

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	v
1 Einführung	1
1.1 Wo braucht man Statistik?	1
1.2 Was macht man mit Statistik?	10
1.3 Was steht am Anfang?	12
1.3.1 Statistische Einheiten, Merkmale und Gesamtheiten	13
1.3.2 Merkmalstypen	14
Stetige und diskrete Merkmale	15
Skalen	15
Quantitative und qualitative Merkmale	17
1.4 Wie gewinnt man Daten?	18
1.4.1 Elemente der Versuchsplanung	19
1.4.2 Datengewinnung und Erhebungsarten	21
Einfache Zufallsstichproben	22
Geschichtete Zufallsstichproben	23
Klumpenstichprobe	23
Mehrstufige Auswahlverfahren	24
Bewusste Auswahlverfahren	24
Studiendesigns	25
1.5 Zusammenfassung und Bemerkungen	25
1.6 Statistische Software	26
1.7 Aufgaben	27
2 Univariate Deskription und Exploration von Daten	29
2.1 Verteilungen und ihre Darstellungen	29
2.1.1 Häufigkeiten	30
2.1.2 Grafische Darstellungen	32
Stab- und Kreisdiagramme	32
Stamm-Blatt-Diagramme	34
Histogramme	38
Unimodale und multimodale Verteilungen	43
Symmetrie und Schiefe	44
2.1.3 Kumulierte Häufigkeitsverteilung und empirische Verteilungsfunktion	45

2.2	Beschreibung von Verteilungen	48
2.2.1	Lagemaße	49
	Arithmetisches Mittel	49
	Das getrimmte und das winsorisierte Mittel	51
	Median	52
	Modus	53
	Berechnung der Lagemaße bei gruppierten Daten	55
	Lageregeln	56
	Das geometrische Mittel	57
	Das harmonische Mittel	59
2.2.2	Quantile und Box-Plot	59
2.2.3	Standardabweichung, Varianz und Variationskoeffizient	64
2.2.4	Maßzahlen für Schiefe und Wölbung	69
2.3	Konzentrationsmaße	71
2.3.1	Relative Konzentration: Lorenzkurve und Gini-Koeffizient	72
	Lorenzkurve aus den geordneten Daten	72
	Lorenzkurve bei gruppierten Daten	75
	Gini-Koeffizient	76
2.3.2	Alternative Konzentrationsmaße	78
	Konzentrationsrate CR_g	78
	Herfindahl-Index	79
2.4	Dichtekurven und Normalverteilung	80
2.4.1	Dichtekurven	80
2.4.2	Normalverteilungen	83
	*Normal-Quantil-Plots	87
*2.4.3	Approximation von Dichtekurven	91
2.5	Zusammenfassung und Bemerkungen	94
2.6	Univariate Datenanalyse mit R	96
2.6.1	Verteilungen und ihre Darstellungen	97
2.6.2	Beschreibung von Verteilungen	98
2.6.3	Konzentrationsmaße	100
2.6.4	Dichtekurven und Normalverteilung	100
2.7	Aufgaben	101
3	Multivariate Deskription und Exploration	105
3.1	Diskrete und gruppierte Merkmale	105
3.1.1	Zweidimensionale Daten: Die Kontingenztafel	105
3.1.2	Bedingte Häufigkeiten	110
3.2	Zusammenhangsanalyse in Kontingenztafeln	113
3.2.1	Chancen und relative Chancen	113
3.2.2	Kontingenz- und χ^2 -Koeffizient	115
3.3	Grafische Darstellungen quantitativer Merkmale	120
3.3.1	Streudiagramm	121

3.3.2	Zweidimensionale Histogramme und Dichten	122
3.3.3	Mehrdimensionale Darstellungen	124
3.4	Zusammenhangsmaße bei metrischen Merkmalen	126
3.4.1	Empirischer Korrelationskoeffizient nach Bravais-Pearson	126
3.4.2	Spearman's Korrelationskoeffizient	133
3.4.3	Alternative Rangkorrelationsmaße	136
3.4.4	Invarianzeigenschaften	138
3.5	Korrelation und Kausalität	140
3.6	Regression	144
3.6.1	Das lineare Regressionsmodell	144
3.6.2	Die Berechnung der Ausgleichsgeraden	145
3.6.3	Bestimmtheitsmaß und Residualanalyse	149
*3.6.4	Nichtlineare Regression	155
3.7	Zusammenfassung und Bemerkungen	156
3.8	Multivariate Deskription mit R	158
3.8.1	Diskrete und gruppierte Daten	158
3.8.2	Zusammenhangsanalyse in Kontingenztabellen	160
3.8.3	Grafische Darstellungen quantitativer Merkmale	160
3.8.4	Zusammenhangsmaße bei metrischen Merkmalen	161
3.8.5	Regression	161
3.9	Aufgaben	162
4	Wahrscheinlichkeitsrechnung	165
4.1	Definition und Begriff der Wahrscheinlichkeit	166
4.1.1	Mengen und Mengenoperationen	167
4.1.2	Zufallsereignisse	170
4.1.3	Wahrscheinlichkeiten	172
4.2	Zur empirischen Interpretation von Wahrscheinlichkeiten	177
4.2.1	Die Laplace-Wahrscheinlichkeit	178
4.2.2	Objektive Wahrscheinlichkeiten als Grenzwert relativer Häufigkeiten	181
4.2.3	Subjektive Wahrscheinlichkeiten	183
4.3	Zufallsstichproben und Kombinatorik	184
4.3.1	Modell mit Zurücklegen	184
4.3.2	Modell ohne Zurücklegen	185
4.3.3	Permutationen	186
4.3.4	Modell ohne Zurücklegen und ohne Berücksichtigung der Reihenfolge	187
4.4	Bedingte Wahrscheinlichkeiten	190
4.5	Unabhängigkeit von zwei Ereignissen	193
4.6	Totale Wahrscheinlichkeit	196
4.7	Der Satz von Bayes	198
4.8	Unendliche Grundgesamtheiten	203
4.9	Zusammenfassung und Bemerkungen	205
4.10	Aufgaben	206

5	Diskrete Zufallsvariablen	209
5.1	Zufallsvariablen	209
5.2	Verteilungen und Parameter von diskreten Zufallsvariablen	212
5.2.1	Definition und Verteilung	212
	Diskrete Gleichverteilung	218
	Geometrische Verteilung	219
5.2.2	Unabhängigkeit von diskreten Zufallsvariablen	222
5.2.3	Lageparameter, Quantile und Streuungsparameter einer diskreten Verteilung	225
	Erwartungswert	225
5.2.4	Weitere Lageparameter	230
	Varianz und Standardabweichung	231
5.3	Spezielle diskrete Verteilungsmodelle	234
5.3.1	Die Binomialverteilung	235
5.3.2	Die hypergeometrische Verteilung	240
5.3.3	Die Poisson-Verteilung	242
5.4	Zusammenfassung und Bemerkungen	245
5.5	Diskrete Verteilungen in R	247
5.6	Aufgaben	248
6	Stetige Zufallsvariablen	251
6.1	Definition und Verteilung	251
	Unabhängigkeit von stetigen Zufallsvariablen	256
	Exponentialverteilung	260
6.2	Lageparameter, Quantile und Varianz von stetigen Zufallsvariablen	262
	Erwartungswert	262
	Modus	265
	Median und Quantile	265
	Varianz	267
	Standardisierung von Zufallsvariablen	269
	Symmetrie und Schiefe	269
6.3	Spezielle stetige Verteilungsmodelle	271
6.3.1	Die Normalverteilung	271
	Quantile	274
6.3.2	Die logarithmische Normalverteilung	278
6.3.3	Chi-Quadrat-, Student- und Fisher-Verteilung	279
	Die Chi-Quadrat-Verteilung	279
	Die Student-Verteilung	280
	Die Fisher-Verteilung	281
6.4	Zusammenfassung und Bemerkungen	283
6.5	Stetige Zufallsvariablen in R	284
6.6	Aufgaben	285

7	Mehr über Zufallsvariablen und Verteilungen	289
7.1	Gesetz der großen Zahlen und Grenzwertsätze	289
7.1.1	Das Gesetz der großen Zahlen und der Hauptsatz der Statistik	291
7.1.2	Der zentrale Grenzwertsatz	293
7.2	Approximation von Verteilungen	296
*7.3	Zufallszahlen und Simulation	298
*7.4	Einige Ergänzungen	300
7.4.1	Zufallsvariablen als Abbildungen	301
7.4.2	Verteilungsfunktion und ihre Eigenschaften	302
7.4.3	Ungleichung von Tschebyscheff	304
7.4.4	Maßzahlen für Schiefe und Wölbung	306
7.5	Zusammenfassung und Bemerkungen	307
7.6	Zufallszahlen mit R	307
7.7	Aufgaben	309
8	Mehrdimensionale Zufallsvariablen	311
8.1	Begriff mehrdimensionaler Zufallsvariablen	311
8.2	Zweidimensionale diskrete Zufallsvariablen	313
8.3	Zweidimensionale stetige Zufallsvariablen	319
8.4	Unabhängigkeit von Zufallsvariablen	321
8.5	Kovarianz und Korrelation	323
8.6	Die zweidimensionale Normalverteilung	330
8.7	Zusammenfassung und Bemerkungen	333
8.8	Die zweidimensionale Normalverteilung in R	334
8.9	Aufgaben	334
9	Parameterschätzung	337
9.1	Punktschätzung	338
9.2	Eigenschaften von Schätzstatistiken	340
9.2.1	Erwartungstreue	340
9.2.2	Erwartete mittlere quadratische Abweichung und Konsistenz	343
9.2.3	Wirksamste Schätzstatistiken	346
9.3	Konstruktion von Schätzfunktionen	348
9.3.1	Maximum Likelihood-Schätzung	348
9.3.2	Kleinste-Quadrate-Schätzung	351
9.3.3	Bayes-Schätzung	351
9.4	Intervallschätzung	356
9.4.1	Konfidenzintervalle für Erwartungswert und Varianz	358
9.4.2	Konfidenzintervalle für den Anteilswert	362
9.5	Zusammenfassung und Bemerkungen	363
9.6	Konfidenzintervalle in R	364
9.7	Aufgaben	366

10 Testen von Hypothesen	369
10.1 Der Binomial- und der Gauß-Test	369
10.1.1 Der exakte Binomialtest	372
10.1.2 Der approximative Binomialtest	375
10.1.3 Der Gauß-Test	378
10.2 Prinzipien des Testens	381
10.2.1 Fehlentscheidungen	384
10.2.2 Statistische Tests und Konfidenzintervalle	386
10.2.3 Überschreitungswahrscheinlichkeit	387
10.2.4 Gütefunktion	389
*Multiple Testprobleme	395
10.3 Zusammenfassung und Bemerkungen	396
10.4 Aufgaben	397
11 Spezielle Testprobleme	399
11.1 Ein-Stichproben-Fall	400
11.1.1 Tests zu Lagealternativen	401
11.1.2 Anpassungstests	409
11.2 Vergleiche aus unabhängigen Stichproben	417
11.2.1 Tests zu Lagealternativen	418
11.2.2 χ^2 -Homogenitätstest	423
11.2.3 Exakter Test von Fisher	426
11.3 Vergleiche aus verbundenen Stichproben	428
11.4 Zusammenhangsanalyse	428
11.4.1 χ^2 -Unabhängigkeitstest	429
11.4.2 Korrelation bei metrischen Merkmalen	431
11.5 Zusammenfassung und Bemerkungen	433
11.6 Tests mit R	434
11.7 Aufgaben	435
12 Regressionsanalyse	437
12.1 Lineare Einfachregression	438
12.1.1 Das Modell der linearen Einfachregression	438
12.1.2 Schätzen, Testen und Prognose	441
Schätzen	441
Testen	445
Prognose	448
12.1.3 Residualanalyse	449
12.2 Multiple lineare Regression	450
12.2.1 Das multiple lineare Regressionsmodell	453
12.2.2 Schätzen, Testen und Prognose	454
Schätzen	455
Testen	457
Prognose	460

*12.2.3 Multiple lineare Regression in Matrixnotation	461
12.3 Binäre Regression	463
*12.4 Nichtlineare und nichtparametrische Regression	465
12.5 Zusammenfassung und Bemerkungen	468
12.6 Regressionsanalysen mit R	470
12.6.1 Einfache lineare Regression	470
12.6.2 Multiple lineare Regression	472
12.6.3 Weitere Regressionsmodelle	473
12.7 Aufgaben	474
13 Varianzanalyse	477
13.1 Einfaktorielle Varianzanalyse	478
Modellformulierung (I)	479
Modellformulierung (II)	480
13.2 Zweifaktorielle Varianzanalyse mit festen Effekten	486
Modellformulierung (I)	488
Modellformulierung (II)	488
13.3 Zusammenfassung und Bemerkungen	498
13.4 Aufgaben	499
14 Zeitreihen	503
14.1 Indizes	507
14.2 Komponentenmodelle	509
14.3 Globale Regressionsansätze	511
14.3.1 Trendbestimmung	511
14.3.2 Bestimmung der Saisonkomponente	513
14.4 Lokale Ansätze	516
14.4.1 Trendbestimmung	516
Gleitende Durchschnitte	516
Lokale Regression	517
*Spline-Glättung	518
14.4.2 Bestimmung der Saisonkomponente	520
Gleitende Durchschnitte und lokale Regression	520
*Spline-Glättung	523
14.5 Zusammenfassung und Bemerkungen	523
14.6 Zeitreihenanalyse mit R	524
14.7 Aufgaben	525

15 Einführung in R	529
15.1 R als Taschenrechner	529
15.2 Grundlegende Datenstrukturen in R	532
15.2.1 Vektoren	532
15.2.2 Matrizen und Datensätze	533
15.2.3 Listen	536
15.2.4 Arrays	537
15.2.5 Mehr zu Faktorvariablen	538
15.2.6 Mehr zur Indizierung	539
15.3 Funktionen und mathematische Konstanten	540
15.3.1 Statistische Funktionen	540
15.3.2 Weitere praktische mathematische Funktionen	540
15.3.3 Mathematische Konstanten	541
15.3.4 Eigene Funktionen in R	541
15.4 Datenverarbeitung	542
15.4.1 Sortieren	542
15.4.2 Ränge bilden	543
15.4.3 Duplikate und eindeutige Werte, Minimum und Maximum finden	543
15.4.4 Diskretisierung numerischer Variablen	544
15.5 Verteilungen und Zufallsvariablen	545
15.6 Grafiken	545
15.7 Weiterführende Hinweise	546
Tabellen	547
A Standardnormalverteilung	547
B Binomialverteilung	548
C χ^2 -Verteilung	556
D Students t -Verteilung	557
E F -Verteilung	558
F Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test	562
G Wilcoxon-Rangsummen-Test	564
Literatur	565
Verzeichnis der Beispiele	569
Sachregister	575