

- Vorwort** V

- Symbolverzeichnis** XIII

- Kapitel 1: Einführung** 1
 - 1.1 Begriff des Operations Research** 1
 - 1.2 Modelle im Operations Research** 3
 - 1.2.1 Charakterisierung verschiedener Modelltypen 3
 - 1.2.2 Optimierungsmodelle 3
 - 1.2.2.1 Formulierung eines allgemeinen Optimierungsmodells 3
 - 1.2.2.2 Beispiele für Optimierungsmodelle 4
 - 1.2.2.3 Klassifikation von Optimierungsmodellen 6
 - 1.2.3 Bedeutung einer effizienten Modellierung 6
 - 1.3 Teilgebiete des Operations Research** 7
 - 1.4 Arten der Planung und Anwendungsmöglichkeiten des OR** 9

- Kapitel 2: Lineare Optimierung** 12
 - 2.1 Definitionen** 12
 - 2.2 Graphische Lösung von linearen Optimierungsproblemen** 13
 - 2.3 Formen und Analyse von linearen Optimierungsproblemen** 15
 - 2.3.1 Optimierungsprobleme mit Ungleichungen als Nebenbedingungen 15
 - 2.3.2 Die Normalform eines linearen Optimierungsproblems 15
 - 2.3.3 Analyse von linearen Optimierungsproblemen 17
 - 2.4 Der Simplex-Algorithmus** 20
 - 2.4.1 Der Simplex-Algorithmus bei bekannter zulässiger Basislösung 20
 - 2.4.1.1 Darstellung des Lösungsprinzips anhand eines Beispiels 20
 - 2.4.1.2 Der primale Simplex-Algorithmus 21
 - 2.4.2 Verfahren zur Bestimmung einer zulässigen Basislösung 26
 - 2.4.2.1 Der duale Simplex-Algorithmus 26
 - 2.4.2.2 Die M-Methode 27
 - 2.4.3 Der revidierte Simplex-Algorithmus 30
 - 2.4.4 Sonderfälle 34

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.5 | Dualität | 35 |
| 2.6 | Untere und obere Schranken für Variablen. | 40 |
| 2.7 | Sensitivitätsanalyse. | 44 |
| 2.7.1 | Änderung von Zielfunktionskoeffizienten | 45 |
| 2.7.2 | Änderung von Ressourcenbeschränkungen | 46 |
| 2.7.3 | Zusätzliche Alternativen | 48 |
| 2.8 | Optimierung bei mehrfacher Zielsetzung | 49 |
| 2.8.1 | Lexikographische Ordnung von Zielen | 50 |
| 2.8.2 | Zieldominanz | 51 |
| 2.8.3 | Zielgewichtung | 51 |
| 2.8.4 | Berücksichtigung von Abstandsfunktionen | 52 |
| 2.9 | Spieltheorie und lineare Optimierung | 54 |
| Kapitel 3: Graphentheorie | | 59 |
| 3.1 | Grundlagen | 59 |
| 3.1.1 | Begriffe der Graphentheorie | 59 |
| 3.1.2 | Speicherung von Knotenmengen und Graphen | 63 |
| 3.2 | Kürzeste Wege in Graphen | 65 |
| 3.2.1 | Baumalgorithmen | 66 |
| 3.2.2 | Der Tripel-Algorithmus | 70 |
| 3.3 | Minimale spannende Bäume und minimale 1-Bäume | 71 |
| 3.3.1 | Bestimmung eines minimalen spannenden Baumes | 72 |
| 3.3.2 | Bestimmung eines minimalen 1-Baumes | 73 |
| Kapitel 4: LP mit spezieller Struktur | | 74 |
| 4.1 | Das klassische Transportproblem | 74 |
| 4.1.1 | Problemstellung und Verfahrensüberblick | 74 |
| 4.1.2 | Eröffnungsverfahren | 76 |
| 4.1.3 | Die MODI-Methode | 79 |
| 4.2 | Das lineare Zuordnungsproblem | 83 |
| 4.3 | Umladeprobleme. | 84 |
| Kapitel 5: Netzplantechnik. | | 87 |
| 5.1 | Einführung und Definitionen | 87 |
| 5.2 | Struktur- und Zeitplanung mit Vorgangsknotennetzplänen | 90 |
| 5.2.1 | Strukturplanung | 90 |
| 5.2.1.1 | Grundregeln | 90 |
| 5.2.1.2 | Transformation von Vorgangsfolgen | 91 |
| 5.2.1.3 | Beispiel | 92 |

| | | |
|-------------------|--|------------|
| 5.2.2 | Zeitplanung | 93 |
| 5.2.2.1 | Ermittlung frühester und spätester Zeitpunkte | 94 |
| 5.2.2.2 | Pufferzeiten, kritische Vorgänge und Wege | 97 |
| 5.2.2.3 | Zeitplanung mit linearer Optimierung | 98 |
| 5.2.3 | Gantt-Diagramme | 100 |
| 5.3 | Struktur- und Zeitplanung mit Vorgangspfeilnetzplänen | 100 |
| 5.3.1 | Strukturplanung | 100 |
| 5.3.1.1 | Grundregeln | 100 |
| 5.3.1.2 | Ein Beispiel | 102 |
| 5.3.2 | Zeitplanung | 103 |
| 5.3.2.1 | Ermittlung frühester und spätester Zeitpunkte | 103 |
| 5.3.2.2 | Pufferzeiten, kritische Vorgänge und Wege | 104 |
| 5.4 | Kostenplanung | 105 |
| 5.5 | Kapazitätsplanung | 107 |
| Kapitel 6: | Ganzzahlige und kombinatorische Optimierung | 110 |
| 6.1 | Klassifikation und Beispiele | 110 |
| 6.2 | Komplexität und Lösungsprinzipien | 114 |
| 6.2.1 | Komplexität von Algorithmen und Optimierungsproblemen | 115 |
| 6.2.2 | Lösungsprinzipien | 116 |
| 6.3 | Grundprinzipien heuristischer Lösungsverfahren | 117 |
| 6.4 | Branch-and-Bound-Verfahren | 121 |
| 6.4.1 | Das Prinzip | 121 |
| 6.4.2 | Erläuterung anhand eines Beispiels | 122 |
| 6.4.3 | Komponenten von B&B-Verfahren | 124 |
| 6.5 | Traveling Salesman - Probleme | 127 |
| 6.5.1 | Heuristiken | 127 |
| 6.5.1.1 | Deterministische Eröffnungsverfahren | 128 |
| 6.5.1.2 | Deterministische Verbesserungsverfahren | 129 |
| 6.5.1.3 | Ein stochastisches Verfahren | 130 |
| 6.5.2 | Ein Branch-and-Bound-Verfahren für TSPe in ungerichteten Graphen | 132 |
| 6.5.2.1 | Die Lagrange-Relaxation und Lösungsmöglichkeiten | 133 |
| 6.5.2.2 | Das Branch-and-Bound-Verfahren | 138 |
| 6.6 | Das mehrperiodige Knapsack-Problem | 140 |
| Kapitel 7: | Dynamische Optimierung | 144 |
| 7.1 | Mit dynamischer Optimierung lösbare Probleme | 144 |
| 7.1.1 | Allgemeine Form von dynamischen Optimierungsproblemen | 144 |
| 7.1.2 | Ein Bestellmengenmodell | 146 |
| 7.1.3 | Klassifizierung und graphische Darstellung von DO-Modellen | 147 |

| | | |
|--|---|------------|
| 7.2 | Das Lösungsprinzip der dynamischen Optimierung | 149 |
| 7.2.1 | Grundlagen und Lösungsprinzip | 149 |
| 7.2.2 | Ein Beispiel | 151 |
| 7.3 | Weitere deterministische, diskrete Probleme | 152 |
| 7.3.1 | Bestimmung kürzester Wege | 152 |
| 7.3.2 | Das Knapsack-Problem | 153 |
| 7.3.3 | Ein Problem mit unendlichen Zustands- und Entscheidungsmengen | 154 |
| 7.4 | Ein stochastisches, diskretes Problem | 156 |
| Kapitel 8: Nichtlineare Optimierung | | 159 |
| 8.1 | Einführung | 159 |
| 8.1.1 | Allgemeine Form nichtlinearer Optimierungsprobleme | 159 |
| 8.1.2 | Beispiele für nichtlineare Optimierungsprobleme | 160 |
| 8.1.3 | Typen nichtlinearer Optimierungsprobleme | 162 |
| 8.2 | Grundlagen und Definitionen | 163 |
| 8.3 | Optimierungsprobleme ohne Nebenbedingungen | 168 |
| 8.3.1 | Probleme mit einer Variablen | 168 |
| 8.3.2 | Probleme mit mehreren Variablen | 170 |
| 8.4 | Allgemeine restringierte Optimierungsprobleme | 173 |
| 8.4.1 | Charakterisierung von Maximalstellen | 173 |
| 8.4.2 | Überblick über Lösungsverfahren | 177 |
| 8.5 | Quadratische Optimierung | 178 |
| 8.5.1 | Quadratische Form | 178 |
| 8.5.2 | Der Algorithmus von Wolfe | 180 |
| 8.6 | Konvexe Optimierungsprobleme | 183 |
| 8.6.1 | Die Methode der zulässigen Richtungen bzw. des steilsten Anstiegs | 183 |
| 8.6.2 | Hilfsfunktionsverfahren | 188 |
| 8.7 | Optimierung bei zerlegbaren Funktionen | 191 |
| Kapitel 9: Warteschlangentheorie | | 193 |
| 9.1 | Einführung | 193 |
| 9.2 | Binomial-, Poisson- und Exponentialverteilung | 194 |
| 9.3 | Wartemodelle als homogene Markovketten | 198 |
| 9.3.1 | Homogene Markovketten | 198 |
| 9.3.2 | Der Ankunftsprozess | 200 |
| 9.3.3 | Berücksichtigung der Abfertigung | 201 |
| 9.4 | Weitere Wartemodelle | 203 |

| | |
|---|------------|
| Kapitel 10: Simulation | 206 |
| 10.1 Grundlegende Arten der Simulation | 207 |
| 10.1.1 Monte Carlo-Simulation | 207 |
| 10.1.2 Diskrete Simulation | 207 |
| 10.1.3 Kontinuierliche Simulation | 208 |
| 10.2 Stochastischer Verlauf von Inputgrößen | 208 |
| 10.2.1 Kontinuierliche Dichtefunktionen | 209 |
| 10.2.2 Diskrete Wahrscheinlichkeitsfunktionen | 210 |
| 10.2.3 Empirische Funktionsverläufe | 210 |
| 10.2.4 Signifikanztests | 210 |
| 10.3 Erzeugung von Zufallszahlen | 211 |
| 10.3.1 Grundsätzliche Möglichkeiten | 211 |
| 10.3.2 Standardzufallszahlen | 211 |
| 10.3.3 Diskret verteilte Zufallszahlen | 213 |
| 10.3.4 Kontinuierlich verteilte Zufallszahlen | 214 |
| 10.4 Anwendungen der Simulation | 216 |
| 10.4.1 Numerische Integration | 216 |
| 10.4.2 Auswertung stochastischer Netzpläne | 217 |
| 10.4.3 Analyse eines stochastischen Lagerhaltungsproblems | 218 |
| 10.4.4 Simulation von Warteschlangensystemen | 220 |
| 10.5 Simulationssprachen | 220 |
| Kapitel 11: OR und Tabellenkalkulation | 223 |
| 11.1 (Ganzzahlige) Lineare Optimierung | 223 |
| 11.2 Kürzeste Wege in Graphen | 226 |
| 11.3 Simulation eines Warteschlangenproblems | 228 |
| Literaturverzeichnis | 231 |
| Sachverzeichnis | 241 |