
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	11
1.3.4 Nichtlineare Programmierung	13
1.3.5 Heuristiken und Metaheuristiken	13
1.3.6 Simulation	14
1.3.7 Entscheidungstheorie	15
1.3.8 Prognoseverfahren	16
1.3.9 Weitere datenbasierte Verfahren	18
1.3.10 Weitere Techniken des Operations Research	18
1.4 Optimierungssysteme	18
1.5 Mathematische Programmierung	20
1.6 Anwendungen in der Betriebswirtschaft	21
1.7 Praxisbeispiele	26
1.7.1 Monte-Carlo-Simulation bei Multiprofil	26
1.7.2 Call-Center-Simulation bei einer Direktbank	26
1.7.3 SCM-Planungstechniken bei Fischer-Ski	27
1.7.4 Zeitschriften-Allokation bei Time Inc.	29
1.7.5 Weitere Praxisbeispiele	30
1.8 Was sollte ich gelernt haben?	31

2	Lineare Optimierungsmodelle	33
2.1	Aufbau von linearen Modellen	33
2.2	Grafische Lösung eines 2-dimensionalen LP-Modells	35
2.3	Eigenschaften des zulässigen Bereichs	38
2.4	LP-Modelle mit spezieller Struktur	40
2.5	Lösungsverfahren für lineare Optimierungsmodelle	44
2.6	Das Simplex-Verfahren zur Lösung von LP-Modellen	46
2.6.1	Grundidee und Standardformat	46
2.6.2	Schritte des Simplex-Verfahrens	50
2.6.3	Bestimmung einer zulässigen Anfangslösung	54
2.7	Grafische Veranschaulichung – Vertiefung	58
2.7.1	Grafische Veranschaulichung der Grundidee des Simplex-Verfahrens	58
2.7.2	Basis vs. Ecke	61
2.7.3	Was ist ein „Simplex“?	62
2.8	Ökonomische Interpretation und Auswertung einer LP-Lösung	64
2.8.1	Interpretation der reduzierten Kosten und der Schattenpreise	66
2.8.2	Duales Modell und seine Interpretation	69
2.9	Praxisbeispiele	72
2.9.1	Produktionsplanung bei Bottle Caps	72
2.9.2	Optimierung der Südzucker Rübenlogistik	73
2.10	Übungsaufgaben	74
2.11	Was sollte ich gelernt haben?	76
3	Software zur Lösung und Modellierung	79
3.1	Merkmale von LP-Optimierungssoftware	79
3.2	Spezielle Implementierungstechniken – Vertiefung	82
3.3	Rechenaufwand bei der Lösung von LP-Modellen	83
3.4	Ein- und Ausgabe von linearen Optimierungsmodellen	84
3.4.1	Interaktive Ein- und Ausgabe	85
3.4.2	Ein- und Ausgabe im MPS-Format	85
3.4.3	Ein- und Ausgabe in internen Datenstrukturen	87
3.4.4	Ein- und Ausgabe über eine DLL-Schnittstelle	88
3.4.5	Spezielle Modellierungssprachen	88
3.5	Einbettung von Optimierungssoftware in Decision-Support- Systeme	91
3.6	Übungsaufgaben	94
3.7	Was sollte ich gelernt haben?	96

4	Modellierungstechniken für Optimierungsaufgaben	97
4.1	Bedeutung der richtigen Modellierung	97
4.2	Fixkostenprobleme	100
4.3	Schwellenwerte	102
4.4	Darstellung alternativer Restriktionsgruppen	104
4.5	Weitere spezielle Modellierungstechniken	105
4.6	Stückweise lineare Funktionen	109
4.7	Darstellung logischer Aussagen als Restriktionen	113
4.8	Optimierung bei mehrfacher Zielsetzung	118
4.8.1	Gewichtungen und Mindestanteile von Zielen	119
4.8.2	Goal Programming	121
4.9	Fundierung von Modellierungstechniken – Vertiefung	122
4.10	Praxisbeispiele	125
4.10.1	Sortimentsoptimierung von Büro- und Papierwaren	125
4.10.2	Verschnittoptimierung von Rollenstahl	126
4.11	Übungsaufgaben	128
4.12	Was sollte ich gelernt haben?	132
5	Lösung gemischt-ganzzahliger Optimierungsmodelle	135
5.1	Schwierigkeitsgrad von Optimierungsmodellen	135
5.2	Algorithmen und allgemeine Lösungsprinzipien	137
5.2.1	Greedy-Methode	138
5.2.2	Divide-and-Conquer	139
5.2.3	Eröffnungs- und Verbesserungsverfahren	140
5.2.4	Lokale Suche	141
5.2.5	Metaheuristiken und naturanaloge Verfahren	141
5.2.6	Backtracking und Branch&Bound	142
5.3	Backtracking und Branch&Bound-Verfahren	144
5.3.1	Backtracking-Verfahren und Hamilton-Kreise	144
5.3.2	Das Rucksackproblem und Job Sequencing	146
5.3.3	Anwendung von Backtracking mit Bounding	148
5.3.4	Branch&Bound-Verfahren für allgemeine MIP-Modelle	151
5.3.5	Beispiel zu Branch&Bound	154
5.4	Bemerkungen zu MIP-Modellen und deren Formulierung	158
5.4.1	Duality Gap	159
5.4.2	(Um-)Formulierung ganzzahliger Modelle – total unimodulare Matrizen	160
5.5	Spezielle Techniken und Software	162
5.6	Was sollte ich gelernt haben?	166

6	Netzwerkorientierte Optimierungsmodelle	167
6.1	Typische Optimierungsmodelle in Netzwerken	167
6.2	Grundbegriffe der Graphentheorie	171
6.3	Minimale Spannbäume	174
6.4	Kürzeste-Wege Probleme und Algorithmen	177
6.4.1	Der Dijkstra-Algorithmus	178
6.4.2	LC-Verfahren für kürzeste Wege	183
6.4.3	Kürzeste Wege zwischen allen Paaren von Knoten	185
6.4.4	Ermittlung längster Wege	188
6.5	Das Transportproblem	188
6.5.1	Das einstufige Transportproblem	188
6.5.2	Das mehrstufige Transportproblem	190
6.6	Das Transshipment-Modell	190
6.6.1	Das allgemeine Basismodell	190
6.6.2	Spezialfälle des Transshipment-Modells	193
6.7	Umformung des Transshipment-Modells	197
6.7.1	Transformation der unteren Schranken	197
6.7.2	Transformation in ein s-t-Flussproblem	198
6.7.3	Bestimmung von Zirkulationsflüssen	199
6.7.4	Kapazitätsrestriktionen auf Knoten	199
6.7.5	Ungerichtete und symmetrische Kanten	200
6.7.6	Netzwerke mit negativen Kantenbewertungen	201
6.8	Lösung des Min-Cost-Flow-Modells	202
6.8.1	Standardformat des Min-Cost-Flow-Modells	202
6.8.2	Bestimmung maximaler Flüsse	204
6.8.3	Bestimmung kostenminimaler Flüsse	208
6.8.4	Lösung mit Hilfe von Standard-Optimierungssoftware	212
6.9	Praxisbeispiele	213
6.9.1	Netzwerkflussmodell für Helsinki Wasserwerke	213
6.9.2	Netzausbauplanung im Gasnetz	214
6.9.3	Flugnetzoptimierung bei UPS	215
6.10	Übungsaufgaben	216
6.11	Was sollte ich gelernt haben?	217
7	Fallstudie Transportlogistik im ÖPV: Netzwerkbasierte Modellierung und Optimierung	221
7.1	Motivation	221
7.2	Produktionsplanung und -steuerung (PPS)	222
7.2.1	Hauptschritte eines PPS-Prozesses	223

7.2.2	Produktionsplanung und dispositive Kontrolle im öffentlichen Verkehr	223
7.3	Das Umlaufplanungsproblem	227
7.4	Netzwerkbasierte Modellierung des Umlaufplanungsproblems ..	228
7.5	Standard-Flussproblem und Netzwerktransformationen	231
7.6	Praxisanwendung – Probleme klassischer Modellierungsansätze	233
7.7	Aggregiertes Netzwerkflussmodell	235
7.7.1	Netzwerkflussmodell mit Anschlusslinien	236
7.7.2	Neue Aggregationsmethode für potentielle Leerfahrten	238
7.8	Umsetzung mit Optimierungssoftware in der Praxis	240
7.8.1	Realisierung und Rechenergebnisse	240
7.8.2	Kombination Heuristik/mathematische Optimierung ..	241
7.9	Was sollte ich gelernt haben?	242
8	Touren- und Standortplanung	245
8.1	Motivation – Transportlogistik im Güterverkehr	245
8.2	Basisprobleme der Tourenplanung	246
8.3	Mathematische Modellierung und exakte Verfahren	251
8.4	Heuristische Verfahren für Tourenplanung	255
8.4.1	Das Savings-Verfahren	256
8.4.2	Das Sweep-Verfahren	256
8.4.3	Verbesserungsverfahren	260
8.5	Dynamische Tourenplanung	263
8.6	Warehouse-Location-Probleme	264
8.6.1	Unkapazitiertes (einstufiges) WLP	265
8.6.2	Kapazitiertes (einstufiges) WLP	266
8.6.3	Mehrstufige Warehouse Location Probleme	267
8.7	Heuristische Verfahren zur Lösung von Warehouse-Location-Problemen	267
8.7.1	Eröffnungsverfahren für Warehouse Location-Probleme	268
8.7.2	Verbesserungsverfahren für Warehouse Location-Probleme	270
8.8	Zentrenprobleme	271
8.9	Praxisbeispiele	271
8.9.1	Tourenplanung für den technischen Kundendienst	271
8.9.2	Standortplanung bei der Stahlindustrie	271
8.10	Übungsaufgaben	273
8.11	Was sollte ich gelernt haben?	275

9	Simulation	279
9.1	Motivation und Fallstudien	279
9.2	Kontinuierliche Modelle	282
9.3	Diskrete Modelle: Techniken	285
9.3.1	Konzepte in diskreten Simulationsmodellen	285
9.3.2	Modellierung der Inputdaten	287
9.3.3	Generierung von zufallsbehafteten Inputdaten	290
9.3.4	Gestaltung und Auswertung von Simulationsexperimenten	293
9.4	Diskrete Modelle: Fallstudien und Software	297
9.4.1	Fallstudie „universitärer Druckerpool“	297
9.4.2	Simulationssoftware Arena	300
9.5	Simulation und Optimierung	303
9.6	Was sollte ich gelernt haben?	306
	Literaturverzeichnis	307
	Sachverzeichnis	315