Simulations- und Optimierungsrechnungen auf Basis der Conjointanalyse

Wolfgang Gaul und Daniel Baier

1 Einführung

Als besondere Stärke der Conjointanalyse gilt, dass sie es einem Anbieter von Produkten relativ leicht ermöglicht, die Wunschvorstellungen der Nachfrager, die Produktvorzüge eigener und konkurrierender Produkte sowie die eigene Kostensituation in einem Prognosemodell zu integrieren (vgl. z. B. Gaul et al. 1995). Es überrascht daher nicht, dass es bereits unmittelbar nach Entwicklung dieser Methodik erste Formulierungen von Simulations- und Optimierungsmodellen gab. Schon in den 1970er Jahren haben sich Shugan/Balachandran (1977) und Zufryden (1977) mit derartigen Fragestellungen beschäftigt. Während allerdings am Anfang dieser Entwicklung angesichts der NP-Vollständigkeit der Ansätze zur Optimierung und der geringen Leistung damaliger Rechner nur sehr einfache Probleme gelöst werden konnten, steht dank der rasanten Leistungssprünge selbst bei Notebooks dem Einsatz derartiger Lösungsansätze heute nichts mehr im Wege.

Zur Bewertung eines modifizierten oder eines neuen Produkts wird bei diesen Lösungsansätzen prognostiziert, welchen Nutzen(wert) die Nachfrager dieser neuen Alternative im Vergleich zu den konkurrierenden Produkten zuordnen sowie mit welcher Wahrscheinlichkeit sie dann diese neue Alternative auswählen (kaufen, mieten, nutzen) würden. Auf Basis dieser Prognose von Auswahlentscheidungen kann dann unter Einbeziehung weiterer Informationen ermittelt werden, welche Absätze, Marktanteile und Gewinne für diese modifizierten oder neuen Produkte sich

Wolfgang Gaul
Institut für Entscheidungstheorie und Unternehmensforschung, Universität Karlsruhe (TH),
E-mail: wolfgang.gaul@wiwi.uni-karlsruhe.de

Daniel Baier
Institut für Wirtschaftswissenschaften, Brandenburgische Technische Universität Cottbus,
E-mail: daniel.baier@tu-cottbus.de

D. Baier, M. Brusch (Hrsg.), *Conjointanalyse*

bei Hochrechnung auf den Gesamtmarkt ergeben würden. Man spricht von Simulation, weil bei dieser Vorgehensweise der künftige Gesamtmarkt inkl. seiner Anbieter, Produkte und Nachfrager sowie die Auswahlentscheidungen der Nachfrager in diesem künftigen Markt modellhaft abgebildet bzw. nachvollzogen (simuliert) werden.

In einem weiteren Schritt kann man viele oder besser alle derartig möglichen Marktveränderungen durch eigene modifizierte oder neue Produkte hinsichtlich eines vorgegebenen Kriteriums (z. B. Absatz, Marktanteil, Gewinn des eigenen Unternehmens) vergleichen. Wählt man auf Basis dieses Vergleichs eine hinsichtlich der genannten Kriterien geeignete Modifikation eigener Produkte oder Einführungen eigener neuer Produkte aus, so spricht man von Produkt- oder – wenn mehrere Produkte betroffen sind – von Produktlinienoptimierung. Dabei kann – in Abhängigkeit von der jeweils verfügbaren Rechnerleistung und der gewählten Situationsbeschreibung – der Aufwand zur Lösung der formulierten Optimierungsmodelle durch *Ausprobieren aller (Kombinationen von) möglichen Produktprofile* sehr groß werden. Für die Behandlung der zugehörigen Optimierungsfragestellungen wurden daher spezielle, z.T. heuristische Lösungsverfahren entwickelt. Da bei diesen Optimierungsverfahren immer auch eine Simulation der Auswahlentscheidungen eines Nachfragers enthalten ist, wird jedoch zunächst diskutiert, wie auf Basis von individuellen Nutzenwerten eine Aussage möglich ist, welches Produkt einer vorgegeben Alternativenmenge gewählt wird. Mit den Ansätzen nach Green und Krieger (Green/Krieger 1985), Kohli und Sukumar (Kohli/Sukumar 1990) sowie Gaul, Aust und Baier (Gaul et al. 1995) werden drei populäre Optimierungsmodelle zur Produkt- und Produktliniengestaltung beispielhaft vorgestellt. Ein Anwendungsbeispiel illustriert die Vorgehensweisen.

2 Simulation auf Basis der Conjointanalyse

Wesentliches methodisches Element bzw. Voraussetzung vieler Simulations- und damit auch Optimierungsrechnungen bilden oft mittels Conjointanalyse erhobene individuelle Teilnutzenwerte β_{ikl}, in denen zu einer (repräsentativen) Stichprobe von $i = 1, \dots, I$ Individuen (Nachfrager oder Nachfragersegmente in einem Produktbereich) Präferenzen zu $k = 1, \dots, K$ (Produkt-)Eigenschaften mit jeweils $l = 1, \dots, L_k$ sich gegenseitig ausschließenden alternativen (Eigenschafts-)Ausprägungen erfasst sind. Bei Zugrundelegung von Informationen dieser Art spricht man von *Darstellungen auf Eigenschaftsausprägungsebene*.

Wurden diese individuellen Teilnutzenwerte auf Basis des in der Praxis am häufigsten eingesetzten additiven Teilnutzenwertmodells ohne Wechselwirkungen geschätzt, so lassen sich mit diesen in einem ersten Simulationsschritt Nutzenwerte für alle – bereits bestehende oder mögliche neue – Produkte in einer Auswahlsituation prognostizieren. Wird etwa durch x_{jkl} beschrieben, ob ein (bereits bestehendes oder neues) Produkt $j = 1, \dots, J$ bei Eigenschaft k Ausprägung l aufweist ($x_{jkl} = 1$) oder nicht ($x_{jkl} = 0$), so kann der individuelle Nutzenwert u_{ij} für Individuum i

und Produkt j wie folgt

$$\underbrace{u_{ij}}_{\text{Produktebene}} = \sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} \underbrace{\beta_{ikl}}_{\substack{\text{Eigenschafts-}\\ \text{ausprägungsebene}}} x_{jkl}$$

berechnet werden. Bei Zugrundelegung der u_{ij}-Informationen bei der modellmäßigen Behandlung anstehender Probleme spricht man von *Darstellungen auf Produktebene.*

Eine Möglichkeit, von diesen individuellen Nutzenwerten auf Auswahlentscheidungen des Individuums zu schließen, bildet die so genannte *First-Choice-Regel (auch: deterministische Auswahlregel)*, nach der angenommen wird, dass das Individuum in einer Auswahlsituation immer diejenige Alternative aus einer angebotenen Menge wählt, die seinen Nutzen maximiert, die also für ihn einen maximalen Nutzenwert aufweist. Das Individuum i wählt Produkt j mit der Wahrscheinlichkeit

$$p_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ falls} & u_{ij} \geq u_{ij'} \quad \forall j', \\ 0 \text{ sonst} \end{cases} \qquad \text{(First-Choice-Auswahlregel)}\,.$$

Bei identischen Nutzenwerten zweier oder mehrerer Alternativen wird diese Wahrscheinlichkeit gleichmäßig verteilt oder sie wird einer Alternative zufällig zugeordnet.

Alternativ können mit der *Bradly-Terry-Luce-(BTL-)* oder der *Logit-Auswahlregel* so genannte *probabilistische Auswahlregeln* eingesetzt werden (vgl. Green/Krieger 1992). Diese modellieren die Wahrscheinlichkeiten proportional zu (evtl. transformierten) Nutzenwerten: Das Individuum i wählt Produkt j gemäß

$$p_{ij} = \frac{u_{ij}^{\alpha}}{\sum_{j'=1}^{J} u_{ij'}^{\alpha}} \qquad \text{(Bradley-Terry-Luce- oder BTL-Auswahlregel)}$$

oder

$$p_{ij} = \frac{\exp(\alpha u_{ij})}{\sum_{j'=1}^{J} \exp(\alpha u_{ij'})} \qquad \text{(Logit-Auswahlregel)}\,.$$

Der Parameter $\alpha \geq 0$ kann zur Überprüfung/Kalibrierung der Simulation anhand von Marktinformationen eingesetzt werden. So entspricht etwa beim BTL-Auswahlmodell eine Setzung $\alpha = 0$ einem Gleichverteilungsmodell (Alle Alternativen erhalten unabhängig von den Nutzenwerten die gleiche Auswahlwahrscheinlichkeit.), während eine Setzung $\alpha \to \infty$ bewirkt, dass – wie beim First-Choice-Auswahlmodell – die Situation so modelliert wird, dass die Alternative mit dem größten Nutzenwert immer gewählt wird.

Angesichts der unterschiedlichen Ergebnisse in Abhängigkeit von der Wahl der Auswahlregel stellt sich natürlich die Frage, welche Auswahlregel für praktische

Einsätze am geeignetsten ist. Grundsätzlich sind in der Anwendungspraxis alle drei Auswahlregeln vertreten. Allerdings konnte man inzwischen nachweisen, dass die First-Choice-Auswahlregel bei vielen Produktklassen zu suboptimalen Ergebnissen auf aggregierter Marktebene führt (siehe z. B. Elrod/Kumar 1989), da die Marktanteile für Produkte mit überdurchschnittlichem Nutzen oft überschätzt werden. Modifizierte oder neue Produkte brauchen bei Zugrundelegung der First-Choice-Auswahlregel – entgegen praktischer Erfahrungen – im Modell nur einen marginal höheren Nutzen als die bisherigen Alternativen aufzuweisen, um deren gesamten Marktanteil an sich zu ziehen. In vielen Simulationsrechnungen finden daher eher die BTL- oder die Logit-Auswahlregel Verwendung. Zudem ermöglicht es der Parameter α, bei bekannten Status-Quo-Marktanteilen eine Kalibrierung des Modells auf den Markt durchzuführen. Modelliert man die Teilnutzenwerte allerdings nicht deterministisch sondern stochastisch – wie etwa bei Baier/Polasek (2002) oder Baier/Gaul (2007) – so ist auch unter Verwendung der First-Choice-Auswahlregel eine realitätsnahe Simulation von Auswahlentscheidungen möglich.

Liegen entsprechende Plandaten für die einzelnen Individuen bzw. Produkte vor, z. B. w_i als periodische Nachfrage des Individuums i in ME (Mengeneinheiten) pro ZE (Zeiteinheit), d_{ikl} als Teilstückdeckungsbeitrag, der beim Verkauf eines Produkts mit Ausprägung l bez. Eigenschaft k an Individuum i für den Hersteller in GE (Geldeinheiten) pro ME entstehen würde, sowie f_{kl} als fixe Teilkosten in GE pro ZE, die anfallen würden, falls ein Produkt mit Ausprägung l bei Eigenschaft k angeboten werden würde, so können einfache Prognosen für den periodischen Absatz M_j des Produkts j mittels

$$M_j = \sum_{i=1}^{I} w_i p_{ij} ,$$

Prognosen für den (mengenmäßigen) Marktanteil m_j des Produkts j mittels

$$m_j = \frac{M_j}{\sum_{j'=1}^{J} M_{j'}} = \frac{\sum_{i=1}^{I} w_i p_{ij}}{\sum_{j'=1}^{J} \sum_{i=1}^{I} w_i p_{ij'}}$$

und Prognosen für den periodischen Gewinn G_j des Produkts j in GE mittels

$$G_j = \underbrace{\sum_{i=1}^{I} w_i p_{ij} \sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} d_{ikl} x_{jkl}}_{\text{Deckungsbeitrag}} - \underbrace{\sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} f_{kl} x_{jkl}}_{\text{fixe Kosten}}$$

erstellt werden. Zur *Prognose der Auswirkung einer Modifikation* beim Produkt j können diese Simulationsrechnungen ebenfalls eingesetzt werden: Die Beschreibung des Produkts durch die Variablen $x_{j11}, \ldots, x_{jKL_K}$ wird entsprechend angepasst und die interessierenden Größen (Absatz, Marktanteil, Gewinn) werden neu berechnet.

3 Anwendungsbeispiel zur Simulation

Anhand eines fiktiven Anwendungsbeispiels (angelehnt an Gaul et al. 1995) werden im folgenden die Simulationsrechnungen an einem kleinen und überschaubaren Rechenbeispiel vorgestellt.

Es geht um einen speziellen Teilmarkt in der Milchindustrie, den Markt für Naturjoghurts. Abbildung 1 zeigt exemplarisch ausgewählte Produkte dieses Markts.

Zur Vereinfachung sei angenommen, dass sich Naturjoghurt hinreichend durch die drei Eigenschaften Verpackung (mit den Ausprägungen Glas/Plastik, abgekürzt G/P), Geschmack (mit den Ausprägungen Sauer/Mild, abgekürzt S/M) und Preis (mit den Ausprägungen 0,4/0,5/0,7 GE) charakterisieren lasse. Die Kunden können in vier Marktsegmente unterteilt werden. Darstellungen der segmentspezifischen Teilnutzenwerte β_{ikl} und Segmentgewichte w_i in Mengeneinheiten pro Zeiteinheiten (ME/ZE) sind in Abb. 2 und Tabelle 1 wiedergegeben worden. Man beachte, dass i hier einen Index für Segmente, in denen „ähnliche" Individuen zusammengefasst werden, beschreibt.

Am Markt seien – ebenfalls vereinfachend – bisher drei Anbieter mit insgesamt fünf Produkten präsent. Tabelle 2 zeigt für die angebotenen Produkte, die

Abb. 1 Ausgewählte Produkte im Markt für Naturjoghurts

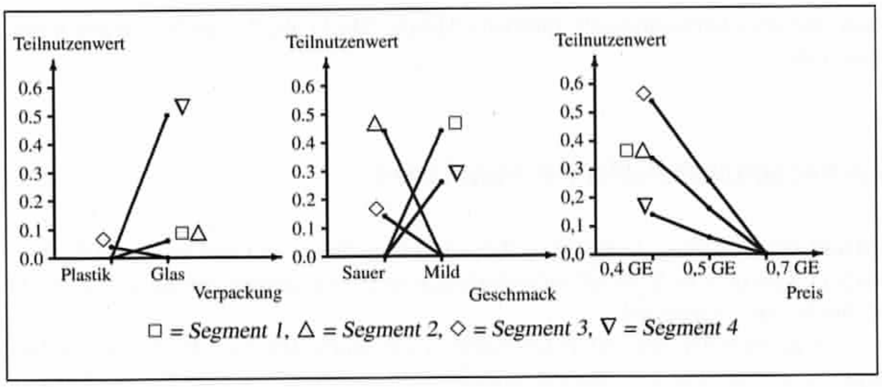

Abb. 2 Graphische Darstellung der segmentspezifischen Teilnutzenwerte

Tabelle 1 Tabellarische Darstellung der segmentspezifischen Teilnutzenwerte

		Teilnutzenwerte β_{ikl}						
		Verpackung $k=1$		Geschmack $k=2$		Preis $k=3$		
Segment i	Segmentgewicht w_i	Plastik $l=1$	Glas $l=2$	Sauer $l=1$	Mild $l=2$	0,4 GE $l=1$	0,5 GE $l=2$	0,7 GE $l=3$
1	20000 ME/ZE	0,00	0,06	0,00	0,44	0,33	0,17	0,00
2	10000 ME/ZE	0,00	0,06	0,44	0,00	0,33	0,17	0,00
3	5000 ME/ZE	0,05	0,00	0,14	0,00	0,55	0,27	0,00
4	10000 ME/ZE	0,00	0,53	0,00	0,27	0,13	0,07	0,00

Tabelle 2 Status-Quo-Markt und segmentspezifische Nutzenwerte

	Nutzenwerte u_{ij}				
	Anbieter I		Anbieter II		Anbieter III
Segment i	(G;M;0,7) $j=1$	(P;M;0,4) $j=2$	(P;M;0,4) $j=3$	(P;S;0,5) $j=4$	(P;M;0,5) $j=5$
1	0,50	0,77	0,77	0,17	0,61
2	0,06	0,33	0,33	0,61	0,17
3	0,00	0,60	0,60	0,46	0,32
4	0,80	0,40	0,40	0,07	0,34

über die Abkürzungen ihrer Eigenschaftsausprägungen beschrieben werden, die gemäß dem additiven Teilnutzenwertmodell ohne Wechselwirkungseffekte bestimmten segmentspezifischen Nutzenwerte auf Produktebene.

Man erkennt in Tabelle 3, in der segmentspezifische Auswahlwahrscheinlichkeiten bei Zugrundelegung unterschiedlicher Auswahlregeln angegeben werden, dass bei der First-Choice-Auswahlregel Zuordnungsprobleme auftreten können. Einer-

Tabelle 3 Segmentspezifische Auswahlwahrscheinlichkeiten im Status-Quo-Markt bei First-Choice-/BTL-/Logit-Auswahlregel (jeweils mit $\alpha = 1$)

	Auswahlwahrscheinlichkeiten p_{ij} (in %)				
	Anbieter I		Anbieter II		Anbieter III
Segment i	(G;M;0,7) $j = 1$	(P;M;0,4) $j = 2$	(P;M;0,4) $j = 3$	(P;S;0,5) $j = 4$	(P;M;0,5) $j = 5$
1	0 / 18 / 18	50 / 27 / 24	50 / 27 / 24	0 / 6 / 13	0 / 22 / 20
2	0 / 4 / 15	0 / 22 / 20	0 / 22 / 20	100 / 41 / 27	0 / 11 / 17
3	0 / 0 / 13	50 / 30 / 24	50 / 30 / 24	0 / 23 / 21	0 / 16 / 18
4	100 / 40 / 29	0 / 20 / 19	0 / 20 / 19	0 / 3 / 14	0 / 17 / 18

seits kann in Abhängigkeit der zugrundeliegenden Teilnutzenwerte unterschiedlichen Produktprofilen derselbe Nutzenwert auf Produktebene zugeordnet werden. Andererseits können Angebote verschiedener Anbieter im Rahmen der gewählten Charakterisierung durch identische Produktprofile beschrieben werden.

Berücksichtigt man zusätzlich die in Tabelle 1 wiedergegebenen segmentspezifischen periodischen Absätze bzw. Segmentgewichte w_i, so können darüber hinaus aus den Auswahlwahrscheinlichkeiten in Tabelle 3 Absätze und Marktanteile abgeleitet werden. Tabelle 4 gibt diese Absätze und Marktanteile im Status-Quo-Markt wieder.

Man erkennt, dass die in vorangegangenen Abschnitt ausgesprochene Empfehlung, die First-Choice-Auswahlregel bei aggregierter Marktbetrachtung nicht einzusetzen, auch hier zutreffend ist: Nur Produkte mit überdurchschnittlichem Nutzen ((P;M;0,4) in den Segmenten 1 und 3, (G;M;0,7) im Segment 4 und (P;S;0,5) im Segment 2) erhalten in Tabelle 3 gemäß der First-Choice-Auswahlregel positive segmentspezifische Auswahlwahrscheinlichkeiten, während den übrigen Produkten

Tabelle 4 Absätze und Marktanteile im Status-Quo-Markt bei First-Choice-/BTL-/Logit-Auswahlregel (jeweils mit $\alpha = 1$, TGE = Tausend Geldeinheiten)

Absätze M_j (in TGE)				
Anbieter I		Anbieter II		Anbieter III
(G;M;0,7) $j = 1$	(P;M;0,4) $j = 2$	(P;M;0,4) $j = 3$	(P;S;0,5) $j = 4$	(P;M;0,5) $j = 5$
10,0 / 7,9 / 8,8	12,5 / 11,2 / 10,0	12,5 / 11,2 / 10,0	10,0 / 6,8 / 7,8	0,0 / 8,0 / 8,6

Marktanteile m_j (in %)				
Anbieter I		Anbieter II		Anbieter III
(G;M;0,7) $j = 1$	(P;M;0,4) $j = 2$	(P;M;0,4) $j = 3$	(P;S;0,5) $j = 4$	(P;M;0,5) $j = 5$
22 / 18 / 19	28 / 25 / 22	28 / 25 / 22	22 / 15 / 17	0 / 18 / 19

in diesen Segmenten eine Auswahlwahrscheinlichkeit von 0 zugeordnet wird. Bei den Marktanteilen in Tabelle 4 kommt dies zum Tragen: Dem Produkt des Anbieters III werden – wieder Erwarten – keinerlei Absätze und damit ein Marktanteil von 0% zugeordnet.

Die Auswahlwahrscheinlichkeiten, Absätze und Marktanteile auf Basis der BTL- und der Logit-Auswahlregel weisen für die gleichen Produkte ähnliche Werte auf. Eine Kalibrierung des Parameters α in diesen beiden Modellen würde zu noch realistischeren Auswahlwahrscheinlichkeiten führen, ein Beleg für die größere Realitätsnähe dieser Modelle bei aggregierter Marktbetrachtung.

4 Optimierung auf Basis der Conjointanalyse

Ansätze, die über eine Bestimmung der individuellen Wunschvorstellungen hinaus in einem vorgegebenem Sinne *optimale Eigenschaftsausprägungskombinationen* hervorbringen und damit eine Produkt- oder Produktliniengestaltung unterstützen können, erfahren immer stärkere Beachtung. Dabei unterscheiden sich diese verschiedenen Ansätze nicht nur hinsichtlich des gewählten Lösungsverfahrens (z. B. heuristisch oder enumerativ) sondern auch hinsichtlich des Kriteriums (z. B. Absatz, Marktanteil, Deckungsbeitrag, Gewinn). Außerdem werden bei einigen Verfahren nur Einzelprodukte vorgeschlagen, bei anderen ganze Produktlinien konfiguriert oder ergänzt. Nachfolgend werden bekannte Ansätze zur Optimierung diskutiert und in Fortführung des Anwendungsbeispiels wird ihre Leistungsfähigkeit diskutiert.

Ein Anbieter plane etwa, ein neues Produkt $j = J + 1$ in einem bestehenden Markt mit J Produkten einzuführen. Über d_{ikl} seien Teilstückdeckungsbeiträge gegeben, die entstehen würden, falls der Anbieter eine Einheit des in Frage kommenden neuen Produkts mit der Ausprägung l bei Eigenschaft k an Individuum i verkaufen könnte. Zu bestimmen sind geeignete Werte für die Designvariablen $x_{J+1,kl}$, die anzeigen, ob das Produkt $J + 1$ Ausprägung l bei Eigenschaft k aufweisen soll $(= 1)$ oder nicht $(= 0)$.

Nimmt man weiter an, dass Nachfrager das neue Produkt nur dann kaufen, wenn der Nutzenwert für dieses neue Produkt größer ist als die Nutzenwerte für die (etablierten) Wettbewerbsprodukte (First-Choice-Auswahlregel), so könnte ein entsprechendes *Optimierungsmodell zur Absatzmaximierung* z. B. über

$$M_{J+1} = \sum_{i=1}^{I} w_i \, p_{J+1,i} \rightarrow \max!$$

oder ein *Optimierungsmodell zur Gewinnmaximierung* über

$$G_{J+1} = \sum_{i=1}^{I} w_i \, p_{i,J+1} \sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} d_{ikl} x_{J+1,kl} - \sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} f_{kl} x_{J+1,kl} \rightarrow \max!$$

mit jeweils

$$x_{J+1,kl} \in \{0,1\} \quad \forall k,l, \qquad \sum_{l=1}^{L_k} x_{J+1,kl} = 1 \quad \forall k, \qquad p_{i,J+1} \in \{0,1\} \quad \forall i\ ,$$

$$p_{i,J+1} = \begin{cases} 1 \text{ falls } u_{ij} \geq u_{ij'} & \forall j' \in \{1,\dots,J+1\}, \\ 0 \text{ sonst} \end{cases}$$

formuliert werden. Zu schätzende Modellparameter sind bei diesen Optimierungsmodellen jeweils die Eigenschaftsausprägungen für das neue Produkt $x_{J+1,kl}$ und die Indikatorvariablen (hier: binäre Auswahlwahrscheinlichkeiten) $p_{i,J+1}$, die anzeigen, ob das entsprechende Individuum dem neuen Produkt zugeordnet wird oder nicht. Die Nebenbedingungen sorgen dafür, dass dem neuen Produkt genau eine Ausprägung bez. jeder Eigenschaft zugeordnet wird und dass jedem Individuum das neue Produkt nur dann zugeordnet werden kann, falls ihm durch dieses der höchste Nutzen gestiftet wird. Zur Lösung derartiger Optimierungsmodelle kann auf enumerative oder auf heuristische Verfahren zurückgegriffen werden. Nachfolgend werden drei derartige Optimierungsmodelle und zugehörige Verfahren kurz beschrieben.

4.1 Ansatz nach Green und Krieger

Shugan/Balachandran (1977), Green/Krieger (1985, 1987a), McBride/Zufryden (1988) sowie Dobson/Kalish (1988, 1993) haben zweischrittige Lösungsverfahren entwickelt, in denen zunächst eine Kandidatenmenge für neue Produkte ermittelt wird und sich dann die Produktliniengestaltung auf die Auswahl einer vorgegebenen Anzahl R von Elementen aus dieser Menge beschränkt. Der nachfolgend beschriebene Ansatz (Green/Krieger 1987a) ist ein Beispiel für die Darstellung des Problems auf Produktebene und umfasst sowohl dieses vorgelagerte Verfahren als auch das eigentliche Lösungsverfahren.

Mittels $j = 0$ wird das bisher gekaufte, so genannte Status-Quo-Produkt bezeichnet, die für die Produktliniengestaltung in Frage kommende Kandidatenmenge hat die Gestalt $\{1,\dots,j,\dots,J\}$. Für den Optimierungsansatz wird der beim Kauf von Produktkandidat j durch das Individuum i entstehende relative Stückdeckungsbeitrag $d_{ij}^r = d_{ij} - d_{i0}$ benötigt. Dieser wird definiert als Differenz zwischen dem Stückdeckungsbeitrag d_{ij}, der entsteht, falls eine ME des Produktkandidaten j an das Segment i verkauft wird, und dem Stückdeckungsbeitrag d_{i0}, der durch den Verkauf einer ME des Status-Quo-Produkts an das Segment i realisiert werden kann. Falls das Status-Quo-Produkt des Segments i kein eigenes Produkt ist, wird $d_{i0} = 0$ gesetzt. Durch diese Formulierung wird sichergestellt, dass bei den Deckungsbeiträgen eine Kannibalisierung eigener Status-Quo-Produkte berücksichtigt wird.

Modelliert werden weiterhin fixe Kosten f_j, die beim Angebot des Produktkandidaten j anfallen würden, individuelle Gewichtungsfaktoren w_i, mit denen die vom Individuum i benötigten Absätze erfasst werden, sowie Nutzenbewertungen u_{ij} der Produktkandidaten durch die Individuen. Mit binären Entscheidungsvariablen y_j (= 1, falls Produktkandidat j in die Produktlinie aufgenommen wird; = 0, sonst) und x_{ij} (= 1, falls das i-te Individuum das Produkt j kauft; = 0, sonst) lässt sich der Ansatz nach Green und Krieger wie folgt formulieren

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} w_i x_{ij} d_{ij}^r - \sum_{j=1}^{J} y_j f_j \rightarrow \max!$$

unter den Nebenbedingungen

$$(1) \quad x_{ij} y_j u_{ij} \geq x_{ij} y_{j'} u_{ij'} \quad \forall i, j \neq j', \qquad (2) \quad \sum_{j=0}^{J} y_j \leq R+1,$$

$$(3) \quad x_{ij} \leq y_j \quad \forall i, j, \qquad (4) \quad y_0 = 1, \qquad (5) \quad x_{ij}, y_j \in \{0, 1\} \quad \forall i, j .$$

Dabei wird mit der Nebenbedingung (1) die First-Choice-Auswahlregel modelliert, Nebenbedingung (2) beschränkt die Anzahl der in die Produktlinie aufzunehmenden Kandidaten auf R. Nebenbedingung (3) besagt, dass nur Produkte gekauft werden können, die in die Produktlinie aufgenommen werden. Nebenbedingung (4) stellt sicher, dass das Status-Quo-Produkt immer zum Vergleich herangezogen wird. Nebenbedingung (5) gibt die Binärrestriktion für die Entscheidungsvariablen wieder.

4.2 Ansatz nach Kohli und Sukumar

Ein wichtiger Unterschied zum zuvor betrachteten Ansatz ergibt sich, wenn man das Entscheidungsproblem nicht auf der Produktebene sondern auf der Eigenschaftsausprägungsebene modelliert. Produktkandidaten werden jetzt über ihre Eigenschaftsausprägungskombinationen (auch: Produktprofile) beschrieben. Deshalb kann nun die explizite Angabe der Anzahl J der Produktkandidaten entfallen, weil $J = \prod_{k=1}^{K} L_k$ gilt. Da die Zahl J „sehr groß" sein kann, begnügt man sich beim Ansatz nach Kohli und Sukumar (Kohli/Sukumar 1990) wieder – wie beim Ansatz nach Green und Krieger – damit, genau R Produktkandidaten ($R \ll J$) zur Aufnahme in die Produktlinie zu bestimmen (wobei man R in verschiedenen Optimierungsläufen variieren kann).

Von Vorteil ist hier, dass man relative Stückdeckungsbeiträge d_{ikl}^r und Nutzenwerte β_{ikl} auf Eigenschaftsausprägungsebene erheben kann und erst später diese relativen Teilstückdeckungsbeiträge bzw. Teilnutzenwerte über die zugehörigen Eigenschaftsausprägungskombinationen zu relativen Stückdeckungsbeiträgen bzw. Nutzenwerten auf Produktebene aggregieren muss. Auf dieser Produktebene erfolgt dann wieder der Vergleich mit dem (individuellen) Nutzenwert u_{i0} des Status-Quo-Produktes. Als binäre Entscheidungsvariablen werden y_i (= 1, falls Individuum i ein Produkt aus der Produktlinie kauft; =0, sonst) und x_{ijkl} (=1, falls der dem Individuum i zugeordnete Produktkandidat j die Eigenschaftsausprägung l für Eigenschaft k hat; $=0$, sonst) benutzt. Der Ansatz nach Kohli und Sukumar lässt sich nach diesen Vorbemerkungen folgendermaßen schreiben

$$\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{R}\sum_{k=1}^{K}\sum_{l=1}^{L_k} d_{ikl}^{r} x_{ijkl} y_i \rightarrow \max!$$

unter den Nebenbedingungen

$$(6)\quad \sum_{j=1}^{R}\sum_{l=1}^{L_k} x_{ijkl} = 1 \quad \forall i,k\,,$$

$$(7)\quad \sum_{l=1}^{L_k} x_{ijkl} - \sum_{l=1}^{L_{k'}} x_{ijk'l} = 0 \quad k' < k\,, \forall i,j,k\,,$$

$$(8)\quad x_{ijkl} + x_{i'jkl'} \leq 1 \quad \forall i < i'\,, l < l', j,k\,,$$

$$(9)\quad \sum_{j=1}^{R}\sum_{k=1}^{K}\sum_{l=1}^{L_k} \beta_{ikl}(x_{ijkl} - x_{i'jkl}) \geq 0 \quad \forall i \neq i'\,,$$

$$(10)\quad y_i \sum_{j=1}^{R}\sum_{k=1}^{K}\sum_{l=1}^{L_k} \beta_{ikl} x_{ijkl} \geq y_i(u_{i0} + \varepsilon) \quad \forall i\,,$$

$$(11)\quad y_i, x_{ijkl} \in \{0,1\} \quad \forall i,j,k,l\,.$$

Man erkennt als erstes, dass anders als beim Ansatz nach Green und Krieger hier keine Fixkosten berücksichtigt werden. Die Nebenbedingungen (6)–(8) gewährleisten, dass jedem Individuum nur ein neues Produkt zugeordnet wird. (6) stellt sicher, dass für jedes Individuum i und jede Eigenschaft k genau ein Paar j, l existiert, für das die zugehörige x_{ijkl} Variable den Wert 1 annimmt. (7) besagt, dass dort, wo für Individuum i und Eigenschaft k bei Produkt j gemäß (6) der Wert $x_{ijkl} = 1$ auftritt (alle Werte die Bedingung $x_{ijkl} = 0$, $l \in \{1, \ldots, L_k\}$, erfüllen), auch für alle $k' \neq k$ genau einmal der Wert $x_{ijk'l'} = 1$ für ein spezielles l' angenommen wird (alle Werte der Bedingung $x_{ijk'l'} = 0$, $l' \in \{1, \ldots, L'_k\}$, genügen). Mit der Nebenbedingung (8) wird festgelegt, dass für keine Eigenschaft k eines beliebigen Produktes j für verschiedene Individuen i und i' für unterschiedliche Ausprägungen l und l' sowohl $x_{ijkl} = 1$ als auch $x_{i'jkl'} = 1$ gilt. Die First-Choice-Auswahlregel wird durch die Nebenbedingungen (9) und (10) beschrieben. (9) besagt, dass der Nutzen des i zugeordneten neuen Produkts größer oder gleich dem Nutzen (aus Sicht von Individuum i) eines einem beliebigen Individuum i' zugeordneten neuen Produkts ist. Durch (10) wird ausgedrückt, dass ein Individuum i nur dann sein zugeordnetes neues Produkt kauft, wenn es einen um ε größeren Nutzen als das Status-Quo-Produkt aufweist. Nebenbedingung (11) spezifiziert die Binärrestriktion für die Entscheidungsvariablen.

4.3 Ansatz nach Gaul, Aust und Baier

Die in Gaul et al. (1995) beschriebene Vorgehensweise nutzt die BTL-Auswahlregel zur Modellierung der Auswahl. Dieser Ansatz wird daher auch mit PROLIN (PRObabilistische ProduktLINiengestaltung) bezeichnet und war seinerzeit der erste Lösungsansatz auf BTL-Basis zur einschrittigen Produktliniengestaltung.

Bei der Modellformulierung werden weitestgehend die Bezeichner aus den vorangegangenen Abschnitten beibehalten, wobei die Status-Quo-Beschreibung feiner untergliedert wird. Auf dem Markt seien $j = 1, \dots, F$ Fremdprodukte und $j = F+1, \dots, F+E$ Eigenprodukte vorhanden. Mit $j = F+E+1, \dots, F+E+R$ werden die R in die Produktlinie aufzunehmenden neuen Produkte bezeichnet. Die Modellierung erfolgt ebenfalls auf Eigenschaftsausprägungsebene, wobei in schon bekannter Weise individuenabhängige Teilstückdeckungsbeiträge d_{ikl} und Teilnutzenwerte β_{ikl} verwandt werden. Für die Fixkostenzurechnung werden individuenunabhängige Teilfixkosten f_{jk} unterstellt, während individuelle Gewichtungsfaktoren w_i wieder den Mengenbedarf der Individuen abbilden. Die Indikatoren x_{jkl}, $j = 1, \dots, F+E$, sind binäre Konstanten, die genau dann den Wert 1 haben, wenn Produkt j die Ausprägung l bei Eigenschaft k aufweist. Die x_{jkl}, $l = F+E+1, \dots, F+E+R$, stellen die binären Entscheidungsvariablen dar, über die analog zur Kodierung bei den bereits am Markt vertretenen Produkten die Eigenschaftsausprägungskombinationen der neuen Produkte festgelegt werden. Ähnlich dem additiven Teilnutzenwertmodell wird ein additives Teilfixkostenmodell benutzt, wobei sich die Fixkosten f_j eines Produktes j als Summe der Teilfixkosten f_{kl} seiner Eigenschaftsausprägungen ergeben ($f_j = \sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} f_{kl} x_{jkl}$). In der praktischen Anwendung kann man über hohe Teilfixkosten auch selektiv einzelne Ausprägungen bei Bedarf sperren. Es ergibt sich:

$$\sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} \left(\sum_{j=F+E+1}^{F+E+R} x_{jkl} \left(\sum_{i=1}^{I} p_{ij} w_i d_{ikl} - f_{kl} \right) + \sum_{j=F+1}^{F+E} x_{jkl} \sum_{i=1}^{I} p_{ij} w_i d_{ikl} \right) \to \max!$$

unter den Nebenbedingungen

$$(12) \quad p_{ij} = \frac{\left(\sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} \beta_{ikl} x_{jkl} \right)^{\alpha}}{\sum_{j'=1}^{F+E+R} \left(\sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} \beta_{ikl} x_{j'kl} \right)^{\alpha}} \quad \forall i, j \, ,$$

$$(13) \quad \sum_{l=1}^{L_k} x_{jkl} \leq 1 \quad \forall k \, , j = F+E+1, \dots, F+E+R \, ,$$

$$(14) \quad \sum_{l=1}^{L_k} x_{jkl} = \sum_{l=1}^{L_{k+1}} x_{j(k+1)l} \quad k = 1, \ldots, K-1,$$

$$j = F + E + 1, \ldots, F + E + R,$$

$$(15) \quad x_{jkl} \in \{0, 1\} \quad \forall k, l, j = F + E + 1, \ldots, F + E + R.$$

Maximiert werden die Deckungsbeiträge aus neuen und etablierten eigenen Produkten abzüglich der Fixkosten für neue Produkte, wobei über alle Kunden summiert wird und jeweils eine Gewichtung der eigenschaftsausprägungsspezifischen Teildeckungsbeiträge mit Mengenbedarf und Kaufwahrscheinlichkeit erfolgt. Mit der Nebenbedingung (12) wird die BTL-Auswahlregel modelliert. Der Parameter α erlaubt, wie bereits eingangs bei der Beschreibung der Auswahlregeln erläutert, eine Kalibrierung von p_{ij} anhand von Marktinformationen, wobei p_{ij} die Wahrscheinlichkeit, dass Individuum i sich für Produkt j entscheidet, mit Hilfe der individuellen Teilnutzenwerte β_{ikl} wiedergibt. (13) sichert, dass bei den Eigenschaften für die Produktkandidaten nur maximal eine Ausprägung gewählt wird, während (14) dafür sorgt, dass Produkte nur komplett mit allen Eigenschaften angeboten werden. Nebenbedingung (15) gibt die Binärrestriktion bez. der Entscheidungsvariablen wieder.

Aufgrund der Binärstruktur des formulierten Optimierungsansatzes können Probleme mittlerer Größe (z. B. maximal drei neue Produkte, fünf Eigenschaften mit drei Ausprägungen) mittels expliziter Enumeration (Ausprobieren aller möglichen Mengen von Produktkandidaten) innerhalb weniger Sekunden gelöst werden. Für größere Probleme haben sich schnelle problemspezifische Heuristiken – dann ebenfalls mit Rechenzeiten im Sekundenbereich auch für diese größeren Probleme – als geeignet erwiesen. Gaul et al. (1995) schlagen z. B. eine Advanced Greedy Heuristic (AGH) vor, die sich bei einem Simulationsvergleich von 18 alternativen Verfahren für 480 simulierte Märkte als bestes Verfahren für derartige Fragestellungen hinsichtlich Rechenzeit und Finden des globalen Optimums herausgestellt hat.

5 Anwendungsbeispiel zur Optimierung

In Fortsetzung des Anwendungsbeispiels aus dem Abschnitt zur Simulation wird im Folgenden untersucht, welche Produkte eine Molkereigenossenschaft, die bislang keine Naturjoghurts im Angebot hatte aber gerne in diesen Markt eintreten möchte, ins Produktprogramm aufnehmen sollte.

Tabelle 5 zeigt alle durch die verschiedenen Eigenschaften und Ausprägungen erzeugbaren einzelnen Produktprofile samt zugehörigen individuen-/segmentspezifischen Nutzenwerten auf Produktebene, wobei für jedes Segment der höchste Nutzenwert (und damit das zugehörige Produktprofil) durch Unterstreichen markiert wurde.

Tabelle 5 Alle möglichen Produktprofile samt segmentspezifischen Nutzenwerten auf Produktebene

	Nutzenwerte $u_{ij'}$					
Segment	(P;S;0,4)	(P;S;0,5)	(P;S;0,7)	(P;M;0,4)	(P;M;0,5)	(P;M;0,7)
i	$j' = 1$	$j' = 2$	$j' = 3$	$j' = 4$	$j' = 5$	$j' = 6$
1	0,33	0,17	0,00	0,77	0,61	0,44
2	0,77	0,61	0,44	0,33	0,17	0,00
3	0,74	0,46	0,19	0,60	0,32	0,05
4	0,13	0,07	0,00	0,40	0,34	0,27

	Nutzenwerte $u_{ij'}$					
Segment	(G;S;0,4)	(G;S;0,5)	(G;S;0,7)	(G;M;0,4)	(G;M;0,5)	(G;M;0,7)
i	$j' = 7$	$j' = 8$	$j' = 9$	$j' = 10$	$j' = 11$	$j' = 12$
1	0,39	0,23	0,06	0,83	0,67	0,50
2	0,83	0,67	0,50	0,39	0,23	0,06
3	0,69	0,41	0,14	0,55	0,27	0,00
4	0,66	0,60	0,53	0,93	0,87	0,80

Will die Molkereigenossenschaft nun erfolgreich neue Produkte auf den Markt bringen, so steht sie vor folgendem Problem: Ihre neuen Produkte müssten im anvisierten Segment einen mindestens so hohen segmentspezifischen Nutzenwert aufweisen wie das bisherige Status-Quo-Produkt dieses Segments (zumindest bei der First-Choice-Situation). Zusätzlich muss das neue Produkt unter Kostengesichtspunkten für den Anbieter attraktiv sein, wozu Informationen über Deckungsbeiträge und Fixkosten benötigt werden. Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Teilstückdeckungsbeiträge d_{ijk} und die Teilfixkosten f_{jk} auf Eigenschaftsausprägungsebene. Die Eigenschaftsausprägungskombination (G;M;0,4) ist als Basisprofil zu verstehen, das gerade die variablen Kosten der Produktion erlöst.

Zur Risikobegrenzung soll eine Produktlinie mit maximal zwei Neuprodukten am Markt eingeführt werden ($R = 2$). Da noch nicht absehbar ist, ob eine Lizenz zur Verwendung spezieller Joghurtkulturen zur Gewährleistung eines milden Geschmackes erworben werden muss oder ob alternative Möglichkeiten bestehen, werden zunächst Produktlinien ohne Fixkostenberücksichtigung durch die 3 vorge-

Tabelle 6 Segmentunabhängige Teilstückdeckungsbeiträge und Teilfixkosten

	Verpackung $k = 1$		Geschmack $k = 2$		Preis $k = 3$		
	Plastik	Glas	Sauer	Mild	0,4 GE	0,5 GE	0,7 GE
	$l = 1$	$l = 2$	$l = 1$	$l = 2$	$l = 1$	$l = 2$	$l = 3$
Teilstückd.b. d_{ikl}, $\forall i$, [GE/ME]	0,20	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10	0,30
Teilfixkosten f_{kl} [TGE/ZE]	0,00	0,00	0,00	10,0	0,00	0,00	0,00

stellten Verfahren berechnet. Die Lösungen auf Basis der Ansätze nach Green und Krieger bzw. nach Kohli und Sukumar werden zunächst unter der Annahme, dass gemäß der First-Choice-Situation modelliertes Auswahlverhalten unterstellt werden kann, berechnet und verglichen sowie anschließend der optimalen Lösung auf Basis des Ansatzes nach Gaul, Aust und Baier gegenübergestellt, wobei zur leichteren Nachvollziehbarkeit angenommen wird, dass sich das Kaufverhalten der Kunden durch das BTL-Modell mit $\alpha = 1$ charakterisieren lässt. Danach werden die Auswirkungen von Fixkosten auf die gemäß der betrachteten Ansätze einzuführenden Produktlinien diskutiert.

5.1 Lösung nach Green und Krieger

Gemäß der bereits erwähnten zweistufigen Vorgehensweise beim Ansatz nach Green und Krieger wird zunächst heuristisch eine Kandidatenmenge aus der Menge aller möglichen Produktprofile über die in Tabelle 1 angegebenen segmentspezifischen Nutzenwerte bestimmt. Wählt man als Kandidatenmenge die von mindestens einem Segment meist präferierten Produktprofile (Green/Krieger (1987b) nennen dies die Best-In-Heuristik), so ergibt sich die Produktkandidatenmenge {(G;M;0,4), (G;S;0,4), (P;S;0,4)}, die in Tabelle 5 bereits durch Unterstreichung kenntlich gemacht wurde. (G;M;0,4) ist z. B. das bestmögliche Produkt für Segment 1 und Segment 4. Segmentspezifische Nutzenwerte für die jeweils besten Produkte im Status-Quo-Markt (Status-Quo-Produkte) und die Produkte der Kandidatenmenge sowie deren relative Deckungsbeiträge auf Produktebene werden in Tabelle 7 angegeben.

Den Informationen der Tabelle 5 sowie der Tabelle 7 könnte man auch ohne weitere aufwendige Berechnungen entnehmen, welche Lösung man „mittels gesundem Menschenverstand" wählen sollte. Im Segment 1 und im Segment 4 würde im segmentspezifischen Nutzenvergleich nur durch das Produktprofil (G;M;0,4) ein Wechsel vom jeweiligen Status-Quo-Produkt zu eben diesem Produktkandidaten erfolgen, was für einen potentiellen Anbieter aber uninteressant wäre, da durch Ein-

Tabelle 7 Segmentspezifische Nutzenwerte und relative Stückdeckungsbeiträge auf Produktebene für die segmentspezifischen Status-Quo-Produkte und die ausgesuchten Produktkandidaten

	Nutzenwerte u_{ij}				relativer Stückdeckungsbeitrag d^r_{ij} [GE/ME]		
Segment i	Status-Quo-Produkt $j = 0$	(G;M;0,4) $j = 1$	(G;S;0,4) $j = 2$	(P;S;0,4) $j = 3$	(G;M;0,4) $j = 1$	(G;S;0,4) $j = 2$	(P;S;0,4) $j = 3$
1	0,77	0,83	0,39	0,33	0,00	0,10	0,30
2	0,61	0,39	0,83	0,77	0,00	0,10	0,30
3	0,60	0,55	0,69	0,74	0,00	0,10	0,30
4	0,80	0,93	0,66	0,13	0,00	0,10	0,30

führung von (G;M;0,4) kein Deckungsbeitrag erwirtschaftet würde. Im Segment 2 und im Segment 4 würden in beiden Fällen die höchsten Deckungsbeitragszuwächse über den Neuproduktkandidaten (P;S;0,4), der im segmentspezifischen Nutzenvergleich das jeweilige Status-Quo-Produkt übertrifft, ermöglicht. Diese Lösung wird auch durch den Ansatz nach Green und Krieger gefunden. Konkret soll also nur ein Produkt mit dem Profil (P;S;0,4) eingeführt werden. Gemäß der First-Choice-Situation werden in Zukunft Segment 2 und Segment 3 das Neuprodukt kaufen. Berechnet man durch Einsetzen in die Zielfunktion den prognostizierten Gesamtgewinn, erhält man einen Wert von 45 TGE/ZE, der sich aus 30 TGE/ZE für Segment 2 und 15 TGE/ZE für Segment 3 zusammensetzt.

5.2 Lösung nach Kohli und Sukumar

Für die Verwendung des Ansatzes nach Kohli und Sukumar müssen im Regelfall zunächst die relativen Teilstückdeckungsbeiträge bestimmt werden. In der vorliegenden Situation kann auf die Darstellung der relativen Teilstückdeckungsbeiträge jedoch verzichtet werden, da noch kein eigenes Produkt am Markt präsent ist und somit die relativen Teilstückdeckungsbeiträge für alle Segmente den Teilstückdeckungsbeiträgen in Tabelle 6 entsprechen. Einer global optimalen Lösung des Optimierungsproblems nach Kohli und Sukumar entspricht die in Tabelle 8 dargestellte Variablenbelegung. Die Numerierung der Attribute und Ausprägungen entspreche der Darstellung in Tabelle 1.

Konkret sollen also zwei Produkte mit einerseits dem Profil (P;S;0,4) und andererseits dem Profil (G;M;0,5) eingeführt werden. Gemäß der First-Choice-Situation werden in Zukunft Segment 2 und Segment 3 das Neuprodukt mit dem Profil (P;S;0,4) und Segment 4 das Neuprodukt mit dem Profil (G;M;0,5) kaufen. Berechnet man durch Einsetzen in die Zielfunktion den prognostizierten Gesamtgewinn, erhält man einen Wert von 55 TGE/ZE, der sich aus 30 TGE/ZE für Segment 2, 15 TGE/ZE für Segment 3 und 10 TGE/ZE für Segment 4 zusammensetzt. Dies unterstreicht, dass die Betrachtung einer eingeschränkten Produktkandidatenmenge (wie im Ansatz nach Green und Krieger) gegenüber der Berücksichtigung aller möglichen Eigenschaftsausprägungskombinationen zu deutlich niedrigeren Zielfunktionswerten führen kann.

Tabelle 8 Variablenbelegung x_{ijkl} und y_i für eine global optimale Lösung mittels Ansatz nach Kohli und Sukumar

i	y_i	x_{i111}	x_{i112}	x_{i121}	x_{i122}	x_{i131}	x_{i132}	x_{i133}	x_{i211}	x_{i212}	x_{i221}	x_{i222}	x_{i231}	x_{i232}	x_{i233}
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
2	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0

5.3 Lösung nach Gaul, Aust und Baier

Sowohl beim Ansatz nach Green und Krieger als auch beim Ansatz nach Kohli und Sukumar wird durch entsprechende Modellierung der First-Choice-Situation Auswahlverhalten in einer speziellen Form durch Nebenbedingungen beschrieben. Beim Ansatz nach Gaul, aust und Baier hingegen wird realitätsnäher eine probabilistische Auswahlregel eingesetzt. Bewerten wir die als Lösungen bei den Ansätzen nach Green und Krieger sowie nach Kohli und Sukumar erhaltenen Produktlinien im Ansatz nach Gaul, Aust und Baier unter Verwendung der BTL-Auswahlregel, ergeben sich deutlich veränderte Periodengewinne. In Tabelle 9 entspricht der einelementigen Produktlinie (P;S;0,4) die obere, der zweielementigen aus (P;S;0,4) und (G;M;0,5) bestehenden Produktlinie die untere Variablenbelegung in der Notation des Ansatzes nach Gaul, Aust und Baier. Man beachte, dass für den Produktkandidatenindex gemäß der genannten Voraussetzungen $F = 5$ und $E = 0$ gilt, so dass mit $j = 6$ das Produktprofil (P;S;0,4) und mit $j = 7$ das Produktprofil (G;M;0,5) beschrieben wird.

Tabelle 10 gibt die segmentspezifischen Auswahlwahrscheinlichkeiten für die in die jeweilige Produktlinie aufgenommenen neuen Produkte und die daraus resultierenden segment- und produktspezifischen Zielfunktionsbeiträge sowohl für die Lösung nach Green und Krieger (oben) als auch für die nach Kohli und Sukumar (unten) wieder. Durch Addition der segment- und produktspezifischen Zielfunktionsbeiträge über alle Segmente und alle neu einzuführenden Produkte erhält man 22,36 TGE/ZE bei alleiniger Einführung von (P;S;0,4) und 27,20 GE/ZE für die aus (P;S;0,4) und (G;M;0,5) bestehende zweielementige Produktlinie.

Eine zentrale Frage ist natürlich, wie stark sich die Berücksichtigung der BTL-Auswahlregel in der Optimierung auf den Zielfunktionswert auswirkt, d. h. welche Gewinndifferenz zwischen einer global optimalen Lösung mittels Ansatz nach Gaul, Aust und Baier und in dieser Notation wiedergegebenen Lösungen nach Green und Krieger sowie nach Kohli und Sukumar besteht.

Global optimalen Lösungen des Ansatzes nach Gaul, Aust und Baier entspricht die in Tabelle 11 angegebene Variablenbelegung. Man beachte, dass $j = 7$ in der Lösung ohne Berücksichtigung von Fixkosten das Produktprofil (P;M;0,7) und in der Lösung mit Berücksichtigung von Fixkosten das Produktprofil (G;S;0,7) zugeordnet ist. In Tabelle 12 werden Auswahlwahrscheinlichkeiten nebst segment- und

Tabelle 9 Variablenbelegungen x_{jkl} in der Notation des Ansatzes nach Gaul, Aust und Baier für die Lösungen nach Green und Krieger sowie nach Kohli und Sukumar

Lösung nach	x_{611}	x_{612}	x_{621}	x_{622}	x_{631}	x_{632}	x_{633}	x_{711}	x_{712}	x_{721}	x_{722}	x_{731}	x_{732}	x_{733}
Green und Krieger	1	0	1	0	1	0	0							
Kohli und Sukumar	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0

Tabelle 10 Segmentspezifische Kaufwahrscheinlichkeiten und Zielfunktionsbeiträge für die Lösungen nach Green und Krieger sowie nach Kohli und Sukumar im Ansatz nach Gaul, Aust und Baier

	(P;S;0,4) $j=6$	
Segment i	Auswahlw.keit p_{ij}	Zielfunktionsbeitrag $p_{ij} w_i \sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} x_{jkl} d_{ikl}$
1	10,47%	6,28 TGE/ZE
2	33,92%	10,18 TGE/ZE
3	27,21%	4,08 TGE/ZE
4	6,07%	1,82 TGE/ZE
		Summe 22,36 TGE/ZE

	(P;S;0,4) $j=6$		(G;M;0,5) $j=7$	
Segment i	Auswahlw.keit p_{ij}	Zielfunktionsbeitrag $p_{ij} w_i \sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} x_{jkl} d_{ikl}$	Auswahlw.keit p_{ij}	Zielfunktionsbeitrag $p_{ij} w_i \sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} x_{jkl} d_{ikl}$
1	8,64%	5,18 TGE/ZE	17,54%	3,51 TGE/ZE
2	30,80%	9,24 TGE/ZE	9,20%	0,92 TGE/ZE
3	24,75%	3,71 TGE/ZE	9,03%	0,45 TGE/ZE
4	4,32%	1,30 TGE/ZE	28,90%	2,89 TGE/ZE
		Summe 19,43 TGE/ZE		Summe 7,77 TGE/ZE

Tabelle 11 Variablenbelegungen für eine jeweils global optimale Lösung mit dem Ansatz nach Gaul, Aust und Baier ohne bzw. mit Berücksichtigung von Fixkosten

Lösung	x_{116}	x_{216}	x_{126}	x_{226}	x_{136}	x_{236}	x_{336}	x_{117}	x_{217}	x_{127}	x_{227}	x_{137}	x_{237}	x_{337}
ohne Fixkosten	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
mit Fixkosten	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1

produktspezifischen Zielfunktionsbeiträgen für die aus (P;S;0,4) und (P;M;0,7) bestehende Produktlinie dargestellt.

Bei Zugrundelegung des Ansatzes ohne Fixkosten führt die Einführung der zweielementigen Produktlinie (P;S;0,4) und (P;M;0,7) zu einem Gewinn von 39,63 TGE/ZE, der sich aus 21,32 TGE/ZE für (P;S;0,4) und 18,31 TGE/ZE für (P;M;0,7) zusammensetzt. Die um 12,43 TGE/ZE bessere Zielfunktionsdifferenz zur Lösung, die man nach Kohli und Sukumar erhält, unterstreicht die Wichtigkeit einer genaueren Modellierung des Auswahlverhaltens.

Noch deutlicher wird der Unterschied bei einer ergänzenden Berücksichtigung von Fixkosten. Da der Ansatz nach Kohli und Sukumar keine Fixkosten in der Optimierung berücksichtigt, wird bei Verwendung dieses Ansatzes die bereits bekannte

Tabelle 12 Segmentspezifische Kaufwahrscheinlichkeiten und Zielfunktionsbeiträge für die Lösung nach Gaul, Aust und Baier ohne Fixkosten gemäß Tabelle 11

	(P;S;0,4) $j = 6$		(P;M;0,7) $j = 7$	
Segment i	Auswahlw.keit p_{ij}	Zielfunktionsbeitrag $p_{ij} w_i \sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} x_{jkl} d_{ikl}$	Auswahlw.keit p_{ij}	Zielfunktionsbeitrag $p_{il} w_i \sum_{k=1}^{K} \sum_{l=1}^{L_k} x_{jkl} d_{ikl}$
1	9,19%	5,51 TGE/ZE	12,26%	12,26 TGE/ZE
2	33,92%	10,18 TGE/ZE	0,00%	0,00 TGE/ZE
3	26,71%	4,01 TGE/ZE	1,81%	0,45 TGE/ZE
4	5,40%	1,62 TGE/ZE	11,20%	5,6 TGE/ZE
		Summe 21,32 TGE/ZE		Summe 18,31 TGE/ZE

zweielementige Produktlinie (P;S;0,4) und (G;M;0,5) zur Einführung vorgeschlagen. Der Gewinnanstieg durch die Optimallösung des Ansatzes nach Gaul, Aust und Baier mit Berücksichtigung von Fixkosten beträgt 17,2 TGE/ZE. Beim Ansatz nach Green und Krieger kommt es zu keiner Veränderung in der gefundenen Lösung, was anschaulich plausibel ist, weil für (P;S;0,4) auch in Zukunft keine Fixkosten zu berücksichtigen sind, da gemäß Tabelle 6 Fixkosten ausschließlich für Neuprodukte mit Mild als Ausprägung für den Geschmack auftreten. Der Ansatz nach Gaul, Aust und Baier ermittelt beim Vorliegen von Fixkosten eine alternative Lösung, die in Tabelle 11 bereits wiedergegebene und aus den beiden Produktkandidaten (P;S;0,4) und (G;S;0,7) bestehende Produktlinie, die immerhin noch zu einem Gewinn von 37,82 TGE/ZE führt.

6 Fazit

Die Einbeziehung von Wünschen und Beurteilungskriterien potentieller Kunden sowie Angeboten der Konkurrenz bei der Produktliniengestaltung bietet eine erfolgversprechende Möglichkeit, die enormen Risiken bei Neuprodukteinführungen zu reduzieren, und kann – nach erfolgter Kundennutzenmessung mittels Conjointanalyse – mit den vorgestellten gewinnorientierten Ansätzen ermöglicht werden.

Über Simulationsrechnungen hinaus, bei denen vorgeschlagene Produktprofile bzw. Eigenschaftsausprägungskombinationen bez. der zu erzielenden Gewinne bewertet werden können, ermöglichen Optimierungsrechnungen die Ableitung erfolgversprechender Produktkandidaten. Abschließend sei noch der Hinweis erlaubt, dass für *große* Probleme die bereits erwähnte und in Gaul et al. (1995) vorgestellte AGH(Advanced Greedy Heuristic)-Methodik entwickelt wurde, die für anwendungsrelevante Größenordnungen der dieser Arbeit zugrundeliegenden Ausgangssituation optimierte Lösungen in kürzesten Rechenzeiten generiert.

Literaturverzeichnis

Baier, D., Gaul, W. (2007). Market Simulation Using a Probabilistic Ideal Vector Model for Conjoint Data. In A. Gustafsson et al. (Eds.), Conjoint Measurement – Methods and Applications, Springer, Berlin, 4th edition, 47–66.

Baier, D., Polasek, W. (2002). Market Simulation Using Bayesian Procedures in Conjoint Analysis. *Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization*, 22, 413–421.

Dobson, G., Kalish, S. (1988). Positioning and Pricing a Product Line. *Marketing Science*, 7(2), 107–125.

Dobson, G., Kalish, S. (1993). Heuristics for Pricing and Positioning a Product-Line Using Conjoint and Cost Data. *Management Science*, 39(2), 160–175.

Elrod, T., Kumar, S. K. (1989). Bias in the First Choice Rule for Predicting Share, 1989-Sawtooth Software Conference Proceedings, Ketchum ID: Sawtooth Software Inc., Sun Valley, ID 3, 259–271.

Gaul, W., Aust, E., Baier, D. (1995). Gewinnorientierte Produktliniengestaltung unter Berücksichtigung des Kundennutzens. *Zeitschrift für Betriebswirtschaftslehre*, 65, 835–855.

Green, P.E., Krieger, A.M. (1985). Models and Heuristics for Product Line Selection. *Marketing Science*, 4(1), 1–19.

Green, P.E., Krieger, A.M. (1987a). A Simple Heuristic for Selecting „Good" Products in Conjoint Analysis. *Applications of Management Science*, 5, 131–153.

Green, P.E., Krieger, A.M. (1987b). A Consumer-Based Approach to Designing Product Line Extensions. *Journal of Product Innovation Management*, 4, 21–32.

Green, P.E., Krieger, A.M. (1992). An Application of a Product Positioning Model to Pharmaceutical Products. *Marketing Science*, 11(2), 117–132.

Kohli, R., Sukumar, R. (1990). Heuristics for Product-Line Design Using Conjoint Analysis. *Management Science*, 36(12), 1464–1478.

McBride, R.D., Zufryden, F.S. (1988). An Integer Programming Approach to the Optimal Product Line Selection Problem, Marketing Science, 7(2), 126–140.

Shugan, S.M., Balachandran, V. (1977). A Mathematical Programming Model for Optimal Product Line Structuring, Working Paper Series 7734 (October), University of Rochester Graduate School of Business, NY.

Zufryden, F.S. (1977). A Conjoint Measurement-Based Approach for Optimal New Product Design and Market Segmentation. In A. D. Shocker (Ed.), Analytic Approaches to Product and Market Planning, Cambridge, MA: Marketing Science Institute, 100–114.