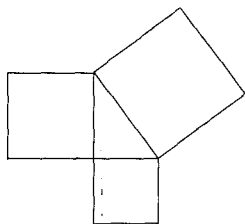


Taschenbuch der Wirtschaftsinformatik und Wirtschaftsmathematik

Herausgegeben von:

Wolfgang König, Heinrich Rommelfanger,
Dietrich Ohse, Markus Hofmann,
Klaus Schäfer, Helmut Kuhnle, Andreas Pfeifer



Verlag Harri Deutsch

Inhaltsverzeichnis

1	Universalrechnerysteme und Netze	1
1.1	Bestandteile der Hardware	1
	Prozessor	2
	Hauptspeicher	2
	Externe Speicher	3
	Ein- und Ausgabegeräte	5
1.2	Systematisierung der Software	7
	Systemsoftware	7
	Anwendungssoftware	13
1.3	Rechnerklassen	17
	Großrechner	18
	Mittlere Systeme / Workstations	18
	Personal Computer	18
1.4	Netze	19
	Local Area Network	19
	Rechnerfernnetze / WAN	21
	Informations- und Kommunikationsdienste	21
	Übertragungsprotokolle	22
2	Betriebssysteme und Programmiersprachen	23
2.1	Einführung in UNIX	23
2.2	Einführung in MS-DOS	25
2.3	Einführung in PASCAL	27
	Grundstruktur	27
	Variablen und Typen	27
	Anweisungen	33
	Prozeduren und Funktionen	38
	Rekursion	41
	Grundlegende Algorithmen	42
	Computergrafik	46
2.4	Einführung in C	46
	Grundstrukturen	47
	Operatoren	48
	Datenstrukturen	51
	Schleifen und Verzweigungen	54
2.5	Einführung in C++	56

	Variablen und Konstanten	56
	Überladen von Funktionen	56
	Überladen von Operatoren	57
	Klassen	57
	Instantiierung von Klassen	58
	friend-Funktionen	58
	Operatoren als Memberfunktionen	59
	Konstruktoren	59
	Abgeleitete Klassen (Vererbung)	60
	Klassenbibliotheken	61
2.6	Einführung in FORTRAN	61
	Programmaufbau	62
	Datenstrukturen	62
	Operatoren	64
	Schleifen und Verzweigungen	65
	Unterprogramme	66
2.7	Computeralgebra	68
	Strukturelemente von Mathematica	68
	Strukturelemente von Maple	71
	Algebraische Ausdrücke	74
	Gleichungen und Gleichungssysteme	75
	Lineare Algebra	76
	Differential- und Integralrechnung	77
	Programmierung	79
	Kurvenanpassung und Interpolation mit Mathematica	80
	Grafik	80
3	Entscheidung als Grundpfeiler betrieblichen Handelns	82
3.1	Einführung in das betriebswirtschaftliche Konzept von Entscheidungen	82
	Das wirtschaftliche Handeln in einer Umwelt	82
	Die Qualität einer Entscheidung	83
	Der Entscheidungsträger	83
	Die Kosten einer Entscheidung	83
	Der Entscheidungsprozesses Produktionsprozeß	84
3.2	Klassifizierung von Entscheidungsprozessen und Entscheidungen	84
	Klassifikationsansätze für Entscheidungsprozesse	85
	Klassifikationsansätze für Entscheidungen (als Ergebnisse von Entscheidungsprozessen)	87
3.3	Grundlagen der Entscheidungstheorie	90
	Präskriptive (normative) Theorie der Individualentscheidung	90
	Deskriptive Theorie der Individualentscheidung	94
4	Normative Methoden und Verfahren der Entscheidungsfindung	98
4.1	Entscheidung unter Sicherheit mit singulärem Zielkriterium	98
	Parameteroptimierung	99
4.2	Multikriterielle Entscheidung bei Sicherheit	100

	Nutzwertanalyse	100
	Lexikographische Ordnung	101
	Analytic Hierarchy Process	101
	Outranking-Verfahren (Electre)	101
4.3	Entscheidung bei Risiko	102
	Risikopräferenz (μ, σ), Bayes-Regel	102
	Bernoulli-Prinzip und Sicherheitsäquivalent	103
	Informationsbeschaffung als Entscheidungsproblem	104
4.4	Entscheidung bei Ungewißheit (Unsicherheit im engeren Sinne)	105
	Diskussion verschiedener Entscheidungsregeln	105
	Zusammenfassende Kritik	106
4.5	Lösung mehrstufiger Entscheidungsprobleme	107
	Starre Planung	107
	Flexible Planung	108
	Dynamische Programmierung	108
4.6	Komplexitätsbewältigung durch Simulation	110
	Monte-Carlo-Simulation	111
	Ereignisfolge-Simulationen	111
4.7	Komplexitätsbewältigung durch Methoden der Künstlichen Intelligenz	116
	Wissensrepräsentation und Inferenz	116
	Monotone versus nichtmonotone Logik	117
	Repräsentation unsicheren Wissens	119
	Entscheidungen bei Unschärfe	120
	Neuronale Netze	124
4.8	Heuristische Suchverfahren	124
	Simulated Annealing	125
	Tabu Search	125
	Genetische Algorithmen	126
	COSA: COoperative Simulated Annealing	127
5	Daten und Information	130
5.1	Klassifizierung der Daten	130
	Organisation formatierter Daten	130
	Organisation unformatierter Daten	142
5.2	Informationen	151
6	Planung und Realisierung von Informationssystemen	154
6.1	Entwicklungskonzepte	154
	Phasenkonzept	154
	Prototyping	155
6.2	Beschreibungsverfahren zur Entwicklung von Informationssystemen	156
	Strukturierte Analyse (SA)	156
	Entity-Relationship-Model (ERM)	158
	Imperativer Programmentwurf	163
	Ereignisgesteuerte Prozeßkettendiagramme	165

Objektorientierte Modellierung	167
Objektmodell von Rumbaugh	167
Generalproblem der Daten-, Objekt- und Geschäftsprozeßmodellierung	180
6.3 Höhere Programmiersprachen	181
Programmstrukturen	182
6.4 Datenbankmanagement auf der Basis der relationalen Sprache SQL	184
7 Finanzmathematik	196
7.1 Einfache Zinsen	196
7.2 Zinsrechnung	198
Vorschüssige Verzinsung	198
7.3 Rentenrechnung	199
Grundbegriffe	199
Nachschüssige Rente	199
Vorschüssige Rente	201
Ewige Rente	202
Aufgeschobene und abgebrochene Rente	202
Jährliche Verzinsung - unterjährige Rentenzahlung	203
Unterjährige Verzinsung	204
7.4 Tilgungsrechnung	205
Grundbegriffe	205
Ratentilgung	206
Annuitätentilgung	207
Unterjährige Verzinsung und Tilgung	208
7.5 Abschreibung	208
Abschreibungsverfahren	209
8 Quantitative Methoden des modernen Wertpapier-Management	210
8.1 Portfolio Selection	210
Grundmodell ohne Existenz einer risikofreien Anlage	210
Portfolio Selection bei Existenz einer risikofreien Anlage	213
Separationstheorem von Tobin	214
Tangential-Portefeuille	214
Portefeuille-Risiken der Wertpapiere	215
8.2 Capital Asset Pricing Model	216
Grundlagen	216
Hypothesen des CAPM	217
Security Market Line	217
Capital Market Line	218
8.3 Index- und Faktormodelle	219
Ein-Index-Modell und Ein-Faktor-Modell	219
Multi-Index- und Mehr-Faktoren-Modelle	220
Das Marktmodell	221
Arbitrage Pricing Theory APT	222
8.4 Kennzahlen des Zins-Management	224

	Effektiv-, Termin- und Laufzeitzinssätze von Anleihen	224
	Arbitrage-Analyse von Anleihen	225
	Duration und Immunisierung	226
8.5	Preistheorie von Aktienoptionen	227
	Arbitrage-Grenzen bei Aktienoptionen	227
	Optimale Ausübung amerikanischer Aktienoptionen	228
	Put-Call-Paritäten	229
	Binomialmodell zur Bewertung von Optionen: Ein-Perioden-Fall	229
	Binomialmodell zur Bewertung von Optionen: Zwei-Perioden-Fall	231
	Binomialmodell zur Bewertung von Optionen in allgemeiner Form	233
	Black/Scholes-Modell	234
	Beispielsrechnung zur Black/Scholes-Formel	235
	Delta-Faktor	236
	Dynamisches Hedging:	237
	Gamma-Faktor	237
	Theta-Faktor	238
	Lambda-, Rho-, Alpha- und Omega-Faktor	239
	Berechnung von Optionskennzahlen in einem einfachen Fall	240
9	Operations Research	241
	Aufgabenstellung	241
9.1	Lineare Optimierung	241
	Das Grundmodell der Linearen Optimierung	241
	Modellerweiterungen	242
	Graphische Lösung	243
	Äquivalentes unterbestimmtes Gleichungssystem und Basislösung	244
	Simplex-Methode	245
	Simplex-Algorithmus	246
	Bestimmung einer zulässigen Lösung	247
9.2	Dualitätstheorie	249
	Duale Simplex-Methode	252
	Revidierte Simplex-Methode mit Explizitform der Basisinversen	255
	Algorithmus und Beispiel	258
	Produktdarstellung der Inversen	261
	Implementierung der Produktform	263
	Vorteile der revidierten vs. der klassischen Simplex-Methode	265
10	Graphen und Algorithmen	267
10.1	Graphen	267
	Grundbegriffe	267
	Darstellung von Graphen	268
	Bäume	269
10.2	Matchings	270
10.3	Netzwerke	271
	Flüsse in Netzwerken	271
	Eulerscher Zug und Hamiltonscher Kreis	271

11	Netzplanmodelle	273
11.1	Überblick über die Netzplantechnik	273
11.2	Critical Path Method (CPM)	273
	Darstellung im CPM-Netzplan	274
	Hinweis zur Ermittlung der Pufferzeit	276
11.3	Program Evaluation and Review Technique (PERT)	279
	Wahrscheinlichkeitsverteilung der Vorgangsdauern	279
	Wahrscheinlichkeit der Einhaltung von Projektendterminen	280
11.4	Metra-Potential-Methode (MPM)	281
11.5	Graphic Evaluation and Review Technique (GERT)	281
	Zweck	281
	Knotenlogik	282
	Struktur von GERT-Netzplänen	282
	Beispiel für einen GERT-Netzplan	283
11.6	Stochastische Exklusive-Oder-Netzpläne (STEO)	284
12	Arithmetik und Numerik	286
12.1	Mengen	286
	Darstellung von Mengen	286
	Mengenoperationen	287
	Gesetze der Mengenalgebra	289
12.2	Zahlensysteme	289
	Dekadisches Zahlensystem	289
	Weitere Zahlensysteme	290
	Darstellung in Rechnern	291
	Horner-Schema zur Zahlendarstellung	292
12.3	Natürliche Zahlen	292
	Vollständige Induktion	293
	Vektoren und Felder, Indizierung	293
	Rechnen mit natürlichen Zahlen	293
12.4	Ganze Zahlen	296
12.5	Rationale Zahlen (gebrochene Zahlen)	296
	Dezimalbrüche	296
	Brüche	297
	Rechnen mit Brüchen	298
12.6	Rechnen mit Quotienten	299
	Proportion	299
	Dreisatz	300
12.7	Irrationale Zahlen	300
12.8	Reelle Zahlen	300
12.9	Komplexe Zahlen	301
	Körper der komplexen Zahlen	302
12.10	Rechnen mit reellen Zahlen	302
	Vorzeichen und Betrag	302
	Ordnungsrelationen	303

Intervalle	303
Runden und Abschneiden	304
Rechnen mit Intervallen	305
Klammerung	305
Addition und Subtraktion	306
Summenzeichen	307
Multiplikation und Division	308
Produktzeichen	309
Potenzen und Wurzeln	309
Exponentiation und Logarithmus	311
12.11 Binomischer Satz	313
Binomische Formeln	313
Binomialkoeffizienten	313
Pascalsches Dreieck	313
Eigenschaften der Binomialkoeffizienten	314
Entwicklung von Potenzen von Summen	314
13 Gleichungen und Ungleichungen	316
13.1 Grundlegende algebraische Begriffe	316
Nomenklatur	316
Gruppe	317
Ring	318
Körper	318
Vektorraum	319
Algebra	319
13.2 Gleichungen mit einer Unbekannten	319
Elementare Äquivalenzumformungen	319
Übersicht der verschiedenen Gleichungsarten	320
13.3 Lineare Gleichungen	321
Gewöhnliche lineare Gleichungen	321
Lineare Gleichungen in gebrochener Form	321
Lineare Gleichungen in irrationaler Form	321
13.4 Quadratische Gleichungen	321
Quadratische Gleichungen in gebrochener Form	322
Quadratische Gleichungen in irrationaler Form	322
13.5 Kubische Gleichungen	323
13.6 Gleichungen vierten Grades	324
Allgemeine Gleichung vierten Grades	324
Biquadratische Gleichungen	324
Symmetrische Gleichungen vierten Grades	324
13.7 Gleichungen beliebigen Grades	325
Polynomdivision	325
13.8 Gebrochenrationale Gleichungen	326
13.9 Irrationale Gleichungen	326
Wurzelgleichungen	326

Potenzgleichungen	327
13.10 Transzendente Gleichungen	327
Exponentialgleichungen	327
Logarithmusgleichungen	328
Trigonometrische (goniometrische) Gleichungen	328
13.11 Gleichungen mit Beträgen	329
Gleichung mit einem Betragsausdruck	329
Gleichungen mit mehreren Betragsausdrücken	330
13.12 Ungleichungen	330
Äquivalenzumformungen bei Ungleichungen	331
Addition und Multiplikation von Ungleichungen	332
13.13 Numerische Lösung von Gleichungen	332
Grafische Lösung	332
Intervallschachtelung	332
Sekantenverfahren und Regula falsi	333
Newton-Verfahren	334
Sukzessive Approximation	335
14 Vektorrechnung	337
14.1 Vektoralgebra	337
Vektor und Skalar	337
Spezielle Vektoren	337
Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar	338
Vektoraddition	338
Vektorsubtraktion	339
Rechengesetze	339
Lineare (Un-) Abhängigkeit von Vektoren	340
Basis	340
14.2 Skalarprodukt oder inneres Produkt	343
Rechenregeln	344
Eigenschaften und Anwendungen des Skalarproduktes	344
15 Matrizen, Determinanten und lineare Gleichungssysteme	347
15.1 Matrizen	347
Zeilen- und Spaltenvektoren	349
15.2 Spezielle Matrizen	349
Transponierte, konjugierte und adjungierte Matrizen	349
Quadratische Matrizen	350
Dreiecksmatrizen	351
Diagonalmatrizen	353
15.3 Operationen mit Matrizen	355
Addition und Subtraktion von Matrizen	355
Multiplikation einer Matrix mit skalarem Faktor c	356
Multiplikation von Vektoren, Skalarprodukt	357
Multiplikation einer Matrix mit einem Vektor	358

	Multiplikation von Matrizen	358
	Rechenregeln der Matrixmultiplikation	360
	Multiplikation mit einer Diagonalmatrix	361
	Matrizenmultiplikation nach dem Falk-Schema	361
	Zeilensummen- und Spaltensummenproben	362
15.4	Determinanten	363
	Zweireihige Determinanten	364
	Allgemeine Rechenregeln für Determinanten	364
	Determinantenwert Null	366
	Dreireihige Determinanten	366
	Determinanten höherer (n -ter) Ordnung	368
	Berechnung n -reihiger Determinanten	370
	Reguläre und inverse Matrix	370
	Berechnung der inversen Matrix mit Determinanten	371
	Rang einer Matrix	373
	Bestimmung des Ranges mit Unterdeterminanten	373
15.5	Lineare Gleichungssysteme	374
	Systeme von zwei Gleichungen mit zwei Unbekannten	375
15.6	Numerische Lösungsverfahren	376
	Gaußscher Algorithmus für lineare Gleichungssysteme	377
	Vorwärtselimination	377
	Pivotisierung	378
	Rückwärtseinsetzen	379
	LR-Zerlegung	380
	Lösbarkeit von $(m \times n)$ -Gleichungssystemen	383
	Gauß-Jordan-Verfahren zur Matrixinversion	385
	Berechnung der inversen Matrix A^{-1}	387
15.7	Iterative Lösung linearer Gleichungssysteme	389
	Gesamtschritt-Verfahren (Jacobi)	390
	Einzelschrittverfahren (Gauß-Seidel)	390
15.8	Eigenwertgleichungen	392
16	Boolesche Algebra	395
16.1	Grundbegriffe	395
	Aussagen und Wahrheitswerte	395
	Aussagenvariablen	395
16.2	Boolesche Verknüpfungen	396
	Negation, nicht, not	396
	Konjunktion, und, and	396
	Disjunktion, (inklusive) oder, or	397
	Rechenregeln	397
16.3	Boolesche Funktionen	398
	Verknüpfungsbasis	399
16.4	Normalformen	399
	Disjunktive Normalform	400

	Konjunktive Normalform	400
	Darstellung von Funktionen durch Normalformen	400
16.5	Karnaugh-Veitch-Diagramme	402
	Erstellen eines KV-Diagrammes	402
	Eintragen einer Funktion in ein KV-Diagramm	403
	Minimierung mit Hilfe von KV-Diagrammen	403
16.6	Minimierung nach Quine und McCluskey	405
17	Analytische Geometrie	407
17.1	Elemente der Ebene	407
	Abstand zweier Punkte	407
	Teilung einer Strecke	407
	Fläche eines Dreiecks	408
	Gleichung einer Kurve	408
17.2	Gerade	408
	Gleichungsformen der Geraden	408
	Hessesche Normalform	410
	Schnittpunkt von Geraden	410
	Winkel zwischen Geraden	411
	Parallele und senkrechte Geraden	411
17.3	Kreis	412
	Kreisgleichungen	412
	Kreis und Gerade	413
	Kreisschnitt	413
	Kreistangentengleichung	413
17.4	Ellipse	414
	Gleichungsformen der Ellipse	414
	Brennpunkteigenschaften der Ellipse	414
	Durchmesser der Ellipse	415
	Tangente und Normale der Ellipse	415
	Krümmung der Ellipse	416
	Ellipsenflächen und Ellipsenumfang	416
17.5	Parabel	417
	Gleichungsformen der Parabel	417
	Brennpunkteigenschaften der Parabel	417
	Parabeldurchmesser	418
	Tangente und Normale der Parabel	418
	Krümmung einer Parabel	418
	Parabelflächen und Parabelbogenlänge	418
	Parabel und Gerade	419
17.6	Hyperbel	419
	Gleichungsformen der Hyperbel	420
	Brennpunkteigenschaften der Hyperbel	420
	Tangente und Normale der Hyperbel	421
	Konjugierte Hyperbeln und Durchmesser	421

	Krümmung einer Hyperbel	421
	Flächen einer Hyperbel	422
	Hyperbel und Gerade	422
17.7	Elemente im Raum	422
	Abstand zweier Punkte	422
	Teilung einer Strecke	422
	Rauminhalt eines Tetraeders	423
17.8	Geraden im Raum	423
	Parameterdarstellung einer Geraden	423
	Schnittpunkt zweier Geraden	423
	Schnittwinkel zweier sich schneidender Geraden	424
	Fußpunkt des Lotes (Lotgerade)	424
	Abstand zwischen Punkt und Gerade	424
	Abstand zweier Geraden	425
17.9	Ebenen im Raum	425
	Parameterdarstellung der Ebene	425
	Koordinatendarstellung der Ebene	425
	Hessesche Normalform der Ebene	426
	Umformungen	426
	Abstand Punkt – Ebene	426
	Schnittpunkt Gerade – Ebene	427
	Schnittwinkel zweier sich schneidender Ebenen	427
	Fußpunkt des Lotes (Lotgerade)	427
	Spiegelung	427
	Abstand zweier paralleler Ebenen	428
	Schnittmenge zweier Ebenen	428
18	Folgen, Reihen, Funktionen	429
18.1	Folgen und Reihen	429
	Eigenschaften von Folgen, Grenzwerte	430
18.2	Abbildungen und Funktionen	431
18.3	Unendliche Reihen	433
	Reihen	433
	Konvergenzkriterien	433
	Spezielle Zahlenreihen	436
	Taylor- und MacLaurin-Reihen	436
	Formel von Taylor	436
	Taylor-Reihe	437
	Potenzreihen	438
	Konvergenzbetrachtungen für Potenzreihen	438
	Eigenschaften konvergenter Potenzreihen	439
	Spezielle Reihenentwicklungen	440

19 Funktionen einer reellen Variablen	441
19.1 Darstellungsformen und Klassifikation	441
Klassifikation von Funktionen	442
19.2 Grenzwert und Stetigkeit	443
19.3 Differenzierbarkeit	445
Differentiationsregeln	447
Ableitungen elementarer Funktionen	449
Ableitungen trigonometrischer Funktionen	450
Mittelwertsätze	450
Höhere Ableitungen	451
19.4 Kurvendiskussion	452
Definitionsbereich	452
Symmetrie	452
Verhalten im Unendlichen	453
Definitionslücken und Unstetigkeitsstellen	454
Nullstellen	455
Steigungsverlauf, Extrema	455
Krümmung und Wendepunkt	456
Variationsdiagramm	458
19.5 Anwendung in den Wirtschaftswissenschaften	460
19.6 Steckbrief für Funktionen	463
19.7 Einfache Funktionen	467
Konstante Funktion	468
19.8 Betragsfunktion	469
19.9 Gaußklammer-Funktion, Restfunktion	471
19.10 Ganzrationale Funktionen	473
Lineare Funktion – Gerade	473
Quadratische Funktion – Parabel	475
Kubische Funktion	478
Potenzfunktion höheren Grades	480
Polynome höheren Grades	483
Darstellung von Polynomen und spezielle Polynome	486
19.11 Gebrochen rationale Funktionen	487
Hyperbel	487
Reziproke quadratische Funktion	489
Potenzfunktionen mit negativem Exponenten	491
Quotient zweier Polynome	494
19.12 Nichtrationale algebraische Funktionen	498
Quadratwurzelfunktion	498
Wurzelfunktionen	500
Potenzfunktion mit gebrochenem Exponenten	502
Wurzeln von rationalen Funktionen	505
Kegelschnitte	508
19.13 Transzendente Funktionen	510
Exponentialfunktion	510

Exponentialfunktionen von Potenzen	514
Logarithmusfunktion	518
19.14 Trigonometrische Funktionen	521
Sinus- und Cosinusfunktion	525
Tangens und Cotangens	535
19.15 Arkusfunktionen	539
Arkussinus und Arkuscosinus	541
Arkustangens und Arkuscotangens	543
20 Funktionen mehrerer unabhängiger Variablen	546
20.1 Definition und geometrische Darstellung	546
20.2 Umgebung, Grenzwert, Stetigkeit	548
20.3 Partielle Ableitungen	549
20.4 Tangentialfläche und totales Differential	552
20.5 Quadratische Formen	554
20.6 Extrema von Funktionen mehrerer unabhängiger Variabler	556
20.7 Implizite Funktionen	558
20.8 Extrema unter Beachtung von Nebenbedingungen	559
21 Komplexe Zahlen und Funktionen einer komplexen Variablen	564
21.1 Komplexe Zahlen	564
Imaginäre Zahlen	564
Algebraische Darstellung komplexer Zahlen	564
Kartesische Darstellung komplexer Zahlen	565
Konjugiert komplexe Zahlen	565
Betrag einer komplexen Zahl	566
Trigonometrische Darstellung komplexer Zahlen	566
Exponentialdarstellung komplexer Zahlen	567
Umrechnung zwischen kartesischer und trigonometrischer Darstellung	567
Riemannsche Zahlenkugel	568
21.2 Elementare Rechenoperationen mit komplexen Zahlen	569
Addition und Subtraktion komplexer Zahlen	569
Multiplikation und Division komplexer Zahlen	570
Potenzieren im Komplexen	572
Radizieren im Komplexen	573
21.3 Elementare Funktionen einer komplexen Variablen	573
Folgen im Komplexen	574
Reihen im Komplexen	575
Exponentialfunktion im Komplexen	576
Natürlicher Logarithmus im Komplexen	576
Allgemeine Potenz im Komplexen	577
Trigonometrische Funktionen im Komplexen	577
21.4 Anwendungen komplexer Funktionen	578
Darstellung von Schwingungen in der komplexen Ebene	578
21.5 Ableitung von Funktionen einer komplexen Variablen	580

Definition der Ableitung im Komplexen	580
Ableitungsregeln im Komplexen	580
Cauchy-Riemannsche Differenzierbarkeitsbedingungen	581
21.6 Integration in der komplexen Ebene	581
Komplexe Kurvenintegrale	581
Cauchyscher Integralsatz	582
Stammfunktionen im Komplexen	583
Cauchysche Integralformeln	583
Taylorreihe einer analytischen Funktion	584
22 Integralrechnung	585
22.1 Integralbegriff und Integrierbarkeit	585
Bestimmtes Integral	585
Regeln zur Integrierbarkeit	586
Unbestimmtes Integral, Stammfunktion	587
Uneigentliche Integrale	589
22.2 Integrationsverfahren	590
Integration durch Substitution	591
Partielle Integration	593
Integration durch Partialbruchzerlegung	594
Integration durch Reihenentwicklung	597
22.3 Numerische Integration	598
Rechteckregel	599
Trapezregel	599
Simpson-Regel	599
22.4 Kurven-, Flächen- und Volumenintegrale	599
Bogenlänge (Rektifikation)	599
Flächeninhalt	600
Rotationskörper (Drehkörper)	601
22.5 Mehrfachintegrale und ihre Anwendungen	602
Definition von Mehrfachintegralen	602
Flächenberechnung	603
22.6 Das Stieltjessche Integral	604
23 Differentialgleichungen	606
23.1 Allgemeines	606
23.2 Geometrische Interpretation	607
23.3 Lösungsmethoden bei Differentialgleichungen erster Ordnung	608
Trennung der Variablen	608
Substitution	608
Exakte Differentialgleichung	609
Integrierender Faktor	609
23.4 Lineare Differentialgleichungen erster Ordnung	609
Variation der Konstanten	610
Allgemeine Lösung	610

	Bestimmung einer partikulären Lösung	611
	Lineare Differentialgleichungen 1. Ordnung mit konstanten Koeffizienten	611
23.5	Einige spezielle Gleichungen	611
	Bernoullische Differentialgleichung	611
	Riccatische Differentialgleichung	612
	Clairautsche Differentialgleichung	612
23.6	Differentialgleichungen 2. Ordnung	613
	Einfache Spezialfälle	613
23.7	Lineare Differentialgleichungen 2. Ordnung	614
	Homogene lineare Differentialgleichung 2. Ordnung	614
	Inhomogene lineare Differentialgleichung 2. Ordnung	614
	Lineare Differentialgleichung 2. Ordnung mit konstanten Koeffizienten	615
23.8	Differentialgleichungen n-ter Ordnung mit konstanten Koeffizienten	617
	Stabilitätskriterien	618
23.9	Systeme von gekoppelten Differentialgleichungen 1. Ordnung	619
23.10	Systeme linearer homogener Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten	619
	Stabilitätskriterien	621
23.11	Numerische Integration von Differentialgleichungen	622
	Euler-Verfahren	622
	Verfahren von Heun	623
	Modifiziertes Euler-Verfahren	624
	Runge-Kutta-Verfahren	625
	Runge-Kutta-Verfahren für Systeme von Differentialgleichungen	629
24	Differenzgleichungen	631
24.1	Differenzenoperator und höhere Differenzen	631
24.2	Klassifikation von Differenzgleichungen und Lösungsbegriff	632
24.3	Lineare Differenzgleichungen 1. Ordnung	633
24.4	Lineare Differenzgleichungen 2. Ordnung mit konstanten Koeffizienten	637
	Allgemeine Lösung der inhomogenen Differenzgleichung 2. Ordnung	638
	Qualitative Analyse der Lösungen	639
24.5	Lineare Differenzgleichungen n-ter Ordnung mit konstanten Koeffizienten	640
	Stabilitätsbedingungen	642
24.6	Systeme linearer Differenzgleichungen 1. Ordnung mit konstanten Koeffizienten	645
	Eliminationsverfahren zur Lösung linearer Differenzgleichungssysteme	647
	Qualitative Analyse der Lösungen	648
25	Nichtlineare Dynamik, Chaostheorie, Fraktale Geometrie	650
25.1	Nichtlineare dynamische Systeme	650
	Grundbegriffe dynamischer Systeme	650
	Struktur und Analyse dynamischer Systeme	651
25.2	Deterministisches Chaos und Fraktale Geometrie	654
	Phänomenologie des deterministischen Chaos	654
	Fraktale Geometrie des Chaos	656
	Konzepte zur Charakterisierung chaotischer Dynamik und fraktaler Struktur	658

25.3	Chaos in den Wirtschaftswissenschaften	662
	Chaostheoretische Untersuchungen in den Wirtschaftswissenschaften	662
	Chaosgenerierende Mechanismen in der betriebswirtschaftlichen Modellierung	664
25.4	Chaos und Zufall	665
	Analyse zufälliger Störungen in dynamischen Systemen	667
	Erklärungsgehalt von Modellen mit gestörtem Chaos	669
25.5	Vorhersage, Kontrolle und Steuerung chaotischer Prozesse	670
	Vorhersage des Chaos	670
	Kontrolle und Steuerung des Chaos	670
26	Fuzzy Set-Theorie und Anwendungen	672
26.1	Fuzzy Set-Theorie und Anwendungen	672
	Fuzzy Sets (Unschärfe Mengen)	672
26.2	Fuzzy-Operatoren	679
26.3	Kompensatorische Operatoren	682
26.4	Erweiterungsprinzip und erweiterte reelle Operatoren	684
26.5	Erweiterte algebraische Operationen für Fuzzy-Zahlen vom LR-Typ	686
26.6	Fuzzy-Relationen	688
26.7	Fuzzy-Inferenz	690
26.8	Fuzzy-Logik basierte Entscheidungsunterstützung	691
	Defuzzifizierungsmethoden	693
	Anwendung von Fuzzy-Logik-Systeme zur Entscheidungsunterstützung	693
26.9	Fuzzy-Entscheidungstheorie	694
26.10	Fuzzy-Optimierung	695
27	Neuronale Netze	697
27.1	Arbeitsweise und Struktur	697
	Arbeitsweise	697
	Struktur	698
27.2	Umsetzung des Neuronen-Modells	698
	Zeitunabhängige Systeme	698
	Zeitabhängige Systeme	699
	Verwendung	700
27.3	Überwachtes Lernen	700
	Prinzip des überwachten Lernens	700
	Standard Backpropagation	702
	Backpropagation Through Time	703
	Verbesserte Lernmethoden	704
	Hopfield-Netz	705
27.4	Unüberwachtes Lernen	706
	Prinzip des unüberwachten Lernens	706
	Kohonen-Modell	707
27.5	Realisierungen von Neuronalen Netzen	708

28	Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik	709
28.1	Kombinatorik	709
28.2	Zufällige Ereignisse	711
	Grundbegriffe	711
	Ereignisrelationen und Ereignisoperationen	712
	Strukturdarstellung von Ereignissen	713
28.3	Wahrscheinlichkeit von Ereignissen	714
	Eigenschaften von Wahrscheinlichkeiten	714
	Methoden zur Berechnung von Wahrscheinlichkeiten	715
	Bedingte Wahrscheinlichkeiten	715
	Rechnen mit Wahrscheinlichkeiten	715
28.4	Zufallsgrößen und ihre Verteilungen	717
	Einzelwahrscheinlichkeit, Dichtefunktion und Verteilungsfunktion	718
	Kenngroßen von Verteilungen	719
	Spezielle diskrete Verteilungen	720
	Spezielle stetige Verteilungen	727
28.5	Grenzwertsätze	734
	Gesetze der großen Zahlen	734
	Grenzwertsätze	735
28.6	Mehrdimensionale Zufallsgrößen	736
	Verteilungsfunktionen zweidimensionaler Zufallsgrößen	736
	Zweidimensionale diskrete Zufallsgrößen	737
	Zweidimensionale stetige Zufallsgrößen	738
	Unabhängigkeit von Zufallsgrößen	739
	Kenngroßen zweidimensionaler Zufallsgrößen	739
	Zweidimensionale Normalverteilung	740
28.7	Grundlagen der mathematischen Statistik	741
	Beschreibung von Messungen	741
	Fehlerarten	743
28.8	Kenngroßen zur Beschreibung von Meßwertverteilungen	744
	Lageparameter, Mittelwerte von Meßreihen	744
	Streuungsparameter	746
28.9	Spezielle Verteilungen	747
	Häufigkeitsverteilungen	747
	Verteilung von Stichprobenfunktionen	748
28.10	Stichproben-Analyseverfahren (Test- und Schätztheorie)	752
	Schätzverfahren	753
	Konstruktionsprinzipien für Schätzfunktionen	754
	Momentenmethode	754
	Maximum-Likelihood-Verfahren	755
	Methode der kleinsten Quadrate	756
	χ^2 -Minimum-Methode	756
	Methode der Quantile, Perzentile	757
	Intervallschätzung	757
	Intervallgrenzen bei Normalverteilung	759

Prognose- und Konfidenzintervallgrenzen bei Binomialverteilung und hypergeometrischer Verteilung	759
Intervallgrenzen bei Poisson-Verteilung	760
Bestimmung des Stichprobenumfangs n	760
Prüfverfahren	761
Parametertests	764
Parametertests bei der Normalverteilung	765
Hypothesen über den Mittelwert beliebiger Verteilungen	767
Hypothesen über p von Binomial- und hypergeometrischen Verteilungen	767
Anpassungstests	767
Anwendung: Annahmestichproben- und Ausschußprüfung	768
28.11 Zuverlässigkeit	769
28.12 Ausgleichsrechnung, Regression	771
Lineare Regression, Methode der kleinsten Quadrate	772
Regression n -ter Ordnung	774