

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Symbolverzeichnis	XIII
Kapitel 1: Grundlagen	1
1.1 Definitionen	1
1.2 Branch-and-Bound- sowie Branch-and-Cut-Verfahren	6
1.2.1 Grundprinzipien von B&B-Verfahren	6
1.2.1.1 Verzweigen von Problemen (Branching)	7
1.2.1.2 Ermittlung von Schranken und Ausloten von Problemen (Bounding)	8
1.2.2 Ablauf und Komponenten von B&B-Verfahren	9
1.2.3 Beispiele	16
1.2.3.1 Ein allgemeines ganzzahliges lineares Optimierungsproblem	16
1.2.3.2 Ein Knapsack-Problem	17
1.2.4 Branch-and-Cut-Verfahren	19
1.3 Heuristische Verfahren	20
1.3.1 Überblick	20
1.3.2 Eröffnungsverfahren	21
1.3.3 Lokale Suchverfahren / Verbesserungsverfahren	23
1.3.3.1 Reine Verbesserungsverfahren	23
1.3.3.2 Simulated Annealing	25
1.3.3.3 Tabu Search	27
1.3.3.4 Weitere Bemerkungen zu Eröffnungs- und lokalen Suchverfahren	30
1.3.4 Populationsbasierte Verfahren	31
1.3.4.1 Genetische Algorithmen	32
1.3.4.2 Ameisenalgorithmen	36
1.3.4.3 Scatter Search	36
1.3.5 Unvollständig ausgeführte exakte Verfahren	36
1.3.6 Relaxationsbasierte Verfahren	37
1.4 Literatur zu Kapitel 1	38

Kapitel 2: Einige nicht-klassische Transport- und Umladeprobleme	41
2.1 Sensitivitätsüberlegungen zum klassischen TPP	41
2.2 Verallgemeinerte (lineare) Transport- und Umladeprobleme	45
2.3 Bottleneck-Transport- und -Umladeprobleme	46
2.3.1 Das Bottleneck-TPP	46
2.3.2 Untere und obere Schranken für die Engpasszeit beim Bottleneck-TPP	47
2.3.3 Überblick über Lösungsverfahren für Bottleneck-TPP	49
2.3.4 Ein primales Verfahren für Bottleneck-TPP	50
2.3.5 Weitere Bottleneck-TPP und -Umladeprobleme	54
2.4 Verallgemeinerte lineare Zuordnungsprobleme	56
2.4.1 Die betrachteten Probleme	56
2.4.2 Überblick über Lösungsverfahren	60
2.4.3 Beispiele für Lösungsverfahren	61
2.4.3.1 Heuristische Eröffnungsverfahren	61
2.4.3.2 Lokale Suchverfahren/Verbesserungsverfahren	64
2.4.3.3 Das B&B-Verfahren von Nagelhout und Thompson	65
2.4.3.4 Das B&B-Verfahren von Fisher et al.	68
2.4.3.5 Verfahrensvergleiche	71
2.5 Fixkosten-TPP und -Umladeprobleme	72
2.5.1 Problemstellung und Überblick über Lösungsverfahren	72
2.5.2 Eigenschaften von Fixkosten-TPP und daraus ableitbare Verfahren	74
2.5.3 Ein B&B-Verfahren	77
2.5.3.1 Bestimmung von Up- und Down-Penalties	77
2.5.3.2 Das B&B-Verfahren	78
2.5.4 Hinweise zum Rechenaufwand für Fixkosten-TPP	80
2.6 Transport- und Umladeprobleme mit sonstigen nichtlinearen Zielfunktionen	80
2.6.1 Probleme mit konvexen Zielfunktionen	81
2.6.2 Probleme mit nichtkonvexen Zielfunktionen	83
2.7 Literaturhinweise zu Kapitel 2	86
2.8 Aufgaben zu Kapitel 2	92

Kapitel 3: Traveling Salesman-Probleme	95
3.1 Grundlagen	95
3.1.1 Probleme, Definitionen, Anwendungen	95
3.1.2 Mathematische Formulierungen für TSPe	99
3.1.2.1 Formulierungen für asymmetrische Probleme	99
3.1.2.2 Formulierungen für symmetrische Probleme	102
3.1.3 Lösungsmöglichkeiten für TSPe	103
3.2 Heuristische Verfahren	104
3.2.1 Eröffnungsverfahren	104
3.2.1.1 Die Verfahren „Bester Nachfolger“ und „Sukzessive Einbeziehung“	104
3.2.1.2 Ein Eröffnungsverfahren von Christofides	107
3.2.1.3 Der Patching-Algorithmus von Karp und Modifikationen	108
3.2.1.4 Weitere Eröffnungsverfahren	110
3.2.2 Lokale Suchverfahren/Verbesserungsverfahren	111
3.2.2.1 Reine Verbesserungsverfahren	111
3.2.2.2 Heuristische Metastrategien	119
3.2.3 Testergebnisse	121
3.3 B&B-Verfahren für asymmetrische TSPe	121
3.3.1 Der Algorithmus von Little et al. (Algorithmus 3.6)	122
3.3.2 Ein Subtour-Eliminations-Algorithmus (Algorithmus 3.7)	126
3.3.3 Bounding-Regeln zur Verbesserung von Subtour-Eliminations-Algorithmen	132
3.3.3.1 Einführung	132
3.3.3.2 Bounding-Regel 1	133
3.3.3.3 Bounding-Regel 2	136
3.3.3.4 Bounding-Regel 3	138
3.3.3.5 Abschließende Bemerkungen	139
3.4 B&B-Verfahren für symmetrische TSPe	140
3.4.1 Das 1-Baum-Problem als Relaxation des TSPs	142
3.4.2 Lagrange-Relaxationen für TSPe	144
3.4.3 Ascent-Methoden zur Maximierung unterer Schranken	146
3.4.4 Ein B&B-Verfahren (Algorithmus 3.9)	149

3.5 Verallgemeinerungen von TSPen	153
3.5.1 M-Traveling Salesmen - Probleme	153
3.5.2 Weitere Verallgemeinerungen von TSPen	155
3.6 Literatur zu Kapitel 3	158
3.7 Aufgaben zu Kapitel 3	165
 Kapitel 4: Briefträgerprobleme	 167
4.1 Einführung	167
4.2 Definitionen und Vorüberlegungen zu Lösungsverfahren	169
4.3 Kostenminimale Erweiterung eines gerichteten Graphen	172
4.4 Kostenminimale Erweiterung eines ungerichteten Graphen	174
4.4.1 Lösungsansatz	174
4.4.2 Zur Lösung von MK-Matching-Problemen.	175
4.5 Kostenminimale Erweiterung eines gemischten Graphen	180
4.5.1 Übersicht	180
4.5.2 Das heuristische Eröffnungsverfahren Mixed1	181
4.5.3 Ein GRASP-Verfahren	186
4.5.4 Modellierung des Briefträger-Problems in gemischten Graphen	188
4.6 Ermittlung einer Euler-Tour in einem Euler-Graphen	188
4.7 Weitere Briefträgerprobleme	190
4.8 Literatur zu Kapitel 4	193
4.9 Aufgaben zu Kapitel 4	196

Kapitel 5: Tourenplanung.....	197
5.1 Grundlagen	197
5.1.1 Einführung und Definitionen.....	197
5.1.2 Klassifikation.....	200
5.1.2.1 Depot- und Kundencharakteristik.....	200
5.1.2.2 Fahrzeugcharakteristik	202
5.1.2.3 Problem- oder Zusatzcharakteristik	202
5.1.2.4 Zielsetzungen	203
5.1.3 Standardprobleme der Tourenplanung	203
5.1.4 Literaturüberblick	205
5.2 Modellierung knotenorientierter Probleme	206
5.2.1 Formulierungen für asymmetrische Probleme	206
5.2.1.1 Lineares Zuordnungsproblem mit zusätzlichen Restriktionen	206
5.2.1.2 Verallgemeinertes Zuordnungsproblem mit zusätzlichen Restriktionen	208
5.2.2 Eine Formulierung für symmetrische Probleme	209
5.3 Exakte Verfahren für knotenorientierte Probleme	211
5.3.1 Exakte Verfahren für asymmetrische Probleme	211
5.3.1.1 Berechnung unterer Schranken.....	211
5.3.1.2 Verzweigung und Dominanzregeln.....	216
5.3.2 Exakte Verfahren für symmetrische Probleme	217
5.3.2.1 Relaxation des Problems und Lösungsmöglichkeiten	218
5.3.2.2 Verzweigungsmöglichkeiten	220
5.4 VRPe als Set-Covering- oder Set-Partitioning-Probleme	221
5.4.1 Prinzipielle Vorgehensweise	221
5.4.2 Die Technik der Spaltengenerierung.....	223
5.4.3 Abschließende Bemerkungen zu Set-Covering und Set-Partitioning	225
5.5 Heuristische Verfahren für knotenorientierte Probleme	226
5.5.1 Klassifikation von Heuristiken	226
5.5.2 Route first-cluster second-Verfahren	228
5.5.2.1 Der Sweep-Algorithmus	228
5.5.2.2 Petal-Algorithmen.....	231
5.5.3 Cluster first-route second-Verfahren	233

5.5.4 Simultane Eröffnungsverfahren	235
5.5.4.1 Eine Grundversion des Savings-Algorithmus	235
5.5.4.2 Modifikationen des Savings-Algorithmus	238
5.5.5 Lokale Suchverfahren/Verbesserungsverfahren	240
5.5.6 Vergleich der Verfahren anhand von CVRPen	243
5.5.7 Modifikation der Verfahren für VRPe mit Zeitfenstern	243
5.5.8 Sonstige knotenorientierte VRPe	246
5.6 Verfahren für kantenorientierte Probleme	249
5.6.1 Eine mathematische Formulierung für das CCPP	250
5.6.2 Ermittlung unterer Schranken	252
5.6.3 Heuristische Lösungsverfahren	255
5.7 Literaturhinweise zu Kapitel 5	259
5.8 Aufgaben zu Kapitel 5	268
Anhang: Lösungen zu den Aufgaben	271
Sachverzeichnis	279