

Michael Eid · Mario Gollwitzer · Manfred Schmitt

Statistik und Forschungsmethoden

Lehrbuch

Mit Online-Materialien

BELTZ

Inhaltsübersicht

| | |
|--|------------|
| Danksagung | XXI |
| Vorwort und Wegweiser | XXIII |
| I Forschungsmethoden | 1 |
| 1 Was sind Methoden, und wozu sind sie gut? | 3 |
| 2 Struktur und Ablauf wissenschaftlicher Untersuchungen | 7 |
| 3 Methoden der Datengewinnung | 19 |
| 4 Forschungsansätze und -strategien in der Psychologie | 51 |
| II Messtheoretische und deskriptivstatistische Grundlagen | 73 |
| 5 Messtheoretische Grundlagen | 75 |
| 6 Univariate Deskriptivstatistik | 99 |
| III Wahrscheinlichkeitstheorie und inferenzstatistische Grundlagen | 141 |
| 7 Wahrscheinlichkeitstheorie und Wahrscheinlichkeitsverteilungen | 143 |
| 8 Grundlagen der Inferenzstatistik | 191 |
| 9 Die Welt inferenzstatistischer Verfahren: Überblick, Systematik, Auswahlstrategien | 250 |
| IV Methoden zum Vergleich von Gruppen | 271 |
| 10 Abweichungen von einem fixen Wert | 273 |
| 11 Unterschiede zwischen zwei unabhängigen Stichproben | 305 |
| 12 Unterschiede zwischen zwei abhängigen Stichproben | 346 |
| 13 Unterschiede zwischen mehreren unabhängigen Stichproben: Varianzanalyse und verwandte Verfahren | 371 |
| 14 Unterschiede zwischen mehreren abhängigen Stichproben: Varianzanalyse mit Messwiederholung und verwandte Verfahren | 446 |

| | | |
|-----------|---|------|
| V | Zusammenhangs- und Regressionsanalyse | 495 |
| 15 | Zusammenhänge zwischen zwei Variablen: Korrelations- und Assoziationsmaße | 497 |
| 16 | Abhängigkeiten zwischen zwei Variablen: Einfache lineare Regression | 560 |
| 17 | Partialkorrelation und Semipartialkorrelation | 587 |
| 18 | Multiple Regressionsanalyse | 602 |
| 19 | Hierarchische lineare Modelle (Mehrebenenanalyse) | 699 |
| 20 | Log-lineare Modelle und Logit-Modelle | 735 |
| 21 | Logistische Regressionsanalyse | 767 |
| | | |
| VI | Modelle mit latenten Variablen | 811 |
| 22 | Messfehlertheorie und Klassische Testtheorie | 813 |
| 23 | Mehrdimensionale Messmodelle und konfirmatorische Faktorenanalyse | 849 |
| 24 | Exploratorische Faktorenanalyse und Hauptkomponentenanalyse | 893 |
| 25 | Pfadanalyse und lineare Strukturgleichungsmodelle | 926 |
| | Literatur | 955 |
| | Hinweise zu den Online-Materialien | 970 |
| | Sachwortverzeichnis | 971 |
| | Anhang A: Tabellen | 983 |
| | Anhang B: Matrixalgebra | 1016 |

Inhalt

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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