

Inhalt

Danksagung und Vorwort zur 4. Auflage	21
Wegweiser	23
I Forschungsmethoden	33
1 Was sind Methoden, und wozu sind sie gut?	35
1.1 Erkenntnismethoden und Interventionsmethoden	35
1.2 Methoden der Datengewinnung und der Datenauswertung	36
1.3 Warum sind Methodenkenntnisse wichtig?	37
2 Struktur und Ablauf wissenschaftlicher Untersuchungen	39
2.1 Hypothesen, Ebenen wissenschaftlicher Aussagen und die Überbrückungsproblematik	39
2.1.1 Prüfbar und nicht-prüfbar Aussagen	39
2.1.2 Wissenschaftliche Hypothesen	40
2.1.3 Überbrückungsprobleme	41
2.2 Schritte im Forschungsprozess	42
2.2.1 Entstehung eines Erkenntnisinteresses	42
2.2.2 Sammlung verfügbaren Wissens	43
2.2.3 Entwicklung einer Fragestellung oder Hypothese	43
2.2.4 Planung einer Untersuchung	44
2.2.5 Durchführung der Untersuchung	46
2.2.6 Auswertung der Daten	47
2.2.7 Schlussfolgerungen aus der Untersuchung	48
2.2.8 Mitteilung der Untersuchung	48
3 Methoden der Datengewinnung	51
3.1 Kriterien für die Wahl einer Erhebungsmethode	51
3.2 Ordnungsmöglichkeiten	52
3.3 Darstellung einzelner Erhebungsmethoden	55
3.3.1 Verhaltensbeobachtung	55
3.3.2 Gespräch (Interview, Exploration, Anamnese)	57
3.3.3 Schriftliche Befragung und Fragebogen	59
3.3.4 Textanalytische Methoden	62
3.3.5 Tests	63
3.3.6 Computerbasierte Verfahren	65
3.3.7 Apparative Verfahren zur Erfassung psychomotorischer Leistungen	67
3.3.8 Psychobiologische Verfahren	68
3.3.9 Nicht-reaktiv gewonnene Daten	70

3.3.10	Projektive Verfahren	71
3.3.11	Reaktionszeitgestützte Verfahren	72
3.4	Multimethodale Erfassung menschlichen Erlebens und Verhaltens	74
4	Forschungsansätze und -strategien in der Psychologie	81
4.1	Methodologische Grundbegriffe	82
4.1.1	Variablen und Konstanten	82
4.1.2	Merkmale und Merkmalsträger	82
4.1.3	Arten von Variablen in der Psychologie	82
4.2	Voraussetzungen für kausale Schlussfolgerungen	84
4.3	Experimenteller Ansatz	85
4.3.1	Systematische Störvariablen	86
4.3.2	Unsystematische Störvariablen	87
4.3.3	Kontrolle von Störvariablen	87
4.3.4	Externe Validität	90
4.4	Quasi-experimenteller Ansatz	92
4.5	Korrelativer Ansatz	94
4.6	Sekundär- und Metaanalysen	96
II	Messtheoretische und deskriptivstatistische Grundlagen	101
5	Messtheoretische Grundlagen	103
5.1	Skalenniveau	103
5.1.1	Skalenniveaus im Überblick	104
5.1.2	Skalenniveau und andere Variablenarten	106
5.2	Messen in der Psychologie: Grundideen am Beispiel der Nominalskala	106
5.2.1	Relation	106
5.2.2	Relativ (relationales System)	108
5.2.3	Homomorphismus	109
5.2.4	Grundlegende Fragen der Messtheorie	109
5.3	Definition der Nominalskala	110
5.3.1	Das empirische Relativ der Nominalskala	110
5.3.2	Das numerische Relativ der Nominalskala	111
5.3.3	Nominalskala und Nominalskalenmodell	112
5.3.4	Zulässige Transformationen und Eindeutigkeit	112
5.3.5	Bedeutsamkeit	113
5.3.6	Anwendung von Nominalskalen	113
5.3.7	Das Wesentliche zum Nominalskalenmodell	114
5.4	Definition der Ordinalskala	114
5.4.1	Das empirische Relativ der Ordinalskala	114
5.4.2	Das numerische Relativ der Ordinalskala	115
5.4.3	Ordinalskala und Ordinalskalenmodell	116
5.4.4	Zulässige Transformationen und Eindeutigkeit	118
5.4.5	Bedeutsamkeit	119

5.4.6	Anwendung von Ordinalskalen	119
5.4.7	Das Wesentliche zum Ordinalskalenmodell	120
5.5	Kardinalskalierte oder metrische Variablen	120
5.5.1	Definition der Intervallskala	121
5.5.2	Definition der Verhältnisskala	122
5.5.3	Definition der Absolutskala	123
5.6	Inklusionsregel zulässiger Transformationen	123
6	Univariate Deskriptivstatistik	127
6.1	Grundbegriffe der Deskriptivstatistik	127
6.1.1	Datenmatrix	127
6.1.2	Häufigkeitsverteilung	128
6.2	Deskriptivstatistik für nominalskalierte Variablen	133
6.2.1	Zentrale Tendenz und Modalwert	133
6.2.2	Dispersion und relativer Informationsgehalt	133
6.3	Deskriptivstatistik für ordinalskalierte Variablen	135
6.3.1	Häufigkeitsverteilungen	136
6.3.2	Zentrale Tendenz und Median	139
6.3.3	Dispersion und Interquartilsbereich	140
6.4	Deskriptivstatistik für metrische Variablen	143
6.4.1	Häufigkeitsverteilungen	143
6.4.2	Kennwerte der zentralen Tendenz	153
6.4.3	Quantile	159
6.4.4	Streuungskennwerte	160
6.4.5	Schiefe und Kurtosis	164
6.5	Standardwerte und z-Transformation	165
6.6	Bivariate und multivariate Deskriptivstatistik	166
III	Wahrscheinlichkeitstheorie und inferenzstatistische Grundlagen	169
7	Wahrscheinlichkeitstheorie und Wahrscheinlichkeitsverteilungen	171
7.1	Wahrscheinlichkeiten für Zufallseignisse	172
7.1.1	Zufallsvorgang, Zufallsexperiment und Ergebnisraum	172
7.1.2	Zufallseignis	173
7.1.3	Laplace-Wahrscheinlichkeit und Laplace-Experiment	174
7.1.4	Kombinatorik	175
7.1.5	Definition der Wahrscheinlichkeit nach Kolmogorov	177
7.1.6	Bedingte Wahrscheinlichkeiten	183
7.1.7	Das Bayes-Theorem	185
7.2	Wahrscheinlichkeitsverteilungen für diskrete Zufallsvariablen	191
7.2.1	Gleichverteilung	196
7.2.2	Bernoulli-Verteilung und Indikatorvariablen	196
7.2.3	Binomialverteilung	197
7.2.4	Multinomialverteilung	201

7.2.5	Hypergeometrische Verteilung	201
7.2.6	Geometrische Verteilung	202
7.2.7	Poisson-Verteilung	202
7.3	Wahrscheinlichkeitsverteilungen für stetige Zufallsvariablen	202
7.3.1	Gleichverteilung	206
7.3.2	Exponentialverteilung	207
7.3.3	Normalverteilung	208
7.3.4	Weitere stetige Wahrscheinlichkeitsverteilungen	211
8	Grundlagen der Inferenzstatistik	217
8.1	Der Nullhypothesentest nach Fisher	218
8.2	Binäres Entscheidungskonzept von Neyman und Pearson	221
8.3	Effektgrößen	228
8.4	Statistisches Testen an Stichproben	230
8.5	Parameterschätzung	242
8.5.1	Gütekriterien der Parameterschätzung	242
8.5.2	Konfidenzintervall	248
8.5.3	Schätzung des Standardfehlers bei unbekannter Populationsvarianz	253
8.6	Konfidenzintervalle für Effektgrößen	256
8.6.1	Konfidenzintervall für Effektgrößen bei bekannter Populationsstandardabweichung	256
8.6.2	Konfidenzintervall für Effektgrößen bei unbekannter Populationsstandardabweichung	259
8.7	Testplanung und Poweranalyse	262
8.7.1	Post-hoc-Poweranalyse	263
8.7.2	A-priori-Poweranalyse	264
8.8	Das Überprüfen statistischer Hypothesen in der Psychologie: Zusammenfassung und allgemeine Empfehlungen	265
8.8.1	Schritte beim statistischen Testen	266
8.8.2	Statistisches Testen in der wissenschaftlichen Praxis	266
8.8.3	Empfehlungen der »Task Force on Statistical Inference«	267
8.9	Replikation von Forschungsergebnissen	269
8.9.1	Notwendigkeit und Vernachlässigung von Replikationen	269
8.9.2	Präferenz für signifikante Befunde	269
8.9.3	Subtile Strategien der Fälschung von Forschungsergebnissen	271
8.9.4	Neue Entwicklungen	272
9	Die Welt inferenzstatistischer Verfahren: Überblick, Systematik, Auswahlstrategien	279
9.1	Warum braucht man verschiedene statistische Tests?	279
9.2	Unterscheidungsmerkmale statistischer Tests	280
9.2.1	Exakte vs. asymptotische Tests	280
9.2.2	Parametrische vs. nonparametrische Verfahren	281
9.2.3	Robuste Verfahren	281
9.2.4	Resampling-Verfahren	282
9.3	Population, Stichprobe und Repräsentativität: Konsequenzen für inferenzstatistische Verfahren	285
9.3.1	Population (Grundgesamtheit)	285
9.3.2	Stichprobe	288

9.3.3	Repräsentativität und fehlende Werte	290
9.4	Auswahl eines Verfahrens	292
9.4.1	Univariate, bivariate, multivariate Verfahren	292
9.4.2	Gerichtete vs. ungerichtete Zusammenhänge	293
9.4.3	Manifeste vs. latente Variablen	294
9.4.4	Skalenniveau und Variablenart	294
9.4.5	Auswahl eines statistischen Verfahrens	295
9.5	Weiterer Aufbau des Buches	296

IV Methoden zum Vergleich von Gruppen 299

10 Einstichproben- und Anpassungstests 301

10.1	Vergleich eines Mittelwerts mit einem fixen Wert	301
10.2	Vergleich eines Medians mit einem fixen Wert	305
10.3	Vergleich einer Stichprobenvarianz mit einer Populationsvarianz	310
10.4	Vergleich einer relativen Häufigkeit mit einer theoretischen Wahrscheinlichkeit (Binomialtest)	315
10.5	Vergleich der Häufigkeitsverteilung eines kategorialen Merkmals mit einer theoretisch erwarteten Verteilung	317
10.6	Überprüfung von Verteilungsannahmen bei stetigen Merkmalen	322
10.6.1	Kolmogorov-Smirnov-Test (KS-Anpassungstest)	322
10.6.2	χ^2 -Anpassungstest	326

11 Unterschiede zwischen zwei unabhängigen Stichproben 331

11.1	Vergleich zweier Stichprobenmittelwerte (Zweistichprobentests)	331
11.1.1	Bekannte Populationsvarianzen: Der Zweistichproben-Gauß-Test	331
11.1.2	Unbekannte Populationsvarianzen: Der t -Test für unabhängige Stichproben	334
11.2	Vergleich zweier Stichprobenmediane (Wilcoxon-Rangsummen-Test bzw. U -Test)	343
11.3	Vergleich zweier Stichprobenvarianzen (Varianzhomogenitätstests)	349
11.3.1	F -Test auf Varianzhomogenität	349
11.3.2	Levene-Test	352
11.4	Vergleich von Häufigkeitsverteilungen zwischen zwei unabhängigen Stichproben	354
11.4.1	Vierfelder- χ^2 -Test	354
11.4.2	Fisher-Yates-Test	359
11.5	Der Zweistichproben- χ^2 -Test	360

12 Unterschiede zwischen zwei abhängigen Stichproben 367

12.1	Vergleich der zentralen Tendenz zweier abhängiger Stichproben	369
12.1.1	Parametrischer Test: Der t -Test für abhängige Stichproben	369
12.1.2	Nonparametrische Tests	377
12.2	Vergleich von Häufigkeitsverteilungen zwischen zwei abhängigen Stichproben	381
12.2.1	Dichotome Merkmale: Der McNemar-Test	381
12.2.2	Mehrkategoriale Merkmale: Der Bowker-Test	386

13	Unterschiede zwischen mehreren unabhängigen Stichproben: Varianzanalyse und verwandte Verfahren	391
13.1	Einfaktorielle Varianzanalyse	392
13.1.1	Grundidee der Varianzanalyse	392
13.1.2	Messwertzerlegung	393
13.1.3	Zerlegung der Bedingungsmitelwerte und Effekte einzelner Bedingungen	394
13.1.4	Quadratsummenzerlegung	396
13.1.5	Populationsmodell der einfaktoriellen Varianzanalyse	399
13.1.6	Schätzung der Populationsparameter	402
13.1.7	Überprüfung der Nullhypothese: Der F -Test der einfaktoriellen Varianzanalyse	404
13.1.8	Verletzungen der Voraussetzungen	408
13.1.9	Effektgrößenmaße und Konfidenzintervall	409
13.1.10	Poweranalyse	413
13.1.11	Varianzanalyse mit zufälligen Effekten	415
13.1.12	Paarvergleiche und Post-hoc-Tests	415
13.1.13	Kontrastanalyse	420
13.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse	430
13.2.1	Grundidee der zweifaktoriellen Varianzanalyse	432
13.2.2	Messwertzerlegung	432
13.2.3	Quadratsummenzerlegung	438
13.2.4	Populationsmodell der zweifaktoriellen Varianzanalyse	441
13.2.5	Schätzung der Populationsparameter	443
13.2.6	Überprüfung der Nullhypothesen	443
13.2.7	Effektgrößenmaße und Konfidenzintervalle	447
13.2.8	Post-hoc-Tests und geplante Kontraste	450
13.2.9	Ungleiche Stichprobengrößen: Nonorthogonale Varianzanalyse	453
13.2.10	Mehrfaktorielle Varianzanalyse	453
13.3	Test auf Gruppenunterschiede für Rangdaten (Kruskal-Wallis-Test)	454
13.4	Verfahren für kategoriale abhängige Variablen	456
14	Unterschiede zwischen mehreren abhängigen Stichproben: Varianzanalyse mit Messwiederholung und verwandte Verfahren	461
14.1	Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung	462
14.1.1	Messwertzerlegung	464
14.1.2	Quadratsummenzerlegung	464
14.1.3	Effektgrößenmaße	467
14.1.4	Populationsmodell der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung	469
14.1.5	Schätzung der Populationsparameter	471
14.1.6	Inferenzstatistik der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung	472
14.1.7	Sphärizität und Compound Symmetry	474
14.1.8	Effektgrößenmaße und Konfidenzintervalle	477
14.1.9	A-priori-Poweranalyse: Planung des optimalen Stichprobenumfangs	479
14.1.10	Kontrastanalyse	481
14.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung	484
14.2.1	Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung auf beiden Faktoren	484
14.2.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung auf einem Faktor	492

14.3	Nichtparametrischer Test für Medianunterschiede zwischen abhängigen Stichproben (Friedman-Test)	500
14.4	Verfahren für kategoriale abhängige Variablen	502
15	Unterschiede zwischen mehreren Stichproben auf mehreren abhängigen Variablen: Multivariate Varianzanalyse	505
15.1	Multivariate vs. univariate Varianzanalysen	505
15.2	Zielsetzungen und Grundideen der multivariaten Varianzanalyse	506
15.3	Einfaktorielle multivariate Varianzanalyse	507
15.3.1	Messwertzerlegung	507
15.3.2	Quadratsummenzerlegung	508
15.3.3	Kreuzproduktsummenzerlegung	508
15.3.4	Zusammenfassende Darstellung der Quadrat- und Kreuzproduktsummen	509
15.3.5	Diskriminanzfunktion	510
15.3.6	Effektgröße $\hat{\eta}_{\text{mult}-A}^2$	514
15.3.7	Populationsmodell der multivariaten Varianzanalyse	515
15.3.8	Überprüfung der Nullhypothese	516
15.3.9	Effektgrößen und Konfidenzintervalle	520
15.3.10	Poweranalyse	522
15.3.11	Post-hoc-Tests und Kontrastanalyse	523
15.4	Spezialfälle und Erweiterungen	524
V	Zusammenhangs- und Regressionsanalyse	527
16	Zusammenhänge zwischen zwei Variablen: Korrelations- und Assoziationsmaße	529
16.1	Erläuterung des Korrelationsprinzips an drei Beispielen	529
16.2	Tabellarische und grafische Darstellung von bivariaten Messwertreihen	531
16.3	Korrelationskoeffizienten	535
16.3.1	Zwei metrische Variablen	535
16.3.2	Zwei ordinalskalierte Variablen	543
16.3.3	Zwei dichotome nominalskalierte Variablen	553
16.3.4	Zwei polytome nominalskalierte Variablen	561
16.3.5	Eine dichotome Variable und eine metrische Variable	565
16.3.6	Eine dichotome nominalskalierte Variable und eine ordinalskalierte Variable	566
16.3.7	Weitere Skalenkombinationen	568
16.3.8	Wahl eines Korrelationskoeffizienten	569
16.4	Inferenzstatistik zu bivariaten Zusammenhangsmaßen	569
16.4.1	Zwei metrische Variablen	570
16.4.2	Assoziationsmaße für ordinale Variablen	579
16.4.3	Assoziationsmaße für dichotome Variablen	582
16.4.4	Assoziationsmaße für nominalskalierte Variablen	584
16.4.5	Andere Assoziationsmaße	585

17	Abhängigkeiten zwischen zwei Variablen: Einfache lineare Regression	589
17.1	Kleinste-Quadrate-Kriterium	591
17.2	Regressionsgleichung	595
17.3	Regressionsresiduum	596
17.4	Quadratsummenzerlegung und Varianzzerlegung	597
17.5	Determinationskoeffizient und Indeterminationskoeffizient	598
17.6	Negatives Regressionsgewicht und Regressionsrichtung	599
17.6.1	Negatives Regressionsgewicht	599
17.6.2	Regressionsrichtung	600
17.7	Regression standardisierter Werte	601
17.8	Bedeutung der linearen Regression	602
17.9	Inferenzstatistik der einfachen linearen Regression	602
17.9.1	Populationsmodell der einfachen linearen Regression	603
17.9.2	Inferenzstatistische Schätzung und Testung	604
17.9.3	Schätzung der Residualvarianz und des Standardschätzfehlers	606
17.9.4	Schätzung und Überprüfung des Regressionsgewichts β_1	606
17.9.5	Schätzung und Überprüfung des Achsenabschnitts β_0	607
17.9.6	Schätzung der bedingten Erwartungswerte	608
17.9.7	Vorhersage individueller Kriteriumswerte	609
17.9.8	Schätzung und Überprüfung des Determinationskoeffizienten	609
18	Partialkorrelation und Semipartialkorrelation	615
18.1	Aufgaben und Ziele der Partial- und Semipartialkorrelation	615
18.2	Partialkorrelation	620
18.3	Semipartialkorrelation	624
18.4	Inferenzstatistische Absicherung der Partial- und der Semipartialkorrelation	626
19	Multiple Regressionsanalyse	629
19.1	Zielsetzungen der multiplen Regressionsanalyse	629
19.1.1	Berücksichtigung von Redundanzen und Kontrolle von Störvariablen	629
19.1.2	Prognose und Erklärung	629
19.1.3	Analyse komplexer Zusammenhänge	630
19.2	Notation	631
19.3	Lineare Regression für zwei metrische unabhängige Variablen	632
19.3.1	Multiple Regression als kompensatorisches Modell	632
19.3.2	Grafische Darstellung	633
19.3.3	Bestimmung der Regressionskoeffizienten	633
19.4	Bedeutung der Regressionsgewichte	636
19.4.1	Multiple Regressionsgewichte als Regressionsgewichte bedingter einfacher Regressionen	636
19.4.2	Multiple Regressionsgewichte als Regressionsgewichte von Regressionsresiduen	637
19.4.3	Unstandardisierte vs. standardisierte Regressionsgewichte	639
19.5	Lineare Regression für mehrere metrische unabhängige Variablen	640
19.6	Multiple Korrelation und Determinationskoeffizient	641

19.7 Inferenzstatistik zur multiplen Regressionsanalyse	644
19.7.1 Populationsmodell der multiplen Regression	644
19.7.2 Inferenzstatistische Schätzung und Testung	645
19.7.3 Schätzung der Residualvarianz und des Standardschätzfehlers	646
19.7.4 Schätzung, Signifikanztest und Konfidenzintervalle für die multiple Korrelation und den Determinationskoeffizienten	646
19.7.5 Schätzung, Signifikanztest und Konfidenzintervalle für einen Partialregressionskoeffizienten β_j	649
19.7.6 Schätzung, Signifikanztest und Konfidenzintervalle für einen Satz unabhängiger Variablen	652
19.7.7 Verfahren zur Auswahl unabhängiger Variablen	655
19.7.8 Schätzung und Überprüfung des Achsenabschnitts β_0	658
19.7.9 Schätzung der bedingten Erwartungswerte und individuell prognostizierter Werte	658
19.8 Suppressorvariable	659
19.9 Moderierte Regressionsanalyse	663
19.9.1 Moderierte Regressionsanalyse: Zwei unabhängige Variablen	664
19.9.2 Moderierte Regression mit zentrierten Variablen	666
19.9.3 Inferenzstatistische Absicherung eines Moderatoreffekts	670
19.10 Analyse nicht-linearer Zusammenhänge	673
19.11 Analyse kategorialer unabhängiger Variablen	676
19.11.1 Dummy-Codierung	676
19.11.2 Effektcodierung	679
19.11.3 Vergleich von Dummy- und Effektcodierung	682
19.11.4 Inferenzstatistische Absicherung der Regressionsparameter	683
19.11.5 Analyse mehrerer kategorialer unabhängiger Variablen	684
19.11.6 Ordinale unabhängige Variablen	690
19.12 Gemeinsame Analyse kategorialer und metrischer unabhängiger Variablen	690
19.12.1 Additive Verknüpfung kategorialer und kontinuierlicher Variablen: Kovarianzanalyse	690
19.12.2 Kovarianzanalyse in quasi-experimentellen Designs	694
19.12.3 Interaktionen zwischen kategorialen und kontinuierlichen Variablen	702
19.13 Regressionsdiagnostik	704
19.13.1 Korrekte Spezifikation des Modells	704
19.13.2 Messfehlerfreiheit der unabhängigen Variablen	706
19.13.3 Ausreißer und einflussreiche Datenpunkte	707
19.13.4 Multikollinearität	712
19.13.5 Homoskedastizität	714
19.13.6 Unabhängigkeit der Residuen	715
19.13.7 Normalverteilung der Residuen	716
19.13.8 Multivariate Normalverteilung der Variablen	720
19.13.9 Verletzung der Annahmen und Konsequenzen	720
20 Hierarchische lineare Modelle (Mehrebenenanalyse)	727
20.1 Hierarchische Datenstrukturen	727
20.1.1 Risiko falscher Schlüsse bei der Interpretation von Zusammenhängen	728
20.1.2 Verletzung der Unabhängigkeitsannahme	730
20.1.3 Mehrebenenmodelle: Ein Überblick	732
20.2 Modelle der Mehrebenenanalyse	732
20.2.1 Das Intercept-Only-Modell	732

20.2.2	Das Random-Intercept-Modell	734
20.2.3	Das Random-Coefficients-Modell	735
20.2.4	Modelle mit festen Level-1- und Level-2-Effekten	738
20.2.5	Analyse von Kontexteffekten	739
20.2.6	Modelle mit Cross-Level-Interaktionseffekt	744
20.3	Parameterschätzung, inferenzstatistische Absicherung und Varianzaufklärung	745
20.3.1	Schätzung der Modellparameter	745
20.3.2	Inferenzstatistische Absicherung der Modellparameter	746
20.3.3	Passung des Modells auf die Daten	748
20.3.4	Wie viel Varianz klärt ein Prädiktor auf?	750
20.3.5	Poweranalyse und Stichprobenumfangsplanung	754
20.4	Modelle der Veränderungsmessung	756
20.4.1	Trendmodelle	757
20.4.2	Kontrastanalysen	762
20.5	Weitere Modelle	766
21	Log-lineare Modelle und Logit-Modelle	769
21.1	Zielsetzungen der log-linearen Analyse	769
21.1.1	Das Simpson-Paradox	769
21.1.2	Ein einführendes Beispiel: Sonnenschutzverhalten	771
21.2	Log-lineare Modelle für eine Analyse einer 2×2-Kontingenztabelle	772
21.2.1	Das multiplikative Modell	772
21.2.2	Das additive Modell	774
21.2.3	Das Modell mit einer Referenzkategorie	777
21.2.4	Vergleich der verschiedenen Formulierungen des Modells	778
21.2.5	Allgemeiner Fall einer I×J-Kontingenztabelle	778
21.3	Inferenzstatistische Absicherung	779
21.3.1	Populationsmodelle für eine 2×2-Kontingenztabelle	779
21.3.2	Parameterschätzung und Hypothesentestung	780
21.3.3	Standardfehler und Konfidenzintervalle	781
21.3.4	Signifikanztests	782
21.4	Überprüfung von Modellen	783
21.4.1	Statistische Überprüfung von Modellannahmen	783
21.4.2	Unabhängigkeitsmodell und saturiertes Modell	785
21.4.3	Hierarchische und nicht-hierarchische log-lineare Modelle	786
21.4.4	Modellvergleiche	786
21.4.5	Spezifikation von Modellen beim produkt-multinomialen Erhebungsschema	787
21.4.6	Effektgröße und Konfidenzintervall	788
21.4.7	Bestimmung der optimalen Stichprobengröße	788
21.5	Log-lineare Modelle für eine 2×2×2-Kontingenztabelle	790
21.5.1	Multiplikatives Modell	790
21.5.2	Additives Modell	791
21.5.3	Parameterschätzung und Modelltestung	791
21.5.4	Das log-lineare Modell für eine I×J×K-Kontingenztabelle	794
21.6	Logit-Modell	794

22	Logistische Regressionsanalyse	799
22.1	Grundidee der logistischen Regressionsanalyse für dichotome abhängige Variablen	799
22.1.1	Einfache logistische Regressionsanalyse	800
22.1.2	Multiple logistische Regression	809
22.2	Parameterschätzung	811
22.3	Hypothesenprüfung	812
22.3.1	Hypothesentests für einen einzelnen Parameter	812
22.3.2	Hypothesentests für ein Set von unabhängigen Variablen	815
22.3.3	Hypothesentests in Bezug auf alle unabhängigen Variablen	816
22.3.4	Zerlegung der Likelihood-Ratio-Teststatistik	816
22.4	Effektgrößen	817
22.5	Klassifikation	819
22.6	Bestimmung der optimalen Stichprobengröße	820
22.7	Voraussetzungen der Maximum-Likelihood-Schätzung und Hypothesentestung	822
22.8	Regressionsdiagnostik	823
22.8.1	Korrekte Spezifikation des Modells und Modellanpassungsgüte	823
22.8.2	Messfehlerbehaftetheit der unabhängigen Variablen und Multikollinearität	826
22.8.3	Identifikation von Ausreißern und einflussreichen Datenpunkten	826
22.8.4	Nullzellenproblem	827
22.9	Logistisches Regressionsmodell für mehrkategoriale nominalskalierte abhängige Variablen	828
22.10	Logistisches Regressionsmodell für ordinalskalierte abhängige Variablen	832
VI	Modelle mit latenten Variablen	841
23	Messfehlertheorie und Klassische Testtheorie	843
23.1	Theoretische Konzepte der Klassischen Testtheorie	843
23.1.1	Theoretische Konzeption des Messfehlers	844
23.1.2	Theoretische Konzeption des wahren Wertes	846
23.1.3	Eigenschaften der Messfehler- und der True-Score-Variablen	848
23.1.4	Theoretische Konzeption der Reliabilität	849
23.2	Messmodelle	851
23.2.1	Modell essenziell τ -äquivalenter Variablen	851
23.2.2	Modell essenziell τ -paralleler Variablen	859
23.2.3	Modell τ -äquivalenter Variablen	860
23.2.4	Modell τ -paralleler Variablen	860
23.2.5	Zwischenfazit	861
23.2.6	Modell τ -kongenerischer Variablen	863
23.3	Vergleich der verschiedenen Testmodelle	869
23.4	Funktion von Testmodellen für die Psychodiagnostik	870
23.4.1	Itemselektion und Testkonstruktion	870
23.4.2	Messung latenter Merkmalsausprägungen	872

24	Mehrdimensionale Messmodelle und konfirmatorische Faktorenanalyse	877
24.1	Ein einführendes Beispiel: Die Konvergenz von Selbst- und Fremdbbericht	877
24.1.1	Ein zweidimensionales Modell	879
24.1.2	Ein alternatives Modell: Modell mit Methodenfaktor	880
24.1.3	Verschiedene Darstellungsformen von Multidimensionalität	882
24.2	True-Score-Modelle vs. Faktormodelle	884
24.2.1	Uniqueness und Kommunalität	884
24.2.2	Faktoren und Ladungen	885
24.2.3	Konfirmatorische vs. exploratorische Faktorenanalyse	885
24.3	Grundidee der Faktorenanalyse	885
24.4	Allgemeine Fragen bei der konfirmatorischen Faktorenanalyse	887
24.4.1	Modellspezifikation: Warum Theorie so wichtig ist!	887
24.4.2	Identifizierbarkeit: Können alle Parameter eindeutig bestimmt werden?	889
24.4.3	Grundideen der Parameterschätzung und der Modelltestung	895
24.5	Schätzmethoden	898
24.5.1	Grundprinzip der Schätzmethoden	898
24.5.2	Maximum-Likelihood-Verfahren	899
24.5.3	Asymptotisch verteilungsfreie Verfahren	900
24.5.4	Andere Schätzmethoden	900
24.5.5	Wahl einer Schätzmethode	902
24.6	Beurteilung der Modellanpassungsgüte	903
24.6.1	Detailmaße der Anpassungsgüte: Residuen	903
24.6.2	Gesamtanpassung des Modells	905
24.6.3	Modellvergleiche	907
24.6.4	Modellmodifikationen	909
24.6.5	Erwartungswertstrukturen	909
24.7	Bestimmung der optimalen Stichprobengröße	910
24.7.1	A-priori-Poweranalyse zur Bestimmung der Stichprobengröße	910
24.7.2	Monte-Carlo-Simulationsstudie zur Bestimmung der Stichprobengröße	910
24.8	Faktorenanalyse für ordinale Variablen	911
24.8.1	Annahme einer itemspezifischen kontinuierlichen Variablen	912
24.8.2	Faktorenanalytisches Modell	913
24.9	Weitere Messmodelle mit latenten Variablen	915
25	Exploratorische Faktorenanalyse und Hauptkomponentenanalyse	919
25.1	Grundprinzipien der exploratorischen Faktorenanalyse	920
25.1.1	Grundgleichung der Faktorenanalyse	920
25.1.2	Schritte bei der exploratorischen Faktorenanalyse	920
25.2	Die Maximum-Likelihood-Faktorenanalyse	921
25.2.1	Annahmen der Maximum-Likelihood-Faktorenanalyse	921
25.2.2	Identifizierbarkeit und Anfangslösung	922
25.2.3	Bestimmung der Anzahl der Faktoren und Modellgültigkeit	923
25.2.4	Rotation	927
25.2.5	Interpretation der Ergebnisse	931
25.2.6	Bestimmung von Faktorwerten	932

25.3 Hauptachsenanalyse und Hauptkomponentenanalyse	932
25.3.1 Grundidee der Hauptkomponentenanalyse	933
25.3.2 Kriterien zur Bestimmung der relevanten Hauptkomponenten	937
25.3.3 Rotation und Ergebnisdarstellung	939
25.3.4 Die Hauptachsenanalyse	941
25.4 Vergleich der Ansätze und praktische Empfehlungen	942
25.5 Faktorenanalyse für dichotome und ordinale Variablen	945
25.6 Einzelfall-Faktorenanalyse und dynamische Faktorenanalyse	946
26 Pfadanalyse und lineare Strukturgleichungsmodelle	951
26.1 Pfadanalyse	952
26.1.1 Das pfadanalytische Modell als ein System von Regressionsmodellen	953
26.1.2 Parameterschätzung und Modellüberprüfung	955
26.1.3 Hypothesenüberprüfung	960
26.2 Lineare Strukturgleichungsmodelle	965
26.2.1 Messmodell und Strukturmodell	966
26.2.2 Parameterschätzung und Hypothesenüberprüfung	968
26.2.3 Latente autoregressive Modelle	968
26.2.4 Latent-State-Trait-Modell	972
26.2.5 Spezielle lineare Strukturgleichungsmodelle	975
26.2.6 Sind Strukturgleichungsmodelle Kausalmodelle?	975
Anhang	979
Glossar	981
Literaturverzeichnis	999
Hinweise zu den Online-Materialien	1017
Anhang A: Tabellen	1019
1 Binominalverteilung	1019
2 Standardnormalverteilung	1031
3 Zentrale t -Verteilung	1032
4 Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest	1033
5 Zentrale χ^2 -Verteilung	1034
6 Kritische Werte für den Kolmogorov-Smirnov-Test und den Lilliefors-Test	1035
7 Wilcoxon-Rangsummen-Test	1038
8 Zentrale F -Verteilung	1041
9 Kritische Werte für die Differenz $n_K - n_D$	1048
Anhang B: Matrixalgebra	1051
1 Matrix	1051
2 Vektor	1051
3 Grundlegende Rechenoperationen mit Matrizen	1052
4 Spezielle Matrizen	1055
5 Demonstration der Berechnung einiger statistischer Kennwerte mittels Matrixalgebra	1058
Sachwortverzeichnis	1063