

Inhalt

Danksagung	XXI
Vorwort und Wegweiser	XXIII
I Forschungsmethoden	1
1 Was sind Methoden, und wozu sind sie gut?	3
1.1 Erkenntnismethoden und Interventionsmethoden	3
1.2 Methoden der Datengewinnung und Methoden der Datenauswertung	4
1.3 Warum sind Methodenkenntnisse wichtig?	5
2 Struktur und Ablauf wissenschaftlicher Untersuchungen	7
2.1 Hypothesen, Ebenen wissenschaftlicher Aussagen und die Überbrückungsproblematik	7
2.1.1 Prüfbar und nicht-prüfbar Aussagen	7
2.1.2 Wissenschaftliche Hypothesen	8
2.1.3 Überbrückungsprobleme	9
2.2 Schritte im Forschungsprozess	11
2.2.1 Entstehung eines Erkenntnisinteresses	11
2.2.2 Sammlung verfügbaren Wissens	11
2.2.3 Entwicklung einer Fragestellung oder Hypothese	12
2.2.4 Planung einer Untersuchung	13
2.2.5 Durchführung der Untersuchung	14
2.2.6 Auswertung der Daten	15
2.2.7 Schlussfolgerungen aus der Untersuchung	17
2.2.8 Mitteilung der Untersuchung	17
3 Methoden der Datengewinnung	19
3.1 Kriterien für die Wahl einer Erhebungsmethode	19
3.2 Ordnungsmöglichkeiten	20
3.3 Darstellung einzelner Erhebungsmethoden	23
3.3.1 Verhaltensbeobachtung	24
3.3.2 Gespräch (Interview, Exploration, Anamnese)	26
3.3.3 Schriftliche Befragung und Fragebogen	28

3.3.4	Textanalytische Methoden	31
3.3.5	Tests	33
3.3.6	Computerbasierte Verfahren	34
3.3.7	Apparative Verfahren zur Erfassung psychomotorischer Leistungen	37
3.3.8	Psychobiologische Verfahren	38
3.3.9	Nicht-reaktiv gewonnene Daten	40
3.3.10	Projektive Verfahren	41
3.3.11	Reaktionszeitgestützte Verfahren	42
3.4	Multimethodale Erfassung menschlichen Erlebens und Verhaltens	44
4	Forschungsansätze und -strategien in der Psychologie	51
4.1	Methodologische Grundbegriffe	52
4.1.1	Variablen und Konstanten	52
4.1.2	Merkmale und Merkmalsträger	52
4.1.3	Arten von Variablen in der Psychologie	53
4.2	Voraussetzungen für kausale Schlussfolgerungen	55
4.3	Experimenteller Ansatz	56
4.3.1	Systematische Störvariablen	56
4.3.2	Unsystematische Störvariablen	57
4.3.3	Kontrolle von Störvariablen	58
4.3.4	Externe Validität	60
4.4	Quasi-experimenteller Ansatz	63
4.5	Korrelativer Ansatz	65
4.6	Sekundär- und Metaanalysen	67
II	Messtheoretische und deskriptivstatistische Grundlagen	73
5	Messtheoretische Grundlagen	75
5.1	Skalenniveau	75
5.1.1	Skalenniveaus im Überblick	76
5.1.2	Skalenniveau und andere Variablenarten	78
5.2	Messen in der Psychologie: Grundideen am Beispiel der Nominalskala	78
5.2.1	Relation	79
5.2.2	Relativ (relationales System)	80
5.2.3	Homomorphismus	81
5.2.4	Grundlegende Fragen der Messtheorie	82
5.3	Definition der Nominalskala	82
5.3.1	Das empirische Relativ der Nominalskala	82
5.3.2	Das numerische Relativ der Nominalskala	84
5.3.3	Nominalskala und Nominalskalenmodell	84

5.3.4	Zulässige Transformationen und Eindeutigkeit	85
5.3.5	Bedeutsamkeit	85
5.3.6	Anwendung von Nominalskalen	85
5.3.7	Das Wesentliche zum Nominalskalenmodell	86
5.4	Definition der Ordinalskala	87
5.4.1	Das empirische Relativ der Ordinalskala	87
5.4.2	Das numerische Relativ der Ordinalskala	88
5.4.3	Ordinalskala und Ordinalskalenmodell	88
5.4.4	Zulässige Transformationen und Eindeutigkeit	90
5.4.5	Bedeutsamkeit	92
5.4.6	Anwendung von Ordinalskalen	92
5.4.7	Das Wesentliche zum Ordinalskalenmodell	93
5.5	Kardinalskalierte oder metrische Variablen	93
5.5.1	Definition der Intervallskala	93
5.5.2	Definition der Verhältnisskala	95
5.5.3	Definition der Absolutskala	95
5.6	Inklusionsregel zulässiger Transformationen	96
6	Univariate Deskriptivstatistik	99
6.1	Grundbegriffe der Deskriptivstatistik	99
6.1.1	Datenmatrix	99
6.1.2	Häufigkeitsverteilung	100
6.2	Deskriptivstatistik für nominalskalierte Variablen	105
6.2.1	Zentrale Tendenz und Modalwert	105
6.2.2	Dispersion und relativer Informationsgehalt	105
6.3	Deskriptivstatistik für ordinalskalierte Variablen	107
6.3.1	Häufigkeitsverteilungen	108
6.3.2	Zentrale Tendenz und Median	111
6.3.3	Dispersion und Interquartilsbereich	112
6.4	Deskriptivstatistik für metrische Variablen	114
6.4.1	Häufigkeitsverteilungen	114
6.4.2	Kennwerte der zentralen Tendenz	125
6.4.3	Quantile	131
6.4.4	Streuungskennwerte	132
6.4.5	Schiefe und Exzess	136
6.5	Standardwerte und z-Transformation	137
6.6	Bivariate und multivariate Deskriptivstatistik	138

III	Wahrscheinlichkeitstheorie und inferenzstatistische Grundlagen	141
7	Wahrscheinlichkeitstheorie und Wahrscheinlichkeitsverteilungen	143
7.1	Wahrscheinlichkeiten für Zufallereignisse	144
7.1.1	Zufallsvorgang, Zufallsexperiment und Ergebnisraum	144
7.1.2	Zufallereignis	145
7.1.3	Laplace-Wahrscheinlichkeit und Laplace-Experiment	146
7.1.4	Kombinatorik	147
7.1.5	Definition der Wahrscheinlichkeit nach Kolmogorov	150
7.1.6	Bedingte Wahrscheinlichkeiten	155
7.1.7	Das Bayes-Theorem	158
7.2	Wahrscheinlichkeitsverteilungen für diskrete Zufallsvariablen	163
7.2.1	Gleichverteilung	169
7.2.2	Bernoulli-Verteilung und Indikatorvariable	169
7.2.3	Binomialverteilung	171
7.2.4	Multinomialverteilung	174
7.2.5	Hypergeometrische Verteilung	175
7.2.6	Geometrische Verteilung	175
7.2.7	Poisson-Verteilung	175
7.3	Wahrscheinlichkeitsverteilungen für stetige Zufallsvariablen	176
7.3.1	Gleichverteilung	180
7.3.2	Exponentialverteilung	181
7.3.3	Normalverteilung	182
7.3.4	Weitere stetige Wahrscheinlichkeitsverteilungen	185
8	Grundlagen der Inferenzstatistik	191
8.1	Der Nullhypothesentest nach Fisher	192
8.2	Binäres Entscheidungskonzept von Neyman und Pearson	196
8.3	Effektgrößen	203
8.4	Statistisches Testen an Stichproben	205
8.5	Parameterschätzung	217
8.5.1	Gütekriterien der Parameterschätzung	217
8.5.2	Konfidenzintervall	223
8.5.3	Schätzung des Standardfehlers bei unbekannter Populationsvarianz	228
8.6	Konfidenzintervalle für Effektgrößen	232
8.6.1	Konfidenzintervall für Effektgrößen bei bekannter Populationsstandardabweichung	232
8.6.2	Konfidenzintervall für Effektgrößen bei unbekannter Populationsstandardabweichung	235
8.7	Testplanung und Poweranalyse	238
8.7.1	Post-hoc-Poweranalyse	239
8.7.2	A-priori-Poweranalyse	239

8.8	Das Überprüfen statistischer Hypothesen in der Psychologie: Zusammenfassung und allgemeine Empfehlungen	241
8.8.1	Schritte beim statistischen Testen	242
8.8.2	Statistisches Testen in der wissenschaftlichen Praxis	243
8.8.3	Empfehlungen der »Task Force on Statistical Inference«	244
9	Die Welt inferenzstatistischer Verfahren: Überblick, Systematik, Auswahlstrategien	250
9.1	Warum braucht man verschiedene statistische Tests?	250
9.2	Unterscheidungsmerkmale statistischer Tests	251
9.2.1	Exakte vs. asymptotische Tests	252
9.2.2	Parametrische vs. nonparametrische Verfahren	252
9.2.3	Robuste Verfahren	253
9.2.4	Resampling-Verfahren	253
9.3	Population, Stichprobe und Repräsentativität: Konsequenzen für inferenzstatistische Verfahren	256
9.3.1	Population (Grundgesamtheit)	257
9.3.2	Stichprobe	260
9.3.3	Repräsentativität und fehlende Werte	262
9.4	Auswahl eines Verfahrens	264
9.4.1	Univariate, bivariate, multivariate Verfahren	265
9.4.2	Gerichtete vs. ungerichtete Zusammenhänge	266
9.4.3	Manifeste vs. latente Variablen	266
9.4.4	Skalenniveau und Variablenart	267
9.4.5	Auswahl eines statistischen Verfahrens	267
9.5	Weiterer Aufbau des Buches	269
IV	Methoden zum Vergleich von Gruppen	271
10	Abweichungen von einem fixen Wert	273
10.1	Vergleich eines Mittelwerts mit einem fixen Wert (Einstichprobentest)	273
10.2	Vergleich eines Medians mit einem fixen Wert	278
10.3	Vergleich einer Stichprobenvarianz mit einer Populationsvarianz	282
10.4	Vergleich einer relativen Häufigkeit mit einer theoretischen Wahrscheinlichkeit (Binomialtest)	287
10.5	Vergleich einer Häufigkeitsverteilung mit einer fixen Verteilung	290
10.6	Überprüfung von Verteilungsannahmen (Anpassungstests)	294
10.6.1	Kolmogorov-Smirnov-Test (KS-Anpassungstest)	294
10.6.2	χ^2 -Anpassungstest	299

11	Unterschiede zwischen zwei unabhängigen Stichproben	305
11.1	Vergleich zweier Stichprobenmittelwerte (Zweistichprobentests)	305
11.1.1	Bekannte Populationsvarianzen: Der Zweistichproben-Gauß-Test	305
11.1.2	Unbekannte Populationsvarianzen: Der <i>t</i> -Test für unabhängige Stichproben	308
11.2	Vergleich zweier Stichprobenmediane	317
11.2.1	Mediantest	318
11.2.2	Wilcoxon-Rangsummen-Test bzw. <i>U</i> -Test	320
11.3	Vergleich zweier Stichprobenvarianzen (Varianzhomogenitätstests)	326
11.3.1	<i>F</i> -Test auf Varianzhomogenität	327
11.3.2	Levene-Test	329
11.4	Vergleich von Häufigkeitsverteilungen zwischen zwei unabhängigen Stichproben	331
11.4.1	Vierfelder- χ^2 -Test	332
11.4.2	Fisher-Yates-Test	337
11.5	Der Zweistichproben-χ^2-Test	338
12	Unterschiede zwischen zwei abhängigen Stichproben	346
12.1	Vergleich der zentralen Tendenz zweier abhängiger Stichproben	348
12.1.1	Parametrischer Test: Der <i>t</i> -Test für abhängige Stichproben	348
12.1.2	Nonparametrische Tests	357
12.2	Vergleich von Häufigkeitsverteilungen zwischen zwei abhängigen Stichproben	361
12.2.1	Dichotome Merkmale: Der McNemar-Test	361
12.2.2	Mehrkategoriale Merkmale: Der Bowker-Test	366
13	Unterschiede zwischen mehreren unabhängigen Stichproben: Varianzanalyse und verwandte Verfahren	371
13.1	Einfaktorielle Varianzanalyse	372
13.1.1	Grundidee der Varianzanalyse	372
13.1.2	Messwertzerlegung	373
13.1.3	Zerlegung der Bedingungsmitelwerte und Effekte einzelner Bedingungen	374
13.1.4	Quadratsummenzerlegung	376
13.1.5	Populationsmodell der einfaktoriellen Varianzanalyse	379
13.1.6	Schätzung der Populationsparameter	382
13.1.7	Überprüfung der Nullhypothese: Der <i>F</i> -Test der einfaktoriellen Varianzanalyse	385
13.1.8	Verletzungen der Voraussetzungen	390
13.1.9	Effektgrößenmaße und Konfidenzintervall	391
13.1.10	Poweranalyse	395
13.1.11	Varianzanalyse mit zufälligen Effekten	397
13.1.12	Paarvergleiche und Post-hoc-Tests	398
13.1.13	Kontrastanalyse	403

13.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse	412
13.2.1	Grundidee der zweifaktoriellen Varianzanalyse	414
13.2.2	Messwertzerlegung	415
13.2.3	Quadratsummenzerlegung	421
13.2.4	Populationsmodell der zweifaktoriellen Varianzanalyse	424
13.2.5	Schätzung der Populationsparameter	426
13.2.6	Überprüfung der Nullhypothesen	426
13.2.7	Effektgrößenmaße und Konfidenzintervalle	431
13.2.8	Post-hoc-Tests und geplante Kontraste	433
13.2.9	Ungleiche Stichprobengrößen: Nonorthogonale Varianzanalyse	437
13.2.10	Mehrfaktorielle Varianzanalyse	438
13.3	Test auf Gruppenunterschiede für Rangdaten (Kruskal-Wallis-Test)	438
13.4	Verfahren für kategoriale abhängige Variablen	441
14	Unterschiede zwischen mehreren abhängigen Stichproben: Varianzanalyse mit Messwiederholung und verwandte Verfahren	446
14.1	Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung	447
14.1.1	Messwertzerlegung	449
14.1.2	Quadratsummenzerlegung	450
14.1.3	Effektgrößenmaße	453
14.1.4	Populationsmodell der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung	455
14.1.5	Schätzung der Populationsparameter	458
14.1.6	Inferenzstatistik der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung	458
14.1.7	Sphärizität und Compound Symmetry	460
14.1.8	Effektgrößenmaße und Konfidenzintervalle	464
14.1.9	A-priori-Poweranalyse: Planung des optimalen Stichprobenumfangs	466
14.1.10	Kontrastanalyse	467
14.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung	471
14.2.1	Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung auf beiden Faktoren	471
14.2.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung auf einem Faktor	480
14.3	Nichtparametrischer Test für Medianunterschiede zwischen abhängigen Stichproben (Friedman-Test)	488
14.4	Verfahren für kategoriale abhängige Variablen	491
V	Zusammenhangs- und Regressionsanalyse	495
15	Zusammenhänge zwischen zwei Variablen: Korrelations- und Assoziationsmaße	497
15.1	Erläuterung des Korrelationsprinzips an drei Beispielen	497
15.2	Tabellarische und graphische Darstellung von bivariaten Messwertreihen	499

15.3	Korrelationskoeffizienten	503
15.3.1	Zwei metrische Variablen	504
15.3.2	Zwei ordinalskalierte Variablen	511
15.3.3	Zwei dichotome nominalskalierte Variablen	522
15.3.4	Zwei polytome nominalskalierte Variablen	530
15.3.5	Eine dichotome Variable und eine metrische Variable	534
15.3.6	Eine dichotome nominalskalierte Variable und eine ordinalskalierte Variable	535
15.3.7	Weitere Skalenkombinationen	537
15.3.8	Wahl eines Korrelationskoeffizienten	538
15.4	Inferenzstatistik zu bivariaten Zusammenhangsmaßen	538
15.4.1	Zwei metrische Variablen	539
15.4.2	Assoziationsmaße für ordinale Variablen	549
15.4.3	Assoziationsmaße für dichotome Variablen	553
15.4.4	Assoziationsmaße für nominalskalierte Variablen	555
15.4.5	Andere Assoziationsmaße	556
16	Abhängigkeiten zwischen zwei Variablen: Einfache lineare Regression	560
16.1	Kleinste-Quadrate-Kriterium	563
16.2	Regressionsgleichung	566
16.3	Regressionsresiduum	567
16.4	Quadratsummenzerlegung und Varianzzerlegung	568
16.5	Determinationskoeffizient und Indeterminationskoeffizient	569
16.6	Negatives Regressionsgewicht und Regressionsrichtung	571
16.6.1	Negatives Regressionsgewicht	571
16.6.2	Regressionsrichtung	571
16.7	Regression standardisierter Werte	573
16.8	Bedeutung der linearen Regression	574
16.9	Inferenzstatistik der einfachen linearen Regression	575
16.9.1	Populationsmodell der einfachen linearen Regression	575
16.9.2	Inferenzstatistische Schätzung und Testung	576
16.9.3	Schätzung der Residualvarianz und des Standardschätzfehlers	578
16.9.4	Schätzung und Überprüfung des Regressionsgewichts β_1	579
16.9.5	Schätzung und Überprüfung des Achsenabschnitts β_0	580
16.9.6	Schätzung der bedingten Erwartungswerte	580
16.9.7	Vorhersage individueller Kriteriumswerte	581
16.9.8	Schätzung und Überprüfung des Determinationskoeffizienten	582
17	Partialkorrelation und Semipartialkorrelation	587
17.1	Aufgaben und Ziele der Partial- und Semipartialkorrelation	587
17.2	Partialkorrelation	592
17.3	Semipartialkorrelation	597
17.4	Inferenzstatistische Absicherung der Partial- und der Semipartialkorrelation	599

18	Multiple Regressionsanalyse	602
18.1	Zielsetzungen der multiplen Regressionsanalyse	602
18.1.1	Berücksichtigung von Redundanzen und Kontrolle von Störvariablen	602
18.1.2	Prognose und Erklärung	602
18.1.3	Analyse komplexer Zusammenhänge	603
18.2	Notation	604
18.3	Lineare Regression für zwei metrische unabhängige Variablen	605
18.3.1	Multiple Regression als kompensatorisches Modell	605
18.3.2	Graphische Darstellung	606
18.3.3	Bestimmung der Regressionskoeffizienten	607
18.4	Bedeutung der Regressionsgewichte	609
18.4.1	Multiple Regressionsgewichte als Regressionsgewichte bedingter einfacher Regressionen	610
18.4.2	Multiple Regressionsgewichte als Regressionsgewichte von Regressionsresiduen	611
18.4.3	Unstandardisierte vs. standardisierte Regressionsgewichte	613
18.5	Lineare Regression für mehrere metrische unabhängige Variablen	614
18.6	Multiple Korrelation und Determinationskoeffizient R^2	615
18.7	Inferenzstatistik zur multiplen Regressionsanalyse	618
18.7.1	Populationsmodell der multiplen Regression	619
18.7.2	Inferenzstatistische Schätzung und Testung	619
18.7.3	Schätzung der Residualvarianz und des Standardschätzfehlers	620
18.7.4	Schätzung, Signifikanztest und Konfidenzintervalle für die multiple Korrelation und den Determinationskoeffizienten	620
18.7.5	Schätzung, Signifikanztest und Konfidenzintervalle für einen Partialregressionskoeffizienten β_j	624
18.7.6	Schätzung, Signifikanztest und Konfidenzintervalle für einen Satz unabhängiger Variablen	626
18.7.7	Verfahren zur Auswahl unabhängiger Variablen	629
18.7.8	Schätzung und Überprüfung des Achsenabschnitts β_0	632
18.7.9	Schätzung der bedingten Erwartungswerte und individuell prognostizierter Werte	632
18.8	Suppressorvariablen	633
18.9	Moderierte Regressionsanalyse	637
18.9.1	Moderierte Regressionsanalyse: Zwei unabhängige Variablen	638
18.9.2	Moderierte Regression mit zentrierten Variablen	640
18.9.3	Inferenzstatistische Absicherung eines Moderatoreffekts	644
18.10	Analyse nicht-linearer Zusammenhänge	645
18.11	Analyse kategorialer unabhängiger Variablen	648
18.11.1	Dummy-Kodierung	649
18.11.2	Effektkodierung	651
18.11.3	Vergleich von Dummy- und Effektkodierung	654
18.11.4	Inferenzstatistische Absicherung der Regressionsparameter	655
18.11.5	Analyse mehrerer kategorialer unabhängiger Variablen	657
18.12	Gemeinsame Analyse kategorialer und metrischer unabhängiger Variablen	663
18.12.1	Additive Verknüpfung kategorialer und kontinuierlicher Variablen: Kovarianzanalyse	664
18.12.2	Kovarianzanalyse in quasi-experimentellen Designs	667
18.12.3	Interaktionen zwischen kategorialen und kontinuierlichen Variablen	675

18.13 Regressionsdiagnostik	678
18.13.1 Korrekte Spezifikation des Modells	678
18.13.2 Messfehlerfreiheit der unabhängigen Variablen	680
18.13.3 Ausreißer und einflussreiche Datenpunkte	680
18.13.4 Multikollinearität	686
18.13.5 Homoskedastizität	687
18.13.6 Unabhängigkeit der Residuen	689
18.13.7 Normalverteilung der Residuen	690
18.13.8 Multivariate Normalverteilung der Variablen	693
18.13.9 Verletzung der Annahmen und Konsequenzen	694
19 Hierarchische lineare Modelle (Mehrebenenanalyse)	699
19.1 Hierarchische Datenstrukturen	699
19.1.1 Risiko falscher Schlüsse bei der Interpretation von Zusammenhängen	700
19.1.2 Verletzung der Unabhängigkeitsannahme	702
19.1.3 Vorteile von hierarchischen linearen Modellen	706
19.2 Modelle ohne Level-2-Prädiktoren	707
19.2.1 Eine vereinfachte Annäherung: Lineare Regressionsmodelle auf jeder Ebene	707
19.2.2 Das Random-Coefficients-Modell auf Populationsebene	711
19.3 Modelle mit Level-2-Prädiktoren	719
19.3.1 Modelle mit Cross-Level-Interaktion	719
19.3.2 Kontexteffekte	721
19.4 Modellvergleich und Varianzaufklärung	727
19.5 Poweranalyse und optimaler Stichprobenumfang	731
20 Log-lineare Modelle und Logit-Modelle	735
20.1 Zielsetzungen der log-linearen Analyse	735
20.1.1 Das Simpson-Paradox	735
20.1.2 Ein einführendes Beispiel: Sonnenschutzverhalten	737
20.2 Log-lineare Analyse einer 2×2-Kontingenztabelle	738
20.2.1 Das multiplikative Modell	738
20.2.2 Das additive Modell	741
20.2.3 Das Modell basierend auf einer Referenzkategorie	743
20.2.4 Vergleich der verschiedenen Formulierungen des Modells	744
20.2.5 Allgemeiner Fall einer $I \times J$ -Kontingenztabelle	745
20.3 Inferenzstatistische Absicherung	745
20.3.1 Populationsmodelle für eine 2×2 -Kontingenztabelle	746
20.3.2 Parameterschätzung und Hypothesentestung	746
20.3.3 Standardfehler und Konfidenzintervalle	748
20.3.4 Signifikanztests	749

20.4 Überprüfung von Modellen	750
20.4.1 Statistische Überprüfung von Modellannahmen	750
20.4.2 Unabhängigkeitsmodell und saturiertes Modell	752
20.4.3 Hierarchische und nicht-hierarchische log-lineare Modelle	753
20.4.4 Modellvergleiche	754
20.4.5 Spezifikation von Modellen beim produkt-multinomialen Erhebungsschema	755
20.4.6 Effektgröße und Konfidenzintervall	755
20.4.7 Bestimmung der optimalen Stichprobengröße	756
20.5 Log-lineares Modell für eine $2 \times 2 \times 2$-Kontingenztafel	757
20.5.1 Multiplikatives Modell	758
20.5.2 Additives Modell	759
20.5.3 Parameterschätzung und Modelltestung	759
20.5.4 Log-lineares Modell für eine $I \times J \times K$ -Kontingenztafel	762
20.6 Logit-Modell	762
21 Logistische Regressionsanalyse	767
21.1 Grundidee der logistischen Regressionsanalyse für dichotome abhängige Variablen	767
21.1.1 Einfache logistische Regressionsanalyse	768
21.1.2 Multiple logistische Regression	777
21.2 Parameterschätzung	779
21.3 Hypothesenprüfung	781
21.3.1 Hypothesentests für einen einzelnen Parameter	781
21.3.2 Hypothesentests für ein Set von unabhängigen Variablen	784
21.3.3 Hypothesentests in Bezug auf alle unabhängigen Variablen	785
21.3.4 Zerlegung der Likelihood-Ratio-Teststatistik	785
21.4 Effektstärkemaße	786
21.5 Klassifikation	788
21.6 Bestimmung der optimalen Stichprobengröße	790
21.7 Voraussetzungen der Maximum-Likelihood-Schätzung und Hypothesentestung	791
21.8 Regressionsdiagnostik	793
21.8.1 Korrekte Spezifikation des Modells und Modellanpassungsgüte	793
21.8.2 Messfehlerbehaftetheit der unabhängigen Variablen und Multikollinearität	796
21.8.3 Identifikation von Ausreißern und einflussreichen Datenpunkten	796
21.8.4 Nullzellenproblem	797
21.9 Logistisches Regressionsmodell für mehrkategoriale nominalskalierte abhängige Variablen	798
21.10 Logistisches Regressionsmodell für ordinalskalierte abhängige Variablen	803

VI	Modelle mit latenten Variablen	811
22	Messfehlertheorie und Klassische Testtheorie	813
22.1	Theoretische Konzepte der Klassischen Testtheorie	814
22.1.1	Theoretische Konzeption des Messfehlers	814
22.1.2	Theoretische Konzeption des wahren Wertes	816
22.1.3	Eigenschaften der Messfehler- und der True-Score-Variablen	818
22.1.4	Theoretische Konzeption der Reliabilität	819
22.2	Messmodelle	822
22.2.1	Modell essentiell τ -äquivalenter Variablen	822
22.2.2	Modell essentiell τ -paralleler Variablen	830
22.2.3	Modell τ -äquivalenter Variablen	831
22.2.4	Modell τ -paralleler Variablen	832
22.2.5	Zwischenfazit	832
22.2.6	Modell τ -kongenerischer Variablen	835
22.3	Vergleich der verschiedenen Testmodelle	841
22.4	Funktion von Testmodellen für die Psychodiagnostik	842
22.4.1	Itemselektion und Testkonstruktion	842
22.4.2	Messung latenter Merkmalsausprägungen	844
23	Mehrdimensionale Messmodelle und konfirmatorische Faktorenanalyse	849
23.1	Ein einführendes Beispiel: Die Konvergenz von Selbst- und Fremdbbericht	849
23.1.1	Ein zweidimensionales Modell	851
23.1.2	Ein alternatives Modell: Modell mit Methodenfaktor	853
23.1.3	Verschiedene Darstellungsformen von Multidimensionalität	855
23.2	True-Score-Modelle vs. Faktormodelle	856
23.2.1	Uniqueness und Kommunalität	857
23.2.2	Faktoren und Ladungen	857
23.2.3	Konfirmatorische vs. exploratorische Faktorenanalyse	857
23.3	Grundidee der Faktorenanalyse	858
23.4	Allgemeine Fragen bei der konfirmatorischen Faktorenanalyse	859
23.4.1	Modellspezifikation: Warum Theorie so wichtig ist!	860
23.4.2	Identifizierbarkeit: Können alle Parameter eindeutig bestimmt werden?	861
23.4.3	Grundideen der Parameterschätzung und der Modelltestung	868
23.5	Schätzmethoden	871
23.5.1	Grundprinzip der Schätzmethoden	872
23.5.2	Maximum-Likelihood-Verfahren	873
23.5.3	Asymptotisch verteilungsfreie Verfahren	873
23.5.4	Andere Schätzmethoden	874
23.5.5	Wahl einer Schätzmethode	875

23.6	Beurteilung der Modellanpassungsgüte	876
23.6.1	Detailmaße der Anpassungsgüte: Residuen	877
23.6.2	Gesamtanpassung des Modells	878
23.6.3	Modellvergleiche	882
23.6.4	Modellmodifikationen	884
23.7	Bestimmung der optimalen Stichprobengröße	884
23.7.1	A-priori-Poweranalyse zur Bestimmung der Stichprobengröße	884
23.7.2	Monte-Carlo-Simulationsstudie zur Bestimmung der Stichprobengröße	885
23.8	Faktorenanalyse für ordinale Variablen	885
23.8.1	Annahme einer itemspezifischen kontinuierlichen Variablen	886
23.8.2	Faktorenanalytisches Modell	888
23.9	Weitere Messmodelle mit latenten Variablen	890
24	Exploratorische Faktorenanalyse und Hauptkomponentenanalyse	893
24.1	Grundprinzipien der exploratorischen Faktorenanalyse	894
24.1.1	Grundgleichung der Faktorenanalyse	894
24.1.2	Schritte bei der exploratorischen Faktorenanalyse	894
24.2	Die Maximum-Likelihood-Faktorenanalyse	895
24.2.1	Annahmen der Maximum-Likelihood-Faktorenanalyse	895
24.2.2	Identifizierbarkeit und Anfangslösung	896
24.2.3	Bestimmung der Anzahl der Faktoren und Modellgültigkeit	898
24.2.4	Rotation	901
24.2.5	Interpretation der Ergebnisse	906
24.2.6	Bestimmung von Faktorwerten	907
24.3	Hauptachsenanalyse und Hauptkomponentenanalyse	907
24.3.1	Grundidee der Hauptkomponentenanalyse	908
24.3.2	Kriterien zur Bestimmung der relevanten Hauptkomponenten	912
24.3.3	Rotation und Ergebnisdarstellung	914
24.3.4	Hauptachsenanalyse	916
24.4	Vergleich der Ansätze und praktische Empfehlungen	918
24.5	Faktorenanalyse für dichotome und ordinale Variablen	921
24.6	Einzelfall-Faktorenanalyse und dynamische Faktorenanalyse	922
25	Pfadanalyse und lineare Strukturgleichungsmodelle	926
25.1	Pfadanalyse	927
25.1.1	Das pfadanalytische Modell als ein System von Regressionsmodellen	928
25.1.2	Parameterschätzung und Modellüberprüfung	930
25.1.3	Überprüfen von Hypothesen	936
25.2	Lineare Strukturgleichungsmodelle	941
25.2.1	Messmodell und Strukturmodell	942
25.2.2	Parameterschätzung und Hypothesenüberprüfung	944

25.2.3	Latente autoregressive Modelle	944
25.2.4	Latent-State-Trait-Modell	948
25.2.5	Spezielle lineare Strukturgleichungsmodelle	952
25.2.6	Sind Strukturgleichungsmodelle Kausalmodelle?	952
Literatur		955
Hinweise zu den Online-Materialien		970
Sachwortverzeichnis		971
Anhang		982
Anhang A: Tabellen		985
1	Binominalverteilung	985
2	Standardnormalverteilung	996
3	Zentrale t -Verteilung	998
4	Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest	999
5	Zentrale χ^2 -Verteilung	1000
6	Kritische Werte für den Kolmogorov-Smirnov-Test und den Lilliefors-Test	1001
7	Wilcoxon-Rangsummen-Test	1004
8	Zentrale F -Verteilung	1006
9	Kritische Werte für die Differenz $n_K - n_D$	1014
Anhang B: Matrixalgebra		1016
1	Matrix	1016
2	Vektor	1016
3	Grundlegende Rechenoperationen mit Matrizen	1017
4	Spezielle Matrizen	1020
5	Demonstration der Berechnung einiger statistischer Kennwerte mittels Matrixalgebra	1021