

Hans-Jürgen Zimmermann

Operations Research

**Methoden und Modelle.
Für Wirtschaftsingenieure,
Betriebswirte, Informatiker**

2., aktualisierte Auflage



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Inhaltsverzeichnis	IX
Symbolverzeichnis	XIII
Einführung	1
1 Die Geschichte des Operations Research	6
1.1 Der Ursprung im militärischen Bereich	6
1.2 Weiterentwicklung im zivilen Bereich	8
1.3 Literatur zur Geschichte des Operations Research	11
2 Entscheidungs- und Spieltheorie	12
2.1 Entscheidungstheoretische Richtungen	12
2.2 Grundmodelle der Entscheidungslogik	14
2.2.1 Das Grundmodell der Entscheidungsfällung	14
2.2.2 Entscheidungssituationen	15
2.2.3 Rationale Nutzenfunktionen bei Sicherheit	18
2.2.4 Rationalität von Ungewissheitsentscheidungen	21
2.2.5 Entscheidungen bei mehreren Zielkriterien	28
2.3 Grundmodelle der Spieltheorie	33
2.3.1 Spielsituationen und Spielmodelle	33
2.3.2 Zweipersonen-Nullsummenspiele	34
2.3.3 Zweipersonen-Nichtnullsummenspiele	39
2.3.4 N-Personenspiele (Theorie der Koalitionsbildung)	45
2.4 Deskriptive Entscheidungstheorie	48
2.5 Entscheidungen in schlecht strukturierten Situationen	52
2.5.1 Einführung	52
2.5.2 Zadeh's Min/Max-Theorie der Unscharfen Mengen	53
2.5.3 Unscharfe Entscheidungen	55
2.5.4 Alternative Systeme	60
2.6 Aufgaben zu Kapitel 2	65
2.7 Ausgewählte Literatur zu Kapitel 2	67
3 Lineares Programmieren	68
3.1 Einführung	69
3.2 Grundlegende Theorie	72
3.3 Das Simplex-Verfahren	77
3.3.1 Elemente des Simplex-Algorithmus	77

3.3.2	Erweiterungen des Simplex-Algorithmus	86
3.4	Dualität im Linearen Programmieren	92
3.4.1	Dualitätstheorie	92
3.4.2	Die duale Simplex-Methode	101
3.5	Postoptimale Analysen	104
3.5.1	Sensitivitätsanalysen	104
3.5.2	Parametrisches Programmieren	106
3.6	Ganzzahliges Lineares Programmieren	111
3.6.1	Einführung	111
3.6.2	Das Schnittebenen-Verfahren von Gomory	115
3.7	Vektormaximummodelle	120
3.7.1	Grundmodell	120
3.7.2	Lösungswege	122
3.8	Stochastisches und Unscharfes Lineares Programmieren	127
3.8.1	Stochastisches Lineares Programmieren	128
3.8.2	Unscharfes Lineares Programmieren	132
3.9	Spezielle Strukturen	138
3.10	Lineares Programmieren und Spieltheorie	147
3.11	Dantzig-Wolfe'sche Dekomposition und Column Generation	150
3.11.1	Problemstellung und Theorie	150
3.11.2	Der Dekompositionsalgorithmus von Dantzig und Wolfe	153
3.11.3	Dantzig-Wolfe'sche Dekomposition und Column Generation	162
3.12	Nicht-Simplex Verfahren zur Lösung Linearer Programme	163
3.12.1	Das Grundverfahren von Karmarkar	163
3.12.2	Stärken und Schwächen von Interior Point Verfahren	174
3.13	Lineares Programmieren und Software	176
3.14	Aufgaben zu Kapitel 3	182
3.15	Ausgewählte Literatur zu Kapitel 3	187
4	Nichtlineare Programmierung	188
4.1	Einführung	188
4.2	Optimierung ohne Nebenbedingungen	189
4.2.1	Grundlegende Begriffe und Konzepte	189
4.2.2	Gradienten-Verfahren	194
4.2.3	Das Newton- und die Quasi-Newton-Verfahren	197
4.3	Konvexe Programmierung und Kuhn-Tucker-Theorie	203
4.4	Quadratisches Programmieren	208
4.4.1	Grundlagen	208
4.4.2	Der Algorithmus von Wolfe	210
4.5	Separables Konvexes Programmieren	214
4.5.1	Grundlagen	214
4.5.2	λ - und δ -Methoden des Separablen Programmierens	217
4.6	Strafkostenverfahren	220
4.6.1	Penalty-Verfahren	221
4.6.2	Barriere-Verfahren	222

4.6.3	SUMT-Verfahren	223
4.7	Aufgaben zu Kapitel 4	228
4.8	Ausgewählte Literatur zu Kapitel 4	229
5	Entscheidungsbaumverfahren	230
5.1	Einführung	230
5.2	Dynamisches Programmieren	233
5.2.1	Grundlegende Theorie	233
5.2.2	Verschiedene Formen der Stufenoptimierung	238
5.2.3	Rechnerische Effizienz des Dynamischen Programmierens	244
5.2.4	Stochastische Dynamische Programmierung	245
5.3	Branch and Bound-Verfahren	252
5.3.1	Grundlagen	252
5.3.2	Branch and Bound zur Lösung eines Fertigungssteuerungsmodells	254
5.3.3	Die Bestimmung globaler Optima im Separablen Programmieren	260
5.4	Aufgaben zu Kapitel 5	267
5.5	Ausgewählte Literatur zu Kapitel 5	270
6	Heuristische Verfahren	271
6.1	Komplexität von Algorithmen, Modellen und Problemen	271
6.2	Eigenschaften und Arten heuristischer Verfahren	272
6.3	Anwendungsbereiche heuristischer Verfahren	277
6.4	Die Entwicklung heuristischer Verfahren	279
6.4.1	Grundlagen des Verfahrensentwurfes	279
6.4.2	Analyse und Synthese heuristischer iterativer Verfahren	280
6.5	Die Qualität heuristischer Verfahren	284
6.6	Beispiele heuristischer Verfahren	288
6.6.1	Eröffnungsverfahren	288
6.6.2	Verbesserungsverfahren	297
6.7	Meta-Heuristiken: Tabu Search	298
6.8	Aufgaben zu Kapitel 6	305
6.9	Ausgewählte Literatur zu Kapitel 6	306
7	Ganzzahlige Lineare Programmierung	307
7.1	Ganzzahlige Operations Research Modelle	307
7.2	Verfahren der Ganzzahligen Linearen Programmierung	310
7.2.1	Schnittebenen-Verfahren	310
7.2.2	Dekompositionsverfahren	313
7.2.3	Heuristische Verfahren	322
7.3	Aufgaben zu Kapitel 6	330
7.4	Ausgewählte Literatur zu Kapitel 7	333
8	Graphen, Bäume, Netze, Netzpläne	334
8.1	Grundlagen der Graphentheorie	334

8.1.1	Graphen	334
8.1.2	Bäume und Gerüste	343
8.1.3	Netze und Netzwerke	345
8.2	Graphentheoretische Verfahren	348
8.2.1	Die Ermittlung kürzester Wege in Netzwerken	348
8.2.2	Die Ermittlung längster Wege	353
8.2.3	Die Ermittlung maximaler Flüsse	358
8.3	Netzpläne mit deterministischer Struktur	363
8.3.1	Grundlagen	363
8.3.2	Strukturplanung	366
8.3.3	Zeitplanung	370
8.3.4	Kapazitätsplanung	375
8.3.5	Kostenplanung	382
8.4	Netzpläne mit stochastischer Struktur	388
8.5	Aufgaben zu Kapitel 8	393
8.6	Ausgewählte Literatur zu Kapitel 8	396
9	Theorie der Warteschlangen	397
9.1	Grundstrukturen	397
9.2	Klassifizierung und Beschreibung von Warteschlangenmodellen	403
9.3	Einige stochastische Prozesse	404
9.3.1	Die Beschreibung und Klassifizierung stochastischer Prozesse	404
9.3.2	Markov-Prozesse	407
9.3.3	Poisson-Prozesse	410
9.3.4	Geburts- und Sterbeprozesse	411
9.4	Die Modellierung von Warteschlangensystemen	415
9.4.1	Das System M/M/1	415
9.4.2	Das System M/M/1/R	421
9.5	Warteschlangenmodelle als Entscheidungshilfe	422
9.6	Aufgaben zu Kapitel 9	427
9.7	Ausgewählte Literatur zu Kapitel 9	428
	Lösungen der Aufgaben	429
	Index	450
	Literaturverzeichnis	457