

Produktliniendesign

Modelle und Methoden zur Optimierung des Angebotsportfolios von Sachgüterherstellern und Dienstleistern

Cornelia Schön und Fabian Strohm



Prof. Dr. *Cornelia Schön* lehrt Service Operations Management an der Universität Mannheim und ist Akademische Direktorin des Mannheim Executive MBA Programms. Forschungsgebiete: Entwicklung von quantitativen Modellen und Methoden zur Entscheidungsunterstützung, insbesondere im Bereich der Gestaltung von Dienstleistungen und Produktlinien sowie zugrundeliegende operative Wertschöpfungsprozesse und Ressourcen.



M. Sc. *Fabian Strohm* ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Service Operations Management an der Universität Mannheim. Bevorzugte Forschungsgebiete: Service Design und Service Process Design.

Die Positionierung und Gestaltung von Produkten bzw. von Produktlinien zählt zu einem der wichtigsten strategischen Entscheidungsbereiche eines Unternehmens. In der Literatur ist die Entscheidung als (Optimierungs-)Problem der Produkt- bzw. Produktliniengestaltung bekannt, das sich zu einer der zentralen Fragestellungen an der Schnittstelle zwischen quantitativem Marketing und Operations Research entwickelt hat. Der Beitrag stellt ein solches Modell inkl. eines Anwendungsbeispiels vor und diskutiert anschließend, inwieweit existierende Ansätze auf das Design von Dienstleistungen übertragbar sind.

Stichwörter: Produktlinienselektion, Produktliniengestaltung, Dienstleistungsgestaltung, Operations Research, Conjoint Analyse, Optimierung

1. Relevanz

Ob Sachgüter oder Dienstleistungen, die Gestaltung von Produkten bzw. Produktlinien und die Festlegung der zugehörigen Preise gehören zu den wichtigsten Entscheidungen eines Unternehmens mit wesentlichem Einfluss auf den langfristigen Unternehmenserfolg. Auf der einen Seite

ist die Implementierung von Produktlinienentscheidungen in Form von Neuprodukteinführungen oder Repositionierungen bestehender Produkte gewöhnlich mit sehr hohen Kosten verbunden. Auf der anderen Seite determinieren Produktlinienentscheidungen den Erfolg am Markt; denn nur durch ein hinreichend differenziertes Produktportfolio lassen sich unterschiedliche Bedürfnisse auf der Nachfrageseite effektiv adressieren und Kunden gewinnen.

Unter einer **Produktlinie** verstehen wir im Folgenden eine Menge von Produkten eines Unternehmens, zwischen denen **kosten- oder absatzseitige Interdependenzen** substitutiver oder komplementärer Art bestehen (vgl. *Mussa/Rosen*, 1978; *Simon*, 1992). Beispiele für Produktlinien sind

- die verschiedenen PKW-Modelle von *Volkswagen*, z. B. *Golf*, *Fox*, *Polo* und *Beetle*, die wiederum in unterschiedlichen Ausstattungen, als Limousine oder Cabriolet, angeboten werden,
- die unterschiedlichen Tabletmodelle von *Apple*, die sich z. B. hinsichtlich Prozessorgeschwindigkeit, Speicherkapazität, Gewicht und Mobilität, Grafikkarte und Preis unterscheiden,
- die Menge an Tarifen eines Mobilfunkanbieters wie *O₂*, die sich hinsichtlich Leistungsumfang (z. B. Bandbreite für Daten), Vertragslaufzeit und verschiedenen preisbezogenen Attributen (Grund- und Verbindungspreise) unterscheiden,
- die verschiedenen Flugangebote von *Lufthansa* für die Strecke Frankfurt – Boston, die nach Bequemlichkeit der Flugverbindung, Buchungsklasse und -konditionen, Buchungszeitpunkt und Preisen differenziert sind.

Die potenziellen Vorteile für den Anbieter aus einer umfangreicheren Produktpalette müssen sorgfältig gegen die Kosten und möglichen Substitutionseffekte zwischen den Produkten abgewogen werden. Das grundlegende Entscheidungsproblem der Produktliniengestaltung besteht darin zu bestimmen, wie viele Produkte angeboten werden und wie diese in ihren wesentlichen nicht-preislichen und preisbezogenen Attributen voneinander differenziert werden sollen – unter Berücksichtigung der relevanten Kosten und möglicher Kreuzeffekte der Nachfrage.

2. Literaturreview

In den vergangenen vier Jahrzehnten wurde eine Reihe an quantitativen Modellen zur optimalen Produktliniengestaltung entwickelt (siehe auch *Belloni et al.*, 2008). Ziel ist, die Produkte und zugehörigen Preise so zu gestalten, dass

der Gewinn unter Berücksichtigung der relevanten Kosten sowie der Zahlungsbereitschaft des Kunden maximiert wird. Ein Produkt wird dabei durch eine Reihe von Attributen bzw. Attributausprägungen dargestellt, die den Kundennutzen und letztendlich die Auswahlentscheidung des Kunden determinieren. Als Datenquelle für die Schätzung eines funktionalen Zusammenhangs zwischen Attributausprägungen eines Produkts und (möglicherweise segment-spezifischem) Kundennutzen dienen meist Conjoint- oder Discrete-Choice-Analysen.

Basierend auf diesen Daten kann eine optimale Produktlinie entweder in einem einstufigen oder in einem zweistufigen Verfahren konstruiert werden. Im einstufigen Ansatz des **Produktliniendesigns (PLD)**; siehe z. B. *Steiner/Hruschka*, 2002) findet die Optimierung auf Attributausprägungsebene statt und die Produktlinie wird direkt durch Zuweisung optimaler Attributausprägungen bestimmt. Im zweistufigen Ansatz der **Produktlinienselektion (PLS)**; siehe z. B. *Schön*, 2010) wird in einem ersten Schritt zunächst eine Referenzmenge vielversprechender und technisch realisierbarer Produktkandidaten aus allen möglichen Attributausprägungskombinationen generiert; in einem zweiten Schritt werden mit Hilfe des Optimierungsmodells die Produkte aus der Referenzmenge ausgewählt, die letztendlich in der Produktlinie am Markt angeboten werden sollen (Optimierung auf Produktebene).

Neben dieser grundlegenden Unterscheidung kann man die Modelle auch hinsichtlich der Annahmen über das Kundenwahlverhalten und der Zielfunktion differenzieren. Um von individuellen Nutzenwerten auf Attributausprägungsebene auf die Auswahlwahrscheinlichkeit für ein bestimmtes Produkt zu schließen, wird in vielen Modellen angenommen, dass sich der Kunde deterministisch für das Produkt mit dem für ihn höchsten Nutzen entscheidet (vgl. *Green/Krieger*, 1985; *Dobson/Kalish*, 1993; *Fruchter et al.*, 2006; *Day/Venkataramanan*, 2006). Obwohl intuitiv und rational plausibel, produziert diese sog. **First-Choice-Regel** gemeinhin Ergebnisse von extremerer Ausprägung als man sie empirisch beobachten kann. Die Auswahlwahrscheinlichkeit für das attraktivste Produkt wird häufig überschätzt, während sie für alle anderen Produkte oft unterschätzt wird (vgl. *Elrod/Kumar*, 1989). Um dem entgegenzuwirken, setzen Praktiker und Forscher vermehrt probabilistische Auswahlregeln wie die **Multinomial Logit (MNL)-Regel** (vgl. z. B. *Chen/Hausman*, 2000; *Steiner/Hruschka*, 2002) oder die erweiterte **Bradley-Terry-Luce (BTL)-Regel** (vgl. z. B. *Green/Krieger*, 1992; *Gaul et al.*, 1995; *Kraus/Yano*, 2003) ein. Die Auswahlwahrscheinlichkeiten werden hier durch das Verhältnis der Attraktivität einer Produktalternative zur Attraktivität aller möglicher Produktalternativen ermittelt (s. u. für genaue Spezifikationen der MNL- und BTL-Regel). Besagte Regeln sind auch in den gängigen Softwareprodukten zur Marktanteilssimulation implementiert. Allen genannten Modellen ist gemein, dass sie wechselseitige Effekte zwischen den Produkten berücksichtigen und somit u. a. mögliche Kannibalisierungseffekte in der Produktlinie einkalkulieren können.

Liegen die Inputdaten vor und ist das Optimierungsproblem modelliert, kann eine Entscheidung mit Hilfe eines **algorithmischen Lösungsverfahrens** bestimmt werden. Da es sich bei gewinnorientierten Problemformulierungen meistens um Optimierungsprobleme mit (gemischt) ganzzahligen Entscheidungsvariablen und nichtlinearer Zielfunktion handelt, kann eine optimale Lösung für Probleminstanzen realistischer Größenordnung in der Regel nicht mehr mit vertretbarem Rechenaufwand bestimmt werden. Daher wurde in der Forschung eine Reihe von Heuristiken entwickelt mit dem Ziel, eine hinreichend „gute“ Lösung in kurzer Zeit zu finden.

Auch heute steht das Produktliniendesign nach wie vor im Fokus wissenschaftlichen Interesses. Neuere Ansätze zielen beispielsweise darauf ab, mehrere etwa gleich gute Lösungen anstatt nur einer einzigen zu finden (vgl. *Chapman/Alford*, 2010). Die Entscheider im Unternehmen können dann manuell die Lösung auswählen, die sich am besten mit der Unternehmensstrategie, den technischen Gegebenheiten oder mit möglichst geringen internen Konflikten durchsetzen lassen (vgl. *Tsafarakis et al.*, 2010). Diese sekundären Kriterien sind schwer zu quantifizieren bzw. zu modellieren und fanden daher keine Berücksichtigung bei Modellen mit nur einer Lösung als Output. Ein weiterer Ansatzpunkt aktueller Forschung ist das häufig als statisch angenommene Wettbewerbersverhalten. Da die Wettbewerber in der Realität wahrscheinlich auf die durch das Modell empfohlene Produktlinienanpassung reagieren würden, sollten diese Dynamiken auch im Produktliniendesign berücksichtigt werden (vgl. *Steiner/Hruschka*, 2000, und *Tsafarakis et al.*, 2010). *Luo* (2011) betrachtet neben marktorientierten Aspekten zusätzlich Operations-Aspekte in ihrem Modell zum Produktliniendesign.

3. Ein Standardmodell zum Produktdesign

Im Folgenden stellen wir ein Standardmodell zur Produktlinienselektion vor (vgl. *Schön*, 2010, für eine ähnliche Modellformulierung) und betrachten das folgende Entscheidungsproblem: ein Anbieter steht vor der Entscheidung, welche Produkte er zu welchem Preis anbieten soll, um den Gesamtgewinn aus der Produktlinie zu maximieren. Sei J eine gegebene Menge der potenziellen Produktkandidaten, die der Verkäufer am Markt anbieten kann. Ein Produkt sei dabei vollständig durch eine Kombination nicht-preislicher Attribute und ihrer Ausprägungen definiert. Sei K die Menge relevanter Produktattribute und L_k die Menge der möglichen Ausprägungen für Attribut $k \in K$. Dann beschreiben wir ein Produkt $j \in J$ durch einen Designvektor δ^j mit $\delta_{jkl} = 1$, falls Produkt j Ausprägung l bei Attribut k annimmt, und $\delta_{jkl} = 0$ sonst. Darüber hinaus ist für jedes Produkt $j \in J$ eine diskrete Menge $P_j := \{p_{j1}, \dots, p_{jm_j}\}$ alternativer Preise mit $p_{j1} \geq \dots \geq p_{jm_j}$ gegeben. Zur Vereinfachung schreiben wir im Folgenden $s \in P_j$ als Kurzform für $p_{js} \in P_j$.

Die Entscheidung des Verkäufers, welches Produkt zu welchem Preis angeboten werden soll, bilden wir mit Hilfe

einer Binärvariable x_{js} ab, wobei $x_{js} := 1$, falls Produkt $j \in J$ zum Preis $s \in P_j$ angeboten wird, und $x_{js} := 0$ sonst. Offensichtlich muss $\sum_{s \in P_j} x_{js} \leq 1$ gelten, um sicherzustellen, dass einem Produkt höchstens ein Preis zugeordnet wird. Falls einem Produkt keiner der alternativen Preise zugewiesen wird, wird das Produkt nicht angeboten.

Bezüglich des **Konsumentenverhaltens** nehmen wir an, dass sich die Nachfrage in verschiedene Kundensegmente $i \in I$ unterteilen lässt, sodass die Präferenzen zwischen den verschiedenen Segmenten heterogen, und innerhalb eines Kundensegments weitgehend homogen sind. Sei ω_i die Größe des Kundensegments i , und sei $\pi_{ijs}(\mathbf{x})$ die Wahrscheinlichkeit, dass Segment i ein angebotenes Produkt j zum Preis p_{js} kauft. In Anlehnung an die jüngere Literatur zum Produktliniendesign nehmen wir an, dass das Wahlverhalten potenzieller Kunden entsprechend eines **Attraktionsmodells** beschrieben werden kann (vgl. *Cooper/Nakanishi*, 1988); d. h. die Kaufwahrscheinlichkeit $\pi_{ijs}(\mathbf{x})$ für Produkt j zum Preis (-Index) $s \in P_j$ ist abhängig von der relativen Attraktivität:

$$\pi_{ijs}(\mathbf{x}) = \frac{A_{ijs} x_{js}}{C_i + \sum_{n \in I} \sum_{s \in P_j} A_{ins} x_{ns}} \quad (1)$$

Hierbei stellt $\mathbf{x} = (x_{js})_{j \in J, s \in P_j}$ den Vektor der Entscheidungsvariablen dar, und $A_{ijs} > 0$ ist ein Wert für die Attraktivität von Produkt j zum Preis $p_{js} \in P_j$ für Segment i . Der Parameter $C_i > 0$ stellt den segmentspezifischen Attraktivitätswert von anderen Alternativen dar (z. B. Kauf von Wettbewerberprodukten oder Nichtkaufoption). Es gibt verschiedene funktionale Spezifikationen, um einen Zusammenhang zwischen der Attraktivität eines Produkts und seinen preislichen und nicht-preislichen Attributausprägungen herzustellen (vgl. z. B. *Green/Krieger*, 1988; *Cooper/Nakanishi*, 1988). Für das MNL-Modell, das im Rahmen der wahlbasierten Conjoint Analyse weit verbreitet ist (vgl. z. B. *Chen/Hausman*, 2000), ist die Attraktivität gegeben als $A_{ijs} = \exp(U_{ijs})$ wobei U_{ijs} als der Nettonutzen interpretiert wird, den Segment i vom Kauf des Produkts j zum Preis p_{js} erfährt. U_{ijs} ist im Allgemeinen eine segmentspezifische Präferenzfunktion der Attributausprägungen und des Preises eines Produkts, d. h. $U_{ijs} = f^i(\delta^j, p_{js})$. Für das erweiterte BTL-Modell gilt $A_{ijs} = \max\{0, U_{ijs}\}^\alpha$ mit Parameter $\alpha > 0$. Falls α hinreichend groß gewählt wird, approximiert das erweiterte BTL-Modell das First-Choice Verhalten (vgl. *Gaul et al.*, 1995).

Bezüglich der **Kosten** nehmen wir an, dass c_{ij} die (ggf. segmentspezifischen) variablen Kosten pro Einheit des Produkts j darstellt, die an Kunden des Segments i verkauft wird. Darüber hinaus kann unser Modell flexible Fixkostenstrukturen abbilden, die für verschiedene Ressourcen im Zusammenhang mit der Produktlinienentscheidung anfallen. Sei R die Menge der zur Herstellung der Produkte in J potenziell erforderlichen Ressourcen, und sei ρ_{jr} ein Parameter mit $\rho_{jr} = 1$, falls Produkt $j \in J$ Ressource $r \in R$ bedarf, und $\rho_{jr} = 0$ sonst. Wir bezeichnen mit $F_r > 0$ fixe Kosten für Ressource $r \in R$ und führen Binärvariablen z_r ein mit $z_r = 1$, falls Ressource r gerüstet wird, und $z_r = 0$ sonst. Dann muss die Nebenbedingung $\sum_{s \in P_j} x_{js} \leq z_r$ für alle $j \in J, r \in R$

mit $\rho_{jr} = 1$ gelten. Damit wird sichergestellt, dass Ressource r verfügbar ist (i. e. $z_r = 1$), sobald ein oder mehrere Produkte $j \in J$, zu deren Produktion die Ressource r erforderlich ist (i. e., $\rho_{jr} = 1$), in der Produktlinie zu einem Preis s angeboten werden (i. e. $x_{js} = 1$). Die ressourcenbezogene Modellierung von Fixkosten erlaubt die flexible Abbildung von Kostenstrukturen, z. B.

- von Fixkosten für jede beliebige Teilmenge von Produkten, die dieselben Ressourcen nutzen,
- von Fixkosten für die Einführung individueller Produkte oder
- von Fixkosten für einzelne Attributausprägungen.

Das Problem der **Produktlinien- und Preisselektion (PLPS)** kann nun folgendermaßen formuliert werden:

$$\text{Max.} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in P_j} \omega_i (p_{js} - c_{ij}) \pi_{ijs}(\mathbf{x}) - \sum_{r \in R} F_r z_r \quad (2)$$

$$\pi_{ijs}(\mathbf{x}) = \frac{A_{ijs} x_{js}}{C_i + \sum_{n \in I} \sum_{s \in P_j} A_{ins} x_{ns}} \quad (i \in I, j \in J, s \in P_j) \quad (3)$$

$$\sum_{s \in P_j} x_{js} \leq z_r \quad (j \in J, r \in R; \rho_{jr} = 1) \quad (4)$$

$$x_{js} \in \{0,1\} \quad (j \in J, s \in P_j), \quad z_r \in \{0,1\} \quad (r \in R) \quad (5)$$

Ziel ist es, eine optimale Menge an anzubietenden Produkten zu bestimmen, so dass der Gewinn über die gesamte Produktlinie unter Berücksichtigung relevanter Fixkosten maximiert wird. Die Nebenbedingungen in (3) repräsentieren das Kundenwahlverhalten entsprechend eines probabilistischen Attraktionswahlmodells. Die Nebenbedingungen (4) stellen sicher, dass ein Produkt nur angeboten werden kann, wenn alle erforderlichen Ressourcen gerüstet sind, und einem Produkt höchstens ein Preis zugewiesen wird.

4. Anwendungsbeispiel

Im Folgenden soll das vorgestellte Modell anhand eines Anwendungsbeispiels veranschaulicht werden. Alle Berechnungen wurden mit *Microsoft Excel* durchgeführt und sind auf Anfrage von den Autoren erhältlich. Betrachtet wird dabei ein fiktives **Reiseunternehmen**, das mit **Fernbussen** auf dem deutschen Markt operiert. Mit Hilfe des Modells soll entschieden werden, wie das Produktangebot auf der Strecke Berlin – Hamburg auszusehen hat. Ein Produkt definiert sich dabei über folgende aus Kundensicht relevante Attribute und Ausprägungen: Preis (€10, €15, €20, €25, €30), Komfortlevel (Standard, Premium), Zeitfenster der Abfahrt (Nacht, Morgen, Tag, Abend) und Pünktlichkeit (95 %, 80 %, 60 % aller Verbindungen sind weniger als 5 Minuten verspätet). Die potenziellen Kunden lassen sich in drei Segmente unterschiedlicher Größe einteilen: Studenten ($\omega_1 = 25$ Tsd./Jahr), Berufstätige ($\omega_2 = 15$ Tsd./Jahr) und Rentner ($\omega_3 = 10$ Tsd./Jahr).

Wir nehmen an, dass durch Einsatz der **Conjoint-Analyse** auf Ebene der Attributausprägungen Teilnutzenwerte für die verschiedenen Segmente entsprechend *Tab. 1* ermittelt wurden.

		Studenten	Berufstätige	Rentner
Preis	€ 10	0,30	0,15	0,20
	€ 15	0,25	0,10	0,10
	€ 20	0,10	0,06	0,06
	€ 25	0,05	0,04	0,03
	€ 30	0,00	0,00	0,00
Komfort	Standard	0,00	0,00	0,00
	Premium	0,05	0,15	0,25
Zeitfenster	Nacht	0,00	0,00	0,00
	Morgen	0,06	0,15	0,18
	Tag	0,01	0,10	0,05
	Abend	0,00	0,01	0,00
Pünktlichkeit	95%	0,10	0,17	0,08
	80%	0,08	0,07	0,05
	60%	0,00	0,00	0,00

Tab. 1: Teilnutzenwerte auf Basis der Conjoint-Analyse

In diesem Fall wurden die Ergebnisse der Conjoint-Analyse normiert, d. h. je Attribut und Segment die Ausprägungen mit dem geringsten Nutzen auf den Wert 0 gesetzt und die weiteren Werte proportional angepasst.

Auf Basis der Daten bilden wir gemäß dem zweistufigen Ansatz der Produktlinienselektion eine Menge von vielversprechenden **potenziellen Produktkandidaten** durch Kombination der Attributausprägungen. Eine Besonderheit ist hier bei dem Attribut Pünktlichkeit zu berücksichtigen, dessen Ausprägungen mit einiger Unsicherheit behaftet und durch den Anbieter nur eingeschränkt kontrollierbar sind. Daher verstehen wir unter dem Attribut Pünktlichkeit eine angestrebte und unter „üblichen“ Verkehrsbedingungen zu erwartende Pünktlichkeit, von der die tatsächlich realisierte Pünktlichkeit einer einzelnen Fahrt durchaus abweichen kann. Darüber hinaus nehmen wir an, dass der Anbieter seinen Fahrplan inkl. der dafür erforderlichen Kapazitäten mit einem hinreichenden Puffer plant, sodass im Schnitt 95 % der angebotenen Verbindungen pünktlich zu erwarten sind. Wir kreieren die Referenzmenge potenzieller Produktkandidaten also, indem wir das Attribut Pünktlichkeit auf 95 % fixieren und ansonsten alle Kombinationen von Attributausprägungen erlauben. Für jedes der sich daraus ergebenden 40 Produkte kann durch Addition der Teilnutzenwerte der **Gesamtnutzen** des Produktes ermittelt werden. Zur Berechnung des Marktanteils eines Produktes in einem bestimmten Kundensegment nehmen wir an, dass Kunden entsprechend eines segment-spezifischen BTL-Wahlmodells mit Parameter $\alpha = 4$ aus der Menge aller am Markt verfügbaren Alternativen wählen und dass bereits vier Angebote anderer Fernbusunternehmen sowie ein konkurrierendes Bahnangebot auf dem Markt sind.

Zur besseren Veranschaulichung des weiteren Vorgehens soll das Ergebnis der mit Hilfe des *Microsoft Excel Solvers* vorgenommenen Optimierung vorweggegriffen werden, um so die Rechenschritte an konkreten Zahlen nachvollziehen zu können. Der Gewinn wird demnach durch eine Produktlinie dargestellt, die zwei Produkte enthält, nämlich ein Standardprodukt ($j = 10$ mit €15, Standard, Morgen, 95 %) und einem Premiumprodukt ($j = 38$ mit €30,

Alternativen	Studenten		Berufstätige		Rentner	
	u	u^4	u	u^4	u	u^4
10, S, N, 95	0,40	0,026	0,32	0,010	0,28	0,006
20, S, T, 95	0,21	0,002	0,33	0,012	0,19	0,001
25, S, M, 95	0,21	0,002	0,36	0,017	0,29	0,007
30, P, T, 95	0,16	0,001	0,42	0,031	0,38	0,021
Fernzug	0,31	0,009	0,52	0,073	0,51	0,068
C_i	0,039		0,143		0,103	

Tab. 2: Berechnung des Parameters C

Premium, Morgen, 95 %) maximiert. Konkret soll das Standardprodukt mit Hinblick auf das Segment der Studenten näher betrachtet werden. Aus dem Gesamtnutzen von 0,41 kann entsprechend mit Hilfe des BTL-Modells der Attraktionswert ermittelt werden. Mit $\alpha = 4$ ergibt sich ein Attraktionswert von $A_{1,10} = \max\{0, 0,41\}^4 = 0,028$. Um im nächsten Schritt von dem Attraktionswert auf die Auswahlwahrscheinlichkeit zu schließen, müssen zunächst die Parameter C_i ($i \in I$) geschätzt werden. C_i stellt den segmentenspezifischen Attraktionswert aller sonstigen Alternativen (direkte Konkurrenzangebote, alternative Verkehrsmittel wie die Bahn) dar. Um die Attraktivität eines Konkurrenzproduktes zu berechnen, wird das Produkt zunächst in Form von Attributen bzw. passender Ausprägungen definiert (z. B. €10, S, N, 95 %). Aus den entsprechenden Teilnutzenwerten kann dann der Gesamtnutzen berechnet werden (hier für Studenten: $0,30 + 0,00 + 0,00 + 0,10 = 0,40$). Abschließend wird aus dem Nutzen die Attraktivität entsprechend des BTL-Modells ermittelt. Summiert man die Werte für alle Alternativen am Markt, ergibt sich ein Wert von $C_j = 0,039$ (siehe Tab. 2).

Um vom Attraktionswert der Beispielproduktalternative auf die **Auswahlwahrscheinlichkeit** eines Segments schließen zu können, setzt man den Attraktionswert ins Verhältnis zur Summe der Attraktionswerte aller Produktalternativen am Markt – bestehend aus C, dem Beispielprodukt und der zweiten vom Unternehmen selbst angebotenen Produktalternative. Für das Beispielprodukt erhält man demnach für Segment 1:

$$\pi_{1,10,2}(x) = \frac{0,028 \cdot 1}{0,039 + 0,002 \cdot 1 + 0,028 \cdot 1} = 41 \%$$

Mit der Auswahlwahrscheinlichkeit ist ein wichtiger Teil der **Zielfunktion** bekannt. Diese setzt sich zusammen aus dem Gewinn, den die beiden Produkte generieren, und den übergeordneten Fixkosten. Für den Gewinn werden über die drei Segmente und die beiden Produkte hinweg die Segmentgröße mit der segmentspezifischen Auswahlwahrscheinlichkeit und dem Deckungsbeitrag multipliziert.

Bezüglich der Kosten treffen wir folgende Annahmen: Das Unternehmen will auf der Strecke Berlin – Hamburg einen neuen Bus einsetzen, der speziell für diese Route erworben werden soll. Die Anschaffungskosten des Busses belaufen sich auf 300 Tsd. Euro, was unter Annahme einer 6-jährigen Nutzungsdauer (nach AfA-Tabelle) jährliche Fixkosten von $F_1 = € 50.000$ ergibt. Personal und Benzinkosten sollen hier vernachlässigt werden. Als zweite Ressource

benötigt das Unternehmen einen Kleinbus, um Kunden mit Premiumtickets an ihrer Haustür abzuholen und zum Abfahrtsort des Fernbusses zu bringen. Für den Minivan (Neupreis 30 Tsd. Euro) werden jährliche Fixkosten von $F_2 = € 5.000$ kalkuliert. Neben den Fixkosten müssen auch die variablen Kosten c_{ij} mitberücksichtigt werden. Beim Standardprodukt sind diese annahmegemäß so gering, dass sie in der Berechnung vernachlässigt werden können ($c_{ij} = 0$ für alle i und alle j mit Standardausstattung). Beim Premiumprodukt steigen jedoch mit jedem weiteren Kunden die Betriebskosten – zum einen aufgrund der zusätzlichen Strecke, die der Abholservice zurücklegen muss, zum anderen wegen des Gratisangebotes an Getränken und kleineren Snacks, die nur diesen Kunden kostenlos angeboten werden sollen ($c_{ij} = 8$ für alle i und alle j mit Premiumausstattung).

Für das Standardprodukt ($j = 10$) ergibt sich entsprechend € 198.750 ($= 25.000 \cdot 0,41 \cdot € 15 + 15.000 \cdot 0,14 \cdot € 15 + 10.000 \cdot 0,09 \cdot € 15$), für das Premiumprodukt ($j = 38$) € 168.300 ($= 25.000 \cdot 0,03 \cdot € 22 + 15.000 \cdot 0,22 \cdot € 22 + 10.000 \cdot 0,36 \cdot € 22$) pro Jahr. Von der Summe der beiden Gewinne müssen nun noch die Fixkosten der eingesetzten Ressourcen r_1 und r_2 abgezogen werden. Als Ergebnis der Optimierung ergibt sich entsprechend ein Gewinn von € 312.050.

Abschließend lohnt sich ein Blick auf die **Auslastung** des eingesetzten Busses. Für jedes Segment kann mit Hilfe der Auswahlwahrscheinlichkeiten für die beiden Produkte und den Segmentgrößen das jährliche Fahrgastaufkommen ermittelt werden. Für $i = 1$ ergibt sich beispielsweise $25.000 \cdot (0,41 + 0,03) = 11.000$. Nimmt man 365 Fahrten im Jahr an, so nutzen im Schnitt 57 Personen ($(11.000 + 5.400 + 4.500)/365$) täglich über alle Segmente hinweg den Fernbus. Geht man von der normalen Kapazität eines Reisebusses von 70 Plätzen aus, liegt eine Auslastung von 81 % vor. Kritisch wird es entsprechend, wenn das Marktpotenzial zu niedrig geschätzt wurde oder im Laufe der Zeit deutlich ansteigt. In diesen Fällen sollte das Modell um eine **Kapazitätsrestriktion** erweitert werden, welche dann auch bei der Entscheidung über die Anzahl der einzusetzenden Busse unterstützt.

5. Diskussion und Zusammenfassung

Das akademische Beispiel des letzten Abschnitts zeigt die Idee, die Funktionsweise und das Potenzial der Produktlinienoptimierung zur Entscheidungsunterstützung. Letzteres ist in der Regel umso größer, je höher die Anzahl potenzieller Produktkandidaten und je komplexer die Entscheidungssituation ist. In realen Anwendungen wird man häufig eine Produktlinie aus einer Menge von mehreren Tausend Produktkandidaten zusammenstellen, so dass eine manuelle Vorgehensweise oder eine vollständige Enumeration nicht mehr durchführbar ist. Aus einer Referenzmenge von 1.000 potenziellen Produktkandidaten lassen sich zum Beispiel mehr als 166 Millionen Produktlinien mit drei Produkten generieren. Hier sind Optimierungsmo-

delle, professionelle Modellierungstools wie *AMPL* (vgl. *Fourier et al., 2004*) oder *GAMS* (vgl. *Bussieck/Meeraus, 2004*) sowie ausgereifte heuristische Lösungsverfahren zur Entscheidungsunterstützung unerlässlich.

Wir möchten abschließend noch kurz diskutieren, inwieweit klassische Ansätze zum Produktliniendesign, die insbesondere für eine Anwendung im Sachgüterbereich konzipiert wurden, auf das Design von Dienstleistungen übertragbar sind. Unser Beispiel des Fernbusunternehmens zeigt eine durchaus realistische Möglichkeit der Anwendung, aber verdeutlicht gleichzeitig auch einige Limitationen.

Zum einen sind die Attribute einer Dienstleistung häufig nicht materieller Art, sondern es handelt sich um sogenannte **Erfahrungseigenschaften**, deren tatsächliche Ausprägung der Kunde erst im Laufe des Dienstleistungsprozesses erfährt. Die Ausprägung einer Erfahrungseigenschaft ist also a priori für den Kunden mit Unsicherheit verbunden, und er hat allenfalls eine Erwartung darüber. Das Attribut Pünktlichkeit in unserem Beispiel gehört offensichtlich in diese Kategorie. Der Kunde kann weder vor seinem Kauf noch vor Antritt seiner Reise mit Sicherheit beurteilen, welche Ausprägung dieses Attribut im konkreten Fall seiner Reise haben wird, da dies letztendlich von Verkehr, Fahrplan und weiteren Umweltbedingungen abhängt.

Als zweite Schwierigkeit ergibt sich, dass auch der **Kunde** als **Ko-Produzent** einen mehr oder weniger großen Einfluss auf die Ausprägung eines Attributs haben kann. So kann z. B. die Pünktlichkeit eines Fluges dadurch beeinträchtigt werden, dass ein Fluggast, dessen Gepäck nach erfolgtem Check-in bereits verladen ist, zu spät zum Gate kommt. Wenn der Kunde als externer Faktor wesentliche Attributausprägungen der Dienstleistung beeinflussen kann, sollte der Anbieter im Design berücksichtigen, dass er nur eingeschränkte Kontrolle über die Ausprägungen des betroffenen Attributs hat.

Eine weitere Herausforderung der Anwendung der Produktlinienoptimierung auf Dienstleistungen liegt in der Abhängigkeit bestimmter Attribute von den **zugrundeliegenden Operations** (wie dem Fahrplan und den Kapazitäten). In unserem Fernbusbeispiel hängt die erreichbare „Pünktlichkeit“ oder das angebotene „Zeitfenster“ der Abfahrt unmittelbar vom Fahrplan und den geplanten Kapazitäten ab. Entscheidungen darüber, *was* angeboten wird und *wie* dieses Angebot erbracht wird, hängen bei Dienstleistungen aufgrund ihres Prozesscharakters und der damit verbundenen Untrennbarkeit von Konsum und Produktion häufig unmittelbar zusammen. Das bedeutet, dass man Produktliniendesignmodelle entsprechend um die explizite Modellierung der zugrundeliegenden industriespezifischen Operations erweitern sollte, sofern diese kaufrelevante Attribute determinieren und kostenrelevant sind. Derartige Erweiterungen sind und bleiben ein hochinteressantes Gebiet aktueller und zukünftiger Forschung an der Schnittstelle zwischen Operations Research & Management und Marketing.

Literatur

- Belloni, A., R. Freund, M. Selove, D. Simester, Optimizing product line designs: Efficient methods and comparisons, in: Management Science, Vol. 54 (2008), S. 1544–1552.
- Bussieck, M. R., A. Meeraus, General algebraic modeling system (GAMS), in: Modeling languages in mathematical optimization, Springer (2004), S. 137–157.
- Chapman, C., J. Alford, A genetic algorithm system for product line exploration and optimization, in: Nature and Biologically Inspired Computing, Second World Congress on IEEE (2010), S. 268–273.
- Chen, K., W. Hausman, Technical note: Mathematical properties of the optimal product line selection problem using choice-based conjoint analysis, in: Management Science, Vol. 46 (2000), S. 327–332.
- Cooper, L., M. Nakanishi, Market Share Analysis, 2. Aufl., Boston, Dordrecht, London 1988.
- Day, J., M. Venkataramanan, Profitability in product line pricing and composition with manufacturing commonalities, in: European journal of operational research, Vol. 175 (2006), S. 1782–1797.
- Dobson, G., S. Kalish, Heuristics for Pricing and Positioning a Product-Line Using Conjoint and Cost Data, in: Management Science, Vol. 39 (1993), S. 160–175.
- Fourier, R., D. M. Gay, B. W. Kernighan, Design principles and new developments in the AMPL modeling language, in: Modeling languages in mathematical optimization, Springer (2004), S. 105–135.
- Gaul, W., E. Aust, D. Baier, Gewinnerorientierte Produktliniengestaltung unter Berücksichtigung des Kundennutzens, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Vol. 65 (1995), S. 835–855.
- Green, P., A. Krieger, Models and Heuristics for Product Line Selection, in: Marketing Science, Vol. 4 (1985), S. 1–19.
- Green, P., A. Krieger, Choice Rules and Sensitivity Analysis in Conjoint Simulators, in: Journal of the Academy of Marketing Science, Vol. 16 (1988), S. 114–127.
- Green, P., A. Krieger, Modeling competitive pricing and market share: Anatomy of a decision supports system, in: European Journal of Operational Research, Vol. 60 (1992), S. 31–44.
- Elrod, T., K. Kumar, Bias in the first choice rule for predicting share, in: Proceedings of the Sawtooth Software Conference, Vol. 1 (1989), S. 259–271.
- Fruchter, G., A. Fligler, R. Winer, Optimal product line design: Genetic algorithm approach to mitigate cannibalization, in: Journal of optimization theory and applications, Vol. 131 (2006), S. 227–244.
- Kraus, U., C. Yano, Product line selection and pricing under a share-of-surplus choice model, in: European Journal of Operational Research, Vol. 150 (2003), S. 653–671.
- Luo, L., Product line design for consumer durables: an integrated marketing and engineering approach, in: Journal of Marketing Research, Vol. 48 (2011), S. 128–139.
- Mussa, M., S. Rosen, Monopoly and Product Quality, in: Journal of Economic Theory, Vol. 18 (1978), S. 301–317.
- Schön, C., On the optimal product line selection problem with price discrimination, in: Management Science, Vol. 56 (2010), S. 896–902.
- Simon, H., Preismanagement, Wiesbaden 1992.
- Steiner, W., H. Hruschka, Conjointanalyse-basierte Produkt(linien)gestaltung unter Berücksichtigung von Konkurrenzreaktionen, OR-Spektrum, Vol. 22 (2000), S. 71–95.
- Steiner, W., H. Hruschka, Heuristiken in der Produktpolitik, in: H. Holzmüller, A. Schuh (Hrsg.), Innovationen im sektoralen Marketing, Heidelberg 2005, S. 163–181.
- Tsafarakis, S., C. Saridakis, G. Baltas, N. Matsatsinis, Hybrid particle swarm optimization with mutation for optimizing industrial product lines: An application to a mixed solution space considering both discrete and continuous design variables, in: Industrial Marketing Management, Vol. 42 (2013), S. 496–506.

WiSt

Schriftleitung: Verantwortliche Redakteure: für Betriebswirtschaftslehre Prof. Dr. Michael Lingenfelder, Universität Marburg, FB02, BWL III, Universitätsstraße 24, 35032 Marburg, Telefon: 06421/282 37 63; für Volkswirtschaftslehre Prof. Dr. Norbert Berthold, Universität Würzburg, Sanderring 2, 97070 Würzburg, Telefon: 0931/3 18 29 25. Mitarbeiter: Felix Horstmann, M.Sc., Marburg. E-Mail: felix.horstmann@wiwi.uni-marburg.de, Dipl.-Volksw. Jörg Rieger, Würzburg, E-Mail: joerg.rieger@uni-wuerzburg.de.

Manuskripte: Manuskripte sind an die Redaktion zu senden. Der Verlag haftet nicht für Manuskripte, die unverlangt eingereicht werden. Sie können nur zurückgegeben werden, wenn Rückporto beigelegt ist. Die Annahme zur Veröffentlichung muss schriftlich erfolgen. Mit der Annahme zur Veröffentlichung überträgt der Autor dem Verlag C.H.BECK an seinem Beitrag für die Dauer des gesetzlichen Urheberrechts das exklusive, räumlich und zeitlich unbeschränkte Recht zur Vervielfältigung und Verbreitung in körperlicher Form, das Recht zur öffentlichen Wiedergabe und Zugänglichmachung, das Recht zur Aufnahme in Datenbanken, das Recht zur Speicherung auf elektronischen Datenträgern und das Recht zu deren Verbreitung und Vervielfältigung sowie das Recht zur sonstigen Verwertung in elektronischer Form. Hierzu zählen auch heute noch nicht bekannte Nutzungsformen. Das in § 38 Abs. 4 UrhG niedergelegte zwingende Zweitverwertungsrecht des Autors nach Ablauf von 12 Monaten nach der Veröffentlichung bleibt hiervon unberührt.

Urheber- und Verlagsrechte: Alle in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Das gilt auch für die veröffentlichten Gerichtsentscheidungen und ihre Leitsätze, denn diese sind geschützt, soweit sie vom Einsender oder von der Schriftleitung erarbeitet oder redigiert worden sind. Der Rechtsschutz gilt auch gegenüber Datenbanken und ähnlichen Einrichtungen. Kein Teil dieser Zeitschrift darf außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ohne schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form vervielfältigt, verbreitet oder öffentlich wiedergegeben oder zugänglich gemacht, in Datenbanken aufgenommen, auf elektronischen Datenträgern gespeichert oder in sonstiger Weise elektronisch vervielfältigt, verbreitet oder verwertet werden.

Anzeigenabteilung: Verlag C.H.BECK, Anzeigenabteilung, Wilhelmstraße 9, 80801 München, Postanschrift: Postfach 40 03 40, 80703 München. Media-Beratung: Telefon 089/3 81 89-687, Telefax 089/3 81 89-589.

Disposition, Herstellung Anzeigen, technische Daten: Telefon 089/3 81 89-603, Telefax 089/3 81 89-589, E-Mail anzeigen@beck.de
Verantwortlich für den Anzeigenteil: *Bertram Götz*

Verlag: C.H.BECK oHG, Wilhelmstraße 9, 80801 München, Telefon: 089/381 89-0, Telex: 5215085 beck d. Telefax: 089/38 18 93 98, Postbank München, IBAN DE82 7001 0080 0006 2298 02, BIC PBNKDEFFXXX.

Erscheinungsweise: Monatlich.

Bezugspreise 2016: Halbj. € 102,50 (inkl. MwSt.), Jahresteleiteil und -register sind nur noch mit dem jeweiligen Heft lieferbar.

Vorzugspreis für Studenten (fachbezogener Studiengang, gegen Nachweis) € 49,50 (inkl. MwSt.).

Kombipreis (inkl. Campuslizenz) € 159,50 (inkl. MwSt.) Die Abopreise sind inklusive WiSt-Archiv online für einen Arbeitsplatz.

Einzelheft: € 20,- (inkl. MwSt.) jeweils zuzüglich Versandkosten.

Nicht eingegangene Exemplare können nur innerhalb von 6 Wochen nach dem Erscheinungstermin reklamiert werden.

Bestellungen nehmen entgegen: jede Buchhandlung und der Verlag.

KundenServiceCenter: Tel.: 089/381 89-750. Fax: 089/381 89-358. E-Mail: bestellung@beck.de.

Abbestellungen müssen 6 Wochen vor Halbjahresschluss erfolgen.

Adressenänderungen: Teilen Sie uns rechtzeitig Ihre Adressenänderungen mit. Dabei geben Sie bitte neben dem Titel der Zeitschrift die neue und die alte Adresse an. Hinweis gemäß § 7 Abs. 5 der Postdienst-Datenschutzverordnung:
Bei Anschriftenänderung des Beziehers kann die Deutsche Post AG dem Verlag die neue Anschrift auch dann mitteilen, wenn kein Nachsendeantrag gestellt ist. Hiergegen kann der Bezieher innerhalb von 14 Tagen nach Erscheinen dieses Heftes beim Verlag widersprechen.

Satz: FotoSatz Pfeifer GmbH, 82152 Krailling.

Druck: NOMOS Druckhaus, In den Lissen 12, 76547 Sinzheim.