

# Inhalt

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

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

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

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

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

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

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

<b>15.3</b>	<b>Korrelationskoeffizienten</b>	<b>503</b>
15.3.1	Zwei metrische Variablen	504
15.3.2	Zwei ordinalskalierte Variablen	511
15.3.3	Zwei dichotome nominalskalierte Variablen	522
15.3.4	Zwei polytome nominalskalierte Variablen	530
15.3.5	Eine dichotome Variable und eine metrische Variable	534
15.3.6	Eine dichotome nominalskalierte Variable und eine ordinalskalierte Variable	535
15.3.7	Weitere Skalenkombinationen	537
15.3.8	Wahl eines Korrelationskoeffizienten	538
<b>15.4</b>	<b>Inferenzstatistik zu bivariaten Zusammenhangsmaßen</b>	<b>538</b>
15.4.1	Zwei metrische Variablen	539
15.4.2	Assoziationsmaße für ordinale Variablen	549
15.4.3	Assoziationsmaße für dichotome Variablen	553
15.4.4	Assoziationsmaße für nominalskalierte Variablen	555
15.4.5	Andere Assoziationsmaße	556
<b>16</b>	<b>Abhängigkeiten zwischen zwei Variablen: Einfache lineare Regression</b>	<b>560</b>
<b>16.1</b>	<b>Kleinste-Quadrate-Kriterium</b>	<b>563</b>
<b>16.2</b>	<b>Regressionsgleichung</b>	<b>566</b>
<b>16.3</b>	<b>Regressionsresiduum</b>	<b>567</b>
<b>16.4</b>	<b>Quadratsummenzerlegung und Varianzzerlegung</b>	<b>568</b>
<b>16.5</b>	<b>Determinationskoeffizient und Indeterminationskoeffizient</b>	<b>569</b>
<b>16.6</b>	<b>Negatives Regressionsgewicht und Regressionsrichtung</b>	<b>571</b>
16.6.1	Negatives Regressionsgewicht	571
16.6.2	Regressionsrichtung	571
<b>16.7</b>	<b>Regression standardisierter Werte</b>	<b>573</b>
<b>16.8</b>	<b>Bedeutung der linearen Regression</b>	<b>574</b>
<b>16.9</b>	<b>Inferenzstatistik der einfachen linearen Regression</b>	<b>575</b>
16.9.1	Populationsmodell der einfachen linearen Regression	575
16.9.2	Inferenzstatistische Schätzung und Testung	576
16.9.3	Schätzung der Residualvarianz und des Standardschätzfehlers	578
16.9.4	Schätzung und Überprüfung des Regressionsgewichts $\beta_1$	579
16.9.5	Schätzung und Überprüfung des Achsenabschnitts $\beta_0$	580
16.9.6	Schätzung der bedingten Erwartungswerte	580
16.9.7	Vorhersage individueller Kriteriumswerte	581
16.9.8	Schätzung und Überprüfung des Determinationskoeffizienten	582
<b>17</b>	<b>Partialkorrelation und Semipartialkorrelation</b>	<b>587</b>
<b>17.1</b>	<b>Aufgaben und Ziele der Partial- und Semipartialkorrelation</b>	<b>587</b>
<b>17.2</b>	<b>Partialkorrelation</b>	<b>592</b>
<b>17.3</b>	<b>Semipartialkorrelation</b>	<b>597</b>
<b>17.4</b>	<b>Inferenzstatistische Absicherung der Partial- und der Semipartialkorrelation</b>	<b>599</b>



<b>18</b>	<b>Multiple Regressionsanalyse</b>	602
<b>18.1</b>	<b>Zielsetzungen der multiplen Regressionsanalyse</b>	602
18.1.1	Berücksichtigung von Redundanzen und Kontrolle von Störvariablen	602
18.1.2	Prognose und Erklärung	602
18.1.3	Analyse komplexer Zusammenhänge	603
<b>18.2</b>	<b>Notation</b>	604
<b>18.3</b>	<b>Lineare Regression für zwei metrische unabhängige Variablen</b>	605
18.3.1	Multiple Regression als kompensatorisches Modell	605
18.3.2	Graphische Darstellung	606
18.3.3	Bestimmung der Regressionskoeffizienten	607
<b>18.4</b>	<b>Bedeutung der Regressionsgewichte</b>	609
18.4.1	Multiple Regressionsgewichte als Regressionsgewichte bedingter einfacher Regressionen	610
18.4.2	Multiple Regressionsgewichte als Regressionsgewichte von Regressionsresiduen	611
18.4.3	Unstandardisierte vs. standardisierte Regressionsgewichte	613
<b>18.5</b>	<b>Lineare Regression für mehrere metrische unabhängige Variablen</b>	614
<b>18.6</b>	<b>Multiple Korrelation und Determinationskoeffizient <math>R^2</math></b>	615
<b>18.7</b>	<b>Inferenzstatistik zur multiplen Regressionsanalyse</b>	618
18.7.1	Populationsmodell der multiplen Regression	619
18.7.2	Inferenzstatistische Schätzung und Testung	619
18.7.3	Schätzung der Residualvarianz und des Standardschätzfehlers	620
18.7.4	Schätzung, Signifikanztest und Konfidenzintervalle für die multiple Korrelation und den Determinationskoeffizienten	620
18.7.5	Schätzung, Signifikanztest und Konfidenzintervalle für einen Partialregressionskoeffizienten $\beta_j$	624
18.7.6	Schätzung, Signifikanztest und Konfidenzintervalle für einen Satz unabhängiger Variablen	626
18.7.7	Verfahren zur Auswahl unabhängiger Variablen	629
18.7.8	Schätzung und Überprüfung des Achsenabschnitts $\beta_0$	632
18.7.9	Schätzung der bedingten Erwartungswerte und individuell prognostizierter Werte	632
<b>18.8</b>	<b>Suppressorvariablen</b>	633
<b>18.9</b>	<b>Moderierte Regressionsanalyse</b>	637
18.9.1	Moderierte Regressionsanalyse: Zwei unabhängige Variablen	638
18.9.2	Moderierte Regression mit zentrierten Variablen	640
18.9.3	Inferenzstatistische Absicherung eines Moderatoreffekts	644
<b>18.10</b>	<b>Analyse nicht-linearer Zusammenhänge</b>	645
<b>18.11</b>	<b>Analyse kategorialer unabhängiger Variablen</b>	648
18.11.1	Dummy-Kodierung	649
18.11.2	Effektkodierung	651
18.11.3	Vergleich von Dummy- und Effektkodierung	654
18.11.4	Inferenzstatistische Absicherung der Regressionsparameter	655
18.11.5	Analyse mehrerer kategorialer unabhängiger Variablen	657
<b>18.12</b>	<b>Gemeinsame Analyse kategorialer und metrischer unabhängiger Variablen</b>	663
18.12.1	Additive Verknüpfung kategorialer und kontinuierlicher Variablen: Kovarianzanalyse	664
18.12.2	Kovarianzanalyse in quasi-experimentellen Designs	667
18.12.3	Interaktionen zwischen kategorialen und kontinuierlichen Variablen	675

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

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

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

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

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