

Christoph Winkler

## Optimierung im Airline Revenue Management

ANWENDUNGEN  
PROBLEME  
WISSEN

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation . . . . .	1
1.2	Ziel der Arbeit . . . . .	3
1.3	Aufbau der Arbeit . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Grundlagen des Revenue Managements</b>	<b>7</b>
2.1	Einführung und Begriffsdefinitionen . . . . .	7
2.2	Entwicklung des Revenue Managements . . . . .	9
2.2.1	Historie des Revenue Managements . . . . .	9
2.2.2	Anwendungsvoraussetzungen für Revenue Management .	12
2.2.3	Wichtige Anwendungsfelder des Revenue Managements .	17
2.2.3.1	Luftfahrtindustrie . . . . .	17
2.2.3.2	Hotelindustrie . . . . .	19
2.2.3.3	Autovermietungen . . . . .	20
2.2.3.4	Einzelhandel . . . . .	21
2.2.3.5	Weitere Anwendungsfelder . . . . .	23
2.3	Problembereiche des Revenue Managements . . . . .	23
2.3.1	Problembereiche im Überblick . . . . .	23
2.3.2	Grundlegende Notationen . . . . .	25
2.3.3	Kapazitätssteuerung . . . . .	26
2.3.3.1	Betrachtung einer Ressource – EMSR-Verfahren	27
2.3.3.2	Network Revenue Management . . . . .	33
2.3.4	Overbooking-Entscheidungen . . . . .	34
2.3.5	Dynamic Pricing . . . . .	35
2.3.5.1	Grundidee des Dynamic Pricing . . . . .	36
2.3.5.2	Erweiterungen des Dynamic Pricing . . . . .	40
2.3.6	Forecasting . . . . .	42

<b>3 Das Netzwerk-Problem im Revenue Management</b>	<b>47</b>
3.1 Grundsätzliche Problemstellung . . . . .	47
3.2 Verschiedene Netzwerktypen . . . . .	50
3.2.1 Multi Leg-Netzwerke . . . . .	51
3.2.2 Hub-and-Spoke-Netze . . . . .	52
3.3 Exakte Lösungsmöglichkeit für das Netzwerk-Problem . . . . .	53
3.3.1 Formulierung als Dynamisches Programm . . . . .	54
3.3.2 Lösung des Dynamischen Programms . . . . .	56
3.4 Approximative Verfahren . . . . .	57
3.4.1 Approximation als Netzwerkmodell . . . . .	59
3.4.1.1 Deterministic Linear Programming . . . . .	59
3.4.1.2 Probabilistic Nonlinear Programming . . . . .	60
3.4.2 Dekompositionsverfahren . . . . .	62
3.4.2.1 Approximation mittels Virtual Nesting . . . . .	63
3.4.2.2 OD Factor Methods . . . . .	67
3.4.2.3 Prorated EMSR-Verfahren . . . . .	68
3.4.3 Vergleich approximativer Verfahren . . . . .	69
3.5 Mögliche Erweiterungen . . . . .	71
<b>4 Overbooking und Kunden mit flexibler Nachfrage im Network Revenue Management</b>	<b>73</b>
4.1 Entwicklung verschiedener DLP-Modelle . . . . .	73
4.2 Bekannte DLP-Modelle . . . . .	75
4.2.1 Grundlegendes DLP . . . . .	75
4.2.2 DLP für Overbooking . . . . .	76
4.2.3 DLP für flexible Angebote . . . . .	78
4.3 DLP-Modell für flexible Angebote und Overbooking . . . . .	80
4.3.1 Formulierung des DLP-Modells . . . . .	81
4.3.2 Anwendung des DLP-Modells . . . . .	82
4.3.2.1 Direkte Berechnung von Buchungslimits . . . . .	82
4.3.2.2 Steuerung mit Bid Prices . . . . .	83
4.4 DLP-Modell unter Berücksichtigung von Klassen . . . . .	84
4.4.1 Formulierung des DLP-Modells . . . . .	84
4.4.2 Wichtige Eigenschaften des DLP-Modells . . . . .	87
4.4.2.1 Simultane Betrachtung von Overbooking und flexiblen Angeboten . . . . .	88

---

4.4.2.2	Unterscheidung verschiedener Klassen	90
4.4.2.3	Exakte Darstellung der Show-Rate	91
4.4.3	Anwendung und Einsatz des DLP-Modells	92
<b>5</b>	<b>Integration von Fleet Assignment</b>	<b>95</b>
5.1	Der Planungsprozess im Airlinebereich	95
5.1.1	Problembereiche in der Airlineplanung	96
5.1.2	Steuerung als Sukzessivplanung	99
5.1.2.1	Grundsätzlicher Aufbau	99
5.1.2.2	Interdependenzen der einzelnen Stufen	101
5.2	DLP-Modell mit Zuordnung von Flugzeugtypen	103
5.2.1	Darstellung des DLP-Modells	103
5.2.2	Beschreibung des DLP-Modells	105
5.3	DLP-Modell mit Fleet Assignment	106
5.3.1	Fleet Assignment-Modell	106
5.3.1.1	Darstellung des Fleet Assignment-Modells	106
5.3.1.2	Erläuterungen zum Fleet Assignment-Modell	108
5.3.2	Fleet-DLP-Modell	109
5.4	Beschreibung des Fleet-DLP-Modells	111
5.4.1	Wichtige Eigenschaften des DLP-Modells	111
5.4.1.1	Integration von Revenue Management-Aspekten	112
5.4.1.2	Durchführung eines Fleet Assignments	113
5.4.1.3	Möglichkeit eines Re-Fleetings	115
5.4.2	Verwendung und Einsatz des Modells	116
<b>6</b>	<b>Anwendungsbeispiele</b>	<b>119</b>
6.1	Beispiel mit einer Flugrichtung	119
6.1.1	Betrachtetes Netzwerk	119
6.1.2	Input-Daten	121
6.1.3	Implementierung in MATLAB und CPLEX	123
6.1.4	Berechnungen mit verschiedenen Modellen	124
6.1.4.1	DLP mit Overbooking	124
6.1.4.2	DLP mit Overbooking und flexiblen Angeboten	126
6.1.4.3	DLP mit Aircraft-Type Assignment	128
6.2	Beispiel mit zwei Flugrichtungen	132
6.2.1	Betrachtetes Netzwerk	132

6.2.2	Input-Daten	135
6.2.3	Implementierung in MATLAB und CPLEX	138
6.2.4	Berechnungen mit verschiedenen Modellen	138
6.2.4.1	Fleet-DLP	138
6.2.4.2	Erweiterung um Re-Fleeting	141
6.3	Zusammenfassung der Berechnungen	145
<b>7</b>	<b>Resümee</b>	<b>147</b>
<b>Anhang</b>		<b>151</b>
<b>A</b>	<b>Netzwerkdarstellungen im Revenue Management</b>	<b>151</b>
A.1	Netzwerke im Airlinebereich	151
A.2	Netzwerke in weiteren Anwendungsbereichen	155
<b>B</b>	<b>Ergänzungen zum Fleet Assignment</b>	<b>159</b>
<b>C</b>	<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>163</b>
C.1	Bezeichnungen für verwendete Größen	163
C.2	Weitere Bezeichnungen	166
C.3	Verwendete Abkürzungen	167
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>169</b>

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Weltweite Airline-Routen (Quelle: <a href="http://www.biodiaspora.com">www.biodiaspora.com</a> ). . . . .	2
1.2	Aufbau der Arbeit. . . . .	4
2.1	Problembereiche des Revenue Managements im Überblick. . . . .	24
2.2	Prinzip des EMSR-Verfahrens für zwei Tarifprodukte. . . . .	28
2.3	EMSR-Verfahren für drei Tarifprodukte (vgl. Belobaba (1989) [27], S. 187). . . . .	29
2.4	Überbuchungsmodelle des Revenue Managements im Überblick. .	34
3.1	Netzwerk mit zwei Flügen. . . . .	48
3.2	Netzwerk mit drei Flügen. . . . .	51
3.3	Netzwerk mit vier Flügen. . . . .	51
3.4	Lineares Netzwerk mit Zeitangaben und vier Flügen. . . . .	52
3.5	Hub-and-Spoke-Netz mit einem Hub. . . . .	53
3.6	Approximative Verfahren im Überblick. . . . .	59
3.7	Zuordnung von realen zu virtuellen Klassen (Buckets). . . . .	67
4.1	Entwicklung von verschiedenen DLP-Modellen. . . . .	74
4.2	Lineares Netzwerk mit Zeitangaben und vier Flügen. . . . .	89
5.1	Problembereiche der Airlineplanung im Überblick (in Anlehnung an Gopalan/Talluri (1998a) [104], S. 156). . . . .	100
5.2	Grundprinzip der Darstellung des Fleet Assignment-Modells. .	108
5.3	Fleet Assignment innerhalb einer Periode. . . . .	114
5.4	Fleet Assignment innerhalb einer Periode mit Re-Fleeting. . .	115
6.1	Netzwerk mit einer Flugrichtung an einem Tag. . . . .	120
6.2	Ergebnisse bei Anwendung des DLP-over-Modells. . . . .	125

6.3	Ergebnisse bei Anwendung des DLP-flex-over-Modells. . . . .	127
6.4	Ergebnisse mit Aircraft-Type Assignment – Nachfragesituation 1. .	129
6.5	Ergebnisse mit Aircraft-Type Assignment – Nachfragesituation 2. .	131
6.6	Netzwerk mit zwei Flugrichtungen. . . . .	133
6.7	Ergebnisse bei Anwendung des Fleet-DLP-flex-over-Modells – Nachfragesituation 1. . . . .	139
6.8	Ergebnisse bei Anwendung des Fleet-DLP-flex-over-Modells – Nachfragesituation 2. . . . .	142
6.9	Routenführung bei Nachfragesituation 1. . . . .	144
6.10	Routenführung bei Nachfragesituation 2. . . . .	144
7.1	Entwicklung der DLP-Modelle im Überblick. . . . .	147
A.1	Lineares Netzwerk im Airlinebereich. . . . .	151
A.2	Airline-Netzwerk mit parallelen Flügen (physische Darstellung). .	152
A.3	Airline-Netzwerk mit parallelen Flügen (Darstellung mit Zeitangaben). . . . .	152
A.4	Airline-Netzwerk mit Umsteigemöglichkeit in einem Airport (physische Darstellung). . . . .	153
A.5	Airline-Netzwerk mit Umsteigemöglichkeit in einem Airport (Darstellung mit Zeitangaben). . . . .	153
A.6	Airline-Netzwerk mit Umsteigemöglichkeit in zwei Airports (Darstellung mit Zeitangaben). . . . .	154
A.7	Hub-and-Spoke-Netz mit mehreren Hubs. . . . .	155
A.8	Lineares Netzwerk im Hotelbereich. . . . .	156
A.9	Lineares Netzwerk im Rental Car-Bereich. . . . .	156

# Tabellenverzeichnis

2.1	Anwendungsfelder des Revenue Managements. . . . .	17
3.1	Preise in Geldeinheiten (GE) für Verbindungen und zugehörige Klassen. . . . .	48
3.2	Indexing angebotener Netzwerk-Produkte. . . . .	66
3.3	Vor- und Nachteile approximativer Verfahren. . . . .	69
4.1	Wichtige Eigenschaften des class-specific DLP-flex-over-Modells. . . . .	88

