

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	v
1 Einführung	1
1.1 Wo braucht man Statistik?	1
1.2 Was macht man mit Statistik?	11
1.3 Was steht am Anfang?	13
1.3.1 Statistische Einheiten, Merkmale und Gesamtheiten	13
1.3.2 Merkmalstypen	15
1.4 Wie gewinnt man Daten?	19
1.4.1 Elemente der Versuchsplanung	20
1.4.2 Datengewinnung und Erhebungsarten	22
Einfache Zufallsstichproben	24
Geschichtete Zufallsstichproben	24
Klumpenstichprobe	25
Mehrstufige Auswahlverfahren	25
Bewußte Auswahlverfahren	26
1.5 Zusammenfassung und Bemerkungen	27
1.6 Aufgaben	28
2 Univariate Deskription und Exploration von Daten	29
2.1 Verteilungen und ihre Darstellungen	29
2.1.1 Häufigkeiten	30
2.1.2 Graphische Darstellungen	32
Stab- und Kreisdiagramme	32
Stamm-Blatt-Diagramme	35
Histogramme	38
Unimodale und multimodale Verteilungen	45
Symmetrie und Schiefe	46
2.1.3 Kumulierte Häufigkeitsverteilung und empirische Verteilungsfunktion	46

2.2	Beschreibung von Verteilungen	51
2.2.1	Lagemaße	51
	Arithmetisches Mittel	51
	Median	53
	Modus	55
	Berechnung der Lagemaße bei gruppierten Daten	56
	Lageregeln	58
	Das geometrische Mittel	59
	Das harmonische Mittel	61
	Das getrimmte Mittel	62
2.2.2	Quantile und Box-Plot	62
2.2.3	Standardabweichung, Varianz und Variationskoeffizient	67
2.2.4	Maßzahlen für Schiefe und Wölbung	72
2.3	Konzentrationsmaße	74
2.3.1	Relative Konzentration: Lorenzkurve und Gini-Koeffizient	75
	Lorenzkurve aus den geordneten Daten	75
	Lorenzkurve bei gruppierten Daten	78
	Gini-Koeffizient	80
2.3.2	Alternative Konzentrationsmaße	82
	Konzentrationsrate CR_g	82
	Herfindahl-Index	83
2.4	Normalverteilung und Dichtekurven	84
2.4.1	Dichtekurven	84
2.4.2	Normalverteilungen	89
	*Normal-Quantil-Plots	93
*2.4.3	Approximation von Dichtekurven	98
2.5	Zusammenfassung und Bemerkungen	103
2.6	Aufgaben	104
3	Multivariate Deskription und Exploration	109
3.1	Diskrete und gruppierte Merkmale	109
3.1.1	Zweidimensionale Daten: Die Kontingenztabelle	109
3.1.2	Bedingte Häufigkeiten	115
3.2	Zusammenhangsanalyse in Kontingenztabelle	119
3.2.1	Chancen und relative Chancen	119
3.2.2	Kontingenz- und χ^2 -Koeffizient	122
3.3	Graphische Darstellungen quantitativer Merkmale	127
3.3.1	Streudiagramm	128
3.3.2	Zweidimensionale Histogramme und Dichten	130
3.3.3	Mehrdimensionale Darstellungen	132

3.4	Zusammenhangsmaße bei metrischen Merkmalen	135
3.4.1	Empirischer Korrelationskoeffizient nach Bravais-Pearson	135 ✕
3.4.2	Spearman's Korrelationskoeffizient	141 ✓
3.4.3	Invarianzeigenschaften	146
3.5	Korrelation und <u>Kausalität</u>	147 ✕
3.6	Regression	152
3.6.1	Das lineare Regressionsmodell	152
3.6.2	Die Berechnung der Ausgleichsgeraden	153
3.6.3	Bestimmtheitsmaß und Residualanalyse	158
*3.6.4	Nichtlineare Regression	165
3.7	Zusammenfassung und Bemerkungen	167
3.8	Aufgaben	169
4	Wahrscheinlichkeitsrechnung	171
4.1	Definition und Begriff der Wahrscheinlichkeit	172
4.1.1	Mengen und Mengenoperationen	173
4.1.2	Zufallsereignisse	177
4.1.3	Wahrscheinlichkeiten	179
4.2	Zur empirischen Interpretation von Wahrscheinlichkeiten	185
4.2.1	Die Laplace-Wahrscheinlichkeit	186
4.2.2	Objektive Wahrscheinlichkeiten als Grenzwert relativer Häufigkeiten	189
4.2.3	Subjektive Wahrscheinlichkeiten	191
4.3	Zufallsstichproben	192
4.3.1	Modell mit Zurücklegen	193
4.3.2	Modell ohne Zurücklegen	194
4.3.3	Permutationen	195
4.3.4	Modell ohne Zurücklegen und ohne Berücksichtigung der Reihenfolge	196
4.4	Bedingte Wahrscheinlichkeiten	199
4.5	Unabhängigkeit von zwei Ereignissen	203
4.6	Totale Wahrscheinlichkeit	206
4.7	Der Satz von Bayes	209
4.8	Unendliche Grundgesamtheiten	213
4.9	Zusammenfassung und Bemerkungen	215
4.10	Aufgaben	217
5	Diskrete Zufallsvariablen	221
5.1	Zufallsvariablen	221
5.2	Verteilungen und Parameter	225
5.2.1	Definition und Verteilung	225
5.2.2	Unabhängigkeit von diskreten Zufallsvariablen	236

5.2.3	Lageparameter, Quantile und Streuungsparameter einer diskreten Verteilung	239
5.3	Spezielle diskrete Verteilungsmodelle	250
5.3.1	Die Binomialverteilung	250
5.3.2	Die hypergeometrische Verteilung	256
5.3.3	Die Poisson-Verteilung	258
5.4	Zusammenfassung und Bemerkungen	262
5.5	Aufgaben	264
6	Stetige Zufallsvariablen	267
6.1	Definition und Verteilung	267
6.2	Lageparameter, Quantile und Varianz von stetigen Zufallsvariablen	279
6.3	Spezielle stetige Verteilungsmodelle	289
6.3.1	Die Normalverteilung	289
6.3.2	Die logarithmische Normalverteilung	297
6.3.3	Chi-Quadrat-, Student- und Fisher-Verteilung	298
6.4	Zusammenfassung und Bemerkungen	302
6.5	Aufgaben	304
7	Mehr über Zufallsvariablen und Verteilungen	307
7.1	Gesetz der großen Zahlen und Grenzwertsätze	307
7.1.1	Das Gesetz der großen Zahlen und der Hauptsatz der Statistik	309
7.1.2	Der zentrale Grenzwertsatz	312
7.2	Approximation von Verteilungen	315
*7.3	Zufallszahlen und Simulation	318
*7.4	Einige Ergänzungen	321
7.4.1	Zufallsvariablen als Abbildungen	321
7.4.2	Verteilungsfunktion und ihre Eigenschaften	323
7.4.3	Ungleichung von Tschebyscheff	325
7.4.4	Maßzahlen für Schiefe und Wölbung	327
7.5	Zusammenfassung und Bemerkungen	328
7.6	Aufgaben	329
8	Mehrdimensionale Zufallsvariablen	331
8.1	Begriff mehrdimensionaler Zufallsvariablen	331
8.2	Zweidimensionale diskrete Zufallsvariablen	334
8.3	Zweidimensionale stetige Zufallsvariablen	339
8.4	Unabhängigkeit von Zufallsvariablen	342
8.5	Kovarianz und Korrelation	345
8.6	Die zweidimensionale Normalverteilung	353

8.7	Zusammenfassung und Bemerkungen	357
8.8	Aufgaben	357
9	Parameterschätzung	359
9.1	Punktschätzung	360
9.2	Eigenschaften von Schätzstatistiken	362
9.2.1	Erwartungstreue	362
9.2.2	Erwartete mittlere quadratische Abweichung und Konsistenz	366
9.2.3	Wirksamste Schätzstatistiken	369
9.3	Konstruktion von Schätzfunktionen	371
9.3.1	Maximum Likelihood-Schätzung	372
9.3.2	Kleinste-Quadrate-Schätzung	375
9.4	Intervallschätzung	376
9.4.1	Konfidenzintervalle für Erwartungswert und Varianz	378
9.4.2	Konfidenzintervalle für den Anteilswert	382
9.5	Zusammenfassung und Bemerkungen	383
9.6	Aufgaben	384
10	Testen von Hypothesen	387
10.1	Der Binomial- und der Gaußtest	387
10.1.1	Der exakte Binomialtest	391
10.1.2	Der approximative Binomialtest	394
10.1.3	Der Gauß-Test	397
10.2	Prinzipien des Testens	401
	Fehlentscheidungen	404
	Statistische Tests und Konfidenzintervalle	407
	Überschreitungswahrscheinlichkeit	408
	Gütefunktion	409
	*Multiple Testprobleme	416
10.3	Zusammenfassung und Bemerkungen	417
10.4	Aufgaben	419
11	Spezielle Testprobleme	421
11.1	Ein-Stichproben-Fall	422
11.1.1	Tests zu Lagealternativen	423
11.1.2	Anpassungstests	432
11.2	Vergleiche aus unabhängigen Stichproben	441
11.2.1	Tests zu Lagealternativen	442
11.2.2	χ^2 -Homogenitätstest	448X
11.3	Vergleiche aus verbundenen Stichproben	450

11.4	Zusammenhangsanalyse	452
11.4.1	χ^2 -Unabhängigkeitstest	452 X
11.4.2	Korrelation bei metrischen Merkmalen	454
11.5	Zusammenfassung und Bemerkungen	456
11.6	Aufgaben	457
12	Regressionsanalyse	459
12.1	Lineare Einfachregression	460
12.1.1	Das Modell der linearen Einfachregression	460
12.1.2	Schätzen, Testen und Prognose	463
12.1.3	Residualanalyse	473
12.2	Multiple lineare Regression	476
12.2.1	Das multiple lineare Regressionsmodell	478
12.2.2	Schätzen, Testen und Prognose	479
*12.2.3	Multiple lineare Regression in Matrixnotation	488
*12.3	Nichtlineare und nichtparametrische Regression	490
12.4	Zusammenfassung und Bemerkungen	494
12.5	Aufgaben	495
13	Varianzanalyse	497
13.1	Einfaktorielle Varianzanalyse	498
13.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse mit festen Effekten	507
13.3	Zusammenfassung und Bemerkungen	521
13.4	Aufgaben	522
14	Zeitreihen	525
14.1	Indizes	528
14.2	Komponentenmodelle	532
14.3	Globale Regressionsansätze	534
14.3.1	Trendbestimmung	534
14.3.2	Bestimmung der Saisonkomponente	536
14.4	Lokale Ansätze	537
14.4.1	Trendbestimmung	538
	Gleitende Durchschnitte	538
	Lokale Regression	539
	*Spline-Glättung	542
14.4.2	Bestimmung der Saisonkomponente	544
	Gleitende Durchschnitte und lokale Regression	544
	*Spline-Glättung	546
14.5	Zusammenfassung und Bemerkungen	547

14.6 Aufgaben	547
Tabellen	551
A Standardnormalverteilung	551
B Binomialverteilung	552
C χ^2 -Verteilung	567
D Students t -Verteilung	569
E F -Verteilung	570
F Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test	580
G Wilcoxon-Rangsummen-Test	580
Literatur	587
Sachregister	587