

# Yield Management: Preistheorie zur Koordination der Informationswirtschaft ?

Oliver Wendt  
IWI Frankfurt/M.

## 1 Einleitung

Koordination ökonomischer Aktivitäten verlangt in erster Linie die effiziente Allokation knapper Ressourcen zu alternativen Verwendungen. Die Möglichkeit, diese Allokation über die Festlegung von Preisen zu erreichen, die die relative Knappheit einzelner Güter anzeigen, gilt in Marktwirtschaften als nahezu unumstritten.

Die klassische mikro-ökonomische Theorie [vgl. Debreu (1959), Malinvaud (1974), Hildenbrand (1976)] unterstellt in ihren Marktpreismodellen allerdings Konsumgüter, die ihren Wert (Nutzenstiftungspotential) bis zu dem Zeitpunkt behalten, an dem sie vom Konsumenten verzehrt werden und ab dann ihre Existenz verlieren. Je nachdem, wie leicht das eigene Produkt durch Produkte von Konkurrenten substituierbar ist, gelingt es dem einzelnen Anbieter mehr oder weniger gut, einen Preis am Markt durchzusetzen, der über den variablen Selbstkosten des Gutes liegt.

Auch wenn die Bepreisung solcher Konsumgüter heute noch den Großteil der Marketingliteratur zur Preistheorie dominiert [vgl. z.B. Nieschlag (1994), Simon (1992)], ist seit langem bekannt, daß diese Modelle weder zur Bepreisung verderblicher Waren noch zur Bepreisung von Dienstleistungen sinnvoll verwendet werden können und hier somit auch keine effiziente Ressourcenallokation sicherstellen können.

Das sogenannte Yield Management versucht, diese Lücke durch dynamische Preisbildungs- oder Kontingenzierungsansätze in Theorie wie Praxis zu schließen und wird z.B. im Airline-Bereich seit Jahren erfolgreich zur Gewinnmaximierung eingesetzt.

Der vorliegende Beitrag zeigt, daß die Probleme der gewinnmaximalen Bepreisung von Information eine hohe Analogie zu den im Yield-Management unter-

suchten Problemstellungen aufweisen und skizziert, wie eine Übertragung der Methoden auf informationswirtschaftliche Probleme vorzunehmen ist.

## 2 Problemstellungen des Yield Management

Die mangelnde Anwendbarkeit der klassischen Preistheorie liegt in vielen Branchen darin begründet, daß die Menge des in einem Zeitraum verfügbaren Angebots nach oben limitiert ist und nur zu prohibitiv hohen Kosten ausgeweitet werden kann. Sind Produktionsprozesse aber durch hohe *Kapazitätsbereitstellungskosten* und *hohe dynamische Bereitschaftskosten* [vgl. Bertsch (1990a)] gekennzeichnet, sind die variablen Grenzkosten einer zusätzlichen Leistungseinheit innerhalb der gegebenen Kapazitäten meist gering. Entsprechend resultieren hohe Deckungsbeiträge.

Da jede zusätzliche Nachfrage mit einem positiven Deckungsbeitrag zur Deckung der irreversibel vordisponierten Kapazitätskosten beiträgt, bietet eine entsprechende Preis-/Mengensteuerung erhebliches Gewinnsteigerungspotential. Dieses ist umso eher der Fall, je höher die *sprungfixen Kosten* der Bereitstellung zusätzlicher Produktionskapazitäten sind (z.B. ein Zusatzflug).

Vor diesem Hintergrund kann in Anlehnung an Belobaba und Vogel Yield Management definiert werden als die *Summe aller Verfahren, welche durch eine integrierte Preis- und Kapazitätssteuerung, die richtigen Einheiten eines zukünftig bereitzustellenden Kapazitätstyps dem richtigen Kundentyp so zuordnen, daß der Deckungsbeitrag der Betriebseinheit maximiert wird* [vgl. Belobaba (1989), Vogel (1989)].

Kimes [Kimes (1989)] identifiziert folgende Charakteristika von Produktionsprozessen als besonders vielversprechende Rahmenbedingungen für den Einsatz von Yield-Management-Methoden:

- relativ fixe Produktionskapazitäten
  - Möglichkeit zur Marktsegmentierung
  - Nichtlagerbarkeit und Verderblichkeit der Produkteinheiten
  - Produktverkauf vor Produktionsbeginn
  - hohe Volatilität der Nachfrage
  - niedrige Grenzkosten zusätzlicher Leistungseinheiten / hohe sprungfixe Kapazitätsänderungskosten
-

## 2.1 Beispielhafte Einsatzfelder des Yield-Management

Als klassische Beispiele für "verderbliche" Produkte, deren Wert im Zeitablauf sinkt oder zu einem konkreten Zeitpunkt gänzlich verfällt, wären zu nennen:

- **Lebensmittel:** Gerade im gastronomischen Bereich muß bedingt durch die Verderblichkeit vieler Lebensmittel das Angebot auf Tagesbasis disponiert werden; eine Weiterverwendung von Restbeständen der Tageskarte gilt zumindest im Hochpreissegment als äußerst imageschädigend, eine Nachbeschaffung von ausgegangenen Zutaten ist meist unmöglich. Obwohl eigentlich die klassische Domäne der "perishable assets" schlechthin, haben die unten dargestellten Konzepte des Yield Management im gastronomischen Bereich noch kaum Eingang gefunden.
- **Bekleidungs- / Modeartikel:** Die Bekleidungsindustrie steht vor dem identischen Problem, allerdings mit einer weit längeren halbjährigen Periode. Yield Management erfolgt (nach Kenntnis des Autors) hier zwar nicht methodengestützt, wird aber durch die im Schlußverkauf gipfelnde Serie von Preisreduktionen seit mehreren Jahrzehnten heuristisch praktiziert.
- **Airline Industries (Passage & Cargo):** Der auf einem bestimmten Flug eingesetzte Flugzeugtyp determiniert die maximale Kapazität der beförderbaren Passagiere und Frachtzuladung. Darüber hinausgehende Nachfrage muß entweder abgewiesen oder durch Substitute (andere Airlines, anderer Termin) befriedigt werden. Wie unten dargestellt, ist der Airline-Bereich in der Praxis wie der Literatur das Hauptanwendungsfeld bisheriger YM-Bemühungen.
- **Hotel- & Tourismus-Gewerbe:** Die Zahl der zu einem Datum verfügbaren Hotelzimmer läßt sich kurzfristig ebensowenig anpassen wie die Beförderungskapazität eines Flugs.
- **Autovermietungen:** In diesem Bereich ließe sich der Bestand der verfügbaren Ressourcen (z.B. durch Anmietung fremder Wagen) sicherlich einfacher variieren als im Hotelgewerbe, trotzdem setzen gerade Autovermietungen in jüngster Zeit vermehrt auf Yield Management-Konzepte und betrachten die Größe ihres Wagenparks nicht als kurzfristig disponibel.

Die Aufzählung der Beispiele macht bereits deutlich, daß der Begriff der "Verderblichkeit" offenbar einerseits auf Waren (z.B. Lebensmittel) angewandt wird, andererseits aber auch auf Dienstleistungen, oder besser gesagt: auf das *periodenbezogene Potential*, eine Dienstleistung zu erbringen, welches verdirbt, wenn es nicht genutzt wird. Nicht der entsprechende Potentialfaktor (Sitz, Hotelzimmer, Mietwagen) selbst verdirbt hierbei, sondern nur die Möglichkeit, ihn *in dieser einen Bezugsperiode* noch zur Generierung von Erlösen einsetzen zu können. In

---

der nächsten Periode steht der Potentialfaktor (im Gegensatz zu dem verdorbenen Lebensmittel) wieder unverändert zur Verfügung.

## 2.2 Historische Entwicklung des Yield Management

Während die Literatur zum Bereich Yield Management Anfang der 70er Jahre sowohl für den Hotel- wie auch den Luftverkehrsbereich erste Ansätze zur Überbuchungssteuerung lieferte, kann von einem systematischen Praxiseinsatz der Yield Management-Methoden erst seit der Deregulierung des US-amerikanischen Luftverkehrsmarkts 1979, unter der Vorreiterrolle von American Airlines beobachtet werden. Aufgrund zahlreicher positiver Erfahrungsberichte aus der Luftverkehrsbranche [vgl. z.B. Smith (1992)] findet das Konzept seit Ende der achtziger Jahre zunehmende Anwendung in anderen Bereichen der Logistik- und Transportindustrie sowie der Hotelindustrie, bei Mietwagenfirmen oder Reiseveranstaltern [vgl. z.B. Weatherford (1992)].

Weil der Begriff des Yield Management als Maximierung des *Durchschnittsertrags* mißverstanden werden kann, werden die Konzepte in der neueren Literatur treffender als *"Perishable Asset Revenue Management"* oder *"Profit Management"* [vgl. z.B. Weatherford (1992), Remmers (1994)]. Da sich diese Begriffe in der Praxis bislang nicht durchsetzen konnten und "Revenue Management" ebenso die Kostenseite vernachlässigt, halten wir weiterhin am Begriff Yield Management fest.

## 3 Strukturelle Besonderheiten des Yield Management für Informationsprodukte / Informationsdienstleistungen

Der Informationsbegriff wurde zwar gerade in den letzten Jahren in der betriebswirtschaftlichen Literatur ausgiebig diskutiert wobei allerdings die Zahl der phänomenologischen Abgrenzungsarbeiten im Vordergrund steht. Anpassungen der Produktionstheorie für Informationsproduktion sind seltener zu finden [vgl. Fandel (1994), Bode (1993)], eine explizite Preistheorie der Information sucht man bislang vergeblich.

Im vorliegenden Beitrag soll auf eine umfassende Diskussion der oftmals sehr sinnvollen Differenzierung von Daten- und Informationsproduktion verzichtet werden. Gerade im Hinblick auf eine "automatisierte Informationsverarbeitung" erscheint dies gerechtfertigt. Der Leser stelle sich daher unter einem Informationsprodukt im folgenden also bitte eine Musik-Datei, das Chart eines Wertpapiers oder einen im WWW abrufbaren Stadtplan vor und unter einer Informationsdienstleistung eine Bewertung der Risikostruktur seines Wertpapierportfolios (nach festgelegten Verfahren) oder die Tourenplanung für eine von ihm vorge-

gebene Menge zu beliefernder Kunden. Aspekte der Unsicherheit oder der Nichtdeterminiertheit des Produktionsprozesses (z.B. kognitive Akte der Gererierung "neuer" Erkenntnis) bleiben hier völlig ungeklammert, d.h. dem Anbieter eines Informationsprodukts oder einer Informationsdienstleistung ist, aktivitätsanalytisch gesprochen, seine Produktionstechnologie vollständig bekannt.

Der Hauptunterschied zwischen physischen Gütern und Informationsprodukten besteht in diesen Fällen sicherlich in den vernachlässigbaren Reproduktionskosten einmal produzierter Information (sog. quasibeliebige Kopierbarkeit).

Als wesentliche Folge resultiert hieraus, daß die bei physischen Gütern so nützliche Unterscheidung in Repetier- und Potentialfaktoren eines Produktionsprozesses für Informationsgüter wenig sinnvoll erscheint: Man könnte zunächst verleitet sein, den Algorithmus (oder seine Implementierung z.B. in C++) als Potentialfaktor zu klassifizieren, die von ihm verarbeiteten Input-Daten dagegen als Repetierfaktoren und die Outputs (z.B. das Börsenchart) als Analogon zu den produzierten Sachgütern, die entweder als Repetierfaktoren in neue Produktionsprozesse eingehen, oder aber vom "Endverbraucher" konsumiert werden.

Gerade der "Verbrauch" von Informationsgütern ist aber logisch unmöglich, da die Inputfaktoren eines Algorithmus nach dessen Ablauf immer noch für beliebige weitere Verwendung zur Verfügung stehen und "mutwillig vernichtet" werden müssen (z.B. durch Überschreiben von Speicherplatz durch andere Information), wenn dies nicht mehr gewünscht ist.

Somit kommt nur eine Klassifikation als Potentialfaktor in Betracht, die allerdings auch recht unglücklich ist: Das Hauptproblem der Nutzung von Potentialfaktoren, nämlich die Konkurrenz der Produktionsprozesse um diese Ressource und die daraus resultierenden Probleme der Ablaufplanung bestehen hier nicht, da auch jeder Algorithmus wie seine Inputdaten selbst beliebig repliziert werden kann.

Wenn dies so ist, warum wird dann Information nicht beliebig verschenkt, oder anders ausgedrückt, warum sind viele Anbieter von Information im Internet zunehmend unzufrieden mit dem Anspruch des "Internet-Consumers", Information müsse verschenkt werden?

Das Kernproblem der Informationsproduktion liegt nicht in der Konkurrenz um die Ressource Information selbst, sondern in der *mittelbaren* Konkurrenz um die knappen *physischen* Träger der Produktionsprozesse, also die Hardware der Informationsproduktion (Rechner oder Menschen) und Informationslogistik (Netzressourcen). Die Kosten der Produktion einer bestimmten Information sind nämlich primär Opportunitätskosten einer Nutzung der physischen Potentialfaktoren, die zur Befriedigung alternativer Nachfragen nach anderen Informations- oder Sachgütern eingesetzt werden könnten. Und daß deren Bindung im informationellen Produktionsprozeß vielfach vernachlässigt wird, kann jeder Leser bestätigen, der während des "downloads" seiner E-mails über Modem nervös nach Al-

---

alternativen zum Starren auf die Sanduhr sucht (und diese wegen der hohen Rüstkosten eines Task-Wechsels meist wieder verwirft).

Der Einwand, daß diese Verlagerung der Knappheitsbetrachtung auf die Ebene der physischen Träger zwar für "kopierte" Information gelten mag, die Anfertigung des "ersten Stücks" aber doch zu Engpässen auf der informationellen Ebene selbst führe, scheint stichhaltig, ändert aber nichts an der Problematik, daß gerade auch zur Berechnung oder kreativen Erzeugung dieser Erstinformation zumindest ein physischer Prozessor in Form eines Menschen oder eines Computers "nachdenken" muß, der dies auch über andere Probleme tun könnte.

Eine zweite mögliche Kritik setzt an der Frage an, warum diese Argumentation spezifisch für Informationsprodukte gelten sollte: Gerade durch Just-in-time-Konzepte (JIT) und Flexible Fertigungssysteme (FFS) erlebt die industrielle Fertigung seit Jahren eine dramatische Verschiebung des Kapitals aus dem Umlauf- ins Anlagevermögen, mit dem Effekt, daß die Maschinenstunde immer teurer, die in den Wertschöpfungsprozeß eingehenden Repetierfaktoren dagegen immer nebensächlicher werden. Im utopischen Extremfall produziert die CNC-Maschine dann in kürzester Zeit aus Sand, einigen Metallen und Erdöl Mikrochips.

Man könnte erwidern, daß die CNC-Maschine diese immense Wertschöpfung nur erbringen kann, da sie zum überwiegenden Teil einen informationellen Potentialfaktor darstellt. Andererseits ist dieser Streit insofern völlig überflüssig, als die unten diskutierten Konzepte des Yield-Management in der Tat auch in rein materiellen Wertschöpfungsnetzwerken zur Preisfindung eingesetzt werden können, wenn keine nennenswerten variablen Einzelkosten anfallen.

Welche hohen strukturellen Analogien zwischen dem Yield Management von "klassischen" und informationellen Dienstleistungen bestehen, läßt sich am Vergleich eines Restaurants mit einem Rechner illustrieren: Das Restaurant weist Gästen für kurze Zeiträume Sitzplätze zu und bewirtet sie, der Rechner beherbergt und bearbeitet die Daten und die Ablauflogik bestimmter Prozesse ebenfalls in bestimmten Zeitintervallen. Die Küchencrew entspricht hierbei der Ressource "Prozessor", die Sitzplätze der Ressource "Hauptspeicher". Allerdings ist das Restaurant-Problem dahingehend einfacher, als im Buchungszeitpunkt die Zahl der zu bewirtenden Gäste bekannt ist und über den Zeitraum der Leistungserbringung konstant bleibt und die Auswahl der von der Küche abzuarbeitenden "Programme" durch die Speisekarte beschränkt ist. Im allgemeinen Fall der Abarbeitung eines beliebigen Programms durch einen Rechner ist diesem (zumindest in klassischen Betriebssystemen) ex ante weder der maximale Speicherbedarf noch die Bearbeitungszeit bekannt.

*Verderblichkeit der Information* bedeutet allerdings nicht die Veränderung des Zustands der Information selbst (wie bei Lebensmitteln) sondern eine Veränderung der Nachfrage: Der DAX vom 15.5.98 verändert sich nicht mehr, allerdings

---

wird es in zwei Jahren wesentlich weniger Prozesse geben, die diesen Kurs als Input nachfragen, als dies heute der Fall ist.

## 4 Verfahren des Yield Management

Die zur Lösung des Yield-Management-Problems in der Literatur entwickelten Verfahren beziehen sich zum überwiegenden Teil auf den Airline-Kontext und lassen sich anhand ihrer theoretischen Fundierung und Komplexität grundsätzlich einteilen in pragmatische Lösungsverfahren und Optimierungsverfahren.

Nachfolgend werden die wichtigsten Verfahren kurz skizziert und anschließend die Möglichkeiten einer Anpassung auf den hier vorliegenden Kontext des Yield Management für Informationsprodukte diskutiert.

### 4.1 Pragmatische Lösungsverfahren

Unter dem Begriff pragmatische Lösungsverfahren seien jene Techniken und Verfahren des Yield Management zusammengefaßt, welche in der Praxis eine weite Verbreitung gefunden haben und weniger auf theoretischen Optimalitätsüberlegungen als auf pragmatischen Überlegungen, das Yield Management-Problem zu operationalisieren, beruhen [vgl. Curry (1994)].

#### 4.1.1 Geschachtelte Kontingentierung

Unter Kontingentierung wird der Zuordnungsprozeß von Kapazitäten gleicher Art zu Kontingenten unterschiedlicher Preis- oder *Buchungsklassen*, verstanden. Ziel ist es, den unterschiedlichen *Preisklassen* eine Buchungspräferenz zuzuweisen, d.h. eine gezielte Limitierung der Verfügbarkeit von ermäßigten Tarifen zu gegebenen Nutzungszeitpunkten vorzunehmen. Anhand von Nachfrageprognosemodellen erfolgt die Allokation der gegebenen Kapazitäten zu Buchungsklassen und die Ermittlung der Buchungsgrenzen der einzelnen Tarifklassen. Im Buchungsverlauf wird für jede Anfrage geprüft, ob in der angefragten Tarifklasse noch Kapazität vorhanden ist. Ist das angefragte Kontingent bereits erschöpft, so wird die Anfrage nur dann akzeptiert, wenn in einer geringerwertigen Tarifklasse noch Kapazität verfügbar ist. Dieses Verfahren der sukzessiven Integration des Kontingentsbeitragsniedrigerer Kontingente in die jeweils profitableren ist in der Luftverkehrsindustrie heute gängig.

Auch wenn dieses sog. "Nesting" der Kontingente deutlich bessere Ergebnisse erbringt als die starre Kontingentierung, führt es lediglich zu suboptimalen Ergebnissen. Sowohl die starre Kontingentierung als auch das Verfahren der Schachtelung gehen von der Annahme aus, daß man zu Buchungsbeginn den

---

Buchungsklassen optimale Kontingente zuordnet. Da diese Kontingentierung zum einen lediglich statisch ist und zum anderen die Zahl der vorgegebenen Buchungs-(Preis-)klassen darüber entscheidet, wie vollständig die potentiell vorhandene Nachfrage erfaßt wird, führt dieses Verfahren nicht zur gewinnmaximalen Kapazitätsauslastung [vgl. Hornick (1991)].

Prinzipiell bereitet die Übertragung von Kontingent-Konzepten auf den Informations-Kontext keine Probleme: Die angebotenen Services können z.B. gemäß ihrer (mittleren) Antwortzeiten am Markt differenziert werden, so daß eine „First-Class“-Portfolio-Bewertung z.B. durchschnittlich binnen einer Sekunde abgeschlossen ist, während die gleiche Bewertung im „Overnight“-Service zu einem weit günstigeren Preis angeboten wird, dafür aber bis zum nächsten Morgen dauern darf. Die Ressourcen des / der Server können nun analog zum Airline-Modell in First- / Business- / und Economy-Kontingente (oder jede andere Zahl von Service-Klassen) unterteilt werden. In den entsprechenden Zeitkontingenten stehen die Ressourcen dann exklusiv zur Bearbeitung der Service-Anfragen der entsprechenden Klasse zur Verfügung.

Allerdings gelten die methodischen Schwächen des Kontingentkonzepts dann selbstverständlich auch für die Adaption auf Informationsprodukte und Informationsdienstleistungen.

#### **4.1.2 Expected Marginal Seat Revenue (EMSR)**

Das Ziel dieses von Belobaba entwickelten Modells [vgl. Belobaba (1987) u. (1989)] ist die Lösung des statischen und dynamischen Kapazitätszuteilungsproblems durch die mathematische Bestimmung von "Schutzgrenzen" höherer Tarifklassen, die zugleich auch Kapazitätsgrenzen für die Akzeptanz niedriger Tarifklassen darstellen. Zur Lösung dieses Kapazitätszuteilungsproblems wird die wahrscheinliche Nachfrage nach den einzelnen Tarifklassen in eine Seat Inventory Control-Methodik integriert. Grundlage des Ansatzes ist, daß die Wahrscheinlichkeit der Nachfrage nach einem Flug - wie empirische Studien auch belegen - der Normalverteilung folgt. Ferner gilt, daß die Nachfragedichte in jeder Tarifklasse nicht signifikant korreliert, ebensowenig wie die Menge der Anfragen während unterschiedlicher Zeitpunkte. Unter diesen Voraussetzungen läßt sich das Modell für den statischen Fall wie folgt formulieren:

$S_i$  sei gleich dem Kontingent der Tarifklasse  $i$ .

$r_i$  sei gleich der Anzahl der tatsächlichen Anfragen nach Tarifklasse  $i$ .

$f_i$  sei gleich dem durchschnittlichen Tarifniveau in der Klasse  $i$ , wobei die Sortierung nach absteigendem Tarifniveau erfolgt.

$P_i(S_i)$  sei gleich der Wahrscheinlichkeit, daß alle Anfragen  $r_i$  nach der Tarifklasse  $i$  angenommen werden können (d.h.  $r_i \leq S_i$ ).

$\overline{P}_i(S_i) = 1 - P_i(S_i)$ , ist die Wahrscheinlichkeit der Ablehnung ( $r_i > S_i$ ) von Anfragen in der Tarifklasse  $i$ .

$EMSR_i(S_i) = f_i * \overline{P}_i(S_i)$ , ist gleich der erwartete marginale Seat Revenue für die Tarifklasse  $i$ , also der zusätzlich generierte Umsatz, wenn die Anzahl der zur Verfügung stehenden Sitze in dieser Klasse um 1 erhöht wird. Dies entspricht dem durchschnittlichen Tarifniveau in Klasse  $i$ , multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit des Verkaufes von  $S_i$  oder mehr Sitzen.

$S_i^j$  sei die Anzahl der Sitze, die vor Buchungen der (weniger profitablen) Klasse  $j$  geschützt werden und exklusiv der Klasse  $i$  zur Verfügung stehen. Der optimale Wert von  $S_i^j$  muß folglich der folgenden Bedingung genügen:

$$EMSR_i(S_i^j) = f_j, \text{ für alle } i < j; j = 2, \dots, k \text{ und mit } k = \text{Anzahl der Tarifklassen.}$$

Dies bedeutet, daß alle Sitze mit einem erwarteten marginalen Profit größer  $f_j$  nicht in der Tarifklasse  $j$  sondern in einer höherwertigen Tarifklasse verkauft werden sollten. Die optimale Sitzverteilung ist somit erreicht, wenn der *Grenzertrag* einer weiteren verkauften Kapazitätseinheit in einer Tarifklasse gleich dem der nächst niedrigeren ist:

$$\frac{\partial R}{\partial S_i} = \frac{\partial R}{\partial S_j} = \lambda, \text{ für alle Tarifklassen } i \neq j$$

$R$  ist hierbei der gesamte erwartete Umsatz,  $\lambda$  stellt den "Expected Marginal Seat Revenue" für die letzte zugeteilte Kapazitätseinheit in der jeweiligen Tarifklasse dar.

Die optimale Buchungsgrenze (booking limit BL) für jede Tarifklasse  $j$  ergibt sich somit wie folgt:

$$BL_j = \max [0; \text{Kapazität} - \sum_{i < j} S_i^j]$$

Graphisch läßt sich dies durch sogenannte Indifferenzpunkte veranschaulichen, wie in untenstehender Abbildung dargestellt. Diese markieren die optimale Anzahl der Sitze, die bei einer gegebenen Kapazität für eine höherwertige

Tarifklasse reserviert werden sollte. Sie beträgt im Beispiel  $S_2^1=7$ , d.h. sieben Sitze werden exklusiv für Klasse 1 reserviert, in Klasse 2 können somit 18 Sitze gebucht werden. Für Klasse 3 stehen hier lediglich 2 Sitze zur Verfügung, da  $S_3^1=10$  und  $S_3^2=13$ , also insgesamt 23 Sitze vor einer Buchung aus Klasse 3 geschützt werden müssen.

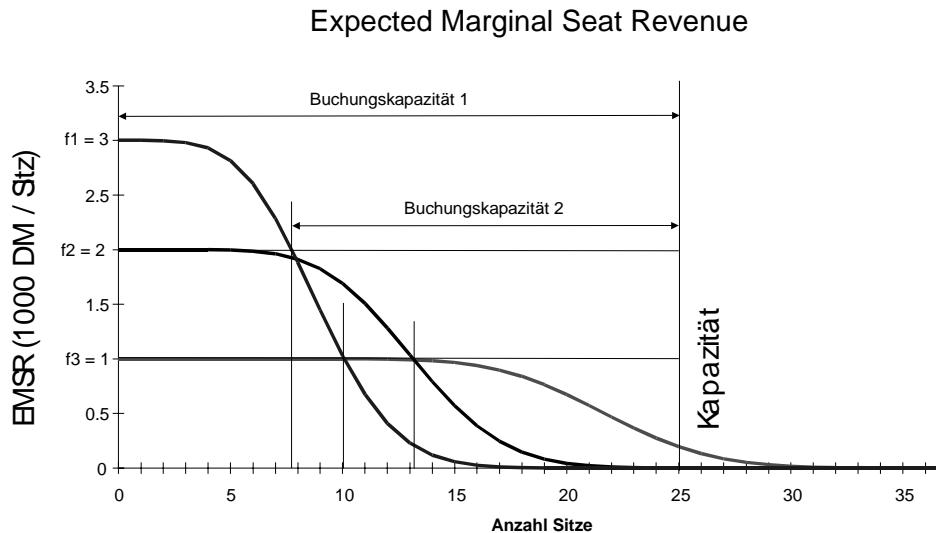


Abbildung 1: EMSR-Modell für drei geschachtelte Buchungsklassen.

Kritisiert wird an diesem Ansatz die Notwendigkeit zur Clusterung der Anfragen in Buchungsklassen, welche eine gewinnmaximale Ausschöpfung der Nachfrage verhindert, sowie die Tatsache, daß der EMSR ein statisches Modell ist. Die von Belobaba postulierte Dynamisierung [Belobaba (1989)] wird lediglich dadurch erreicht, daß im Zeitablauf, bei Vorliegen neuer Informationen, das statische Modell jeweils neu initialisiert wird [Kimes (1989)].

Die Übertragung in den Informationskontext ist auch hier mit keinen neuen methodischen Problemen verbunden: Anstelle des erwarteten marginalen Ertrag (revenue) eines Sitzes wird z.B. der erwartete marginale revenue eines zusätzlichen Prozents Prozessorleistung oder Hauptspeicherzuweisung an die entsprechende Serviceklasse bestimmt. Im Gegensatz zum Sitz im Airline-Fall sind allerdings die natürlich vorgegebenen atomaren Einheiten der Ressource Prozessor (eine Operation) oder Hauptspeicher (ein Byte) viel zu klein, um eine sinnvolle Grundlage der Allokation darzustellen. Welches die optimale Granularität der Allokation dieser Ressourcen darstellt und wie oft diese Allokation im Zeitablauf anzupassen ist, um einen optimalen Trade-off von Yield-Management-Overhead und Umsatzsteigerung zu erzielen, muß untersucht werden.

## 4.2 Stochastische Dynamische Programmierung auf Basis Markoff'scher Entscheidungsprozesse

Aufgrund der Tatsache, daß Yield Management ein wiederkehrendes dynamisches Entscheidungsproblem unter Unsicherheit darstellt, führen die statischen Lösungsalgorithmen der linearen Programmierung nicht zur optimalen Lösung des Entscheidungsproblems [vgl. Kimes (1989)]. Vielmehr gehört Yield Management zu der Klasse von Entscheidungsproblemen, die sich mit (hier stochastischer) dynamischer Programmierung bewältigen lassen [vgl. Alstrup (1986)]. Da es sich hierbei um die mathematisch optimale Lösung des zeitpunktbezogenen Yield-Management-Problems handelt, soll der Lösungsweg anschaulich mit Hilfe eines Beispiels illustriert werden [vgl. Wendt (1991)]:

Man stelle sich einen von seiner Sitzplatzkapazität auf sechs Sitzplätze in der ersten Klasse beschränktes Verkehrsflugzeug vor, das zu einem bestimmten zukünftigen Zeitpunkt von Ort A nach Ort B fliegen wird. Die Sitzplätze können einzeln oder zu mehreren verkauft werden, das heißt zu jedem Zeitpunkt vor Abflug kann die Restkapazität in der 1. Klasse einen von folgenden sieben Werten annehmen, die man zum sogenannten Zustandsraum  $Z$  zusammenfaßt:

$$Z := \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}.$$

Der Yield Manager für diesen Flug erhält nun Kapazitätsanfragen, die er entweder akzeptieren oder ablehnen kann und die sich sowohl durch die Anzahl der nachgefragten Sitze als auch durch den Preis unterscheiden. Im folgenden wird vereinfachend davon ausgegangen, daß es nur drei verschiedene Typen von Sitzplatzanfragen (F1, F2 und F3) gibt. Deren Attribute und die Wahrscheinlichkeit, daß sie angefragt werden, sind in folgender Tabelle zusammengefaßt:

Typ	Wahrscheinlichkeit	Angefragte Sitzplätze	Erlös
F1	0.5	1 Sitz	1 Geldeinheit
F2	0.3	2 Sitze	4 Geldeinheiten
F3	0.2	3 Sitze	9 Geldeinheiten

*Tabelle 1: Beispielhafte Verteilung von Buchungsanfragen*

Es soll ferner angenommen werden, es gäbe keine Unsicherheit über die Anzahl der bis zum Abflug noch eingehenden Anfragen, das heißt die Zahl der noch folgenden Teilentscheidungen ist zu jedem Entscheidungszeitpunkt bekannt. Es kann somit jeder Anfrage ein (rückwärts zählender) Index  $k$  zugeordnet werden, der aussagt, daß nach Anfrage  $k$  noch  $k-1$  Sitzplatzanfragen kommen werden.

Um eine optimale Annahmeentscheidung zu treffen, müßte der Entscheidungsträger auf jeder Stufe  $k$  nicht nur den Typ seiner Anfrage und die zur Verfügung stehende Restkapazität  $i$  kennen, sondern auch den Wert  $V_{k-1}(i)$  der für die  $k-1$  verbleibenden Anfragen verfügbaren Restkapazität  $i$  im Falle der Ablehnung der

Anfrage  $k$  sowie den Wert  $V_{k-1}(i - \text{Sitzanzahl}_k)$  der um die Sitzanzahl der aktuellen Anfrage reduzierten Restkapazität im Falle des Akzeptierens der zur Disposition stehenden Anfrage. Er könnte dann abwägen, ob

$$\text{Erlös}_k + V_{k-1}(i - \text{Sitzanzahl}_k) \geq V_{k-1}(i).$$

Ist dies der Fall, so wird die Anfrage akzeptiert, andernfalls wird sie abgelehnt. Ausgehend von  $V_0(i)$ , das null sein muß für alle möglichen Restkapazitäten  $i$  (wenn keine einzige Anfrage mehr eintrifft, kann auch kein Erlös mehr generiert werden), kann die optimale Annahmepolitik für Stufe  $k=1$  und damit der Wert  $V_1(i)$  für jedes  $i$  berechnet werden, wobei die optimale Annahmepolitik für diese Stufe nur lauten kann: Akzeptiere jede Anfrage, welche kleiner oder gleich der Restkapazität ist, denn das Aufsparen von Kapazität macht keinen Sinn, wenn keine weiteren Anfragen mehr eingehen. Mittels oben angegebener Wahrscheinlichkeitsverteilung kann für jede übrig gebliebene Restkapazität  $i$  der erwartete Restwert  $V_1(i)$  bestimmt werden.

Hierauf aufbauend kann nun die optimale Annahmepolitik für Stufe  $k=2$  berechnet werden. Auf Stufe  $k=2$  stellt sich erstmalig die Frage nach einem Aufsparen von Kapazität für Stufe  $k=1$ : Der erwartete Ertrag auf Stufe  $k=2$  setzt sich (je nach Annahmepolitik) zusammen aus dem auf dieser Stufe generierten erwarteten Erlös  $r(i,a)$  und dem Wert der für Stufe  $k=1$  übrigbleibenden Restkapazität  $V_1(j)$ , wobei  $j$  die neue (bei Annahme reduzierte) Restkapazität angibt (die Werte für  $V_1$  wurden gerade berechnet):

$$V_2(i) := \max_a [r(i,a) + \sum_j p(i,a,j) V_1(j)].$$

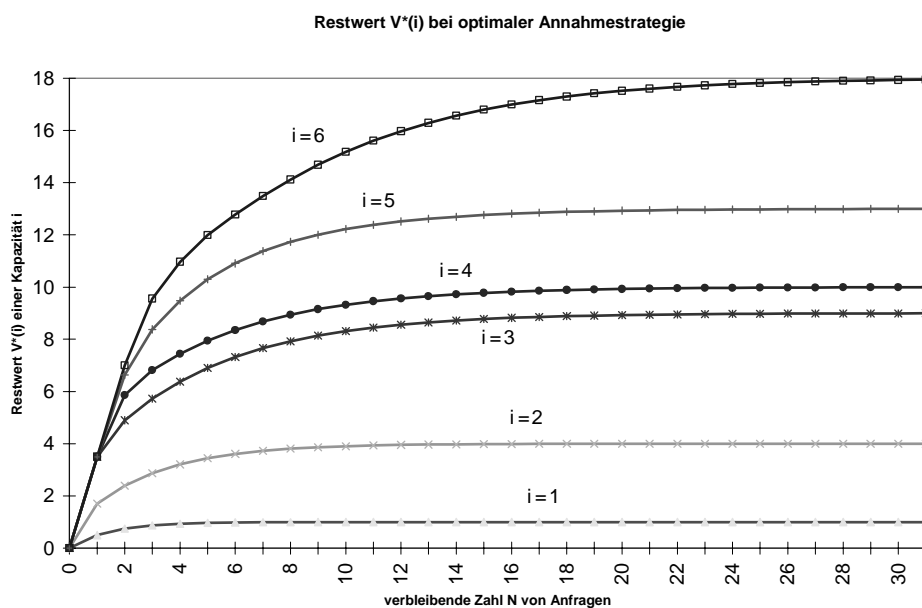


Abbildung 2: Wert einer gegebenen Restkapazität im Zeitablauf

Indem für jeden möglichen Zustand  $i$  und jede mögliche Annahmepolitik  $a$  der Wert der Kapazität verglichen wird, ist für jeden Zustand  $i$  die optimale Annahmevervorschrift zu ermitteln. Hierbei stellt  $p$  die Übergangswahrscheinlichkeit von Kapazität  $i$  auf Kapazität  $j$  unter Annahmepolitik  $a$  dar. Setzt man diesen Iterationsprozeß fort, läßt sich für jede beliebige Stufe  $k$  die optimale Yield Management-Politik bestimmen. Abbildung 2 vermittelt eine Vorstellung vom asymptotischen Verlauf des maximalen Wertes einer gegebenen Restkapazität  $i$  bei unterschiedlicher Anzahl  $N$  verbleibender Kapazitätsanfragen (für unseren Beispielfall aus Tab. 1).

Trotz der Optimalität dieses Lösungsansatzes hat er bislang wenig Eingang in die Yield Management-Praxis gefunden. Als Grund hierfür läßt sich neben den erheblichen Anforderungen an die Rechnerkapazität - die allerdings, durch gezielte Vereinfachungen handhabbar werden [vgl. Wendt (1991)] - vor allem die Tatsache anführen, daß die gegenwärtig im Einsatz befindlichen Reservationssysteme auf dem oben dargestellten Konzept der Buchungsklassen basieren, welche vom hier beschriebenen Entscheidungsmodell zum Auffinden der optimalen Lösung nicht benötigt werden. Somit läuft dieses den heutigen "Denkstrukturen der Anwender" entgegen.

Als flexibelster der dargestellten Ansätze erscheint dieses Modell gerade auch im Informations-Kontext als vielversprechender Ansatz, da die für alle anderen Modelle nötige Zusammenfassung der Services zu einer willkürlich festgelegten Zahl von Service-Klassen mit gleichem oder doch zumindest ähnlichem Deckungsbeitrag hier vollständig vermieden werden kann. Für jede Ressource  $r$  wird für jede zukünftige Zeitscheibe  $t$  die Kapazität  $i$  bewertet, d.h. es existiert eine Restwertfunktion  $V^*(t, r, i)$ . Wird nun ein Service wie z. B. eine Portfoliobewertung für einen bestimmten Kunden bepreist, welcher eine komplexes Wertschöpfungsnetz an Sub-Services (unterschiedlichste Datenbankabfragen und Berechnungen) in Gang setzt, die ihrerseits Angebote für ihren Service zu einem bestimmten Zeitpunkt bestimmen müssen, so müssen lediglich die Restwertfunktionen aller betroffenen Services addiert werden, einmal für den Fall der Nichterbringung des Service und einmal für den Fall der Erbringung des Service. Die Differenz dieser beiden Werte ergibt die Opportunitätskosten und stellt somit die adäquate Preisuntergrenze für den Service dar.

Sofern sich die Nachfrage strukturell nicht ändert (also lediglich im Rahmen der prognostizierten Verteilungsparameter schwankt), ist keinerlei Neuberechnung dieser Restwertfunktion  $V^*$  nötig. Dies stellt gerade in Systemen mit hoher Transaktionslast einen wesentlichen Vorteil gegenüber den oben dargestellten Ansätzen dar: Im Airline- oder Hotelbereich geht das Gros der Buchungsanfragen oft mehrere Wochen, zumindest aber Tage im voraus ein. Im Bereich der Informationsproduktion wird sich der Verkauf einer Zeitscheibe Systemleistung dagegen innerhalb weniger Sekunden oder sogar Sekundenbruchteile vor der Leistungserbringung abspielen. In diesem Zeitrahmen müssen somit auch für alle

Anfragen und alle Services die aktuellen „Spot-Markt-Preise“ berechnet werden. Natürlich kann auch hier durch Discount-Angebote und Abonnement-Tarife darauf hingewirkt werden, daß der Kunde z. B. die Leistung einer Portfoliobewertung schon mehrere Stunden oder über ein Abonnement sogar Tage im voraus bucht.

## **5 Network Yield Management**

In jüngster Zeit gelangen vor allem jene Airlines, die bereits seit mehreren Jahren Yield Management betreiben, immer stärker zu der Einsicht, daß ein isoliertes Yield Management einzelner Flüge auch bei Einsatz optimaler Methoden wertvolle Ertragspotentiale verschenkt. Dies liegt in der Tatsache begründet, daß die Zahl der dem Kunden angebotenen Flugverbindungen die Zahl der Direktflüge heute um ein Vielfaches übersteigt. Gerade bei internationalen Verbindungen sind Flugrouten über zwei oder drei sogenannte Legs immer häufiger anzutreffen. (Als Legs werden hierbei die jeweils von einem Start bis zur nächsten Landung reichenden „Einzelteile“ einer Flugverbindung bezeichnet.) Bietet eine Airline beispielsweise die Flüge New York-Frankfurt und Frankfurt-Berlin in zeitlich akzeptabler Folge an, so bedient dieses Angebot neben den beiden Marktsegmenten New York-Frankfurt und Frankfurt-Berlin auch das Marktsegment New York-Berlin. Werden daneben auch die Legs Chicago-Frankfurt und Frankfurt-München angeboten, so erhöht sich die Gesamtzahl relevanter Märkte bereits auf acht.

In der Hotelbranche wird unter der Bezeichnung „Duration Control“ das analoge Problem adressiert: Viele Kunden fragen ihr Zimmer nicht für eine einzige Nacht (entsprechend einem Leg) an, sondern planen einen längeren Aufenthalt (entsprechend einem Multi-Leg-Flug) [vgl. Bitran (1995)].

Das Problem des Yield Management wird hierdurch drastisch verkompliziert: Die Produktion der Dienstleistung Transport oder Übernachtung konsumiert hier nicht nur eine einzelne „verderbliche“ Ressource, sondern oftmals mehrere solcher Ressourcen gleichzeitig. Aus allen potentiell um die verfügbaren Ressourcen konkurrierenden Märkten sind nach Möglichkeit wiederum nur die ertragsmaximierenden Buchungsanfragen zu akzeptieren. Hierbei muß nun nicht nur die Gefahr der Verdrängung potentiell höherwertiger Anfragen im gleichen Marktsegment berücksichtigt werden; vielmehr müssen alle konkurrierenden Märkte in die Betrachtung einbezogen werden.

Unter dem Schlagwort des „O&D control“ (origin and destination Steuerung) wurde zunächst eine Aufteilung der verfügbaren Kapazität auf die entsprechenden Marktsegmente (O&D-Paare) favorisiert. In unserem obigen Beispiel wären beispielsweise Kontingente für Zwei-Leg-Verbindungen Chicago-München, Chicago-Berlin, New York-München und New York-Berlin festzulegen, die aus der Kapazität der einzelnen Legs „herausgeschnitten“ und anschließend wie Direkt-

---

flüge über eine der oben genannten Yield-Management-Methoden bewirtschaftet werden. Anhand von Computersimulation mit historischen Nachfragen wird die optimale Größe dieser Kontingente bestimmt.

Auch hier läßt sich leicht nachweisen, daß eine Festlegung starrer Kontingente im Falle eines Abweichens des aktuellen Buchungsverlaufs von der Prognose vorhandene Freiheitsgrade unnötig beschränkt und somit keine Ertragsmaximierung gewährleistet.

Das am Massachusetts Institute of Technology entwickelte sogenannte Bid-Pricing [vgl. Simpson (1989), Williamson (1992)] verzichtet daher auch auf die Ex-ante-Kontingentierung und beschränkt sich stattdessen auf die (dynamische) Festlegung von Preis-Untergrenzen, die für ein bestimmtes Leg mindestens erbracht werden müssen. Wird nun ein Flug angefragt, der sich über drei Legs erstreckt, so muß mindestens die Summe der drei Preis-Untergrenzen geboten werden.

Allerdings ist den zahlreichen Praxisberichten zum Erfolg des Bid-Pricing (fast durchgängig wird von Ertragssteigerungen von ein bis zwei Prozent berichtet) nicht zu entnehmen, welche Algorithmen zur Berechnung der Preisuntergrenzen herangezogen werden. In vielen Fällen dürfte es sich wie auch bei der Kontingentierung um eine simulative Bestimmung handeln.

Trotz der euphorischen Anwendung in der Praxis weist die Methode zwei gravierende theoretische Defekte auf:

- Der erste Defekt besteht in der unterstellten Differenzierbarkeit des Wertes der verbleibenden Restkapazität, was allerdings für (bezogen auf die Gesamtkapazität) grobe Granularität der Ressource (z.B. Flug mit nur 20 Sitzen) stärkere Verzerrungen bewirkt als in unserem Anwendungsfall, in dem die Anteile an Prozessorleistung oder Speicherplatz zwar auch diskret sind, aber in sehr viel kleineren Einheiten verändert werden können.
- Der zweite Defekt besteht in der unzulässigen additiven Verknüpfung der Preisuntergrenzen einzelner Legs des Netzwerks. Wiederum kommt es bei geringen Restkapazitäten oder Gruppenbuchungen zu drastischen Divergenzen von der optimalen Bewertung: Erwartet ein 50-Zimmer-Hotel z.B. eine hochpreisige Nachfrage von Messegästen von Montag bis Samstag einer bestimmten Woche, und kommt es in dieser Situation zu einer frühzeitigen Anfrage einer Reisegruppe von 40 Personen für Mittwoch, so wird Bid-Pricing zwar die Verdrängung der Messegäste für Mittwoch bewerten, der Verbundeffekt, daß vmtl. keiner der Messegäste am Mittwoch in ein anderes Hotel umziehen möchte, bleibt jedoch völlig unberücksichtigt. Korrekterweise hätte die Reisegruppe somit den Nachfrageausfall für fünf Nächte kompensieren müssen, auch wenn sie selbst nur eine Nacht buchen möchte.

Eine ausführliche Diskussion der Rahmenbedingungen, unter denen die Anwendung von Bid-Pricing trotz dieser theoretischen Defekte brauchbare Ergebnisse liefern kann, findet sich bei Talluri und [Talluri (1996)].

Die Behebung des zweiten Defekts über eine korrekte analytische Bestimmung der optimalen Restwertfunktionen ist zwar mit Hilfe stochastischer dynamischer Programmierung möglich, stößt aber auf erhebliche Komplexitätsprobleme. Die Komplexität resultiert hierbei aus der (im Beispiel angedeuteten) Unmöglichkeit, die Restwertfunktion einzelner Legs oder O&D-Kombinationen unabhängig von den übrigen Legs zu berechnen. Vielmehr muß der gesamte Zustandsraum als Menge aller möglichen Kombinationen von Verfügbarkeiten der zu bewertenden Ressourcen betrachtet werden. Gehen wir beispielsweise im Falle des obigen Netzwerks mit zwei Legs von einer maximalen Kapazität von jeweils 99 Sitzplätzen je Leg aus, so können 10000 Kombinationen von Restkapazitäten dieser Legs auftreten, die potentiell unterschiedliche Restwerte aufweisen können, bei vier Legs wären es dagegen bereits 100 Millionen verschiedener Werte.

Durch eine geeignete Clusterung des Zustandsraums kann die Komplexität der Berechnungen und der Datenhaltung reduziert werden. Allerdings wird hierdurch auch die stochastische dynamische Programmierung zur Heuristik und kann bzgl. ihrer Qualität mit anderen Verfahren wie z.B. linearem Bid-Pricing nur noch simulativ verglichen werden.

Bezogen auf den Informations-Kontext wird schnell einsichtig, daß Network Yield Management-Probleme in verteilten Systemen eine große Rolle spielen: Einerseits müssen (wie im Airline-Fall die Passagiere) hier die Ergebnisse der Sub-Services zur Verarbeitung des übergeordneten Service weitergeleitet werden, die ggf. auf anderen Hardware-Komponenten untergebracht sind. Andererseits werden viele Service-Aufträge mehrere konsequente Zeitscheiben einer Ressource in Anspruch nehmen, was dem Multi-Day-Problem im Hotel-Fall entspricht. Eine gewisse Vereinfachung besteht allerdings darin, daß die meisten Prozesse glücklicherweise „preemptiv“ sind, d.h. ihre Unterbrechung (um die Ressource kurzfristig anderweitig zu nutzen) führt zwar zu zusätzlichen Rüstkosten, ist aber im Gegensatz zum Hotel-Problem grundsätzlich möglich.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die Probleme der dynamischen Be-  
preisung von (automatisierter) Informationsproduktion für eine anonyme  
Marktnachfrage große Ähnlichkeiten mit den im Yield-Management anderer  
Dienstleistungen aufweisen. Allerdings lassen sich auch zahlreiche Besonderheiten  
feststellen, die eine direkte Übernahme der Yield-Management-Verfahren  
erschweren. Trotzdem scheint keines der aufgeworfenen Probleme unüber-

---

windbar. Im Gegenteil: Die Adaption erscheint deutlich leichter zu leisten als eine Anpassung der klassischen betriebswirtschaftlichen Preistheorie.

Die größten Schwierigkeiten einer Anwendung liegen im informationellen wie im materiellen Bereich in der Komplementarität bestimmter Potentialfaktoren, die entweder gleichzeitig verfügbar sein müssen oder sequentiell zur Abarbeitung der Verarbeitungsprozesse benötigt werden. Somit treten die aus dem Bereich der Produktionsablaufplanung bekannten Scheduling-Probleme in ihrer gesamten Komplexität auch hier im Rahmen der optimalen Kapazitätsbepreisung auf und müssen mittels geeigneter heuristischer Verfahren gelöst werden.

## 7 Literaturverzeichnis

- Alstrup (1986) Alstrup, J./Boas, S./Madsen, O. et al: *Booking Policy for Flights with two Types of Passengers*, in: European Journal of Operational Research 27 (1986), S. 274-288.
- Belobaba (1987) Belobaba, P.: *Air Travel Demand and Airline Seat Inventory Management*, Massachusetts Institute of Technology Report R87-7, 1987.
- Belobaba (1989) Belobaba, P.: *Application of a Probabilistic Decision Model to Airline Seat Inventory Control*, in: Operations Research 37 (1989), H.2, S. 183-197.
- Bertsch (1990a) Bertsch, L.: *Expertensystemgestützte Dienstleistungskostenrechnung*, Stuttgart 1990.
- Bertsch (1990b) Bertsch, L.: *Kostenbasierte Bestimmung situativer Preisuntergrenzen für Luftfrachttransportleistungen*, in: ZfV 1990, H.4, S. 237-253.
- Bitran (1995) Bitran, G.R.; Mondschein, S.V.: *An Application of Yield Management to the Hotel Industry Considering Multiple Day Stays*; Operations Research 43 (1995); S. 427-443.
- Bode (1993) Bode, J.: *Betriebliche Produktion der Information*; Wiesbaden (Gabler) 1993.
- Curry (1994) Curry, R.: *What Models make a good Revenue Management System*, in: Scorecard - The Revenue Management Quarterly 1994, Technical Brief H.4
- Debreu (1959) Debreu, G.: *Theory of Value*; New York (John Wiley and Sons) 1959.
- Fandel (1994) Fandel, G.: *Aktivitätsanalyse der Datenverarbeitung*; OR-Spektrum 16 (1994) S. 95-100.
- Hildenbrand (1976) Hildenbrand, W.; Kirman, A.P.: *Introduction to equilibrium analysis*, North-Holland, Amsterdam, 1976.
- Hornick (1991) Hornick, S.: *Value Based Revenue Management - A new Paradigm for Airline Seat Inventory Control*, in: Advanced Software Technology in Air Transport 91, hrsg. v. Behrendt, R./Bertsch, L., Halbergmoos 1991, S. 139-155.
- Kimes (1989) Kimes, S.: *Yield Management, A Tool for Capacity-Constrained Service Firms*, in: JOpMgmt 1989, H.4, S. 348-363.
-

- Krüger (1990) Krüger, L.: *Yield Management*, in: Controlling 1990, S. 240-251
- Malinvaud (1974) Malinvaud, E.: *Lectures on Microeconomic Theory*; Amsterdam (North-Holland), 4. ed. 1974
- Nieschlag (1994) Nieschlag, R.; Dichtl, E.; Hörschgen, H.: *Marketing*, 17. Auflage, Berlin 1994
- Remmers (1994) Remmers, J.: *Yield Management im Tourismus*, in: Tourismus als Informationsgeschäft, hrsg. von Schertler, W., Wien 1994, S. 171-205.
- Simon (1992) Simon, H: *Preismanagement*, 2.A., Wiesbaden 1992.
- Simpson (1989) Simpson, R.W.: *Using Network Flow Techniques to Find Shadow Prices for Market and Seat Inventory Control*, MIT Flight Lab. Memorandum M89-1, Cambridge, Massachusetts 1989.
- Smith (1992) Smith, B./Leimkuhler, J./Darrow, R.: *Yield Management at American Airlines*, in: Interfaces 1992, H.1, S. 8-31.
- Talluri (1996) Talluri, K. / Ryzin, G.: *An Analysis of Bid-Price Controls for Network Revenue Management*, Working Paper of the Management Science and Operations Management Division, Columbia Business School, Columbia University, New York 1996.
- Vogel (1989) Vogel, H.: *Yield Management-Optimale Kapazität für jedes Marktsegment zum richtigen Preis*, in: Fremdenverkehrswirtschaft International, Nr.22, 10.10.1989.
- Washburn (1996) Washburn, Kevin; Evans, Jim: *TCP/IP, running a successful network*; Addison-Wesley 1996.
- Weatherford (1992) Weatherford, L./Bodily, S.: *A Taxonomy and Research Overview of Perishable-Asset Revenue Management: Yield Management, Overbooking and Pricing*, in: Operations Research 40 (1992), H.5, S. 831-844.
- Wendt (1991) Wendt, O.: *Optimal Pricing of Capacity in Yield Management Systems*, in: Advanced Software Technology in Air Transport 91, hrsg. v. Behrendt, R./Bertsch, L., Halbergmoos 1991, S. 161-178.
- Williamson (1992) Williamson, E.L.: *Airline Network Seat Control*. Ph.D. Thesis, MIT, Cambridge Massachusetts 1992.
-