

Michael Eid • Mario Gollwitzer • Manfred Schmitt

# Statistik und Forschungsmethoden

5., korrigierte Auflage

Mit Online-Materialien

BELIZ

# Inhalt

<b>Danksagung und Vorwort zur 4. Auflage</b>	21
<b>Wegweiser</b>	23
<b>I Forschungsmethoden</b>	33
<b>1 Was sind Methoden, und wozu sind sie gut?</b>	35
<b>1.1 Erkenntnismethoden und Interventionsmethoden</b>	35
<b>1.2 Methoden der Datengewinnung und der Datenauswertung</b>	36
<b>1.3 Warum sind Methodenkenntnisse wichtig?</b>	37
<b>2 Struktur und Ablauf wissenschaftlicher Untersuchungen</b>	39
<b>2.1 Hypothesen, Ebenen wissenschaftlicher Aussagen und die Überbrückungsproblematik</b>	39
2.1.1 Prüfbare und nicht-prüfbare Aussagen	39
2.1.2 Wissenschaftliche Hypothesen	40
2.1.3 Überbrückungsprobleme	41
<b>2.2 Schritte im Forschungsprozess</b>	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
<b>3 Methoden der Datengewinnung</b>	51
<b>3.1 Kriterien für die Wahl einer Erhebungsmethode</b>	51
<b>3.2 Ordnungsmöglichkeiten</b>	52
<b>3.3 Darstellung einzelner Erhebungsmethoden</b>	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>
<b>4</b>	<b>Forschungsansätze und -Strategien in der Psychologie</b>	<b>8i</b>
<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>
<b>II</b>	<b>Messtheoretische und deskriptivstatistische Grundlagen</b>	<b>101</b>
<b>5</b>	<b>Messtheoretische Grundlagen</b>	<b>103</b>
<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
<b>III</b>	<b>Wahrscheinlichkeitstheorie und inferenzstatistische Grundlagen</b>	169
<b>7</b>	<b>Wahrscheinlichkeitstheorie und Wahrscheinlichkeitsverteilungen</b>	171
<b>7.1</b>	<b>Wahrscheinlichkeiten für Zufallereignisse</b>	172
7.1.1	Zufallsvorgang, Zufallsexperiment und Ergebnisraum	172
7.1.2	Zufallereignis	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>	<b>202</b>
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>	<b>217</b>
<b>8.1</b>	<b>Der Nullhypothesentest nach Fisher</b>	<b>218</b>
<b>8.2</b>	<b>Binäres Entscheidungskonzept von Neyman und Pearson</b>	<b>221</b>
<b>8.3</b>	<b>Effektgrößen</b>	<b>228</b>
<b>8.4</b>	<b>Statistisches Testen an Stichproben</b>	<b>230</b>
<b>8.5</b>	<b>Parameterschätzung</b>	<b>242</b>
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>	<b>256</b>
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>	<b>262</b>
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>	<b>265</b>
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>	<b>269</b>
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>	<b>279</b>
<b>9.1</b>	<b>Warum braucht man verschiedene statistische Tests?</b>	<b>279</b>
<b>9.2</b>	<b>Unterscheidungsmerkmale statistischer Tests</b>	<b>280</b>
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>	<b>285</b>
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>	<b>292</b>
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>	<b>296</b>
<b>IV</b>	<b>Methoden zum Vergleich von Gruppen</b>	<b>299</b>
<b>10</b>	<b>Einstichproben- und Anpassungstests</b>	<b>301</b>
<b>10.1</b>	<b>Vergleich eines Mittelwerts mit einem fixen Wert</b>	<b>301</b>
<b>10.2</b>	<b>Vergleich eines Medians mit einem fixen Wert</b>	<b>305</b>
<b>10.3</b>	<b>Vergleich einer Stichprobenvarianz mit einer Populationsvarianz</b>	<b>310</b>
<b>10.4</b>	<b>Vergleich einer relativen Häufigkeit mit einer theoretischen Wahrscheinlichkeit (Binomialtest)</b>	<b>315</b>
<b>10.5</b>	<b>Vergleich der Häufigkeitsverteilung eines kategorialen Merkmals mit einer theoretisch erwarteten Verteilung</b>	<b>317</b>
<b>10.6</b>	<b>Überprüfung von Verteilungsannahmen bei stetigen Merkmalen</b>	<b>322</b>
10.6.1	Kolmogorov-Smirnov-Test (KS-Anpassungstest)	322
10.6.2	$\chi^2$ -Anpassungstest	326
<b>11</b>	<b>Unterschiede zwischen zwei unabhängigen Stichproben</b>	<b>331</b>
<b>11.1</b>	<b>Vergleich zweier Stichprobenmittelwerte (Zweistichprobentests)</b>	<b>331</b>
11.1.1	Bekannte Populationsvarianzen: Der Zweistichproben-Gauß-Test	331
11.1.2	Unbekannte Populationsvarianzen: Der $t$ -Test für unabhängige Stichproben	334
<b>11.2</b>	<b>Vergleich zweier Stichprobenmediane (Wilcoxon-Rangsummen-Test bzw. U-Test)</b>	<b>343</b>
<b>11.3</b>	<b>Vergleich zweier Stichprobenvarianzen (Varianzhomogenitätstests)</b>	<b>349</b>
11.3.1	F-Test auf Varianzhomogenität	349
11.3.2	Levene-Test	352
<b>11.4</b>	<b>Vergleich von Häufigkeitsverteilungen zwischen zwei unabhängigen Stichproben</b>	<b>354</b>
11.4.1	Vierfelder $\chi^2$ -Test	354
11.4.2	Fisher-Yates-Test	359
<b>11.5</b>	<b>Der Zweistichproben-<math>\chi^2</math>-Test</b>	<b>360</b>
<b>12</b>	<b>Unterschiede zwischen zwei abhängigen Stichproben</b>	<b>367</b>
<b>12.1</b>	<b>Vergleich der zentralen Tendenz zweier abhängiger Stichproben</b>	<b>369</b>
12.1.1	Parametrischer Test: Der $f$ -Test für abhängige Stichproben	369
12.1.2	Nonparametrische Tests	377
<b>12.2</b>	<b>Vergleich von Häufigkeitsverteilungen zwischen zwei abhängigen Stichproben</b>	<b>381</b>
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	<b>Einfaktorielle Varianzanalyse</b>	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	<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
13.3	<b>Test auf Cruppenunterschiede für Rangdaten (Kruskal-Wallis-Test)</b>	454
13.4	<b>Verfahren für kategoriale abhängige Variablen</b>	456
14	Unterschiede zwischen mehreren abhängigen Stichproben: Varianzanalyse mit Messwiederholung und verwandte Verfahren	46i
14.1	<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
14.2	<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 $t_{\text{muh-A}}$	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
<b>V</b>	<b>Zusammenhangs- und Regressionsanalyse</b>	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

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 $\beta_1$	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
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

<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>	<b>745</b>
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>	<b>756</b>
20.4.1	Trendmodelle	757
20.4.2	Kontrastanalysen	762
<b>20.5</b>	<b>Weitere Modelle</b>	<b>766</b>
<b>21</b>	<b>Log-lineare Modelle und Logit-Modelle</b>	<b>769</b>
<b>21.1</b>	<b>Zielsetzungen der log-linearen Analyse</b>	<b>769</b>
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>	<b>772</b>
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 $I \times f$ -Kontingenztabelle	778
<b>21.3</b>	<b>Inferenzstatistische Absicherung</b>	<b>779</b>
21.3.1	Populationsmodelle für eine 2x2-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>	<b>783</b>
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*2x2-Kontingenztabelle</b>	<b>790</b>
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 $I \times x \times K$ -Kontingenztabelle	794
<b>21.6</b>	<b>Logit-Modell</b>	<b>794</b>

<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
<b>VI</b>	<b>Modelle mit latenten Variablen</b>	84i
<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 r-äquivalenter Variablen	851
23.2.2	Modell essenziell r-paralleler Variablen	859
23.2.3	Modell r-äquivalenter Variablen	860
23.2.4	Modell r-paralleler Variablen	860
23.2.5	Zwischenfazit	861
23.2.6	Modell r-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

## 24 Mehrdimensionale Messmodelle und konfirmatorische Faktorenanalyse 877

<b>24.1 Ein einführendes Beispiel: Die Konvergenz von Selbst- und Fremdbereich</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 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 Grundidee der Faktorenanalyse</b>	885
<b>24.4 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 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 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 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 Faktorenanalyse für ordinale Variablen</b>	911
24.8.1 Annahme einer itemspezifischen kontinuierlichen Variablen	912
24.8.2 Faktorenanalytisches Modell	913
<b>24.9 Weitere Messmodelle mit latenten Variablen</b>	915

## 25 Exploratorische Faktorenanalyse und Hauptkomponentenanalyse 919

<b>25.1 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 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 (-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 $n\ll - \ll_D$	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