

Inhalt

Vorwort	9
1 Einführung	11
Übersicht	11
1.1 Fragestellungen des Operations Research	11
1.1.1 Modellierung	12
1.1.2 Algorithmen	14
1.2 Optima	21
1.2.1 Diskrete Optimierungsprobleme	22
1.2.2 Lineare Optimierungsprobleme	24
1.2.3 Ganzzahlige Optimierungsprobleme	26
1.2.4 Nichtlineare Optimierung	27
1.2.5 Multikriterielle Optimierung	28
1.3 Gleichgewichte	29
1.4 Stochastische Probleme des Operations Research	34
1.4.1 Risikomodelle	34
1.4.2 Warteschlangenmodelle	35
1.4.3 MARKOV-Entscheidungs-Modelle	36
Zusammenfassung	38
Kontrollfragen	38
Literatur	39
2 Optimierung in Graphen	41
Übersicht	41
2.1 Relationen, Graphen, Bäume	41
2.1.1 Relationen	41
2.1.2 Graphen	44
2.1.3 Digraphen	47
2.1.4 Netzwerke	51
2.1.5 Teilbedarfsrechnung – Gozintographen	51
2.1.6 Bäume	54
2.2 Kürzeste Wege in Netzwerken	56
2.2.1 DIJKSTRA-Algorithmus für Digraphen	57

2.2.2	Minimal aufspannende Bäume	60
2.3	Netzplantechnik	64
2.3.1	Vorgangsliste	64
2.3.2	CPM-Netzpläne	65
2.3.3	CPM-Zeitplanung	70
2.4	Dynamische Optimierung	76
2.4.1	Problemstellung	76
2.4.2	Lösungsansatz	78
2.4.3	Erweiterungen	80
	Zusammenfassung	82
	Kontrollfragen	82
	Literatur	82
3	Lineare Optimierung	83
	Übersicht	83
3.1	Lineare Optimierungsprobleme	83
3.1.1	Struktur eines linearen Optimierungsproblems	84
3.1.2	Zeilenstufenform und Basisformen	86
3.1.3	Lösbarkeit eines linearen Optimierungsproblems	89
3.2	Simplex-Algorithmus	91
3.3	Zweiphasenmethode	101
3.4	Sensitivität und Dualität	108
3.4.1	Dualität	110
3.4.2	Complementary Slackness	111
3.4.3	Die duale Simplex-Methode	116
	Zusammenfassung	120
	Kontrollfragen	120
	Literatur	120
4	Ganzzahlige Optimierungsprobleme	121
	Übersicht	121
4.1	Lineare Probleme mit Ganzzahligkeitsforderungen	121
4.2	Transportprobleme	124
4.2.1	Anfangslösungen	128
4.2.2	Die Zyklenmethode	130
4.3	Zuordnungsprobleme	141
4.4	Lösungsverfahren für ganzzahlige Optimierungsprobleme	148
4.4.1	Lösung durch Runden	148
4.4.2	Schnittebenen-Verfahren	148
4.4.3	Branch-and-Bound-Verfahren	152
4.4.4	Der DAKIN-Algorithmus	154

Zusammenfassung	159
Kontrollfragen	159
Literatur	160
5 Nichtlineare Optimierung	161
Übersicht	161
5.1 Methoden der Analysis	161
5.1.1 Optimierungsprobleme ohne Restriktionen	162
5.1.2 Optimierungsprobleme mit Restriktionen	164
5.2 Deterministische Suchverfahren	170
5.2.1 Intervallschachtelung	170
5.2.2 Intervallhalbierung	171
5.2.3 NEWTON-Verfahren	172
5.2.4 Gradientenabstiegsverfahren	173
5.2.5 Verfahren des steilsten Abstiegs	174
5.2.6 Das NEWTON-Verfahren als Abstiegsverfahren	175
5.3 Simulated Annealing	176
5.3.1 Lokale Suche	177
5.3.2 Schritte des Simulated Annealing	179
5.3.3 Konvergenzverhalten	181
Zusammenfassung	183
Kontrollfragen	183
Literatur	183
6 Elemente der Spieltheorie	185
Übersicht	185
6.1 Strategische Spiele	185
6.1.1 NASH-Gleichgewichte	185
6.1.2 Zwei-Personen-Nullsummenspiele	193
6.1.3 Symmetrische binäre Zwei-Personen-Spiele	195
6.2 Kooperative Spiele	200
6.2.1 Fragestellung und Formalisierung	200
6.2.2 Die NASH-Lösung	204
6.2.3 Kritik an der NASH-Lösung	206
6.2.4 Die monotone Verhandlungslösung	207
6.3 Koalitionsspiele	209
Zusammenfassung	214
Kontrollfragen	214
Literatur	214

Klausuren	215
Klausur 1	215
Klausur 2	219
Klausur 3	222
Lösungen	225
Klausur 1	225
Klausur 2	231
Klausur 3	236
Glossar	241
Abbildungen	246
Symbole und Abkürzungen	249
Literatur	251
Index	253

Abbildungen

1.1	Die 11 Städte des Rundreiseproblems	15
1.2	Das Rundreiseproblem mit fünf Städten	17
1.3	Eröffnungslösungen nach Methode des besten Nachfolgers . .	18
1.4	Verbesserung der Startlösung durch Änderung zweier Strecken	19
1.5	Mit Simulated Annealing ermittelte Rundreise der Länge 25 .	20
1.6	IC-Netz der Deutschen Bahn	23
1.7	Lineares Optimierungsproblem in grafischer Darstellung . . .	25
1.8	Spielbaum	32
1.9	Risikomodell	35
1.10	Warteschlangenmodell	36
2.1	Grafische Darstellung einer Relation	43
2.2	Flugverbindungen in Deutschland	44
2.3	Beispielgraph	45
2.4	Beispielgraph in anderer Darstellung	45
2.5	Beispielgraph	46
2.6	Gerichteter Graph	48
2.7	Bipartiter Graph zum Zuordnungsproblem	49
2.8	Gozintograph	52
2.9	Gerichteter Graph zum DIJKSTRA-Algorithmus	59
2.10	Ungerichteter Graph zum KRUSKAL-Algorithmus	61
2.11	Ein aufspannender Baum zur Abbildung 2.10	61
2.12	Minimal aufspannender Baum zur Abbildung 2.10	62
2.13	Weiterer Graph zum KRUSKAL-Algorithmus	63
2.14	Minimal aufspannender Baum zur Abbildung 2.13	63
2.15	Netzplan (Version 1)	67
2.16	Netzplan (Version 2)	68
2.17	Skizze einer Hängebrücke	69
2.18	Netzplan Brückenbau	70
2.19	Netzplan (Version 3)	72
2.20	Darstellung im Netzplan	73
2.21	Netzplan (Version 4)	74
2.22	Graph zur Dynamischen Optimierung	76

2.23	Schema der Dynamischen Optimierung	78
3.1	Grafische Lösung des linearen Programms	109
4.1	Zulässige ganzzahlige Lösungen	122
4.2	Transportproblem in Form eines Graphen	124
4.3	Transportproblem ohne ungenutzte Kanten	131
4.4	Transportproblem mit zusätzlicher Kante	132
4.5	Transportproblem mit anderer zusätzlicher Kante	132
4.6	Degeneriertes Transportproblem	140
4.7	Zuordnungsproblem	141
4.8	Ganzzahliges Optimierungsproblem mit Schnitt	149
4.9	Branch-and-Bound in Baumdarstellung	152
5.1	Funktion einer Variablen	163
5.2	Mehrdimensionale Funktion	164
5.3	Funktion mit zwei lokalen Minima	176
6.1	Auszahlungsmenge im nicht-kooperativen Spiel	201
6.2	Auszahlungsmenge im kooperativen Spiel	202
6.3	Schwacher ungleich starker PARETO-Rand	203
6.4	Schwacher gleich starker PARETO-Rand	203
6.5	Ermittlung der NASH-Lösung	205
6.6	Beispiel von KALAI und SMORODINSKY	206
6.7	Monotone und NASH-Lösung	207