

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur fünften Auflage	v
Liste der Beispiele	xiv
Häufig benutzte Symbole und Bezeichnungen	xvii
1 Einleitung	1
1.1 Typische Aufgaben der Datenanalyse	1
1.2 Zum Aufbau dieses Buches	2
1.3 Zu den Programmen	5
2 Wahrscheinlichkeiten	7
2.1 Experimente, Ereignisse, Stichprobenraum	7
2.2 Begriff der Wahrscheinlichkeit	8
2.3 Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Bedingte Wahrscheinlichkeit	10
2.4 Beispiele	11
2.4.1 Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der Augenzahl n beim Wurf von zwei Würfeln	11
2.4.2 Lotto 6 aus 49	12
2.4.3 Drei-Türen-Spiel	13
3 Zufallsvariable. Verteilungen	14
3.1 Zufallsvariable	14
3.2 Verteilungen einer Zufallsvariablen	14
3.3 Funktion einer Zufallsvariablen, Erwartungswert, Streuung, Momente	16
3.4 Verteilungsfunktion und Wahrscheinlichkeitsdichte von 2 Veränderlichen. Bedingte Wahrscheinlichkeit	24
3.5 Erwartungswerte, Varianz, Kovarianz und Korrelation	26
3.6 Mehr als 2 Veränderliche, Vektor- und Matrixschreibweise	29
3.7 Transformation der Variablen	32
3.8 Lineare und orthogonale Transformation. Fehlerfortpflanzung	34

4	Rechnererzeugte Zufallszahlen. Die Monte-Carlo-Methode	39
4.1	Zufallszahlen	39
4.2	Zahlendarstellung im Rechner	40
4.3	Linear kongruente Generatoren	42
4.4	Multiplikativ linear kongruente Generatoren	43
4.5	Qualität eines MLCG. Spektraltest	45
4.6	Implementation und Portabilität eines MLCG	48
4.7	Kombination mehrerer MLCG	50
4.8	Erzeugung beliebig verteilter Zufallszahlen	53
4.8.1	Erzeugung durch Transformation der Gleichverteilung	53
4.8.2	Erzeugung nach dem von Neumannschen Rückweisungsverfahren	56
4.9	Erzeugung normalverteilter Zufallszahlen	60
4.10	Erzeugung von Zufallszahlen entsprechend einer n -dimensionalen Normalverteilung	62
4.11	Die Monte-Carlo-Methode zur Integration	62
4.12	Die Monte-Carlo-Methode zur Simulation	64
4.13	Java-Klasse und Programmbeispiele	65
5	Verschiedene wichtige Verteilungen und Sätze	67
5.1	Binomial- und Multinomialverteilung	67
5.2	Häufigkeit. Das Gesetz der großen Zahl	70
5.3	Hypergeometrische Verteilung	72
5.4	Poisson-Verteilung	75
5.5	Die charakteristische Funktion einer Verteilung	79
5.6	Die standardisierte Normalverteilung	81
5.7	Die Normal- oder Gauß-Verteilung	83
5.8	Zahlenmäßiges Verhalten der Normalverteilung	84
5.9	Der zentrale Grenzwertsatz	87
5.10	Normalverteilung mehrerer Veränderlicher	91
5.11	Faltung von Verteilungen	97
5.11.1	Faltungsintegrale	97
5.11.2	Faltungen mit der Normalverteilung	100
5.12	Programmbeispiele	103
6	Stichproben	105
6.1	Zufällige Stichprobe. Verteilungsfunktion einer Stichprobe. Schätzungen	105
6.2	Stichproben aus kontinuierlichen Grundgesamtheiten. Mittelwert und Varianz einer Stichprobe	108
6.3	Graphische Darstellung von Stichproben. Histogramme und Streudiagramme	111

6.4	Stichproben aus zerlegten Grundgesamtheiten	119
6.5	Stichproben ohne Zurücklegen aus endlichen diskreten Grundgesamtheiten. Mittlere quadratische Abweichung. Freiheitsgrade	123
6.6	Stichproben aus Gauß-Verteilungen. χ^2 -Verteilung	126
6.7	χ^2 und empirische Varianz	131
6.8	Abzählung als Stichprobe. Kleine Stichproben	132
6.9	Kleine Stichproben mit Untergrund	138
6.10	Bestimmung eines Quotienten kleiner Ereigniszahlen	141
6.11	Quotient kleiner Ereigniszahlen mit Untergrund	142
6.12	Java-Klassen und Programmbeispiele	144
7	Die Methode der „Maximum Likelihood“	148
7.1	Likelihood-Quotient. Likelihood-Funktion	148
7.2	Die Maximum-Likelihood-Methode	150
7.3	Informationsungleichung. Schätzungen kleinster Varianz. Erschöpfende Schätzungen	152
7.4	Asymptotische Eigenschaften von Likelihood-Funktion und Maximum-Likelihood-Schätzung	159
7.5	Gleichzeitige Schätzung mehrerer Parameter. Konfidenzbereich . .	162
7.6	Programmbeispiele	167
8	Prüfung statistischer Hypothesen (Tests)	169
8.1	Einführung	169
8.2	F -Test über die Gleichheit zweier Streuungen	171
8.3	Students Test. Vergleich von Mittelwerten	175
8.4	Begriffe der allgemeinen Testtheorie	179
8.5	Der Satz von Neyman–Pearson und Anwendungen	184
8.6	Die Likelihood-Quotienten-Methode	187
8.7	Der χ^2 -Test über die Güte einer Anpassung	192
8.7.1	χ^2 -Test mit maximaler Zahl von Freiheitsgraden	192
8.7.2	χ^2 -Test mit verminderter Zahl von Freiheitsgraden	193
8.7.3	χ^2 -Test und empirische Häufigkeitsverteilung	194
8.8	Kontingenztafel	196
8.9	Vierfeldertest	198
8.10	Programmbeispiele	198
9	Die Methode der kleinsten Quadrate	201
9.1	Direkte Messungen gleicher oder verschiedener Genauigkeit . . .	201
9.2	Indirekte Messungen. Linearer Fall	206
9.3	Anpassung einer Geraden	210
9.4	Algorithmen zur Anpassung linearer Funktionen der Unbekannten	213
9.4.1	Anpassung eines Polynoms	214

9.4.2	Anpassung einer beliebigen linearen Funktion	216
9.5	Indirekte Messungen. Nichtlinearer Fall	218
9.6	Algorithmen zur Anpassung nichtlinearer Funktionen	220
9.6.1	Iteration mit Schrittverkleinerung	221
9.6.2	Iteration nach Marquardt	225
9.7	Eigenschaften der Lösung nach kleinsten Quadraten. χ^2 -Test . . .	228
9.8	Konfidenzbereich und asymmetrische Fehler im nichtlinearen Fall	231
9.9	Bedingte Messungen	235
9.9.1	Die Methode der Elemente	235
9.9.2	Die Methode der Lagrangeschen Multiplikatoren	238
9.10	Der allgemeine Fall der Anpassung nach kleinsten Quadraten . . .	242
9.11	Algorithmus für den allgemeinen Fall kleinster Quadrate	246
9.12	Bearbeitung bedingter Messungen mit dem Programm für den allgemeinen Fall	250
9.13	Konfidenzbereich und unsymmetrische Fehler im allgemeinen Fall	251
9.14	Java-Klassen und Programmbeispiele	253
10	Minimierung einer Funktion	257
10.1	Überblick. Numerische Genauigkeit	257
10.2	Parabel durch drei Punkte	263
10.3	Funktion von n Variablen auf einer Geraden im n -dimensionalen Raum	265
10.4	Einschließung des Minimums	266
10.5	Minimum-Suche mit dem goldenen Schnitt	267
10.6	Minimum-Suche mit quadratischer Interpolation	270
10.7	Minimierung entlang einer Richtung in n Dimensionen	271
10.8	Simplex-Minimierung in n Dimensionen	272
10.9	Minimierung entlang der Koordinatenrichtungen	274
10.10	Konjugierte Richtungen	275
10.11	Minimierung entlang ausgewählter Richtungen	277
10.12	Minimierung in Richtung des steilsten Abfalls	279
10.13	Minimierung entlang konjugierter Gradientenrichtungen	280
10.14	Minimierung mit quadratischer Form	282
10.15	Marquardt-Minimierung	283
10.16	Zur Auswahl einer Minimierungsmethode	285
10.17	Fehlerbetrachtungen	287
10.18	Beispiele	289
10.19	Java-Klassen und Programmbeispiele	295
11	Varianzanalyse	298
11.1	Einfache Varianzanalyse	298
11.2	Doppelte Varianzanalyse	302
11.3	Java-Klasse und Programmbeispiele	309

12 Lineare und polynomiale Regression	311
12.1 Orthogonale Polynome	311
12.2 Regressionslinie. Konfidenzintervall	315
12.3 Regression bei unbekanntem Fehlern	316
12.4 Java-Klasse und Programmbeispiele	318
13 Zeitreihenanalyse	320
13.1 Zeitreihen. Trend	320
13.2 Gleitende Mittelwerte	321
13.3 Randeffekte	324
13.4 Konfidenzintervall	325
13.5 Java-Klasse und Programmbeispiele	329
Literatur	330
Register der Programme	335
Register	337
Die im folgenden aufgelisteten Abschnitte können kostenlos aus dem Internet heruntergeladen werden über die Seite dieses Buches unter www.springer.com .	
A Matrizenrechnung	345
A.1 Definitionen. Einfache Operationen.	346
A.2 Vektorraum, Unterraum, Rang einer Matrix	348
A.3 Orthogonale Transformationen	352
A.3.1 Givens-Transformation	352
A.3.2 Householder-Transformation	353
A.3.3 Vorzeicheninversion	356
A.3.4 Permutations-Transformation	356
A.4 Determinanten	357
A.5 Matrixgleichungen. Kleinste Quadrate	359
A.6 Inverse Matrix	363
A.7 Gaußscher Algorithmus	364
A.8 LR-Zerlegung	368
A.9 Cholesky-Zerlegung	369
A.10 Pseudoinverse Matrix	372
A.11 Eigenwerte und Eigenvektoren	373
A.12 Singulärwertzerlegung	376
A.13 Singulärwertanalyse	377
A.14 Algorithmus zur Singulärwertzerlegung	382
A.14.1 Strategie	382
A.14.2 Bidiagonalisierung	383

A.14.3	Diagonalisierung	385
A.14.4	Ordnung der Singulärwerte und Permutation	389
A.14.5	Singulärwertanalyse	389
A.15	Kleinste Quadrate mit Gewichten	389
A.16	Kleinste Quadrate mit Skalenwechsel	390
A.17	Modifikation der kleinsten Quadrate nach Marquardt	391
A.18	Kleinste Quadrate mit Nebenbedingungen	393
A.19	Java-Klassen und Programmbeispiele	396
B	Elemente der Kombinatorik	401
C	Formeln und Methoden zur Berechnung statistischer Funktionen	403
C.1	Binomialverteilung	403
C.2	Hypergeometrische Verteilung	403
C.3	Poisson-Verteilung	404
C.4	Normalverteilung	404
C.5	χ^2 -Verteilung	406
C.6	F -Verteilung	407
C.7	t -Verteilung	407
C.8	Java-Klasse und Programmbeispiel	408
D	Die Gamma-Funktion und verwandte Funktionen. Methoden zu ihrer Berechnung	409
D.1	Die Eulersche Gamma-Funktion	409
D.2	Fakultät und Binomialkoeffizient	411
D.3	Beta-Funktion	412
D.4	Berechnung von Kettenbrüchen	412
D.5	Unvollständige Gamma-Funktion	413
D.6	Unvollständige Beta-Funktion	415
D.7	Java-Klasse und Programmbeispiel	416
E	Hilfsprogramme	417
E.1	Numerische Differentiation	417
E.2	Numerische Bestimmung von Nullstellen	419
E.3	Interaktive Ein- und Ausgabe unter Java	419
E.4	Java-Klassen	420
F	Die Graphik-Klasse <code>DatanGraphics</code>	422
F.1	Vorbemerkung	422
F.2	Graphische Arbeitsstationen. Steuermethoden	422
F.3	Koordinatensysteme, Transformationen und Transformationsmethoden	423
F.3.1	Koordinatensysteme	423

F.3.2	Lineare Transformationen. Fenster-Darstellungsfeld. . . .	424
F.4	Transformationsmethoden	426
F.5	Zeichenmethoden	427
F.6	Graphische Hilfsstrukturen	431
F.7	Text innerhalb der Graphik	432
F.8	Java-Klassen und Programmbeispiele	434
G	Aufgaben, Hinweise und Lösungen sowie Programmieraufgaben	
	zu den einzelnen Kapiteln	439
G.1	Aufgaben	439
G.2	Hinweise und Lösungen	449
G.3	Programmieraufgaben	462
H	Formelsammlung	480
I	Statistische Tafeln	494
	Register der Programme	506
	Register	508