ähnliches Niveau von Vorteil. In Bezug auf Produktliniendesign wurden diese Effekte bereits diskutiert. Die Abbildung zeigt, dass Bündelung die Effekte verstärkt und gegenüber reinem Produktliniendesign bei einer Variante stärker von strukturähnlichen und bei segmentvielen Varianten stärker von niveauähnlichen Zahlungsbereitschaften profitiert.

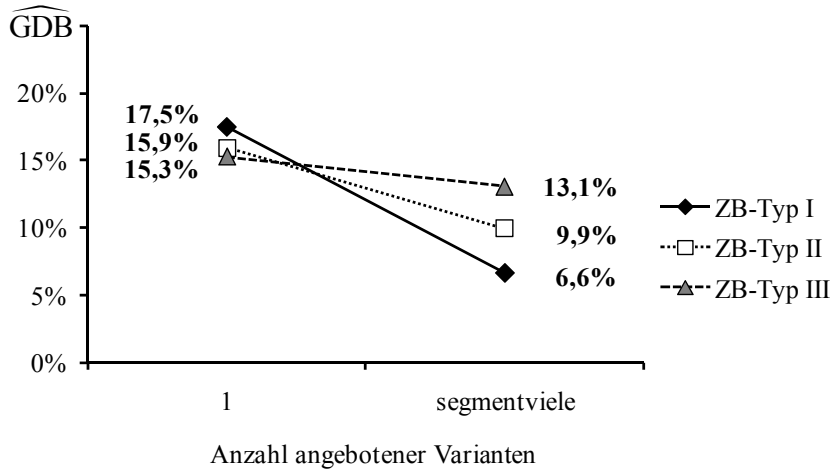


Abbildung 5.24: Interaktion der Faktoren Varianten und ZB-Typ bei simultaner Bündelung

Darüber hinaus ist zu erkennen, dass die Bedeutung des Zahlungsbereitschaftstyps ebenfalls von der Anzahl angebotener Varianten abhängt. So unterscheiden sich im 1-Varianten-Fall die durchschnittlichen GDB-Steigerungen nur leicht in Abhängigkeit des ZB-Typs, während bei vielen Varianten der Unterschied deutlich größer ist. Dies dürfte darin begründet liegen, dass im 1-Varianten-Fall nur ein kleiner Teil aller Ausprägungen verwendet und ein Großteil vernachlässigt

wird. Daher kommt die Strukturähnlichkeit der Zahlungsbereitschaften weniger stark zum Tragen und die Zahlungsbereitschaften unterscheiden sich weniger hinsichtlich des ZB-Typs.

Als letztes ist festzustellen, dass sehr strukturähnliche Zahlungsbereitschaften (ZB-Typ III) am geringsten auf die Variantenanzahl reagieren. Der Unterschied fällt mit 15,3 % und 13,1 % im Vergleich eher gering aus. Demgegenüber reagieren hinsichtlich ihrer Struktur sehr unähnliche Zahlungsbereitschaften (ZB-Typ I) deutlich stärker (17,5 % zu 6,6 %).

Interaktion von Variantenanzahl und Produktlinien

Das Interaktionsdiagramm in Abbildung 5.25 zeigt, dass sich die reinen Effekte eines breiten (große Anzahl Produktlinien) mit einem flachen (geringe Variantenanzahl) Produktprogramm gegenseitig verstärken und gemeinsam einen überproportionalen Effekt ausüben. Die Stärke dieses Effekts ist aufgrund eines Eta-Quadrats von 0,063 als mittelstark einzustufen.

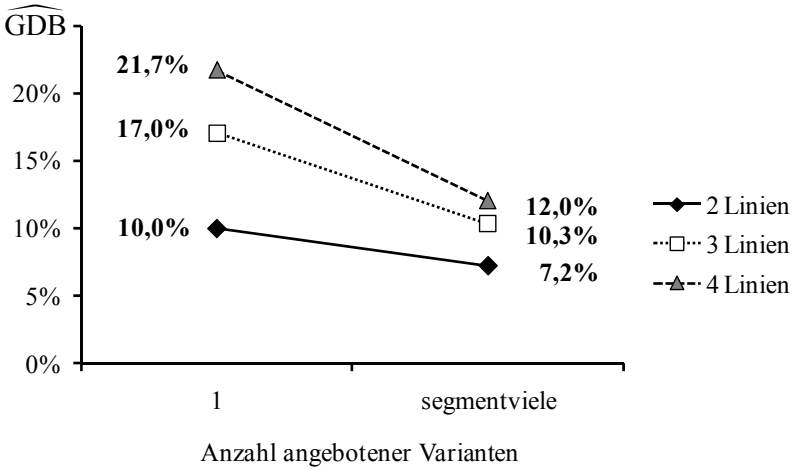


Abbildung 5.25: Interaktion der Faktoren Varianten und Linien bei simultaner Bündelung

Erhöht sich die durchschnittliche GDB-Steigerung durch Einbeziehung weiterer Produktlinien bei segmentvielen Varianten nur gering (+4,8 Prozentpunkte), so fällt der Unterschied bei einer Variante mit +11,7 Prozentpunkten deutlich größer aus. Gleiches gilt umgekehrt. Werden nur 2 Produktlinien betrachtet, ist der Unterschied zwischen einer und vielen Varianten eher gering (2,8 Prozentpunkte) während für 4 Produktlinien ein deutlicher Unterschied von 9,7 Prozentpunkten existiert. Beides resultiert aus der Tatsache, dass der Preis einer Variante so zu setzen ist, dass eine Vielzahl von Kunden diese Variante erwerben. Aufgrund

der fehlenden Differenzierungsmöglichkeiten wird aber ein Großteil der Zahlungsbereitschaften nicht genutzt. Durch Bündelung mehrerer Produkte kann eine indirekte Preisdifferenzierung durchgeführt und so der Gesamtdeckungsbeitrag gesteigert werden. Dies gelingt umso besser, je mehr Produkte zur Bündelung zur Verfügung stehen.

Interaktion von Variantenanzahl und Ausprägungen

Die Anzahl der Ausprägungen übt erst mit vielen Varianten einen nennenswerten Einfluss auf den Bündelungserfolg aus, wie Abbildung 5.26 belegt. Insgesamt ergibt sich ein kleiner Effekt mit einem Eta-Quadrat von 0,040.

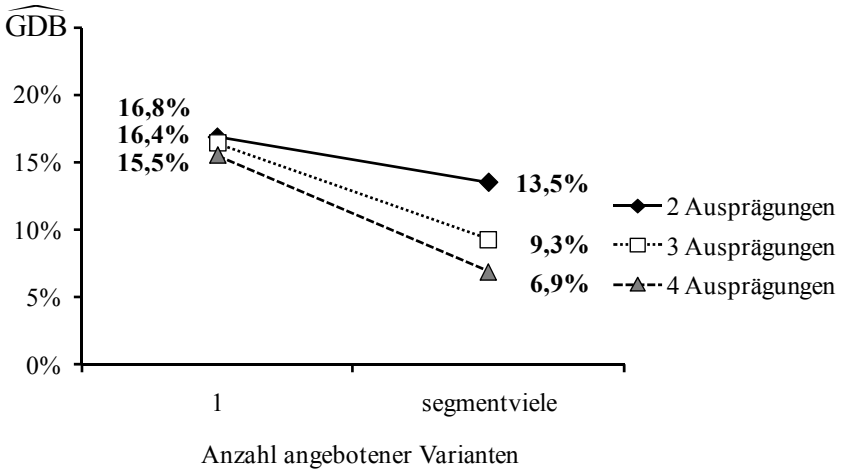


Abbildung 5.26: Interaktion der Faktoren Varianten und Ausprägungen bei simultaner Bündelung

Da im Falle einer Variante in jedem Merkmal tendenziell die Ausprägung mit der maximalen Differenz von durchschnittlicher Zahlungsbereitschaft der Kunden und Kosten gewählt wird, ist die Anzahl der übrigen Ausprägungen zu vernachlässigen. Erst wenn Produktdifferenzierung durch das Angebot mehrerer Varianten erfolgen soll, sind weitere Ausprägungen für das Produktliniendesign von Vorteil. Je mehr Ausprägungen zur Verfügung stehen, umso besser können die Kunden durch reines Produktliniendesign voneinander getrennt werden. Dies führt jedoch dazu, dass die mit Bündelung erzielbaren GDB-Steigerungen relativ gesehen geringer ausfallen.

Interaktion von Segmenten und Produktlinien

Wie Abbildung 5.27 zu entnehmen ist, übt die Kombination vieler Segmente mit vielen Linien einen überproportionalen Effekt auf den Bündelungserfolg aus. Mit einem Eta-Quadrat von 0,025 ist die Stärke dieses Effekts jedoch als eher gering einzustufen.

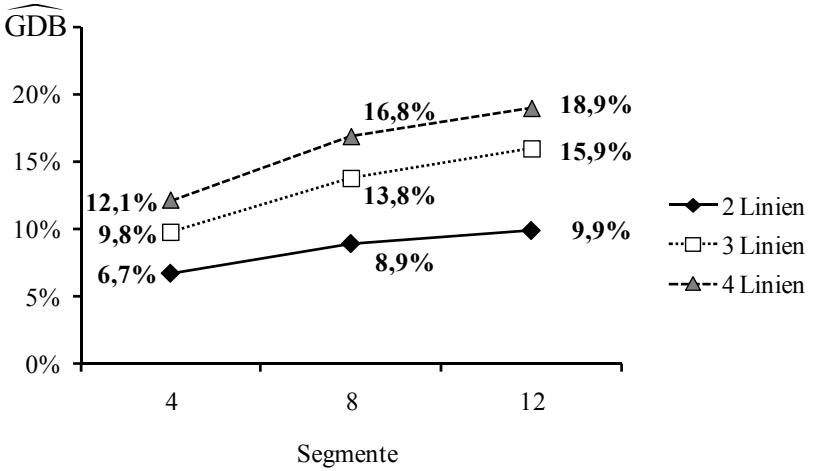


Abbildung 5.27: Interaktion der Faktoren Segmente und Linien bei simultaner Bündelung

Der Unterschied ergibt sich fast ausschließlich durch die Abweichung von dem jeweils minimalen Wert. So erhöht sich die GDB-Steigerung bei 2 Linien mit zunehmender Segmentanzahl weniger stark als bei 3 oder 4 Linien, welche wiederum fast identische Verläufe aufweisen. Gleiches gilt für die Segmente. So ist bei 4 Segmenten der Unterschied zwischen den durchschnittlich erzielbaren GDB-Steigerungen mit 5,4 Prozentpunkten deutlich anders als bei 8 bzw. 12 Segmenten mit 7,9 bzw. 9,0 Prozentpunkten.

Interaktion von Ausprägungen und Produktlinien

Für Produktprogramme mit 2 Linien gehen die mit zunehmender Anzahl an Ausprägungen erzielbaren GDB-Steigerungen nahezu linear zurück (vgl. Abbildung 5.28). Im Gegensatz dazu nimmt mit 3 oder 4 Linien die GDB-Steigerung von 2 auf 3 Ausprägungen deutlich stärker ab als eine Erhöhung der Anzahl von 3 auf 4 Ausprägungen. Aufgrund der bereits stark parallel verlaufenden Verbindungslinien ist der Einfluss dieser Interaktion jedoch gering, wie auch das Eta-Quadrat von 0,015 zeigt.

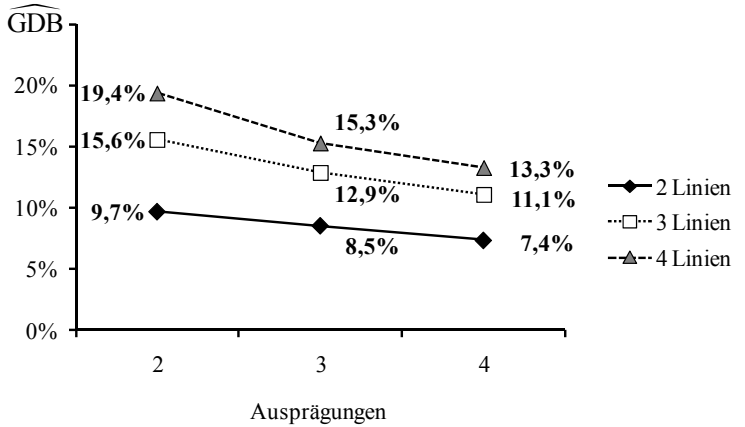


Abbildung 5.28: Interaktion der Faktoren Ausprägungen und Linien bei simultaner Bündelung

Interaktion von Zahlungsbereitschaftstyp und Ausprägungen

Abbildung 5.29 veranschaulicht den Einfluss des Zahlungsbereitschaftstyps auf den Bündelungserfolg in Abhängigkeit von der Anzahl an Ausprägungen. Für 2 Ausprägungen führen alle Zahlungsbereitschaftypen zu ähnlichen GDB-Steigerungen. Erst mit zunehmender Ausprägungsanzahl ergibt sich ein Einfluss des Zahlungsbereitschaftstyps. Der Interaktionseffekt ist jedoch eher gering (Eta-Quadrat von 0,015), was auch durch die Abbildung deutlich wird.

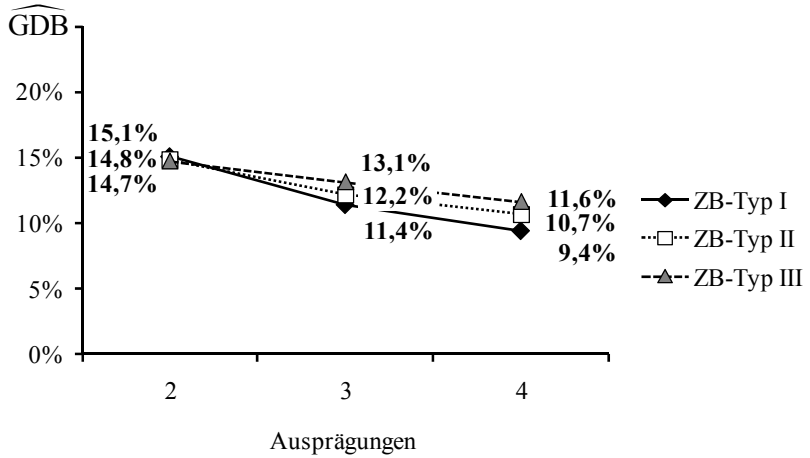


Abbildung 5.29: Interaktion der Faktoren Ausprägungen und ZB-Typ bei simultaner Bündelung

Interaktion von Variantenanzahl und Merkmale

Abbildung 5.30 zeigt, dass für Produkte mit 3 Merkmalen der Bündelungserfolg mit zunehmender Variantenvielfalt weniger stark zurückgeht als für Produkte mit 6 oder 9 Merkmalen.

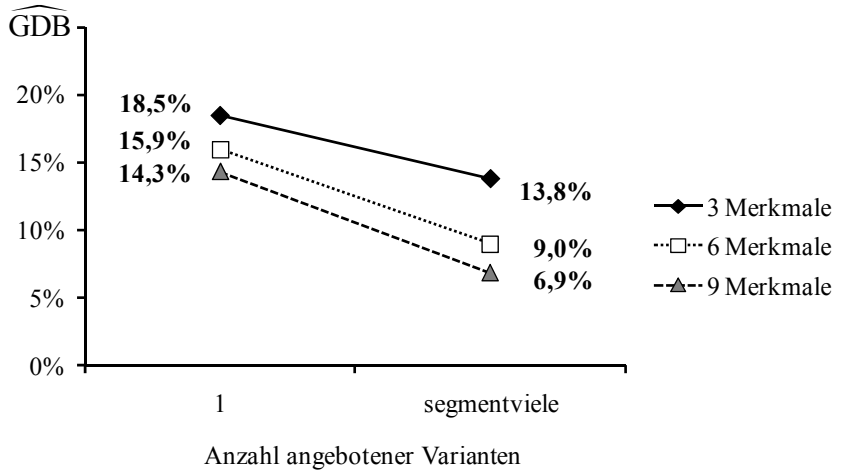


Abbildung 5.30: Interaktion der Faktoren Varianten und Merkmale bei simultaner Bündelung

Je mehr Merkmale vorliegen, umso mehr Varianten können gebildet werden. Werden Produkte durch 3 Merkmale beschrieben, kann jedoch bei gleichzeitigem Vorliegen von wenigen Ausprägungen und vielen Segmenten u.U. nicht für jedes Segment eine eigene Variante spezifiziert werden. Dadurch ist reines Produktliniendesign weniger in der Lage, Preise entsprechend der Zahlungsbereitschaften zu verlangen und so Zahlungsbereitschaften in Gesamtdeckungsbeiträge umzuwandeln. Werden hingegen Produkte durch mindestens 6 Merkmale beschrieben, sind unabhängig von der Ausprägungs- und Segmentanzahl ausreichend viele Varianten konfigurierbar. Aus diesem Grund weisen 6 und 9 Merkmale parallele Verläufe auf. Da sich der Effekt ausschließlich auf 3 Merkmale bezieht, ist er entsprechend gering, was auch durch das Eta-Quadrat von 0,012 deutlich wird.

Interaktion von Merkmale und Linienanzahl

Als letzte nicht vernachlässigbare Interaktion verdeutlicht Abbildung 5.31 den sehr schwachen Zusammenhang von Merkmals- und Linienanzahl. So nimmt relativ die Bedeutung zusätzlicher Linien mit zunehmender Merkmalsanzahl leicht ab. Die Ursache liegt in der Anzahl der Merkmale begründet. Werden

Produkte nur durch wenige Merkmale beschrieben, kann durch reines Produktliniendesign nur ein kleinerer Anteil der Zahlungsbereitschaft in Deckungsbeiträge umgewandelt werden. Bündelung ist hier vorteilhaft und zwar umso mehr, je mehr Produktlinien in die Bündelung einbezogen werden. Werden Produkte hingegen durch mehr Merkmale beschrieben, so wirkt sich die Anzahl der betrachteten Produktlinien weniger stark aus. Die fast parallelen Verläufe der Verbindungslinien zeigen jedoch, dass der Effekt nicht sonderlich stark ist. Dies wird durch das Eta-Quadrat von 0,011 bestätigt, nach dem diese Interaktion gerade noch als kleiner Effekt zu werten ist.

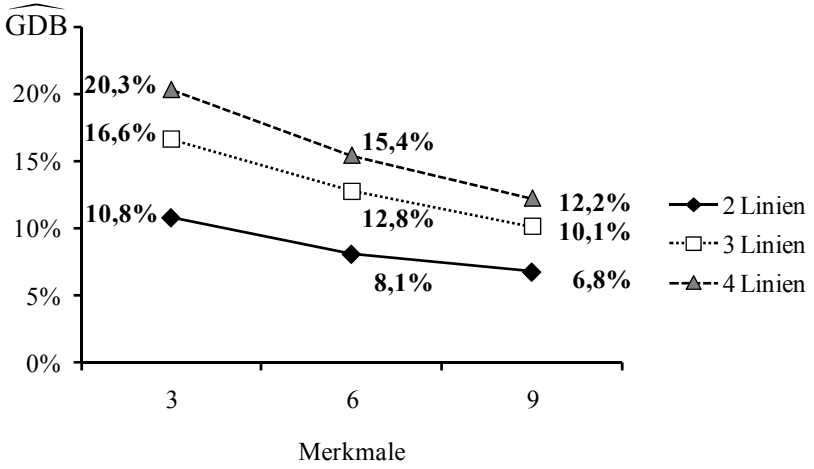


Abbildung 5.31: Interaktion der Faktoren Merkmale und Linien bei simultaner Bündelung

5.3.4 Analyse der Interaktionseffekte bei sequentieller Bündelung

Die Analyse der Interaktionseffekte, die im Rahmen sequentieller Bündelung auftreten, erfolgt analog zur Darstellung der Effekte bei simultaner Bündelung in der Reihenfolge ihrer Effektstärken. Generell ist jedoch anzumerken, dass die Stärke der Interaktionseffekte hier gegenüber simultaner Bündelung deutlich geringer ist. Die zugehörigen Eta-Quadrate reichen von 0,028 für den stärksten bis zu 0,017 für den schwächsten Effekt. Zum Vergleich, bei simultaner Bündelung schwankten die Eta-Quadrate zwischen 0,095 und 0,011. Da sich in vielen Fällen ähnliche Verläufe zeigen, können die Darstellungen knapper ausfallen und die Erläuterungen auf Diskussion der Unterschiede beschränkt werden.

Interaktion von Variantenanzahl und Zahlungsbereitschaftstyp

Auf den ersten Blick scheint Abbildung 5.32 eine im Vergleich zur simultanen Bündelung zwar identische, aufgrund des deutlich niedrigeren Eta-Quadrats von 0,028 jedoch weniger starke Interaktion der Faktoren Variantenanzahl und Zahlungsbereitschaftstyp zu belegen. Allerdings existiert ein gravierender Unterschied hinsichtlich der ZB-Typen II und III. Während sich bei simultaner Bündelung die Verbindungslinien schneiden, ergeben sich bei der sequentiellen Bündelung parallele Verläufe.

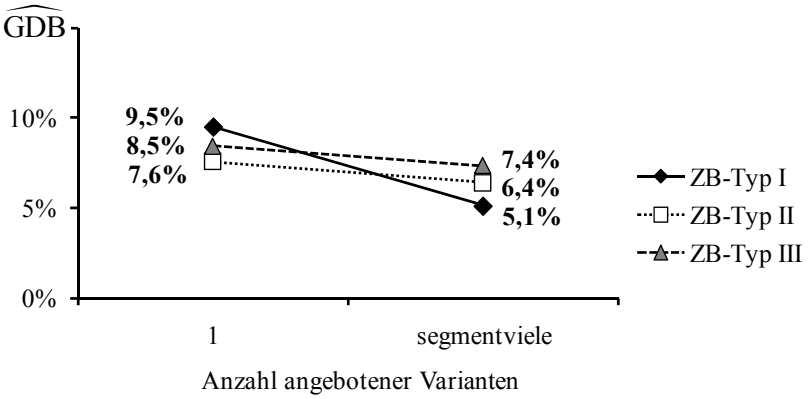


Abbildung 5.32: Interaktion der Faktoren Varianten und ZB-Typ bei sequentieller Bündelung

Da sich Zahlungsbereitschaften vom Typ II und III zwar hinsichtlich ihrer Strukturähnlichkeit unterscheiden, hier ihre Verbindungslinien jedoch parallel verlaufen, kann bei sequentieller Bündlung unterschiedliche Strukturähnlichkeit nicht die Ursache für die Interaktion von Variantenanzahl und Zahlungsbereitschaftstyp sein. Der Effekt ist daher auf unterschiedliche Niveauähnlichkeiten zurückzuführen.

Interaktion von Variantenanzahl und Linienanzahl

Die Interaktion von Variantenanzahl und Anzahl betrachteter Produktlinien unterscheidet sich in ihrer Art nicht von der Interaktion im Rahmen simultaner Bündelung (vgl. Abbildung 5.33). Der Effekt ist jedoch weniger stark ausgeprägt (Eta-Quadrat von 0,027) und für 2 Linien ist die Anzahl angebotener Varianten sogar fast unerheblich (4,4 % im Vergleich zu 4,1 %).

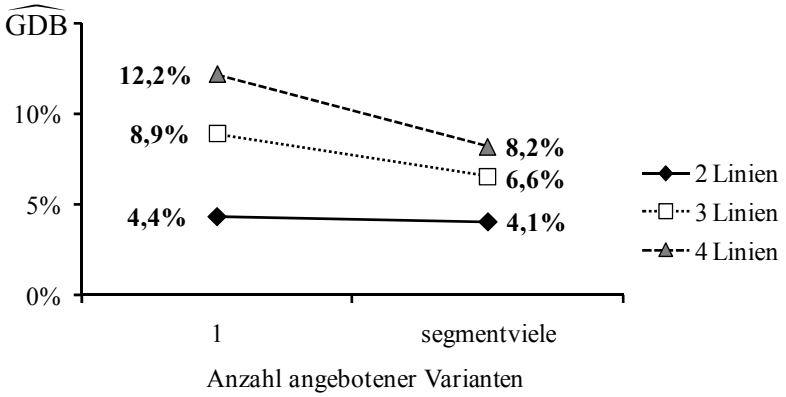


Abbildung 5.33: Interaktion der Faktoren Varianten und Linien bei sequentieller Bündelung

Interaktion von Segmenten und Produktlinien

Abbildung 5.34 zeigt, dass sich die Interaktionseffekte von Segmenten und Produktlinien beider Bündelungsformen entsprechen. Gleiches gilt für die Effektstärke, da das Eta-Quadrat hier mit 0,023 nur geringfügig niedriger ist.

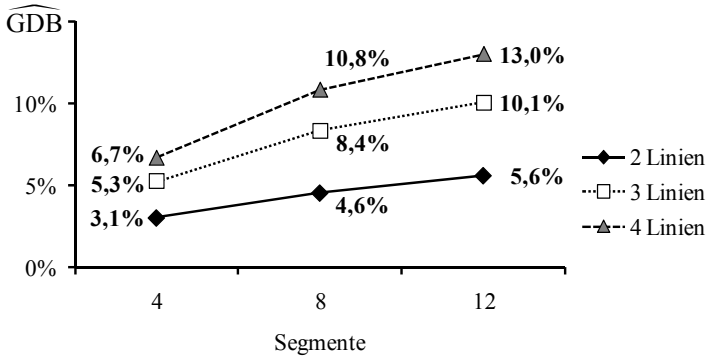


Abbildung 5.34: Interaktion der Faktoren Segmente und Linien bei sequentieller Bündelung

Interaktion von Merkmalen und Produktlinien

Gemäß Abbildung 5.35 ergeben sich für die Interaktion von Merkmalen und Produktlinien keine Unterschiede zur simultanen Bündelung. Die Stärke des Effekts ist hier jedoch aufgrund des Eta-Quadrats von 0,023 ca. doppelt so hoch wie der gleiche Effekt bei simultaner Bündelung.

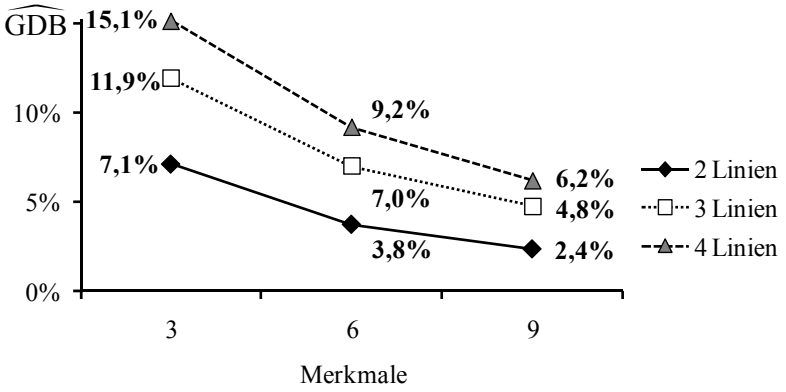


Abbildung 5.35: Interaktion der Faktoren Merkmale und Linien bei sequentieller Bündelung

Interaktion von Ausprägungen und Produktlinien

Auch hinsichtlich der Interaktion von Ausprägungen und Produktlinien sind keine Unterscheide zur simultanen Bündelung festzustellen, wie Abbildung 5.36 zeigt. Die Effektstärke ist mit einem Eta-Quadrat von 0,021 im Vergleich zu einem Eta-Quadrat von 0,015 etwas größer einzustufen.

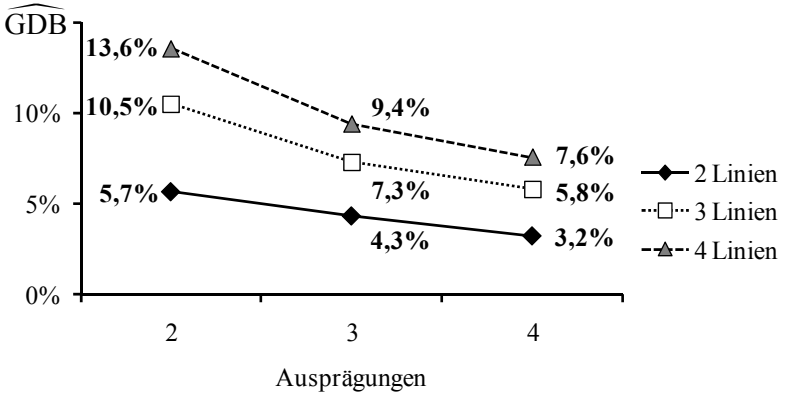


Abbildung 5.36: Interaktion der Faktoren Ausprägungen und Linien bei sequentieller Bündelung

Interaktion von Variantenanzahl und Ausprägungen

Die Interaktionseffekte von Variantenanzahl und Ausprägungen sind für beide Bündelungsformen sehr ähnlich. Der Effekt ist hier jedoch deutlich schwächer.

Für sequentielle Bündelung ergibt sich ein Eta-Quadrat von 0,018, während für simultane Bündelung ein Eta-Quadrat von 0,040 resultiert.

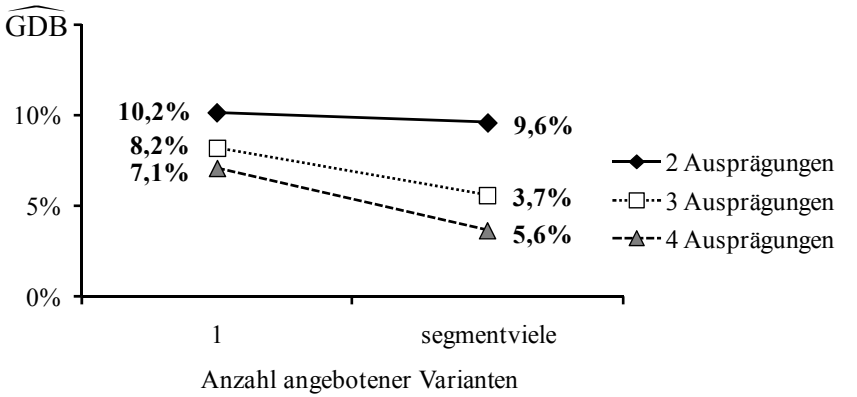


Abbildung 5.37: Interaktion der Faktoren Varianten und Ausprägungen bei sequentieller Bündelung

Interaktion von Merkmalen und Segmenten

Im Gegensatz zur simultanen Bündelung zeigt Abbildung 5.38, dass hier mit zunehmender Merkmalsanzahl die Bedeutung der Segmentanzahl für den Bündelungserfolg abnimmt. Die Interaktion ergibt sich jedoch weitestgehend aus dem 4-Segmentfall, da dieser deutlich anders verläuft als die beiden anderen Fälle. Die Effektstärke ist dementsprechend gering (Eta-Quadrat von 0,017).

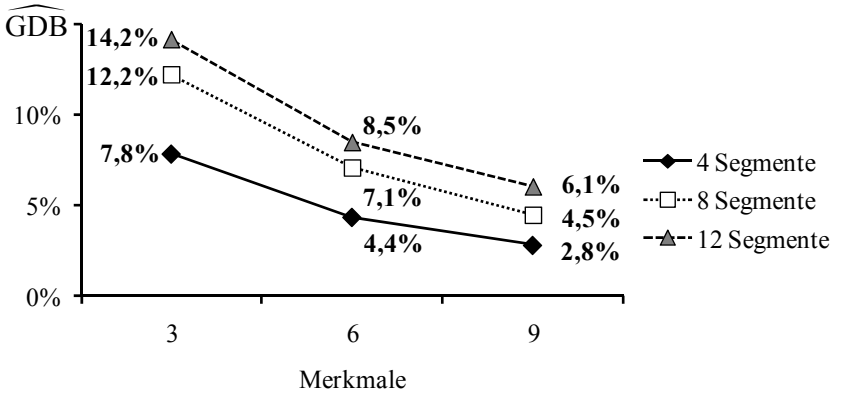


Abbildung 5.38: Interaktion der Faktoren Merkmale und Segmente bei sequentieller Bündelung

5.4 Zusammenfassung und kritische Würdigung

Ausgangspunkt der Wirkungs- und Erfolgsfaktorenanalyse war die Frage nach der Generalisierbarkeit der in Kapitel 4 anhand eines Beispiels erzielten Erkenntnisse. Insbesondere sollten vier Fragen geklärt werden: Erstens, mit welchen Gesamtdeckungsbeitragssteigerungen durch sequentielle und simultane Bündelung im Vergleich zum reinen Produktliniendesign in der Unternehmenspraxis zu rechnen ist. Zweitens, worin Gesamtdeckungsbeitragssteigerungen begründet liegen, drittens, welche Umweltfaktoren den Erfolg positiv beeinflussen und viertens, welche Auswirkungen sich durch sequentielle und simultane Bündelung für Kunden und Gesamtwohlfahrt ergeben.

Die Beantwortung dieser Fragen erfolgte anhand einer umfangreichen experimentellen Studie mit generierten Daten. Aufbau und Ablauf der Studie sowie die Varianzanalyse zur statistischen Auswertung sind in Kapitel 5.1 erläutert worden. Zur Vergleichbarkeit unterschiedlicher Instanzen wurden nicht die erzielten Gesamtdeckungsbeiträge, sondern einerseits GDB-Steigerungen im Vergleich zum reinen Produktliniendesign und andererseits der Anteil der Gesamtdeckungsbeiträge an der in einer Instanz maximal möglichen Wohlfahrt verwendet. In der Untersuchung wurden sechs Messgrößen für die drei Umweltfaktoren Produktkomplexität (Merkmale, Ausprägungen), Programmbreite & -tiefe (Linien, Varianten) und Marktheterogenität (Segmente, ZB-Typ) erfasst. Die konkrete Erzeugung von Kosten und Zahlungsbereitschaften ist in Kapitel 5.2 ausführlich dargestellt worden. Daneben wurde die Ähnlichkeit der Zahlungsbereitschaften aufgrund des Generierungsprozesses diskutiert. Die Ähnlichkeit ergibt sich zum einen aufgrund der Zahlungsbereitschaftsstruktur, zum anderen aufgrund des Zahlungsbereitschaftsniveaus. Zahlungsbereitschaften vom Typ I basieren zum überwiegenden Teil auf einer kundenindividuellen Präferenzreihenfolge, Zahlungsbereitschaften vom Typ III überwiegend auf den Kosten und Zahlungsbereitschaften von Typ II vereinen beide Prinzipien. Dementsprechend sind gemessen an ihrer Struktur Zahlungsbereitschaften vom Typ I sehr unähnlich und Zahlungsbereitschaften vom Typ III sehr ähnlich. Hinsichtlich des Zahlungsbereitschaftsniveaus besitzen bei Typ I alle Kunden ein identisches Niveau, während bei den anderen beiden Typen unterschiedliche Nutzertypen existieren und Zahlungsbereitschaften unterschiedliche Niveaus aufweisen.

Nach Auswertung der 468 unterschiedliche Settings und 4.680 unabhängige Instanzen umfassenden Studie ist festzuhalten, dass mit sequentieller Bündelung Gesamtdeckungsbeiträge durchschnittlich um 7,4 % und mit simultaner Bündelung durchschnittlich um 13,1 % gegenüber reinem Produktliniendesign gesteigert werden können. Die Analyse zeigte aber auch die große Bandbreite möglicher GDB-Steigerungen. So existieren Fälle, in denen keine Steigerung zu erzie-

len ist, jedoch auch solche, in denen Steigerungsraten von über 40 % möglich sind. Maximal ergab sich in der Studie durch simultane Bündelung eine Steigerung von 56,9 % im Vergleich zum reinen Produktliniendesign. Der Vergleich der Verteilungen zeigte, dass mit sequentieller Bündelung nicht nur durchschnittlich geringere Steigerungsraten, sondern im Vergleich zu simultaner Bündelung auch weitaus häufiger nur sehr geringe (< 2%) oder gar keine Steigerungen einhergehen. Dies zeigt, dass simultane Bündelung trotz des höheren Optimierungsaufwands der sequentiellen Bündelung vorzuziehen ist. In vielen Fällen wird die Gesamtdeckungsbeitragssteigerung den zusätzlichen Optimierungsaufwand mehr als kompensieren, wodurch das Konzept simultaner Bündelung nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Unternehmenspraxis einsetzbar ist.

Die Studie bestätigte die in Kapitel 4 erzielten Erkenntnisse hinsichtlich des Ursprungs der GDB-Steigerungen. Die Steigerungen resultieren sowohl aus einer besseren Abschöpfung der Zahlungsbereitschaft als auch aus einer Reduzierung des Effizienzverlustes. Während der Erfolg simultaner Bündelung gleich stark auf beide Ursachen zurückzuführen ist, basiert sequentielle Bündelung verstärkt auf einer besseren Abschöpfung der Zahlungsbereitschaft und weniger auf einer Reduzierung des Effizienzverlustes, was in der unterschiedlichen Beeinflussbarkeit des Produktdesigns begründet liegt. Im Durchschnitt steigt jedoch unabhängig von der Bündelungsform die Gesamtwohlfahrt. Vor diesem Hintergrund ist Bündelung daher auch dann einsetzbar, falls die Konsumentenrente der Kunden konstant gehalten werden soll. Darüber hinaus zeigt die Analyse aber auch, dass Fälle existieren, in denen Bündelung nicht nur zu einer Steigerung des Gesamtdeckungsbeitrags, sondern auch zu einer Steigerung der Konsumentenrente führt. In diesen Fällen ist Bündelung aus Kundensicht nicht nur tolerierbar, sondern sogar wünschenswert.

Zur Identifikation der Erfolgsfaktoren sind zwei Varianzanalysen durchgeführt worden. Aufgrund des hohen Stichprobenumfangs ist ein Großteil der Haupt- und Interaktionseffekte 1. Ordnung signifikant, sodass zur Beurteilung die Effektstärken gemessen mit partiellen Eta-Quadraten herangezogen wurden. Die *Erfolgsfaktoren simultaner Bündelung* und ihre Interaktionen sind zusammenfassend in Tabelle 5.9 dargestellt.

Es zeigt sich, dass Produktprogrammbreite und –tiefe die mit Abstand wichtigsten Erfolgsfaktoren sind. Je mehr unterschiedliche Produktlinien in die Bündelung einbezogen und je weniger Varianten pro Produktlinie angeboten werden, umso größer ist der Erfolg simultaner Bündelung im Vergleich zum Produktliniendesign. Simultane Bündelung sollte daher vor allem von den Unternehmen eingesetzt werden, die zur Befriedigung unterschiedlicher Kundenbedürfnisse unterschiedliche Produkte anbieten, jedoch aufgrund bspw. von

Komplexitätskosten jeweils nur wenige Varianten anbieten möchten. Hinsichtlich der Anzahl betrachteter Linien zeichnet sich jedoch ein leicht abnehmender Effekt ab, sodass durch die Einbeziehung weiterer Produkte in die Bündelung immer geringere Steigerungen zu erzielen sein werden. An dritter Stelle folgt Marktheterogenität gemessen durch die Anzahl der Segmente, welche einen starken positiven Effekt auf den Bündelungserfolg ausübt. Je segmentierter der Gesamtmarkt ist, umso größer ist der Erfolg. Der Effekt ist jedoch stark abnehmend, sodass im Vergleich zur Studie noch stärker segmentierte Märkte nur geringfügig größere GDB-Steigerungen aufweisen werden. Simultane Bündelung bietet sich damit vor allem in stark segmentierten Märkten an.

Tabelle 5.9: Erfolgsfaktoren simultaner Bündelung und ihre Interaktion

Faktor B / **Faktor A**	Merk	Ausp	Lin	Var	Seg	ZB-Typ
Merkmale	**4.** ---		BA	BZ		
Ausprägungen		**5.** --	BA	BZ		BZ
Linien	BZ	BZ	**1.** +++	**BZ**	BZ	
Varianten	BZ	BZ	**BA**	**2.** ---		**BZ**
Segmente			BZ		**3.** +++	
ZB-Typ		BA		**BA**		**6.** ?

+ kl. pos. Effekt	- kl. neg. Effekt	? Effekt nicht einzeln interpretierbar
++ m. pos. Effekt	-- m. neg. Effekt	BA/BZ Bedeutungsab- bzw. -zunahme
+++ gr. pos. Effekt	--- gr. neg. Effekt	**BA/BZ** mittlerer Effekt

Die Produktkomplexität gemessen an der Anzahl der beschreibenden Merkmale und Ausprägungen stellen die nächsten Erfolgsfaktoren dar. Sowohl die Anzahl der Merkmale als auch die Anzahl der Ausprägungen üben einen starken bzw. mittleren negativen Effekt auf den Bündelungserfolg aus. Je größer die Produktkomplexität, umso geringer ist der Bündelungserfolg. Der Einfluss der Merkmale übersteigt den der Ausprägungen deutlich, da zusätzliche Merkmale die Anzahl möglicher Produktvarianten zwar weniger stark steigen lassen, jedoch mehr Möglichkeiten zur Produktdifferenzierung bieten. In beiden Fällen ist der Effekt jedoch abnehmend. Simultane Bündelung ist vor diesem Hintergrund vor allem für die Unternehmen interessant, deren Produkte durch wenige kaufrelevante

Merkmale und Ausprägungen beschrieben werden. Die Marktheterogenität, gemessen an der Struktur der Zahlungsbereitschaft, stellt schließlich den letzten Erfolgsfaktor dar. Im Gegensatz zu allen anderen, kann dieser Faktor aufgrund der hybriden Interaktion mit der Produktprogrammtiefe nicht einzeln interpretiert werden. Werden viele Varianten angeboten, so ist die Struktur der Zahlungsbereitschaften durchaus für den Bündelungserfolg relevant. Es zeigt sich, dass in diesem Fall die Bündelung umso erfolgreicher ist, je strukturähnlicher, jedoch niveauverschiedener die Zahlungsbereitschaften sind. Werden hingegen nur wenige Varianten angeboten, so kehrt sich die Reihenfolge um. Die Bündelung ist umso erfolgreicher, je unähnlicher sich die Zahlungsbereitschaften hinsichtlich ihrer Struktur und je ähnlicher sie sich hinsichtlich ihres Niveaus sind. Zusätzlich zeigt sich, dass die Bedeutung des Zahlungsbereitschaftstyps mit der Anzahl angebotener Varianten abnimmt.

Die Erfolgsfaktoren üben jedoch nicht nur einzeln, sondern aufgrund ihrer Interaktionen auch gemeinsam einen Einfluss auf den Bündelungserfolg aus. Durch ordinale Interaktionen verstärken (reduzieren) hohe Ausprägungen eines Faktors A die Bedeutung eines anderen Faktors B, was als Bedeutungszunahme (Bedeutungsabnahme) interpretiert werden kann. Aus Tabelle 5.9 ist bspw. ersichtlich, dass durch eine hohe Anzahl betrachteter Linien die Bedeutung der Merkmalsanzahl zunimmt. Dies bedeutet, dass bei breiten Produktprogrammen der Bündelungserfolg stärker durch die Merkmalsanzahl beeinflusst wird als bei engen Produktprogrammen. Anders herum führt eine hohe Merkmalsanzahl zu einer Bedeutungsabnahme der Linienanzahl. Die übrigen Interaktionseffekte sind analog zu interpretieren. Mit Ausnahme der Interaktion von Varianten- und Linienanzahl sowie Variantenanzahl und ZB-Typ handelt es sich um kleine Interaktionseffekte.

Grundsätzlich üben die Umweltfaktoren einen ähnlichen Einfluss auf den Erfolg sequentieller Bündelung aus. Es existieren jedoch einige Unterschiede in der Effektstärke und damit in der Reihenfolge ihrer Bedeutung. Zusammenfassend sind die *Erfolgsfaktoren sequentieller Bündelung* gemeinsam mit ihren Interaktionen in Tabelle 5.10 dargestellt.

Die bedeutendsten Erfolgsfaktoren der sequentiellen Bündelung sind die Anzahl der Merkmale und die Anzahl betrachteter Linien. Sequentielle Bündelung sollte daher von den Unternehmen in Betracht gezogen werden, die viele unterschiedliche, jedoch durch wenige Merkmale beschriebene Produkttypen anbieten. Mit deutlichem Abstand hinsichtlich der Effektstärke folgen die Faktoren Segment- und Ausprägungsanzahl. In stärker segmentierten Märkten ist sequentielle Bündelung erfolgreicher, auch wenn der Zuwachs mit zunehmender Segmentanzahl stark abnimmt. Im Gegensatz zur simultanen Bündelung übt die Anzahl an Ausprägungen einen großen Einfluss auf den Erfolg sequentieller

Bündelung aus. Der unterschiedlich hohe Einfluss der Produktkomplexität auf die beiden Bündelungsformen ist durch die Beeinflussbarkeit des Produktdesigns zu erklären. Die sequentielle Bündelung setzt voraus, dass die anzubietenden Varianten bereits spezifiziert wurden. Es ist daher wenig überraschend, dass unabhängig von der Produktkomplexität durch sequentielle Bündelung ungefähr ein gleich hoher GDB-Anteil an der Gesamtwohlfahrt erreicht wird. Da jedoch reines Produktliniendesign durch weitere Merkmale und Ausprägungen erfolgreicher ist, fällt die erzielte Steigerung relativ gesehen schwächer aus.

Tabelle 5.10: Erfolgsfaktoren sequentieller Bündelung und ihre Interaktion

Faktor B **Faktor A**	Merk	Ausp	Lin	Var	Seg	ZB-Typ
Merkmale	**1.** ---		BA		BA	
Ausprägungen		**4.** ---	BA	BZ		
Linien	BZ	BZ	**2.** +++	BZ	BZ	
Varianten		BZ	BA	**5.** -		?
Segmente	BZ		BZ		**3.** +++	
ZB-Typ				?		

+ kl. pos. Effekt	- kl. neg. Effekt	? Effekt uneinheitlich
++ m. pos. Effekt	-- m. neg. Effekt	BA/BZ Bedeutungsab- bzw. -zunahme
+++ gr. pos. Effekt	--- gr. neg. Effekt	**BA/BZ** mittlerer Effekt

Ebenfalls im Gegensatz zur simultanen Bündelung übt die Anzahl der angebotenen Varianten nur einen geringen Einfluss auf die sequentielle Bündelung aus. Während der Erfolg simultaner Bündelung mit Abnahme der Variantenanzahl deutlich zunimmt, erhöht sich der Erfolg sequentieller Bündelung nur leicht. Dies liegt ebenfalls im fehlenden Einfluss auf das Produktdesign begründet. Ist der Einfluss des Zahlungsbereitschaftstyps auf die simultane Bündelung bereits nur schwach ausgeprägt, ist er für sequentielle Bündelung kaum wahrnehmbar. Allerdings gilt dies nur für den reinen Einfluss. Die Interaktion der Zahlungsbereitschaft mit der Variantenanzahl stellt in der sequentiellen Bündelung einen nicht zu vernachlässigen Interaktionseffekt dar. Werden viele Varianten angeboten, so sind strukturähnliche, aber niveauunähnliche Zahlungsbereitschaften von Vorteil. Wird hingegen nur eine Variante pro Linie angeboten, so führen extre-

me Zahlungsbereitschaften (Typ I und Typ III) zu besseren Ergebnissen als ausgeglichenere Zahlungsbereitschaften. Die übrigen Interaktionseffekte können analog zu den Interaktionseffekten der simultanen Bündelung interpretiert werden.

Bisher wurde ausgiebig analysiert, welche Umweltfaktoren den Erfolg simultaner und sequentieller Bündelung im Vergleich zum reinen Produktliniendesign am stärksten begünstigen. Es bleibt jedoch zu klären, wie die beide Bündelungsformen im direkten Vergleich zu beurteilen sind. Durchschnittlich wird durch simultane Bündelung der Gesamtdeckungsbeitrag um 5,3 % gegenüber sequentieller Bündelung gesteigert. Der Einfluss der Umweltfaktoren ist gering, da getrennt nach einzelnen Realisationen die Steigerung zwischen 4,2 % und 6,0 % beträgt. Es existiert jedoch eine Ausnahme: Werden viele Varianten angeboten, so kann durch simultane Bündelung im Durchschnitt der Gesamtdeckungsbeitrag nur um 3,3 % gegenüber sequentieller Bündelung gesteigert werden, wohingegen im 1-Varianten-Fall eine Steigerung von durchschnittlich 7,2 % möglich ist. Dies zeigt, dass gerade wenige Varianten optimal im Hinblick auf Bündelung zu gestalten sind, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen. Ein Anbieter sollte sequentielle Bündelung daher nur in Betracht ziehen, wenn er viele Varianten anbieten möchte, da mit zunehmender Einschränkung der Variantenvielfalt der Unterschied zwischen simultaner und sequentieller Bündelung größer wird. Simultane Bündelung hingegen sollte vor allem dann eingesetzt werden, wenn die Anzahl anzubietender Varianten im Vergleich zur Segmentanzahl klein ist. In diesem Fall würde durch den Verzicht einer an die Bündelung angepassten Produktgestaltung ein Großteil der erzielbaren Gesamtdeckungsbeiträge nicht realisiert werden.

Die durchgeführte Analyse ergab zum einen, mit welchen Auswirkungen auf Produzenten- und Konsumentenrente sowie Gesamtwohlfahrt der Einsatz der Bündelung verbunden ist, zum anderen wie stark die unterschiedlichen Umweltfaktoren den Bündelungserfolg beeinflussen. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich hier um eine Experimentalstudie mit generierten Daten handelt. Eine Überprüfung anhand realer Daten wäre daher wünschenswert. Die R^2 zeigten zudem, dass zwar ein Großteil, nicht jedoch die gesamte Varianz durch die untersuchten Umweltfaktoren zu erklären ist. Unter Umständen existieren daher weitere bisher nicht identifizierte Faktoren. Desweiteren sind mit maximal drei Realisationen pro Umweltfaktor die getroffenen Aussagen hinsichtlich der Effektzu- bzw. –abnahme etwas zu relativieren. Die sich nach den Daten abzeichnenden Verläufe sollten daher zur Sicherheit durch eine umfangreichere Studie mit mehr Realisationen verifiziert werden. Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass die geführte Diskussion hinsichtlich der Vorteilhaftigkeit simultaner und sequentieller Bündelung nur sinnvoll ist, wenn die Umweltfaktoren im Rahmen der Pro-

duktprogrammoptimierung nicht durch den Entscheidungsträger beeinflussbar sind. Zur Beeinflussbarkeit der Produktkomplexität durch den Anbieter ist anzuführen, dass letztendlich nicht die vom Anbieter beeinflussbaren technischen Merkmale und Ausprägungen entscheidend sind, sondern die Merkmale und Ausprägungen, die Kunden im Kaufprozess zur Unterscheidung und Bewertung der Alternativen heranziehen. Damit wird die Produktkomplexität weitestgehend durch die Kunden vorgegeben. Gleiches gilt für die Markheterogenität. Segmente sind so zu bilden, dass die in einem Segment enthaltenen Kunden ähnliche Verhaltensweisen aufweisen.[327] Ein Zusammenfügen von Segmenten mit dem Ziel der Reduzierung der Segmentzahl widerspricht hingegen diesem Ziel. Ein Anbieter hat daher so viele Segmente zu bilden, wie aufgrund der Marktheterogenität vorgegeben sind. Es ist jedoch seine Entscheidung, ob er alle bedienen möchte. Am ehesten sind im Rahmen der Produktprogrammoptimierung die Faktoren Produktprogrammbreite und –tiefe beeinflussbar. Wie in Kapitel 2.1.3 dargelegt, zählt die Bestimmung der Programmbreite zur strategischen Programmplanung und ist damit im Vorfeld der Produktprogrammoptimierung festzulegen. Die Entscheidung über die Programmtiefe kann sowohl im Rahmen strategischer als auch operativer Programmplanungen erfolgen. Wird sie letzterer zugeordnet, so kann sie zusammen mit der Produktprogrammoptimierung festgelegt werden. Als unternehmerische Entscheidungsvariable sollte sie jedoch nicht im Hinblick auf einen möglichst großen Bündelungserfolg gewählt werden. Der große Erfolg simultaner Bündelung im 1-Varianten-Fall ergibt sich aufgrund eines Vergleichs mit reinem Produktliniendesign. Mit einem Angebot vieler Varianten sinkt zwar der relative Bündelungserfolg, jedoch werden absolut gesehen höhere Gesamtdeckungsbeiträge erzielt. Daher sollten für alle beeinflussbaren Faktoren die Werte gewählt werden, mit denen absolut gesehen die höchsten Gesamtdeckungsbeiträge erzielbar sind und nicht die Werte, die zu größtmöglichen Steigerungen im Vergleich zum Produktliniendesign führen.

Die Studie zeigte, dass sequentielle und simultane Bündelung in einer Vielzahl von Fällen signifikante Steigerungen der Gesamtdeckungsbeiträge ermöglichen. Es wurde jedoch stets unterstellt, dass alle benötigten Informationen mit Sicherheit beschafft werden können. In der Unternehmenspraxis ist diese Annahme jedoch nicht aufrechtzuerhalten. Die Diskussion des Umgangs mit diesen unsicheren Informationen sowie ein Vorschlag für eine robuste Entscheidungsunterstützung zur Bewältigung dieser Unsicherheit erfolgt im anschließenden Kapitel 6.

327 Vgl. die Ausführungen in Kapitel 2.2.2.

6 Robuste Entscheidungsunterstützung zur Produktprogrammoptimierung unter Unsicherheit

In den bisherigen Kapiteln wurde davon ausgegangen, dass der Anbieter alle zur Produktprogrammgestaltung notwendigen Informationen mit Sicherheit kennt. Basierend auf dieser Annahme wurden in Kapitel 4 Entscheidungsunterstützungsmodelle zur sequentiellen und simultanen Bündelung entwickelt. Da jedoch üblicherweise nicht von vollständiger Kenntnis aller Informationen ausgegangen werden kann, ist der Einsatz der entwickelten Modelle und Methoden nicht ohne Weiteres in der Unternehmenspraxis möglich. Die Informationsunsicherheit führt zu der Forderung von Entscheidungsträgern nach guten Programmvorschlägen unabhängig von den konkreten Daten, eine Eigenschaft, die auch als Robustheit bezeichnet wird. Zur Bewältigung dieser Unsicherheit wird daher ein Verfahren zur Ermittlung robuster Produktprogramme entwickelt (vgl. Abbildung 6.1).

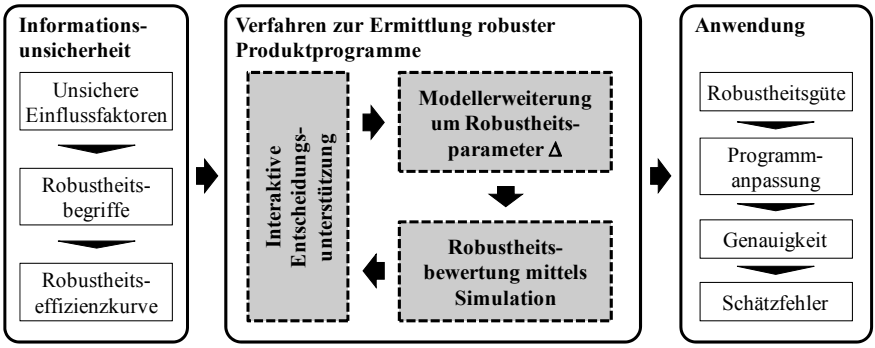


Abbildung 6.1: Aufbau des sechsten Kapitels

Durch Erweiterung der Modelle um den Robustheitsparameter Δ werden robuste Programmvorschläge identifiziert und deren Robustheit mittels Simulation bewertet. Eingebettet in ein interaktives Entscheidungsunterstützungssystem werden dem Entscheidungsträger alle effizienten Programme in einer Robustheitseffizienzkurve dargestellt, von denen er entsprechend seiner Risikoeinstellung eines auswählen und umsetzen kann. Der Einsatz wird exemplarisch an dem aus Kapitel 4 bekannten Anwendungsbeispiel demonstriert und anhand dessen Robustheitsgüte, vorgenommene Programmanpassungen sowie der Einfluss der Güte der Zahlungsbereitschaftsschätzungen untersucht. Die Ausführungen enden mit einer Bewertung der praktischen Einsetzbarkeit des Verfahrens.

6.1 Unsicherheit und robuste Entscheidungsunterstützung

6.1.1 Unsicherheit in der Produktprogrammoptimierung

Im Grunde können alle in den Optimierungsmodellen als Parameter verwendete Informationen mit Unsicherheit behaftet sein. Die Unsicherheit kann sowohl durch unternehmensinterne als auch -externe Quellen hervorgerufen werden. Einen Überblick über unsichere Einflussfaktoren sowie deren Unsicherheitsquellen ist Tabelle 6.1 zu entnehmen.

Tabelle 6.1: Unsichere Einflussfaktoren bei der Gestaltung von Produktprogrammen

Unsicherer Einflussfaktor	Intern	Extern
Merkmale und Ausprägungen		x
Kosten	x	
Segmentgröße		x
Zahlungsbereitschaft		x

Welche Merkmale und Ausprägungen für Kunden kaufrelevant sind, ist ex ante unbekannt und daher durch geeignete Methoden der Marktforschung zu erheben und auszuwählen.[328] Ein Fehler in der Erhebung kann zu Verzerrungen der Zahlungsbereitschaftsschätzung und damit zu fehlerhaften Prognosen des Kundenverhaltens führen.[329] Allerdings sind Präferenzen in begrenztem Umfang zeitlich stabil,[330] sodass auch von einer stabilen Kaufrelevanz von Merkmalen und Ausprägungen ausgegangen werden kann. Dies bedeutet, dass Kunden in identischen Kaufsituationen identische Merkmale zur Produktwahl heranziehen, auch wenn deren Bedeutungen schwanken können. Die Relevanz ist erneut zu prüfen, wenn dem Produkttyp durch das Unternehmen oder einem Wettbewerber technisch weitere Merkmalsausprägungen hinzugefügt oder durch Marketingaktivitäten Merkmale zur Wettbewerbsdifferenzierung hervorgehoben wurden. Durch die Möglichkeit zur Bestimmung stabiler, kaufrelevanter Merkmale und Ausprägungen ist die Unsicherheit dieses Einflussfaktors als eher gering einzustufen.

Kosten stellen einen wesentlichen internen Unsicherheitsfaktor dar, da zum Zeitpunkt der Produktprogrammoptimierung die durch Wahl von Merkmalsausprägungen hervorgerufenen Kosten meist unbekannt sind und daher geschätzt

328 Für einen Überblick traditioneller Methoden vgl. Weiber/Mühlhaus (2009), S. 49-52; Steiner (2007), S. 207-290; Reiners (1996), S. 36-49. Für die Vorstellung einer neuen nachfragerorientierten Vorgehensweise vgl. Steiner (2007), S. 291-324.

329 Vgl. Höck/Baronne (2004); Hillig (2006), S. 42f.

330 Vgl. Hillig (2006); Albrecht (2000), S. 7.

werden müssen. Im Gegensatz zu externen Unsicherheitsfaktoren kann nach Feststellung von Kostenabweichungen im Rahmen des Entwicklungsprozesses steuernd eingegriffen werden. Darüber hinaus wirken sich Fehleinschätzungen nur begrenzt auf den mit einem umgesetzten Produktprogramm erzielbaren Gesamtdeckungsbeitrag aus. Da sie das Kundenverhalten nicht beeinflussen, reduzieren Kostensteigerungen von Merkmalsausprägungen lediglich in gleichem Umfang die Deckungsbeiträge der Varianten, die diese Merkmalsausprägungen enthalten.

Wie Kosten gehen Informationen über die Segmentgröße ausschließlich in die Zielfunktionen ein und beeinflussen ebenfalls nicht das Kundenverhalten. Zudem scheinen nutzenbasierte Kundensegmente hinsichtlich ihrer Größe im Zeitablauf relativ stabil zu sein.[331] Sie sollten daher zuverlässig schätzbar sein und Fehleinschätzungen nur zu geringen GDB-Abweichungen führen.

Zahlungsbereitschaften hingegen beeinflussen nicht direkt die Zielfunktion, sondern die Restriktionen, die das Kaufverhalten abbilden. Die Auswirkungen selbst kleiner Fehleinschätzungen können enorm sein. Wird z.B. die Zahlungsbereitschaft leicht überschätzt, so erhalten Kunden aus der für sie vorgesehenen Variante nicht mehr den maximalen Surplus und werden u.U. komplett auf den Kauf verzichten. Dies wiederum führt zu starken GDB-Schwankungen, weswegen im Weiteren insbesondere Unsicherheiten von Zahlungsbereitschaften untersucht werden.

Die Ursache unsicherer Zahlungsbereitschaften kann im Kunden selbst liegen oder aus Schätzfehlern resultieren.[332] Es kann sein, dass Zahlungsbereitschaften von Menschen zeitlichen Schwankungen unterworfen sind und selbst ein exaktes Messverfahren bei wiederholter Messung unterschiedliche Zahlungsbereitschaften ermittelt. Neben zufälligen Schwankungen der Zahlungsbereitschaft können im Zeitablauf auch systematische Verschiebungen auftreten. So ist es möglich, dass ein Kunde für eine neue, im Markt bisher nicht vorhandene Merkmalsausprägung eine sehr geringe Zahlungsbereitschaft aufweist und erst nach Lernprozessen und besserer Kenntnis bereit ist, dafür mehr zu bezahlen. Dadurch entstehen im Zeitablauf zunehmende Zahlungsbereitschaften. Umgekehrt kann ein Kunde für Merkmalsausprägungen auch im Zeitablauf abnehmende Zahlungsbereitschaften besitzen, wenn immer mehr Produkte diese Ausprägungen besitzen und sie somit zum Industriestandard werden. In dem Fall wird der Kunde erwarten, dass ein Produkt diese Merkmalsausprägungen besitzt und nicht mehr bereit sein, einen Preiszuschlag zu zahlen. Unsichere Zahlungsbereitschaften können aber auch aus Fehlern während der Zahlungsbereit-

331 Vgl. Mols et al. (1999); Calatone/Sawyer (1978).
332 Vgl. Herrmann (1998), S. 104f.; Dobson/Kalish (1993), S. 162.

schaftsmessung resultieren. So kann die Erhebungsmethode oder die Umfrage selbst verzerrende Auswirkungen haben. Im weiteren Verlauf der Zahlungsbereitschaftsschätzung werden mit Hilfe statistischer Verfahren wie der Regressionsanalyse aus den Antworten der Kunden Teilnutzenwerte ermittelt. Die ausgegebenen Werte sind jedoch Schätzwerte und können daher um die wahren Teilnutzenwerte schwanken. Die geschätzten Nutzenwerte werden mit Hilfe weiterer statistischer Verfahren in Zahlungsbereitschaften transformiert, wodurch die bereits erläuterten Probleme abermals auftreten können. Zudem erfolgt die Gestaltung von Produktprogrammen selten auf Basis der Befragungsergebnisse von allen Kunden, sondern meist auf den Ergebnissen einer Stichprobenbefragung, die dann geeignet zu homogenen Kundensegmenten aggregiert werden. Die Aggregation der Zahlungsbereitschaft führt zu einem Informationsverlust und die für ein Kundensegment ermittelte Zahlungsbereitschaft stellt demnach einen mit Unsicherheit behafteten Schätzwert dar.

Die Unsicherheit von Zahlungsbereitschaften kann durch Festlegung von diskreten Szenarien erfasst werden. Unter einem *Szenario* wird eine mögliche Ausprägung relevanter Umweltfaktoren verstanden.[333] Entscheidungstheoretisch handelt es sich bei Szenarien um von Entscheidungsträgern nicht beeinflussbare Umweltzustände.[334] Durch sie sollen mögliche, zukünftige Entwicklungen für überwiegend strategische Planungen erfasst werden.[335] Zur Entwicklung von Szenarien und Bestimmung von Eintrittswahrscheinlichkeiten stehen heutzutage die verschiedenste Verfahren der *Szenariotechnik*, auch als *Szenarioplanung* oder *Szenarioanalyse* bezeichnet, zur Verfügung.[336]

Produktprogramme sollten jedoch unabhängig vom eintretenden Szenario zu guten Ergebnissen führen. Diese Eigenschaft wird als Robustheit bezeichnet und ist im Folgenden näher zu konkretisieren.

6.1.2 Der Begriff der Robustheit

Robustheit ist eine Eigenschaft von Lösungen[337], die zu deren Beurteilung im Falle einer unsicheren Datenlage herangezogen werden kann. Allgemein wird Robustheit wie folgt definiert:

333 Vgl. Rosenkranz/Missler-Behr (2005), S. 178; Eisenführ/Weber (2003), S. 21; Welge/Al-Laham (2003), S. 300; Brauers/Weber (1986), S. 631.

334 Vgl. Domschke/Scholl (2008), S. 48; Klein/Scholl (2004), S. 270.

335 Vgl. Hungenberg (2008), S. 182; Müller-Stewens/Lechner (2005), S. 209.

336 Vgl. u.a. Wilms (2006); Ringland (2006); Shoemaker (1995); Gausemeier (1995); Mißler-Behr (1993); Meyer-Schönherr (1992); Götze (1991).

337 Lösung bezeichnet das Ergebnis einer Optimierung, welches gleichzeitig eine Handlungsalternative in entscheidungstheoretischem Sinne darstellt. Die Begriffe Lösungen und Handlungsalternativen werden daher hier synonym verwendet.

Unter Robustheit wird die Unempfindlichkeit eines Objekts bzw. Systems gegenüber (zufälligen) Umwelteinflüssen verstanden.[338]

Entsprechend der Definition werden Produktprogramme als robust bezeichnet, wenn sie in allen Szenarien zu guten bzw. mindestens akzeptablen Ergebnissen im Hinblick auf die in der Planung verfolgten Ziele führen.[339] Da in allen Szenarien akzeptable Ergebnisse erzielt werden sollen und nicht nur im Durchschnitt, setzt die Beurteilung von Produktprogrammen anhand ihrer Robustheit Risikoaversion voraus. Aufgrund weitreichender Konsequenzen von Produktprogrammentscheidungen und des üblichen Vorgehens in der Praxis, Entscheidungen ex post anhand ihrer Ergebnisse zu beurteilen,[340] ist in vielen Fällen von einer grundlegenden Risikoaversion der Entscheidungsträger auszugehen.[341] Robustheit kann unterschiedlich interpretiert werden und je nach Zielsetzung sind andere Robustheitskriterien relevant. Es lassen sich folgende in Abbildung 6.2 dargestellte Kriterien unterscheiden.[342]

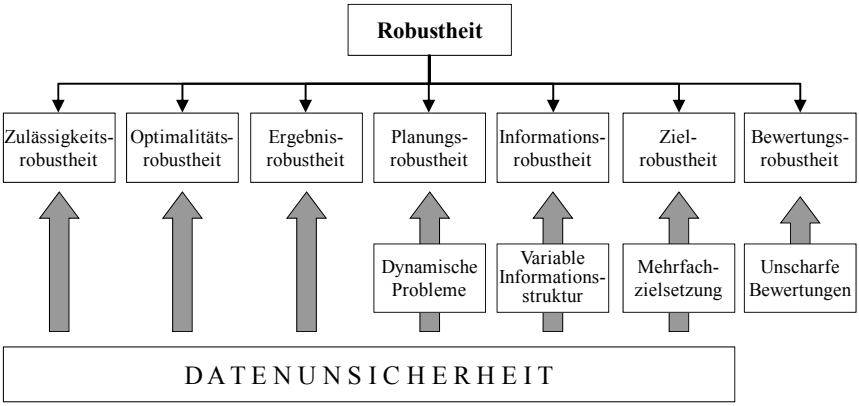


Abbildung 6.2: Robustheitsbegriffe und zugrunde liegende Entscheidungssituationen
Quelle: In Anlehnung an Freiwald (2005), S. 126.

Allgemein wird eine Lösung als *zulässigkeitsrobust* bezeichnet, sofern diese in allen Szenarien zulässig ist bzw. Zulässigkeitsverletzungen gering und/oder un-

338 Vgl. Scholl (2001), S. 93; Ben-Tal/Nemirovskiæi (2008), S. 126; Deb/Gupta (2006), S. 464; Bertsimas/Sim (2004), S. 35; Bai et al. (1997), S. 896; Mulvey et al. (1995), S. 264; Schneeweiß (1992), S. 157; Schneeweiß/Kühn (1990), S. 383.

339 Vgl. Scholl (2001), S. 93.

340 Zur Kritik an Beurteilungen nach Ergebnisrealisation vgl. Eisenführ/Weber (2003), S. 4.

341 Vgl. Scholl (2001), S. 90-93.

342 Die Kriterien wurden von Scholl zusammengestellt und von Freiwald um Zielrobustheit ergänzt, vgl. Scholl (2001), S. 98-116; Freiwald (2005), S. 140-146.

wahrscheinlich sind.[343] Ein Produktprogramm ist jedoch unabhängig vom betrachten Szenario genau dann zulässig, wenn für alle Produkte in jedem Merkmal genau eine Ausprägungen ausgewählt wurde. Eine Zulässigkeitsverletzung kann daher bei Verwendung der vorgestellten Modelle nicht auftreten.

Eine Lösung wird als *optimalitätsrobust* bezeichnet, wenn ihr Zielfunktionswert in jedem Szenario nicht bzw. nur wenig vom jeweils bestmöglichen Ergebnis, dem *Szenario-Optimum* abweicht.[344] Die in Abbildung 6.3 dargestellte optimalitätsrobuste Lösung erreicht zwar in keinem der vier Szenarien den szenariooptimalen Zielfunktionswert, ihre Abweichung ist jedoch jeweils relativ gering.

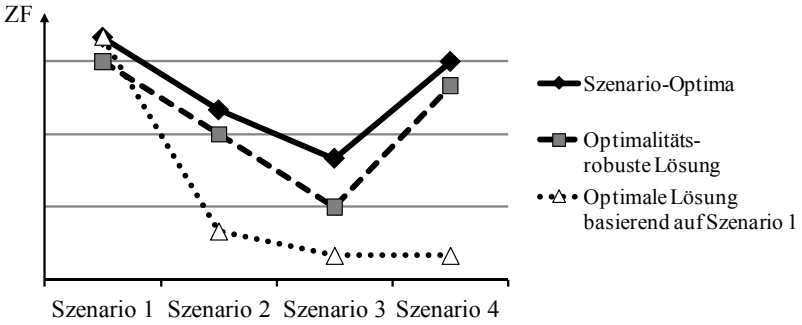


Abbildung 6.3: Exemplarischer Vergleich einer optimalitätsrobusten Lösung mit Szenario-Optima und Alternativlösung

Zum Vergleich liefert die mit den Daten von Szenario 1 bestimmte optimale Lösung zwar in diesem Szenario den optimalen Zielfunktionswert, bleibt dafür aber deutlich unterhalb der restlichen Szenario-Optima. Da idealerweise Produktprogramme nicht nur in einem Szenario, sondern in allen möglichst hohe Gesamtdeckungsbeiträge erzielen, ist das Kriterium der Optimalitätsrobustheit bei der Produktprogrammgestaltung zu berücksichtigen.

Eine Lösung wird als *ergebnisrobust* bezeichnet, sofern die Zielfunktionswerte in den einzelnen Szenarien wenig schwanken oder ein Anspruchsniveau immer bzw. sehr wahrscheinlich erreicht und übertroffen wird.[345] Ersteres wird auch als *Ergebnisstabilität* bezeichnet. In der unternehmerischen Praxis bietet Ergebnisstabilität den Vorteil großer Ergebnis- und somit Planungssicherheit. Insbesondere werden negative Abweichung vom Planwert vermieden, aufgrund

343 Vgl. Scholl (2001), S. 104f. Was in einer konkreten Entscheidungssituation „gering" bzw. „unwahrscheinlich" bedeutet, ist vom Entscheidungsträger festzulegen.
344 Vgl. Scholl (2001), S. 102-104.
345 Vgl. Scholl (2001), S. 99-102.

dessen die Auswahl einer ergebnisstabilen Lösung bei ex post Beurteilungen oft besser abschneidet als die Auswahl einer anderen robusten Lösung. Dies gilt insbesondere, wenn für die herrschende Umweltsituation die optimale Lösung nicht bestimmt werden kann und somit nur die Planabweichung beurteilt wird. In ihr spiegelt sich daher am stärksten die grundlegende Risikoaversion eines Entscheidungsträgers wider.

Lösungen können von den Kriterien Optimalitätsrobustheit und Ergebnisrobustheit sehr unterschiedlich beurteilt werden. Optimalitätsrobuste Lösungen müssen insbesondere beim Vorliegen stark schwankender Szenario-Optima nicht ergebnisrobust sein. Wie in Abbildung 6.4 dargestellt, weicht die optimalitätsrobuste Lösung nur wenig von den schwankenden Szenario-Optima ab und weist daher selbst stark schwankende Zielfunktionswerte auf.

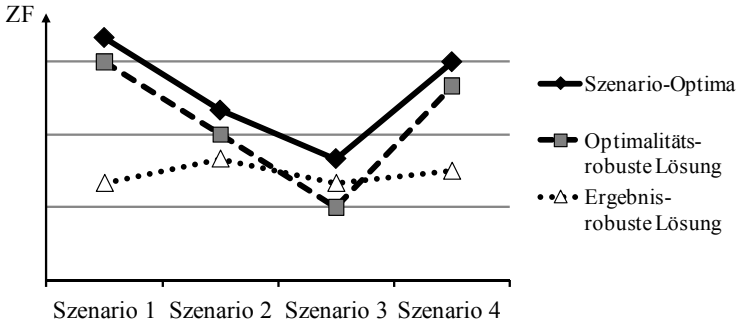


Abbildung 6.4: Exemplarischer Vergleich einer ergebnisrobusten Lösung mit Szenario-Optima und optimalitätsrobuster Lösung

Die Verwendung des Kriteriums der Ergebnisrobustheit in Ausprägung der Ergebnisstabilität ist dann kritisch zu sehen, falls eine nicht ergebnisstabile Lösung existiert, die in allen Szenarien höhere Zielfunktionswerte aufweist und die ergebnisstabile Lösung somit dominiert. Da zur Erzielung eines Gewinns die Fixkosten aller Unternehmensbereiche den Gesamtdeckungsbeitrag nicht übersteigen dürfen, stellt der mit einem Produktprogramm minimal erreichbare Gesamtdeckungsbeitrag eine wichtige Kennzahl dar. Ergebnisrobustheit sollte daher unbedingt Eingang in die Planung finden, jedoch aufgrund der aufgezeigten Probleme nicht alleine verfolgt werden.

Planungsrobustheit setzt neben unsicheren Daten zusätzlich eine dynamische Entscheidungssituation voraus. Eine Lösung wird als *planungsrobust* bezeichnet, wenn im Rahmen einer rollierenden Planung[346] vorläufig getroffene Ent-

346 Zur rollierenden Planung vgl. u.a. Wiggershaus (2008), S. 17f.; Kistner/Steven (2001), S. 214; Adam (1997), S. 224.

scheidungen zu späteren Entscheidungszeitpunkten nur in geringem Umfang und/oder mit kleiner Wahrscheinlichkeit geändert werden müssen.[347] Da es sich bei der hier untersuchten Produktprogrammgestaltung um eine statische Entscheidungssituation handelt, kann Planungsrobustheit nicht zur Beurteilung herangezogen werden.

Bei einer variablen Informationsstruktur[348] wird eine auf Basis eines bestimmten Informationsstandes ermittelte Lösung als informationsrobust bezeichnet, sofern die Lösung auch mit bestmöglichem Informationsstand annähernd gleich ergebnis-, optimalitäts- und zulässigkeitsrobust eingeschätzt wird.[349] Dies bedeutet, dass die Robustheit auch für jene Szenarien gilt, die in der Planung unberücksichtigt blieben. Sinnvoll erscheint eine Planung auf einem anderen als dem bestmöglichen Informationsstand dann, wenn entweder die Kosten der Informationsbeschaffung deren Nutzen übersteigen oder in den Planungsmodellen durch Abstraktion nicht alle vorhandenen Informationen genutzt werden können. Informationsrobustheit dient aufgrund dessen weniger einem Vergleich verschiedener Lösungen, sondern eher der Bewertung von Planungsmethoden. Hier ist es erstrebenswert, dass die eingesetzte Methode und verwendeten Informationen zu Lösungen führen, die möglichst wenig von der Lösung mit bestmöglichem Informationsstand abweichen.[350]

Werden mehrere Ziele gleichzeitig verfolgt, so wird eine Lösung als zielrobust bezeichnet, wenn hinsichtlich jedes Ziels Optimalitätsrobustheit vorliegt, also die Ergebnisse für jedes Ziels nicht oder nur wenig von den szenariooptimalen Zielfunktionswerten abweichen.[351] Da in der Produktprogrammoptimierung mit der Gesamtdeckungsbeitragsmaximierung nur ein Ziel verfolgt wird, kommt Zielrobustheit nicht zum Tragen.

Bewertungsrobustheit basiert anders als die übrigen Kriterien nicht auf einer unsicheren Datenlage, sondern auf einer Bewertungsunschärfe, durch die der Entscheidungsträger das Bewertungskriterium nicht exakt angeben kann. Es ist in diesem Fall auf unscharfe Bewertungsansätze der Fuzzy-Set-Theorie[352] zurückzugreifen und eine Lösung als bewertungsrobust einzustufen, wenn ihre Bewertung nicht oder nur wenig von exakten Ausprägungen der unscharfen Zielfunktionskoeffizienten abhängt.[353] Das Zielkriterium Gesamtdeckungsbei-

347 Vgl. Scholl (2001), S. 108-110. Planungsrobustheit kann mit Planungsstabilität gleichgesetzt werden, vgl. dazu etwa Thorn (2002), S. 64f.
348 Vgl. u.a. Bamberg et al. (2008b), S. 127-148, Laux (2005), S. 337-372.
349 Vgl. Scholl (2001), S. 105-108.
350 Vgl. Wiggershaus (2008), S. 191.
351 Vgl. Freiwald (2005), S. 140-146. Für eine alternative Sicht vgl. Deb/Gupta (2006).
352 Für eine Einführung vgl. Frank (2002); Zimmermann (2001); Werners (1998).
353 Vgl. Scholl (2001), S. 110f.

trag ist hingegen konkret definiert und exakt berechenbar, sodass Bewertungsrobustheit vernachlässigt werden kann.

6.1.3 Robustheitsmaße und Robustheitseffizienzkurve

Von den sieben möglichen Robustheitskriterien konnten Optimalitäts- und Ergebnisrobustheit als relevant für die Produktprogrammoptimierung identifiziert werden. Vor einer Bewertung der Robustheit sind jedoch beide Kriterien zu operationalisieren und geeignete Ansätze zu ihrer Messung festzulegen. Optimalitätsrobustheit kann durch Bestimmung von Abweichungen (maximal/erwartet bzw. absolut/relativ) von den Szenario-Optima gemessen werden.[354] Nach einer Zusammenstellung von Freiwald verwendet die Mehrheit der untersuchten robusten Ansätze jedoch nicht die Abweichungen von den Szenario-Optima, sondern stattdessen Erwartungswerte der Ergebnisse.[355] Dies kann unter anderem damit begründet werden, dass alle vier Abweichungsformen den Nachteil besitzen, dass sämtliche Szenario-Optima zu bestimmen sind, was gerade bei vielen Szenarien sehr aufwendig ist. Auch wenn die Verwendung von Erwartungswerten kritisch zu sehen ist, stellen sie ein geeignetes Maß für Optimalitätsrobustheit dar,[356] weswegen sie im Weiteren verwendet werden. Unter der Annahme gleichwahrscheinlicher Szenarien i = 1,…, I berechnet sich der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag $\overline{GDB}$ durch:

$$\overline{GDB} = \frac{1}{I}\sum_{i=1}^{I} GDB_i \tag{6.1}$$

Ergebnisrobustheit, insbesondere in der Form von Ergebnisstabilität kann durch Streuungsmaße[357] wie Varianz, Standardabweichung und Risikoterm bzw. durchschnittliche absolute Abweichung gemessen werden.[358] Die verwendete Standardabweichung σ berechnet sich gemäß:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{I}\sum_{i=1}^{I}\left(\overline{GDB} - GDB_i\right)^2} \tag{6.2}$$

354 Zur Abweichungsberücksichtigung in Zielfunktionen vgl. Freiwald (2005), S. 129f.

355 Vgl. Tabelle 5.2 in Freiwald (2005), S. 135. So verwenden 13 der 22 untersuchten Ansätze Ergebnis-Erwartungswerte wie die erwarteten Kosten, während nur 7 Ansätze Abweichungen vom Szenario-Optimum heranziehen. Die übrigen Ansätze verwenden andere Kriterien.

356 Zur Eignung von Erwartungswerten als Maß für Optimalitätsrobustheit vgl. Freiwald (2005), S. 134; Scholl (2001), S. 126; Mulvey et al. (1995), S. 267.

357 Allgemein zu Streuungsmaßen vgl. u.a. Bamberg et al. (2008a), S. 20-24; Eckey et al. (2008), S. 94-114.

358 Vgl. Freiwald (2005), S. 133-136.

Nachteilig an der Verwendung von Streuungsmaßen ist die Bestrafung sowohl negativer als auch positiver Abweichungen. Vor dem Hintergrund von Ergebnis- und Planungssicherheit dürften dagegen nur negative Abweichungen unerwünscht sein, während positive Abweichungen nicht nur tolerierbar, sondern sogar erwünscht sind. Um dies zu berücksichtigen, kann stattdessen die *Semistandardabweichung*[359] verwendet werden, die nur negative Abweichungen vom erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag erfasst. Neben dem bei der Semistandardabweichung verwendeten Gesamtdeckungsbeitrag kann auch der Zielfunktionswert des deterministischen Optimierungsmodells herangezogen werden. Wie in Kapitel 6.3.3 gezeigt wird, besitzt letzterer für den hier verwendeten robusten Optimierungsansatz einige Vorteile. Die negative Semistandardabweichung SSA von einem Planwert PW (sei es der Zielfunktionswert des verwendeten Modells ZF oder der Erwartungswert des Gesamtdeckungsbeitrags EW) berechnet sich gemäß:

$$\mathrm{SSA}(\mathrm{PW}) = \sqrt{\frac{1}{\mathrm{I}}\sum_{i=1}^{1}\left(\max\left\{0;\mathrm{PW}-\mathrm{GDB}_i\right\}\right)^2} \tag{6.3}$$

Durch diese Maße kann isoliert die Beurteilung der Optimalitäts- und Ergebnisrobustheit einer ermittelten Lösung durchgeführt werden. Zur Bewertung der Robustheit insgesamt sind jedoch beide Kriterien gemeinsam zu betrachten, sodass eine Entscheidungssituation mit mehreren Zielen entsteht.[360] In dem Fall ist zu klären, in welcher Beziehung die Ziele zueinander stehen. Planerisch relevant sind die Beziehungen *Zielharmonie*, *Zielneutralität* und *Zielkonflikt*, die in den (z_1,z_2)-Diagrammen in Abbildung 6.5 dargestellt sind.[361]

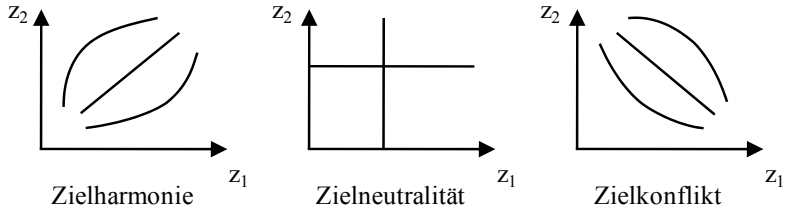


Abbildung 6.5: (z_1,z_2)-Diagramm relevanter Zielbeziehungen
Quelle: In Anlehnung an Domschke/Scholl (2008), S. 55.

359 Vgl. Fischer (2001), S. 253-257; Scholl (2001), S. 128. Zur Eignung der Semistandardabweichung bzw. Semivarianz als Risikomaß vgl. u.a. Franke/Hax (2009), S. 268f.

360 Zur Mehrfachzielsetzung allgemein vgl. u.a. Bamberg et al. (2008b), S. 45-66; Domschke/Scholl (2008), S. 54-59; Eisenführ/Weber (2003), S. 115-150 und S. 271-277.

361 Vgl. Domschke/Drexl (2005), S. 55; Adam (1997), S. 107. Mag (1990), S. 32f. erwähnt zudem die planerisch unbedeutenden Spezialformen Zielidentität und Zielantinomie.

Zielharmonie oder auch *Zielkomplementarität* liegt vor, wenn die Ziele sich gegenseitig fördern, also ein größerer Zielerreichungsgrad von z_1 auch zu einer größeren Zielerreichungsgrad von z_2 führt. Bei *Zielneutralität* bzw. *Zielindifferenz* beeinflussen sich die Ziele gegenseitig nicht, während bei *Zielkonflikt* oder *Zielkonkurrenz* ein größerer Zielerreichungsgrad von z_1 mit einem niedrigeren Zielerreichungsgrad von z_2 einhergeht. Die Beziehung muss nicht für den gesamten Wertebereich einer zu analysierenden Zielgröße stabil sein, sondern in einem Bereich kann Zielharmonie und in einem anderen Zielkonflikt herrschen.[362] Wie bereits in 6.1.2 erläutert, führt bei schwankenden Szenario-Optima eine zunehmende Ergebnisrobustheit zu einer abnehmenden Optimalitätsrobustheit und umgekehrt. Es ist daher grundsätzlich von einem Zielkonflikt beider Robustheitskriterien auszugehen.

Im Falle eines Zielkonflikts existiert jedoch selten eine *perfekte Lösung*[363], die für beide Ziele die größtmöglichen Zielfunktionswerte liefert.[364] Es sind daher geeignete Kompromisslösungen zu bestimmen. Aus dem Dominanzprinzip folgt, dass ausschließlich effiziente Alternativen gewählt werden sollten.[365] Eine Alternative a_i ist (funktional-) *effizient*, wenn keine Alternative a_j existiert, die bezüglich keines Zielkriteriums schlechter und mindestens bezüglich eines Kriteriums besser als a_i ist oder kurz gesagt, sofern a_i undominiert ist.[366] Für die Bestimmung effizienter Kompromisslösungen sind verschiedene Verfahren entwickelt worden[367], die sich hinsichtlich des Zeitpunkts der Berücksichtigung der Präferenzen des Entscheidungsträgers unterteilen lassen. Die Präferenzen des Entscheidungsträgers können *a priori, a posteriori* oder *iterativ* bzw. *progressiv* bekannt sein bzw. werden.[368] Sind die Präferenzen a priori, also vor der Optimierung bekannt, so kann mit Hilfe klassischer Entscheidungsregeln[369] wie Zielgewichtung, lexikografischer Ordnung, Zielprogrammierung oder Körth-Regel die optimale Alternative ausgewählt bzw. errechnet werden. Nachteilig für den Entscheidungsträger ist die Notwendigkeit, den von ihm akzeptierten Trade-Off zwischen den Zielen eventuell in Unkenntnis der erreichbaren Ziel-

362 Vgl. Bamberg et al. (2008b), S. 49; Rommelfanger/Eickemeier (2002), S. 142.
363 Vgl. Domschke/Drexl (2005), S. 55; Zimmermann/Gutsche (1991), S. 35 und S. 99.
364 Vgl. Homburg (2000), S. 590.
365 Vgl. Bamberg et al. (2008b), S. 38; Eisenführ/Weber (2003), S. 87.
366 Vgl. Werners (2008), S. 27; Bamberg et al. (2008b), S. 50; Dinkelbach/Kleine (1996), S. 39.
367 Für einen Überblick vgl. u.a. Zopounidis et al. 2009; Figueira et al. 2005; Korhonen et al. (1992).
368 Vgl. Collette/Siarry (2003), S. 8; Zimmermann/Gutsche (1991), S. 30f.; Werners (1984), S. 67-69.
369 Vgl. Bamberg et al. (2008b), S. 52-57.

niveaus angeben zu müssen.[370] Es ist daher oft planerisch weniger aufwendig, zunächst die Menge aller effizienten Alternativen zu ermitteln und erst im Anschluss die gemäß den Präferenzen des Entscheiders optimale Alternative auszuwählen.[371] Es ist jedoch darauf zu achten, nicht zu viele effiziente Alternativen zu generieren, da der Wert dieser Form der Entscheidungsunterstützung mit zunehmender Anzahl effizienter Lösungen aufgrund des komplexer werdenden Auswahlproblems abnimmt.[372] Zur übersichtlichen Darstellung der ermittelten Lösungen bietet sich im Fall von zwei Zielen die *Effizienzkurve* an, die als geometrischer Ort aller effizienten Alternativen im (z_1,z_2)-Diagramm definiert ist.[373] Bei progressiv bekannt werdenden Präferenzen werden die Präferenzen des Entscheidungsträgers sukzessive während des Optimierungsprozesses betrachtet.[374] Üblicherweise kann er die Modellformulierung so lange beeinflussen, bis die erzeugte Lösung seinen Präferenzen entspricht.[375]

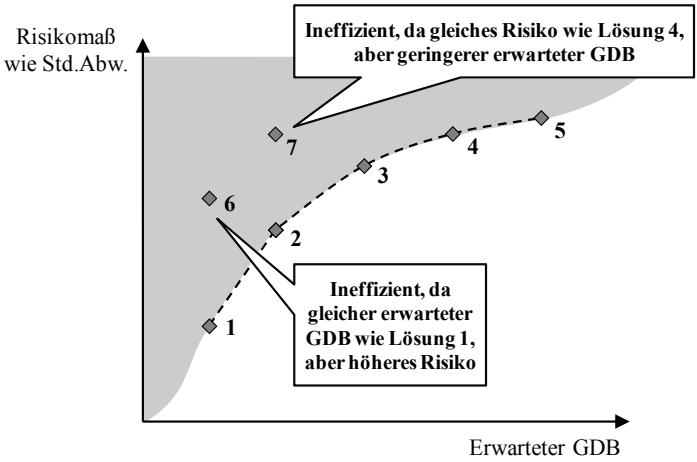


Abbildung 6.6: Robustheitseffizienzkurve und ineffiziente Lösungen

In Abbildung 6.6 ist exemplarisch eine Robustheitseffizienzkurve dargestellt. Entsprechend den zwei verfolgten Zielen Optimalitätsrobustheit gemessen mit dem erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag und Ergebnisrobustheit gemessen mit-

370 Zur Problematik der Bestimmung von Trade-Off bzw. Gewichte für die Zielkriterien in Unkenntnis der Ausprägungsintervalle vgl. Eisenführ/Weber (2003), S. 139-142.
371 Vgl. Laux (2005), S. 79; Mulvey et al. (1995), S. 268.
372 Vgl. Werners (1984), S. 69; Laux (2005), S. 98.
373 Vgl. Laux (2005), S. 78f.
374 Zum Einsatz kommen interaktive Methoden vgl. Bamberg et al. (2008b), S. 61f.
375 Vgl. Werners (1984), S. 108.

tels eines Risikomaßes wie der Standardabweichung wird die Robustheitseffizienzkurve durch die effizienten Lösungen 1 bis 5 gebildet. Alle Lösungen, die sich links oder oberhalb von einem der fünf Lösungen befinden, sind ineffizient. So ist Lösungen 6 ineffizient, da sie im Vergleich zu Lösung 1 zwar den gleichen erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag bietet, jedoch ein höheres Risiko aufweist. Analog gilt dies für Lösung 7, die gemäß der Abbildung bei identischem Risiko wie Lösung 4, zu einem niedrigeren erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag führt.

Der Verlauf einer Robustheitseffizienzkurve ist problemabhängig und kann nicht im Vorhinein prognostiziert werden. Wird unterstellt, dass die weiteren effizienten Lösungen sich auf den Verbindungslinien zwischen den bereits ermittelten Lösungen 1 bis 5 befinden und sich der angedeutete Verlauf nach rechts und links entsprechend fortsetzt, so sind alle Lösungen im grau schraffierten Bereich ineffizient. Wird eine Lösung ermittelt, die rechts von einer der effizienten Lösungen 1 bis 5 zu positionieren ist, so verschiebt sich die Robustheitseffizienzkurve entsprechend und die bisher effizienten Lösungen werden u.U. von dieser neuen Lösung dominiert.

6.2 Verfahren zu Ermittlung robuster Produktprogramme

Die Erweiterung mathematischer Modelle zur Bestimmung robuster Lösungen wird als *robuste Optimierung* bezeichnet und dient wie *stochastische Optimierung*[376] zur Entscheidungsunterstützung unter Unsicherheit.[377] Robuste Optimierung wurde insbesondere durch die Arbeiten von Mulvey, Vanderbei und Zenios sowie Kouvelis und Yu geprägt.[378] Erstere unterscheiden zwischen szenariounabhängigen Design- und szenarioabhängigen Kontrollvariablen und erlauben in begrenztem Umfang auch Restriktionsverletzungen.[379] Kouvelis und Yu hingegen verwenden ausschließlich szenariounabhängige Variablen und fordern die Einhaltung aller Restriktionen in jedem Szenario.[380] Robuste Optimierung ist jedoch nicht auf diese Ansätze beschränkt, sondern umfasst im weitesten Sinne

376 Zur stochastischen Optimierung vgl. Birge/Louveaux (1997); Scholl (2001), S. 196-205; Kall/ Mayer (2005); Freiwald (2005), S. 117-121.

377 Für eine Gegenüberstellung beider Ansätze vgl. Scholl (2001), S. 205-213. Zu Optimierung unter Unsicherheit im Allgemeinen vgl. u.a. Fabozzi et al. (2007), S. 291-332; Sahinidis (2004).

378 Vgl. Mulvey et al. (1995); Kouvelis/Yu (1997).

379 Für eine vergleichende Vorstellung beider Verfahren vgl. Scholl (2001), S. 174-186.

380 Dieser Ansatz hat nicht zuletzt durch die Arbeiten von Ben-Tal und Nemirovskiæi eine große Verbreitung erfahren und prägt zunehmend den Begriff Robuste Optimierung. Vgl. u.a. Ben-Tal/Nemirovskiæi (1998); Ben-Tal/Nemirovskiæi (1999); Ben-Tal/Nemirovskiæi (2002); Boni/ Ben-Tal (2008); Ben-Tal et al. (2009).

sämtliche Modellierungsmöglichkeiten und Optimierungsmethoden, die in Entscheidungssituationen mit ausgeprägter Informationsunsicherheit und grundsätzlicher Risikoscheu des Entscheidungsträgers auf die Ermittlung robuster Lösungen abzielen.[381]

Die Erfassung unsicher Zahlungsbereitschaften mittels Szenarien ist nicht unproblematisch. Da Zahlungsbereitschaften viele Werte annehmen können, existiert eine Vielzahl von Szenarien, deren Anzahl kaum reduziert werden kann, sofern die Unsicherheit adäquat berücksichtigt werden soll. Aufgrund dessen und der äußerst aufwändigen Bestimmung sämtlicher Szenario-Optima erscheint eine auf den klassischen robusten Optimierungsansätzen basierende Modellerweiterung ungeeignet. Alternativ könnte eine indirekte Berücksichtigung der Unsicherheit durch Ersetzung stochastischer Parameter durch deterministische Ersatzwerte erfolgen. Die so entstehenden deterministischen Ersatzmodelle sind jedoch selten in der Lage, ausreichend ergebnis- und optimalitätsrobuste Lösungen zu erzeugen.[382] Aus diesem Grund wird auf die Bestimmung von Ersatzwerten verzichtet und stattdessen die deterministische Erweiterung der entwickelten Modelle durch einen Robustheitsparameter Δ vorgeschlagen.

Die entwickelten Modelle sind Teil einer robusten Entscheidungsunterstützung, dessen Komponenten und Ablauf in Abbildung 6.7 dargestellt sind. Neben den Modellen zur Ermittlung optimaler Produktprogramme unter Vorgabe des Parameters Δ zählen hierzu die Robustheitsbewertung mittels Simulation und eine interaktive Entscheidungsunterstützung zur Vorgabe von Δ sowie zur Ermittlung, Visualisierung und Auswahl effizienter Programmvorschläge.

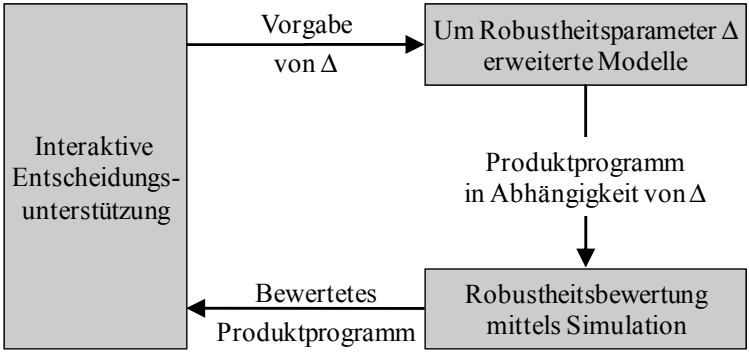


Abbildung 6.7: Komponenten und Ablauf einer robusten Entscheidungsunterstützung zur Produktprogrammoptimierung unter Unsicherheit

381 Vgl. Scholl (2001), S. 205f.
382 Vgl. Scholl (2001), S. 186-189; Freiwald (2005), S. 171-173.

Im Folgenden werden die Komponenten einzeln vorgestellt. Zunächst wird auf die Erweiterung der Modelle eingegangen, bevor die Bewertung der Optimalitäts- und Ergebnisrobustheit mittels Simulation thematisiert wird. Abschließend erfolgt die Vorstellung der interaktiven Entscheidungsunterstützung zur Koordination und Steuerung der Ermittlung robuster Produktprogramme.

6.2.1 Erweiterung der Modelle um Robustheitsparameter Δ

Ausgangspunkt der robusten Modellerweiterung ist die Überlegung, welche Auswirkungen unsichere Zahlungsbereitschaften auf die prognostizierte Produkt- und Bündelwahl der Kunden ausüben.[383] Sind Zahlungsbereitschaften für Merkmalsausprägungen unsicher, so können statt der im Ausgangsszenario verwendeten Schätzwerte auch andere Werte eintreten. Dadurch ergibt sich aber auch eine geänderte Zahlungsbereitschaft für die angebotenen Bündel und der mit einem Bündel erzielbare Surplus. Dadurch kann sich u.U. die Präferenzreihenfolge eines Kunden für die angebotenen Bündel ändern. In dem Fall wird für einige Kunden die im Ausgangsszenario zweitbeste Alternative zur Erstbesten, wodurch sie diese wählen und sich der Gesamtdeckungsbeitrag entsprechend ändert. Die Auswirkungen sind besonders groß, falls der Nichtkauf die zweitbeste Alternative darstellen sollte. Die Gefahr dieser Reihenfolgeänderung sinkt, wenn im Ausgangsszenario für jeden Kunden erst- und zweitbeste Alternative weiter auseinander liegen, d.h. je größer der Unterschied zwischen den mit beiden Alternativen erzielbare Surplus ist. Die Idee des vorgeschlagenen Verfahrens ist vor diesem Hintergrund folgende:

> *Durch Einführung eines Robustheitsparameters Δ wird für jeden Kunden ein Mindestunterschied des Surplus zwischen dem für ihn vorgesehenen Bündel und allen anderen Bündeln sowie dem Nichtkauf sichergestellt.*

Je größer der Robustheitsparameter ist, umso größer ist auch der Surplusunterschied und umso unwahrscheinlicher wird eine Änderung der Präferenzreihenfolgen aufgrund unsicherer Zahlungsbereitschaften.

Die Erweiterung der entwickelten Modelle um den Robustheitsparameter Δ ist in allen Modellen ähnlich und wird daher am Beispiel des Modells *SimBun* demonstriert. Entsprechend der Grundidee sind die das Kundenverhalten abbildenden Restriktionen (4.52) bis (4.54) zu verändern, um die Mindestdifferenz im Surplus zu gewährleisten.

Der Surplus von Kunde k für das von Kunde k´ erworbene Bündel berechnet sich wie in Kapitel 4 erläutert gemäß:

383 Zur sprachlichen Vereinfachung wird im Folgenden nur auf Bündel abgestellt.

$$s_{kk'} := \sum_{l=1}^{L} \sum_{v=1}^{V_l} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot x_{k'lvma} - p_{k'}$$

Die Kundenwahl-Restriktionen im Modell *SimBun* lauteten:[384]

$$s_{kk} \geq s_{kk'} \qquad \forall k,q \qquad (6.4)$$

$$s_{kk} \geq \sum_{l=1}^{L} \left(\max_{\substack{v \\ k' \in \Phi(q)}} \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{a=1}^{A_m} R_{klma} \cdot x_{k'lvma} \right) - \sum_{k' \in \Phi(q)} p_{k'} \qquad \forall k,q \qquad (6.5)$$

$$s_{kk} \geq 0 \qquad \forall k,q \qquad (6.6)$$

Zur Berücksichtigung des Robustheitsparameters in den drei Ungleichungen ist die Erhöhung der rechten Seiten um Δ nicht ausreichend. Dafür existieren zwei Gründe: Erstens darf der Surplusunterschied nur gelten, sofern Kunde k etwas kauft, seine Erstpräferenz also ein Bündel und nicht die Nichtkauf-Alternative ist. Andernfalls wären an sich zulässige Produktprogramme nicht länger zulässig und falsche Anpassungen würden vorgenommen werden. Zweitens muss in Restriktion (6.4) sichergestellt sein, dass der Surplusunterschied ebenfalls nicht gilt, sofern zwei Kunden identische Produkte erwerben. Dies ist besonders wichtig, da durch die Nichtbeachtung dieser Tatsache unlösbare Modelle entstehen können. Zur Integration des Robustheitsparameters werden neben dem Parameter Δ folgende Variablen benötigt:

Zusätzliche Variablen

$$\bar{\theta}_k = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k nichts kauft} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\theta_{kk'} = \begin{cases} 1, & \text{falls Kunde k und Kunde k}' \text{ identische Bündel erwerben} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

Da (6.4) und (6.5) identisch zu modifizieren sind, werden zur besseren Übersicht nur die Modifikationen von (6.4) und (6.6) dargestellt. Nach Integration des Robustheitsparameters Δ ergeben sich folgende Restriktionen:

$$s_{kk} + \Delta \cdot \bar{\theta}_k \geq s_{kk'} + \Delta \cdot (1 - \theta_{kk'}) \qquad \forall k,k' \qquad (6.7)$$

$$s_{kk} + \Delta \cdot \bar{\theta}_k \geq \Delta \qquad \forall k \qquad (6.8)$$

In Restriktion (6.7) entfällt auf der rechten Seite der Mindestunterschied Δ, sofern zwei Kunden identische Produkte erwerben und somit $s_{kk} = s_{kk'}$ ist. Sowohl

384 Vgl. Ausführungen in Kapitel 4.2.2.

in (6.7) als auch in (6.8) wird auf der linken Seite sichergestellt, dass der Mindestunterschied entfällt, wenn ein Kunde nichts erwirbt und somit $\bar{\theta}_k = 1$ ist. Die Sicherstellung der Deklaration von $\bar{\theta}_k$ erfolgt durch:

$$\bar{\theta}_k \leq 1 - x_{klvma} \qquad \forall k,l,v,m,a \qquad (6.9)$$

Durch Restriktion (6.9) kann $\bar{\theta}_k$ nur dann positive Werte annehmen, falls Kunden k keine Merkmalsausprägungen zugeordnet werden. Auf eine Deklaration als Binärvariable kann verzichtet werden, da $\bar{\theta}_k$ wegen Restriktion (6.8) im Falle des Nichtkaufs von Kunde k den Wert 1 annehmen muss. Zur Sicherstellung der Deklaration von θ_{kk} sind zusätzlich folgende Restriktionen aufzunehmen:

$$\theta_{kk'} \leq 1 - x_{klvma} + x_{k'lvma} \qquad \forall k,k',l,v,m,a \qquad (6.10)$$

$$\theta_{kk'} \leq 1 - x_{k'lvma} + x_{klvma} \qquad \forall k,k',l,v,m,a \qquad (6.11)$$

Durch (6.10) und (6.11) wird ausgeschlossen, dass $\theta_{kk'}$ positive Werte annimmt, falls den Kunden k und k´ nicht identische Merkmalsausprägungen zugeordnet werden. So wird in (6.10) zumindest für einige Merkmalsausprägungen x_{klvma} den Wert 1 und $x_{k'lvma}$ den Wert 0 annehmen, wodurch $\theta_{kk'}$ auf null beschränkt wird. Gleiches gilt entsprechend für Restriktion (6.11). Eine Deklaration als Binärvariable ist wiederum unnötig, da Ungleichung (6.7) bei identischer Bündelwahl zweier Kunden nur durch $\theta_{kk'} = 1$ und bei gleichzeitigem Nichtkauf nur durch $\theta_{kk'} = 0$ erfüllt wird.

Der Robustheitsparameter Δ kann zudem kundenindividuell vorgegeben werden. Dadurch können einerseits unterschiedliche Schätzgüten für Zahlungsbereitschaften und andererseits unterschiedliche Kundenbedeutungen berücksichtigt werden. Zur Berücksichtigung von Schätzgüten kann Δ_k größer gewählt werden, falls Zahlungsbereitschaften von Kunde k nur ungenau geschätzt werden können und somit die Verteilungen der Zahlungsbereitschaften größere Standardabweichungen aufweisen. Zur Berücksichtigung der Kundenbedeutung kann durch eine Erhöhung von Δ_k eine Änderung der Produktwahl von großen und/oder bedeutsamen Kunden stärker unterbunden werden. Der Parameter Δ kann zudem in (6.7) und (6.8) unterschiedlich große Werte annehmen. Ist er bspw. in (6.7) gleich null, so wird nur vermieden, dass ein Kunde nichts oder nicht beim betrachteten Anbieter kauft.

Die vorgeschlagene Erweiterung durch den Robustheitsparameter Δ führt zu deterministischen, linearen Modellen, die wie die Grundmodelle mit Standardverfahren der linearen Programmierung gelöst werden können. Aus theoretischer Sicht ist hinsichtlich der Eignung des Verfahrens zur Erzeugung optimalitäts- und ergebnisrobuster Lösungen Folgendes festzuhalten:

Eine Beurteilung, inwiefern durch das Verfahren optimalitätsrobuste Lösungen erzeugt werden, kann nicht abschließend auf einer theoretischen Basis erfolgen. Das Verfahren zielt in erster Linie auf die Erzeugung ergebnisrobuster Lösungen, was jedoch aufgrund des vermuteten Zielkonflikts eher zu weniger optimalitätsrobusten Lösungen führen dürfte. Darüber hinaus kann Optimalitätsrobustheit in Form des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags nicht alleine beurteilt werden, sondern bedarf eines Vergleichsmaßstabes in Form von theoretischen Obergrenzen oder Erwartungswerten von Lösungen, die durch andere Verfahren erzeugt wurden. Zur Bestimmung einer Obergrenze kann in jedem Szenario der prozentuale Anteil des Gesamtdeckungsbeitrags an der maximal möglichen Wohlfahrt berechnet werden. Der erwartete Anteil besitzt als Obergrenze den Wert 100. Da jedoch damit zu rechnen ist, dass der Anteil deutlich darunter liegt, ist diese Obergrenze nur bedingt zur Bewertung geeignet, sodass ein Vergleich mit Alternativverfahren vorzuziehen ist.

Für Ergebnisrobustheit hingegen existiert mit einer Standardabweichung von null ein theoretisches Optimum. Die Ergebnisrobustheit erzeugter Lösungen bedarf vor diesem Hintergrund keines Vergleichsmaßstabes, sondern kann direkt beurteilt werden. Aufgrund des Vorgehens ist mit zunehmendem Δ auch mit zunehmender Ergebnisrobustheit zu rechnen. Allerdings gilt diese Aussage nicht für alle in Betracht kommenden Maße. Problematisch ist, dass durch einen größeren Wert für Δ der Erwartungswert steigen kann. Durch größeres Δ steigt der Surplus, der durch Kauf eines Bündels realisiert wird. Für Nichtkäufer bedeutet dies bspw., dass mit zunehmenden Δ die Wahrscheinlichkeit steigt, dass sie zu Käufern werden. Dadurch werden nun in mehr Szenarien Nichtkäufer zu Käufern, wodurch höhere Gesamtdeckungsbeiträge erzielt werden. Dies steigert den Erwartungswert und erhöht die Standardabweichung, was gleichbedeutend mit geringerer Ergebnisrobustheit ist. Einen Ausweg bietet die Verwendung der Semistandardabweichung mit dem deterministischen Zielfunktionswert als Planwert. Da es sich hier um mit steigendem Δ verschärfende Restriktionen handelt, sinkt der erreichbare Zielfunktionswert mit zunehmendem Δ. Der Wechsel von Nichtkäufern zu Käufern führt zu positiven Abweichungen, die bei Messung der Ergebnisrobustheit durch die negative Semistandardabweichung vom Zielfunktionswert ignoriert werden. Da negative Abweichungen hingegen mit steigendem Δ unwahrscheinlicher werden, wird das Verfahren mit steigendem Δ zu ergebnisrobusteren Lösungen im Sinne dieses Messkriteriums führen.

6.2.2 Robustheitsbewertung durch Simulation

Durch die vorgeschlagene Modellerweiterung können jeweils die optimalen Produktprogramme in Abhängigkeit des vorgegebenen minimalen Surplus-

unterschieds bestimmt werden. Als Zielkriterium wird wie in den Grundmodellen der Gesamtdeckungsbeitrag unter Vernachlässigung von Unsicherheit verwendet. Daher werden unsichere Zahlungsbereitschaften nicht explizit berücksichtigt, sondern es wird weiterhin mit den geschätzten Werten des Ausgangsszenarios gerechnet. Es wird unterstellt, dass durch eine Anhebung des minimalen Surplusunterschieds ergebnisrobustere Lösungen ermittelt werden. Da sich aufgrund der deterministischen Modelle genau ein Gesamtdeckungsbeitrag ergibt, kann die zur Beurteilung der Ergebnisrobustheit notwendige Schwankung des Gesamtdeckungsbeitrags jedoch nicht berechnet werden.

Aus diesem Grund sind die zur Bewertung der Ergebnis- und Optimalitätsrobustheit eines ermittelten Produktprogramms notwendigen Robustheitsmaße außerhalb der Modelle zu bestimmen. Die verwendeten Maße, nämlich einerseits die Standard- oder Semi-Standardabweichung zur Messung der Ergebnisrobustheit und andererseits der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag zur Messung der Optimalitätsrobustheit setzen zu ihrer Berechnung die Verteilung des Gesamtdeckungsbeitrags voraus. Zur Ermittlung dieser Verteilung aufgrund unsicherer Zahlungsbereitschaften wird hier eine Monte-Carlo-Simulation eingesetzt, deren Ablauf in Abbildung 6.8 dargestellt ist.[385]

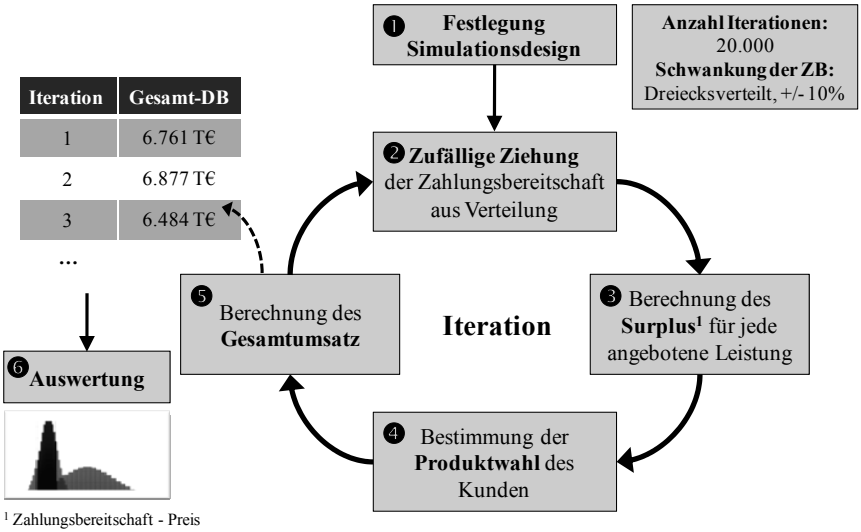


Abbildung 6.8: Ablauf der Simulation zur Robustheitsbewertung

385 Vgl. Hendrix/Olieman (2008), S. 717. Zur Bestimmung der Verteilung einer Zielgröße durch Simulation vgl. Eisenführ/Weber (2003), S. 187-206. Zur Simulation allgemein vgl. u.a. Werners (2008), S. 255-304; Law (2007).

Zunächst ist das Simulationsdesign festzulegen, welches neben der Anzahl an Iterationen auch die unterstellten Verteilungen der Zahlungsbereitschaften aller Kunden für alle Merkmalsausprägungen umfasst. Hinsichtlich dieser Verteilung werden keine Annahmen getroffen, sodass sowohl stetige als auch diskrete Verteilungen unterstellt werden können.

In jeder Iteration werden nacheinander vier Schritte durchgeführt. Zunächst werden mit Hilfe von Zufallszahlen konkrete Realisationen der Zahlungsbereitschaften entsprechend der unterstellten Verteilungen bestimmt, wodurch sich ein konkretes Szenario ergibt.[386] Somit wird in jeder Iteration genau ein Szenario ausgewertet. Im Anschluss wird auf Basis der Zahlungsbereitschaften für jeden Kunden der mit Wahl der angebotenen Produkte oder Bündel verbundene Surplus berechnet. Im nächsten Schritt wird für jeden Kunden die Produkt- und Bündelwahl prognostiziert. Gemäß der First-Choice Regel wird jeder Kunde das für ihn surplusmaximale Produkt bzw. Bündel wählen. Anschließend wird der durch diese Kundenwahl erreichte Gesamtdeckungsbeitrag kalkuliert und gespeichert. Die Simulation bricht nach einer vorgegebenen Anzahl von Iterationen ab und liefert als Ergebnis die Verteilung des Gesamtdeckungsbeitrags. Dieses Vorgehen entspricht damit der Randomized-First-Choice Regel mit dem Unterschied, dass nicht nur die Kundenwahl, sondern auch der Gesamtdeckungsbeitrag erhoben wird.

Nach Abschluss der Simulation wird auf Basis der in jeder Iteration für ein Szenario ermittelte Gesamtdeckungsbeitrag der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag und dessen Schwankung gemäß den Formeln in Kapitel 6.1.3 berechnet. Damit ist die Optimalitäts- und Ergebnisrobustheit für ein gegebenes Produktprogramm bestimmt.

6.2.3 Interaktive Ermittlung effizienter Produktprogramme

Das hier vorgestellte Verfahren zur Erzeugung robuster Produktprogramme geht davon aus, dass ein Entscheidungsträger seine Präferenzen hinsichtlich der beiden verfolgten Ziele Ergebnis- und Optimalitätsrobustheit nicht a priori, also vor der Optimierung, äußern will oder kann. Aus diesem Grund kann auch nicht ein Produktprogramm ermittelt werden, welches den Präferenzen des Entscheidungsträgers bestmöglich entspricht. Stattdessen werden hinsichtlich der verfolgten Ziele effiziente Produktprogramme ermittelt und in einer Effizienzkurve dargestellt. Ausgangspunkt ist das Produktprogramm im Ausgangszenario, welches durch das ursprüngliche Modell *SimBun* ohne Berücksichtigung des

386 Zur Generierung von Zufallszahlen einer vorgegebenen Verteilung vgl. Werners (2008), S. 279-287; Kolonko (2008), S. 7-170; Ross (2006), S. 41-92.

Robustheitsparameters ermittelt wurde. Durch Erhöhung des Robustheitsparameters Δ werden zunehmend ergebnisrobustere Lösungen erzeugt. Dadurch schwankt der mit den erzeugten Produktprogrammen erzielbare Gesamtdeckungsbeitrag weniger, was zu zunehmender Planungssicherheit führt, die risikoscheuen Entscheidungsträgern entgegenkommt. Dies ist insbesondere bei Verwendung der erwarteten Gesamtdeckungsbeiträge als Maß für Optimalitätsrobustheit wichtig, da in diesem Fall selbst mit einem hohen Erwartungswert in einzelnen Szenarien sehr geringe Gesamtdeckungsbeiträge realisiert werden können.

Zur systematischen Ermittlung unterschiedlicher Produktprogramme durch Variation des Robustheitsparameters Δ, zu deren Beurteilung mittels einer Robustheitseffizienzkurve und deren Auswahl wird ein interaktives Verfahren vorgeschlagen, dessen Ablauf in Abbildung 6.9 dargestellt ist.

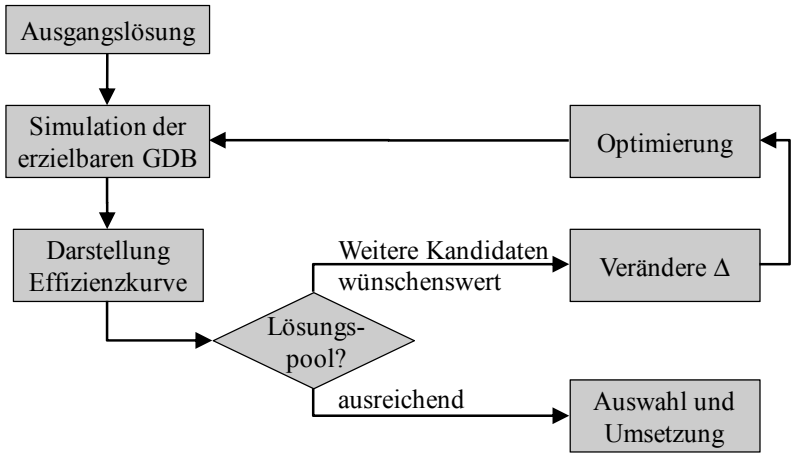


Abbildung 6.9: Ablauf zur interaktiven Ermittlung effizienter Produktprogramme

Das Verfahren beginnt mit der Bestimmung der GDB-Verteilung der Ausgangslösung durch Simulation. Auf Basis der Simulationsergebnisse werden die Robustheitsmaße für Optimalitäts- und Ergebnisrobustheit berechnet und die Lösung im (z_1,z_2)-Diagramm dargestellt. Gleichzeitig wird die Lösung dem *Lösungspool* hinzugefügt. Auf Basis der Robustheitseffizienzkurve hat der Entscheidungsträger zu entscheiden, ob für ihn die im Lösungspool vorhandenen Produktprogramme ausreichend sind oder ob er die Ermittlung eines weiteren Produktprogramms wünscht. Sind für ihn ausreichend viele Produktprogramme im Lösungspool vorhanden, kann er auf Basis der Robustheitseffizienzkurve das entsprechend seiner Risikoeinstellung beste Produktprogramm auswählen und das Verfahren damit abschließen. Wünscht er hingegen die Ermittlung eines

weiteren Produktprogramms, so hat er einen neuen Wert für Δ vorzugeben. Unter Zuhilfenahme der bereits erläuterten Modelle wird das optimale Produktprogramm für eine konkrete Vorgabe von Δ ermittelt. Anschließend wird die Robustheit dieser neuen Lösung mittels Simulation bestimmt, die Robustheitsmaße berechnet und die Lösung dem (z_1,z_2)-Diagramm und dem Lösungspool hinzugefügt. Das Verfahren wird fortgesetzt, bis der Entscheidungsträger die Anzahl der im Lösungspool vorhandenen Lösungen als ausreichend einschätzt und abschließend eine Lösung auswählt.

Hinsichtlich der Wahl des Robustheitsparameters Δ stehen dem Entscheidungsträger zwei grundsätzliche Möglichkeiten zur Verfügung, die anhand der Robustheitseffizienzkurve in Abbildung 6.10 erläutert werden.

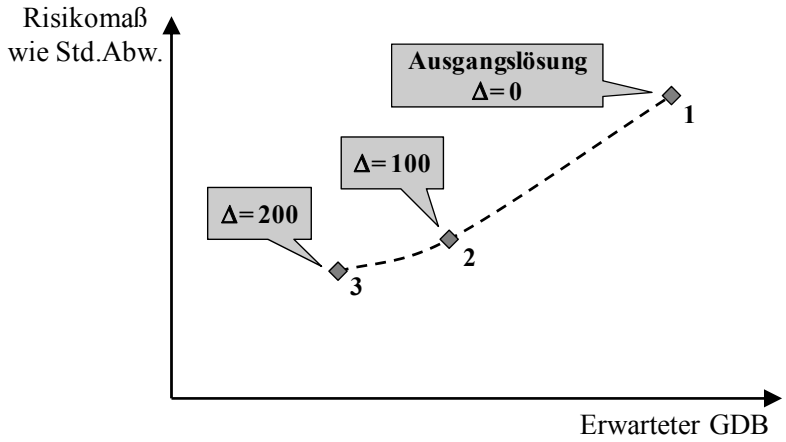


Abbildung 6.10: Robustheitseffizienzkurve mit drei Lösungen

In der Abbildung sind drei Lösungen mit unterschiedlichen Vorgaben für Δ dargestellt. Neben der Ausgangslösung mit einem Δ von null wurden optimale Produktprogramme für ein Δ von 100 und 200 bestimmt. Der Entscheidungsträger kann einerseits die Vorgabe für Δ nochmals z.B. auf 300 erhöhen, um ein weniger schwankendes Produktprogramm als Lösung 3 zu ermitteln. Andererseits kann er einen Bereich näher untersuchen. So kann er bspw. mit der Vorgabe von 150 versuchen, effiziente Lösungen zwischen den Lösungen 1 und 2 zu ermitteln. Es bietet sich an, den Parameter Δ zunächst mehrfach deutlich zu erhöhen, um einen Eindruck von der Bandbreite möglicher Lösungen und von der Gestalt der Robustheitseffizienzkurve zu erhalten.

6.3 Exemplarische Anwendung des entwickelten Verfahrens

6.3.1 Problemstruktur und Untersuchungsdesign

Im Weiteren wird die Anwendung des vorgeschlagenen Verfahrens exemplarisch am Beispiel des Kippsattelaufliegers demonstriert.[387] Wie in Kapitel 4.3 erläutert, geht das Unternehmen davon aus, dass in der nächsten Periode 40 Kunden[388] über die Vergabe von Aufträgen nachdenken. Im Unterschied zu Kapitel 4.3 sind die erhobenen Zahlungsbereitschaften jedoch nicht für alle in einem Segment enthaltenen Kunden identisch, sondern stellen Schätzwerte für die durchschnittlichen Zahlungsbereitschaften der Segmente dar. Zusätzlich wird angenommen, dass die Unternehmensleitung aufgrund strategischer Überlegungen eine Begrenzung der Produktlinien wünscht. Aus Komplexitätsgründen sollen maximal zwei verschiedene Kippsattelauflieger angeboten werden. Die entwickelte Telematik soll zunächst in nur einer Variante auf den Markt kommen und mit Service- und Finanzpartnern wurde vereinbart, maximal drei verschiedene Serviceverträge bzw. Finanzierungen anzubieten.

Zur Wahrung des Überblicks und zur richtigen Beurteilung der Robustheit ist streng zwischen den in der Realität herrschenden Gegebenheiten, vom Unternehmen erhobenen bzw. geschätzten und in der Optimierung bzw. Simulation verwendeten Informationen zu unterscheiden. Einen Überblick über die verschiedenen Ebenen und die verfügbaren Informationen gibt Abbildung 6.11.

In der *Realität* existiert eine Anzahl potenzieller Kunden, deren Zahlungsbereitschaften dem Unternehmen unbekannt sind. Zusätzlich ist in vielen Situationen davon auszugehen, dass ebenfalls die Anzahl potentieller Kunden unbekannt und daher zu schätzen ist. Im betrachteten Beispiel besteht der Markt aus 40 Kunden. Die Marktgröße ist vom Unternehmen korrekt geschätzt worden, sodass das Unternehmen ebenfalls von $k = 40$ potentiellen Kunden ausgeht.

Zur Schätzung der Zahlungsbereitschaften wird eine *Befragung* von einigen Kunden durchgeführt, wobei die Anzahl befragter Kunden b üblicherweise geringer als die vorhandene Kundenanzahl k ist. Auf Basis der Ergebnisse werden mit Hilfe statistischer Methoden die Zahlungsbereitschaften jedes befragten Kunden für jede Merkmalsausprägung geschätzt. Für das Beispiel wird angenommen, dass die Zahlungsbereitschaften dreiecksverteilt sind und dass der minimale (maximale) Wert 10 % unterhalb (oberhalb) des wahrscheinlichsten Wertes liegt. Die Verteilung ist dadurch symmetrisch und der „wahrscheinlichste“ Wert entspricht dem Erwartungswert. Das Unternehmen kennt jedoch nicht

387 Zur Darstellung des Anwendungsbeispiels vgl. Kap. 4.3.
388 Vier Segmente mit je 10 Kunden

die Verteilungen der Zahlungsbereitschaften aller Kunden k, sondern besitzt lediglich einwertige Schätzwerte für die Zahlungsbereitschaft der befragten Kunden b. Die einwertigen Schätzwerte entsprechen jeweils dem wahrscheinlichsten Wert der Dreiecksverteilung und können für eine Clusteranalyse verwendet werden.

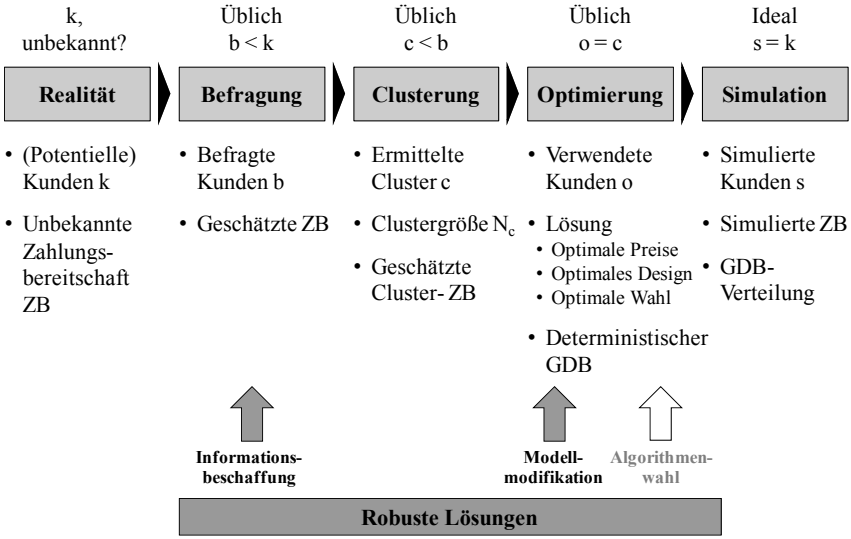


Abbildung 6.11: Ebenen und verfügbare Informationen in der Robustheitsanalyse

Durch die *Clusteranalyse* werden befragte Kunden b mit ähnlichen Zahlungsbereitschaften zu Clustern bzw. Segmenten[389] zusammengefasst, deren Größen unter Zuhilfenahme der geschätzten Marktgröße berechnet werden.[390] Die Cluster- bzw. Segment-Zahlungsbereitschaften der c Cluster werden durch Mittelwertbildung der geschätzten Zahlungsbereitschaften der im Segment enthaltenen Kunden bestimmt. Im Beispiel wurden 4 Segmente mit je 10 Kunden gebildet. In Tabelle 6.2 sind exemplarisch für Segment 2 die für Merkmalsausprägungen des Kippsattelaufliegers geschätzten Segment-Zahlungsbereitschaften sowie die geschätzten Zahlungsbereitschaften der in Segment 2 enthaltenen Kunden dargestellt.

Das Unternehmen besitzt zur Optimierung seines Produktprogramms nur die Informationen über die Cluster, deren Größe sowie geschätzte Cluster-Zahlungs-

389 Cluster und Segmente sind inhaltlich identisch, sodass beide Begriffe synonym verwendet werden.

390 Zur Clusterung durch Cluster-Analyse vgl. u.a. Backhaus et al. (2008), S. 389-450.

bereitschaft, weswegen die Zahlungsbereitschaften in zweifacher Hinsicht mit Unsicherheit behaftet sind. Erstens führt Segmentbildung zu Informationsverlust, da statt der für jeden Kunden geschätzten Zahlungsbereitschaft die durchschnittliche Segment-Zahlungsbereitschaft verwendet wird. Zweitens unterliegt die Zahlungsbereitschaft eines einzelnen Kunden Schätzungenauigkeiten, die mit Verwendung einwertiger Schätzwerte unberücksichtigt bleiben.

Tabelle 6.2: Geschätzte Zahlungsbereitschaften von Segment 2 und der in Segment 2 enthaltenen Kunden für Merkmalsausprägungen des Kippsattelaufliegers in €

Kippsattelauflieger		Geschätzte ZB von Segment 2	Geschätzte ZB von den in Segment 2 enthaltenen Kunden									
			$K_{2,1}$	$K_{2,2}$	$K_{2,3}$	$K_{2,4}$	$K_{2,5}$	$K_{2,6}$	$K_{2,7}$	$K_{2,8}$	$K_{2,9}$	$K_{2,10}$
M_1: Ladelänge	A_1: 8200 mm	**6000**	6211	5934	5919	5782	6190	6074	6214	5904	6122	5653
	A_2: 9400 mm	**7000**	6388	7227	6730	6552	6855	6988	7519	7109	7415	7216
	A_3: 10450 mm	**8000**	7832	8118	7901	7541	8448	7905	8319	7403	8287	8244
M_2: Mulde	A_1: Alu-Kastenmulde	**3000**	2821	3042	3035	2939	3173	3024	2849	3095	3028	2991
	A_2: 2Metall-Mulde	**6000**	5900	5786	6172	6368	6023	5985	5979	6057	5734	5997
	A_3: Stahl-Rundmulde	**3000**	2876	3164	3021	2979	3028	2973	3050	2828	3188	2891
M_3: Rückwand	A_1: Pendelklappe	**4000**	4006	4036	3730	3976	4029	4112	4053	3777	4278	3999
	A_2: Kombitür	**6000**	6138	5964	6062	6032	5835	6031	6016	5967	6000	5958
	A_3: Hydraulisch	**8000**	8240	7947	7940	8074	7959	7889	8050	7514	7935	8448
M_4: Achsen	A_1: Zwei Achsen	**3000**	3014	3110	3172	2734	3097	2997	2943	3095	3017	2819
	A_2: Drei Achsen	**4000**	4195	4099	4280	3958	4161	3964	3736	3733	3710	4163

Basierend auf diesen Informationen wird die *Optimierung* durchgeführt, in der üblicherweise die verwendeten Kunden o den Clustern c entsprechen und keine Auswahl vorgenommen wird. Es ist jedoch auch denkbar, dass aufgrund strategischer Vorgabe nicht alle Kundensegmente bedient werden sollen und daher identifizierte Segmente in der Optimierung unberücksichtigt bleiben. Als Ergebnis wird das optimale Produktprogramm mit optimalem Produktdesign und optimalen Preisen bestimmt. Zusätzlich können auf Basis der geschätzten Zahlungsbereitschaften die optimale Kundenwahl und der Gesamtdeckungsbeitrag als Zielfunktionswert des deterministischen Modells bestimmt werden.

Aufgrund der Unsicherheit der Zahlungsbereitschaften wird der in der Realität erreichbare Gesamtdeckungsbeitrag vom deterministischen Zielfunktionswert abweichen. Für eine realistische Einschätzung ist eine *Simulation* durchzuführen. Im Idealfall entspricht wie hier die Anzahl der in einer Simulation berücksichtigten Kunden s der Anzahl potentieller Kunden k in der Realität. Es kann jedoch auch eine Simulation auf Ebene der Segmente durchgeführt werden, womit s = c gilt. Aus den simulierten Zahlungsbereitschaften ergibt sich die Verteilung des Gesamtdeckungsbeitrags, was eine realistischere Einschätzung ermöglicht. Die Simulation wurde in Excel erstellt und mit dem Excel-Add-In

@Risk in der Version 5.5 von der Firma Palisade durchgeführt.[391] Die Robustheit jeder Lösung wird durch eine Simulation mit 20.000 Iterationen bewertet. Durch die große Anzahl an Iterationen wird in den meisten Fällen sichergestellt, dass sowohl Erwartungswert als auch Standardabweichung mit einer Wahrscheinlichkeit von 97,5 % innerhalb eines 2 %-igen Konfidenzintervalls liegen. Zur Zufallszahlengenerierung wurden das Latin Hypercupe-Samplingverfahren und der Zufallszahlengenerator Mersenne-Twister mit Initialisierungszahl 1000 verwendet.

Die Erzeugung *robuster Lösungen* setzt üblicherweise an den Optimierungsmodellen an, die durch Modifikationen robuste Lösungen erzeugen sollen. Alternativ könnte auch durch zusätzliche Informationsbeschaffung oder die Verwendung spezieller Algorithmen versucht werden, robuste Lösungen zu ermitteln. Im Rahmen der exemplarischen Anwendung wird die Informationsbeschaffung als Vergleichsmaßstab dem vorgeschlagenen Verfahren gegenübergestellt, wodurch auch die Optimalitätsrobustheit beurteilt werden kann. Es wird angenommen, dass durch die Informationsbeschaffung das Unternehmen Kenntnis von den einwertigen Schätzwerten der Zahlungsbereitschaften jedes Kunden k anstelle der Segment-Zahlungsbereitschaften für jedes Segment c erhält.

Mit Hilfe dieses Anwendungsbeispiels sollen einige Fragen geklärt werden. Da durch das vorgeschlagene Verfahren robuste Lösungen erzeugt werden sollen, ist die Eignung des Verfahrens im Hinblick auf dieses Ziel von übergeordneter Bedeutung. Deswegen wird zunächst die Ergebnis- und Optimalitätsrobustheit der erzeugten Lösungen untersucht und visualisiert. Zusätzlich erfolgt ein Vergleich mit Lösungen, die unter Beschaffung zusätzlicher Informationen ermittelt wurden, um insbesondere Optimalitätsrobustheit beurteilen zu können. Desweiteren wird untersucht, welche Anpassungen zur Erreichung der Robustheit vorgenommen werden. Anschließend wird analysiert, welchen Einfluss die Genauigkeit der Zahlungsbereitschaftsschätzung auf den Ansatz besitzt und zu welchen Auswirkungen systematisch fehlerhafte Schätzungen führen. Zusammenfassend werden folgende Fragen untersucht:

1. Eignet sich das vorgeschlagene Verfahren zur Bestimmung ergebnisrobuster Lösungen?
2. Wie gut ist das vorgeschlagene Verfahren im Vergleich zur Informationsbeschaffung in der Lage, optimalitätsrobuste Lösungen zu ermitteln?
3. Worin unterscheiden sich verschieden robuste Produktprogramme?
4. Welchen Einfluss besitzt die Genauigkeit der ZB-Schätzungen?
5. Welche Konsequenzen haben systematisch fehlerhafte Schätzungen?

391 Zur Simulation mit Excel und @Risk vgl. u.a. Albright et al. (2009); Clemen/Reilly (2004); Winston (2001).

6.3.2 Ermittlung der Robustheitseffizienzkurve

Zur Bestimmung der Robustheitseffizienzkurve wurden neben der Ausgangslösung 40 verschiedene Lösungen mit $\Delta = 100, 200, \ldots, 4000$ bestimmt sowie erwartete Gesamtdeckungsbeiträge und Standardabweichungen durch Simulation ermittelt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6.12 dargestellt.

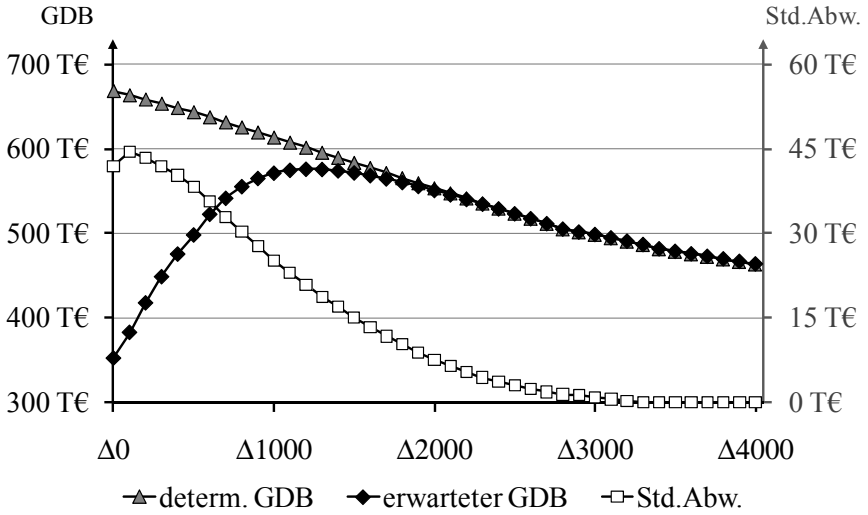


Abbildung 6.12: Deterministischer und erw. Gesamtdeckungsbeitrag sowie Standardabweichung erzeugter Lösungen in Abhängigkeit vom Robustheitsparameter Δ

In Abbildung 6.12 sind der deterministische Gesamtdeckungsbeitrag gemäß dem linearen Modell, der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag sowie die Standardabweichung auf Basis der Simulationsergebnisse in Abhängigkeit des Robustheitsparameters Δ dargestellt. Hinsichtlich der Standardabweichung fällt auf, dass diese abgesehen von einer einzigen Ausnahme mit zunehmenden Δ ab- und letztendlich den Wert null annimmt. Wie in Kapitel 6.2.1 diskutiert, kann die Verwendung der Standardabweichung als Risikomaß zu dem hier aufgetretenen Anstieg führen. Zur Vermeidung von Fehleinschätzungen der Ergebnisrobustheit sollte daher auf Semistandardabweichungen zurückgegriffen werden. Abbildung 6.13 stellt die Standardabweichung und die diskutierten Semistandardabweichungen im Vergleich dar. Es wird deutlich, dass Standardabweichung und Semistandardabweichung vom Erwartungswert ähnliche Verläufe aufweisen und somit in diesem Fall zu gleichen Beurteilungen führen. Die Semistandardabweichung vom deterministischen Zielfunktionswert hingegen verläuft wie erwartet streng monoton fallend. Mit zunehmenden Δ gleichen sich jedoch die

Verläufe an und streben gegen null. Das vorgeschlagene Verfahren kann daher unabhängig vom verwendeten Maß als geeignet zur Erzeugung unterschiedlich ergebnisrobuster Lösungen angesehen werden. Da die drei Maße zu nahezu identischen Beurteilungen führen, wird auch im Weiteren die „normale“ Standardabweichung verwendet.

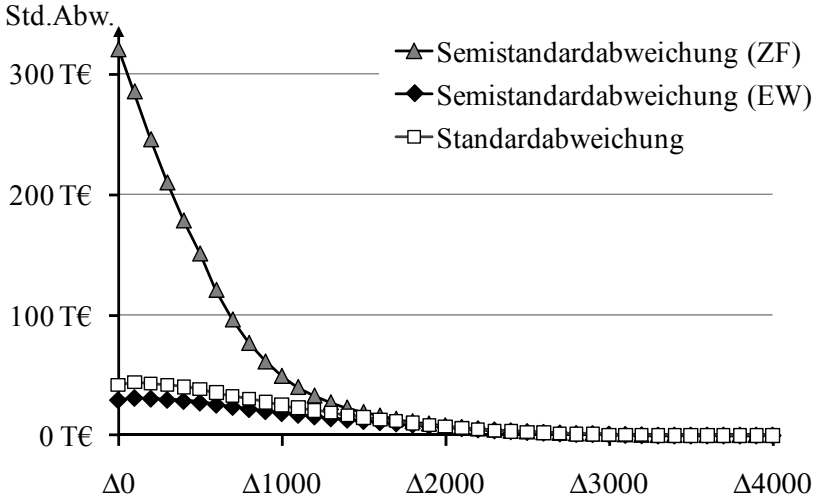


Abbildung 6.13: Standardabweichung, Semistandardabweichung vom Erwartungswert sowie Semistandardabweichung vom deterministischen GDB im Vergleich

Überraschend ist in Abbildung 6.12, dass zunächst mit zunehmenden Δ der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag steigt und damit die Optimalitätsrobustheit zunimmt. Anscheinend sind im Beispiel bis zu einem Δ von 1.200 Optimalitäts- und Ergebnisrobustheit zielkongruent. Erst mit größeren Vorgaben für Δ geht zunehmende Ergebnisrobustheit zu Lasten der Optimalitätsrobustheit. Die Ursache hierfür liegt in der mangelnden Sensitivität der deterministischen Lösung begründet. Die Ausgangslösung weist einen deterministischen Zielfunktionswert von 668.500 € auf, wohingegen aufgrund der Simulationsergebnisse nur ein Gesamtdeckungsbeitrag von 351.366 € erwartet werden kann. Der Unterschied zwischen beiden Werten resultiert aus der nahezu vollständigen Abschöpfung der Konsumentenrente. Kunden in den Segmenten 1, 2 und 4 realisieren keine, Kunden in Segment 3 eine Konsumentenrente von 250 €. Dadurch führen selbst kleinste negative Abweichungen von den geschätzten Zahlungsbereitschaften zu einem Kaufverzicht der Kunden, was mit einem deutlich sinkenden Gesamtdeckungsbeitrag einhergeht. Durch zunehmendes Δ erzielen Kunden durch die von ihnen erworbenen Bündel eine größere Konsumentenrente, wodurch negative

Abweichungen von den geschätzten Zahlungsbereitschaften seltener zu einem Kaufverzicht führen. Der deterministische Gesamtdeckungsbeitrag wird dadurch „realistischer“, sprich, er nähert sich dem erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag an. Weiterhin ist ersichtlich, dass der deterministische GDB mit zunehmenden Δ abnimmt. Die Abnahme beträgt mit jeder Steigerung von Δ um 100 zwischen 3.000 € und 6.500 €. Da mit Erhöhung von Δ der Surplus von jedem der 40 Kunden um 100 € steigt, beträgt die Abnahme mindestens 4.000 €, sofern alle Kunden in beiden Fällen ein Bündel erwerben bzw. 3.000 €, sofern nur noch 3 Segmente etwas erwerben, was ab einem Δ von 2.900 der Fall ist. Darüber hinausgehende Beträge sind der Sicherstellung eines Unterschieds zwischen den Bündeln geschuldet.

Zur Ermittlung der Robustheitseffizienzkurve können alle Lösungen in einem (z_1,z_2)-Diagramm mit den Kriterien erwarteter Gesamtdeckungsbeitrag und Standardabweichung dargestellt werden. Zum Vergleich ist in Abbildung 6.14 zusätzlich die Ausgangslösung und eine Lösung dargestellt, für die zusätzliche Informationen eingeholt wurden. In letzterem Fall besitzt das Unternehmen nicht nur Informationen über Segment-Zahlungsbereitschaften, sondern auch über geschätzte Zahlungsbereitschaften aller 40 Kunden.

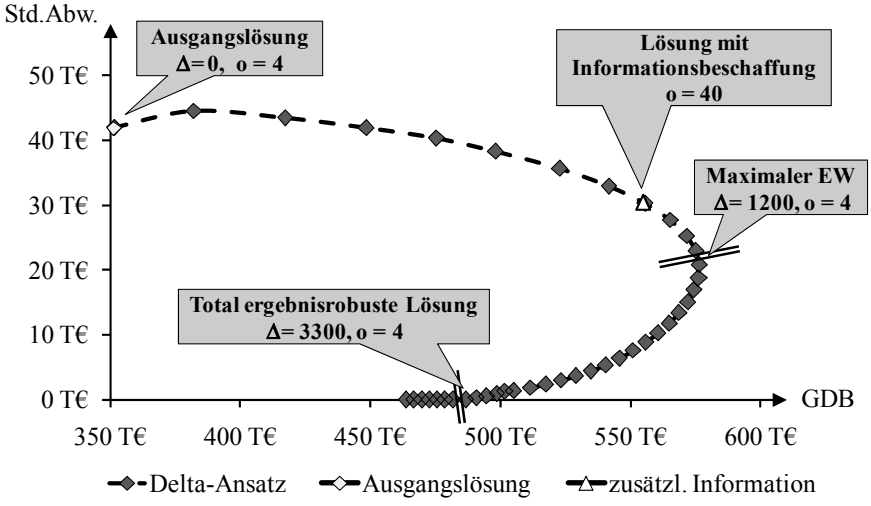


Abbildung 6.14: Standardabweichung und erwarteter Gesamtdeckungsbeitrag unterschiedlicher Lösungen

Gemäß dem in Kapitel 6.1.3 erläuterten Effizienzkriterium ist eine Lösung ineffizient, sofern eine weitere Lösung existiert, die sowohl einen größeren erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag als auch eine niedrigere Standardabweichung

aufweist.[392] Alle Lösungen links oberhalb der nahezu waagerechten Doppellinie besitzen einen niedrigeren Erwartungswert und eine größere Standardabweichung als die Lösung mit $\Delta = 1.200$ und sind daher ineffizient. Gleiches gilt für Lösungen links der nahezu senkrechten Doppellinie, die zwar eine identische Standardabweichung von 0, jedoch einen niedrigen Erwartungswert als die Lösung mit $\Delta = 3.300$ aufweisen. Zu den ineffizienten Lösungen zählen im Beispiel sowohl die Ausgangslösung als auch die Lösung mit zusätzlicher Informationsbeschaffung. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass in anderen Fällen oder mit noch umfangreicherer Informationsbeschaffung nicht optimalitätsrobustere Lösungen bestimmt werden können. Dies wäre nicht verwunderlich, da sich die Entscheidungsgrundlage durch zusätzliche Informationen verbessert und somit bessere Entscheidungen getroffen werden können. In dem Fall bleibt es jedoch unbenommen, das vorgeschlagene Verfahren auf Basis der vorhandenen Informationen durchzuführen. Durch Ausschluss aller ineffizienten Lösungen in Abbildung 6.14 resultiert hier die in Abbildung 6.15 dargestellte Robustheitseffizienzkurve. Ein Entscheidungsträger kann basierend auf diesen Ergebnissen die entsprechend seiner Risikoeinstellung beste Lösung auswählen und umsetzen.

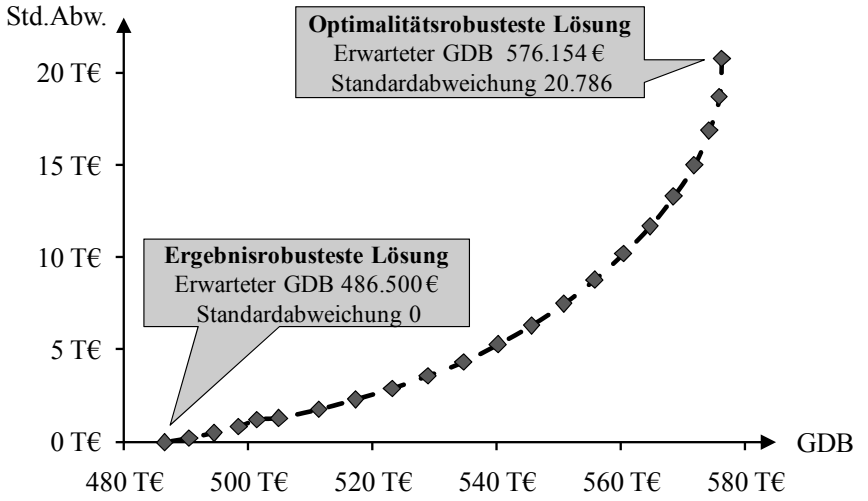


Abbildung 6.15: Robustheitseffizienzkurve für Anwendungsbeispiel

392 Die Ineffizienz gilt auch, falls beide Lösungen in einem der beiden Kriterien gleichwertig sind.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass das vorgeschlagene Verfahren in der Lage ist, systematisch zunehmend ergebnisrobustere bzw. ergebnisstabilere Lösungen zu bestimmen. In jeder Situation können durch Wahl ausreichend großer Werte für Δ total ergebnisstabile Lösungen ermittelt werden. Auch wenn das Verfahren in erster Linie Ergebnisrobustheit verfolgt, führt es doch zu einer stärkeren Optimalitätsrobustheit der Lösungen. Mit zunehmender Ergebnisrobustheit steigt Optimalitätsrobustheit zunächst an und sinkt anschließend. Im Vergleich zur Informationsbeschaffung liefert das auf weniger Informationen beruhende vorgeschlagene Verfahren sehr gute Ergebnisse insbesondere auch im Hinblick auf Optimalitätsrobustheit.

6.3.3 Analyse der vorgenommenen Programmanpassungen

In Tabelle 6.3 ist das optimalitätsrobusteste Produktprogramm (Δ = 1.200) im Vergleich zur Ausgangslösung dargestellt. Beide Produktprogramme bestehen aus vier Bündeln, die jeweils von den gleichen Kundensegmenten gekauft werden, weshalb die Bündel einzeln miteinander verglichen werden können.

Tabelle 6.3: Designvergleich von optimalitätsrobustesten Produktprogramm und Ausgangslösung

Produkt		**Merkmal**	**Ausgangslösung Δ = 0**				**Optimalitätsrobusteste Lösung Δ = 1200**			
			B_1	B_2	B_3	B_4	B_1	B_2	B_3	B_4
		Preis in €	40500	26250	37750	47000	**36600**	**25050**	**35350**	**45800**
Kippsattel-auflieger	M1	Ladenlänge	2	1	1	2	**1**	1	1	2
	M2	Mulde	2	1	1	2	**1**	1	1	**1**
	M3	Rückwand	1	3	3	1	**3**	3	3	1
	M4	Achsen	1	1	1	1	1	1	1	1
Telematik	M5	Kühlung	2		2	2	2		2	2
	M6	Sicherheit	1		1	1	1		1	1
	M7	Just-In-Time	2		2	2	2		2	2
	M8	Trailerinfo	1		1	1	1		1	1
Service-Paket	M9	Fahrleistung	1	2	2	2	1	2	2	2
	M10	Vertragsbindung	3	2	1	1	3	2	1	1
	M11	Umfang	3	1	3	3	3	1	3	3
	M12	Reifendienst	1	2	2	2	1	2	2	2
Finanzierung	M13	Art		2	1	2		2	1	**1**
	M14	Laufzeit		3	1	2		3	1	2
	M15	Schutzpaket		1	1	3		1	1	3

Im Vergleich zur Ausgangslösung geänderter Wert

Der Vergleich zeigt, dass sämtliche Bündelpreise im Vergleich zur Ausgangslösung angepasst wurden, während das Design der einzelnen Bündel weitgehend unverändert geblieben ist. Bündel 2 und 3 unterscheiden sich überhaupt nicht, während in Bündel 1 drei und in Bündel 4 zwei Merkmale eine andere Ausprägung aufweisen. Dies ist nicht ungewöhnlich, da Preisanpassungen aufgrund der Vorgabe einer höheren Konsumentenrente notwendig sind. Designänderungen werden dagegen eher eingesetzt, um für jeden Kunden den geforderten Mindest-Surplusabstand zwischen zwei Bündeln sicherzustellen.

Die Bedeutung von Designänderungen darf jedoch nicht unterschätzt werden. Ohne Designänderung sind größere Preisänderungen notwendig, was zu geringeren Gesamtdeckungsbeiträgen führen kann. Wie in Tabelle 6.4 dargestellt, führt der Verzicht auf Designanpassung zu Deckungsbeitragseinbußen, die mit steigender Robustheit zunehmen.

Tabelle 6.4: Deterministische Gesamtdeckungsbeiträge von ausgewählten robusten Produktprogrammen mit und ohne Designanpassung

Produktprogramm	**Deterministischer GDB**		**GDB-Einbuße**
	mit neuem Design	**mit Ausgangsdesign**	
Ausgangslösung		668.500 €	
$\Delta = 100$	663.500 €	662.500 €	1.000 €
$\Delta = 1.200$	601.500 €	582.500 €	19.000 €
$\Delta = 2.900$	501.500 €	478.000 €	23.500 €
$\Delta = 3.300$	486.500 €	451.500 €	35.000 €
$\Delta = 3.400$	481.500 €	444.500 €	37.000 €

Abbildung 6.16 stellt Preis- und Designabweichungen robuster Lösungen von der Ausgangslösung in Abhängigkeit vom Parameter Δ dar. Wie ersichtlich ist, steigen sowohl Preis- als auch Designabweichungen an der Stelle $\Delta = 2.900$ sprunghaft an. Durch die geforderten Abstände ist es im Rahmen einer deterministischer Planung nicht mehr sinnvoll, ein Bündel für Kundensegment 2 anzubieten. Dadurch entfällt dieses, was zu entsprechend großen Preis- und Designänderungen führt.

Die Abbildungen zeigen, dass sich robuste Lösungen von der Ausgangslösung vor allem in den Preisen der Bündel unterscheiden. Dies hat zwei Gründe. Erstens erlauben Preis- im Gegensatz zu Designänderungen sehr feine Unterschiede im Surplus der Kunden, zweitens führen Preisänderungen oft zu geringeren Deckungsbeitragseinbußen. Damit bspw. ein Kunde einen Mindest-Surplus von 100 € besitzt, kann der Preis seines Bündels um 100 € reduziert oder ein Merkmal derart geändert werden, dass sein Nutzen um 100 € steigt.

Durch Festlegung einer anderen Merkmalsausprägung erhöhen sich jedoch die Kosten um über 100 €, da sonst die ermittelte Ausgangslösung nicht optimal gewesen wäre. Zur Sicherstellung eines Mindestabstands zwischen zwei Bündeln können Preisänderungen hingegen sehr hoch ausfallen. In dem Fall sind Änderungen am Bündeldesign besser geeignet. Das geänderte Design bleibt solange optimal, bis mit steigendem Δ ein geforderter Mindestabstand zwischen den Bündeln nicht mehr eingehalten werden kann und ein neues Design zu bestimmen ist. Dies wiederum führt zu dem in Abbildung 6.16 sichtbaren sprunghaft ansteigenden Verlauf der Designabweichungen.

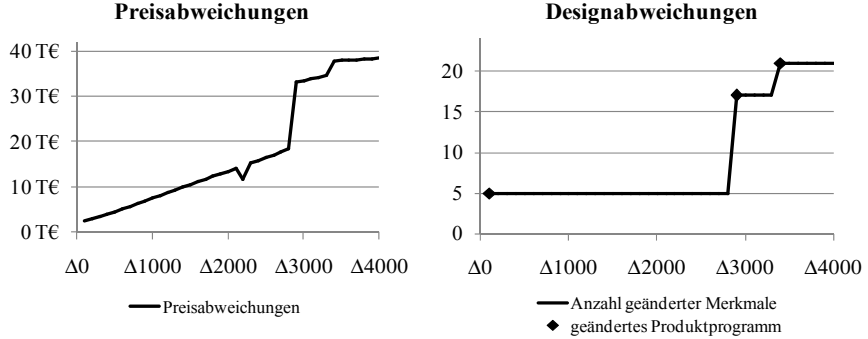


Abbildung 6.16: Preis- und Designabweichungen robuster Lösungen zur Ausgangslösung in Abhängigkeit des Robustheitsparameters Δ

6.3.4 Einfluss der Güte von Zahlungsbereitschaftsschätzungen

In den bisherigen Untersuchungen wurde davon ausgegangen, dass sich konkrete Zahlungsbereitschaften der Kunden zufällig aus bekannten Verteilungen ergeben. Diese Verteilungen sind in der Realität jedoch unbekannt und zur Erstellung der Robustheitseffizienzkurven zu schätzen. Im Weiteren wird daher untersucht, welchen Einfluss die Schätzgüte auf die Performance des Verfahrens hat. Unter Schätzgüte können zwei unterschiedliche Dinge verstanden werden. Zum einen die Genauigkeit der Schätzung, welche u.a. durch den Stichprobenumfang beeinflusst wird, zum anderen die Güte des verwendeten Schätzverfahrens. Unter der Güte eines Schätzverfahrens wird im Rahmen externer Validitätsanalysen seine Fähigkeit verstanden, Zahlungsbereitschaften verzerrungsfrei zu schätzen, wodurch der Schätzwert die wahre Zahlungsbereitschaft weder systematisch über- noch unterschätzt.[393] Im Weiteren wird untersucht, mit welchen Auswir-

393 Vgl. hierzu die Ausführungen in Kapitel 2.3.3.

kungen bei Verwendung von verzerrten Schätzwerte im Rahmen der Produktprogrammoptimierung zu rechnen ist, um eine anwendungsorientierte Auswahlempfehlung für die Schätzverfahren zu geben. Zuvor wird jedoch der Einfluss der Schätzgenauigkeit auf das vorgeschlagene Verfahren untersucht.

Auswirkungen von Schätzgenauigkeit bzw. Unsicherheitsstärke

Im praktischen Einsatz sind Zahlungsbereitschaften unbekannt und daher zu schätzen. Bevor auf die Frage nach einer Ermittlung der Verteilung von Zahlungsbereitschaften eingegangen wird, soll zunächst untersucht werden, ob das Verfahren auch bei unterschiedlich stark schwankenden Zahlungsbereitschaften angewendet werden kann. Denn erst dann ist es sinnvoll, über die Möglichkeiten zur Schätzung der Verteilung nachzudenken.

Zur Untersuchung des Einfluss der Unsicherheitsstärke wird angenommen, dass bei größerer Unsicherheit der minimale (maximale) Wert der Zahlungsbereitschaften 15 % unterhalb (oberhalb) des wahrscheinlichsten Wertes liegt, während bei geringerer Unsicherheit die Werte um 5 % vom wahrscheinlichsten Wert abweichen. Da die zur Planung verwendeten Informationen (d.h. die einwertigen Schätzwerte) sich dadurch nicht verändern, ändern sich auch die durch das Verfahren ermittelten Lösungen nicht. Nach Durchführung der Simulation ergibt sich folgendes in Abbildung 6.17 dargestellte Bild.

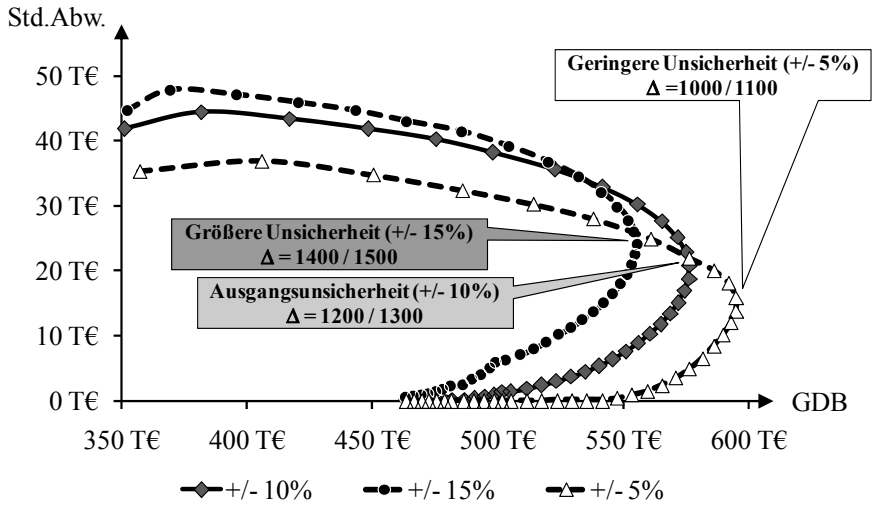


Abbildung 6.17: Änderung der Robustheitseffizienzkurve durch Unsicherheitsschwankungen

Die Grundstruktur der Robustheitseffizienzkurve bleibt unverändert. Unabhängig von der Stärke der Unsicherheit können mit dem Verfahren total ergebnisro-

buste Produktprogramme erzeugt werden. Dafür sind mit zunehmender Unsicherheitsstärke jedoch größere Vorgaben für Δ notwendig. Gleiches gilt für die Optimalitätsrobustheit. Im Ausgangsfall liegt die optimalitätsrobusteste Lösung bei Δ = 1.200 bzw. nur minimal schlechter bei 1.300. Eine größere Unsicherheit bedarf eines Δ von 1.400 bzw. 1.500, während eine geringerer Unsicherheit bereits mit einem Δ von 1.000 bzw. 1.100 auskommt. Abschließend kann festgehalten werden, dass das Verfahren unempfindlich gegenüber Unsicherheitsschwankungen ist und unabhängig von der Stärke der Unsicherheit gute Ergebnisse erzielt werden.

Das Verfahren ist damit unabhängig von der zugrunde liegenden Unsicherheit einsetzbar. In der exemplarischen Anwendung wurde davon ausgegangen, dass individuelle Zahlungsbereitschaften einer Unsicherheit unterliegen. Werden zu deren Schätzungen Verfahren eingesetzt, die neben dem Schätzwert auch Standardfehler ausgeben wie z.B. eine OLS-Schätzung[394], so kann zusammen mit der in der Schätzung unterstellten Verteilungsannahme die für das vorgeschlagene Verfahren benötigten Verteilungen mit ihren Momenten angegeben werden. Gleiches gilt, wenn nicht individuelle Zahlungsbereitschaften, sondern Segment-Zahlungsbereitschaften aggregiert geschätzt werden.

Auswirkungen verzerrter Zahlungsbereitschaftsschätzungen

Zur Ermittlung von Zahlungsbereitschaften stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung.[395] Die Ergebnisse empirischer Untersuchungen legen nahe, dass einige Verfahren zu Über- bzw. Unterschätzung der Zahlungsbereitschaft neigen. Es wird in diesem Zusammenhang auch davon gesprochen, dass die Schätzung *verzerrt* oder *biased* ist. Es bleibt jedoch zu klären, welche Auswirkungen verzerrte Zahlungsbereitschaftsschätzungen auf das Ergebnis einer robusten Produktprogrammoptimierung ausüben und welche Empfehlungen für die Auswahl von Schätzverfahren gegeben werden können.

Dazu wird angenommen, dass durch die Zahlungsbereitschaftsmessung für alle Zahlungsbereitschaften Werte 10 % unterhalb (negativ verzerrte Schätzung) bzw. 10 % oberhalb (positiv verzerrte Schätzung) der wahren Zahlungsbereitschaften geschätzt wurden. Wird auf die Bestimmung robuster Produktprogramme verzichtet (d.h. Δ = 0), so ergeben sich gemäß dem linearen Modell die in Tabelle 6.5 dargestellten deterministischen GDB sowie die mittels der Simulation bestimmten erwarteten GDB und Standardabweichungen.

394 Ordinary Least Square

395 Vgl. die Ausführungen in Kap. 2.3.3.

Tabelle 6.5: Deterministische Gesamtdeckungsbeiträge im Vergleich zu erwarteten Gesamtdeckungsbeiträgen in Abhängigkeit der ZB-Schätzung bei Robustheitsverzicht

Verzerrung der ZB-Schätzung	Modell	Simulation	
	GDB	erwarteter GDB	Std. Abw.
positiv verzerrt (+10%)	820.000 €	30 €	770 €
unverzerrt	668.500 €	351.366 €	41.946 €
negativ verzerrt (-10%)	522.000 €	521.080 €	1.876 €

Wie zu erwarten, ist nach dem deterministischen Modell mit positiv verzerrter Schätzung ein deutlich größerer Gesamtdeckungsbeitrag realisierbar als mit unverzerrter bzw. negativ verzerrter Zahlungsbereitschaftsschätzung. Auf Basis der Simulation hingegen, ist davon auszugehen, dass kaum Kunden Produkte und Bündel des auf Basis positiv verzerrter Schätzungen optimierten Produktprogramms erwerben werden. Die Zahlungsbereitschaft der Kunden muss in diesem Fall deutlich positiv vom wahren Erwartungswert abweichen, um zu einem positiven Surplus und damit zu einem Kauf von einem der angebotenen Bündel zu führen. Dies liegt an der konsequenten Ausnutzung der Zahlungsbereitschaft der Kunden durch die Preissetzung im linearen Modell. Durch negativ verzerrte Schätzung erfolgt diese Ausnutzung im Hinblick auf die unverzerrten Schätzungen hingegen unvollständig, wodurch Kunden seltener von keinem Bündel einen positiven Surplus erzielen und somit seltener zu Nichtkäufern werden. Dies führt zu höheren erwarteten Gesamtdeckungsbeiträgen und dem festzustellenden Fazit, dass vor dem Hintergrund unsicherer Zahlungsbereitschaften und einem Verzicht auf die Bestimmung robuster Produktprogramme negativ verzerrte Schätzverfahren zu bevorzugen sind.

Werden hingegen robuste Produktprogramme mit Hilfe des vorgeschlagenen Verfahrens bestimmt, so ergeben sich folgende Ergebnisse für die auf Basis jeder Schätzung ermittelten optimalitätsrobustesten Produktprogramme:

Tabelle 6.6: Deterministische Gesamtdeckungsbeiträge im Vergleich zu erwarteten Gesamtdeckungsbeiträgen in Abhängigkeit der ZB-Schätzung (Optimalitätsrobusteste Lösungen)

Verzerrung der ZB-Schätzung	Modell	Robustheitsanalyse		
	GDB	Δ	erwarteter GDB	Std. Abw.
positiv verzerrt (+10%)	536.000 €	5.600	510.539 €	18.964 €
unverzerrt	601.500 €	1.200	576.154 €	20.786 €
negativ verzerrt (-10%)	522.000 €	0	521.080 €	1.876 €

Für die positiv verzerrte Schätzung wurde die optimalitätsrobusteste Lösung mit einem Mindest-Surplusabstand von 5.600 ermittelt, während für die unverzerrte Schätzung ein Abstand von 1.200 ausreichend ist. Bei negativ verzerrter Schätzung sind Optimalitäts- und Ergebnisrobustheit auf dem gesamten Bereich konfliktionäre Ziele, sodass die optimalitätsrobusteste Lösung bereits durch die Ausgangslösung mit $\Delta = 0$ gegeben ist. Es zeigt sich, dass bei unverzerrter Schätzung ein Produktprogramm resultiert, durch das mit einem deutlich höheren Gesamtdeckungsbeitrag gerechnet werden kann. Mit positiv verzerrter Schätzung beträgt die Einbuße hingegen 11,4 %, während mit negativ verzerrter Schätzung diese mit 9,6 % leicht geringer ausfällt. Mit Hinblick auf die Ergebnisrobustheit weisen sowohl unverzerrte als auch positiv verzerrte Schätzungen größere Standardabweichungen als negativ verzerrte auf. Für letztere beträgt die Standardabweichung nur 0,36 % des Erwartungswertes, wodurch diese als nahezu total ergebnisrobust eingeschätzt werden kann. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass zur Erzielung möglichst hoher erwarteter Gesamtdeckungsbeiträge die Verwendung unverzerrter Schätzverfahren unerlässlich ist. Durch positiv wie negativ verzerrte Schätzungen ist mit deutlichen GDB-Einbußen zu rechnen, wobei negative im Vergleich zu positiven Verzerrungen zu leicht weniger gravierenden Auswirkungen führen.

Wird vom Entscheidungsträger neben Optimalitäts- auch Ergebnisrobustheit verfolgt, so sind nicht einzelne Werte, sondern die sich ergebenden Robustheitseffizienzkurven zu analysieren (vgl. Abbildung 6.18).

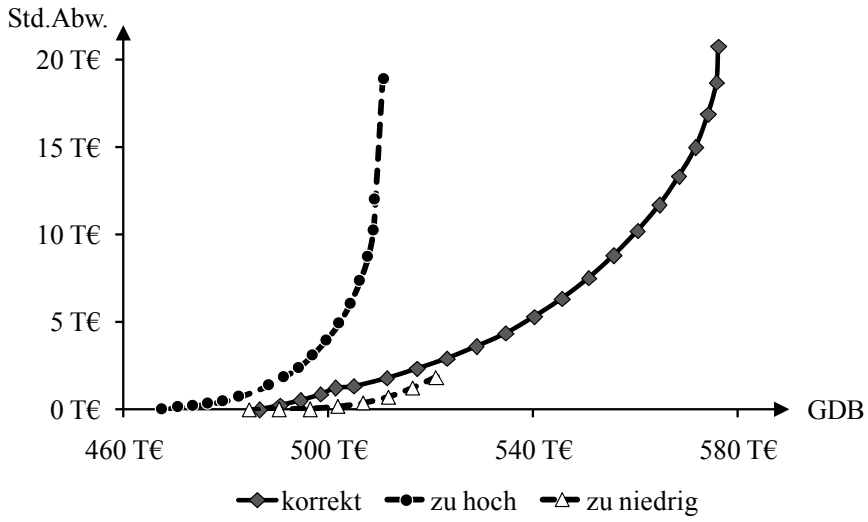


Abbildung 6.18: Robustheitseffizienzkurven in Abhängigkeit der Schätzverzerrung

Aus der Abbildung ergibt sich eindeutig, dass auf Basis positiv verzerrter Schätzungen ermittelte Produktprogramme durch Produktprogramme unverzerrter Schätzungen dominiert werden. Aufgrund dessen ist die Verwendung positiv verzerrender Schätzverfahren sehr kritisch zu sehen. Hinsichtlich negativ verzerrter Schätzungen ergibt sich ein zwiespältiges Bild. Auf der einen Seite ist aus der Abbildung ersichtlich, dass bei gleichen erwarteten Gesamtdeckungsbeiträgen negativ verzerrte Produktprogramme niedrigere Standardabweichungen aufweisen als unverzerrte Produktprogramme und diese somit dominieren. Auf der anderen Seite werden mit negativ verzerrten Schätzungen nicht so hohe Gesamtdeckungsbeiträge erzielt wie mit unverzerrten Schätzungen. Entscheidungsträger mit einer starken Präferenz für optimalitätsrobuste Lösung sollten daher unverzerrte Schätzverfahren bevorzugen. Hinsichtlich Ergebnisrobustheit besitzen Produktprogramme auf Basis negativ verzerrter Schätzungen den Vorteil niedrigerer Standardabweichungen, wodurch sie streckenweise sogar die Produktprogramme unverzerrter Schätzung dominieren. Auch ist der Unterschied zwischen den beiden total ergebnisrobusten Lösungen sehr gering. So wird mit einer unverzerrten Schätzung ein Gesamtdeckungsbeitrag von 486.500 € erzielt, während eine negativ verzerrte Schätzung zu einem Gesamtdeckungsbeitrag von 484.500 € führt. Vor diesem Hintergrund ist für Entscheidungsträger mit einer starken Präferenz für Ergebnisrobustheit die Verwendung negativ verzerrter Schätzverfahren weniger kritisch und in gewisser Hinsicht sogar vorteilhaft.

6.4 Abschließende Beurteilung der Unsicherheitsbewältigung

In der Unternehmenspraxis sind die zur Produktprogrammplanung verwendeten Informationen meist unbekannt und müssen geschätzt werden. Es ist daher davon auszugehen, dass die zur Planung verwendeten Informationen von den in der Realität herrschenden Gegebenheiten abweichen und sich als falsch herausstellen. Daher wird von Entscheidungsträgern gefordert, dass Vorschläge eines Entscheidungsunterstützungssystems auch bei Abweichungen von den verwendeten Informationen zu guten Ergebnissen führen. Eine solche Eigenschaft von Lösungsvorschlägen wird als Robustheit bezeichnet. Erst wenn sie gegeben ist, können theoretisch geplante Produktprogramme auch erfolgreich in der Praxis umgesetzt werden.

Von der Vielzahl der in die Produktprogrammplanung eingehenden Informationen nehmen Zahlungsbereitschaften eine herausragende Position ein. Sie unterliegen aufgrund ihrer statistischen Schätzung und Aggregation in besonderer Weise der Unsicherheit. Sie können einerseits kaum vom Unternehmen beeinflusst werden, beeinflussen andererseits jedoch besonders stark den erzielbaren

Gesamtdeckungsbeitrag. Produktprogramme sollten daher insbesondere robust im Hinblick auf unsichere Zahlungsbereitschaften sein.

Von den sieben in der Literatur vorgeschlagenen Robustheitskriterien wurden mit Optimalitäts- und Ergebnisrobustheit zwei für die Produktprogrammgestaltung wesentliche Robustheitskriterien identifiziert. Ein Produktprogramm wird als optimalitätsrobust bezeichnet, wenn der mit diesem Programm erzielbare Gesamtdeckungsbeitrag in allen denkbaren Situationen bzw. Szenarien möglichst wenig vom bestmöglichen Ergebnis abweicht. Die Optimalitätsrobustheit kann durch den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag gemessen werden und trägt dem Umstand Rechnung, dass ein Entscheidungsträger ein im Durchschnitt gutes Produktprogramm ermitteln möchte. Als ergebnisrobust bzw. ergebnisstabil wird ein Produktprogramm dann bezeichnet, wenn der mit dem Programm erzielbare Gesamtdeckungsbeitrag möglichst unabhängig vom eintretenden Szenario ist, er also möglichst wenig schwankt. Gemessen wird dieses Robustheitskriterium durch Standardabweichung bzw. Semistandardabweichung von einem Planwert. Dadurch wird die grundsätzliche Risikoaversion von Entscheidungsträgern in Bezug auf weitreichende Entscheidungen berücksichtigt. Ergebnisrobuste Lösungen bieten eine größere Planungssicherheit, da ein geplanter Gesamtdeckungsbeitrag wesentlich wahrscheinlicher erreicht wird und insbesondere große negative Abweichungen vermieden werden. Da durch das vorgeschlagene Verfahren sowohl Optimalitäts- als auch Ergebnisrobustheit erst nach Optimierung bestimmbar sind, ist davon auszugehen, dass ein Entscheidungsträger a priori keinen Trade-Off zwischen den beiden grundsätzlich konfliktionären Zielen angeben kann. Die Entscheidungsunterstützung erfolgt, indem unterschiedlich robuste Produktprogramme erzeugt werden und dem Entscheidungsträger alle effizienten Programme in Form einer Robustheitseffizienzkurve präsentiert werden, von denen er eines entsprechend seiner Risikoeinstellung auswählen kann.

Im Gegensatz zu klassischen Ansätzen der robusten Optimierung wird hier auf die szenarienbasierte Erweiterung der Modelle verzichtet. Stattdessen wird die Erweiterung der Modelle um den Robustheitsparameter Δ vorgestellt, durch die Determiniertheit und Linearität der Modelle und damit die Lösbarkeit gewahrt bleiben. Durch den Robustheitsparameter wird ein Mindest-Surplusabstand zwischen dem von einem Kunden präferierten Bündel und seiner zweitbesten Alternative sichergestellt. Mit zunehmenden Δ werden Schwankungen von Zahlungsbereitschaften daher seltener zu Änderungen von Präferenzreihenfolgen führen und so Kunden seltener von dem für sie beabsichtigten Bündel abweichen, was theoretisch zu stabilen Gesamtdeckungsbeiträgen führt.

Diese theoretische Schlussfolgerung wird durch die exemplarische Anwendung bestätigt. Durch das vorgeschlagene iterative Verfahren können systema-

tisch unterschiedlich ergebnisrobuste Produktprogramme bestimmt werden. Zudem gelingt es unabhängig von der Stärke der Unsicherheit, total ergebnisrobuste bzw. ergebnisstabile Lösungen zu erzeugen. Trotz der Fokussierung auf Ergebnisrobustheit werden durch das Verfahren sehr gute optimalitätsrobuste Lösungen ermittelt, wie ein Vergleich mit zusätzlicher Informationsbeschaffung zeigte. Die Bestimmung von Robustheitseffizienzkurven führte neben den für einen Entscheidungsträger empfohlenen effizienten Alternativen zur Erkenntnis, dass Optimalitäts- und Ergebnisrobustheit nicht im gesamten Bereich konfliktionäre Ziele darstellen. Ausgehend von der ursprünglichen Lösung ohne Vorgabe von Δ führt eine zunehmende Ergebnisrobustheit zunächst zu einer Steigerung der Optimalitätsrobustheit.

Die exemplarische Anwendung zeigt darüber hinaus, dass die Güte des Verfahrens unabhängig von der Schätzgenauigkeit bzw. der Stärke der Unsicherheit ist. In allen Fällen zeigen sich ähnliche Verläufe für die Effizienzkurven. Während der Auswahl von Schätzverfahren ist hingegen besonders bei Verfolgung von Optimalitätsrobustheit auf unverzerrte Schätzungen zu achten. Sowohl mit positiv wie negativ verzerrten ZB-Schätzungen ist mit deutlichen Einbußen der Gesamtdeckungsbeiträge zu rechnen. Da im Anwendungsbeispiel negativ verzerrte Schätzungen, also tendenziell Unterschätzung der wahren Zahlungsbereitschaft, selbst gegenüber erwartungstreuen Schätzungen mit gleichen Gesamtdeckungsbeiträgen niedrigere Standardabweichungen aufweisen, sollte bei Verfolgung von Ergebnisrobustheit im Zweifel eher ein negativ als positiv verzerrtes Schätzverfahren gewählt werden.

Durch die vorgeschlagene robuste Entscheidungsunterstützung werden Entscheidungsträger bei der Produktprogrammgestaltung auch dann unterstützt, wenn Zahlungsbereitschaften geschätzt werden müssen. Ausgehend von den geschätzten Zahlungsbereitschaften und durch die Verfahren ermittelten Standardfehler kann mit Hilfe des vorgeschlagenen Verfahrens durch eine Simulation die Robustheitseffizienzkurve bestimmt werden. Sie ermöglicht zum einen die Bestimmung des maximal erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags sowie eine Bewertung der Einbuße, die mit einer zunehmenden Ergebnisrobustheit einhergeht. Dies erlaubt einen Einsatz des vorgeschlagenen Verfahrens auch in der Unternehmenspraxis.

7 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde die Optimierung von Produktprogrammen unter Berücksichtigung von Preisbündelung untersucht. Dadurch wurden zwei Entscheidungsbereiche vereint, die bisher losgelöst voneinander geplant und entschieden wurden. Auch wenn in der Marketingliteratur die enge Verzahnung von Produkt- und Preispolitik erkannt wurde, so existiert doch kein Ansatz, durch den Entscheidungsträger im Produkt- und Preismanagement darin unterstützt werden, Produktprogramme bestmöglich im Hinblick auf eine beabsichtigte Preisbündelung zu gestalten. Ziel dieser Arbeit war es, diese Forschungslücke zu schließen und ein in der Praxis einsetzbares, quantitatives Entscheidungsunterstützungssystem zur gemeinsamen Optimierung von Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preisfindung zu entwickeln.

Die praktische Einsetzbarkeit eines solchen Systems ist an vier Voraussetzungen geknüpft. Erstens bedarf es eines theoretischen Konzepts zur integrierten Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung unter Einsatz mathematischer Modelle und Methoden. Zweitens gilt es sicherzustellen, dass Algorithmen zur Verfügung stehen, mit deren Hilfe auch für realistische Problemstellungen gute Lösungsvorschläge unterbreitet werden können. Erst mit Erfüllung dieser Voraussetzungen ist ein Praxiseinsatz überhaupt möglich. Sinnvoll ist ein solcher Einsatz jedoch nur, wenn der erzielbare Gesamtdeckungsbeitrag deutlich stärker steigt als die Kosten der Planung. Die fundierte Einsatzentscheidung setzt daher drittens vor Durchführung der Optimierung die Abschätzung der in einer konkreten Situation erzielbaren GDB-Steigerung voraus. Wird auf Basis einer solchen Prognose der Einsatz erwogen, so ist viertens die in der Praxis herrschende Informationsunsicherheit, insbesondere hinsichtlich der Zahlungsbereitschaften der Kunden, adäquat zu erfassen und zu bewältigen. Erst mit Erfüllung aller vier Voraussetzungen führt ein Einsatz des Systems in der Praxis zu dem gewünschten Erfolg.

Zur Entwicklung der angestrebten Entscheidungsunterstützung galt es zunächst, die Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung in das Produkt- und Preismanagement einzuordnen und den Informationsbedarf einer quantitativen Optimierung zu konkretisieren. Dazu erfolgte zunächst eine Einordnung in das Produktmanagement. Mit Anbietern, Kunden und Wettbewerbern wurden die drei für eine Produktprogrammoptimierung relevanten Gruppen von Akteuren ermittelt. Anschließend wurden Produkte als Eigenschaftsbündel interpretiert, die durch Festlegung einer Ausprägung jedes beschreibenden Merkmals gestaltet werden können. Im Weiteren wurden Produktprogramme, Produktlinien, Produkte, Varianten und Bündel als relevante Objekte identifiziert und geeignet definiert. Hinsichtlich produktpolitischer Entscheidungstatbestände

wurde herausgearbeitet, dass durch die Produktprogrammoptimierung die operative Programm- und Produktgestaltung vereint und gemeinsam unter Vorgaben der strategischen Programmgestaltung optimiert werden.

Anschließend erfolgte die Vorstellung der Preisbündelung als Teil des Preismanagements. Dazu wurde nach einer Einordnung in die Preisdifferenzierung ihre Wirkungsweise anhand der beiden Formen reine und gemischte Preisbündelung ausführlich vorgestellt und erläutert. Dem folgte die Konkretisierung der in dieser Arbeit betrachteten preispolitischen Entscheidungstatbestände. Durch das Entscheidungsunterstützungssystem werden operative Entscheidungen der Preisbündelung, insbesondere die Festlegung der Bündelkonfiguration sowie der Preise, unter Beachtung strategischer Vorgaben optimal getroffen.

Darüber hinaus wurden die für eine quantitative Optimierung benötigten Informationen herausgearbeitet. Neben strategischen Vorgaben sind ökonomische Ziele festzulegen, entscheidungsrelevante Kosten zu erheben und Nutzen sowie Zahlungsbereitschaften zur Prognose des Kundenverhaltens zu quantifizieren. Eine auf dieser Basis entwickelte quantitative Entscheidungsunterstützung dient der bestmöglichen Konkretisierung einer Programm- und Preisstrategie. Durch sie können strategische Optionen anhand ihrer ökonomischen Konsequenzen verglichen und bewertet werden, wodurch neben einer operativen auch eine strategische Entscheidungsunterstützung gegeben ist.

Anstelle einer reinen Neuentwicklung wurde die Weiterentwicklung und Anpassung von Modellen und Methoden zur Produktliniengestaltung und Preisbündelung geprüft. Mit Kunden und Anbietern existieren im Gegensatz zu vielen anderen Planungssituationen mehrere eigenständig handelnde Akteure. Daher bedurfte es eines Konzepts zur Berücksichtigung des Kundenverhaltens in den Planungen der Anbieter. Hierzu wurde die hierarchische Planung verwendet. Anbieter sind den Kunden zwar nicht übergeordnet, sie entscheiden jedoch zeitlich vor ihnen und determinieren ihr Entscheidungsfeld. Zur Antizipation des Kundenverhaltens und der Prognose der mit unterschiedlichen Produktprogrammen verbundenen Konsequenzen wurden mit der First-Choice Regel sowie den Attraktions- und Zufallsnutzenmodellen verschiedene auf dem Nutzenkonzept basierende Wahlmodelle untersucht. Alle setzen jedoch perfekte Substitutionsbeziehungen zwischen den zur Auswahl stehenden Elementen voraus. In komplexen Produktprogrammen stellen Varianten und Bündel hingegen nicht mehr zwangsläufig perfekte Substitute dar, sodass für Kunden auch der Erwerb von mehr als einer Variante oder Bündel rational sein kann. In dieser Situation ist die Einsetzbarkeit probabilistischer Wahlregeln fraglich, da weder die Annahme der Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen noch die Annahme unabhängiger stochastischer Nutzenkomponenten aufrecht zu erhalten ist. Aufgrund der identifizierten Vorteile der First-Choice Regel wurde ein auf ihr basie-

rendes lineares Programm entwickelt, das die Wahl der Produkte und Bündel bei unterstellter Nutzenmaximierung prognostiziert. Dieses mit *CusChoice* bezeichnete Modell stellt damit ein im Sinne der hierarchischen Planung geeignetes Antizipationsmodell dar.

Die anschließende Analyse der in der Literatur vorgeschlagenen Ansätze bestätigte die Unverbundenheit bisheriger Planungsunterstützungen. So wird in Produktlinienmodellen davon ausgegangen, dass zwischen Produktlinien keine Wechselwirkungen existieren und somit eine Produktlinie unabhängig von allen anderen optimiert werden kann. Bündelungsmodelle hingegen berücksichtigen zwar, dass Produkte aufgrund heterogener Zahlungsbereitschaften der Kunden nicht einzeln, sondern gemeinsam zu bepreisen sind, unterstellen jedoch die Unveränderlichkeit des Produktdesigns und ignorieren die Existenz mehrerer Varianten eines Produkttyps. Aufgrund dessen wurde die quantitative Planungsunterstützung für die beiden Bereiche getrennt analysiert. Sowohl für das Product Line Design als auch für das Product Bundling wurde zunächst die Problemstellung ausführlich erläutert, bevor der aktuelle Stand der Forschung dargelegt und die Modelle anhand ihrer Berücksichtigung der Problemcharakteristika verglichen und bewertet wurden. Auf Basis dieser Analyse wurden Gemeinsamkeiten und Unterschiede der einzelnen Modelle ebenso herausgearbeitet wie die Häufigkeit, mit der unterschiedliche Aspekte der Produktliniengestaltung bzw. Preisbündelung in mathematischen Modellen abgebildet werden. Auf Basis der Analyse wurden die Modelle zum Product Line Design in vier Kategorien eingeteilt, die durch die zwei Dimensionen *Modellierung der Kundenwahl* (deterministisch bzw. probabilistisch) und *verwendete Ausgangsbasis* (Produktkandidaten bzw. Merkmale und Ausprägungen) beschrieben werden. Bündelungsmodelle wurden entsprechend ihrer Kundenwahlmodellierung in deterministische und probabilistische Modelle eingeteilt. Die Modellierung der Problemstellung wurde für jede Modellkategorie an einem typischen Vertreter demonstriert und bildete damit die Basis für eine integrierte Planungsunterstützung.

Zur Integration von Produktliniendesign und Preisbündelung wurden zwei theoretische Vorgehenskonzepte identifiziert, die sequentielle Bündelung, bei der zunächst das Produktdesign festgelegt und anschließend Bündelkonfiguration und Preissetzung durchgeführt werden und die simultane Bündelung, bei der Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preise gleichzeitig bestimmt werden. Für beide Vorgehensweisen wurden quantitative Modelle zur Entscheidungsunterstützung entwickelt. Es wurde gezeigt, dass optimalerweise Bündel so zu konfigurieren und Preise so zu setzen sind, dass Kunden maximal ein Bündel erwerben. Dies ermöglichte die Aufstellung der nichtlinearen Grundmodelle *SeqBun* und *SimBun*. Zur Lösung der Modelle mit Standardverfahren wurden Restriktionen zur Abbildung der Kundenwahl vernachlässigt und so die Grundmo-

delle in lineare Modelle überführt. Die Ermittlung optimaler Lösungen für die Ausgangsmodelle wurde durch ein iteratives Vorgehen sichergestellt. Nach jedem Durchlauf der relaxierten Bündelungsmodelle wird mit dem Kundenwahlmodell *CusChoice* die vom Bündelungsmodell prognostizierte Kundenwahl überprüft. Ergibt sich eine Verletzung, wird die nichteingehaltene Restriktion identifiziert und dem Bündelungsmodell explizit hinzugefügt, welches anschließend erneut gelöst wird. Da in jedem Schritt eine der vorher vernachlässigten Restriktionen hinzugefügt wird, konvergiert dieses Vorgehen nach einer endlichen Anzahl von Schritten zum Optimum. Die durchgeführte exemplarische Anwendung demonstrierte den Einsatz des Verfahrens und ergab zudem, dass sich je nach Anzahl angebotener Varianten Gesamtdeckungsbeiträge mit sequentieller Bündelung zwischen 0 % und 4,1 % und mit simultaner Bündelung zwischen 5,9 % und 11,6 % im Vergleich zum ungebündelten Angebot steigern lassen. Darüber hinaus wurden die Modellkomplexität und der Einsatz eines hybriden evolutionären Algorithmus als heuristisches Lösungsverfahren diskutiert. Entsprechend den Ergebnissen einer experimentellen Evaluation ermittelt dieses Verfahren in wenigen Minuten für realistische Zahlungsbereitschaften Lösungen, durch die im Durchschnitt 98,1 % des Optimums erzielt werden. Damit steht ein praxistaugliches Verfahren auch für große und schwierige Probleminstanzen zur Verfügung.

Um die gewonnenen Erkenntnisse zur Güte des Verfahrens zu verallgemeinern, bedurfte es einer umfangreichen experimentellen Studie. Nach Auswertung von 4.680 unabhängigen Instanzen stand fest, dass mit sequentieller Bündelung Gesamtdeckungsbeiträge um durchschnittlich 7,4 % und mit simultaner Bündelung um durchschnittlich 13,1 % gegenüber reinem Produktliniendesign gesteigert werden können. Die Analyse zeigte aber auch die große Bandbreite erzielbarer GDB-Steigerungen. So existieren Settings, in denen Bündelung nur zu geringfügigen Steigerungen führte, aber auch solche, in denen Steigerungsraten von durchschnittlich 30 % bis 32 % erzielt wurden. Darüber hinaus gab es auch Einzelfälle mit Steigerungsraten von über 40 % und im Maximum sogar von 56,9 %. Ein direkter Vergleich der Bündelungsformen belegte die Überlegenheit simultaner Bündelung, die trotz des höheren Optimierungsaufwands der sequentiellen Bündelung und der reinen Produktliniengestaltung vorzuziehen ist. Simultane Bündelung ist daher nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Unternehmenspraxis gewinnbringend einsetzbar.

Die Studie bestätigte zudem die in der exemplarischen Anwendung erzielten Erkenntnisse hinsichtlich des Ursprungs der GDB-Steigerungen. Die Steigerungen resultieren sowohl aus einer besseren Abschöpfung der Zahlungsbereitschaft als auch aus einer Reduzierung des Effizienzverlustes. Bündelung wirkt sich damit im Durchschnitt wohlfahrtssteigernd aus. Zudem traten Fälle auf, in denen

durch Bündelung gleichzeitig die Konsumentenrente gesteigert und somit ausschließlich der Effizienzverlust reduziert wurde.

Neben GDB-Steigerungen und ihrer Herkunft wurden durch Varianzanalysen die Umweltfaktoren identifiziert, die einen bedeutsamen Einfluss auf den Erfolg der Bündelung ausüben und somit als Erfolgsfaktoren zu bezeichnen sind. Alle untersuchten Faktoren wiesen einen signifikanten, jedoch unterschiedlich starken Einfluss auf. So wird simultane Bündelung entscheidend von Programmbreite- und -tiefe beeinflusst. Je mehr Produktlinien in die Bündelung einbezogen werden und je weniger Varianten aus strategischen Überlegungen heraus angeboten werden, desto größer fällt die Steigerung des Gesamtdeckungsbeitrags im Vergleich zum Produktliniendesign aus. Sequentielle Bündelung hingegen wird deutlich weniger von der Programmtiefe, sondern wesentlich stärker von der Produktkomplexität beeinflusst. Je größer die Produktkomplexität ist, desto geringer ist der Erfolg. Die Analyse zeigte aber auch, dass zur Interpretation der Erfolgsfaktoren und zur Prognose erzielbarer GDB-Steigerungen die Interaktionen der Faktoren nicht zu vernachlässigen sind. In einer konkreten Situation kann durch die identifizierten Erfolgsfaktoren eine Abschätzung des Erfolgs sequentieller und simultaner Bündelung vorgenommen werden, wodurch eine fundierte Einsatzentscheidung möglich ist.

Im Unterschied zur Theorie ist in der Unternehmenspraxis nicht davon auszugehen, dass sämtliche Informationen mit Sicherheit bekannt sind. Insbesondere Nutzen und Zahlungsbereitschaften unterliegen aufgrund der Notwendigkeit ihrer statistischen Schätzung einer besonderen Unsicherheit. Eine praxisorientierte Entscheidungsunterstützung hat dies zu berücksichtigen und adäquat zu bewältigen. Eine Möglichkeit stellt hierzu das Konzept der Robustheit dar, gemäß dem mit Hilfe quantitativer Methoden robuste Produktprogramme zu ermitteln sind, die nicht nur in einer, sondern in einer Vielzahl von Umweltsituationen gute Lösungen darstellen. Von den verschiedenen Robustheitsbegriffen wurden Optimalitäts- und Ergebnisrobustheit als relevant für die Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung identifiziert. Beide werden in dem robusten Entscheidungsunterstützungssystem berücksichtigt, welches aus einer Modellerweiterung zur Bestimmung robuster Produktprogramme, aus einer Risikosimulation zur Bewertung der Robustheit und aus einem interaktiven Verfahren zur Identifikation, Visualisierung und Auswahl effizienter Produktprogramme besteht. Durch die vorgeschlagene Erweiterung der Modelle um den Robustheitsparameter Δ können mit Hilfe des iterativen Verfahrens systematisch unterschiedlich ergebnisrobuste Produktprogramme bestimmt werden. Alle im Hinblick auf die beiden Robustheitskriterien effizienten Produktprogramme werden dem Entscheidungsträger in Form einer Robustheitseffizienzkurve dargestellt. Diese ermöglicht die Bestimmung des maximal erwarteten Gesamtde-

ckungsbeitrags sowie eine Bewertung der Einbuße, die mit einer zunehmenden Ergebnisrobustheit einhergeht. Entsprechend seiner Risikoeinstellung kann der Entscheidungsträger eines der auf dieser Kurve befindlichen Produktprogramme auswählen und umsetzen. Weitergehende Untersuchungen zeigten, dass das Verfahren trotz der Fokussierung auf Ergebnisrobustheit sehr gute optimalitätsrobuste Lösungen ermittelt und unabhängig von der Stärke der Unsicherheit einsetzbar ist.

Somit wurden alle Voraussetzungen für ein in der Praxis einsetzbares, quantitatives Entscheidungsunterstützungssystem zur gemeinsamen Optimierung von Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preisfindung erfüllt. Trotz des deutlichen Fortschritts der Forschung durch diese Arbeit ist das Potenzial einer Berücksichtigung der Preisbündelung in der Produktprogrammgestaltung noch nicht ausgeschöpft. Auf Basis der Analysen ergeben sich Ansatzpunkte für weitere Forschungen, die im Folgenden aufgezeigt werden.

Wie die Analyse der Wahlmodelle zeigte, sind probabilistische Wahlmodelle nicht ohne Weiteres zur Prognose der Kundenwahl in komplexen Produktprogrammen geeignet. Ein Einsatz hierarchischer Modelle wie das nested MNL-Modell wäre jedoch möglich, wenn es gelingt, die für einen Kunden relevante Entscheidungshierarchie zu identifizieren. Dies dürfte aufgrund der komplexen Auswahlsituation ein schwieriges, aber nicht zwangsläufig unmögliches Problem darstellen.

Die durch die entwickelten Modelle vorgeschlagenen Preise stellen Einmalbeträge dar, die ggf. entsprechend umzurechnen sind. Durch weitere Forschungen könnten darüberhinausgehende Preismodelle wie periodische oder nutzungsabhängige Zahlungen explizit erfasst und integriert werden. In diesem Zusammenhang wäre sicherlich auch die Berücksichtigung verhaltenswissenschaftlicher Aspekte sinnvoll. So wäre zu überlegen, wie die Erkenntnisse der Ersparnisdarstellung und die Wahrnehmung der Bündel in Abhängigkeit der enthaltenen Produkte im Rahmen quantitativer Optimierungen genutzt werden können.

Sinnvoll wäre zudem eine mehrperiodige Betrachtung. Dadurch könnten nicht nur das zu einem Zeitpunkt optimale Produktprogramm, sondern auch optimale Entwicklungspfade bestimmt werden. Es ist zu vermuten, dass durch Berücksichtigung der Preisbündelung die Anpassung an neue Gegebenheiten weitaus besser gelingt als durch alleinige Änderungen des Produktdesigns. Schwierig dürfte jedoch die notwendige Erfassung mehrperiodiger Zahlungsbereitschaften sein. Alternativ könnten stattdessen strategische Ziele im Rahmen eines Mehrfachzielansatzes gemeinsam mit den hier verwendeten ökonomischen Zielsetzungen verfolgt werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde unterstellt, dass Wettbewerber nicht auf eigene Produktprogramm- oder Preisänderungen reagieren. Mit Aufhebung dieser

Annahme ergeben sich zwei Fragen: Erstens, ob ein Wettstreit mit komplexen Produktprogrammen zu denselben Gleichgewichten führt wie ein Wettstreit mit Produktprogrammen ohne Bündel und zweitens, ob Anbieter durch Einsatz der hier entwickelten Entscheidungsunterstützung einen Vorteil gegenüber Anbietern erzielen, die reines Produktliniendesign anwenden.

Es ist zu erwarten, dass die Bedeutung einer integrierten Produktprogrammgestaltung und Preisbündelung nicht zuletzt aufgrund steigenden Wettbewerbsdrucks zunehmen und dementsprechend auch der Bedarf nach quantitativer Entscheidungsunterstützung steigen wird. Mit der vorliegenden Arbeit wurde ein wesentlicher Schritt in dieser Richtung unternommen und die angesprochen Aspekte lassen hoffen, dass weitere folgen werden.

Literaturverzeichnis

Adam, D. (1997): Planung und Entscheidung: Modelle - Ziele - Methoden, Wiesbaden 1997.

Adams, W. J.; Yellen, J. L. (1976): Commodity Bundling and the Burden of Monopoly, in: Quarterly Journal of Economics, Vol. 90, No. 3, 1976, S. 475-498.

Albers, S. (1977): A Mixed Integer Nonlinear Programming Procedure for Simultaneously Locating Multiple Products in an Attribute Space, in: Henn, R. et al. (Hrsg.): Operations Research Verfahren, Bd. 26, Meisenheim am Glan 1977, S. 899-909.

Albers, S. (1989): Gewinnorientierte Neuproduktpositionierung in einem Eigenschaftsraum, in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 41. Jg., Nr. 3, 1989, S. 186-209.

Albers, S.; Becker, J. U.; Clement, M.; Papies, D.; Schneider, H. (2007): Die Messung von Preisbereitschaften und ihr Einsatz für die Preisbündelung: Eine anwendungsorientierte Einführung am Beispiel digitaler TV-Programme, in: Marketing ZFP, 29. Jg., Nr. 1, 2007, S. 7-22.

Albers, S.; Bielert, W. (1996): Kostenminimale Gestaltung von finanziellen Nebenleistungen für Führungskräfte, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 66. Jg., Nr. 4, 1996, S. 459-473.

Albers, S.; Brockhoff, K. (1985): Die Gültigkeit der Ergebnisse eines Testmarktsimulators bei unterschiedlichen Daten und Auswertungsmethoden, in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 37. Jg., Nr. 3, S. 191-217.

Albrecht, J. (2000): Präferenzstrukturmessung: Ein empirischer Vergleich der Conjoint-Analyse mit einer kompositionellen Methode, zugl. Diss. Universität Hohenheim 2000, Frankfurt am Main u.a. 2000.

Albright, S. C.; Winston, W. L.; Zappe, C. (2009): Data Analysis & Decision Making with Microsoft Excel, 3., überarb. Aufl., Mason, OH 2009.

Alexouda, G. (2004): An Evolutionary Algorithm Approach to the Share of Choices Problem in the Product Line Design, in: Computers & Operations Research, Vol. 31, No. 13, 2004, S. 2215-2229.

Alexouda, G. (2005): A User-Friendly Marketing Decision Support System for the Product Line Design Using Evolutionary Algorithms, in: Decision Support System, Vol. 38, No. 4, 2005, S. 495-509.

Alexouda, G.; Paparrizos, K. (2001): A Genetic Algorithm Approach to the Product Line Design Problem Using the Seller´s Return Criterion: An Ex-

tensive Comparative Computational Study, in: European Journal of Operational Research, Vol. 134, No. 1, 2001, S. 165-178.

Alkas, H. (2009): Preisbündelung auf regulierten Telekommunikationsmärkten, zugl. Diss. Universität Köln 2007, Baden-Baden 2009.

Anderson, S. P.; de Palma, A.; Thisse, J.-F. (1992): Discrete Choice Theory of Product Differentiation, Cambridge, MA 1992.

Ansari, A.; Siddarth, S.; Weinberg, C. B. (1996): Pricing a Bundle of Products or Services: The Case of Nonprofits, in: Journal of Marketing Research, Vol. 33, No. 1, 1996, S. 86-93.

Aust, E. (1996): Simultane Conjointanalyse, Benefitsegmentierung, Produktlinien- und Preisgestaltung, zugl. Diss. Universität Karlsruhe 1995, Frankfurt am Main 1996.

Backhaus, K.; Erichson, B.; Plinke, W.; Weiber, R. (2008): Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung, 12., vollst. überarb. Aufl., Berlin u.a. 2008.

Backhaus, K.; Voeth, M.; Sichtmann, C.; Wilken, R. (2005): Conjoint-Analyse versus direkte Preisabfrage zur Erhebung von Zahlungsbereitschaften: Eine modifizierte Replikationsstudie, in: Die Betriebswirtschaft, 65. Jg., Nr. 5, 2005, S. 439-457.

Bai, D.; Carpenter, T.; Mulvey, J. (1997): Making a Case for Robust Optimization Models, in: Management Science, Vol. 43, No. 7, 1997, S. 895-907.

Baier, D.; Brusch, M. (Hrsg.) (2009): Conjointanalyse: Methoden, Anwendungen, Praxisbeispiele, Berlin u.a. 2009.

Balakrishnan, P. V.; Gupta, R.; Jacob, V. S. (2004): Development of Hybrid Genetic Algorithms for Product Line Designs, in: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part B: Cybernetics, Vol. 34, No. 1, 2004, S. 468-483.

Balakrishnan, P. V.; Gupta, R.; Jacob, V. S. (2006): An Investigation of Mating and Population Maintenance Strategies in Hybrid Genetic Heuristics for Product Line Designs, in: Computers & Operations Research, Vol. 33, No. 3, 2006, S. 639-659.

Balderjahn, I. (1993): Marktreaktionen von Konsumenten: Ein theoretisch-methodisches Konzept zur Analyse der Wirkung marketingpolitischer Instrumente, zugl. Habilitationsschrift Universität Hannover 1992, Berlin 1993.

Balderjahn, I. (2003): Erfassung von Preisbereitschaft, in: Diller, H.; Herrmann, A. (Hrsg.): Handbuch Preispolitik, Wiesbaden 2003, S. 387-404.

Bamberg, G.; Baur, F.; Krapp, M. (2008a): Statistik, 14., korr. Aufl., München 2008.

Bamberg, G.; Coenenberg, A. G.; Krapp, M. (2008b): Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre, 14., überarb. Aufl., München 2008.

Bauer, H. H.; Huber, F. (2000): Nutzenorientierte Produktgestaltung, in: Herrmann, A.; Homburg, C. (Hrsg.): Marktforschung: Methoden, Anwendungen, Praxisbeispiele, 2., akt. Aufl., Wiesbaden 2000, S. 709-738.

Becker, J. (2009): Marketing-Konzeption: Grundlagen des ziel-strategischen und operativen Marketing-Managements, 9., akt. und erg. Aufl., München 2009.

Becker, J. (1996): Konstruktionsbegleitende Kalkulation mit Neuronalen Netzen innerhalb einer integrierten Informationsarchitektur, in: Corsten, H.; May, C. (Hrsg.): Neuronale Netze in der Betriebswirtschaft: Anwendung in Prognose, Klassifikation und Optimierung, Wiesbaden 1996, S. 45-56.

Becker, J.; Prischmann, M. (1994): Konstruktionsbegleitende Kalkulation mit Neuronalen Netzen, in: Kostenrechnungspraxis, 38. Jg., Nr. 3, 1994, S. 167-171.

Becker, N.; Kornrumpf, A.; Werners, B. (2010): Hybrider evolutionärer Algorithmus zur optimalen Gestaltung von Produktprogrammen unter Berücksichtigung von Preisbündelung, Arbeitsberichte zur Unternehmensforschung 2010/04, Fakultät für Wirtschaftswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum, Bochum 2010.

Belloni, A.; Freund, R.; Selove, M.; Simester, D. (2008): Optimizing Product Line Designs: Efficient Methods and Comparisons, in: Management Science, Vol. 54, No. 9, 2008, S. 1544-1552.

Ben-Akiva, M. E.; Lerman, S. R. (2003): Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand, 9. Nachdruck, Originalausgabe 1985, Cambridge, MA 2003.

Benkenstein, M. (2001): Entscheidungsorientiertes Marketing: Eine Einführung, Wiesbaden 2001.

Ben-Tal, A.; El Ghaoui, L.; Nemirovskiæi, A. S. (2009): Robust Optimization, Princeton, NJ 2009.

Ben-Tal, A.; Nemirovskiæi, A. S. (1998): Robust Convex Optimization, in: Mathematics of Operations Research, Vol. 23, No. 4, 1998, S. 769-805.

Ben-Tal, A.; Nemirovskiæi, A. S. (1999): Robust Solutions of Uncertain Linear Programs, in: Operations Research Letters, Vol. 25, No. 1, 1999, S. 1-13.

Ben-Tal, A.; Nemirovskiæi, A. S. (2002): Robust Optimization - Methodology and Applications, in: Mathematical Programming, Series B, Vol. 92, No. 3, 2002, S. 453-480.

Ben-Tal, A.; Nemirovskiæi, A. S. (2008): Selected Topics in Robust Convex Optimization, in: Mathematical Programming, Series B, Vol. 112, No. 1, 2008, S. 125-158.

Berndt, R.; Cansier, A. (2007): Produktion und Absatz, 2., akt. und erw. Auflage, Berlin u.a. 2007.

Berninghaus, S. K.; Ehrhart, K.-M.; Güth, W. (2006): Strategische Spiele: Eine Einführung in die Spieltheorie, 2., überarb. und erw. Aufl., Berlin u.a. 2006.

Bertsimas, D.; Sim, M. (2004): The Price of Robustness, in: Operations Research, Vol. 52, No. 1, 2004, S. 35-53.

Bichel, A.; Trommsdorff V. (2009): Präferenzmodelle bei der Conjointanalyse, in: Baier, D.; Brusch, M. (Hrsg.): Conjointanalyse: Methoden, Anwendungen, Praxisbeispiele, Berlin u.a. 2009, S. 59-71.

Birge, J. R.; Louveaux, F. (1997): Introduction to Stochastic Programming, New York, NY 1997.

Böhler, H.; Scigliano, D. (2009): Traditionelle Conjointanalyse, in: Baier, D.; Brusch, M. (Hrsg.): Conjointanalyse: Methoden, Anwendungen, Praxisbeispiele, Berlin u.a. 2009, S. 101-112.

Böker, F. (1986): Präferenzforschung als Mittel marktorientierter Unternehmensführung, in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 38. Jg., Nr. 7/8, 1986, S. 543-574.

Boni, O.; Ben-Tal, A. (2008): Adjustable Robust Counterpart of Conic Quadratic Problems, in: Mathematical Methods of Operations Research, Vol. 68, No. 2, 2008, S. 211-233.

Bornstedt, M. (2007): Kaufentscheidungsbasierte Nutzensegmentierung: Entwicklung und empirische Überprüfung von Segmentierungsansätzen auf Basis von individualisierten Limit Conjoint-Analysen, zugl. Diss. Universität Hohenheim 2007, Göttingen 2007.

Bortz, Jürgen (2005): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler, 6., vollst. überarb. und akt. Aufl., Heidelberg 2005.

Bradley, R. A.; Terry, M. E. (1952): Rank Analysis of Incomplete Block Designs: The Method of Paired Comparisons, in: Biometrika, Vol. 39, No. 3/4, 1952, S. 324-345.

Brauers, J.; Weber, M. (1986): Szenarioanalyse als Hilfsmittel der strategischen Planung: Methodenvergleich und Darstellung einer neuen Methode, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 56. Jg., Nr. 7, 1986, S. 631-652.

Breidert, C. (2006): Estimation of Willingness-to-Pay: Theory, Measurement, Application, zugl. Dissertation Universität Wien 2005, Wiesbaden 2006.

Brockhoff, K. (1999): Produktpolitik, 4., neu bearb. und erw. Aufl., Stuttgart u.a. 1999.

Bühner, M.; Ziegler, M. (2009): Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler, München 2009.

Büschken, J.; Thaden, C. von (2007): Produktvariation, -differenzierung und -diversifikation, in: Albers, S.; Herrmann, A. (Hrsg.): Handbuch Produktmanagement, 3., überarb. und erw. Aufl., Wiesbaden 2007, S. 595-616.

Calatone, R. J.; Sawyer, A. G. (1978): The Stability of Benefit Segments, in: Journal of Marketing Research, Vol. 15, No. 3, 1978, S. 395-404.

Cattin, P.; Wittink, D. R. (1982): Commercial Use of Conjoint Analysis: A Survey, in: Journal of Marketing, Vol. 46, No. 3, 1982, S. 44-53.

Chakravarty, A. K.; Baum, J. E. (1992): Co-ordinated Planning for Competitive Products and their Manufacturing Operations, in: International Journal of Production Research, Vol. 30, No. 10, 1992, S. 2293-2311.

Chen, K. D.; Hausman, W. H. (2000): Technical Note: Mathematical Properties of Optimal Product Line Selection Problem Using Choice-Based Conjoint Analysis, in: Management Science, Vol. 46, No. 2, 2000, S. 327-332.

Chen, S. L.; Jiao, R. J.; Tseng, M. M. (2009): Evolutionary Product Line Design Balancing Customer Needs and Product Commonality, in: CIRP Annals - Manufacturing Technology, Vol. 58, No. 1, 2009, S. 123-126.

Chhajed, D.; Kim, K. (2005): Strict-Product-Ordering Approach in the Vertical Product-Line Design Problem, in: IIE Transactions, Vol. 37, No. 4, 2005, S. 319-331.

Chung, J.; Rao, V. R. (2003): A General Choice Model for Bundles with Multiple-Category Products: Application to Market Segmentation and Optimal Pricing for Bundles, in: Journal of Marketing Research, Vol. 40, No. 2, 2003, S. 115-130.

Clemen, R. T.; Reilly, T. (2004): Making Hard Decisions with Decision Tools, 2., überarb. Aufl., Pacific Grove, CA 2004.

Cohen, J. (1988): Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences, 2. Aufl., Hillsdale, NJ 1988.

Collette, Y.; Siarry, P. (2003): Multiobjective Optimization: Principles and Case Studies, Berlin u.a. 2003.

Curry, J. (1997): After the Basics: Keeping Key Issues in Mind Makes Conjoint Analysis Easier to Apply, in: Marketing Research, Vol. 9, No. 1, 1997, S. 6-11.

Davis, M. D. (2005): Spieltheorie für Nichtmathematiker, 4. Aufl., München 2005.

Deb, K.; Gupta, H. (2006): Introducing Robustness in Multi-Objective Optimization, in: Evolutionary Computation, Vol. 14, No. 4, 2006, S. 463-494.

Decker, R.; Bornemeyer, C. (2007): Produktliniengestaltung, in: Albers, S.; Herrmann, A. (Hrsg.): Handbuch Produktmanagement, 3., überarb. und erw. Aufl., Wiesbaden 2007, S. 573-593.

Decker, R.; Bornemeyer, C. (2009): Marktsegmentierung auf Basis von individuellen Nutzenmessungen, in: Baier, D.; Brusch, M. (Hrsg.): Conjointanalyse: Methoden, Anwendungen, Praxisbeispiele, Berlin u.a. 2009, S. 199-213.

Deimel, K.; Isemann, R.; Müller, S. (2006): Kosten- und Erlösrechnung: Grundlagen, Managementaspekte und Integrationsmöglichkeiten der IFRS, München 2006.

Diller, H. (2003): Aufgabenfelder, Ziele und Entwicklungstrends der Preispolitik, in: Diller, H.; Herrmann, A. (Hrsg.): Handbuch Preispolitik, Wiesbaden 2003, S. 3-32.

Diller, H. (2008): Preispolitik, 4., neu bearb. und erw. Aufl., Stuttgart 2008.

Dinkelbach, W.; Kleine, A. (1996): Elemente einer betriebswirtschaftlichen Entscheidungslehre, Berlin u.a. 1996.

Dixit, A. K.; Skeath, S.; Reiley, D. H. (2009): Games of Strategy, 3. Aufl., New York, NY 2009.

Dobson, G.; Kalish, S. (1988): Positioning and Pricing a Product Line, in: Marketing Science, Vol. 7, No. 2, 1988, S. 107-125.

Dobson, G.; Kalish, S. (1993): Heuristics for Pricing and Positioning a Product-Line Using Conjoint and Cost Data, in: Management Science, Vol. 39, No. 2, 1993, S. 160-175.

Dobson, G.; Yano, C. A. (1995): Product Line and Technology Selection with Shared Manufacturing and Engineering Design Resources, Working Paper, William E. Simon School of Business Administration, University of Rochester, Rochester, 1995.

Domschke, W.; Drexl, A. (2005): Einführung in Operations Research, 6., überarb. und erw. Aufl., Berlin u.a. 2005.

Domschke, W.; Scholl, A. (2008): Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre: Eine Einführung aus entscheidungsorientierter Sicht, 4., verb. und akt. Aufl., Berlin u.a. 2008.

Eckey, H.-F.; Kosfeld, R.; Rengers, M. (2002): Multivariate Statistik: Grundlagen, Methoden, Beispiele, Wiesbaden 2002.

Eckey, H.-F.; Kosfeld, R.; Türck, M. (2008): Deskriptive Statistik: Grundlagen - Methoden - Beispiele, 5., überarb. Aufl., Wiesbaden 2008.

Eckstein, P. P. (2008): Angewandte Statistik mit SPSS: Praktische Einführung für Wirtschaftswissenschaftler, 6., überarb. Aufl., Wiesbaden 2008.

Ehrlenspiel, K.; Kiewert, A.; Lindemann, U. (2007): Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren: Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung, 6., überarb. und korr. Aufl., Berlin u.a. 2007.

Eisenführ, F.; Weber, M. (2003): Rationales Entscheiden, 4., neubearb. Aufl., Berlin 2003.

Elrod, T.; Winer, R. S. (1982): An Empirical Evaluation of Aggregation Approaches for Developing Market Segment, in: Journal of Marketing, Vol. 46, No. 4, 1982, S. 65-74.

Esch, F.-R.; Herrmann, A.; Sattler, H. (2008): Marketing: Eine managementorientierte Einführung, 2., überarb. Aufl., München 2008.

Fabozzi, F. J.; Kolm, P. N.; Pachamanova, D. A.; Focardi, S. M. (2007): Robust Portfolio Optimization and Management, Hoboken NJ 2007.

Fahrmeir, L.; Hamerle, A.; Nagl, W. (1996): Varianz- und Kovarianzanalyse, in: Fahrmeir, L.; Hamerle, A.; Tutz, G. (Hrsg.): Multivariate statistische Verfahren, 2., erw. Aufl., Berlin 1996, S. 169-238.

Faßnacht, M. (1996): Preisdifferenzierung bei Dienstleistungen: Implementationsformen und Determinanten, zugl. Diss. Universität Mainz 1995, Wiesbaden 1996.

Figueira, J.; Greco, S.; Ehrgott, M. (Hrsg.) (2005): Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, New York, NY 2005.

Fischer, B. R. (2001): Performanceanalyse in der Praxis: Performancemaße, Attributionsanalyse, DVFA-Performance Presentation Standards, 2., akt. Aufl., München 2001.

Foscht, T.; Swoboda, B. (2007): Käuferverhalten: Grundlagen - Perspektiven - Anwendungen, 3., akt. Aufl., Wiesbaden 2007.

Frank, H. (2002): Fuzzy Methoden in der Wirtschaftsmathematik: Eine Einführung, Braunschweig u.a. 2002.

Franke, G.; Hax, H. (2009): Finanzwirtschaft des Unternehmens und Kapitalmarkt, 6., über. und erg. Aufl., Berlin u.a. 2009.

Freiwald, S. (2005): Supply Chain Design: Robuste Planung mit differenzierter Auswahl der Zulieferer, zugl. Diss. Ruhr-Universität Bochum 2005, Frankfurt am Main 2005.

Freter, H. (2008): Markt- und Kundensegmentierung: Kundenorientierte Markterfassung und -bearbeitung, 2., vollst. neu bearb. und erw. Aufl., Stuttgart 2008.

Fruchter, G. E.; Fligler, A.; Winer R. S. (2006): Optimal Product Line Design: A Genetic Algorithm Approach to Mitigate Cannibalization, in: Journal of Optimization Theory and Applications, Vol. 131, No. 2, 2006, S. 227-244.

Fürderer, R. (1996): Option and Component Bundling Under Demand Risk: Mass Customization Strategies in the Automobile Industry, zugl. Diss. WHU Koblenz 1995, Wiesbaden 1996.

Fürderer, R.; Huchzermeier, A. (1997): Optimale Preisbündelung unter Unsicherheit, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Ergänzungsheft 1, 1997, S. 117-133.

Fürderer, R.; Huchzermeier, A.; Schrage, L. (1996): Stochastic Option Bundling and Bundle Pricing, in: Bauer, H. H.; Dichtl, E.; Herrmann, A. (Hrsg.): Automobilmarktforschung: Nutzenorientierung von Pkw-Herstellern, München 1996, S. 133-156.

Fürderer, R.; Huchzermeier, A.; Schrage, L. (1999): Stochastic Option Bundling and Bundle Pricing, in: Fürderer, R.; Herrmann, A.; Wuebker, G. (Hrsg.): Optimal Bundling: Marketing Strategies for Improving Economic Performance, Berlin u.a. 1999, S. 61-86.

Gaul, W.; Aust, E.; Beier, D. (1995): Gewinnorientierte Produktliniengestaltung unter Berücksichtigung des Kundennutzens, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 65. Jg., Nr. 8, 1995, S. 835-855.

Gausemeier, J. (Hrsg.) (1995): Die Szenario-Technik - Werkzeug für den Umgang mit einer multiplen Zukunft, Paderborn 1995.

Götze, U. (1991): Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung, zugl. Diss. Universität Göttingen 1990, Wiesbaden 1991.

Green, P. E.; Krieger, A. M. (1985): Models and Heuristics for Product Line Selection, in: Marketing Science, Vol. 4, No. 1, 1985, S. 1-19.

Green, P. E.; Krieger, A. M. (1987): A Consumer-Based Approach to Designing Product Line Extensions, in: Journal of Product Innovation Management, Vol. 4, No. 1, 1987, S. 21-32.

Green, P. E.; Krieger, A. M. (1988): Choice Rules and Sensitivity Analysis in Conjoint Simulators, in: Journal of the Academy of Marketing Science, Vol. 16, No. 1, 1988, S. 114.

Green, P. E.; Krieger, A. M. (1989): Recent Contributions to Optimal Product Positioning and Buyer Segmentation, in: European Journal of Operational Research, Vol. 41, No. 2, 1989, S. 127-141.

Green, P. E.; Krieger, A. M. (1993): Conjoint Analysis with Product-Positioning Applications, in: Eliashberg, J.; Lilien, G. L. (Hrsg.): Handbooks in Operations Research and Management Science, Vol. 5: Marketing, Amsterdam 1993, S. 467−515.

Green, P. E.; Srinivasan, V. (1978): Conjoint Analysis in Consumer Research: Issues and Outlook, in: Journal of Consumer Research, Vol. 5, No. 2, 1978, S. 103-123.

Green, P. E.; Srinivasan, V. (1990): Conjoint Analysis in Marketing: New Developments for Research and Practice, in: Journal of Marketing, Vol. 54, No. 1, 1990, S. 3-19.

Grissom, R. J.; Kim, J. J. (2005): Effect Sizes for Research: A Broad Practical Approach, Mahwah, NJ 2005.

Guéret, C.; Prins, C.; Sevaux, M.; Heipcke, S. (2002): Applications of Optimization with Xpress-MP, Blisworth 2002.

Gutenberg, E. (1983): Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd. 1: Die Produktion, 24., unveränd. Aufl., Berlin u.a. 1983.

Gutenberg, E. (1984): Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd. 2: Der Absatz, 17. Aufl., Berlin u.a. 1984.

Güth, W. (1999): Spieltheorie und ökonomische (Bei)Spiele, 2., völlig neubearb. Aufl., Berlin u.a. 1999.

Gutsche, J. (1995): Produktpräferenzanalyse: Ein modelltheoretisches und methodisches Konzept zur Marktsimulation mittels Präferenzerfassungsmodellen, zugl. Diss. Universität Mannheim 1994/95, Berlin 1995.

Hahn, C. (1997): Conjoint- und Discrete Choice-Analyse als Verfahren zur Abbildung von Präferenzstrukturen und Produktauswahlentscheidungen: Ein theoretischer und computergestützter empirischer Vergleich, zugl. Diss. Universität Münster 1997, Münster 1997.

Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E. (2010): Multivariate Data Analysis: A Global Perspective, 7. Aufl., Upper Saddle River, NJ 2010.

Haley, R. I. (1968): Benefit Segmentation: A Decision-Oriented Research Tool, in: Journal of Marketing, Vol. 32, No. 1, 1968, S. 30-35.

Hansen, U.; Hennig-Thurau, T.; Schrader, U. (2001): Produktpolitik: Ein kunden- und gesellschaftsorientierter Ansatz, Stuttgart 2001.

Hanson, W.; Martin, R. K. (1990): Optimal Bundle Pricing, in: Management Science, Vol. 36, No. 2, 1990, S. 155-174.

Hanson, W.; Martin, R. K. (1996): Optimizing Multinomial Logit Profit Functions, in: Management Science, Vol. 42, No. 7, 1996, S. 992-1003.

Hartmann, A. (2004): Kaufentscheidungsprognose auf Basis von Befragungen: Modelle, Verfahren und Beurteilungskriterien, zugl. Diss. Universität Hamburg 2004, Wiesbaden 2004.

Haverkamp, H. (2005): Preisbildung für Produktlinien, zugl. Diss. Universität Mainz 2004, Wiesbaden 2005.

Heidbrink, M. (2007): Reliabilität und Validität von Verfahren der Präferenzmessung: Ein meta-analytischer Vergleich verschiedener Verfahren der Conjoint-Analyse, zugl. Diss. Universität Münster 2006, Saarbrücken 2007.

Helm, R. (2009): Marketing: Strategische Analyse und marktorientierte Umsetzung, 8., völlig neu bearb. Aufl., Stuttgart 2009.

Helm, R.; Scholl, A.; Manthey, L.; Steiner, M. (2004): Measuring Customer Preferences in New Product Development: Comparing Compositional and Decompositional Methods, in: International Journal of Product Development, Vol. 1, No. 1, 2004, S. 12-29.

Helm, R.; Steiner, M. (2008): Präferenzmessung: Methodengestützte Entwicklung zielgruppenspezifischer Produktinnovationen, Stuttgart 2008.

Helm, R.; Steiner, M.; Scholl, A.; Manthey, L. (2008): A Comparative Empirical Study on Common Methods for Measuring Preferences, in: International Journal of Management and Decision Making, Vol. 9, No. 3, 2008, S. 242-265.

Hendrix, E.; Olieman, N. (2008): The Smoothed Monte Carlo Method in Robustness Optimization, in: Optimization Methods & Software, Vol. 23, No. 5, 2008, S. 717-729.

Hensher, D. A.; Rose, J. M.; Greene, W. H. (2005): Applied Choice Analysis: A Primer, Cambridge 2005.

Herrmann, A. (1992): Produktwahlverhalten: Erläuterung und Weiterentwicklung von Modellen zur Analyse des Produktwahlverhaltens aus marketingtheoretischer Sicht, zugl. Diss. WHU Vallendar 1991, Stuttgart 1992.

Herrmann, A. (1998): Produktmanagement, München 1998.

Herrmann, A.; Peine, K. (2007): Variantenmanagement, in: Albers, S.; Herrmann, A. (Hrsg.): Handbuch Produktmanagement, 3., überarb. und erw. Aufl., Wiesbaden 2007, S. 649-679.

Hillier, F. S.; Lieberman, G. J. (2005): Introduction to Operations Research, 8. Aufl., New York, NY 2005.

Hillig, T. (2006): Verfahrensvarianten der Conjoint-Analyse zur Prognose von Kaufentscheidungen: Eine Monte-Carlo-Simulation, zugl. Diss. TU Berlin 2004, Wiesbaden 2006.

Höck, C.; Baronne, R. (2004): Conjoint-Analyse: Entwicklung der Teilnutzenwerte bei Variation der Eigenschaftszahl: Eine empirische Untersuchung am Beispiel von DVD-Playern und Laptops, Arbeitspapier Nr. 15, Institut für Industriebetriebslehre und Organisation, Universität Hamburg, Hamburg, 2004.

Homburg, C. (2000): Quantitative Betriebswirtschaftslehre: Entscheidungsunterstützung durch Modelle, 3., überarb. Aufl., Wiesbaden 2000.

Homburg, C.; Krohmer, H. (2006): Grundlagen des Marketingmanagements: Einführung in Strategie, Instrumente, Umsetzung und Unternehmensführung, Wiesbaden 2006.

Homburg, C.; Krohmer, H. (2009): Marketingmanagement: Strategie - Instrumente - Umsetzung - Unternehmensführung, 3., überarb. und erw. Aufl., Wiesbaden 2009.

Huber, F.; Kopsch, A. (2007): Produktbündelung, in: Albers, S.; Herrmann, A. (Hrsg.): Handbuch Produktmanagement, 3., überarb. und erw. Aufl., Wiesbaden 2007, S. 617-648.

Huber, J.; Ariely, D.; Fischer, G. (1999): The Relative Ability of People to Accurately Express Values with Choices, Matching and Ratings, Working Paper, Duke University, Durham, NC, 1999.

Huber, J.; Orme, B. K.; Miller, R. (2007): Dealing with Product Similarity in Conjoint Simulations, in: Gustafsson, A.; Herrmann, A.; Huber, F. (Hrsg.): Conjoint Measurement: Methods and Applications, 4. Aufl., Berlin u.a. 2007, S. 347-362.

Huckemann, M. (1997): Pricing: Gewinnen durch die richtigen Preise, in: Thexis, Nr. 2, 1997, S. 46-48.

Hungenberg, H. (2008): Strategisches Management in Unternehmen: Ziele - Prozesse - Verfahren, 5., überarb. und erw. Aufl., Wiesbaden 2008.

Jiao, J. R.; Zhang Y.; Wang Y. (2007): A Heuristic Genetic Algorithm for Product Portfolio Planning, in: Computers & Operations Research, Vol. 34, No. 6, 2007, S. 1777-1799.

Kähler, W.-M. (2008): Statistische Datenanalyse: Verfahren verstehen und mit SPSS gekonnt einsetzen, 5., verb. und erw. Aufl., Wiesbaden 2008.

Kall, P.; Mayer, J. (2005): Stochastic Linear Programming: Models, Theory, and Computation, New York, NY 2005.

Kallrath, J. (2002): Gemischt-ganzzahlige Optimierung: Modellierung in der Praxis, Braunschweig 2002.

Kallrath, J. (Hrsg.) (2004): Modeling Languages in Mathematical Optimization, Dordrecht u.a. 2004.

Kannan, P. K.; Pope, B. K.; Jain, S. (2009): Pricing Digital Content Product Lines A Model and Application for the National Academies Press, in: Marketing Science, Vol. 28, No. 4, 2009, S. 620-636.

Kaul, A.; Rao, V. R. (1995): Research for Product Positioning and Design Decisions: An Integrative Review, in: International Journal of Research in Marketing, Vol. 12, No. 4, 1995, S. 293-320.

Kekre, S.; Srinivasan, K. (1990): Broader Product Line: A Necessity to Achieve Success?, in: Management Science, Vol. 36, No. 10, 1990, S. 1216-1231.

Kesting, T.; Rennhak, C. (2008): Marktsegmentierung in der deutschen Unternehmenspraxis, Wiesbaden 2008.

Khuri, A. I.; Cornell, J. A. (1996): Response Surfaces: Designs and Analyses, 2., überarb. und erw. Aufl., New York, NY 1996.

Kinberg, Y.; Sudit, E. F. (1979): Country/Service Bundling in International Tourism: Criteria for the Selection of an Efficient Bundle Mix and Allocation of Joint Revenues, in: Journal of International Business Studies, Vol. 10, No. 2, 1979, S. 51-63.

Kinnear, P. R.; Gray, C. D. (2009): SPSS 16 Made Simple, Hove 2009.

Kistner, K.-P. (2003): Optimierungsmethoden: Einführung in die Unternehmensforschung für Wirtschaftswissenschaftler, Heidelberg 2003.

Kistner, K.-P.; Steven, M. (1997): Betriebswirtschaftslehre im Grundstudium, Bd. 2: Buchführung, Kostenrechnung, Bilanzen, Heidelberg 1997.

Kistner, K.-P.; Steven, M. (2001): Produktionsplanung, 3., vollst. überarb. Aufl., Heidelberg 2001.

Klein, R.; Scholl, A. (2004): Planung und Entscheidung: Konzepte, Modelle und Methoden einer modernen betriebswirtschaftlichen Entscheidungsanalyse, München 2004.

Klein, R.; Steinhardt, C. (2008): Revenue Management: Grundlagen und mathematische Methoden, Berlin u.a. 2008.

Kohli, R.; Sukumar, R. (1990): Heuristics for Product-Line Design Using Conjoint Analysis, in: Management Science, Vol. 36, No. 12, 1990, S. 1464-1478.

Kolonko, M. (2008): Stochastische Simulation: Grundlagen, Algorithmen und Anwendungen, Wiesbaden 2008.

König, T. (2001): Nutzensegmentierung und alternative Segmentierungsansätze: Eine vergleichende Gegenüberstellung im Handelsmarketing, zugl. Diss. Universität Mannheim 2001, Wiesbaden 2001.

König, T. (1995): Konstruktionsbegleitende Kalkulation auf der Basis von Ähnlichkeitsvergleichen, zugl. Diss. Universität Münster 1994, Bergisch Gladbach 1995.

Korhonen, P. J.; Moskowitz, H.; Wallenius, J. (1992): Multiple Criteria Decision Support - A Review, in: European Journal of Operational Research, Vol. 63, No. 3, 1992, S. 361-375.

Kotler, P.; Armstrong, G. (2005): Marketing: An Introduction, 7. Aufl., Upper Saddle River, NJ 2005.

Kotler, P.; Keller, K. L.; Bliemel, F. (2007): Marketing-Management: Strategien für wertschaffendes Handeln, 12., akt. Aufl., München 2007.

Kouvelis, P.; Yu, G. (1997): Robust Discrete Optimization and its Applications, Dordrecht u.a. 1997.

Kraus, U. G.; Yano, C. A. (2003): Product Line Selection and Pricing under a Share-of-Surplus Choice Model, in: European Journal of Operational Research, Vol. 150, No. 3, 2003, S. 653-671.

Krishnan, V.; Ulrich, K. T. (2001): Product Development Decisions: A Review of Literature, in: Management Science, Vol. 47, No. 1, 2001, S. 1-21.

Kroeber-Riel, W.; Weinberg, P.; Gröppel-Klein, A. (2009): Konsumentenverhalten, 9., überarb., akt. und erg. Aufl., München 2009.

Kuß, A.; Tomczak, T. (2007): Käuferverhalten: Eine marketingorientierte Einführung, 4., überarb. Aufl., Stuttgart 2007.

Laux, H. (2005): Entscheidungstheorie, 6., durchges. Aufl., Berlin u.a. 2005.

Law, A. M. (2007): Simulation Modeling and Analysis, 4. Aufl., Boston, MA 2007.

Li, H.; Azarm, S. (2002): An Approach for Product Line Design Selection Under Uncertainty and Competition, in: Journal of Mechanical Design, Vol. 124, No. 3, 2002, S. 385-392.

Lilien, G. L.; Kotler, P.; Moorthy, K. S. (1992): Marketing Models, London 1992.

Luce, R. D. (1959): Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis, Mineola NY 1959.

Maddala, G. S. (2008): Limited-Dependent and Qualitative Variables in Econometrics, 18. Nachdruck, Originalausgabe 1983, New York, NY 2008.

Mag, W. (1990): Grundzüge der Entscheidungstheorie, München 1990.

Maier, G.; Weiss, P. (1990): Modelle diskreter Entscheidungen: Theorie und Anwendung in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, Wien 1990.

Mankiw, N. Gregory; T., Mark P. (2008): Grundzüge der Volkswirtschaftslehre, 4., überarb. und erw. Aufl., Stuttgart 2008.

Marn, M, V.; Roegner, E. V.; Zawada, C. C. (2004): The Price Advantage, Hoboken, NJ 2004.

Marn, M. V.; Rosiello, R. L. (1992): Managing Price, Gaining Profit, in: Havard Business Review, Vol. 70, No. 5, 1992, S. 84-94.

McBride, R. D.; Zufryden, F. S. (1988): An Integer Programming Approach to the Optimal Product Line Selection Problem, in: Marketing Science, Vol. 7, No. 2, 1988, S. 126-140.

McCardle, K. F.; Rajaram, K.; Tang, C. S. (2007): Bundling Retail Products: Models and Analysis, in: European Journal of Operational Research, Vol. 177, No. 2, 2007, S. 1197-1217.

McFadden, D. (1974): The Measurement of Urban Travel Demand, in: Journal of Public Economics, Vol. 3, No. 4, 1974, S. 303-328.

McFadden, D. (1976): Quantal Choice Analysis: A Survey, in: Annals of Economic and Social Measurement, Vol. 5, No. 4, 1976, S. 363-390.

McFadden, D. (1981): Econometric Models of Probalistic Choice, in: Manski, C. F.; McFadden, D. (Hrsg.): Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications, Cambridge, MA 1981, S. 198-272.

Meffert, H.; Burmann, C.; Kirchgeorg, M. (2008): Marketing: Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung, 10., vollst. überarb. und erw. Aufl., Wiesbaden 2008.

Meier, H.; Uhlmann, E.; Kortmann, D. (2005): Hybride Leistungsbündel, in: Werkstattstechnik online, 95. Jg., Nr. 7/8, 2005, S. 528-532.

Meyers, L. S.; Gamst, G.; Guarino, A. J. (2005): Applied Multivariate Research: Design and Interpretation, London u.a. 2005.

Meyer-Schönherr, M. (1992): Szenario-Technik als Instrument der strategischen Planung, zugl. Diss. Universität Frankfurt am Main 1991, Ludwigsburg 1992.

Mißler-Behr, M. (1993): Methoden der Szenarioanalyse, zugl. Diss. Universität Augsburg 1993, Wiesbaden 1993.

Mols, N. P.; Antvor, H.; Bukh, P. N. D. (1999): The Stability of Benefit Segments in the European Market for Cash Management Services, in: Journal of Segmentation in Marketing, Vol. 3, No. 1, 1999, S. 55-75.

Moore, W. L.; Gray-Lee, J.; Louviere, J. J. (1998): A Cross-Validity Comparison of Conjoint Analysis and Choice Models at Differenz Levels of Aggregation, in: Marketing Letters, Vol. 9, No. 2, 1998, S. 195-207.

Morgan, L. O.; Daniels, R. L.; Kouvelis, P. (2001): Marketing/Manufacturing Trade-Offs in Product Line Management, in: IIE Transactions, Vol. 33, No. 11, 2001, S. 949-962.

Müller-Stewens, G.; Lechner, C. (2005): Strategisches Management: Wie strategische Initiativen zum Wandel führen, 3., akt. Aufl., Stuttgart 2005.

Mulvey, J. M.; Vanderbei, R. J.; Zenios, S. A. (1995): Robust Optimization of Large-Scale Systems, in: Operations Research, Vol. 43, No. 2, 1995, S. 264-281.

Myers, R. H.; Montgomery, D. C.; Anderson-Cook, C. M. (2009): Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments, 3. Aufl., Hoboken, NJ 2009.

Nair, S. K.; Thakur, L. S.; Kuang-Wei W. (1995): Near Optimal Solutions for Product Line Design and Selection: Beam Search Heuristic, in: Management Science, Vol. 41, No. 5, 1995, S. 767-785.

Netessine, S.; Taylor, T. A. (2007): Product Line Design and Production Technology, in: Marketing Science, Vol. 26, No. 1, 2007, S. 101-117.

Neumann, K.; Morlock, M. (2002): Operations Research, 2. Aufl., München 2002.

Nichols, K. B.; Venkataramanan, M. A.; Ernstberger, K. W. (2005): Product Line Selection and Pricing Analysis: Impact of Genetic Relaxations, in: Mathematical & Computer Modelling, Vol. 42, No. 13, 2005, S. 1397-1410.

Olderog, T.; Skiera, B. (2000): The Benefits of Bundling Strategies, in: Schmalenbach Business Review, Vol. 52, No. 2, 2000, S. 137−159.

Orme, B. K.; Baker, G. C. (2000): Comparing Hierarchical Bayes Draws and Randomized First Choice for Conjoint Simulations, Working Paper, Sawtooth Software, Sequim, WA, 2000.

Otter, T. (2001): Conjointanalyse zur Messung und Erklärung von Markenwert, zugl. Diss Universität Wien 2001, Wien 2001.

Pechtl, H. (2003): Logik von Preissystemen, in: Diller, H.; Herrmann, A. (Hrsg.): Handbuch Preispolitik, Wiesbaden 2003, S. 69-91.

Pechtl, H. (2005): Preispolitik, Stuttgart 2005.

Pepels, W. (2004): Marketing: Lehr- und Handbuch, 4., völlig überarb. und erw. Aufl, München 2004.

Pepels, W. (2006): Produktmanagement: Produktinnovation, Markenpolitik, Programmplanung, Prozessorganisation, 5., überarb. Auflage, München 2006.

Pepels, W. (Hrsg.) (2007): Marktsegmentierung: Erfolgsnischen finden und besetzen, 2., vollst. überarb. Aufl., Düsseldorf 2007.

Perrey, J.; Hölscher, A. (2003): Nutzenorientierte Kundensegmentierung: Eine Zwischenbilanz nach 35 Jahren, in: Thexis, Nr. 4, 2003, S. 8-11.

Phillips, R. L. (2005): Pricing and Revenue Optimization, Stanford, CA 2005.

Pindyck, R. S.; Rubinfeld, D. L. (2005): Mikroökonomie, 6. Aufl., München u.a. 2005.

Plinke, W.; Rese, M. (2006): Industrielle Kostenrechnung: Eine Einführung, 7., bearb. Auflage, Berlin u.a. 2006.

Priemer, V. (2000): Bundling im Marketing: Potentiale - Strategien - Käuferverhalten, zugl. Diss. Universität Wien 1997, Frankfurt am Main 2000.

Raman, N.; Chhajed, D. (1995): Simultaneous Determination of Product Attributes and Prices, and Production Processes in Product-Line Design, in: Journal of Operations Management, Vol. 12, No. 3/4, 1995, S. 187-204.

Rasch, B.; Friese, M.; Hofmann, W.; Naumann, E. (2006a): Quantitative Methoden, Einführung in die Statistik, Bd. 1, 2., erw. Aufl., Heidelberg 2006.

Rasch, B.; Friese, M.; Hofmann, W.; Naumann, E. (2006b): Quantitative Methoden, Einführung in die Statistik, Bd. 2, 2., erw. Aufl., Heidelberg 2006.

Reiners, W. (1996): Multiattributive Präferenzstrukturmodellierung durch die Conjoint Analyse: Diskussion der Verfahrensmöglichkeiten und Optimierung von Paarvergleichsaufgaben bei der adaptiven Conjoint Analyse, zugl. Diss. Universität Münster 1996, Münster 1996.

Riekhof, H.-C.; Lohaus, B. (2009): Wertschöpfende Pricing-Prozesse: Eine empirische Untersuchung der Pricing-Praxis, Research Papers No. 2009/08, Private Fachhochschule Göttingen, Göttingen, 2009.

Ringland, G. (2006): Scenario Planning: Managing for the Future, 2. Aufl., Chichester 2006.

Rommelfanger, H. J.; Eickemeier, S. H. (2002): Entscheidungstheorie: Klassische Konzepte und Fuzzy-Erweiterungen, Berlin u.a. 2002.

Rosenkranz, F.; Missler-Behr, M. (2005): Unternehmensrisiken erkennen und managen: Einführung in die quantitative Planung, Berlin u.a. 2005.

Ross, S. M. (2006): Simulation, 4. Aufl., Amsterdam 2006.

Roth, S. (2006): Preismanagement für Leistungsbündel: Preisbildung, Bündelung und Delegation, zugl. Habilitationsschrift Universität Bayreuth 2005, Wiesbaden 2006.

Runia, P.; Wahl, F.; Geyer, O.; Thewißen, C. (2007): Marketing: Eine prozess- und praxisorientierte Einführung, 2., überarb. und erw. Aufl., München 2007.

Rusmevichientong, P.; van Roy, B.; Glynn, P. W. (2006): A Nonparametric Approach to Multiproduct Pricing, in: Operations Research, Vol. 54, No. 1, 2006, S. 82-98.

Sahinidis, N. V. (2004): Optimization Under Uncertainty: State-of-the-Art and Opportunities, in: Computers and Chemical Engineering, Vol. 28, No. 6/7, 2004, S. 971-983.

Saliger, E. (2003): Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie: Einführung in die Logik individueller und kollektiver Entscheidungen, 5., durchges. Aufl., München 2003.

Sander, M. (2004): Marketing-Management: Märkte, Marktinformationen und Marktbearbeitung, Stuttgart 2004.

Sattler, H.; Nitschke, T, (2003): Ein empirischer Vergleich von Instrumenten zur Erhebung von Zahlungsbereitschaften, in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 55. Jg., Nr. 4, 2003, S. 364-381.

Scheer, B. (2008): Nutzenbasierte Marktsegmentierung: Eine kaufprozessorientierte empirische Untersuchung zur Wirkungsmessung von Marketing-Aktivitäten, zugl. Diss. Universität Münster 2008, Wiesbaden 2008.

Scheffé, H. (1999): The Analysis of Variance, Nachdruck, Originalausgabe 1959, New York, NY 1999.

Schlag, N. (2008): Validierung der Conjoint-Analyse zur Prognose von Preisreaktionen mithilfe realer Zahlungsbereitschaften, zugl. Diss. Universität Münster 2008, Lohmar 2008.

Schmalensee, R. (1984): Gaussian Demand and Commodity Bundling, in: Journal of Business, Vol. 57, No. 1, suppl., 1984, S. S211-S230.

Schmalensee, R.; Thisse, J.-F. (1988): Perceptual Maps and the Optimal Location of New Products: An Integrative Essay, in: International Journal of Research in Marketing, Vol. 5, No. 4, 1988, S. 225-249.

Schmidt-Gallas, D. (2003): Strategische Produktgestaltung: Ansatz zur marktorientierten Gestaltung profitabler Produkte, zugl. Diss. Universität Mainz 2003, Wiesbaden 2003.

Schneeweiß, C. (1992): Planung 2: Konzepte der Prozess- und Modellgestaltung, Berlin u.a. 1992.

Schneeweiss, C. (2003): Distributed Decision Making, 2. Aufl., Berlin u.a. 2003.

Schneeweiß, C.; Kühn, M. (1990): Zur Definition und gegenseitigen Abgrenzung der Begriffe Flexibilität, Elastizität und Robustheit, in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 42. Jg., Nr. 5, 1990, S. 378-395.

Scholl, A. (2001): Robuste Planung und Optimierung: Grundlagen - Konzepte und Methoden - experimentelle Untersuchungen, zugl. Habilitationsschrift TU Darmstadt 2000, Heidelberg 2001.

Scholl, A.; Manthey, L.; Helm, R.; Steiner, M. (2005): Solving Multiattribute Design Problems with Analytic Hierarchy Process and Conjoint Analysis: An Empirical Comparison, in: European Journal of Operational Research, Vol. 164, No. 3, 2005, S. 760-777.

Schubert, B. (1991): Entwicklung von Konzepten für Produktinnovationen mittels Conjointanalyse, zugl. Diss. Universität Göttingen 1990, Stuttgart 1991.

Schuppar, B. (2006): Preismanagement: Konzeption, Umsetzung und Erfolgsauswirkungen im Business-to-Business-Bereich, zugl. Diss. Universität Mannheim 2005, Wiesbaden 2006.

Shi, L.; Ólafsson, S.; Chen, Q. (2001): An Optimization Framework for Product Design, in: Management Science, Vol. 47, No. 12, 2001, S. 1681-1692.

Shioda, R.; Tunçel, L.; Myklebust, T. G. J. (2009): Maximum Utility Product Pricing Models and Algorithms Based on Reservation Prices: wird erscheinen in: Computational Optimization and Applications, online verfügbar Mai 2009.

Shipley, D.; Bourdon, E. (1990): Distributor Pricing in Very Competitive Markets, in: Industrial Marketing Management, Vol. 19, No. 3, 1990, S. 215-224.

Shocker, A. D.; Srinivasan, V. (1979): Multiattribute Approaches for Product Concept Evaluation and Generation: A Critical Review, in: Journal of Marketing Research, Vol. 14, No. 1, 1979, S. 158-180.

Shoemaker, P. J. H. (1995): Scenario Planning: A Tool for Strategic Thinking, in: Sloan Management Review, Vol. 36, No. 2, 1995, S. 25-40.

Sieg, G. (2005): Spieltheorie, 2., überarb. Aufl., München 2005.

Silver, E. A. (2004): An Overview of Heuristic Solution Methods, in: Journal of the Operational Research Society, Vol. 55, No. 9, 2004, S. 936−956.

Simon, H. (1992): Preisbündelung, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 62. Jg., Nr. 11, 1992, S. 1214-1235.

Simon, H.; Fassnacht, M. (2009): Preismanagement: Strategie, Analyse, Entscheidung, Umsetzung, 3., vollst. überarb. und erw. Aufl., Wiesbaden 2009.

Simon, H.; Wübker, G. (1999): Bundling: A Powerful Method to Better Exploit Profit Potential, in: Fürderer, R.; Herrmann, A.; Wübker, G. (Hrsg.): Optimal Bundling: Marketing Strategies for Improving Economic Performance, Berlin u.a. 1999, S. 7-28.

Slaghuis, B. (2005): Vertragsmanagement für Investitionsprojekte: Quantitative Projektplanung zur Unterstützung des Contract Managements unter Berücksichtigung von Informationsasymmetrie, zugl. Diss. Ruhr-Universität Bochum 2005, Frankfurt am Main 2005.

Stauß, B. (2006): Optimale Gestaltung von Auswahlmenüs und deren Verwendung im Variantenmanagement, zugl. Diss. Universität Karlsruhe 2005, Frankfurt am Main u. a. 2006.

Steiner, M. (2007): Nachfragerorientierte Präferenzmessung: Bestimmung zielgruppenspezifischer Eigenschaftssets auf Basis von Kundenbedürfnissen, zugl. Diss. Universität Jena 2007, Wiesbaden 2007.

Steiner, W. J. (1999): Optimale Neuproduktplanung: Entscheidungsmodelle und wettbewerbsorientierte Ansätze, zugl. Diss. Universität Regensburg 1997, Wiesbaden 1999.

Steiner, W. J.; Hruschka, H. (2000): Conjointanalyse-basierte Produkt(linien)gestaltung unter Berücksichtigung von Konkurrenzreaktionen, in: OR-Spectrum, 22. Jg., Nr. 1, 2000, S. 71-95.

Steiner, W. J.; Hruschka, H. (2002a): A Probabilistic One-Step Approach to the Optimal Product Line Design Problem Using Conjoint and Cost Data, in: Review of Marketing Science Working Papers, Vol. 1, No. 4, 2002, Working Paper No. 4.

Steiner, W. J.; Hruschka, H. (2002b): Produktliniengestaltung mit genetischen Algorithmen, in: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 54. Jg., Nr. 7, 2002, S. 575-601.

Steiner, W. J.; Hruschka, H. (2003): Genetic Algorithms for Product Design: How Well Do They Really Work?, in: International Journal of Market Research, Vol. 45, No. 2, 2003, S. 229-240.

Steven, M. (1994): Hierarchische Produktionsplanung, 2., überarb. und erw. Aufl., Heidelberg 1994.

Steven, M. (2007): Handbuch Produktion: Theorie - Management - Logistik - Controlling, Stuttgart 2007.

Steven, M. (2008): BWL für Ingenieure, 3., korr. und akt.. Aufl., München 2008.

Steven, M.; Wasmuth, K. (2006): Controlling für hybride Leistungsbündel, in: Werkstattstechnik online, 96. Jg., Nr. 7/8, 2006, S. 472-476.

Stigler, G. J. (1963): United States v. Loew's Inc.: A Note on Block Booking, in: Supreme Court Review, Vol. 152, 1963, S. 152-157.

Stremersch, S.; Tellis, G. J. (2002): Strategic Bundling of Products and Prices: A New Synthesis for Marketing, in: Journal of Marketing, Vol. 66, No. 1, 2002, S. 55-72.

Sudharshan, D.; May, J. H.; Gruca, T. S. (1988): DIFFSTRAT: An Analytical Procedure for Generating Optimal New Product Concepts for a Differentiated-Type Strategy, in: European Journal of Operational Research, Vol. 36, No. 1, 1988, S. 50-65.

Sudharshan, D.; May, J. H.; Shocker, A. D. (1987): A Simulation Comparison of Methods for New Product Location, in: Marketing Science, Vol. 6, No. 2, 1987, S. 182-201.

Tarasewich, P. (2000): Solving the Product Line Design with Pricing Problem using Genetic Algorithm Techniques, in: International Journal of Industrial Engineering, Vol. 7, No. 2, 2000, S. 159-167.

Teichert, T. (2000): Conjoint-Analyse, in: Herrmann, A.; Homburg, C. (Hrsg.): Marktforschung: Methoden, Anwendungen, Praxisbeispiele, 2., akt. Aufl., Wiesbaden 2000, S. 472-511.

Teichert, T. (2001): Nutzenschätzung in Conjoint-Analysen: Theoretische Fundierung und empirische Aussagekraft, zugl. Habilitationsschrift WHU Vallendar 2000, Wiesbaden 2001.

Teichert, T.; Sattler, H.; Völckner, F. (2008): Traditionelle Verfahren der Conjoint-Analyse, in: Herrmann, A.; Homburg, C.; Klarmann, M. (Hrsg.): Handbuch Marktforschung, 3., vollst. überarb. und erw. Aufl., Wiesbaden 2008, S. 651-686.

Thakur, L. S.; Nair, S.; Wen, K.-W.; Tarasewich, P. (2000): A New Model and Solution Method for Product Line Design with Pricing, in: Journal of the Operational Research Society, Vol. 51, No. 1, 2000, S. 90-101.

Thorn, J. (2002): Taktisches Supply Chain Planning: Planungsunterstützung durch deterministische und stochastische Optimierungsmodelle, zugl. Diss. Ruhr-Universität Bochum 2001, Frankfurt am Main 2002.

Tönshoff, N. (1997): Modular Machine Tools: Bundling and Pricing Strategies Unter Demand Uncertainty, zugl. Diss. WHU Vallendar 1996, Wiesbaden 1997.

Tönshoff, N.; Fine, C. H.; Huchzermeier, A. (1999): Bundling and Pricing of Modular Machine Tools Under Demand Uncertainty, in: Fürderer, R.; Herrmann, A.; Wübker, G. (Hrsg.): Optimal Bundling: Marketing Strategies for Improving Economic Performance, Berlin u.a. 1999, S. 87-117.

Train, K. E. (2008): Discrete Choice Methods with Simulation, Cambridge u.a. 2008.

Tversky, A. (1972): Elimination by Aspects: A Theory of Choice, in: Psychological Review, Vol. 79, No. 4, 1972, S. 281-299.

Varian, H. R. (2006): Intermediate Microeconomics: A Modern Approach, 7. Aufl., New York, NY u.a 2006.

Venkatesh, R.; Mahajan, V. (1993): A Probabilistic Approach to Pricing a Bundle of Products or Services, in: Journal of Marketing Research, Vol. 30, No. 4, 1993, S. 494-508.

Voeth, M. (1999): 25 Jahre conjointanalytische Forschung in Deutschland, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 69. Jg., 2. Ergänzungsheft, 1999, S. 153-176.

Voeth, M. (2000): Nutzenmessung in der Kaufverhaltensforschung: Die Hierarchische Individualisierte Limit Conjoint-Analyse (HILCA), zugl. Habilitationsschrift Universität Münster 2000, Wiesbaden 2000.

Voeth, M.; Bornstedt, M. (2007): HILCA oder ACA? – Ein empirischer Vergleich von computergestützten Verfahren der multiattributiven Nutzenmessung, in: Die Betriebswirtschaft, 67. Jg., Nr. 4, 2007, S. 381-398.

Völckner, F. (2006): Methoden zur Messung individueller Zahlungsbereitschaften: Ein Überblick zum State of the Art, in: Journal für Betriebswirtschaft, 56. Jg., Nr. 1, 2006, S. 33-60.

Wang, X. J. (2007): A Branch-And-Price Approach for Solving the Share-Of-Choice Product Line Design Problem, Ph.D. Thesis, Division of Research and Advanced Studies, University of Cincinnati, Cincinnati, 2007.

Wang, X. J.; Camm, J. D.; Curry, D. J. (2009): A Branch-and-Price Approach to the Share-of-Choice Product Line Design Problem, in: Management Science, Vol. 55, No. 10, 2009, S. 1718-1728.

Weiber, R.; Mühlhaus, D. (2009): Auswahl von Eigenschaften und Ausprägungen bei der Conjointanalyse, in: Baier, D.; Brusch, M. (Hrsg.): Conjointanalyse: Methoden, Anwendungen, Praxisbeispiele, Berlin u.a. 2009, S. 43-58.

Welge, M. K.; Al-Laham, A. (2003): Strategisches Management: Grundlagen - Prozess - Implementierung, 4., akt. Aufl., Wiesbaden 2003.

Werners, B. (1984): Interaktive Entscheidungsunterstützung durch ein flexibles mathematisches Programmierungssystem, zugl. Diss. RWTH Aachen 1984, München 1984.

Werners, B. (1998): Einführung in die Fuzzy Lineare Optimierung, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Unternehmensforschung und Rechnungswesen, Fakultät für Wirtschaftswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, 1998.

Werners, B. (2008): Grundlagen des Operations Research: Mit Aufgaben und Lösungen, 2., überarb. Auflage, Berlin u.a. 2008.

Werners, B.; Becker, N.; Pietschmann, U. (2009): Preis- und Produktlinienoptimierung im Maschinen- und Anlagenbau, in: Müller, S.; Schuh, G.; Werners, B. (Hrsg.): Systematische Entwicklung und Preisbildung für Sach- und Dienstleistungsbündel, Frankfurt am Main 2009, S. 58-84.

Werners, B.; Wülfing, T. (2007): Optimierung von Spielplänen am Beispiel der Fußball-Bundesliga-Saison 2006/07, in: Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung, 18. Jg., Nr. 2, S. 207-221.

Werners, B.; Wülfing, T. (2010): Robust Optimization of Internal Transports at a Parcel Sorting Center Operated by Deutsche Post World Net, in: European Journal of Operational Research, Vol. 201, No. 2, 2010, S. 419-426.

Wertenbroch, K.; Skiera, B. (2002): Measuring Consumers' Willingness to Pay at the Point of Purchase, in: Journal of Marketing Research, Vol. 39, No. 2, 2002, S. 228-221.

Wiggershaus, J. (2008): Ein wertorientiertes Auftragsannahmeverfahren für das Revenue Management in der Sachgüterindustrie, zugl. Diss. Ruhr-Universität Bochum 2007, Hamburg 2008.

Wilms, F. E. P (Hrsg.) (2006): Szenariotechnik: Vom Umgang mit der Zukunft, Bern u.a. 2006.

Winston, W. L. (2001): Simulation modeling using @Risk: Updated for Version 4, Pacific Grove, CA 2001.

Wittink, D. R.; Cattin, P. (1989): Commercial Use of Conjoint Analysis: An Update, in: Journal of Marketing, Vol. 53, No. 3, 1989, S. 91-96.

Wittink, D. R.; Vriens, M.; Burhenne, W. (1994): Commercial Use of Conjoint Analysis in Europe: Results and Critical Reflections, in: International Journal of Research in Marketing, Vol. 11, No. 1, 1994, S. 41-52.

Wolsey, L. A. (1998): Integer Programming, New York, NY 1998.

Wu, S.; Hitt, L. M.; Chen, P.; Anandalingam, G. (2008): Customized Bundle Pricing for Information Goods A Nonlinear Mixed-Integer Programming Approach, in: Management Science, Vol. 54, No. 3, 2008, S. 608-622.

Wübker, G. (1998): Preisbündelung: Formen, Theorie, Messung und Umsetzung, zugl. Diss. Universität Mainz 1997, Wiesbaden 1998.

Yano, C. A.; Dobson, G. (1998a): Designing Product Lines for Diverse Customer Markets, in: Lee, H. L.; Ng, S.-M. (Hrsg.): Global Supply Chain and Technology Management, Miami, FL 1998, S. 152-158.

Yano, C. A.; Dobson, G. (1998b): Profit-Optimizing Product Line Design, Selection and Pricing with Manufacturing Cost Consideration, in: Ho, T.–H.; Tang, C. S. (Hrsg.): Product Variety Management: Research Advances, Boston, MA 1998, S. 145-175.

Yunes, T. H.; Napolitano, D.; Scheller-Wolf, A.; Tayur, S. (2007): Building Efficient Product Portfolios at John Deere and Company, in: Operations Research, Vol. 55, No. 4, 2007, S. 615-629.

Zimmermann, H. –J. (2001): Fuzzy Set Theory - and its Applications, 4. Aufl., Boston, MA 2001.

Zimmermann, H.-J.; Gutsche, L. (1991): Multi-Criteria-Analyse: Einführung in die Theorie der Entscheidungen bei Mehrfachzielsetzungen, Berlin u.a. 1991.

Zopounidis, C.; Pardalos, P. M. (Hrsg.) (2009): Handbook of Multicriteria Analysis, Berlin u.a. 2009.

Bochumer Beiträge zur Unternehmensführung

Herausgegeben vom Direktorium des Instituts
für Unternehmensführung der Ruhr-Universität Bochum

Band 1 Busse von Colbe, Walther/Mattessich, Richard (Hrsg.): Der Computer im Dienste der Unternehmungsführung (1968)

Band 2 Busse von Colbe, Walther/Meyer-Dohm, Peter (Hrsg.): Unternehmerische Planung und Entscheidung (1969)

Band 3 Anthony, Robert N.: Harvard-Fälle aus der Praxis des betrieblichen Rechnungswesens. Herausgegeben von Richard V. Mattessich unter Mitarbeit von Klaus Herrnberger und Wolf Lange (1969)

Band 4 Mattessich, Richard: Die wissenschaftlichen Grundlagen des Rechnungswesens (1970)

Band 5 Schweim, Joachim: Integrierte Unternehmungsplanung (1969)

Band 6 Busse von Colbe, Walther (Hrsg.): Das Rechnungswesen als Instrument der Unternehmungsführung (1969)

Band 7 Domsch, Michel: Simultane Personal- und Investitionsplanung im Produktionsbereich (1970)

Band 8 Leunig, Manfred: Die Bilanzierung von Beteiligungen. Eine bilanztheoretische Untersuchung (1970)

Band 9 Franke, Reimund: Betriebsmodelle. Rechensystem für Zwecke der kurzfristigen Planung, Kontrolle und Kalkulation (1972)

Band 10 Wittenbrink, Hartwig: Kurzfristige Erfolgsplanung und Erfolgskontrolle mit Betriebsmodellen (1975)

Band 11 Lutter, Marcus (Hrsg.): Recht und Steuer der internationalen Unternehmensverbindungen (1972)

Band 12 Niebling, Helmut: Kurzfristige Finanzrechnung auf der Grundlage von Kosten- und Erlösmodellen (1973)

Band 13 Perlitz, Manfred: Die Prognose des Unternehmenswachstums aus Jahresabschlüssen deutscher Aktiengesellschaften (1973)

Band 14 Niggemann, Walter: Optimale Informationsprozesse in betriebswirtschaftlichen Entscheidungssituationen (1973)

Band 15 Richardt, Harald: Der aktienrechtliche Abhängigkeitsbericht unter ökonomischen Aspekten (1974)

Band 16 Backhaus, Klaus: Direktvertrieb in der Investitionsgüterindustrie – Eine Marketing-Entscheiung (1974)

Band 17 Plinke, Wulff: Kapitalsteuerung in Filialbanken (1975)

Band 18 Steffen, Rainer: Produktionsplanung bei Fließbandfertigung (1977)

Band 19 Kolb, Jürgen: Industrielle Erlösrechnung – Grundlagen und Anwendungen (1978)

Band 20 Busse von Colbe, Walther/Lutter, Marcus (Hrsg.): Wirtschaftsprüfung heute: Entwicklung oder Reform? (1977)

Band 21 Uphues, Peter: Unternehmerische Anpassung in der Rezession (1979)

Band 22 Gebhardt, Günther: Insolvenzprognosen aus aktienrechtlichen Jahresabschlüssen (1980)

Band 23 Domsch, Michel: Systemgestützte Personalarbeit (1980)

Band 24 Schmied, Volker: Alternativen der Arbeitsgestaltung und ihre Bewertung (1982)

Band 25 Wäscher, Gerhard: Innerbetriebliche Standortplanung bei einfacher und mehrfacher Zielsetzung (1982)

Band 26 Weber, Martin: Entscheidungen bei Mehrfachzielen – Verfahren zur Unterstützung von Individual- und Gruppenentscheidungen (1983)

Band 27 Kroesen, Alfred: Instandhaltungsplanung und Betriebsplankostenrechnung (1983)

Band 28 Plinke, Wulf: Erlösplanung im industriellen Anlagengeschäft (1985)

Band 29 Chamoni, Peter: Simulation störanfälliger Systeme (1986)

Band 30 Arning, Andreas: Die wirtschaftliche Bewertung der Zentrenfertigung – Dargestellt am Beispiel einer Fertigungsinsel (1987)

Band 31 Gebhardt, Günther: Finanzielle Planung und Kontrolle bei internationaler Unternehmenstätigkeit

Band 32 Markiewicz, Michael: Ersatzteildisposition im Maschinenbau – Betriebswirtschaftliche Methoden der Planung und Überwachung (1988)

Band 33 Pellens, Bernd: Der Informationswert von Konzernabschlüssen – Eine empirische Untersuchung deutscher Börsengesellschaften (1989)

Band 34 Mrotzek, Rüdiger: Bewertung direkter Auslandsinvestitionen mit Hilfe betrieblicher Investitionskalküle (1989)

Band 35 Deppe, Joachim: Quality Circle und Lernstatt – Ein integrativer Ansatz (1989, 3. Auflage 1993)

Band 36 Rademacher, Michael: Arbeitszeitverkürzung und -flexibilisierung – Formen und betriebliche Auswirkungen (1990)

Band 37 Kaiser, Klaus: Kosten- und Leistungsrechung bei automatisierter Produktion (1991, 2. Auflage 1993)

Band 38 Müller, Hermann: Industrielle Abfallbewältigung – Entscheidungsprobleme aus betriebswirtschaftlicher Sicht (1991)

Band 39 Schörner, Peter: Gesetzliches Insiderhandelsverbot – Eine ordnungspolitische Analyse (1991)

Band 40 Bentler, Martin: Grundsätze ordnungsmäßiger Bilanzierung für die Equitymethode (1991)

Band 41 Brüggerhoff, Jürgen: Management von Desinvestitionen (1992)

Band 42 Bröker, Erich W.: Erfolgsrechnung im industriellen Anlagengeschäft – Ein dynamischer Ansatz auf Zahlungsbasis – (1993)

Band 43 Frankenberg, Peter: Transnationale Analyse US-amerikanischer und deutscher Jahresabschlüsse – Eine theoretische und empirische Untersuchung (1993)

Band 44 Kleinaltenkamp, Michael: Standardisierung und Marktprozeß – Entwicklungen und Auswirkungen im CIM-Bereich (1993)

Band 45 Pellens, Bernhard: Aktionärsschutz im Konzern – Empirische und theoretische Analyse der Reformvorschläge der Konzernverfassung (1994)

Band 46 Reckenfelderbäumer, Martin: Marketing-Accounting im Dienstleistungsbereich – Konzeption eines prozeßkostengestützten Instrumentariums (1995)

Band 47 Knittel, Friedrich: Technikgestützte Kommunikation und Kooperation im Büro. Entwicklungshindernisse – Einsatzstrategien – Gestaltungskonzepte (1995)

Band 48 Riezler, Stephan: Lebenszyklusrechnung – Instrument des Controlling strategischer Projekte (1996)

Band 49 Schulte, Jörn: Rechnungslegung und Aktienkursentwicklung – Erklärung und Prognose von Aktienrenditen durch Einzel- und Konzernabschlußdaten (1996)

Band 50 Muhr, Martin: Zeitsparmodelle in der Industrie – Grundlagen und betriebswirtschaftliche Bedeutung mehrjähriger Arbeitszeitkonten (1996)

Band 51 Brotte, Jörg: US-amerikanische und deutsche Geschäftsberichte. Notwendigkeit, Regulierung und Praxis jahresabschlußergänzender Informationen (1997)

Band 52 Gersch, Martin: Vernetzte Geschäftsbeziehungen. Die Nutzung von EDI als Instrument des Geschäftsbeziehungsmanagement (1998)

Band 53 Währisch, Michael: Kostenrechnungspraxis in der deutschen Industrie. Eine empirische Studie (1998)

Band 54 Völkner, Peer: Modellbasierte Planung von Geschäftsprozeßabläufen (1998)

Band 55 Fülbier, Rolf Uwe: Regulierung der Ad-hoc-Publizität. Ein Beitrag zur ökonomischen Analyse des Rechts (1998)

Band 1 - 55 erschienen beim Gabler Verlag Wiesbaden

Band 56 Ane-Kristin Reif-Mosel: Computergestützte Kooperation im Büro. Gestaltung unter Berücksichtigung der Elemente *Aufgabe, Struktur, Technik* und *Personal* (2000)

Band 57 Claude Tomaszewski: Bewertung strategischer Flexibilität beim Unternehmenserwerb. Der Wertbeitrag von Realoptionen (2000)

Band 58 Thomas Erler: Business Objects als Gestaltungskonzept strategischer Informationssystemplanung (2000)

Band 59 Joachim Gassen: Datenbankgestützte Rechnungslegungspublizität. Ein Beitrag zur Evolution der Rechnungslegung (2000)

Band 60 Frauke Streubel: Organisatorische Gestaltung und Informationsmanagement in der lernenden Unternehmung. Bausteine eines Managementkonzeptes organisationalen Lernens (2000)

Band 61 Andreas von der Gathen: Marken in Jahresabschluß und Lagebericht (2001)

Band 62 Lars Otterpohl: Koordination in nichtlinearen dynamischen Systemen (2002)

Band 63 Ralf Schremper: Aktienrückkauf und Kapitalmarkt. Eine theoretische und empirische Analyse deutscher Aktienrückkaufprogramme (2002)

Band 64 Peter Ruhwedel: Aufsichtsratsplanungssysteme. Theoretische Grundlagen und praktische Ausgestaltung in Publikumsaktiengesellschaften (2002)

Band 65 Jens Thorn: Taktisches Supply Chain Planning. Planungsunterstützung durch deterministische und stochastische Optimierungsmodelle (2002)

Band 66 Dirk Beier: Informationsmanagement aus Sicht der Betriebswirtschaftslehre. Theoretische Ansätze und das Beispiel Mobile Business. (2002)

Band 67 Nils Crasselt: Wertorientierte Managemententlohnung, Unternehmensrechnung und Investitionssteuerung. Analyse unter Berücksichtigung von Realoptionen. (2003)

Band 68 Franca Ruhwedel: Eigentümerstruktur und Unternehmenserfolg. Eine theoretische und empirische Analyse deutscher börsennotierter Unternehmen. (2003)

Band 69 Andreas Bonse: Informationsgehalt von Konzernabschlüssen nach HGB, IAS und US-GAAP. Eine empirische Analyse aus Sicht der Eigenkapitalgeber. (2004)

Band 70 Thorsten Sellhorn: Goodwill Impairment. An Empirical Investigation of Write-Offs under SFAS 142. (2004)

Band 71 Bernd Slaghuis: Vertragsmanagement für Investitionsprojekte. Quantitative Projektplanung zur Unterstützung des Contract Managements unter Berücksichtigung von Informationsasymmetrie. (2005)

Band 72 Stephanie Freiwald: Supply Chain Design. Robuste Planung mit differenzierter Auswahl der Zulieferer. (2005)

Band 73 Rolf Uwe Fülbier: Konzernbesteuerung nach IFRS. IFRS-Konsolidierungsregeln als Ausgangspunkt einer konsolidierten steuerlichen Gewinnermittlung in der EU? (2006)

Band 74 Marc Richard: Kapitalschutz der Aktiengesellschaft. Eine rechtsvergleichende und ökonomische Analyse deutscher und US-amerikanischer Kapitalschutzsysteme. (2007)

Band 75 Sonja Schade: Kennzahlengestütztes Controlling für mittelständische Unternehmenskooperationen. (2007)

Band 76 Peter Weber: Analyse von Lern-Service-Geschäftsmodellen vor dem Hintergrund eines sich transformierenden Bildungswesens. (2008)

Band 77 Karsten Detert: Bilanzpolitisches Verhalten bei der Umstellung der Rechnungslegung von HGB auf IFRS. Eine empirische Untersuchung deutscher Unternehmen. (2008)

Band 78 Stefan Neuhaus: Auslagerung betrieblicher Pensionszusagen. Eine ökonomische Analyse der Motive und Durchführungsformen. (2009)

Band 79 Alexander Pastwa: Serviceorientierung im betrieblichen Berichtswesen. Entwicklung eines Architektur- und Vorgehensmodells zur konzeptionellen Gestaltung von Berichtsprozessen auf Basis einer SOA und XBRL. (2010)

Band 80 Niels Becker: Produktprogrammoptimierung mit Preisbündelung. Produktdesign, Bündelkonfiguration und Preisfindung. (2011)

www.peterlang.de

Peter Lang · Internationaler Verlag der Wissenschaften

Tobias Bischkopf

Vom Käufer zum Mitgestalter

Konsumentenmarketing in der Postmoderne

Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien, 2010.
347 S., zahlr. Abb., Tab. und Graf.
Strategisches Marketingmanagement. Herausgegeben von Roland Mattmüller.
Bd. 19
ISBN 978-3-631-61309-2 · geb. € 61,80*

Der iPod und sein großer Bruder – das iPad – sind nicht nur in aller Munde, sondern beherrschen ihre Märkte tatsächlich. Und das obwohl Konkurrenzprodukte mit gleichen oder ähnlichen Produktfeatures zu gleichen oder günstigeren Preisen verfügbar sind. Gesunder Menschenverstand und ökonomische Theorie rätseln gemeinsam auf der Suche nach den Gründen für den immensen Erfolg der Apple Produkte. Ist es Magie, Marke oder Marketingkommunikation? Wenn die gültige Theorie einen Vorgang nicht erklären kann, braucht man eine neue oder zumindest eine veränderte. Der Autor verwirft daher die Unterscheidung zwischen Produzent und Konsument und erhebt den postmodernen „Prosumenten" zum gleichberechtigten Partner bei der Schaffung von Mehrwert. Und die Anwendung der dabei erarbeiteten haushaltproduktionstheoretischen Reinterpretation des Integrativ Prozessualen Marketingansatzes zeigt: Zwar sind sich iPod und iPad und ihre Konkurrenzprodukte zuweilen zum Verwechseln ähnlich, aber die Kunden kaufen viel mehr als ein Gadget, das ihnen – anbieterseitig vorgeplant – Nutzen stiftet.

Aus dem Inhalt: Haushaltproduktionstheoretische Reinterpretation des Transaktionswertansatzes des Integrativ Prozessualen Marketingansatzes von Mattmüller · Postmodernisierung der neoinstitutionenökonomischen Marketingtheorie · Ableitung von Transaktionsdesigns in postindustrieller Wirtschaft und Gesellschaft · Verstärkt nachfrageorientierte Deutung der Kundenintegration in den postindustriellen Wirtschaftsprozess · Verständnis des Nutzens als vom Nachfrager zu schaffende Einheit · Anerkenntnis des nachfrageseitigen Nutzens als Ziel und Grund von Anbieteraktivitäten

Frankfurt am Main · Berlin · Bern · Bruxelles · New York · Oxford · Wien
Auslieferung: Verlag Peter Lang AG
Moosstr. 1, CH-2542 Pieterlen
Telefax 0041 (0) 32 / 376 17 27

*inklusive der in Deutschland gültigen Mehrwertsteuer
Preisänderungen vorbehalten

Homepage http://www.peterlang.de