

Jürgen Bortz Gustav A. Lienert Klaus Boehnke

Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik

3., korrigierte Auflage

Mit 35 Abbildungen, 247 Tabellen und 47 Tafeln

 Springer

Kapitelübersicht

- 1 Wahrscheinlichkeitslehre - 1**
 - 2 Beobachtungen, Hypothesen und Tests - 23**
 - 3 Datenerhebung und Datenaufbereitung - 57**
 - 4 Verteilungsfreie und parametrische Tests - 79**
 - 5 Analyse von Häufigkeiten - 87**
 - 6 Analyse von Rangdaten - 197**
 - 7 Analyse von Messwerten - 295**
 - 8 Zusammenhangsmaße und Regression - 325**
 - 9 Urteilerübereinstimmung - 449**
 - 10 Verteilungsfreie Sequenzanalyse - 503**
 - 11 Abfolgen und Zeitreihen - 543**
- Anhang Tafeln 1-47 - 627**

Inhaltsverzeichnis

1	Wahrscheinlichkeitslehre	. . . . .	1
1.1	Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung	. . . . .	1
1.1.1	Vorbemerkungen	. . . . .	1
1.1.2	Begriff der Wahrscheinlichkeit	. . . . .	2
1.1.3	Theoretische und empirische Wahrscheinlichkeit	. . . . .	3
1.1.4	Additions- und Multiplikationssatz	. . . . .	4
1.1.5	Punktwahrscheinlichkeiten	. . . . .	5
1.1.6	Überschreitungswahrscheinlichkeiten	. . . . .	6
1.1.7	Elemente der Kombinatorik	. . . . .	7
1.2	Wahrscheinlichkeitsverteilungen	. . . . .	10
1.2.1	Verteilungsformen von Zufallsvariablen	. . . . .	10
1.2.2	Die Binomialverteilung	. . . . .	14
1.2.3	Die Normalverteilungsapproximation der Binomialverteilung	. . . . .	16
1.2.4	Die Polynomverteilung	. . . . .	17
1.2.5	Die χ^2 -Approximation der Polynomverteilung	. . . . .	19
1.2.6	Die Poisson-Verteilung	. . . . .	20
1.2.7	Die hypergeometrische Verteilung	. . . . .	21
2	Beobachtungen, Hypothesen und Tests	. . . . .	23
2.1	Beobachtungen und Verteilungshypothesen	. . . . .	23
2.1.1	Übereinstimmung von Beobachtungen mit Hypothesen	. . . . .	23
2.1.2	Stichproben und Grundgesamtheiten	. . . . .	24
2.1.3	Stichprobenarten	. . . . .	26
2.2	Statistische Hypothesen und Tests	. . . . .	28
2.2.1	Ein- und zweiseitige Fragestellungen	. . . . .	28
2.2.2	Nullhypothesen	. . . . .	29
2.2.3	Alternativhypothesen	. . . . .	30
2.2.4	Das Risiko I	. . . . .	31
2.2.5	Statistische Prüfgrößen und statistische Tests	. . . . .	32
2.2.6	Das Risiko II	. . . . .	36
2.2.7	Die Stärke statistischer Tests	. . . . .	39
2.2.8	Die Effizienz statistischer Tests	. . . . .	43
2.2.9	Andere Gütekriterien statistischer Tests	. . . . .	45
2.2.10	Zusammenfassung statistischer Entscheidungen	. . . . .	46
2.2.11	α -Fehler-Adjustierung	. . . . .	48

3	Datenerhebung und Datenaufbereitung	. . . . .	.57
3.1	Theorie des Messens. . . . .	.57	
3.1.1	Gütekriterien des Messens. . . . .	.59	
3.1.2	Die Skalenniveaus. . . . .	.61	
3.1.3	Informationsgehalt von Skalen. . . . .	.62	
3.1.4	Konstituierungsmerkmale für Skalen. . . . .	.63	
3.1.5	Zulässige Skalentransformationen. . . . .	.64	
3.1.6	Festlegung des Skalenniveaus. . . . .	.65	
3.2	Arten von Ausgangsdaten. . . . .	.66	
3.2.1	Nominalskalierte Daten. . . . .	.66	
3.2.2	Ordinalskalierte Daten. . . . .	.67	
3.2.3	Kardinalskalierte Daten. . . . .	.70	
3.3	Graphische und numerische Darstellung empirischer Daten. . . . .	.70	
3.3.1	Die Häufigkeitsverteilung. . . . .	.70	
3.3.2	Statistische Kennwerte. . . . .	.74	
4	Verteilungsfreie und parametrische Tests	. . . . .	.79
4.1	Probleme des Messniveaus. . . . .	.79	
4.2	Probleme mathematisch-statistischer Voraussetzungen	.81	
4.3	Probleme der Robustheit statistischer Verfahren. . . . .	.83	
4.4	Entscheidungsschema: parametrisch oder verteilungsfrei?. . . . .	.83	
5	Analyse von Häufigkeiten	. . . . .	.87
5.1	Analyse eindimensionaler Häufigkeitsverteilungen . . . . .	.88	
5.1.1	Binomialtest . . . . .	.88	
5.1.2	Polynomialtest. . . . .	.92	
5.1.3	χ^2 -Anpassungstests. . . . .	.95	
5.1.4	Nullklassentest . . . . .	.98	
5.1.5	Trendtest . . . . .	.100	
5.2	Analyse von Vierfelderkontingenztafeln. . . . .	.102	
5.2.1	Asymptotische Analyse. . . . .	.104	
5.2.2	Exakte Analyse. . . . .	.110	
5.2.3	Agglutination von Vierfeldertafeln. . . . .	.113	
5.2.4	Kontrolle von Drittmerkmalen. . . . .	.116	
5.2.5	Optimale Stichprobenumfänge . . . . .	.120	
5.3	Analyse von kxm-Felder-Kontingenztafeln. . . . .	.121	
5.3.1	Asymptotische Analyse. . . . .	.122	
5.3.2	Exakte Analyse. . . . .	.123	
5.3.3	Einzelvergleiche. . . . .	.126	
5.3.4	Trendtests. . . . .	.130	
5.4	Analyse von kxm-Kontingenztafeln. . . . .	.131	
5.4.1	Asymptotische Analyse. . . . .	.132	
5.4.2	Exakte Analyse . . . . .	.140	

5.4.3	Fusion einzelner Felder	142
5.4.4	Anpassung von Teiltafeln an die Gesamttafel.	144
5.4.5	Spezielle Einzelvergleiche.	148
5.4.6	Einfeldertests (KFA).	155
5.4.7	Vergleich mehrerer Kontingenztafeln.	158
5.5	Abhängige Stichproben.	160
5.5.1	Zweimalige Messung eines dichotomen Merkmals ...	160
5.5.1.1	McNemar-Test	160
5.5.1.2	Gart-Test	164
5.5.2	Zweimalige Messung eines k-fach gestuften Merkmals	165
5.5.2.1	Bowker-Test	165
5.5.2.2	Marginalhomogenitätstest	168
5.5.3	Mehrfache Messung eines dichotomen Merkmals ...	169
5.5.3.1	Q-Test von Cochran.	169
5.5.3.2	Einzelvergleiche.	171
5.6	Analyse drei- und mehrdimensionaler Kontingenztafeln.	173
5.6.1	Terminologische Vorbemerkungen.	174
5.6.2	Asymptotische Analyse.	175
5.6.3	Exakte Analyse einer 2^3 -Tafel.	181
5.6.4	Kontingenzaspekte in Dreiwegtafeln.	183
5.6.5	Symmetrietest bei abhängigen Stichproben.	190
6	Analyse von Rangdaten	197
6.1	Tests für Unterschiedshypothesen bei unabhängigen Stichproben.	197
6.1.1	Tests für zwei Stichproben.	197
6.1.1.1	Mediantest	198
6.1.1.2	U-Test	200
6.1.1.3	Normalrangtests.	212
6.1.1.4	Weitere Tests.	217
6.1.2	Tests für mehrere Stichproben.	221
6.1.2.1	Mehrstichproben-Mediantest.	221
6.1.2.2	Rangvarianzanalyse (H-Test).	222
6.1.2.3	Normalrangtests.	228
6.1.3	Einzelvergleiche.	230
6.1.4	Trendtests.	232
6.1.4.1	Trendtest von Jonckheere.	233
6.1.4.2	Trendtest mit orthogonalen Polynomen.	235
6.1.5	Tests für zwei- und mehrfaktorielle Pläne.	237
6.1.5.1	Rangvarianzanalyse mit Datenalignement	239
6.1.5.2	Weitere Verfahren.	248
6.1.6	Tests für Dispersionsunterschiede.	249
6.1.6.1	Rangdispersionstest von Siegel und Tukey.	249
6.1.6.2	Rangdispersionstest von Mood.	252
6.1.6.3	Mehrstichprobendispersionsvergleiche.	253
6.1.6.4	Weitere Rangdispersionstests.	255

6.2	Tests für Unterschiedshypothesen bei abhängigen Stichproben.	255
6.2.1	Tests für zwei Stichproben.	255
6.2.1.1	Vorzeichentest.	256
6.2.1.2	Vorzeichenrangtest	259
6.2.1.3	Varianten des Vorzeichenrangtests.	266
6.2.2	Tests für mehrere Stichproben.	267
6.2.2.1	Friedmans verallgemeinerter Vorzeichentest.	267
6.2.2.2	Der Spannweitenrangtest von Quade.	272
6.2.2.3	Weitere Verfahren.	274
6.2.3	Einzelvergleiche.	275
6.2.4	Trendtests.	277
6.2.4.1	Trendtest von Page.	277
6.2.4.2	Trendtests mit orthogonalen Polynomen.	278
6.2.5	Tests für mehrfaktorielle Untersuchungspläne.	279
6.2.5.1	U-Test für Paardifferenzen.	279
6.2.5.2	Rangvarianzanalysen mit Datenalignement	282
6.2.5.3	Balancierte unvollständige Pläne.	289
6.2.6	Tests für Dispersionsunterschiede.	292
7	Analyse von Messwerten	295
7.1	Tests für Unterschiedshypothesen bei unabhängigen Stichproben.	295
7.1.1	Tests für zwei Stichproben.	296
7.1.1.1	Mittelwertsunterschiede.	296
7.1.1.2	Streuungsunterschiede.	298
7.1.1.3	Omnibusunterschiede.	299
7.1.1.4	Weitere Tests.	306
7.1.2	Tests für k Stichproben.	307
7.1.2.1	Mittelwertsunterschiede.	307
7.1.2.2	Omnibusunterschiede.	310
7.2	Tests für Unterschiedshypothesen bei abhängigen Stichproben.	312
7.2.1	Tests für zwei Stichproben.	312
7.2.1.1	Mittelwertsunterschiede.	312
7.2.1.2	Streuungsunterschiede	316
7.2.1.3	Omnibusunterschiede.	317
7.2.2	Tests für k Stichproben.	318
7.2.2.1	Mittelwertsunterschiede.	318
7.2.2.2	Omnibusunterschiede.	318
7.3	Anpassungstests.	319
7.3.1	Kolmogoroff-Smirnov-Anpassungstest (KSA-Test)	319
7.3.2	KSA-Test mit Lilliefors-Schranken.	321

8	Zusammenhangsmaße und Regression	325
8.1	Nominalskalierte Merkmale	326
8.1.1	Vierfeldertafeln. *	327
8.1.1.1	λ -Koeffizient	327
8.1.1.2	Weitere Zusammenhangsmaße	335
8.1.1.3	Regression	337
8.1.1.4	Weitere Vorhersagemodelle.	340
8.1.2	kx2-Tafeln.	342
8.1.2.1	λ' -Koeffizient	342
8.1.2.2	Einzelvergleiche.	345
8.1.2.3	Trendtests.	350
8.1.2.4	Regression	354
8.1.3	kxm-Tafeln.	355
8.1.3.1	Cramers Index	355
8.1.3.2	Weitere Zusammenhangsmaße	358
8.1.3.3	Einzelvergleiche.	358
8.1.3.4	Regression	362
8.1.3.5	Weitere Vorhersagemodelle.	363
8.1.4	Mehrdimensionale Tafeln: ein zweifach gestuftes abhängiges Merkmal	364
8.1.4.1	Orthogonale Tafeln.	365
8.1.4.2	Nichtorthogonale Tafeln.	380
8.1.5	Mehrdimensionale Tafeln: ein mehrfach gestuftes abhängiges Merkmal	391
8.1.5.1	Orthogonale Tafeln.	392
8.1.5.2	Nichtorthogonale Tafeln.	400
8.1.6	Mehrdimensionale Tafeln: mehrere abhängige Merkmale.	406
8.2	Ordinalskalierte Merkmale.	413
8.2.1	Spearmans Q (rho).	414
8.2.1.1	Q bei Rangbindungen.	418
8.2.1.2	Biserials Q	421
8.2.2	Kendalls T (tau).	422
8.2.2.1	T bei Rangbindungen.	427
8.2.2.2	Biserials χ	434
8.2.2.3	Subgruppen-r.	438
8.2.2.4	Intraklassen-r.	441
8.2.3	Vergleich von Q und T.	443
8.2.4	Partielle und multiple Zusammenhänge.	444
8.2.5	Regression	447
8.3	Kardinalskalierte Merkmale.	447
9	Urteilerübereinstimmung	449
9.1	Urteilskonkordanz bei binären Daten.	450
9.1.1	Zwei Beurteiler.	450
9.1.2	m Beurteiler.	454

9.2	Urteilskonkordanz bei nominalen Daten	458
9.2.1	Zwei Beurteiler	458
9.2.2	m Beurteiler	460
9.3	Urteilskonkordanz bei ordinalen Daten	465
9.3.1	Unvollständige Boniturenpläne	471
9.3.2	Zweigruppenkonkordanz	479
9.4	Urteilskonkordanz bei kardinalen Daten	482
9.4.1	Zwei Beurteiler	482
9.4.2	m Beurteiler	488
9.5	Paarvergleichsurteile	488
9.5.1	Urteilkonsistenz	489
9.5.2	Urteilskonkordanz	493
9.5.3	Unvollständige Paarvergleiche	499
9.5.4	Paarvergleichskorrelation	501
10	Verteilungsfreie Sequenzanalyse	503
10.1	Überprüfung des Anteilsparameters einer binomialverteilten Population	505
10.1.1	Einseitiger Test	505
10.1.2	Zweiseitiger Test	519
10.2	Vergleich der Anteilsparameter aus zwei binomialverteilten Populationen	525
10.3	Anwendungen	531
10.4	Pseudosequentialtests	536
10.5	Weitere Verfahren	541
11	Abfolgen und Zeitreihen	543
11.1	Binäre Daten	544
11.1.1	Zufälligkeit der Abfolge: Omnibustests	545
11.1.1.1	Iterationshäufigkeitstest	545
11.1.1.2	Iterationslängentest	553
11.1.2	Trendtests	560
11.1.3	Tests auf sequentielle Abhängigkeiten	562
11.1.4	Homogenität mehrerer Abfolgen	564
11.1.5	Überprüfung von Interventionswirkungen	565
11.2	Nominale Daten	566
11.2.1	Multipler Iterationshäufigkeitstest	566
11.2.2	Trendtests	569
11.3	Ordinalen Daten	570
11.3.1	Zufälligkeit der Abfolge: Omnibustests	571
11.3.1.1	Phasenverteilungstest	572
11.3.1.2	Phasenhäufigkeitstest	574
11.3.1.3	Weitere Omnibustests	578
11.3.2	Trendtests	579
11.3.2.1	Monotoner Trend: Rangkorrelationstest	580
11.3.2.2	Monotoner Trend: Erst-Differenzen-Test	580

11.3.2.3	Monotoner Trend: S _r Test	581
11.3.2.4	Monotoner Trend: Rekordbrechertest	584
11.3.2.5	Monotoner Trend: Niveauvergleich zweier Abschnitte .	585
11.3.2.6	Andere Trends.	586
11.3.3	Homogenität mehrerer Abfolgen.	589
11.3.4	Vergleich mehrerer Stichproben von Abfolgen.	590
11.3.4.1	Unabhängige Stichproben.	590
11.3.4.2	Abhängige Stichproben.	597
11.4	Kardinale Daten.	600
11.4.1	Methoden der Trendschätzung	601
11.4.1.1	Polynomiale Anpassung.	601
11.4.1.2	Exponentielle Verläufe.	610
11.4.1.3	Weitere Methoden.	613
11.4.2	Homogenität und Unterschiedlichkeit von Zeitreihenstichproben.	615
11.4.3	Zeitreihenkorrelationen.	616
11.4.3.1	Autokorrelationen.	616
11.4.3.2	Konkomitanzen.	619
11.5	Zeitliche Verteilung von Ereignissen.	620
11.5.1	Okkupanztest	620
11.5.2	Tests der Verteilungsform.	622
11.5.3	Vergleich mehrerer zeitlicher Verteilungen.	626
Anhang	Tafeln 1-47.	627
Tafel 1	Binomialverteilungen.	628
Tafel 2	Standardnormalverteilung.	634
Tafel 3	χ^2 -Verteilungen.	637
Tafel 4	Der Craddock-Flood- χ^2 -Kontingenztest.	644
Tafel 5	2^3 -Felder-Test	647
Tafel 6	U-Test	669
Tafel 7	Ulemans kx2-Felder-U-Test	676
Tafel 8	Inverse der Standardnormalverteilung.	693
Tafel 9	Normalrangtest nach van der Waerden.	696
Tafel 10	Normalrangtransformation.	700
Tafel 11	Terry-Hoeffding-Test.	701
Tafel 12	H-Test nach Kruskal-Wallis	706
Tafel 13	Einzelvergleiche nach Wilcoxon u. Wilcox.	709
Tafel 14	Dunnett's t-Test	712
Tafel 15	Trendtest von Jonckheere.	713
Tafel 16	Orthogonale Polynome.	715
Tafel 17	Dispersionstest nach Mood.	716
Tafel 18	F-Verteilungen.	723
Tafel 19	Schranken für den Vorzeichenrangtest	729
Tafel 20	Friedmans χ^2 -Test	731
Tafel 21	Einzelvergleichstest für abhängige Stichproben nach Wilcoxon und Wilcoxon.	737
Tafel 22	Trendtest von Page.	740

Tafel 23 Kolmogoroff-Smirnov-Omnibustest ($N_1 = N_2$)	742
Tafel 24 Kolmogoroff-Smirnov-Omnibustest ($N_1 \neq N_2$)	743
Tafel 25 Verallgemeinerter KSO-Test	745
Tafel 26 KSO-Anpassungstest	747
Tafel 27 Lilliefors-Schranken	748
Tafel 28 Signifikanzgrenzen für Spearmans ρ	749
Tafel 29 Signifikanzgrenzen für Kendalls r -Test	750
Tafel 30 Whitfields Intraklassen - r	751
Tafel 31 Kendalls Konkordanztest	753
Tafel 32 Kendalls Konsistenztest	754
Tafel 33 Kendalls Akkordanztest	755
Tafel 34 Verkettete Paarvergleichspläne	758
Tafel 35 Stevens' Iterationshäufigkeitstest	760
Tafel 36 Cochran-Grants Iterationslängentest	765
Tafel 37 Multipler Iterationshäufigkeitstest	766
Tafel 38 Phasenverteilungstest	769
Tafel 39 Phasenhäufigkeitstest	771
Tafel 40 Erstdifferenztest	773
Tafel 41 Zirkuläre Autokorrelationen 1. Ordnung	774
Tafel 42 Nullklassentest	775
Tafel 43 Stichprobenumfänge für den Vierfelder- χ^2 -Test	776
Tafel 44 Exakter 3x2-Feldertest	796
Tafel 45 Exakter 3x3-Feldertest	810
Tafel 46 Der exakte Q-Test	872
Tafel 47 Halperins einseitig gestützter U-Test	885
Literaturverzeichnis	893
Namenverzeichnis	915
Sachverzeichnis	923