

Logistik: Transport

Von
Universitätsprofessor
Dr. Wolfgang Domschke

4., völlig überarbeitete und wesentlich erweiterte Auflage

R. Oldenbourg Verlag München Wien

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	XI
Symbolverzeichnis	XIII
Kapitel 1: Grundbegriffe der Graphentheorie	1
1.1 Grundlegende Definitionen	1
1.2 Ketten und Wege in Graphen	6
1.3 Bewertungen auf Graphen	9
1.3.1 Kanten- bzw. Pfeilbewertungen	9
1.3.2 Knotenbewertungen	10
1.4 Teilgraphen und zusammenhängende Graphen	11
1.5 Bäume und Gerüste	13
1.6 Kürzeste Entfernungen, Wege und Ketten	15
Literatur	16
Kapitel 2: Hilfsmittel aus der Informatik	17
2.1 Beschreibung von Verfahrensabläufen (Pseudo-Code)	18
2.2 Darstellung und Speicherung von Daten	19
2.2.1 Grundlegende Datenstrukturen und -typen	19
2.2.2 Sequentielle und gekettete Speicherung	21
2.2.3 Speicherung von Stapeln und Schlangen	26
2.3 Speicherung von Graphen	27
2.3.1 Matrixdarstellungen	27
2.3.2 Listendarstellungen	30
2.3.2.1 Standardlisten	30
2.3.2.2 Knotenorientierte Listen	31
2.4 Probleme, Modelle, Verfahren und deren Komplexität	34
2.5 Sortierverfahren	38
2.5.1 Sortieren durch Zerlegen: Quicksort	39
2.5.2 Sortieren mit Bäumen: Heapsort	41
2.5.3 Sortieren von Kanten eines Graphen	46
Literatur und Aufgaben	48

Kapitel 3: Modellierungen und Lösungsprinzipien	49
3.1 Problembeschreibungen	50
3.1.1 Ein allgemeines Netzwerkkonstruktionsproblem	50
3.1.2 Probleme der Bestimmung minimaler spannender Bäume	52
3.1.3 Probleme der Bestimmung kürzester Wege von einem zu allen Knoten	53
3.1.4 Umladeprobleme und mathematische Formulierungen	54
3.1.4.1 Unkapazitierte und kapazitierte Umladeprobleme	54
3.1.4.2 Weitere math. Formulierungen des kapaz. Umladeproblems	55
3.1.5 Einstufige Transportprobleme und mathematische Formulierungen	59
3.1.5.1 Einstufige Transportprobleme	59
3.1.5.2 Weitere math. Formulierungen des klassischen Transportproblems ..	61
3.1.6 Maximalflußprobleme	63
3.1.7 Warehouse Location - Probleme	63
3.2 Transport- und Umladeprobleme als Flußprobleme	64
3.2.1 Flüsse in Graphen und q-s-Flußprobleme	64
3.2.2 Zirkulationsflußprobleme	68
3.3 Sätze und Lösungsprinzipien der linearen Optimierung	69
Literatur und Aufgaben	72
 Kapitel 4: Minimale spannende Bäume und Wälder	 73
4.1 Bestimmung eines minimalen spannenden Baumes oder Waldes	73
4.1.1 Der Algorithmus von Kruskal	74
4.1.2 Der Algorithmus von Prim bzw. Dijkstra	77
4.1.3 Ergänzende Hinweise	79
4.2 Bestimmung eines minimalen spannenden Wurzelbaumes	80
4.3 Allgemeinere Probleme der Bestimmung von Bäumen	86
4.3.1 Minimale kapazitierte spannende Bäume	87
4.3.2 Steiner-Baum-Probleme in Graphen	88
Literatur und Aufgaben	89

Kapitel 5: Kürzeste Wege in Graphen	91
5.1 Definitionen	92
5.2 Kürzeste Entfernungen und Wege von einem zu allen Knoten	94
5.2.1 Grundprinzip der Baumalgorithmen	94
5.2.2 Label-Correcting-Verfahren	96
5.2.2.1 FIFO - Kürzeste Wege	96
5.2.2.2 Modifikationen des FIFO-Algorithmus	99
5.2.3 Label-Setting-Verfahren	101
5.2.3.1 Der Dijkstra-Algorithmus	101
5.2.3.2 Zur Implementierung des Dijkstra-Algorithmus	103
5.2.4 Weitere Algorithmen und Verfahrensvergleiche	104
5.3 Kürzeste Entfernungen und Wege zwischen allen Knoten	106
5.4 Negative Zyklen in bewerteten Digraphen	109
Literatur und Aufgaben	110
 Kapitel 6: Primale Algorithmen für Transportprobleme	 112
6.1 Lösung des klassischen TPPs mit dem Simplex-Algorithmus	112
6.2 Spezielle (primale) Algorithmen zur Lösung des klassischen TPPs	116
6.2.1 Vorbemerkungen und Musterbeispiel	116
6.2.2 Eröffnungsverfahren	118
6.2.2.1 Einführung	118
6.2.2.2 Die Nordwesteckenregel	118
6.2.2.3 Die Spaltenminimum-Methode	120
6.2.2.4 Die Vogel'sche Approximationsmethode	122
6.2.3 Optimierungsverfahren	124
6.2.3.1 Vorüberlegungen und Definitionen	124
6.2.3.2 Die Stepping-Stone-Methode	126
6.2.3.3 Die MODI-Methode	129
6.2.4 Zur Darstellung der Basislösung in Form eines Baumes	131
6.3 Das kapazitierte klassische TPP	133
6.3.1 Prinzipielle Vorgehensweise	133
6.3.2 Die Spaltenminimum-Methode für das kapazitierte TPP	135
6.3.3 Die MODI-Methode für das kapazitierte TPP	137
6.4 Ungleichungen in den Nebenbedingungen des TPPs	140
6.4.1 Einführung	140
6.4.2 Probleme mit nur einem Restriktionstyp für Anbieter bzw. Nachfrager	141
6.4.3 Probleme mit gemischten Restriktionen	148
Literatur und Aufgaben	152

Kapitel 7: Primale Algorithmen für Umladeprobleme	154
7.1 Lösung eines zweistufigen TPPs als klassisches TPP	154
7.2 Lösung unkapazitierter Umladeprobleme als klassische TPPE	157
7.3 Ein primaler Algorithmus zur Lösung von Umladeproblemen	161
7.3.1 Zur Bestimmung einer zulässigen Basislösung für unkapazitierte Probleme ..	161
7.3.2 Verbesserung der zulässigen Anfangslösung eines unkapazitierten Problems ..	164
Literatur und Aufgaben	167
 Kapitel 8: Implementierung primaler Algorithmen für Transport- und Umladeprobleme	 169
8.1 Speichermöglichkeiten für unbewertete Bäume	169
8.1.1 Speichermöglichkeiten für unbewertete Wurzelbäume	170
8.1.1.1 Der Vorgänger-Index	170
8.1.1.2 Der Tripel-Index	170
8.1.1.3 Der Gefädelt Index (Threaded Index)	171
8.1.1.4 Zusätzliche Felder	173
8.1.2 Übertragung der Speichermöglichkeiten auf sonstige unbewertete Bäume	173
8.1.3 Umspeicherungen zur Darstellung einer verbesserten Basislösung	175
8.2 Ein Programm-Code für klassische TPPE	178
8.2.1 Einführung	178
8.2.2 Zur Speicherung der Informationen	178
8.2.3 Zur Bestimmung einer zulässigen Anfangslösung	180
8.2.4 Test einer zulässigen Basislösung auf Optimalität	181
8.2.5 Bestimmung und Speicherung einer verbesserten Basislösung	182
8.2.6 Zur Korrektur der Dualvariablenwerte	184
8.2.7 Speicherplatz- und Rechenzeitbedarf für Transportprobleme	185
8.3 Alternativen zu den in 8.2 geschilderten Vorgehensweisen	185
8.3.1 Verwendung des Gefädelt Index	186
8.3.2 Verwendung des Vorgänger-Index und zusätzlicher Listen	187
8.4 Hinweise auf Programme für kapazitierte Umladeprobleme	187
Literatur und Aufgaben	188

Kapitel 9: Inkrementgraphen - Algorithmen für q-s-Flußprobleme ..	189
9.1 Definitionen	189
9.2 Verfahren zur Bestimmung kostenminimaler Flüsse	194
9.2.1 Verfahren bei gegebenem zulässigem Fluß	194
9.2.1.1 Der Algorithmus von Busacker und Gowen	194
9.2.1.2 Der Algorithmus von Klein	197
9.2.2 Verfahren zur Bestimmung eines zulässigen Flusses	199
9.3 Verfahren zur Bestimmung maximaler Flüsse	202
Literatur und Aufgaben	206
Kapitel 10: (Primal-duale) Verfahren für lineare Zuordnungs- und Umladeprobleme	208
10.1 Verfahren für lineare Zuordnungsprobleme	208
10.1.1 Das lineare Zuordnungsproblem	208
10.1.2 Überblick über Lösungsmöglichkeiten	210
10.1.3 Die Ungarische Methode	212
10.1.4 Shortest Augmenting Path-Verfahren	219
10.2 Primal-duale Verfahren für Umladeprobleme	224
10.2.1 Der Out-of-Kilter-Algorithmus für Zirkulationsflußprobleme	224
10.2.1.1 Problemstellung, Optimalitätsbedingungen, Vorüberlegungen ...	225
10.2.1.2 Der Out-of-Kilter-Algorithmus	227
10.2.2 Der Relaxation-Algorithmus von Bertsekas	232
10.2.2.1 Eine Grundversion des Verfahrens	233
10.2.2.2 Modifikationen der Grundversion	237
Literatur und Aufgaben	238
Anhang: Lösungen zu den Aufgaben	241
Literaturverzeichnis	251
Sachverzeichnis	263