
Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1 Optimierungssysteme als Bestandteil von OR/MS	5
1.1 Operations Research, Management Science und Decision Support	5
1.2 Modellbildung im Operations Research	6
1.3 Methoden des Operations Research	8
1.3.1 Lineare Optimierung	8
1.3.2 Gemischt-ganzzahlige Optimierung	9
1.3.3 Netzwerkoptimierung	10
1.3.4 Nichtlineare Programmierung	12
1.3.5 Heuristiken und Metaheuristiken	12
1.3.6 Simulation	13
1.3.7 Entscheidungstheorie	14
1.3.8 Prognoseverfahren	15
1.3.9 Weitere datenbasierte Verfahren	16
1.3.10 Weitere Techniken des Operations Research	17
1.4 Optimierungssysteme	17
1.5 Mathematische Programmierung	19
1.6 Anwendungen in der Betriebswirtschaft	20
1.7 Praxisbeispiele	25
1.7.1 Monte-Carlo-Simulation bei Multiprofil	25
1.7.2 Call-Center-Simulation bei einer Direktbank	25
1.7.3 SCM-Planungstechniken bei Fischer-Ski	26
1.7.4 Zeitschriften-Allokation bei Time Inc.	28
1.7.5 Weitere Praxisbeispiele	29
1.8 Was sollte ich gelernt haben?	30

2	Lineare Optimierungsmodelle	31
2.1	Aufbau von linearen Modellen	31
2.2	Grafische Lösung eines 2-dimensionalen LP-Modells	33
2.3	Eigenschaften des zulässigen Bereichs	36
2.4	LP-Modelle mit spezieller Struktur	38
2.5	Lösungsverfahren für lineare Optimierungsmodelle	42
2.6	Das Simplex-Verfahren zur Lösung von LP-Modellen	44
2.6.1	Grundidee und Standardformat	44
2.6.2	Schritte des Simplex-Verfahrens	48
2.6.3	Bestimmung einer zulässigen Anfangslösung	52
2.7	Grafische Veranschaulichung – Vertiefung	56
2.7.1	Grafische Veranschaulichung der Grundidee des Simplex-Verfahrens	56
2.7.2	Basis vs. Ecke	59
2.7.3	Was ist ein „Simplex“?	60
2.8	Ökonomische Interpretation und Auswertung einer LP-Lösung	62
2.8.1	Interpretation der reduzierten Kosten und der Schattenpreise	64
2.8.2	Duales Modell und seine Interpretation	67
2.9	Praxisbeispiele	70
2.9.1	Produktionsplanung bei Bottle Caps	70
2.9.2	Optimierung der Südzucker Rübenlogistik	71
2.10	Übungsaufgaben	72
2.11	Was sollte ich gelernt haben?	74
3	Software zur Lösung und Modellierung	77
3.1	Merkmale von LP-Optimierungssoftware	77
3.2	Spezielle Implementierungstechniken – Vertiefung	80
3.3	Rechenaufwand bei der Lösung von LP-Modellen	81
3.4	Ein- und Ausgabe von linearen Optimierungsmodellen	82
3.4.1	Interaktive Ein- und Ausgabe	83
3.4.2	Ein- und Ausgabe im MPS-Format	83
3.4.3	Ein- und Ausgabe in internen Datenstrukturen	85
3.4.4	Ein- und Ausgabe über eine DLL-Schnittstelle	86
3.4.5	Spezielle Modellierungssprachen	88
3.5	Einbettung von Optimierungssoftware in Decision-Support-Systeme	90
3.6	Übungsaufgaben	92
3.7	Was sollte ich gelernt haben?	94

4	Modellierungstechniken für Optimierungsaufgaben	95
4.1	Bedeutung der richtigen Modellierung	95
4.2	Fixkostenprobleme	98
4.3	Schwellenwerte	100
4.4	Darstellung alternativer Restriktionsgruppen	102
4.5	Weitere spezielle Modellierungstechniken	103
4.6	Stückweise lineare Funktionen	107
4.7	Darstellung logischer Aussagen als Restriktionen	111
4.8	Optimierung bei mehrfacher Zielsetzung	116
4.8.1	Gewichtungen und Mindestanteile von Zielen	117
4.8.2	Goal Programming	119
4.9	Fundierung von Modellierungstechniken – Vertiefung	120
4.10	Praxisbeispiele	123
4.10.1	Sortimentsoptimierung von Büro- und Papierwaren	123
4.10.2	Verschnittoptimierung von Rollenstahl	124
4.11	Übungsaufgaben	126
4.12	Was sollte ich gelernt haben?	130
5	Lösung gemischt-ganzzahliger Optimierungsmodelle	133
5.1	Schwierigkeitsgrad von Optimierungsmodellen	133
5.2	Allgemeine Lösungsprinzipien	135
5.2.1	Greedy-Methode	135
5.2.2	Divide-and-Conquer	136
5.2.3	Eröffnungs- und Verbesserungsverfahren	137
5.2.4	Lokale Suche	138
5.2.5	Metaheuristiken und naturanaloge Verfahren	139
5.2.6	Backtracking und Branch&Bound	139
5.3	Backtracking und Branch&Bound-Verfahren	141
5.3.1	Backtracking-Verfahren und Hamilton-Kreise	141
5.3.2	Das Rucksackproblem und Job Sequencing	143
5.3.3	Anwendung von Backtracking mit Bounding	145
5.3.4	Branch&Bound-Verfahren für allgemeine MIP-Modelle	148
5.3.5	Beispiel zu Branch&Bound	151
5.4	Bemerkungen zu MIP-Modellen und deren Formulierung	155
5.4.1	Duality Gap	155
5.4.2	(Um-)Formulierung ganzzahliger Modelle – total unimodulare Matrizen	156
5.5	Spezielle Techniken und Software	158
5.6	Was sollte ich gelernt haben?	162

6	Netzwerkorientierte Optimierungsmodelle	163
6.1	Typische Optimierungsmodelle in Netzwerken	163
6.2	Grundbegriffe der Graphentheorie	166
6.3	Minimale Spannbäume	169
6.4	Kürzeste-Wege Probleme und Algorithmen	172
6.4.1	Der Dijkstra-Algorithmus	173
6.4.2	LC-Verfahren für kürzeste Wege	178
6.4.3	Kürzeste Wege zwischen allen Paaren von Knoten	181
6.4.4	Ermittlung längster Wege	183
6.5	Das Transportproblem	184
6.5.1	Das einstufige Transportproblem	184
6.5.2	Das mehrstufige Transportproblem	185
6.6	Das Transshipment-Modell	185
6.6.1	Das allgemeine Basismodell	185
6.6.2	Spezialfälle des Transshipment-Modells	188
6.7	Umformung des Transshipment-Modells	192
6.7.1	Transformation der unteren Schranken	192
6.7.2	Transformation in ein s-t-Flussproblem	194
6.7.3	Bestimmung von Zirkulationsflüssen	194
6.7.4	Kapazitätsrestriktionen auf Knoten	195
6.7.5	Ungerichtete und symmetrische Kanten	195
6.7.6	Netzwerke mit negativen Kantenbewertungen	196
6.8	Lösung des Min-Cost-Flow-Modells	197
6.8.1	Standardformat des Min-Cost-Flow-Modells	197
6.8.2	Bestimmung maximaler Flüsse	199
6.8.3	Bestimmung kostenminimaler Flüsse	203
6.8.4	Lösung mit Hilfe von Standard-Optimierungssoftware ..	207
6.9	Praxisbeispiele	209
6.9.1	Netzwerkflussmodell für Helsinki Wasserwerke	209
6.9.2	Netzausbauplanung im Gasnetz	210
6.9.3	Flugnetzoptimierung bei UPS	210
6.10	Übungsaufgaben	212
6.11	Was sollte ich gelernt haben?	213
7	Fallstudie Transportlogistik im ÖPV: Netzwerkbasierte Modellierung und Optimierung	215
7.1	Motivation	215
7.2	Produktionsplanung und -steuerung (PPS)	216
7.2.1	Hauptschritte eines PPS-Prozesses	217

7.2.2	Produktionsplanung und dispositive Kontrolle im öffentlichen Verkehr	217
7.3	Das Umlaufplanungsproblem	220
7.4	Netzwerkbasierte Modellierung des Umlaufplanungsproblems ..	222
7.5	Standard-Flussproblem und Netzwerktransformationen	225
7.6	Praxisanwendung – Probleme klassischer Modellierungsansätze	227
7.7	Aggregiertes Netzwerkflussmodell	228
7.7.1	Netzwerkflussmodell mit Anschlusslinien	229
7.7.2	Neue Aggregationsmethode für potentielle Leerfahrten ..	231
7.8	Umsetzung mit Optimierungssoftware in der Praxis	234
7.8.1	Realisierung und Rechenergebnisse	234
7.8.2	Kombination Heuristik/mathematische Optimierung ..	235
7.9	Was sollte ich gelernt haben?	236
8	Touren- und Standortplanung	237
8.1	Motivation – Transportlogistik im Güterverkehr	237
8.2	Basisprobleme der Tourenplanung	238
8.3	Mathematische Modellierung und exakte Verfahren	243
8.4	Heuristische Verfahren für Tourenplanung	247
8.4.1	Das Savings-Verfahren	247
8.4.2	Das Sweep-Verfahren	249
8.4.3	Verbesserungsverfahren	251
8.5	Dynamische Tourenplanung	254
8.6	Warehouse-Location-Probleme	256
8.6.1	Unkapazitiertes (einstufiges) WLP	256
8.6.2	Kapazitiertes (einstufiges) WLP	257
8.6.3	Mehrstufige Warehouse Location Probleme	258
8.7	Heuristische Verfahren zur Lösung von Warehouse-Location-Problemen	259
8.7.1	Eröffnungsverfahren für Warehouse Location-Probleme ..	259
8.7.2	Verbesserungsverfahren für Warehouse Location-Probleme	261
8.8	Zentrenprobleme	262
8.9	Praxisbeispiele	263
8.9.1	Tourenplanung für den technischen Kundendienst	263
8.9.2	Standortplanung bei der Stahlindustrie	263
8.10	Übungsaufgaben	265
8.11	Was sollte ich gelernt haben?	267

9	Simulation	269
9.1	Motivation und Fallstudien	269
9.2	Kontinuierliche Modelle	272
9.3	Diskrete Modelle: Techniken	275
9.3.1	Konzepte in diskreten Simulationsmodellen	275
9.3.2	Modellierung der Inputdaten	277
9.3.3	Generierung von zufallsbehafteten Inputdaten	280
9.3.4	Gestaltung und Auswertung von Simulationsexperimenten	283
9.4	Diskrete Modelle: Fallstudien und Software	287
9.4.1	Fallstudie „universitärer Druckerpool“	287
9.4.2	Simulationssoftware Arena	290
9.5	Simulation und Optimierung	293
9.6	Was sollte ich gelernt haben?	296
	Literaturverzeichnis	297
	Sachverzeichnis	303