

5. Auflage

Eid • Gollwitzer • Schmitt

# Statistik und Forschungsmethoden

↓ Online-Materialien



**BELTZ**

Eid · Gollwitzer · Schmitt

**Statistik und Forschungsmethoden**



Michael Eid · Mario Gollwitzer · Manfred Schmitt

# Statistik und Forschungsmethoden

5., korrigierte Auflage

Mit Online-Materialien

**BELTZ**

*Anschriften der Autoren:*

Prof. Dr. Michael Eid  
Freie Universität Berlin  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
E-Mail: michael.eid@fu-berlin.de

Prof. Dr. Mario Gollwitzer  
Philipps-Universität Marburg  
Fachbereich 04: Psychologie  
Arbeitsgruppe Psychologische Methodenlehre  
Gutenbergstraße 18  
35032 Marburg  
E-Mail: mario.gollwitzer@uni-marburg.de

Prof. Dr. Manfred Schmitt  
Universität Koblenz-Landau  
Fachbereich 8: Psychologie  
Fortstraße 7  
76829 Landau  
E-Mail: schmittm@uni-landau.de

Dieses Buch ist auch als E-Book erhältlich:  
ISBN 978-3-621-28248-2

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis zu § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen.

Haftungshinweis: Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle übernehmen wir keine Haftung für die Inhalte externer Links. Für den Inhalt der verlinkten Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.



1. Auflage 2010  
5., korrigierte Auflage 2017

© Beltz Verlag, Werderstraße 10, 69469 Weinheim, Basel 2017  
<http://www.beltz.de>

Lektorat: Reiner Klähn  
Herstellung: Sonja Frank  
Umschlaggestaltung: Sonja Frank  
Umschlagbild: Getty Images/Andy Roberts  
Satz: le-tex publishing services GmbH, Leipzig  
Druck und Bindung: Beltz Bad Langensalza GmbH, Bad Langensalza

Printed in Germany

ISBN 978-3-621-28201-7

# Inhaltsübersicht

Danksagung und Vorwort zur 4. Auflage	21
Wegweiser	23

## I Forschungsmethoden 33

1 Was sind Methoden, und wozu sind sie gut?	35
2 Struktur und Ablauf wissenschaftlicher Untersuchungen	39
3 Methoden der Datengewinnung	51
4 Forschungsansätze und -strategien in der Psychologie	81

## II Messtheoretische und deskriptivstatistische Grundlagen 101

5 Messtheoretische Grundlagen	103
6 Univariate Deskriptivstatistik	127

## III Wahrscheinlichkeitstheorie und inferenzstatistische Grundlagen 169

7 Wahrscheinlichkeitstheorie und Wahrscheinlichkeitsverteilungen	171
8 Grundlagen der Inferenzstatistik	217
9 Die Welt inferenzstatistischer Verfahren: Überblick, Systematik, Auswahlstrategien	279

## IV Methoden zum Vergleich von Gruppen 299

10 Einstichproben- und Anpassungstests	301
11 Unterschiede zwischen zwei unabhängigen Stichproben	331
12 Unterschiede zwischen zwei abhängigen Stichproben	367
13 Unterschiede zwischen mehreren unabhängigen Stichproben: Varianzanalyse und verwandte Verfahren	391
14 Unterschiede zwischen mehreren abhängigen Stichproben: Varianzanalyse mit Messwiederholung und verwandte Verfahren	461
15 Unterschiede zwischen mehreren Stichproben auf mehreren abhängigen Variablen: Multivariate Varianzanalyse	505

## **V Zusammenhangs- und Regressionsanalyse** 527

16	Zusammenhänge zwischen zwei Variablen: Korrelations- und Assoziationsmaße	529
17	Abhängigkeiten zwischen zwei Variablen: Einfache lineare Regression	589
18	Partialkorrelation und Semipartialkorrelation	615
19	Multiple Regressionsanalyse	629
20	Hierarchische lineare Modelle (Mehrebenenanalyse)	727
21	Log-lineare Modelle und Logit-Modelle	769
22	Logistische Regressionsanalyse	799

## **VI Modelle mit latenten Variablen** 841

23	Messfehlertheorie und Klassische Testtheorie	843
24	Mehrdimensionale Messmodelle und konfirmatorische Faktorenanalyse	877
25	Exploratorische Faktorenanalyse und Hauptkomponentenanalyse	919
26	Pfadanalyse und lineare Strukturgleichungsmodelle	951

## **Anhang** 979

Glossar	981
Literaturverzeichnis	999
Hinweise zu den Online-Materialien	1017
Anhang A: Tabellen	1019
Anhang B: Matrixalgebra	1051
Sachwortverzeichnis	1063

# 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
<b>3.4</b>	<b>Multimethodale Erfassung menschlichen Erlebens und Verhaltens</b>	<b>74</b>

## **4 Forschungsansätze und -strategien in der Psychologie** 81

<b>4.1</b>	<b>Methodologische Grundbegriffe</b>	<b>82</b>
4.1.1	Variablen und Konstanten	82
4.1.2	Merkmale und Merkmalsträger	82
4.1.3	Arten von Variablen in der Psychologie	82
<b>4.2</b>	<b>Voraussetzungen für kausale Schlussfolgerungen</b>	<b>84</b>
<b>4.3</b>	<b>Experimenteller Ansatz</b>	<b>85</b>
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
<b>4.4</b>	<b>Quasi-experimenteller Ansatz</b>	<b>92</b>
<b>4.5</b>	<b>Korrelativer Ansatz</b>	<b>94</b>
<b>4.6</b>	<b>Sekundär- und Metaanalysen</b>	<b>96</b>

## **II Messtheoretische und deskriptivstatistische Grundlagen** 101

### **5 Messtheoretische Grundlagen** 103

<b>5.1</b>	<b>Skalenniveau</b>	<b>103</b>
5.1.1	Skalenniveaus im Überblick	104
5.1.2	Skalenniveau und andere Variablenarten	106
<b>5.2</b>	<b>Messen in der Psychologie: Grundideen am Beispiel der Nominalskala</b>	<b>106</b>
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
<b>5.3</b>	<b>Definition der Nominalskala</b>	<b>110</b>
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
<b>5.4</b>	<b>Definition der Ordinalskala</b>	<b>114</b>
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
<b>5.5</b>	<b>Kardinalskalierte oder metrische Variablen</b>	120
5.5.1	Definition der Intervallskala	121
5.5.2	Definition der Verhältnisskala	122
5.5.3	Definition der Absolutskala	123
<b>5.6</b>	<b>Inklusionsregel zulässiger Transformationen</b>	123
<b>6</b>	<b>Univariate Deskriptivstatistik</b>	127
<b>6.1</b>	<b>Grundbegriffe der Deskriptivstatistik</b>	127
6.1.1	Datenmatrix	127
6.1.2	Häufigkeitsverteilung	128
<b>6.2</b>	<b>Deskriptivstatistik für nominalskalierte Variablen</b>	133
6.2.1	Zentrale Tendenz und Modalwert	133
6.2.2	Dispersion und relativer Informationsgehalt	133
<b>6.3</b>	<b>Deskriptivstatistik für ordinalskalierte Variablen</b>	135
6.3.1	Häufigkeitsverteilungen	136
6.3.2	Zentrale Tendenz und Median	139
6.3.3	Dispersion und Interquartilsbereich	140
<b>6.4</b>	<b>Deskriptivstatistik für metrische Variablen</b>	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
<b>6.5</b>	<b>Standardwerte und z-Transformation</b>	165
<b>6.6</b>	<b>Bivariate und multivariate Deskriptivstatistik</b>	166

### III Wahrscheinlichkeitstheorie und inferenzstatistische Grundlagen 169

<b>7</b>	<b>Wahrscheinlichkeitstheorie und Wahrscheinlichkeitsverteilungen</b>	171
<b>7.1</b>	<b>Wahrscheinlichkeiten für Zufallsereignisse</b>	172
7.1.1	Zufallsvorgang, Zufallsexperiment und Ergebnisraum	172
7.1.2	Zufallsereignis	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
<b>7.2</b>	<b>Wahrscheinlichkeitsverteilungen für diskrete Zufallsvariablen</b>	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
<b>7.3</b>	<b>Wahrscheinlichkeitsverteilungen für stetige Zufallsvariablen</b>	202
7.3.1	Gleichverteilung	206
7.3.2	Exponentialverteilung	207
7.3.3	Normalverteilung	208
7.3.4	Weitere stetige Wahrscheinlichkeitsverteilungen	211
<b>8</b>	<b>Grundlagen der Inferenzstatistik</b>	217
<b>8.1</b>	<b>Der Nullhypothesentest nach Fisher</b>	218
<b>8.2</b>	<b>Binäres Entscheidungskonzept von Neyman und Pearson</b>	221
<b>8.3</b>	<b>Effektgrößen</b>	228
<b>8.4</b>	<b>Statistisches Testen an Stichproben</b>	230
<b>8.5</b>	<b>Parameterschätzung</b>	242
8.5.1	Gütekriterien der Parameterschätzung	242
8.5.2	Konfidenzintervall	248
8.5.3	Schätzung des Standardfehlers bei unbekannter Populationsvarianz	253
<b>8.6</b>	<b>Konfidenzintervalle für Effektgrößen</b>	256
8.6.1	Konfidenzintervall für Effektgrößen bei bekannter Populationsstandardabweichung	256
8.6.2	Konfidenzintervall für Effektgrößen bei unbekannter Populationsstandardabweichung	259
<b>8.7</b>	<b>Testplanung und Poweranalyse</b>	262
8.7.1	Post-hoc-Poweranalyse	263
8.7.2	A-priori-Poweranalyse	264
<b>8.8</b>	<b>Das Überprüfen statistischer Hypothesen in der Psychologie: Zusammenfassung und allgemeine Empfehlungen</b>	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
<b>8.9</b>	<b>Replikation von Forschungsergebnissen</b>	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
<b>9</b>	<b>Die Welt inferenzstatistischer Verfahren: Überblick, Systematik, Auswahlstrategien</b>	279
<b>9.1</b>	<b>Warum braucht man verschiedene statistische Tests?</b>	279
<b>9.2</b>	<b>Unterscheidungsmerkmale statistischer Tests</b>	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
<b>9.3</b>	<b>Population, Stichprobe und Repräsentativität: Konsequenzen für inferenzstatistische Verfahren</b>	285
9.3.1	Population (Grundgesamtheit)	285
9.3.2	Stichprobe	288

9.3.3	Repräsentativität und fehlende Werte	290
<b>9.4</b>	<b>Auswahl eines Verfahrens</b>	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
<b>9.5</b>	<b>Weiterer Aufbau des Buches</b>	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	$\chi^2$ -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- $\chi^2$ -Test	354
11.4.2	Fisher-Yates-Test	359
11.5	Der Zweistichproben- $\chi^2$ -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

<b>13</b>	<b>Unterschiede zwischen mehreren unabhängigen Stichproben: Varianzanalyse und verwandte Verfahren</b>	391
<b>13.1</b>	<b>Einfaktorielle Varianzanalyse</b>	392
13.1.1	Grundidee der Varianzanalyse	392
13.1.2	Messwertzerlegung	393
13.1.3	Zerlegung der Bedingungs­mittelwerte 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 <i>F</i> -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
<b>13.2</b>	<b>Zweifaktorielle Varianzanalyse</b>	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
<b>13.3</b>	<b>Test auf Gruppenunterschiede für Rangdaten (Kruskal-Wallis-Test)</b>	454
<b>13.4</b>	<b>Verfahren für kategoriale abhängige Variablen</b>	456
<b>14</b>	<b>Unterschiede zwischen mehreren abhängigen Stichproben: Varianzanalyse mit Messwiederholung und verwandte Verfahren</b>	461
<b>14.1</b>	<b>Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung</b>	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
<b>14.2</b>	<b>Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung</b>	484
14.2.1	Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung auf beiden Faktoren	484
14.2.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung auf einem Faktor	492

<b>14.3</b>	<b>Nichtparametrischer Test für Medianunterschiede zwischen abhängigen Stichproben (Friedman-Test)</b>	500
<b>14.4</b>	<b>Verfahren für kategoriale abhängige Variablen</b>	502
<b>15</b>	<b>Unterschiede zwischen mehreren Stichproben auf mehreren abhängigen Variablen: Multivariate Varianzanalyse</b>	505
<b>15.1</b>	<b>Multivariate vs. univariate Varianzanalysen</b>	505
<b>15.2</b>	<b>Zielsetzungen und Grundideen der multivariaten Varianzanalyse</b>	506
<b>15.3</b>	<b>Einfaktorielle multivariate Varianzanalyse</b>	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
<b>15.4</b>	<b>Spezialfälle und Erweiterungen</b>	524

## **V Zusammenhangs- und Regressionsanalyse** 527

<b>16</b>	<b>Zusammenhänge zwischen zwei Variablen: Korrelations- und Assoziationsmaße</b>	529
<b>16.1</b>	<b>Erläuterung des Korrelationsprinzips an drei Beispielen</b>	529
<b>16.2</b>	<b>Tabellarische und grafische Darstellung von bivariaten Messwertreihen</b>	531
<b>16.3</b>	<b>Korrelationskoeffizienten</b>	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
<b>16.4</b>	<b>Inferenzstatistik zu bivariaten Zusammenhangsmaßen</b>	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

<b>17</b>	<b>Abhängigkeiten zwischen zwei Variablen: Einfache lineare Regression</b>	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 $\beta_1$	606
17.9.5	Schätzung und Überprüfung des Achsenabschnitts $\beta_0$	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
<b>18</b>	<b>Partialkorrelation und Semipartialkorrelation</b>	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
<b>19</b>	<b>Multiple Regressionsanalyse</b>	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

<b>19.7 Inferenzstatistik zur multiplen Regressionsanalyse</b>	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 $\beta_j$	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 $\beta_0$	658
19.7.9 Schätzung der bedingten Erwartungswerte und individuell prognostizierter Werte	658
<b>19.8 Suppressorvariable</b>	659
<b>19.9 Moderierte Regressionsanalyse</b>	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
<b>19.10 Analyse nicht-linearer Zusammenhänge</b>	673
<b>19.11 Analyse kategorialer unabhängiger Variablen</b>	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
<b>19.12 Gemeinsame Analyse kategorialer und metrischer unabhängiger Variablen</b>	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
<b>19.13 Regressionsdiagnostik</b>	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
<b>20 Hierarchische lineare Modelle (Mehrebenenanalyse)</b>	727
<b>20.1 Hierarchische Datenstrukturen</b>	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
<b>20.2 Modelle der Mehrebenenanalyse</b>	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
<b>20.3</b>	<b>Parameterschätzung, inferenzstatistische Absicherung und Varianzaufklärung</b>	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
<b>20.4</b>	<b>Modelle der Veränderungsmessung</b>	756
20.4.1	Trendmodelle	757
20.4.2	Kontrastanalysen	762
<b>20.5</b>	<b>Weitere Modelle</b>	766
<b>21</b>	<b>Log-lineare Modelle und Logit-Modelle</b>	769
<b>21.1</b>	<b>Zielsetzungen der log-linearen Analyse</b>	769
21.1.1	Das Simpson-Paradox	769
21.1.2	Ein einführendes Beispiel: Sonnenschutzverhalten	771
<b>21.2</b>	<b>Log-lineare Modelle für eine Analyse einer 2×2-Kontingenztabelle</b>	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
<b>21.3</b>	<b>Inferenzstatistische Absicherung</b>	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
<b>21.4</b>	<b>Überprüfung von Modellen</b>	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
<b>21.5</b>	<b>Log-lineare Modelle für eine 2×2×2-Kontingenztabelle</b>	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
<b>21.6</b>	<b>Logit-Modell</b>	794

<b>22</b>	<b>Logistische Regressionsanalyse</b>	799
<b>22.1</b>	<b>Grundidee der logistischen Regressionsanalyse für dichotome abhängige Variablen</b>	799
22.1.1	Einfache logistische Regressionsanalyse	800
22.1.2	Multiple logistische Regression	809
<b>22.2</b>	<b>Parameterschätzung</b>	811
<b>22.3</b>	<b>Hypothesenprüfung</b>	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
<b>22.4</b>	<b>Effektgrößen</b>	817
<b>22.5</b>	<b>Klassifikation</b>	819
<b>22.6</b>	<b>Bestimmung der optimalen Stichprobengröße</b>	820
<b>22.7</b>	<b>Voraussetzungen der Maximum-Likelihood-Schätzung und Hypothesentestung</b>	822
<b>22.8</b>	<b>Regressionsdiagnostik</b>	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
<b>22.9</b>	<b>Logistisches Regressionsmodell für mehrkategoriale nominalskalierte abhängige Variablen</b>	828
<b>22.10</b>	<b>Logistisches Regressionsmodell für ordinalskalierte abhängige Variablen</b>	832

## **VI Modelle mit latenten Variablen** 841

<b>23</b>	<b>Messfehlertheorie und Klassische Testtheorie</b>	843
<b>23.1</b>	<b>Theoretische Konzepte der Klassischen Testtheorie</b>	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
<b>23.2</b>	<b>Messmodelle</b>	851
23.2.1	Modell essenziell $\tau$ -äquivalenter Variablen	851
23.2.2	Modell essenziell $\tau$ -paralleler Variablen	859
23.2.3	Modell $\tau$ -äquivalenter Variablen	860
23.2.4	Modell $\tau$ -paralleler Variablen	860
23.2.5	Zwischenfazit	861
23.2.6	Modell $\tau$ -kongenerischer Variablen	863
<b>23.3</b>	<b>Vergleich der verschiedenen Testmodelle</b>	869
<b>23.4</b>	<b>Funktion von Testmodellen für die Psychodiagnostik</b>	870
23.4.1	Itemselektion und Testkonstruktion	870
23.4.2	Messung latenter Merkmalsausprägungen	872

<b>24</b>	<b>Mehrdimensionale Messmodelle und konfirmatorische Faktorenanalyse</b>	877
<b>24.1</b>	<b>Ein einführendes Beispiel: Die Konvergenz von Selbst- und Fremdbbericht</b>	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
<b>24.2</b>	<b>True-Score-Modelle vs. Faktormodelle</b>	884
24.2.1	Uniqueness und Kommunalität	884
24.2.2	Faktoren und Ladungen	885
24.2.3	Konfirmatorische vs. exploratorische Faktorenanalyse	885
<b>24.3</b>	<b>Grundidee der Faktorenanalyse</b>	885
<b>24.4</b>	<b>Allgemeine Fragen bei der konfirmatorischen Faktorenanalyse</b>	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
<b>24.5</b>	<b>Schätzmethoden</b>	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
<b>24.6</b>	<b>Beurteilung der Modellanpassungsgüte</b>	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
<b>24.7</b>	<b>Bestimmung der optimalen Stichprobengröße</b>	910
24.7.1	A-priori-Poweranalyse zur Bestimmung der Stichprobengröße	910
24.7.2	Monte-Carlo-Simulationsstudie zur Bestimmung der Stichprobengröße	910
<b>24.8</b>	<b>Faktorenanalyse für ordinale Variablen</b>	911
24.8.1	Annahme einer itemspezifischen kontinuierlichen Variablen	912
24.8.2	Faktorenanalytisches Modell	913
<b>24.9</b>	<b>Weitere Messmodelle mit latenten Variablen</b>	915
<b>25</b>	<b>Exploratorische Faktorenanalyse und Hauptkomponentenanalyse</b>	919
<b>25.1</b>	<b>Grundprinzipien der exploratorischen Faktorenanalyse</b>	920
25.1.1	Grundgleichung der Faktorenanalyse	920
25.1.2	Schritte bei der exploratorischen Faktorenanalyse	920
<b>25.2</b>	<b>Die Maximum-Likelihood-Faktorenanalyse</b>	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

<b>25.3 Hauptachsenanalyse und Hauptkomponentenanalyse</b>	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
<b>25.4 Vergleich der Ansätze und praktische Empfehlungen</b>	942
<b>25.5 Faktorenanalyse für dichotome und ordinale Variablen</b>	945
<b>25.6 Einzelfall-Faktorenanalyse und dynamische Faktorenanalyse</b>	946
<b>26 Pfadanalyse und lineare Strukturgleichungsmodelle</b>	951
<b>26.1 Pfadanalyse</b>	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
<b>26.2 Lineare Strukturgleichungsmodelle</b>	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
<b>Anhang</b>	979
<b>Glossar</b>	981
<b>Literaturverzeichnis</b>	999
<b>Hinweise zu den Online-Materialien</b>	1017
<b>Anhang A: Tabellen</b>	1019
1 Binominalverteilung	1019
2 Standardnormalverteilung	1031
3 Zentrale $t$ -Verteilung	1032
4 Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest	1033
5 Zentrale $\chi^2$ -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
<b>Anhang B: Matrixalgebra</b>	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
<b>Sachwortverzeichnis</b>	1063



# Danksagung und Vorwort zur 4. Auflage

Mit der vierten Auflage liegt die erste grundlegend überarbeitete Auflage dieses Lehrbuchs vor. Sie hat es uns ermöglicht, viele Anregungen von Anwendern des Buches und unsere eigene Lehrerfahrungen mit dem Lehrbuch aufzugreifen. Wir haben am grundlegenden didaktischen Konzept des Buches nichts geändert, da es sich durchweg bewährt hat. Wir haben ein neues Kapitel zur multivariaten Varianzanalyse aufgenommen, das Kapitel zu hierarchischen linearen Modellen um Modelle der Veränderungsanalyse erweitert und in dem Kapitel, das in die Grundlagen der Inferenzstatistik einführt, wichtige Hinweise auf die (derzeit wieder geführte) Diskussion um die Replizierbarkeit empirischer Befunde ergänzt. Alle Kapitel wurden aktualisiert und zum Teil um neue Aspekte und Beispiele erweitert. Darüber hinaus haben wir Fehler korrigiert und didaktische Elemente ergänzt. So enthält diese Auflage nun auch erstmalig ein Glossar.

An der Entstehung der vierten Auflage waren viele Personen beteiligt, denen wir herzlich danken möchten. An erster Stelle ist Herr Dr. Boris Mayer (Universität Bern) zu nennen, der das Buch von Beginn an begleitet hat. Herr Mayer hat uns auf einige Fehler hingewiesen, vielfältige Verbesserungsvorschläge unterbreitet und uns durch kritische Nachfragen geholfen, manche Sachverhalte klarer darzustellen. Das neue Kapitel zur multivariaten Varianzanalyse geht auf eine Anregung von Frau Dr. Anita Jain (Universität zu Köln) zurück. Johannes Bohn, Oliver Christ, Louisa Hohmann, Dr. Georg Hosoya, Gunnar Lemmer, Martin Schultze und Friedemann Trutzenberg haben Kapitel des Buches gelesen und vielfältige Verbesserungen vorgeschlagen. Angela Coenders hat Diktate zu Papier gebracht und das Literaturverzeichnis geprüft.

Unserer besonderer Dank gilt erneut unserem Lektor Reiner Klähn, der den Text wieder sprachlich hervorragend überarbeitet hat, und Frau Dr. Svenja Wahl vom Beltz-Verlag, die auch die vierte Auflage sehr umsichtig, unterstützend und geduldig betreut hat.

Schließlich möchten wir allen Lehrenden und Lernenden danken, die uns auf Fehler und Unstimmigkeiten hingewiesen haben. Auch in Zukunft freuen wir uns auf weitere Verbesserungsvorschläge.

## Danksagung zur 2. Auflage

Der schnelle Verkauf des ersten Drucks unseres Lehrbuchs hat einen früheren Neudruck erfordert, als dies zu erwarten war. Dieser Neudruck hat es uns ermöglicht, einige Fehler im ersten Druck zu korrigieren, Bezüge klarer herauszustellen und den Brückenschlag zu weitergehenden, vertiefenden Arbeiten zu verbessern. Wir haben hierzu vielfältige Anregungen und Hinweise aufgegriffen, die wir von Leserinnen und Lesern erhalten haben, denen wir herzlich danken möchten. Insbesondere danken wir für viele wertvolle Hinweise, Korrekturen und Überarbeitungsempfehlungen Dr. Oliver Christ, Dipl.-Psych. Claudia Crayen, Prof. Dr. Albrecht Iseler, Dr. Anita Jain, Prof. Dr. Thorsten Meiser, Prof. Dr. Wolfgang Lehmann, Prof. Dr. Tanja Lischetzke, Dipl.-Psych. Jana Mahlke, Dr. Fridtjof Nussbeck, Prof. Dr. Karin Schermelleh-Engel und vor allem den Studierenden und Dozierenden, die sich mit Änderungsvorschlägen an uns gewandt haben. Die Grundstruktur des Buches und die wesentlichen Inhalte haben sich nicht geändert. Wir freuen uns weiterhin auf Verbesserungsvorschläge!

## Danksagung zur 1. Auflage

Dieses Buch hat eine lange, zehnjährige Geschichte. Sie beginnt zur Zeit des Jahrtausendwechsels, als der Beltz-Verlag mit einer Anfrage an uns herangetreten ist. Seitdem gab es viele Ideen, Konzepte, revidierte Konzepte, Probekapitel, überarbeitete Probekapitel, neue Ideen, schließlich auch in der eigentlichen Produktionsphase mehrfach überarbeitete Versionen der Kapitel und bis zuletzt immer wieder kleinere und größere Modifikationen und Korrekturen. Zudem gab es zahlreiche Ortswechsel bei den Autoren, mit den damit verbundenen Anpassungsprozessen: Die Konzepte und Kapitelversionen haben – wahrscheinlich immer noch auffindbare – digitale Spuren auf Rechnern in Trier, Magdeburg, Landau, Genf, Berlin und Marburg hinterlassen. All dies hat dazu geführt, dass dieses Buch eine derart lange Entstehungsgeschichte hinter sich hat. Unsere Familien, Partner und Freunde können ein Lied

davon singen: Wenn wir in den letzten Jahren mal wieder keine Zeit hatten, dann war der Grund in den meisten Fällen sicherlich »DAS BUCH«. Es gibt unter uns Autoren, deren Kinder mit dem Schreiben groß, manche sogar erwachsen geworden sind. Zum Teil kennen sie ihren Vater gar nicht anders als an dem Lehrbuch schreibend. Arbeitstreffen, die einige unserer Kinder nur deshalb zuließen, weil der Büroschrank im Besprechungsraum mit Bananen gefüllt war, werden uns in guter Erinnerung bleiben, und der »Bananenonkel« wird einen permanenten Speicherplatz im autobiographischen Gedächtnis der Bestochenen einnehmen. Die Vorstellung bleibender positiver Konsequenzen (»Papa, wirst du dann berühmt?«) konnte manchen Zeitverlust ausgleichen, wobei dies nicht für alle Mitglieder des Familiensystems zu allen Zeiten galt (»Ich bin froh, wenn DAS endlich vorbei ist!«). Für die unschätzbare emotionale und tatkräftige Unterstützung und besonders für die Rück- und Nachsicht, wenn »DAS BUCH« mal wieder die Pläne für einen gemeinsamen schönen Abend durchkreuzte, möchten wir uns hier als Erstes bei unseren Familien – bei Barbara, Jakob, Rosa, Katharina, Joshua, Johanna –, Partnern und Freunden bedanken.

Das Buch ist in enger wissenschaftlicher und freundschaftlicher Kooperation entstanden und hat seine Wurzel in der wissenschaftlichen Heimat der drei Autoren an der Universität Trier, an der sie eine fundierte und prägende Methodenausbildung erhalten haben, welche sie in ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit und Kooperation weiter ausbauen und vertiefen konnten. Hierzu hat vor allem Prof. Dr. Rolf Steyer (jetzt Universität Jena) entscheidend beigetragen, dem herzlich gedankt sei.

Unsere Lehrtätigkeiten an den Universitäten Trier, Magdeburg, Koblenz-Landau, Genf und der Freien Universität Berlin und insbesondere das Zusammenarbeiten mit Studierenden in Seminaren und Vorlesungen (einschließlich Rückmeldungen wie etwa Augenrollen, Schulterzucken, motorischen Abwehrreaktionen beim Anblick von Formeln sowie Stoßseufzern und Verzückungsrufen bei Aha-Erlebnissen) haben uns dabei geholfen, Ideen zum didaktischen Konzept des Buches zu entwickeln und umzusetzen. Danke an alle Studierenden!

Während der langen, zehnjährigen Entstehungsgeschichte mussten auch die Leiterinnen des Psychologie-Programms des Beltz-Verlags, Frau Dr. Heike Berger und Frau Dr. Svenja Wahl, einige Geduld mit uns aufbringen. Sie haben trotzdem (und glücklicherweise) nicht den Mut und ihren Humor verloren. Ihre außer-

ordentlich positive Unterstützung des gesamten Buchprojekts hat nie nachgelassen – dafür herzlichen Dank!

Das Buch wäre nicht, was es geworden ist, hätte uns nicht unser Lektor Reiner Klähn während des letzten Jahres intensiv begleitet. Er hat alle Kapitel überarbeitet, sprachliche Fehler ausgemerzt, Inkonsistenzen aufgedeckt, logische und formale Fehler korrigiert, die Verständlichkeit des Buches erheblich verbessert und uns hin und wieder mit Hinweisen auf inhaltliche Fehler überrascht und beeindruckt, ist Statistik doch – angeblich – ganz und gar nicht sein Metier. Ein ganz großes Dankeschön! Falls unser Buch trotz allem noch sprachliche Ungereimtheiten enthalten sollte, sind diese in allererster Linie uns, den Autoren, anzulasten.

Den Diplom-Mathematikern Dr. Jörg Betzin, Thorsten Braun, Marco Meyer und Ralf Wagner gilt unser herzlichster Dank für die mathematische Überarbeitung der Kapitel, die Korrektur von Fehlern und vielfältige Anregungen zur Verbesserung des Textes.

Unsere Sekretärinnen Christine Reither und Angela Coenders haben uns in vielfacher Weise unterstützt, so etwa beim Erstellen von Abbildungen, Tabellen, Formeln und Verzeichnissen. Unsere wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Claudia Crayen, Tobias Koch, Irina Kumschick, Dr. Tanja Lischetzke, Maike Luhmann, Natalie Mallach, Dr. Walter Schreiber, Luna Schulze und Dr. Susanne Weis haben den Text sorgfältig Korrektur gelesen, Abbildungen erstellt und vielfältige Verbesserungsvorschläge unterbreitet. Die studentischen Hilfskräfte Henriette Hunold, Tanja Kutscher, Konstanze Männel und Bettina Raißle haben an der Erstellung des Sachwort- und des Literaturverzeichnisses mitgearbeitet. Ihnen allen ein herzliches Dankeschön!

Im Voraus wollen wir allen Leserinnen und Lesern danken, die uns auf die Dinge hinweisen, die sie für verbesserungswürdig halten. Wir sind auf solche Rückmeldungen angewiesen, insbesondere da es sich hier um die erste Auflage dieses Buches handelt und man nie sicher sein kann, alle inhaltlichen, mathematischen, formalen und argumentativen Fehler und Inkonsistenzen beseitigt zu haben. Für die zweite Auflage sind daher noch einige Verbesserungen zu erwarten, und sie wird mit Sicherheit weniger als 10 Jahre brauchen ...

Berlin, Marburg und Landau, im Sommer 2010

Michael Eid  
Mario Gollwitzer  
Manfred Schmitt

## Warum dieses Buch?

Kenntnisse der Forschungsmethoden und Statistik sind für alle Disziplinen innerhalb der empirisch arbeitenden Sozial- und Verhaltenswissenschaften wie die Psychologie von grundlegender Bedeutung. Ohne ein fundiertes Verständnis für den Forschungsprozess, die Datenerhebung und die Datenauswertung kann man weder die Erkenntnisse empirischer Forschung in den Sozial- und Verhaltenswissenschaften verstehen und angemessen in praktisches Handeln umsetzen noch eigene Forschungsarbeiten planen und »nach den Regeln der Kunst« durchführen. Parallel zur Einführung der Bachelor- und Masterstudiengänge sind in den letzten Jahren viele Lehrbücher über Forschungsmethoden und Statistik im Bereich der Sozial- und Verhaltenswissenschaften erschienen. Warum also ein weiteres Lehrbuch? Warum sollte man dieses Buch kaufen und mit diesem Buch arbeiten? Unseres Erachtens gibt es eine Reihe von Gründen, die für dieses Buch sprechen:

### Vom Bachelor zum Master

Die Reformen im Hochschulbereich und die Einführung konsekutiver Studiengänge hat dazu geführt, dass zunehmend Lehrbücher entstanden sind, die spezifisch auf einzelne Bachelor- und Masterstudiengänge zugeschnitten sind und die jeweiligen Themenbereiche entsprechend verkürzt abhandeln. Dadurch wird das Wissen zum Teil recht oberflächlich vermittelt. Das vorliegende Buch ist für die Ausbildung sowohl in Bachelor- als auch in Masterstudiengängen geeignet. Es bietet eine Einführung in die zentralen Themen der Statistik und Methodenlehre und behält dabei sowohl die anschauliche Vermittlung konzeptueller Grundlagen als auch die Anwendung der Methoden immer im Auge. Darüber hinaus werden wichtige Themenbereiche vertiefend dargestellt. Dadurch soll es möglich werden, einen breiten Überblick über die Methoden der sozial- und verhaltenswissenschaftlichen Forschung zu gewinnen und gleichzeitig ein vertieftes Verständnis und Wissen dieser Methoden zu erwerben.

Die einzelnen Kapitel sind so angelegt, dass sie sowohl für die Überblickveranstaltungen und Einfüh-

rungsvorlesungen im Bereich Methodenlehre und Statistik als auch für weiterführende Lehrveranstaltungen zu einzelnen Themen eingesetzt werden können. Deshalb beginnen die Kapitel des Buches in der Regel mit einer Einführung in die deskriptivstatistischen Aspekte der jeweils behandelten Methode, ohne dass Kenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie und der Inferenzstatistik vorausgesetzt werden. Dies gilt nicht nur für die univariate und bivariate Statistik, sondern auch für komplexere Verfahren wie die Varianzanalyse und die multiple Regressionsanalyse. Durch diese Art der Aufbereitung können die zentralen Funktionen und Anwendungsbereiche dieser multivariaten Verfahren bereits in einer einführenden Veranstaltung zur Deskriptivstatistik unterrichtet werden. Gleichzeitig sind alle Kapitel so angelegt, dass sie fortgeschrittene Inhalte, die typischerweise auf Masterniveau unterrichtet werden, weitgehend abdecken. Dieser systematische Aufbau der Kapitel hat den Vorteil, dass im Masterstudium direkt auf denjenigen Kenntnissen, die im Bachelorstudium erworben wurden, aufgebaut werden kann und die Studierenden nicht zu einem neuen Lehrbuch greifen müssen.

### Von der Forschungsfrage zum Strukturgleichungsmodell

Das Buch behandelt den Forschungsprozess in den Sozial- und Verhaltenswissenschaften, insbesondere der Psychologie, von der Forschungsfrage bis zur Datenauswertung. Leserinnen und Leser, die sich mit der Logik der empirischen Forschung in der Psychologie und in anderen Sozial- und Verhaltenswissenschaften wie der Pädagogik und der Soziologie vertraut machen wollen, können die Grundprinzipien des Forschens in diesen Disziplinen von der Fragestellung bis zu der Anwendung komplexer statistischer Modelle nachverfolgen.

### Vom Grundlagenwissen zur Anwendungspraxis

Das Buch ist so angelegt, dass alle behandelten Verfahren ausführlich anhand von Beispielen eingeführt und erörtert werden, die Bezüge zur psychologischen Forschungs- und Anwendungspraxis aufweisen. Die vielen Beispiele, an denen wir die Methoden illustrieren, sollen



zeigen, dass Methodenkompetenz nicht nur eine Voraussetzung für hochwertige Forschung darstellt, sondern auch unverzichtbar ist, wenn man professionell und mit kritischem Sachverstand Schlussfolgerungen aus wissenschaftlichen Befunden für die psychologische Praxis zieht. Durch die Wahl von anschaulichen Beispielen möchten wir dem verbreiteten Missverständnis entgegenwirken, die Inhalte der Methodenlehre könnte man nach dem Studium vergessen, weil sie für die psychologische Praxis keine Bedeutung hätten. Das Gegenteil ist richtig! Gute praktische Arbeit setzt methodische Kompetenz voraus, weil der »gesunde Menschenverstand« die Komplexität des menschlichen Erlebens und Verhaltens weder präzise noch vollständig noch unverfälscht erfassen und durchdringen kann. Deshalb beschränkt sich dieses Buch nicht auf reine »kochbuchartige« Anwendungsempfehlungen. Man kann die Logik statistischer Analyseverfahren nicht verstehen, wenn man lediglich die Handhabung entsprechender Statistikprogramme beigebracht bekommt. Daher vermittelt dieses Buch über Anwendungshinweise hinaus Grundlagen, die für ein umfassenderes Verständnis der behandelten Methoden unabdingbar sind. Mithilfe von Verständnisfragen können Leserinnen und Leser nach jedem Kapitel überprüfen, ob sie die Lernziele des Kapitels erreicht haben. Übungsaufgaben zu jedem Kapitel dienen dazu, das Gelernte einüben und anwenden zu können.

### **Umsetzung der Empfehlungen der Task Force on Statistical Inference**

In den letzten Jahren gab es in der Psychologie wiederholt intensive Diskussionen über die angemessene Art, konzeptuelle Hypothesen zu testen und empirische Daten auszuwerten. Hierzu hat die American Psychological Association (APA) im Jahre 1996 eine Arbeitsgruppe (Task Force on Statistical Inference) ins Leben gerufen, deren Empfehlungen dem vorliegenden Lehrbuch zugrunde gelegt wurden. Insbesondere werden zu jedem statistischen Test, der behandelt wird, die entsprechenden Effektgrößen genannt, Möglichkeiten zur Schätzung dieser Effektgrößen diskutiert und es wird gezeigt, wie Konfidenzintervalle für diese Effektgrößen bestimmt werden können.

### **Parametrische und nonparametrische Verfahren**

In vielen Anwendungsbereichen der Sozial- und Verhaltenswissenschaften sind die Voraussetzungen sog. parametrischer Verfahren zur Testung theoretischer

Hypothesen anhand empirischer Daten nicht erfüllt. Deshalb stellen wir zusätzlich zu parametrischen Standardverfahren auch nonparametrische (verteilungsfreie) Verfahren vor, mit denen die entsprechenden Hypothesen getestet werden können, auch wenn die Voraussetzungen parametrischer Verfahren verletzt sind.

### **Umfassende Behandlung kategorialer Variablen**

In vielen Lehrbüchern zur Statistik in den Sozial- und Verhaltenswissenschaften wird die Analyse kategorialer Daten eher randständig behandelt – und dies, obwohl in der Psychologie sowie in anderen Sozial- und Verhaltenswissenschaften sehr häufig kategoriale Daten erhoben werden. Unser Lehrbuch berücksichtigt diesen Sachverhalt konsequenterweise, indem eine Reihe statistischer Verfahren für die Analyse kategorialer Daten vorgestellt werden. Insbesondere behandeln wir ausführlich Zusammenhangsmaße für kategoriale Variablen, loglineare Modelle für die Analyse bedingter Zusammenhänge und mit der Logit-Analyse und der logistischen Regressionsanalyse Verfahren, die zur Analyse gerichteter Zusammenhänge bei kategorialen Variablen geeignet sind. Auch im Rahmen von Strukturgleichungsmodellen und der exploratorischen Faktorenanalyse zeigen wir, wie Zusammenhangs- und Abhängigkeitsstrukturen auf der Grundlage kategorialer Variablen untersucht werden können.

### **Modelle mit latenten Variablen**

Inzwischen sind zahlreiche Ansätze entwickelt worden, um Messfehler, die insbesondere in den Sozial- und Verhaltenswissenschaften unvermeidlich sind, von »wahren« Ausprägungen der interessierenden Variablen zu trennen. Dies ist mittels Modellen mit latenten Variablen möglich. Wir stellen einige Modelle mit latenten Variablen im Detail vor, um die Grundprinzipien und Anwendungsmöglichkeiten dieser modernen Verfahren zu verdeutlichen. Darüber hinaus stellen wir die Konsequenzen der Messfehler im Detail dar.

### **Computerbasierte Datenanalyse**

Alle behandelten Verfahren können mithilfe von entsprechender Software (Tabellenkalkulations- und Statistikprogrammen) berechnet werden. Zur Analyse von empirischen Daten gibt es unzählige solcher Programme, die wir nicht im Überblick darstellen können. An verschiedenen Stellen im Buch verweisen wir auf das

ein oder andere Statistikprogramm, ohne uns auf ein einziges Programm zu beschränken. In unseren Online-Materialien (s. im folgenden Abschnitt) finden sich Links und Verweise auf einige der im Buch genannten nützlichen Programme und Tools, die auf Internetseiten verfügbar sind (z. B. kleine Programme, mit deren Hilfe schnelle Analysen durchgeführt werden können). Dazu gehört das Statistikprogramm »R«, mit dem fast alle der in dem Buch dargestellten Analysen berechnet werden können und das kostenlos im Internet verfügbar ist. R ist ein umfassendes Statistikprogramm, dessen Teilprogramme (sog. Pakete) von unzähligen Nutzern und Anwendern aus der ganzen Welt stetig weiterentwickelt werden. Die Pakete beinhalten Verfahren, die für viele Fragestellungen der Psychologie und der anderen Sozial- und Verhaltenswissenschaften relevant sind. Viele Universitäten stellen daher ihre Statistikausbildung auf das Computerprogramm R um. Ein einführendes Lehrbuch dazu hat Maike Luhmann verfasst: »R für Einsteiger« (2013, ebenfalls bei Beltz erschienen). Dort wird gezeigt, wie einige grundlegende Analysen, die im vorliegenden Lehrbuch behandelt werden, mit R berechnet werden können. Demonstriert werden insbesondere spezielle Assoziationsmaße und Konfidenzintervalle für Effektgrößen, die nicht mit allen Standard-Statistikprogrammen berechnet werden können. Wir empfehlen daher, das Buch von Luhmann (2013) als Ergänzung zum vorliegenden Lehrbuch zu verwenden.

## Wie kann man mit diesem Buch unterrichten?

Dieses Buch ist auf die Ausbildung in Bachelor- und Masterstudiengängen zugeschnitten und kann daher sowohl in Bachelor- als auch in Masterstudiengängen eingesetzt werden. Die Ausbildung im Bachelorstudiengang zielt v. a. darauf ab, die Grundlagen der Forschungsmethoden zu vermitteln, Methoden der Deskriptivstatistik zu lehren sowie die Prinzipien der Inferenzstatistik zu vermitteln, diese an einigen wichtigen statistischen Tests zu illustrieren und damit die Grundlagen zu schaffen und Kompetenzen zu vermitteln, um inferenzstatistische Verfahren anwenden zu können. Die Methodenausbildung im Masterstudiengang soll Studierende befähigen, multivariate Verfahren angemessen zu verwenden und die Ergebnisse zutreffend zu interpretieren.

### Bachelorniveau

Auf Bachelorniveau können die Kapitel 1–5 im Rahmen einer Veranstaltung zur *Einführung in die Methodenlehre* unterrichtet werden. Für eine Veranstaltung *Deskriptivstatistik und Wahrscheinlichkeitstheorie* empfehlen wir folgende Zusammenstellung:

- ▶ Methodenbegriffe (Kap. 1)
- ▶ Struktur und Ablauf wissenschaftlicher Untersuchungen (Kap. 2)
- ▶ methodologische Grundbegriffe (Abschn. 4.1)
- ▶ Einführung in die Skalenniveaus (Abschn. 5.1)
- ▶ univariate Deskriptivstatistik (Kap. 6)
- ▶ bivariate Deskriptivstatistik (Abschn. 16.1 bis 16.3)
- ▶ deskriptivstatistische Grundlagen der einfachen Regressionsanalyse (Abschn. 17.1–17.8)
- ▶ Partial- und Semipartialkorrelation (Abschn. 18.1)
- ▶ deskriptivstatistische Grundlagen der multiplen linearen Regression (Abschn. 19.1–19.6)
- ▶ ggf. deskriptivstatistische Grundlagen der einfaktoriellen (messwiederholten und nicht-messwiederholten) Varianzanalyse (Abschn. 13.1 und 14.1)
- ▶ Wahrscheinlichkeitstheorie (Kap. 7)

Für eine Veranstaltung zur *Inferenzstatistik* bieten sich folgende Komponenten an:

- ▶ Grundlagen der Inferenzstatistik (Kap. 8)
- ▶ Überblick über inferenzstatistische Tests (Kap. 9)
- ▶ Einstichprobentests (Kap. 10)
- ▶ Zweistichprobentests (Kap. 11 und 12)
- ▶ Varianzanalyse (Kap. 13 und 14)
- ▶ Tests für Assoziationsmaße (Abschn. 16.4)
- ▶ Tests für regressionsanalytische Ansätze (Abschn. 17.9 und 19.7)

### Masterniveau

Für eine Veranstaltung zu *multivariaten Verfahren (im weiteren Sinne)* empfehlen wir die folgenden Themen:

- ▶ multiple Regression / Allgemeines Lineares Modell (Kap. 19), insbesondere
  - moderierte Regression
  - Regression mit kategorialen unabhängigen Variablen
  - Kovarianzanalyse
  - Aptitude-Treatment-Interaction-Analyse
  - Überprüfung der Voraussetzungen
- ▶ hierarchische lineare Modelle (Kap. 20)
- ▶ logistische Regression (Kap. 22)

Einer Veranstaltung zu *multivariaten Verfahren* (im engeren Sinne) empfiehlt sich die Behandlung der folgenden Themen:

- ▶ multivariate Varianzanalyse (Kap. 15)
- ▶ Modelle mit latenten Variablen (Kap. 23)
- ▶ konfirmatorische Faktorenanalyse (Kap. 24)
- ▶ exploratorische Faktorenanalyse (Kap. 25)
- ▶ lineare Strukturgleichungsmodelle (Kap. 26)

Eine Veranstaltung zur *Analyse kategorialer Variablen* sollte die folgenden Themen beinhalten:

- ▶ messtheoretische Grundlagen: nominal- und ordinalskalierte Variablen (Kap. 5)
- ▶ univariate Deskriptivstatistik kategorialer Variablen (Kap. 6)
- ▶ Assoziationsmaße für kategoriale Variablen (Kap. 16)
- ▶ log-lineare Modelle (Kap. 21)
- ▶ logistische Regression (Kap. 22)
- ▶ Faktorenanalyse ordinalskaliertter Variablen (Kap. 24 und 25)

Weitere Unterrichtsthemen können individuell zusammengestellt werden.

### Online-Materialien

Im Internet finden sich die Online-Materialien zu diesem Buch auf folgender Website:

[www.beltz.de/statistik-und-forschungsmethoden](http://www.beltz.de/statistik-und-forschungsmethoden)

Dort werden vielfältige ergänzende Materialien zur Verfügung gestellt. Es wird u. a. auf kostenlose Statistikprogramme zur Berechnung spezifischer Größen bzw. zur Durchführung spezifischer statistischer Tests verwiesen, und es werden Lösungen zu den in den einzelnen Kapiteln gestellten Übungsaufgaben aufgezeigt. Die Verweise auf die Online-Materialien sind im Text mit einem Download-Symbol (↓) gekennzeichnet.

## Wie kann man mit dem Buch lernen?

Das Buch kann als Basisliteratur für Lehrveranstaltungen, aber auch für das Selbststudium im Bereich der Methodenlehre eingesetzt werden. Der in den Kapiteln dargestellte Stoff kann mithilfe folgender Elemente vertieft werden.

**Fragen.** Am Ende jedes Kapitels gibt es eine Reihe von Fragen, die sich auf wichtige Aspekte des Stoffes beziehen. Die Antworten zu den Fragen werden auf der Website des Buches (unter: [www.beltz.de/statistik-und-forschungsmethoden](http://www.beltz.de/statistik-und-forschungsmethoden)) zur Verfügung gestellt. Anhand der Fragen kann überprüft werden, ob man wesentliche Inhalte präsent hat und vermitteln kann. Es bietet sich an, die Fragen in Lerngruppen zu besprechen.

**Übungen.** Die Übungen am Ende jedes Kapitels dienen dazu festzustellen, ob man nicht nur über das Wissen, sondern auch über die Kompetenz verfügt, das erworbene Wissen zur Lösung einer konkreten Problemstellung anzuwenden. Die Lösungen zu allen Übungen lassen sich von der Website des Buches downloaden. Die dort zur Verfügung gestellten Datensätze können genutzt werden, um die im Buch dargestellten Analysen nachzuvollziehen oder (auch) eigene statistische Analysen durchzuführen.

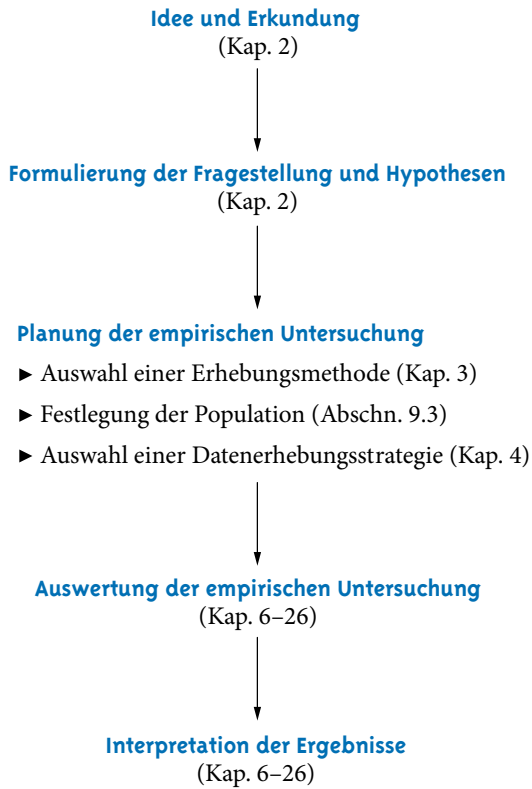
### Aktualisierte Informationen in den Online-Materialien.

Die Online-Materialien zu dem vorliegenden Lehrbuch werden regelmäßig auf den neuesten Stand gebracht, sodass man sich über neuere Entwicklungen, auch im Bereich der statistischen Analysesoftware, informieren kann.

## Orientierung

### Forschungsprozess

Der Schwerpunkt des Buches liegt auf statistischen Methoden zur Auswertung von Daten. Wie diese im Forschungsprozess gewonnen werden, erläutern wir ebenfalls. Zwar behandeln wir aus Platzgründen nicht alle Schritte des Forschungsprozesses gleichermaßen detailliert und umfassend. Dennoch vermittelt unser Buch ein Verständnis für diesen Prozess. Es eignet sich deshalb auch für Einführungsveranstaltungen, in denen methodologische Grundlagen empirischer Forschung vermittelt werden. Um diesen Zweck unseres Buches zu verdeutlichen, haben wir die einzelnen Etappen des empirischen Forschungsprozesses in Abbildung 1 aufgeführt und mit Verweisen auf diejenigen Kapitel und Abschnitte versehen, in denen eine Vertiefung des Themas geboten wird.



**Abbildung 1** Der Forschungsprozess im Überblick und seine Verortung im Buch

### Wegweiser zu den statistischen Tests

Wie in den meisten Statistiklehrbüchern, so werden auch in unserem Lehrbuch eine Vielzahl von statistischen Tests behandelt, die für unterschiedliche Fragestellungen geeignet sind. Um aus dieser Vielfalt denjenigen Test auswählen zu können, der sich für die spezifische Fragestellung und die verfügbaren Daten am besten eignet, haben wir eine Systematik entwickelt. Diese basiert auf einer Gliederung der wichtigsten Fragestellungen der Psychologie sowie anderer Sozial- und Verhaltenswissenschaften:

- ▶ Gruppen vergleichen
- ▶ Zusammenhänge bestimmen
- ▶ Zusammenhänge erklären
- ▶ Verhalten und Erleben vorhersagen bzw. erklären

**Gruppen vergleichen.** Zum Vergleich von Gruppen gibt es eine Vielzahl statistischer Tests, die sich danach unterscheiden lassen, (1) wie viele Gruppen betrachtet werden, (2) ob diese Gruppen unabhängig oder abhängig sind, (3) welche Arten von Variablen verglichen werden sollen und (4) welche Voraussetzungen in Bezug auf die Verteilung des untersuchten Merkmals getroffen werden. Anhand dieser Gliederung gibt Tabelle 1 einen Überblick über Verfahren der Analyse von Gruppenunterschieden.

**Tabelle 1** Statistische Verfahren und Tests zum Vergleich von Gruppen. Die Zahlen in Klammern verweisen auf die Kapitel bzw. Abschnitte, in denen die genannten Verfahren behandelt werden

Anzahl der Stichproben (Gruppen)	Gegenstand der Hypothese	Stetige Variablen		Ordinalskalierte Variablen		Nominalskalierte Variablen
		Normalverteilung	Keine Verteilungsannahme	Singuläre Variablen	Kategoriale Variablen	
eine	Mittelwert	Populationsvarianz bekannt Einstichproben-Gauß-Test (10.1)				
		Populationsvarianz unbekannt Einstichproben- <i>t</i> -Test (10.1)				
	Median		Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (10.2) Vorzeichentest (10.2)			
	Varianz	$\chi^2$ -Test (10.3)				
Verteilung	Kolmogorov-Smirnov-Test (10.6.1)	Kolmogorov-Smirnov-Test (10.6.1)		Binomialtest (10.4)	Binomialtest (10.4)	
	Lilliefors-Test (10.6.1)	$\chi^2$ -Test (10.6.2)		$\chi^2$ -Test (10.6.2)	$\chi^2$ -Test (10.6.2)	

**Tabelle 1** (Fortsetzung) Statistische Verfahren und Tests zum Vergleich von Gruppen. Die Zahlen in Klammern verweisen auf die Kapitel bzw. Abschnitte, in denen die genannten Verfahren behandelt werden

Anzahl der Stichproben (Gruppen)	Gegenstand der Hypothese	Stetige Variablen		Ordinalskalierte Variablen		Nominalskalierte Variablen
		Normalverteilung	Keine Verteilungsannahme	Singuläre Variablen	Kategoriale Variablen	
zwei unabhängige	Mittelwert	<b>Populationsvarianz gleich und bekannt</b> Zweistichproben-Gauß-Test (11.1.1)				
		<b>Populationsvarianz gleich und unbekannt</b> $t$ -Test für unabhängige Stichproben (11.1.2)				
		<b>Populationsvarianz ungleich und unbekannt</b> Welch-Test (11.1.2)				
	Median		Wilcoxon-Rangsummen-Test bzw. $U$ -Test (11.2)			
	Varianz	$F$ -Test (11.3.1)				
		Levene-Test (11.3.2)				
Verteilung				Logistische Regression für ordinalskalierte Variablen (22.10) mit Codiervariablen als unabhängigen Variablen (19.11)	Zweistichproben- $\chi^2$ -Test (11.4.1, 11.5)	
					Fisher-Yates-Test (11.4.2)	
zwei abhängige	Mittelwert	$t$ -Test für abhängige Stichproben (12.1.1)				
	Median		Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest (12.1.2)			
	Verteilung					McNemar-Test (12.2.1)
					Bowker-Test (12.2.2)	

**Tabelle 1** (Fortsetzung) Statistische Verfahren und Tests zum Vergleich von Gruppen. Die Zahlen in Klammern verweisen auf die Kapitel bzw. Abschnitte, in denen die genannten Verfahren behandelt werden

Anzahl der Stichproben (Gruppen)	Gegenstand der Hypothese	Stetige Variablen		Ordinalskalierte Variablen		Nominalskalierte Variablen
		Normalverteilung	Keine Verteilungsannahme	Singuläre Variablen	Kategoriale Variablen	
mehrere unabhängige	Mittelwert	<b>Populationsvarianzen gleich</b> Varianzanalyse (13.1, 13.2)  Mehrere abhängige Variablen: Multivariate Varianzanalyse (15)				
		<b>Populationsvarianzen ungleich</b> Welch-Test (13.1.8)  Brown-Forsythe-Test (13.1.8)				
	Median		Rangvarianzanalyse bzw. Kruskal-Wallis-Test (13.3)			
	Verteilung				Regression für ordinalskalierte Variablen (22.10) mit Codiervariablen als unabhängigen Variablen (19.11)	Logit-Modell (21.6)
mehrere abhängige	Mittelwert	Varianzanalyse mit Messwiederholung (14.1, 14.2)  Hierarchische lineare Modelle (20.4)	Friedman-Test (14.3)			
mehrere unabhängige und abhängige	Mittelwert	Varianzanalyse mit Messwiederholung auf einem Teil der Faktoren (14.2.2)  Hierarchische lineare Modelle (20.4)				

**Zusammenhänge bestimmen.** Um Zusammenhänge zwischen zwei Merkmalen bestimmen zu können, gibt es eine Vielzahl von Maßen, von denen die Wichtigsten in unserem Buch ausführlich behandelt werden. Tabelle 2 gibt einen Überblick über Koeffizienten, die in Kapitel 15 dargestellt werden. Diese sind geordnet nach verschiedenen Kombinationen von Skalenniveaus.

**Zusammenhänge erklären.** In empirischen Anwendungen stellt sich häufig die Frage, ob der Zusammenhang zwischen zwei Variablen auf den Einfluss einer dritten Variablen (oder mehrerer anderer Variablen) zurückgeführt werden kann. Dies ist gleichbedeutend mit der Frage, ob der Zusammenhang zwischen zwei Variablen verschwindet, wenn andere Variablen kontrolliert (konstant gehalten) werden. Zur Klärung dieser Frage