

Modellbasierte und prozeßorientierte Flugplanung

Konzeption, Implementierung und Anwendungspotentiale
eines Decision Support Systems zur Flugplanung
in der AirCargo-Industrie

Inauguraldissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der
Universität zu Köln

2000

vorgelegt
von

Dipl.-Wirt.Inform. Markus Zils (CEMS-Master)

aus

Köln

Referent: Prof. Dr. Dr. Ulrich Derigs
Koreferent: Prof. Dr. Werner Delfmann
Tag der Promotion: 14. Juli 2000

Wirtschaftsinformatik und Operations Research

Band 5

Markus Zils

Modellbasierte und prozeßorientierte Flugplanung

Konzeption, Implementierung und
Anwendungspotentiale eines Decision Support Systems
zur Flugplanung in der AirCargo-Industrie

D 38 (Diss. Universität zu Köln)

Shaker Verlag
Aachen 2001

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Zils, Markus:

Modellbasierte und prozessorientierte Flugplanung: Konzeption,
Implementierung und Anwendungspotentiale eines Decision Support
Systems zur Flugplanung in der Air Cargo-Industrie /

Markus Zils. Aachen : Shaker, 2001

(Wirtschaftsinformatik und Operations Research ; Bd. 5)

Zugl.: Köln, Univ., Diss., 2000

ISBN 3-8265-8329-9

Copyright Shaker Verlag 2001

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-8329-9

ISSN 1433-8521

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Für meine Eltern, Ruth und Dana.

Dieser Arbeit möchte ich meinen Dank voranstellen, der den Personen gelten soll, die auf die eine oder andere Weise zu ihr beigetragen haben.

Allen voran ist mein Doktorvater Professor Dr. Dr. Ulrich Derigs zu nennen. Die Betreuung einer Dissertation gleicht der Begleitung einer Erstbesteigung eines zunächst von Wolken verhüllten Gipfels. Bei dieser gilt es zwischen Anregung einerseits und vertrauensvoller Gewährung von Freiräumen bei der Seilführung andererseits genau zu dosieren. Für seinen Weitblick, die gelegten Fixpunkte und sein Fingerspitzengefühl dabei gilt ihm mein besonderer Dank.

Bei Herrn Prof. Dr. Werner Delfmann möchte ich mich bedanken, daß er sich während seiner Amtszeit als Dekan die Zeit genommen hat das Zweitgutachten zu erstellen.

Ferner habe ich vielfältige Unterstützung durch meine Kollegen Michael Belling, Lenard Campen, Stefan Ems, Asvin Goel, Michael Heckmann, Nils-Holger Nickel, Reiner Ploch und Oliver Ziemek erfahren. Besonders hervorheben möchte ich Jürgen Antes für seine unermüdliche Diskussionsbereitschaft. Reza Namazi und Dirk Völkel bin ich zum Dank für die Unterstützung bei der Implementierung der Dialogkomponente verpflichtet. Lydia Freitag und meiner Schwester Ruth Zils gebührt herzlicher Dank für die sorgfältige und mitdenkende Durchsicht des Manuskriptes.

Bei Stephan Loos möchte ich mich für die ermunternden Gespräche bedanken. In diesen hat er wieder einmal gezeigt, daß er als Theologe selbst in der Wunderwelt der Wirtschaftsinformatik ein sicheres Gespür für den rechten Weg besitzt.

Meinen Eltern danke ich, daß sie mir den Wert einer guten Ausbildung früh verdeutlicht und mir umfassend Gelegenheit, Unterstützung und Freiraum für die meine gegeben haben. Ohne Ihr Vertrauen und Ihren Rückhalt wäre ich heute nicht der, der ich bin.

Meine Freundin Dana Wengrzik hat mich nicht nur stets ermutigt, sondern sie hat mich auch auf allen Abschnitten des Weges mit liebevoller Aufmerksamkeit sowie engagierter Geduld aktiv begleitet. Für all dies und viel mehr gebührt ihr mein herzlicher Dank.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	1
2	Einführung	5
2.1	Die AirCargo-Industrie	5
2.2	Airline Operations Research	10
2.3	Decision Support System (DSS)	12
2.3.1	DSS-Architektur	12
2.3.2	DSS-Technologieebenen	14
2.3.3	DSS-Entwicklungsprozeß	15
2.3.4	DSS-gestützter Problemlösungsprozeß	16
2.4	DSS-gestützter Flugplanungsprozeß	17
2.5	Aufbau der Arbeit	18
3	Planung in der AirCargo-Industrie	21
3.1	Planungsparadigma der Airline Industrie	25
3.1.1	Flugplangenerierung	26
3.1.2	Flugplanbewertung	27
3.1.2.1	Bestimmung von Zulässigkeit und Kosten	27
3.1.2.2	Bestimmung des Erlöspotentials	27
3.1.3	Planungszyklus	28
3.2	Planungsphasen in der AirCargo-Industrie	29
3.2.1	Markt- und Produktplanung	30
3.2.2	Netzstrukturplanung	32
3.2.3	Flugplanung	34
3.2.4	Netzflußplanung	37
3.3	Planungsstrategien	39

4 Die konzeptionelle Datenmodellierung für die AirCargo-Industrie	41
4.1 Airports und Airlines	41
4.2 O&Ds	46
4.3 Flugzeuge und Flotte	47
4.4 Bodenabfertigung	49
4.4.1 Frachthandling	49
4.4.2 Transportmittelabfertigung	51
4.4.3 Transportmittelwartung	52
4.5 Streckennetz	54
4.6 Crew	61
4.7 Flugpläne	62
4.8 Frachtsendestrom	64
5 Das AirCargo Scheduling Problem (ACSP)	67
5.1 Probleminput	68
5.2 Problemoutput	69
5.3 Zielfunktion	69
5.4 Annahmen	72
5.4.1 Annahmen zu den Kosten	72
5.4.2 Annahmen zur Standardisierung des Realitätsauschnittes	74
5.5 Restriktionen	77
5.5.1 Airport-Restriktionen	77
5.5.2 Netz- und Flugplanrestriktionen	79
5.5.3 O&D-Restriktionen	80
5.5.4 Handling-Restriktionen	80
5.5.5 Frachtsendestromrestriktionen	81

6	Die mathematische Modellierung des ACSP	83
6.1	Das Raum-Zeit-Netzwerk	83
6.2	Expansion des Raum-Zeit-Netzwerkes	86
6.2.1	Knotenexpansion zur Modellierung der Transportmit- telabfertigung	86
6.2.2	Knotenexpansion zur Modellierung des Frachthandlings	94
6.2.3	Kantenexpansion zur Modellierung des Frachthandlings	97
6.2.4	Kantenexpansion zur Modellierung rollierender Planung	101
6.2.5	ACSP-Netzwerk	104
6.3	Das ACSP-Modell	107
6.3.1	Zielfunktion	110
6.3.2	Restriktionen	112
6.4	Erweiterungen des ACSP-Modells	115
6.4.1	Maintenance-Restriktionen	115
6.4.1.1	Kalenderstundenzahl-Restriktionen	116
6.4.1.2	Cycle-Restriktionen	117
6.4.1.3	Flugstundenzahl-Restriktionen	117
6.4.2	Ground-Ressource-Restriktionen	118
6.4.2.1	Gate-Restriktionen	118
6.4.2.2	Parking-Restriktionen	119
6.4.2.3	Start- und Landebahnkapazitätsrestriktionen	119
6.4.3	Frequenz-Restriktionen	120
6.4.3.1	Minimum-Frequency-Restriktion	121
6.4.3.2	Balanced-Flight-Pattern-Restriktion	121
6.4.4	Erweiterung der Zielfunktion	122
6.4.4.1	Stationsfixkosten	122
6.4.4.2	Kapitalkosten der eingesetzten Flotte	123
6.4.4.3	Route-Setup-Kosten	124
6.4.4.4	Complexity-Kosten	124
6.5	Modellanalyse	125
6.5.1	Interpretation der Modelllösung	125
6.5.2	Modellkomplexität und Rechenbarkeit	126
6.5.3	Modellverwendung	127

7	DSS-gestützter Planungsprozeß für das ACSP	129
7.1	Planungsphasen	130
7.1.1	Intelligence	131
7.1.2	Design	132
7.1.3	Choice	133
7.2	Planungszyklen	133
8	Das Decision Support System für das ACSP	137
8.1	Datenkomponente	137
8.1.1	Funktionale Datenbanken und Data Warehouse	139
8.1.2	Datengenerierungsmethoden	141
8.1.2.1	O&D-Estimator	141
8.1.2.2	Potential Leg Generator	143
8.1.2.3	Scenario Generator	145
8.2	Methodenkomponente	146
8.2.1	Preprocessing	146
8.2.1.1	Bound Generator	146
8.2.1.1.1	ACSP-Aggregation	148
8.2.1.1.2	LP-Relaxierung I	154
8.2.1.1.3	LP-Relaxierung II	154
8.2.1.1.4	Constrained-Shortest-Path-Ansatz	154
8.2.1.2	Start Solver	159
8.2.1.2.1	Konstruktion physischer Rotationen mit CSP-Ansatz	159
8.2.1.2.2	Konstruktion logischer Rotationen mit Greedy-Algorithmus	161
8.2.1.3	O&D und Network Aggregator	161
8.2.1.4	Reduktionsmethoden	162
8.2.1.4.1	Potential Leg Reduction	162
8.2.1.4.2	O&D Reduction	163
8.2.1.4.3	Belly Reduction	165
8.2.1.4.4	RFS Reduction	165

8.2.2	Schedule Generation	166
8.2.2.1	Schedule Editor	168
8.2.2.2	Schedule Iterator	169
8.2.2.3	Schedule Generator	172
8.2.2.3.1	Genetische Algorithmen	173
8.2.2.3.1.1	Das Kalibrierungsproblem Ge- netischer Algorithmen	175
8.2.2.3.1.2	Adaptive Genetische Algorith- men	176
8.2.2.3.1.3	Adaptive Genetic Algorithm Programming Environment	178
8.2.2.3.2	Kodierungen für das ACSP	180
8.2.2.3.2.1	Potential-Leg-basierte Kodie- rung	181
8.2.2.3.2.2	Airport-basierte Kodierung	183
8.2.2.3.3	Interpretationsfunktion	184
8.2.2.4	Connection Builder	189
8.2.2.5	Market Share Analyzer	190
8.2.2.6	Traffic Flow Optimizer	192
8.2.2.7	Traffic Flow Approximator	192
8.2.2.8	Profit Contribution Calculator	195
8.2.3	Postprocessing	195
8.2.3.1	RFS Feeding	197
8.2.3.2	RFS Rest Connector	198
8.2.3.3	RFS Elimination	198
8.2.3.4	Operations Simulator	199
8.2.3.5	O&D Simulator	199
8.3	Dialogkomponente	201
8.3.1	KPI Analyzer	203
8.3.2	Schedule Analyzer	206
8.3.3	Traffic Flow Analyzer	215
8.3.4	Risk Profiler	218

8.3.5	Schedule Editor	221
8.3.5.1	O&D-Sicht	223
8.3.5.2	Potential-Leg-Sicht	225
8.3.5.3	Leg-Sicht	225
8.3.5.4	Frachtsendestrom-Sicht	226
9	Rechenergebnisse und Anwendungspotentiale des ACSP-DSS	229
9.1	ACSP-Benchmark	229
9.1.1	Benchmarktypologie	231
9.1.1.1	Regionale Airport-basierte Instanzen	232
9.1.1.2	Globale Cargo-Only-Operator-Instanzen	233
9.1.1.3	Globale Mixed-Operator-Instanzen	236
9.1.2	Rechenergebnisse	239
9.1.2.1	Analyse der Flugplanbewertungsmethoden	239
9.1.2.2	Analyse der Flugplangenerierungsmethoden	241
9.1.2.2.1	Abschätzung der Lösungsqualität	241
9.1.2.2.2	Messung der Laufzeiten	244
9.1.3	Bewertung und Ausblick	248
9.2	Anwendungspotentiale	249
9.2.1	Strategische Flugplanung	251
9.2.1.1	Netzstruktur	251
9.2.1.1.1	Strecken	251
9.2.1.1.2	Airports	252
9.2.1.2	Flottenkomposition	255
9.2.1.2.1	Flugzeugbewertung	256
9.2.1.2.2	Flottenmixbewertung	258
9.2.1.3	Strategische Allianzen	260
9.2.2	Taktische Flugplanung	265
9.2.2.1	IATA-Halbjahresflugpläne	265
9.2.2.2	Make- or Buy-Entscheidungen bei der Kapazitätsbereitstellung	267

9.2.3	Operative Flugplanung	268
9.2.3.1	Monatsflugpläne	270
9.2.3.2	Irregular Operations	270
9.2.3.3	Kapazitätssteuerung und Revenue Management	273
9.2.4	Bewertung	276
10	Fallstudie: Ganesha Air	279
10.1	Ausgangslage	281
10.2	Netzkonsolidierung mit RFS-Hubs	282
10.3	Netzkonsolidierung mit Gateways	286
10.4	Analyse der Netzkonsolidierungen	288
10.5	Analyse der Fallstudie	297
11	Zusammenfassung und Ausblick	299
11.1	Zusammenfassung	299
11.2	Ausblick	300
A	Anhang	301
A.1	Abkürzungsverzeichnis	301