

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einführung</b>	1
<b>1. Netzplantechnik</b>	6
<b>1.1. Vorbemerkungen</b>	6
<b>1.2. Ablaufplanung – Strukturanalyse und Netzplandarstellung</b>	9
<b>1.3. Zeitplanung – Berechnung von Netzplänen</b>	17
<b>1.3.1. Zeitenberechnung bei Vorgangpfeilnetzplänen</b>	18
<b>1.3.2. Zeitenberechnung bei Vorgangknotennetzplänen</b>	22
<b>1.3.3. Verkürzung und Überwachung eines Projektes</b>	26
<b>1.4. Kostenplanung</b>	27
<b>1.5. Kapazitätsplanung</b>	29
<b>1.5.1. Kapazitätsbelastung</b>	30
<b>1.5.2. Kapazitätsausgleich</b>	30
<b>1.5.3. Multiprojektplanung</b>	34
<b>1.6. Einsatz von EDV-Anlagen</b>	36
<b>1.7. Schlußbemerkungen</b>	37
<b>1.8. Aufgaben zur Netzplantechnik</b>	38
<b>1.8.1. Ablaufplanung und Aufstellung von Netzplänen</b>	38
<b>1.8.2. Zeitplanung und Berechnung von Netzplänen</b>	41
<b>1.8.3. Kosten- und Kapazitätsplanung</b>	45
<b>1.9. Empfohlene Literatur zur Netzplantechnik</b>	47
<b>2. Lineare Optimierung</b>	48
<b>2.1. Vorbemerkungen</b>	48
<b>2.2. Die Simplex-Methode</b>	48
<b>2.2.1. Graphische Lösung</b>	48
<b>2.2.2. Rechnerische Lösung</b>	50
<b>2.3. Sonderfälle der Simplex-Methode</b>	56
<b>2.3.1. Entartung</b>	56
<b>2.3.2. Unzulässige Ausgangslösung</b>	56
<b>2.3.3. Gleichungen als Restriktionen</b>	58
<b>2.3.4. Fehlende Nicht-Negativitäts-Bedingung</b>	59
<b>2.3.5. Minimierung der Zielfunktion</b>	60
<b>2.3.6. Untergrenzen einzelner Variablen</b>	61
<b>2.3.7. Allgemeiner Simplex-Algorithmus</b>	63
<b>2.4. Praktische Anwendungsfälle der Simplex-Methode</b>	65
<b>2.4.1. Bestimmung des optimalen Produktionsprogrammes</b>	65
<b>2.4.2. Mischungsoptimierung</b>	77
<b>2.4.3. Verschnittminimierung</b>	79

<b>2.5.</b>	<b>Aufgaben zur Linearen Optimierung</b>	83
<b>2.6.</b>	<b>Empfohlene Literatur zur Linearen Optimierung</b>	89
<b>3.</b>	<b>Transport- und Zuordnungsoptimierung</b>	90
<b>3.1.</b>	<b>Transportprobleme</b>	90
<i>3.1.1.</i>	<i>Charakterisierung von Transportproblemen</i>	90
<i>3.1.2.</i>	<i>Lösung von Transportproblemen mit der Distributionsmethode</i>	93
<i>3.1.3.</i>	<i>Sonderfälle</i>	104
<i>3.1.4.</i>	<i>Praktische Anwendungen</i>	105
<b>3.2.</b>	<b>Zuordnungsprobleme</b>	111
<i>3.2.1.</i>	<i>Charakterisierung von Zuordnungsproblemen</i>	111
<i>3.2.2.</i>	<i>Lösung von Zuordnungsproblemen mit der Ungarischen Methode</i>	113
<b>3.3.</b>	<b>Aufgaben zur Transport- und Zuordnungsoptimierung</b>	116
<b>3.4.</b>	<b>Empfohlene Literatur zur Transport- und Zuordnungsoptimierung</b>	123
<b>4.</b>	<b>Ganzzahlige Optimierung</b>	125
<b>4.1.</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	125
<b>4.2.</b>	<b>Verfahren der Ganzzahligen Optimierung</b>	125
<i>4.2.1.</i>	<i>Graphisches Verfahren</i>	125
<i>4.2.2.</i>	<i>Schnittebenen-Verfahren</i>	127
<i>4.2.3.</i>	<i>Entscheidungsbaum-Verfahren</i>	131
<i>4.2.4.</i>	<i>Heuristische Verfahren</i>	139
<b>4.3.</b>	<b>Aufgaben zur Ganzzahligen Optimierung</b>	143
<b>4.4.</b>	<b>Empfohlene Literatur zur Ganzzahligen Optimierung</b>	146
<b>5.</b>	<b>Kombinatorische Optimierung – Optimale Reihenfolge</b>	147
<b>5.1.</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	147
<b>5.2.</b>	<b>Rundreiseplanung</b>	148
<i>5.2.1.</i>	<i>Vollständige Enumeration</i>	148
<i>5.2.2.</i>	<i>Heuristische Verfahren</i>	150
<i>5.2.2.1.</i>	<i>Verfahren des besten Nachfolgers</i>	151
<i>5.2.2.2.</i>	<i>Verfahren der sukzessiven Einbeziehung von Stationen</i>	151
<i>5.2.3.</i>	<i>Entscheidungsbaum-Verfahren</i>	153
<i>5.2.3.1.</i>	<i>Begrenzte Enumeration</i>	154
<i>5.2.3.2.</i>	<i>Branching and Bounding</i>	156
<b>5.3.</b>	<b>Fertigungs-Ablaufplanung</b>	161
<i>5.3.1.</i>	<i>Vorbemerkungen</i>	161
<i>5.3.2.</i>	<i>Maschinenbelegung bei Reihenfertigung</i>	162
<i>5.3.2.1.</i>	<i>Johnson-Verfahren für das Zwei-Maschinen-Problem</i>	162
<i>5.3.2.2.</i>	<i>Heuristische Verfahren zur Lösung von Mehr-Maschinen-Problemen</i>	166
<i>5.3.3.</i>	<i>Maschinenbelegung bei Werkstattfertigung</i>	178
<i>5.3.3.1.</i>	<i>Analytische Verfahren</i>	178
<i>5.3.3.2.</i>	<i>Heuristische Verfahren</i>	179

<b>5.4.</b>	<b>Aufgaben zur Rundreise- und Ablaufplanung</b>	180
<b>5.5.</b>	<b>Empfohlene Literatur zur Kombinatorischen Optimierung</b>	183
<b>6.</b>	<b>Dynamische Optimierung</b>	184
<b>6.1.</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	184
<b>6.2.</b>	<b>Einführungsbeispiele</b>	185
<b>6.3.</b>	<b>Anwendung in Produktion und Lagerhaltung</b>	189
<b>6.4.</b>	<b>Anwendung auf Ersatz-, Reihenfolge- und Stopp-Probleme</b>	196
<b>6.5.</b>	<b>Aufgaben zur Dynamischen Optimierung</b>	201
<b>6.6.</b>	<b>Empfohlene Literatur zur Dynamischen Optimierung</b>	207
<b>7.</b>	<b>Nichtlineare Optimierung</b>	208
<b>7.1.</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	208
<b>7.2.</b>	<b>Analytische Lösungsverfahren für einfache Problemstellungen</b>	211
<b>7.2.1.</b>	<i>Nichtlineare Probleme ohne Restriktionen</i>	211
<b>7.2.2.</b>	<i>Nichtlineare Probleme mit Gleichungen als Restriktionen</i>	212
<b>7.2.3.</b>	<i>Nichtlineare Probleme mit Ungleichheitsrestriktionen und nichtnegativen Variablen</i>	213
<b>7.2.3.1.</b>	<i>Karush-Kuhn-Tucker-Bedingungen</i>	213
<b>7.2.3.2.</b>	<i>Penalty-Methode</i>	216
<b>7.2.3.3.</b>	<i>Barriere-Methode</i>	217
<b>7.3.</b>	<b>Approximation durch Linearisierung der Zielfunktion</b>	218
<b>7.3.1.</b>	<i>Linearisierung der Zielfunktion bei linearen Restriktionen</i>	218
<b>7.3.2.</b>	<i>Linearisierung bei Vorhandensein von Variablenprodukten</i>	221
<b>7.4.</b>	<b>Algorithmische Suchverfahren</b>	224
<b>7.4.1.</b>	<i>Eindimensionales Suchverfahren</i>	224
<b>7.4.2.</b>	<i>Gradientenverfahren</i>	225
<b>7.4.3.</b>	<i>Iterative Straffunktionsverfahren</i>	230
<b>7.4.4.</b>	<i>Gummiwand-Verfahren</i>	230
<b>7.4.5.</b>	<i>Complex-Verfahren</i>	233
<b>7.4.6.</b>	<i>Verfahren von Jahn</i>	237
<b>7.4.7.</b>	<i>Kombinations-Verfahren</i>	237
<b>7.5.</b>	<b>Aufgaben zur Nichtlinearen Optimierung</b>	238
<b>7.6.</b>	<b>Empfohlene Literatur zur Nichtlinearen Optimierung</b>	238
<b>8.</b>	<b>Wahrscheinlichkeitstheoretische Grundlagen</b>	239
<b>8.1.</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	239
<b>8.2.</b>	<b>Wahrscheinlichkeitssätze</b>	242
<b>8.2.1.</b>	<i>Additionssatz</i>	242
<b>8.2.2.</b>	<i>Bedingte Wahrscheinlichkeit</i>	244
<b>8.2.3.</b>	<i>Multiplikationssatz</i>	245
<b>8.2.4.</b>	<i>Satz von Bayes</i>	246

<b>8.3.</b>	<b>Wahrscheinlichkeitsverteilung</b>	248
8.3.1.	<i>Wahrscheinlichkeits- und Verteilungsfunktion</i>	248
8.3.2.	<i>Binomialverteilung</i>	251
8.3.3.	<i>Normalverteilung</i>	260
<b>8.4.</b>	<b>Aufgaben zur Wahrscheinlichkeitstheorie</b>	266
<b>8.5.</b>	<b>Empfohlene Literatur zur Wahrscheinlichkeitstheorie</b>	269
<b>9.</b>	<b>Entscheidungstheoretische Grundlagen</b>	269
9.1.	<b>Entscheidungsbaum-Analyse</b>	269
9.2.	<b>Entscheidungskriterien auf der Basis der Auszahlungen</b>	276
9.3.	<b>Entscheidungen auf der Basis von Nutzenanalysen</b>	283
9.4.	<b>Entscheidungen auf der Basis von Versuchsergebnissen</b>	287
9.5.	<b>Entscheidungen auf der Basis von Stichprobenergebnissen</b>	291
9.5.1.	<i>Anwendungen der Binomialverteilung bei Zählstichproben</i>	291
9.5.2.	<i>Ermittlung des optimalen Stichprobenumfangs bei Zählstichproben</i>	296
9.5.3.	<i>Verfahren bei ganzzahligen Mittelwerten von Meßstichproben</i>	296
9.5.4.	<i>Anwendung der Normalverteilung bei Meßstichproben</i>	301
9.6.	<b>Aufgaben zur Entscheidungstheorie</b>	306
9.7.	<b>Empfohlene Literatur zur Entscheidungstheorie</b>	312
<b>10.</b>	<b>Theorie der Spiele</b>	313
10.1.	<b>Charakterisierung von strategischen Spielen</b>	313
10.2.	<b>Statische Spiele</b>	315
10.3.	<b>Dynamische Spiele</b>	318
10.3.1.	<i>Dynamische Spiele mit einer <math>(2 \times 2)</math> Auszahlungsmatrix</i>	319
10.3.2.	<i>Dynamische Spiele mit einer <math>(m \times 2)</math> Auszahlungsmatrix</i>	322
10.3.3.	<i>Dynamische Spiele mit einer <math>(m \times n)</math> Auszahlungsmatrix</i>	323
10.3.4.	<i>Lösung dynamischer Spiele mittels Simulation</i>	328
10.4.	<b>Aufgaben zur Theorie der Spiele</b>	333
10.5.	<b>Empfohlene Literatur zur Theorie der Spiele</b>	335
<b>11.</b>	<b>Simulationstechnik</b>	336
11.1.	<b>Zielsetzung und Verfahren</b>	336
11.1.1.	<i>Arten und Anwendungsgebiete der Simulation</i>	337
11.1.2.	<i>Simulationsprogramme für digitale Simulation</i>	338
11.2.	<b>Stochastische Simulation mit der Monte Carlo-Technik</b>	339
11.2.1.	<i>Zufallszahlen bei manueller Simulation</i>	340
11.2.2.	<i>Zufallszahlen bei digitaler Simulation</i>	340
11.2.3.	<i>Beispiele zur manuellen stochastischen Simulation</i>	342

<b>11.3.</b>	<b>Digitale Simulation mit GPSS</b>	349
11.3.1.	<i>Systemkomponenten</i>	350
11.3.2.	<i>Simulationsablauf</i>	352
<b>11.4.</b>	<b>Erfahrungen bei der Simulation</b>	358
11.4.1.	<i>Zeitführung</i>	358
11.4.2.	<i>Simulationsumfang und Anfangsbedingungen</i>	358
<b>11.5.</b>	<b>Aufgaben zur Simulationstechnik</b>	359
<b>11.6.</b>	<b>Empfohlene Literatur zur Simulationstechnik</b>	360
<b>12.</b>	<b>Warteschlangensysteme</b>	361
<b>12.1.</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	361
<b>12.2.</b>	<b>Charakteristik von Warteschlangensystemen</b>	362
12.2.1.	<i>Zugangs-Charakteristik</i>	363
12.2.2.	<i>Abgangs-Charakteristik</i>	364
12.2.3.	<i>Zahl und Anordnung der Kanäle</i>	365
12.2.4.	<i>Schlangendisziplin</i>	365
12.2.5.	<i>Warteraum-Charakteristik</i>	366
12.2.6.	<i>Klassifizierung von Warteschlangensystemen</i>	366
<b>12.3.</b>	<b>Analyse verschiedener Warteschlangensysteme</b>	366
12.3.1.	<i>Systeme mit exponential-verteilten Ankunftsintervallen und Bedienungszeiten</i>	367
12.3.1.1.	Ein-Kanal-System bei unendlichem Warteraum – M/M/1 : ( $\infty$ /FIFO)	367
12.3.1.2.	Mehr-Kanal-System mit parallelen Kanälen bei unendlichem Warteraum – M/M/s : ( $\infty$ /FIFO)	370
12.3.1.3.	Ein-Kanal-System bei begrenztem Warteraum – M/M/1 : (m/FIFO)	374
12.3.1.4.	Mehr-Kanal-System bei begrenztem Warteraum – M/M/s : (m/FIFO)	375
12.3.2.	<i>Ein Kanal-System mit exponentiell-verteilten Ankunftsintervallen und Erlang-verteilten Bedienungszeiten – M/E/1</i>	376
12.3.3.	<i>Lösung von Warteschlangenproblemen durch stochastische Simulation</i>	378
<b>12.4.</b>	<b>Aufgaben zu Warteschlangenproblemen</b>	382
<b>12.5.</b>	<b>Empfohlene Literatur zu Warteschlangensystemen</b>	384
<b>13.</b>	<b>Optimale Lagerhaltung</b>	385
<b>13.1.</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	385
<b>13.2.</b>	<b>Bedarfsbestimmung</b>	386
13.2.1.	<i>Trendextrapolation</i>	387
13.2.1.1.	Regressionsanalyse	387
13.2.1.2.	Vereinfachte Zeitreihenanalyse	388
13.2.2.	<i>Glättungsverfahren</i>	390
<b>13.3.</b>	<b>Lagerhaltungsstrategien</b>	393
<b>13.3.1.</b>	<b>Bestellpolitik bei deterministischer Nachfrage</b>	394
13.3.1.1.	Statisches Lagerhaltungsmodell	394
13.3.1.2.	Dynamisches Lagerhaltungsmodell	397

<b>13.3.2.</b>	<i>Bestellpolitik bei stochastischer Nachfrage</i>	401
13.3.2.1.	(t, q)-Politik	401
13.3.2.2.	(t, S)-Politik	403
13.3.2.3.	(s, q)-Politik	403
13.3.2.4.	(s, S)-Politik	404
<b>13.3.3.</b>	<i>Ermittlung der optimalen Lager- und Bestellpolitik mittels Simulation</i>	406
<b>13.4.</b>	<b>Aufgaben zur optimalen Lagerhaltung</b>	411
<b>13.5.</b>	<b>Empfohlene Literatur zur optimalen Lagerhaltung</b>	413
<b>Schlußbemerkungen</b>		415
<b>Lösungen zu den Aufgaben</b>		416
<b>Sachwortverzeichnis</b>		434