
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?	14
1.3.1 Statistische Einheiten, Merkmale und Gesamtheiten	14
1.3.2 Merkmalstypen	16
Stetige und diskrete Merkmale	16
Skalen	17
Quantitative und qualitative Merkmale	19
1.4 Wie gewinnt man Daten?	20
1.4.1 Elemente der Versuchsplanung	21
1.4.2 Datengewinnung und Erhebungsarten	23
Einfache Zufallsstichproben	25
Geschichtete Zufallsstichproben	26
Klumpenstichprobe	26
Mehrstufige Auswahlverfahren	27
Bewußte Auswahlverfahren	27
Studiendesigns	28
1.5 Zusammenfassung und Bemerkungen	28
1.6 Aufgaben	29
2 Univariate Deskription und Exploration von Daten	31
2.1 Verteilungen und ihre Darstellungen	31
2.1.1 Häufigkeiten	32
2.1.2 Graphische Darstellungen	35
Stab- und Kreisdiagramme	35
Stamm-Blatt-Diagramme	37
Histogramme	40
Unimodale und multimodale Verteilungen	46

	Symmetrie und Schiefe	48
2.1.3	Kumulierte Häufigkeitsverteilung und empirische Verteilungsfunktion	49
2.2	Beschreibung von Verteilungen	52
2.2.1	Lagemaße	53
	Arithmetisches Mittel	53
	Median	55
	Modus	56
	Berechnung der Lagemaße bei gruppierten Daten	58
	Lageregeln	60
	Das geometrische Mittel	61
	Das harmonische Mittel	63
	Das getrimmte Mittel	64
2.2.2	Quantile und Box-Plot	64
2.2.3	Standardabweichung, Varianz und Variationskoeffizient	69
2.2.4	Maßzahlen für Schiefe und Wölbung	74
2.3	Konzentrationsmaße	76
2.3.1	Relative Konzentration: Lorenzkurve und Gini-Koeffizient	77
	Lorenzkurve aus den geordneten Daten	77
	Lorenzkurve bei gruppierten Daten	80
	Gini-Koeffizient	81
2.3.2	Alternative Konzentrationsmaße	85
	Konzentrationsrate CR_g	85
	Herfindahl-Index	86
2.4	Dichtekurven und Normalverteilung	87
2.4.1	Dichtekurven	87
2.4.2	Normalverteilungen	90
	*Normal-Quantil-Plots	95
*2.4.3	Approximation von Dichtekurven	98
2.5	Zusammenfassung und Bemerkungen	102
2.6	Aufgaben	104
3	Multivariate Deskription und Exploration	109
3.1	Diskrete und gruppierte Merkmale	109
3.1.1	Zweidimensionale Daten: Die Kontingenztafel	109
3.1.2	Bedingte Häufigkeiten	115
3.2	Zusammenhangsanalyse in Kontingenztafeln	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	133
3.4	Zusammenhangsmaße bei metrischen Merkmalen	134
3.4.1	Empirischer Korrelationskoeffizient nach Bravais-Pearson	134
3.4.2	Spearman's Korrelationskoeffizient	141
3.4.3	Invarianzeigenschaften	146
3.5	Korrelation und Kausalität	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	173
4.1	Definition und Begriff der Wahrscheinlichkeit	174
4.1.1	Mengen und Mengenoperationen	175
4.1.2	Zufallsereignisse	179
4.1.3	Wahrscheinlichkeiten	181
4.2	Zur empirischen Interpretation von Wahrscheinlichkeiten	187
4.2.1	Die Laplace-Wahrscheinlichkeit	188
4.2.2	Objektive Wahrscheinlichkeiten als Grenzwert relativer Häufigkeiten	191
4.2.3	Subjektive Wahrscheinlichkeiten	194
4.3	Zufallsstichproben und Kombinatorik	195
4.3.1	Modell mit Zurücklegen	196
4.3.2	Modell ohne Zurücklegen	197
4.3.3	Permutationen	198
4.3.4	Modell ohne Zurücklegen und ohne Berücksichtigung der Reihenfolge	199
4.4	Bedingte Wahrscheinlichkeiten	202
4.5	Unabhängigkeit von zwei Ereignissen	206
4.6	Totale Wahrscheinlichkeit	209
4.7	Der Satz von Bayes	211
4.8	Unendliche Grundgesamtheiten	216
4.9	Zusammenfassung und Bemerkungen	219
4.10	Aufgaben	220

5	Diskrete Zufallsvariablen	223
5.1	Zufallsvariablen	224
5.2	Verteilungen und Parameter von diskreten Zufallsvariablen	227
5.2.1	Definition und Verteilung	227
	Diskrete Gleichverteilung	234
	Geometrische Verteilung	234
5.2.2	Unabhängigkeit von diskreten Zufallsvariablen	238
5.2.3	Lageparameter, Quantile und Streuungsparameter einer diskreten Verteilung	242
	Erwartungswert	242
5.2.4	Weitere Lageparameter	247
	Varianz und Standardabweichung	248
5.3	Spezielle diskrete Verteilungsmodelle	252
5.3.1	Die Binomialverteilung	253
5.3.2	Die hypergeometrische Verteilung	258
5.3.3	Die Poisson-Verteilung	260
5.4	Zusammenfassung und Bemerkungen	265
5.5	Aufgaben	267
6	Stetige Zufallsvariablen	269
6.1	Definition und Verteilung	269
	Unabhängigkeit von stetigen Zufallsvariablen	275
	Exponentialverteilung	279
6.2	Lageparameter, Quantile und Varianz von stetigen Zufallsvariablen	282
	Erwartungswert	282
	Modus	286
	Median und Quantile	286
	Varianz	288
	Standardisierung von Zufallsvariablen	291
	Symmetrie und Schiefe	291
6.3	Spezielle stetige Verteilungsmodelle	293
6.3.1	Die Normalverteilung	293
	Quantile	296
6.3.2	Die logarithmische Normalverteilung	301
6.3.3	Chi-Quadrat-, Student- und Fisher-Verteilung	301
	Die Chi-Quadrat-Verteilung	302
	Die Student-Verteilung	303
	Die Fisher-Verteilung	305
6.4	Zusammenfassung und Bemerkungen	307
6.5	Aufgaben	308

7 Mehr über Zufallsvariablen und Verteilungen	311
7.1 Gesetz der großen Zahlen und Grenzwertsätze	311
7.1.1 Das Gesetz der großen Zahlen und der Hauptsatz der Statistik	313
7.1.2 Der zentrale Grenzwertsatz	315
7.2 Approximation von Verteilungen	318
*7.3 Zufallszahlen und Simulation	321
*7.4 Einige Ergänzungen	324
7.4.1 Zufallsvariablen als Abbildungen	324
7.4.2 Verteilungsfunktion und ihre Eigenschaften	326
7.4.3 Ungleichung von Tschebysche	328
7.4.4 Maßzahlen für Schiefe und Wölbung	330
7.5 Zusammenfassung und Bemerkungen	331
7.6 Aufgaben	332
8 Mehrdimensionale Zufallsvariablen	335
8.1 Begriffe mehrdimensionaler Zufallsvariablen	335
8.2 Zweidimensionale diskrete Zufallsvariablen	338
8.3 Zweidimensionale stetige Zufallsvariablen	344
8.4 Unabhängigkeit von Zufallsvariablen	346
8.5 Kovarianz und Korrelation	349
8.6 Die zweidimensionale Normalverteilung	357
8.7 Zusammenfassung und Bemerkungen	361
8.8 Aufgaben	361
9 Parameterschätzung	363
9.1 Punktschätzung	364
9.2 Eigenschaften von Schätzstatistiken	366
9.2.1 Erwartungstreue	367
9.2.2 Erwartete mittlere quadratische Abweichung und Konsistenz	370
9.2.3 Wirksamste Schätzstatistiken	374
9.3 Konstruktion von Schätzfunktionen	376
9.3.1 Maximum Likelihood-Schätzung	376
9.3.2 Kleinste-Quadrate-Schätzung	379
9.3.3 Bayes-Schätzung	380
9.4 Intervallschätzung	385
9.4.1 Konfidenzintervalle für Erwartungswert und Varianz	387
9.4.2 Konfidenzintervalle für den Anteilswert	392
9.5 Zusammenfassung und Bemerkungen	393
9.6 Aufgaben	394

10 Testen von Hypothesen	397
10.1 Der Binomial- und der Gauß-Test	397
10.1.1 Der exakte Binomialtest	401
10.1.2 Der approximative Binomialtest	404
10.1.3 Der Gauß-Test	408
10.2 Prinzipien des Testens	411
10.2.1 Fehlentscheidungen	415
10.2.2 Statistische Tests und Konfidenzintervalle	418
10.2.3 Überschreitungswahrscheinlichkeit	419
10.2.4 Gütefunktion	420
*Multiple Testprobleme	427
10.3 Zusammenfassung und Bemerkungen	428
10.4 Aufgaben	430
11 Spezielle Testprobleme	433
11.1 Ein-Stichproben-Fall	435
11.1.1 Tests zu Lagealternativen	435
11.1.2 Anpassungstests	445
11.2 Vergleiche aus unabhängigen Stichproben	454
11.2.1 Tests zu Lagealternativen	455
11.2.2 χ^2 -Homogenitätstest	462
11.3 Vergleiche aus verbundenen Stichproben	465
11.4 Zusammenhangsanalyse	466
11.4.1 χ^2 -Unabhängigkeitstest	467
11.4.2 Korrelation bei metrischen Merkmalen	469
11.5 Zusammenfassung und Bemerkungen	471
11.6 Aufgaben	472
12 Regressionsanalyse	475
12.1 Lineare Einfachregression	476
12.1.1 Das Modell der linearen Einfachregression	476
12.1.2 Schätzen, Testen und Prognose	480
Schätzen	480
Testen	485
Prognose	488
12.1.3 Residualanalyse	490
12.2 Multiple lineare Regression	493
12.2.1 Das multiple lineare Regressionsmodell	494
12.2.2 Schätzen, Testen und Prognose	496
Schätzen	496

Testen	499
Prognose	502
*12.2.3 Multiple lineare Regression in Matrixnotation	503
12.3 Binäre Regression	506
*12.4 Nichtlineare und nichtparametrische Regression	508
12.5 Zusammenfassung und Bemerkungen	513
12.6 Aufgaben	514
13 Varianzanalyse	517
13.1 Einfaktorielle Varianzanalyse	519
Modellformulierung (I)	520
Modellformulierung (II)	521
13.2 Zweifaktorielle Varianzanalyse mit festen Effekten	528
Modellformulierung (I)	530
Modellformulierung (II)	531
13.3 Zusammenfassung und Bemerkungen	542
13.4 Aufgaben	543
14 Zeitreihen	547
14.1 Indizes	550
14.2 Komponentenmodelle	553
14.3 Globale Regressionsansätze	555
14.3.1 Trendbestimmung	556
14.3.2 Bestimmung der Saisonkomponente	557
14.4 Lokale Ansätze	559
14.4.1 Trendbestimmung	560
Gleitende Durchschnitte	560
Lokale Regression	561
*Spline-Glättung	563
14.4.2 Bestimmung der Saisonkomponente	566
Gleitende Durchschnitte und lokale Regression	566
*Spline-Glättung	568
14.5 Zusammenfassung und Bemerkungen	569
14.6 Aufgaben	569

Tabellen	573
A Standardnormalverteilung	573
B Binomialverteilung	574
C χ^2 -Verteilung	583
D Students t -Verteilung	584
E F -Verteilung	585
F Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test	590
G Wilcoxon-Rangsummen-Test	591
Literatur	593
Verzeichnis der Beispiele	597
Sachregister	603