

Frank Wartenberg/Wolfgang Gaul/Reinhold Decker

Computergestützte Regaloptimierung im Einzelhandel

Abstract

Die optimale Aufteilung von Regalflächen zwischen konkurrierenden Produkten ist ein zentrales und regelmäßig wiederkehrendes Problem des Einzelhandels. Die für diesen Zweck zum Einsatz kommenden kommerziellen Software-Pakete basieren teilweise auf kennzahlengestützten Heuristiken und liefern Hilfestellungen bei der „manuellen“ Optimierung verfügbarer Verkaufsflächen. In der vorliegenden Arbeit wird vor dem Hintergrund eines literaturbasierten Überblicks über bekannte Ansätze zur Regaloptimierung über die eigene Software REOP (REgalOPTimierung) berichtet, mit der mittels ganzzahliger, nichtlinearer Optimierung eine systematische Verbesserung der Regalflächennutzung unter Berücksichtigung von den Produktabverkauf beeinflussenden Erklärungsvariablen ermöglicht wird.

Keywords: Computergestütztes Marketing, Einzelhandel, Regaloptimierung, Spacemanagement

1. Einführung und Motivation

Die kontinuierliche Zunahme der über den Einzelhandel zu vertreibenden Artikel, der vor allem in konjunkturell schwierigen Zeiten verschärfte Wettbewerb zwischen den am Markt vertretenen Anbietern und die nahezu vollständig ausgeschöpften Expansionsmöglichkeiten für den Einzelhandel besonders in den Ballungszentren gehören zu den Gründen, die Optimierungsüberlegungen beim Verkaufsflächen-Management in den Vordergrund haben rücken lassen. Produktbereiche, in denen z.T. mehrere tausend Artikel zu plazieren sind, stellen heute durchaus keine Seltenheit mehr dar. So kon-

kurrieren beispielsweise allein im Haar- und Körperpflegebereich mehr als 5.000 Artikel um die im Einzelhandel zur Verfügung stehenden Verkaufsflächen (vgl. hierzu etwa Jakobs (1992)). In einer vom EHI-EuroHandelsInstitut in Köln im Jahr 1994 durchgeführten und u.a. in EHI (Hrsg.) (1994) dokumentierten Studie zeigte sich, daß bei den befragten Einzelhandelsunternehmen zum Zeitpunkt der Erhebung Regaloptimierungen – neben Sortimentsentscheidungen und Aktionsanalysen – zu den wichtigsten Formen der Scannerdatennutzung zählen.

Der sich verschärfenden Verkaufsflächenproblematik stehen kontinuierliche Verbesserungen im Bereich der scannergestützten Verkaufsdatenerfassung gegenüber. Die mittlerweile weite Teile des klassischen Einzelhandelsassortiments abdeckenden Strichcode-Auszeichnungen ermöglichen heute die artikelgenaue Aufzeichnung von Produktabverkäufen und die zeitgenaue Zuordnung entsprechender verkaufsfördernder Maßnahmen. Es liegt also nahe, die zur Regaloptimierung verwendbaren Absatzreaktionsbeziehungen mittels dieser umfassenden und qualitativ hochwertigen Datengrundlage in einem quantitativen Ansatz abzubilden. Die der eigentlichen Regaloptimierung vorausgehende Scannerdatenanalyse kann z.B. mit Hilfe der aus der quantitativen Kaufverhaltensforschung bekannten Responsemodelle (vgl. hierzu etwa Hruschka (1996)) oder speziell mit den in den letzten Jahren wieder verstärkt diskutierten Neuronalen Netzen (Marketinganwendungen im Rahmen der Responsemodellierung – auch für Einzelhandelsproblemstellungen – finden sich z.B. in Gaul/Decker/Wartenberg (1994).) erfolgen. Zentrale Ziele der Regaloptimierung (vgl. hierzu auch Hambuch (1993) und Günther/Mattmüller (1993)) lassen sich wie folgt umschreiben:

- Vermeidung von Bestandslücken (z.B. Gewährleistung eines hohen Servicegrades, Steigerung von Umsätzen und Erträgen durch optimale Nutzung der Verkaufsflächen) und Überbeständen (z.B. Reduktion der Kapitalbindung, Schaffung freier Verkaufsflächen für neue, lukrative Produkte) im Regal,

Dr. Frank Wartenberg, SciCon Wissenschaftliche Unternehmensberatung GmbH, Haid-und-Neu-Straße 7, D-76131 Karlsruhe
 Prof. Dr. Wolfgang Gaul, Institut für Entscheidungstheorie und Unternehmensforschung, Universität Karlsruhe (TH), Kollegium am Schloß, Bau III, D-76128 Karlsruhe
 Prof. Dr. Reinhold Decker, Lehrstuhl für BWL und Marketing, Universität Bielefeld, Postfach 10 01 31, D-33501 Bielefeld.

- Aufbau einer nachfrageorientierten Regalstruktur (z.B. Erhöhung der Übersichtlichkeit eines Regals durch produktorientierte Blockbildung, Nutzung der von Produkten mit positivem Image ausgehenden Ausstrahlungseffekte) und
- Schaffung optimaler Sortimentstiefen und -breiten (z.B. Systematisierung des angebotenen Sortiments, kundenorientierte Ergänzung bzw. Komplettierung des Produktangebots, Identifikation von „Renner/Penner“-Produkten).

Von einer globaleren Perspektive aus betrachtet dienen die genannten Optimierungsziele letztendlich der Erhöhung des mit dem aktuell vorliegenden Regalaufbau erzielbaren Profits. Übliche Optimierungszielgrößen sind demzufolge die durch ein Regal erwirtschafteten Gewinne und Deckungsbeiträge. Die Komplexität der zugrundeliegenden Aufgabenstellung wirft jedoch verschiedene, bei einem entsprechenden analytischen Vorgehen soweit wie möglich aufzugreifende und u.a. bei Heidel (1990) ausführlicher diskutierte Probleme auf. Dazu gehören:

- Berücksichtigung dynamischer Absatzentwicklungen und Verbundwirkungen,
- Festlegung der zu verwendenden Einflußgrößen (z.B. Preise, Frontstückzahlen, Sonderplatzierungen),
- Unterschiedlichkeit des Skalenniveaus der Einflußgrößen,
- Entscheidung über die Notwendigkeit der Einbeziehung von Kostengrößen (z.B. Fehlmengen- und Bestückungskosten),
- Entscheidung über die Notwendigkeit der blockweisen Anordnung substitutiver und komplementärer Produkte und
- Wertigkeit einzelner Regalbereiche hinsichtlich ihres Abverkaufserfolges.

Bei der Formulierung leistungsfähiger, gleichzeitig aber auch auf Standardrechnern (besonders auf Personal Computern) durchrechenbarer Optimierungsansätze spielt die Umsetzung von Aspekten dieser Art in geeignete Nebenbedingungen eine wichtige Rolle. Für sich dabei ergebende Fragestellungen zum computergestützten Marketing liefern Gaul/Both (1990) eine umfassende Einführung.

2. Ansätze zur Regaloptimierung

Setzt man sich mit den bisher veröffentlichten Beiträgen zur Regaloptimierung eingehender aus-

einander, so ist zumindest in der deutschsprachigen Literatur nach wie vor eine Dominanz qualitativ ausgerichteter Arbeiten zu erkennen. Die überwiegende Zahl der Publikationen (vgl. z.B. Bergheim (1987), Günther/Mattmüller (1993) und Möhlenbruch/Meier (1993)) dienen in erster Linie der problemorientierten Motivation entsprechender Aktivitäten auf Seiten des Managements und geben Hinweise auf die Anwendbarkeit und Eigenschaften entsprechender kommerzieller Software-Pakete (z.B. APOLLO, COMPAS und SPACEMAN). Detaillierte Darstellungen der Ansätze und Modelle, auf denen solche kommerziellen Planungs- und Optimierungssysteme beruhen, stellen aus naheliegenden Gründen die Ausnahme dar. In den internationalen (vor allem anglo-amerikanischen) Journalen findet man eher Beiträge, die Vorschläge zur quantitativen Umsetzung von Problemstellungen bei der Regaloptimierung vorstellen.

Betrachtet man die Regaloptimierung unter marginalanalytischen Gesichtspunkten, so können z.B. die Frontlängen der im Regal zu platzierenden Artikel so lange systematisch variiert werden, bis die Grenzerträge aller platzierten Artikel (näherungsweise) gleich sind. Der Grenzertrag kann hierbei als Zuwachs des Warenrohgewinns infolge einer marginalen Erhöhung der Regalflächenzuweisung verstanden werden. Die gewinnorientierte Suche nach optimalen Artikelfrontlängen kann aber auch als Ressourcenzuordnungsproblem interpretiert werden, weshalb schon relativ früh Anstrengungen unternommen wurden, die Regal- und Verkaufsflächenplanung mit den aus dem OR-Bereich zur Verfügung stehenden Verfahren zu unterstützen.

Einer der ersten Modellierungsvorschläge, in dem eine marginalanalytische Verkaufsflächenplanung vorgenommen wurde, stammt von Lee (1960). Nach Barth (1975) kommt diesem Ansatz allerdings in erster Linie erklärende Funktion zu. Höller (1987) erwähnt das Problem der Beschaffung geeigneter Eingabedaten, da die berücksichtigten Grenzerlöse und Grenzkosten in praxi nur schwer zu bestimmen sind. Hansen/Heinsbroek (1979) schließlich bemängeln, daß die Begrenztheit der verfügbaren Regalfläche vernachlässigt wird.

Ziel eines von Anderson/Amato (1974) veröffentlichten Modells ist die gleichzeitige Sortiments- und Verkaufsflächenplanung unter Gewinnmaximierungsaspekten. Es wird unterstellt, daß die Nachfrage nach einem Artikel von drei Aspekten bestimmt wird: dem Markentreueverhalten, der Bereitschaft zum Markenwechsel und dem Impulskaufverhalten. Un-

ter Einbeziehung einiger vereinfachender Annahmen (z.B., daß keine unterschiedlichen Regalplatzwertigkeiten zu berücksichtigen sind und daß alle zu plazierenden Artikel gleich groß sind) wird ein dem sogenannten „Knapsack-Problem“ vergleichbares Optimierungsproblem formuliert. Auch wenn der hierfür entwickelte Lösungsalgorithmus nach Meinung seiner Autoren zumindest für kleine Artikelanzahlen (das vorgestellte Demonstrationsbeispiel umfaßt vier Artikel) durchaus effizient ist, besitzt der Ansatz als ganzes, nicht zuletzt wegen der nur schwer zu motivierenden Dreiteilung der Nachfrage, wohl eher erkenntnisgewinnenden Charakter (vgl. hierzu Heidel (1990)).

Auch beim Modell von Hansen/Heinsbroek (1979) findet neben der Regalflächenzuweisung eine Sortimentsplanung statt. Ziel des Modells ist eine Maximierung des Gesamtgewinns unter Berücksichtigung von Raum- bzw. Flächennutzungskosten, Auffüllkosten und direkten Raumelastizitäten sowie unter Einbeziehung artikelspezifischer, aber voneinander unabhängiger Nachfragefunktionen. Letzteres bedeutet, daß im Falle der Nichtplazierung eines Artikels Substitutionshandlungen der Kunden unberücksichtigt bleiben. Das Absatzvolumen ist als Funktion der Anzahl an Frontstücken je Artikel definiert. Durch zusätzliche Nebenbedingungen wird der Begrenztheit der zur Verfügung stehenden Regalfläche, dem Mindestflächenbedarf pro Artikel und der Ganzzahligkeitsforderung für die Frontstückzahlen Rechnung getragen. Bereits bei der von den Autoren selbst vorgenommenen empirischen Überprüfung des Modells zeigt sich allerdings, mit welchen Schwierigkeiten die vergleichsweise aufwendige Parameterschätzung verbunden sein kann.

Wieland (1979) stellt ein Modell zur Sortiments- und Regalflächenplanung vor, das als Einflußgrößen Kontaktstrecke, Griffhöhe, Preiselastizität und Kosten mit einbezieht. Die resultierende Gestaltungsaufgabe wird mittels „dynamischer Programmierung“ gelöst. Die gleichzeitige Berücksichtigung der genannten Größen in entsprechenden Responsebeziehungen erweist sich als nicht unproblematisch, was u.U. auch ein Grund für die vergleichsweise geringe Resonanz dieses Modellierungsvorschlags in der einschlägigen Literatur sein könnte.

Anderson (1979) legt einen Schwerpunkt seiner Modellierungsüberlegungen auf den Markentreueaspekt, wobei ein konkret interessierender Artikel allen anderen zu plazierenden Artikeln gegenübergestellt wird. Zusätzlich werden vereinfachende

Annahmen über das Markenwahlverhalten markentreuer Käufer getroffen. Das Ziel einer den Gewinn maximierenden Frontlängenzuordnung gilt als erreicht, wenn die artikelspezifischen Nettogrenzerlöse und die Grenzauffüllkosten gleich sind. Höller (1987, S. 53) bezeichnet diese stark markentreueorientierte Vorgehensweise und die Beschränkung auf den Fall zweier Artikel wohl nicht ganz zu Unrecht als für den vorliegenden Problembereich zu „einseitig“.

Der Ansatz von Corstjens/Doyle (1981) kann in gewisser Hinsicht als „Klassiker“ der modellgestützten Regal- und Verkaufsflächenplanung bezeichnet werden und bildet gleichzeitig die Grundlage für mehrere spätere Modellierungsversuche unterschiedlicher Autoren. Einer der Gründe hierfür ist wohl darin zu sehen, daß dieser Ansatz als Beispiel für eine der ersten Bemühungen um die gleichzeitige Einbeziehung von Nachfrage- und Kostenaspekten – beides mittels multiplikativer Responsefunktionen modelliert – angesehen werden kann. Dabei finden sowohl komplementäre als auch substitutive Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Artikeln sowie der Einfluß der jeweils zur Verfügung gestellten Verkaufsflächen auf den Abverkauf der betreffenden Artikel Berücksichtigung. Ziel ist die Bestimmung einer gewinnoptimalen Zuweisung der zur Verfügung stehenden Regalflächen auf die zu plazierenden Artikel. Den resultierenden Einnahmen werden die Beschaffungs- und Handlingskosten gegenübergestellt. Durch die Vorgabe von Ober- und Untergrenzen kann der Einzelhändler zudem sicherstellen, daß den einzelnen Artikeln nach erfolgter Optimierung weder zuviel noch zu wenig Regalfläche zugewiesen wird. Zur Lösung des Optimierungsproblems kommt aufgrund seiner speziellen Struktur die sogenannte geometrische Programmierung (vgl. hierzu auch Gochet/Smeers (1979)) zum Einsatz. Die bisher bekannt gewordenen empirischen Modellierungen beschränken sich nach Kenntnis der Autoren allerdings durchweg auf wenige Artikel bzw. Artikelgruppen, was als Hinweis auf rechentechnische Probleme bei zunehmender Problemgröße gedeutet werden darf.

Der Ansatz von Zufryden (1986) baut insoweit auf dem von Corstjens/Doyle (1981) auf, als hier ähnliche Nachfrage- und Kostenfunktionen zum Einsatz kommen. Zur Vereinfachung der verwendeten Funktionalbeziehungen wurde allerdings auf die Einbeziehung von Kreuzraumelastizitäten verzichtet, was in der Folge wieder Anlaß zur Kritik war (vgl. z.B. Mercer (1993)). Das Modell eignet sich auch zur Sortimentsplanung, da die Hinzunahme neuer und

die Herausnahme bereits gelisteter Artikel explizit vorgesehen ist. Als Lösungsverfahren setzt der Autor die dynamische Programmierung ein, wodurch eine größere Flexibilität bei der Ausgestaltung der Zielfunktion und der Nebenbedingungen nebst Berücksichtigung der Ganzzahligkeit der gefundenen Lösungen bei gleichzeitig erhöhter Anzahl betrachteter Artikel erreicht werden konnte.

Das von Bultez/Naert (1988) erstmals vorgestellte und von Bultez/Gijsbrechts/Naert/Vanden Abeele (1989) in einer überarbeiteten Version präsentierte Planungsmodell SH.A.R.P. ('Shelf Allocation for Retailer's Profit') baut ebenfalls auf Corstjens/Doyle (1981) auf. Den Kern der aktuelleren Modellvariante stellen ein asymmetrischer Attraktionsansatz und ein daran ausgerichteter Algorithmus zur Bestimmung optimaler Flächenzuweisungen pro Artikel dar. Bei einem Vergleich des Modells mit heuristischen Plazierungsregeln stellten sich die vom Modell gefundenen Lösungen als brauchbar und robust heraus. Das Modell (bzw. der zitierte Lösungsalgorithmus) ist insgesamt als vergleichsweise komplex einzustufen, so daß z.B. Mercer (1993) zu der Schlußfolgerung gelangt, daß neben dem nicht unbeträchtlichen Aufwand bei der Durchführung der erforderlichen Berechnungen auch bei der Bestimmung der im Modell verwendeten Raumelastizitäten Probleme zu erwarten sind.

Preston/Mercer (1990) schlagen ein Modell vor, das in gewissem Sinne eine Kombination aus quantitativer Optimierung und Heuristik („Daumenregeln“) darstellt. Die Autoren unterscheiden drei Anwendungsbereiche, erstens die Aufteilung eines vorgegebenen Sortiments auf die verfügbare Verkaufsfläche (Grundlage hierfür ist eine Mindestplazierungsmengen, Regalflächenbeschränkungen, Raumelastizitäten sowie Ganzzahligkeitsforderungen berücksichtigende Gewinnmaximierung), zweitens die Planung der Sortimentszusammensetzung (auf Basis entsprechender Entscheidungsregeln) und drittens die Raumzuweisung zwischen Produktgruppen (auf Basis des direkten Produktgewinns pro Regallängeneinheit). Leider geben die Autoren keine konkreten Hinweise auf die von ihnen anscheinend durchgeführte empirische Überprüfung.

Ziel des Modells von Dréze/Hoch/Purk (1994) ist die Bestimmung der gewinnoptimalen Anteile der zu listenden Artikel am verfügbaren Regalraum. Eine vom Grundgedanken her interessante Besonderheit des Modells ist die explizite Berücksichtigung der

Artikelpositionen im Regal durch entsprechende Projektion in ein zweidimensionales Koordinatensystem. Über Nebenbedingungen wird der Begrenztheit des zur Verfügung stehenden Regalraumes Rechnung getragen. Schwächen des Ansatzes im Hinblick auf seinen praktischen Einsatz stellen z.B. die Nichtberücksichtigung von Kostenaspekten und die nur bedingt nachvollziehbare Einbeziehung der Artikelkoordinaten im Regal mittels Polynomen höheren Grades dar.

Das letzte hier angesprochene Modell zur Regalflächenoptimierung stammt von Borin/Farris/Freeland (1994) und stellt insoweit eine bedeutende Novität gegenüber den zuvor skizzierten Ansätzen dar, als hier die Flächenzuweisung als Problem der kombinatorischen Optimierung mittels Simulated Annealing (vgl. hierzu auch Aarts/Korst (1989)) gelöst wird. Eine weitere – datengestützt allerdings nur schwer motivierbare – Besonderheit des Modells stellt die Unterscheidung von vier verschiedenen Nachfragearten (unbeeinflusste Nachfrage, durch Verkaufsförderung beeinflusste Nachfrage sowie zwei Formen substitutiver Nachfrage) dar. Ziel der Optimierung ist die Bestimmung der am sogenannten 'Return on Inventory' orientierten optimalen Frontstückzahl je aufgenommenem Artikel. Verschiedene Nebenbedingungen stellen sicher, daß die zur Verfügung stehende Regalfläche ausgenutzt wird und daß vorgegebene Mindestplazierungsmengen eingehalten werden. Was die genaue Bestimmung der im Modell berücksichtigten Responseparameter angeht, so beschränken sich die Autoren auf mögliche Vorgehensempfehlungen.

3. REOP - Neue Software zur Regaloptimierung im stationären Einzelhandel

Gegenstand dieses Abschnitts ist die komprimierte Darstellung eines auf Erkenntnissen der vorausgegangenen Literaturlauswertung aufbauenden Optimierungsansatzes, der neben der Regalflächenbestückung im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtungsweise auch Aspekte der Marketing-Mix-Planung berücksichtigt. Die grundsätzliche Arbeitsweise der Softwareumsetzung von REOP (REgal-Optimierung) wird anhand einer vereinfachten Version veranschaulicht. Eine formale Beschreibung der zugrundeliegenden Modellannahmen erfolgt im Anhang zu dieser Arbeit.

3.1. Modelltheoretischer Rahmen

Ziel des Optimierungsansatzes ist die Maximierung des prognostizierten Gesamtdeckungsbeitrags der für die Bestückung eines Regals relevanten Artikel. Die hierin enthaltenen kumulierten Deckungsbeiträge der Artikel sind dabei im wesentlichen als nichtlineare Funktionen der prognostizierten Nachfragen in der Planungsperiode, ihrer geplanten Verkaufspreise, ihrer Einstandskosten und allgemeiner Zusatzkosten (z.B. für das Auspacken und die Regalbeschickung) und der jeweiligen Frontstückzahlen definiert. Die artikelspezifische Nachfrage selbst wiederum ist eine Funktion des vom betreffenden Einzelhandelsunternehmens realisierten Marketing-Mix (vor allem der artikelspezifischen Preispolitik) und natürlich ebenfalls der Frontstückzahl. Für die korrespondierende Responsemodellierung kommt ein auch Konkurrenzeffekte zwischen den einzelnen Artikeln berücksichtigender und im Anhang zu dieser Arbeit wiedergegebener Ansatz zur Anwendung. Um bei der Maximierung der beschriebenen Zielfunktion zu praktisch sinnvollen Ergebnissen zu gelangen, sind an den realen Gegebenheiten eines Einzelhandelsunternehmens orientierte Nebenbedingungen zu formulieren. Ausgewählte Beispiele solcher Nebenbedingungen werden nachfolgend verbal und im Anhang auch formal beschrieben. Sie können sich auf die quantitative Regalbestückung (NB 1 bis NB 3), auf die Regalstruktur (NB 4 und NB 5) sowie auf das flankierende Marketing-Mix (NB 6 bis NB 8) beziehen:

- NB 1: Die Anzahl nebeneinander platzierbarer Artikel ist durch die Breite der einzelnen Regalböden begrenzt.
- NB 2: Zur Sicherstellung eines gewünschten Servicegrades sind durch den Einzelhändler gegebenenfalls artikelspezifische Mindestbestände vorgeschrieben.
- NB 3: Durch die explizite Vorgabe von Maximalbeständen ist zu verhindern, daß einzelne Artikel des Sortiments überrepräsentiert (sprich: „überplaziert“) sind.
- NB 4: Durch die Einhaltung etwa gleich langer Regalstrecken für die einzelnen Exemplare eines Artikels auf allen Regalböden kann ein die Belegungsstruktur betreffendes systematisches Erscheinungsbild gewährleistet werden.
- NB 5: Einer zu stark vertikal ausgerichteten Regalbestückung kann durch eine Beschränkung der Anzahl an Regalböden, die innerhalb eines Regals von Exemplaren ein und dessel-

ben Artikels belegt werden dürfen, vorgebeugt werden.

- NB 6: Durch die mengenmäßige und zeitliche Beschränkung der Anzahl von pro Planungsperiode bezüglich des zu optimierenden Regals durchführbaren Sonderaktionen (z.B. artikelspezifische Preispromotions) kann möglichen Gewöhnungseffekten (z.B. an den „Dauerniedrigpreis“ eines Artikels) vorgebeugt werden.
- NB 7: Um die Wirkung von Sonderpreisaktionen zu erhöhen, kann sichergestellt werden, daß Preisaktionen immer durch mindestens eine zusätzliche Promotionaktion (z.B. in Form der Aufstellung spezieller Hinweisschilder) aufmerksam gemacht wird.
- NB 8: Durch die ex-ante Vorgabe fester Preisnachlaßfaktoren (die bei Bedarf mit den aktuellen Normalpreisen der Artikel multipliziert werden) kann (in Verbindung mit NB 6 und NB 7) eine systematische Steuerung von Preisaktionen erfolgen.

3.2. Regalbeispiele

Der skizzierte Optimierungsansatz wird nachfolgend anhand zweier reduzierter, realistischer Regalbeispiele erläutert, um einen Einblick in die Funktionsweise und Leistungsfähigkeit von REOP zu ermöglichen. Um beide Regalbestückungsvorgänge überschaubar, nachvollziehbar und vergleichbar zu halten, werden folgende Annahmen getroffen:

1. Alle Regalböden besitzen die gleiche Regalplatzwertigkeit (Wichtig ist also nicht wo, sondern nur, ob und wie oft ein Artikel plaziert wird.).
2. Der Regalraum soll vollständig ausgenutzt werden, d.h. der geplante Lagerbestand eines Artikels ergibt sich in Abhängigkeit von der Anzahl der Frontstücke aus den über- und hintereinander stapelbaren Einheiten.
3. Die Marketing-Mix-Variablen (im vorliegenden Fall der Artikelpreis) bleiben in der Planungsperiode konstant, d.h. nur die im vorliegenden Kontext besonders interessanten Frontstückzahlen sind Gegenstand der Optimierung.

3.2.1. Regalbeispiel 1

Es wird ein Ausschnitt aus einem typischen Regal im Süßwarenereich ausgewählt. Zwei Regalböden der Breite 270cm, der Höhe 26cm sowie der Tiefe 39cm sollen mit 20 Artikeln bestückt werden.

Die berücksichtigten Artikel sind in Tabelle 1 aufgelistet. Das zugrundeliegende Originalregal verfügt über weitere drei Regalböden, in denen 25 zusätzliche Artikel plaziert sind.

Nr.	EAN-Code	Artikelbezeichnung
16	3116430056436	DELACRE GRANADA 750 g
9	3116430057167	DELACRE BIARRITZ 125 g
17	3116430059574	DELACRE NIZZA 200 g
11	4000264000156	DE BEUK. BUTTERK VOLLKO. 200 g
3	4000264002006	DE BEUK. PRINZ. BUTTERKEKS 200
4	4000264002631	DE BEUK. CHOCO PRINZ 8ER 200 g
13	4000264004406	DE BEUK. MIKADO ZARTHERB 75 g
5	4000264004857	DE BEUK. DINOS 250 g
12	4000264004918	DE BEUK. PR.RIEG.SCHOKO 6/25 g
8	4001518722930	GRIESSON SOFTCAKE ORANGE 300G
18	4001518752302	GRIESSON SCH.-KEKS ZARTB. 125g
20	4006952003027	COPPENRATH EIERPLAETZCH. 200 g
19	4006952008114	COPPENRATH FRANKEN-TALER 200 g
7	4008210261200	SCHOELLER KOALA MILCH
6	4008210262009	SCHOELLER KOALA SCHO 75 g
14	4009178003187	HIG GOLDRINGE 400 g
15	4009176506558	HIG DOPPELKEKS 250 g
1	4017100107009	BAHLSEN LEIBNIZ ZOO 150 g
10	4017100222009	BAHLSEN AZORA ORANG. 125 g
2	4017100370007	BAHLSEN LEIBNIZ BUTTER 200 g

Tab. 1: Auszug aus der Datengrundlage

Es handelt sich um Keksprodukte, für die u.a. durchschnittliche Verkaufspreise und Absatzzahlen pro Woche sowie Packungsmaße und Stapelhöhen vorliegen, wobei unterstellt wird, daß artikelunabhängig ein konstanter Deckungsbeitrag in Höhe von 30 Prozent des Verkaufspreises erzielt wird, um nicht alle Kosten, z.B. für Bestellung und Handling, einzeln auflisten zu müssen.

Zusätzlich sind die bislang als optimal angesehenen aktuellen Frontstückzahlen als Start-Lösung für REOP bekannt. Tabelle 2 zeigt neben den benutzten Kenngrößen und der Start-Lösung die von REOP berechnete Lösung (Eine Erläuterung der verwendeten Abkürzungen befindet sich im Anhang.).

In diesem „kleinen“ Beispiel und ausgehend von dieser „guten“ Lösung kann der prognostizierte Gesamtdeckungsbeitrag durch die Anwendung von REOP „nur“ um etwa 5,5 Prozent gesteigert werden. Alternativrechnungen mit Deckungsbeiträgen von 10% und 20% lieferten Steigerungen von +4,97% bzw. +5,17%. Bereits hier zeigt sich aber, daß der Einsatz von REOP, bezogen auf das gesamte in einem Lager gebundene Kapital, von Interesse sein kann.

3.2.2. Regalbeispiel 2

Zur besseren Vergleichbarkeit wird wieder ein Re-

gal mit zwei Böden, diesmal mit der Breite 100 LE (Längeneinheiten), der Höhe 1 LE sowie der Tiefe 2 LE betrachtet. Wieder sollen 20 Artikel plaziert werden, deren Höhe, Breite und Tiefe auf (1 LE, 1 LE, 1 LE) bzw. (1 LE, 1LE, 2 LE) beschränkt wurde. Diesmal variieren die Deckungsbeiträge artikelabhängig zwischen 5% und 50%, außerdem werden allgemeine Zusatzkosten k_i für Artikel i einbezogen. Tabelle 3 gibt (wie zuvor Tabelle 2) eine Daten- und Ergebnisübersicht für dieses Beispiel. Man erkennt, daß die realisierte, durchschnittliche Nachfrage \bar{A}_i die Kapazität des vorliegenden Regals übersteigt, zusätzlich wurde für einen Teil der Artikel i der jeweilige Maximalbestand für das Regal B_i^{max} durch die realisierte Nachfrage übertroffen. Zumindest in solchen Fällen mußte bereits bisher durch Bestellmaßnahmen, außerplanmäßige Regalbestückungen, o.ä. reagiert werden. Offensichtlich ist eine möglichst genaue Schätzung der Nachfrage in Abhängigkeit von geplanten Marketingaktivitäten und Regalgestaltungsmaßnahmen von großer Bedeutung. Falls hierbei die vorhandene Regalkapazität stark übersteigende Werte prognostiziert werden, sind u.U. zusätzliche Regale einzuplanen, worauf in diesem Beispiel aber nicht eingegangen werden soll.

In der Startlösung ist bereits versucht worden, unter Berücksichtigung der vorgegebenen Kenngrößen, eine „intuitiv einsichtige“ Bestückung des Regals vorzunehmen. Für die Artikel $i = 7, 8, 9, 10, 17$ und 18 wurde als geplanter Regalbestand B_i der jeweilige Minimalbestand B_i^{min} gewählt. Auch für die Artikel $i = 1, 2, 5, 6$ und 20 wurden, z.T. bedingt durch die Auffüllvorschrift für hintereinander stapelbare Artikel, nur geringfügig über dem Minimalbestand B_i^{min} liegende Werte realisiert. Ein Blick auf die zugehörigen Deckungsbeiträge $v_i - e_i$ und Zusatzkosten k_i zeigt, daß es sich hierbei um Artikel mit vergleichsweise niedriger Wirkung auf den Gesamtdeckungsbeitrag handelt. Andererseits wurden für einige Artikel Regalbestände gewählt, die die frühere Nachfrage übertreffen, z.B. für die Artikel $i = 4, 12$ und 15 , wobei der sich aufgrund der Anzahl der Frontstücke ergebende, verfügbare Regalraum vollständig ausgenutzt wurde.

Für die Beschreibung des Abkaufverhaltens wird zur Fortführung dieses Beispiels über die zugrundeliegenden Responsebeziehungen für das Regal eine Nachfrage simuliert, woraus sich die dargestellten prognostizierten Absätze A_i ergeben. Diese entsprechen in guter Näherung den in der Vergangenheit beobachteten mittleren Absatzzahlen pro ZE (Zeiteinheit). Für die beiden betrachteten Regalböden errechnet man daraus einen prognostizierten Ge-

Kenngrößen																				
Artikel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
v_i	1,92	2,00	2,17	2,73	3,00	1,99	1,97	2,64	2,85	2,19	2,11	2,99	1,98	1,69	1,39	11,89	3,49	1,93	1,81	1,12
e_i	1,34	1,40	1,52	1,91	2,10	1,39	1,38	1,85	2,00	1,53	1,48	2,09	1,39	1,18	0,97	8,32	2,44	1,35	1,27	0,78
$v_i - e_i$	0,58	0,60	0,65	0,82	0,90	0,60	0,59	0,79	0,86	0,66	0,63	0,90	0,59	0,51	0,42	3,57	1,05	0,58	0,54	0,34
B_i^{min}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_i^{max}	80	40	30	40	40	30	30	40	40	40	50	30	50	50	50	50	50	50	50	50
h'_i	16,6	6,8	7,0	8,0	7,0	13,5	13,5	12,0	10,0	7,5	6,5	7,5	14,4	25,0	22,0	23,2	10,0	6,8	9,5	27,0
b'_i	13,0	25,7	22,0	16,0	20,5	7,0	7,0	19,5	23,5	23,5	27,5	20,0	8,0	7,7	6,5	21,6	23,5	22,0	19,5	10,0
t'_i	5,0	4,5	4,5	3,0	7,0	6,0	6,0	6,0	3,3	4,2	3,8	1,5	2,4	7,7	6,5	7,6	4,6	3,3	5,5	6,0
\tilde{A}_i	5,8	13,8	4,0	7,1	2,7	4,5	3,7	30,0	12,0	18,0	4,8	12,0	11,3	12,6	16,7	8,7	10,7	14,2	9,8	3,2
Start-Lösung																				
Frontstückzahlen																				
y_{i1}	1	1	1	2	1	3	4	3	2											
y_{i2}										2	1	1	2	1	3	2	1	1	1	2
Im Regal lagerbare Menge, prognostizierter Absatz und Deckungsbeitrag																				
B_i	7	24	24	40	15	18	24	36	40	40	30	30	32	5	18	10	16	33	21	2
A_i	6	14	4	7	3	4	4	30	12	18	5	12	11	13	17	9	11	14	10	3
DB_i	3,5	8,4	2,6	5,7	2,7	2,4	2,4	23,8	10,3	11,8	3,2	10,8	6,5	2,5	7,1	32,1	11,5	8,1	5,4	0,7
prognostizierter Gesamtdeckungsbeitrag/Woche:										161,40 GE										
REOP-Lösung																				
Frontstückzahlen																				
y_{i1}	1	1	1	2	1	2	1	4	3											
y_{i2}										1	1	1	2	3	3	2	1	1	1	2
Im Regal lagerbare Menge, prognostizierter Absatz und Deckungsbeitrag pro Woche																				
B_i	7	24	24	26	15	12	6	40	40	27	30	30	32	15	18	10	16	33	21	2
A_i	6	14	4	7	3	5	4	33	13	18	5	12	12	13	18	9	11	14	10	3
DB_i	3,5	8,4	2,6	5,7	2,7	3,0	2,4	26,1	11,1	11,8	3,2	10,8	7,1	6,6	7,5	32,1	11,5	8,1	5,4	0,7
prognostizierter Gesamtdeckungsbeitrag/Woche:										170,30 GE										
Steigerung gegenüber der Start-Lösung:										+5,51%										

Tab. 2: Daten- und Ergebnisübersicht zum Regalbeispiel 1

Kenngrößen																				
Artikel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
v_j	16	17	26	14	10	12	13	10	13	22	26	22	25	28	31	30	14	16	17	24
e_i	15	13	14	7	7	8	8	9	8	20	15	12	13	14	16	15	12	14	9	18
$v_j - e_i$	1*	4	12	7	3	4	5	1	5	2	11	10	12	14	15	15	2	2	8	6
k_i	6	1	3	0	4	4	7	3	1	3	5	7	9	3	2	3	8	7	9	9
B_i^{min}	1	1	1	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5	1
B_i^{max}	20	40	60	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	60	60	40	40	40	40
h'_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
b'_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
t'_i	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2
\tilde{A}_i	7	21	28	13	14	16	52	24	26	25	18	19	18	32	55	33	45	25	24	30
Start-Lösung																				
Frontstückzahlen																				
y_{11}		1		7	2	2	2	2	2	2	9			32		33	2			4
y_{12}	1		14									10	18		28			5	24	
Im Regal lagerbare Menge, prognostizierter Absatz und Deckungsbeitrag																				
B_i	2	2	28	14	4	4	2	2	2	2	18	20	18	32	56	33	2	5	24	4
A_i	7	20	45	13	14	15	46	24	26	25	18	19	17	33	42	36	45	25	24	27
DB_i	-4	7	333	91	8	12	3	-1	9	1	193	183	195	445	628	492	-4	3	183	15
prognostizierter Gesamtdeckungsbeitrag:										2792 GE										
REOP-Lösung																				
Frontstückzahlen																				
y_{11}		3	15	6		5	2	2	2	4	9			16	15	12			8	1
y_{12}	1		15		1				2			9	18	16	15	12	6	5		
Im Regal lagerbare Menge, prognostizierter Absatz und Deckungsbeitrag pro Woche																				
B_i	2	6	60	12	2	10	2	2	4	4	18	18	18	32	60	24	6	5	8	1
A_i	7	20	85	13	14	15	46	24	26	25	18	18	17	33	63	35	45	25	23	27
DB_i	-4	23	717	84	2	36	3	-1	19	5	193	173	195	445	898	357	4	3	55	-3
prognostizierter Gesamtdeckungsbeitrag:										3204 GE										
Steigerung gegenüber der Start-Lösung:										+14,8 %										

Tab. 3: Daten- und Ergebnisübersicht zum Regalbeispiel 2

samtdeckungsbeitrag für die Start-Lösung in Höhe von 2792 GE (Geldeinheiten).

Liegen geeignete Nachfrageschätzungen bzw. Kenntnisse über Ursache-Wirkungsbeziehungen vor, die z.B. auf Basis von Vergangenheitswerten bestimmt wurden, können diese zur Verbesserung der Lösung herangezogen werden. Tabelle 3 zeigt im unteren Teil das Ergebnis einer Optimierung des Regals mit Hilfe der REOP-Software.

Ein Vergleich der hier geplanten Regalbestände mit denen der zuvor erläuterten Start-Lösung zeigt, daß 7 von 20 Artikeln in gleicher Stückzahl eingeplant wurden; bei 5 weiteren Artikeln hat es nur leichte Änderungen gegeben. Es handelt sich hierbei i.d.R. um solche Artikel, deren Deckungsbeitrag niedrig ist und bei denen deshalb oft nur Werte nahe bei der Mindestbestandsmenge des Regals vorgesehen werden. Deutliche Unterschiede ergeben sich bei Artikel $i = 3$, bei dem in der REOP-Lösung eine Bestandserhöhung bis zum Maximalwert $B_i^{max} = 60$ eingeplant wird, da eine derart erhöhte Nachfrage bei entsprechender Regalbestückung aufgrund der Absatzprognose zu erwarten ist. Für Artikel $i=15$ resultiert die gestiegene Nachfrage u.a. aus Absatzverbundwirkungen mit dem Artikel $i=16$, bei dem sich eine erhöhte Platzierung dämpfend auf den Absatz des Artikels $i=15$ auswirken würde. Die Anzahl bei Artikel $i = 19$ wird dagegen stark reduziert, um Platz für die (eventuell erst durch Verbundkauf) „profitableren“ Artikel zu schaffen.

Man erkennt, daß die Vielzahl solcher in diesem Beispiel lediglich skizzierter Interaktionsbeziehungen und die Abschätzung ihrer Erfolgswirkungen nur rechnergestützt bewältigt werden kann. Vor allem, wenn zwischen einzelnen Artikeln Substitutionalitäts- oder Komplementaritätswirkungen bestehen, müssen diese bei der Regalgestaltung einbezogen werden, um zu optimalen Ergebnissen zu gelangen.

4. Fazit

Wenngleich einige der in der Vergangenheit publizierten quantitativen Ansätze zur Regaloptimierung mitunter noch deutliche Mängel aufweisen, so scheint das mittlerweile angesammelte Modellwissen doch ein gewaltiges Potential im Hinblick auf die Entwicklung leistungsfähiger Optimierungs- resp. Planungssysteme in sich zu bergen. Mit dem im dritten Abschnitt des Beitrags inhaltlich motivierten und im Anhang formal dargelegten Optimierungsansatz wird verschiedenen in der einschlägigen Literatur formu-

lierten Forderungen an Unterstützungskonzepte für Regaloptimierungsfragestellungen Rechnung getragen, so z.B. dem Wunsch nach Flexibilität (Trennung von Responsemodell und Optimierungsverfahren), nach verhaltenswissenschaftlicher Relevanz (Berücksichtigung von Responsestrukturen) sowie nach praktischer Umsetzbarkeit (Einbeziehung praxisrelevanter Rahmenbedingungen). Natürlich können auch bei diesem Vorschlag noch Verbesserungen und Erweiterungen individueller Art vorgenommen werden. So wäre z.B. über die zusätzliche Berücksichtigung weiterer Einflußgrößen, etwa der Direkten Produkt-Rentabilität, und über die Verwendung alternativer Responsefunktionen nachzudenken.

5. Anhang

Nachfolgend wird eine komprimierte formale Beschreibung der im Hauptteil der Arbeit angesprochenen Softwareumsetzung REOP gegeben. Die hierbei im Zusammenhang mit den Nebenbedingungen verwendeten Numerierungen (NB 1 bis NB 8) verweisen auf die korrespondierenden verbalen Darstellungen im Hauptteil der Arbeit und sollen das Verständnis der einzelnen Komponenten erleichtern. Tabelle 4 enthält die Definitionen der Variablen, die im Text und im Optimierungsansatz verwendet werden.

Für die zur Prognose der Nachfrage nach Artikel i verwendete Responsefunktion (in Abhängigkeit von den Marketing-Mix-Variablen Verkaufspreis v_j ($j = 1, \dots, I$) und der Frontstückzahl Y_{ir} ($r = 1, \dots, R$)) wird hier ein funktionaler Zusammenhang der Form

$$A_i = f(\dots, y_{ir}, \dots, v_j, \dots, \alpha_i, \dots, \beta_{ij}, \dots, \gamma_{ij}, \dots)$$

für alle i benutzt (Die Variablen sind geeignet zu normierende, dimensionslose Größen), der in Abhängigkeit von der interessierenden Artikelgruppe festgelegt wird. Tabelle 5 beschreibt auszugsweise den mathematischen Kern des Optimierungsansatzes der REOP-Software.

Literatur

Aarts, E.; Korst, J.: Simulated Annealing and Boltzman Machines – A Stochastic Approach to Combinatorial Optimization and Neural Computing, Chichester 1989.

Anderson, E. E.: An Analysis of Retail Display Space: Theory and Methods, Journal of Business, Vol. 52 (1979), No. 1, S. 103-118.

$\lfloor a \rfloor$	Größte ganze Zahl mit einem Wert kleiner oder gleich a (a ist eine beliebige reelle Zahl)
A_i	Nachfrage nach Artikel i (prognostiziert auf Basis eines Responsemodells)
\tilde{A}_i	realisierte Nachfrage nach Artikel i
B_i	geplanter Regalbestand von Artikel i
B_i^{\min}, B_i^{\max}	Minimal- bzw. Maximalbestand von Artikel i
b_i, h_i, t_i	Breiten-, Höhen- und Tiefenmaß des Artikels i
B, H, T	Breite, Höhe und Tiefe der Regalböden
e_i	Einstandskosten von Artikel i
$h_i = \left\lfloor \frac{H}{h_i} \right\rfloor$	Anzahl übereinander stapelbarer Einheiten des Artikels i
I	Anzahl zur Auswahl stehender Artikel (Index i)
k_i	allgemeine Zusatzkosten bez. Artikel i
L	Anzahl berücksichtigter Marketing-Mix-Variablen (Index l)
m_n	Wert des Preisnachlaßfaktors n bei Artikel i
N	Anzahl vorgegebener Preisnachlaßfaktoren (Index n)
p	Variable zur Kennzeichnung der aktuellen Periode
R	Anzahl betrachteter Regalböden (Index r)
R^{\max}	maximale Anzahl der durch einen Artikel gleichzeitig belegbaren Regalböden
$s_{il}, s_{il}(t), \tilde{s}_{il}(p)$	Hilfs- und Indikatorvariablen für Artikel i und Sonderaktion bez. Marketing-Mix-Variable l (in Periode t bzw. Periode p)
s_{in}	Indikatorvariable für den Preisnachlaßfaktor n bei Artikel i (Hinweis: Der Preis wird explizit mit $l = 1$ indiziert.)
S^{\max}	maximale Anzahl der Artikel, für die Sonderaktionen in einem Regal gleichzeitig durchführbar sein sollen
\tilde{S}^{\min}	minimale Anzahl an Perioden, die zwischen zwei gleichartigen Sonderaktionen liegen müssen
$t_i = \left\lfloor \frac{T}{t_i} \right\rfloor$	Anzahl hintereinander stapelbarer Einheiten des Artikels i
v_i, v_i^{norm}	aktueller bzw. normaler Verkaufspreis von Artikel i
y_{ir}	Anzahl der auf Regalboden r nebeneinander zu platzierenden Frontstücke des Artikels i , $y_{ir} \in \{0, 1, 2, \dots\}$
$\alpha_i, \beta_{ij}, \gamma_{ij}$	artikelspezifische Konstante sowie Gewichtungparameter für Frontstückzahlen und Verkaufspreise
Δ_i	artikelspezifischer Parameter zur Gewährleistung eines systematischen Regalerscheinungsbildes

Tab. 4: Variablendefinition (in alphabetischer Reihenfolge)

Die Formel für den prognostizierten Gesamtdeckungsbeitrag des Regals lautet:

$$DB^{ges} = \sum_{i=1}^I DB_i \text{ mit } DB_i = \min\{A_i; B_i\} \cdot (v_i - e_i) - \delta(B_i)k_i \quad \text{und } \delta(z) = \begin{cases} 0, & z = 0, \\ 1, & \text{sonst.} \end{cases}$$

Beim Optimierungsvorgang für die in der Zielfunktion direkt bzw. indirekt enthaltenen Entscheidungsvariablen y_{ir}, B_i, v_i können verschiedene Nebenbedingungen formuliert werden:

NB 1: (Einhaltung der Regalbreite)

$$\sum_{i=1}^I y_{ir} b_i \leq B \quad \text{für alle } r.$$

NB 2: (Gewährleistung von Mindestbeständen)

a) $B_i \geq B_i^{\min}$ für alle i .

b) $B_i \geq \sum_{r=1}^R y_{ir}$ für alle i .

NB 3: (Beschränkung durch Maximalbestände)

a) $B_i \leq B_i^{\max}$ für alle i .

b) $B_i \leq \sum_{r=1}^R y_{ir} h_{it}$ für alle i .

NB 4: (Gewährleistung eines systematischen Erscheinungsbildes)

$$\left(y_{ir} - \frac{1}{\sum_{r'=1}^R \delta(y_{ir'})} \sum_{r'=1}^R y_{ir'} \right)^2 \leq \Delta_i \quad \text{für alle } i, r \text{ mit } \delta(y_{ir}) = 1$$

NB 5: (Restraining der Regalbodenbestückungen)

$$\sum_{r=1}^R \delta(y_{ir}) \leq R^{\max} \quad \text{für alle } i.$$

NB 6: (Beschränkung der Sonderaktionen – mengenmäßig)

$$\sum_{i=1}^I \delta\left(\sum_{l=1}^L s_{il}\right) \leq S^{\max} \text{ mit } s_{il} = \begin{cases} 1 & \text{falls bei Artikel } i \text{ eine Sonderaktion bez. Marketing-} \\ & \text{Mix - Variable } l \text{ durchgeführt wird} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

(Beschränkung der Sonderaktionen – zeitlich)

$$s_{il} \leq \begin{cases} 0 & \tilde{s}_{il}(p) < \tilde{S}^{\min} \\ 1 & \tilde{s}_{il}(p) \geq \tilde{S}^{\min} \end{cases} \quad \text{für alle } i, l \text{ in Periode } p$$

mit $\tilde{s}_{il}(p) = p - 1 - \max\{t | t < p, s_{il}(t) = 1\}$ und

$$s_{il}(t) = \begin{cases} 1 & \text{falls bei Artikel } i \text{ in Periode } t < p \text{ eine Sonderaktion bez.} \\ & \text{Marketing - Mix - Variable } l \text{ durchgeführt wird} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

NB 7: (Unterstützung von Preisaktionen)

$$s_{i1} \leq \sum_{l=2}^L s_{il} \quad \text{für alle } i.$$

NB 8: (Steuerung von Preisaktionen)

$$v_i = \begin{cases} v_i^{norm} & s_{i1} = 0 \\ (m_{i1}, \dots, m_{iN}) \cdot (s_{i11}, \dots, s_{i1N})^t \cdot v_i^{norm} & s_{i1} = 1 \end{cases} \quad \text{für alle } i$$

mit $s_{i1n} = \begin{cases} 1 & \text{falls bei Artikel } i \text{ der Preisnachlaß-} \\ & \text{faktor } n \text{ zum Tragen kommt} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$ und $s_{i1} = \sum_{n=1}^N s_{i1n}$ für alle i

Tab. 5: Optimierungsansatz

- Anderson, E. E.; Amato, H. N.: A Mathematical Model for Simultaneously Determining the Optimal Brand-Collection and Display-Area Allocation, *Operations Research*, Vol. 22 (1974), No. 1, S. 13-21.
- Barth, K.: Die Warenpräsentation in Einzelhandelsunternehmen, *Mitteilungen des Instituts für Handelsforschung an der Universität zu Köln*, Jg. 27 (1975), Nr. 7, S. 93-97.
- Bergheim, U.: Regaloptimierung im Handel, *Dynamik im Handel*, Jg. 31 (1987), Heft 2, S. 86-89.
- Borin, N.; Farris, P.; Freeland, J.: A Model for Determining Retail Product Category Assortment and Shelf Space Allocation, *Decision Sciences*, Vol. 25 (1994), No. 3, S. 359-384.
- Bultez, A.; Gijsbrechts, E.; Naert, P.; Vanden Abeele, P.: Asymmetric Cannibalism in Retail Assortments, *Journal of Retailing*, Vol. 65 (1989), No. 2, S. 153-192.
- Bultez, A.; Naert, P.: S.H.A.R.P.: Shelf Allocation for Retailers' Profit, *Marketing Science*, Vol. 7 (1988), No. 3, S. 211-231.
- Corstjens, M.; Doyle, P.: A Model for Optimizing Retail Space Allocations, *Management Science*, Vol. 27 (1981), No. 7, S. 822-833.
- Dréze, X.; Hoch, S. J.; Purk, M. E.: Shelf Management and Space Elasticity, *Journal of Retailing*, Vol. 70 (1994), No. 4, S. 301-326.
- EHI (Hrsg.): *Scannerysteme – Neue Impulse für Organisation und Marketing*, Köln, 1994.
- Gaul, W.; M. Both: *Computergestütztes Marketing*, Frankfurt 1990.
- Gaul, W.; Decker, R.; Wartenberg, F.: Analyse von Panel- und POS-Scanner-Daten mit Neuronalen Netzen, *Jahrbuch der Absatz- und Verbrauchsforschung*, Jg. 40 (1994), Heft 3, S. 281-306.
- Gochet, W.; Smeers, Y.: A Branch-and-Bound Method for Reversed Geometric Programming, *Operations Research*, Vol. 27 (1979), No. 5, S. 982-996.
- Günther, T.; Mattmüller, R.: Möglichkeiten und Grenzen der Regaloptimierung im Handel, *Marketing ZFP*, Jg. 15 (1993), Heft 2, S. 77-86.
- Hambuch, P.: Space Management – Ansatzpunkte und Operationalisierung, in: Irrgang, W. (Hrsg.): *Vertikales Marketing im Wandel*, München 1993, S. 391-420.
- Hansen, P.; Heinsbroek, H.: Product Selection and Space Allocation in Supermarkets, *European Journal of Operational Research*, Vol. 3 (1979), S. 474-484.
- Heidel, B.: *Scannerdaten im Einzelhandelsmarketing*, Wiesbaden 1990.
- Höller, W.: *Warenpräsentation – Theoretische Grundlagen und empirische Analyse im Lebensmitteleinzelhandel*, Dissertation, Essen 1987.
- Jakobs, P.: Spacemanagement als Leistungsfeld des Handelsmarketings, *Dynamik im Handel*, Jg. 36 (1992), Heft 12, S. 60-64.
- Hruschka, H.: *Marketing-Entscheidungen*, München 1996.
- Lee, W.: Space Management in Retail Stores and Implications to Agriculture, in: Dolva, W. K. (Ed.): *Marketing Keys to Profits in the 1960's*, Proceedings of the 42. National Conference of the American Marketing Association, Chicago 1960, S. 523-533.
- Mercer, A.: Developments in Implementable Retailing Research, *European Journal of Operational Research*, Vol. 68 (1993), S. 1-8.
- Möhlenbruch, D.; Meier, C.: Leistungsfähigkeit und Grenzen von Spacemanagementsystemen, in: Trommsdorff, V. (Hrsg.): *Handelsforschung 1993/94 – Systeme im Handel*, Wiesbaden 1993, S. 183-198.
- Preston, J.; Mercer, A.: The Influence of Product Range in the Space Allocation Procedure, *European Journal of Operational Research*, Vol. 47 (1990), S. 339-347.
- Wieland, H. J.: Computergestützte Regalplanung – Aspekte und Möglichkeiten durch elektronische Kassensysteme, *Elektronische Rechenanlagen*, Jg. 21 (1979), Heft 3, S. 147-151.
- Zufryden, F. S.: A Dynamic Programming Approach for Product Selection and Supermarket Shelf-Space Allocation, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 37 (1986), No. 4, S. 413-422.