

# INHALT

|   |    |
|---|----|
| <i>I Wissen und Zufall</i> . . . . .  | 1  |
| 1. Grundlegendes zur Methodik der Psychologie . . . . .                             | 1  |
| Theorie: Abbildung der Realität . . . . .   | 1  |
| Arten von Variablen . . . . .   | 2  |
| S-O-R-Variable . . . . .  | 2  |
| Abhängige, unabhängige und konstant gehaltene Variable . . . . .                    | 3  |
| Deduktion von Hypothesen . . . . .  | 3  |
| Experimente und Daten . . . . .   | 3  |
| Überprüfung: Test . . . . .   | 4  |
| Probabilistische Gesetzmäßigkeiten . . . . .  | 4  |
| 2. Statistische Entscheidungstechnik . . . . .                                      | 5  |
| Zufallsbestätigung von Hypothesen . . . . .   | 5  |
| Ein Beispiel . . . . .  | 5  |
| Das Verlässlichkeitsniveau – eine Toleranzgrenze für Zufallsbestätigungen . . . . . | 7  |
| Fehler I. Art und Fehler II. Art . . . . .  | 8  |
| Zusammenfassung . . . . .   | 9  |
| Zum Begriff des „Wissens“ in empirischen Wissenschaften . . . . .                   | 10 |
| <i>II Die Analyse von Verteilungen</i> . . . . .                                    | 12 |
| 3. Deskriptive Statistik . . . . .  | 12 |
| Urliste, Intervalleinteilung, Strichliste, Häufigkeitstabelle . . . . .             | 12 |
| Graphische Darstellungen: Polygone und Histogramme . . . . .                        | 14 |
| Diskrete und kontinuierliche Variable . . . . .                                     | 16 |
| Interpretation von Verteilungskurven . . . . .                                      | 17 |
| Die Mittelwerte von Verteilungen und die Summenkurve . . . . .                      | 19 |
| Arithmetisches Mittel oder Durchschnittswert . . . . .                              | 20 |
| Berechnung aus Häufigkeitstabellen . . . . .  | 20 |
| Berechnung mit „angenommenem Mittelwert“ . . . . .                                  | 22 |
| Gewogenes (oder gewichtetes) Mittel . . . . .                                       | 24 |
| Geometrisches und harmonisches Mittel . . . . .                                     | 25 |
| Modus . . . . .   | 26 |
| Zentralwert oder Median . . . . .   | 26 |
| Centile und Quartile, kumulierte Verteilung . . . . .                               | 27 |
| Interpolation von Centilen . . . . .  | 28 |
| Summenpolygone . . . . .  | 29 |
| Prozentränge . . . . .  | 30 |
| Variabilitätsmaße . . . . .   | 30 |
| Variationsbreite (range) und Quartilmaß . . . . .                                   | 30 |
| AD-Streuung oder durchschnittliche absolute Abweichung . . . . .                    | 32 |
| Standardabweichung oder SD-Streuung und Varianz . . . . .                           | 32 |
| Erwartungstreue Schätzung . . . . .   | 33 |

|   |           |
|---|-----------|
| Die Quadratsumme . . . . .  | 34        |
| Interpretation von Variabilitätsmaßen . . . . .   | 37        |
| Variabilitätsindex und Variabilitätskoeffizient . . . . .   | 39        |
| Interpretation von Variabilitätskoeffizienten . . . . .   | 40        |
| Meßwerttransformation und -vergleich durch Standardisierung . . . . .                                   | 43        |
| <b>4. Wahrscheinlichkeiten und theoretische Verteilungen . . . . .</b>                                  | <b>44</b> |
| Funktionelle Abhängigkeit zwischen Meßwert und Häufigkeit . . . . .                                     | 44        |
| Momente von Verteilungen . . . . .  | 44        |
| Empirische und theoretische Verteilungen . . . . .  | 45        |
| Begriff der Wahrscheinlichkeit . . . . .  | 45        |
| Axiome der Wahrscheinlichkeit . . . . .   | 46        |
| Rechenregeln für Wahrscheinlichkeiten . . . . .   | 46        |
| Bedingte Wahrscheinlichkeiten . . . . .   | 48        |
| Satz von Bayes . . . . .  | 48        |
| Die Binomialverteilung . . . . .  | 49        |
| Parameter der Binomialverteilung . . . . .  | 52        |
| Warte-Zeiten: Die negative Binomialverteilung . . . . .   | 53        |
| Die Normalverteilung . . . . .  | 54        |
| Diskussion der Gleichung der Normalverteilung . . . . .   | 56        |
| Die Standard-Normalverteilung: Benutzung der Tabelle . . . . .  | 57        |
| Zur Interpretation nicht-normaler Verteilungen . . . . .  | 58        |
| Überlagerung von Partialkollektiven . . . . .   | 60        |
| Variablentransformation . . . . .   | 61        |
| Schiefe und Exzess von Verteilungen . . . . .   | 63        |
| Die Poisson-Verteilung . . . . .  | 64        |
| <b>5. Der Vergleich einer empirischen mit einer theoretischen Verteilung . . . . .</b>                  | <b>66</b> |
| Der Chi-Quadrat-Test . . . . .  | 66        |
| Theoretische Chi-Quadrat-Verteilung . . . . .   | 68        |
| Anwendung der Chi-Quadrat-Verteilung zum Vergleich empirischer Verteilungen mit theoretischen . . . . . | 69        |
| Berechnung der Freiheitsgrade und Anwendung der Chi-Quadrat-Tabelle . . . . .                           | 69        |
| Interpretation des Chi-Quadrat-Tests . . . . .  | 70        |
| Chi-Quadrat bei mehr als 30 Freiheitsgraden . . . . .   | 70        |
| Chi-Quadrat-Test einer Normalverteilung . . . . .   | 71        |
| Chi-Quadrat-Test einer Gleichverteilung . . . . .   | 72        |
| Chi-Quadrat-Test einer Binomialverteilung . . . . .   | 73        |
| Chi-Quadrat-Tests von Kontingenztafeln: Vier-Felder-Tafeln . . . . .                                    | 75        |
| Vereinfachte Berechnung bei Vier-Felder-Tafeln . . . . .  | 77        |
| Vergleich zweier empirischer Verteilungen . . . . .   | 78        |
| Nachträgliche Datengruppierung . . . . .  | 79        |
| Chi-Quadrat-Test von Prozentangaben . . . . .   | 80        |
| Statistische und praktische Signifikanz . . . . .   | 82        |
| Chi-Quadrat-Tests von größeren Kontingenztafeln . . . . .   | 83        |
| Aufteilung des Chi-Quadrats und Analyse mehrdimensionaler Kontingenztafeln . . . . .                    | 85        |
| Ein Beispiel . . . . .  | 88        |
| Stetigkeits-Korrektur für Chi-Quadrat nach Yates . . . . .  | 89        |
| Kolmogoroff-Smirnov-Test als alternatives Verfahren zum Vergleich zweier Stichproben . . . . .          | 90        |

|   |            |
|---|------------|
| Kolmogoroff-Smirnov-Test zum Vergleich theoretischer und empirischer Verteilung                     | 91         |
| Zusammenfassung . . . . .   | 92         |
| <b>6. Der Stichprobencharakter von Versuchsgruppen . . . . .</b>                                    | <b>92</b>  |
| Die Unsicherheit von Kennwerten: Fehlergrenzen . . . . .  | 93         |
| Standardfehler des arithmetischen Mittels . . . . .   | 93         |
| Mutungsbereiche und Vertrauensbereiche . . . . .  | 95         |
| Student's t-Verteilung für Stichprobenmittelwerte . . . . .   | 95         |
| Beispiel zum Gebrauch der t-Tabelle (Tafel C) . . . . .   | 96         |
| Standardfehler von Median, Quartilmaß, Standabweichung, Prozenten, Summen und Differenzen . . . . . | 96         |
| Kritischer Bruch und t-Test: Unterschiede von Mittelwerten . . . . .                                | 98         |
| F-Test zur Prüfung der Varianzhomogenität . . . . .   | 100        |
| t-Test mit gemittelter Varianzschätzung . . . . .   | 101        |
| Einseitige und zweiseitige Fragestellung . . . . .  | 103        |
| t-Test für Paardifferenzen . . . . .  | 105        |
| Signifikanz von Prozent-Differenzen . . . . .   | 107        |
| <b>7. Die Varianzanalyse . . . . .</b>  | <b>108</b> |
| Allgemeines Prinzip . . . . .   | 108        |
| Die Zerlegung des Streuungsquadrats . . . . .   | 109        |
| Handlichere Formeln für die Quadratsumme . . . . .  | 111        |
| Beispiel einer einfachen Varianzanalyse . . . . .   | 112        |
| Zusammenfassung der Rechenschritte der einfachen Varianzanalyse . . . . .                           | 115        |
| Doppelte Varianzanalyse . . . . .   | 116        |
| Wechselwirkung . . . . .  | 118        |
| Graphische Veranschaulichung der Wechselwirkung . . . . .   | 119        |
| Interpretation der Wechselwirkung . . . . .   | 121        |
| Berechnung der Quadratsummen für Wechselwirkungen . . . . .   | 121        |
| Zusammenfassung der Rechenformeln für die doppelte Varianzanalyse . . . . .                         | 123        |
| Anwendungsmöglichkeiten der doppelten Varianzanalyse . . . . .                                      | 123        |
| Feste und Zufallsfaktoren bei der doppelten Varianzanalyse . . . . .                                | 124        |
| Mehrfache Varianzanalyse: Faktorielle Versuchspläne . . . . .                                       | 126        |
| Ein Beispiel . . . . .  | 127        |
| Feste und Zufallsfaktoren bei der mehrfachen Varianzanalyse . . . . .                               | 132        |
| Interpretation der Ergebnisse . . . . .   | 134        |
| Voraussetzungen zur Anwendung der Varianzanalyse . . . . .  | 135        |
| <b>8. Verteilungsunabhängige Verfahren . . . . .</b>  | <b>138</b> |
| Robustheit der parametrischen Verfahren . . . . .   | 138        |
| Median-Test für unabhängige Stichproben . . . . .   | 139        |
| White-Test für zwei unabhängige Stichproben . . . . .   | 142        |
| Kruskal-Wallis-Test für mehr als zwei unabhängige Stichproben . . . . .                             | 144        |
| Vorzeichen-Test für Paardifferenzen . . . . .   | 145        |
| Vorzeichen-Test mit großen Stichproben . . . . .  | 146        |
| Wilcoxon-Test für Paardifferenzen . . . . .   | 147        |
| Friedman-Test für mehr als zwei Parallelgruppen . . . . .   | 148        |
| Schlußbemerkung . . . . .   | 149        |

|  |     |
|--|-----|
| <i>III Korrelationsstatistik.</i>  | 151 |
| 9. Die Verbindung von Merkmalsystemen . . . . .                                      | 151 |
| Zusammenhänge zwischen Variablen und Interpretationsmöglichkeiten . . . . .          | 151 |
| Zweidimensionale Häufigkeitsverteilungen . . . . .                                   | 154 |
| Stricheltabelle und Korrelation . . . . .  | 155 |
| 10. Die Berechnung von Regression und Korrelation . . . . .                          | 157 |
| Regressionslinie . . . . .   | 157 |
| Methode der kleinsten Quadrate . . . . .   | 159 |
| Parameter der Regressionslinie . . . . .   | 161 |
| Vorhersage von Y aufgrund von X, und umgekehrt . . . . .                             | 161 |
| Regressionslinien und Korrelationskoeffizient . . . . .                              | 162 |
| Berechnung des Korrelationskoeffizienten . . . . .                                   | 163 |
| Berechnung von Korrelationen aus Urlisten . . . . .                                  | 164 |
| Berechnung von Korrelation und Regression aus Häufigkeitstabellen . . . . .          | 166 |
| Vorhersage von Variablen aufgrund von Regressionsrechnung . . . . .                  | 169 |
| Standardfehler des Korrelationskoeffizienten . . . . .                               | 170 |
| Fisher's z-Transformation für Korrelationskoeffizienten . . . . .                    | 170 |
| Differenzen von Korrelationskoeffizienten . . . . .                                  | 172 |
| 11. Sonderformen der Korrelationsrechnung . . . . .                                  | 174 |
| Doppelreihen-Korrelation . . . . .   | 174 |
| Punkt-Doppelreihen-Korrelation . . . . .   | 175 |
| Vierfelder- oder tetrachorische Korrelation . . . . .                                | 176 |
| Phi-Koeffizient . . . . .  | 178 |
| Kontingenzkoeffizient . . . . .  | 180 |
| Spearman's Rangkorrelationskoeffizient $r_s$ . . . . .                               | 181 |
| Kendall's Rangkorrelationskoeffizient . . . . .                                      | 182 |
| Kendall's Konkordanz-Koeffizient W . . . . .   | 183 |
| Schlußbemerkung . . . . .  | 185 |
| 12. Die Verwendung von Korrelationskoeffizienten . . . . .                           | 186 |
| Vorhersage aufgrund korrelativer Zusammenhänge . . . . .                             | 186 |
| Unsicherheit der Vorhersage: Standardschätzfehler . . . . .                          | 188 |
| Vertrauensbereich der Schätzung . . . . .  | 190 |
| Aufteilung der Varianz: determinierte und freie Variation . . . . .                  | 190 |
| Schätzeffekt . . . . .   | 190 |
| Taylor-Russell-Tafeln . . . . .  | 192 |
| Spearman-Brown-Formel . . . . .  | 193 |
| Minderungskorrektur aufgrund der Zuverlässigkeit . . . . .                           | 195 |
| Partialkorrelation . . . . .   | 196 |
| Multiple Korrelation und Regression . . . . .  | 198 |
| Zur Kausalinterpretation von Korrelationen: Abhängigkeits- und Pfadanalyse . . . . . | 200 |
| 13. Die Dimensions- oder Faktorenanalyse . . . . .                                   | 204 |
| Grundmodell der Faktorenanalyse . . . . .  | 205 |
| Korrelationsmatrix . . . . .   | 207 |
| Kommunalitäten . . . . .   | 208 |
| Extraktion des ersten Centroid-Faktors . . . . .                                     | 208 |
| Geometrisches Modell der Faktorenanalyse . . . . .                                   | 209 |

|  |     |
|--|-----|
| Extraktion des zweiten und weiterer Centroidfaktoren                         | 212 |
| Reflexion  | 214 |
| Ein Beispiel   | 216 |
| Kommunalitäten-Vergleich und Iteration                                       | 222 |
| Abbruchkriterien   | 223 |
| Rückrechnung der Korrelationen   | 224 |
| 14. Rotation und Interpretation der Dimensionen                              | 224 |
| Rotation in einer Ebene  | 226 |
| Rückrechnung der Korrelationen   | 228 |
| Rotation in mehreren Ebenen  | 229 |
| Rotationsziele   | 229 |
| Aufteilung der Varianz: Ladungsquadrate als Determinationskoeffizienten      | 229 |
| Varianzanteil eines Faktors  | 231 |
| Ein Beispiel   | 231 |
| 15. Typenanalyse und verwandte Methoden                                      | 232 |
| Ähnlichkeiten zwischen Personen: Q-Technik                                   | 232 |
| P-, T-, S- und O-Technik der Faktorenanalyse                                 | 233 |
| Das Polaritätsprofil oder semantische Differential                           | 235 |
| <i>IV Parameterschätzung und Beurteilung von Modellen</i>                    |     |
| 16. Kurvenangleichung und nicht-lineare Regression                           | 236 |
| Methode der kleinsten Quadrate   | 236 |
| Reduktion nicht-linearer auf lineare Funktionen                              | 237 |
| Ein Beispiel   | 239 |
| Prüfung der Güte der Anpassung   | 243 |
| Die Enge nicht-linearer Korrelationen: Eta-Quadrat                           | 244 |
| Test auf Linearität der Regression   | 246 |
| Ein Beispiel   | 246 |
| Zur Wahl des best-passenden Kurventyps                                       | 248 |
| 17. Effizienz von Faktoren in varianzanalytischen Versuchsplänen: $\omega^2$ | 249 |
| Intraklassen-Korrelation   | 251 |
| 18. Parameter-Schätzung  | 252 |
| Eigenschaften von Parameter-Schätzungen                                      | 253 |
| Erwartungstreue  | 253 |
| Konsistenz   | 256 |
| Effizienz  | 256 |
| Erschöpfendheit (sufficiency)  | 256 |
| Methoden der Schätzung: kleinste Quadrate                                    | 256 |
| Maximum-Likelihood-Schätzung   | 257 |
| Iterative Parameter-Suche  | 259 |
| 19. Bayes-Verfahren  | 260 |
| Ein Beispiel   | 262 |
| Daten aus verschiedenen Quellen  | 263 |
| Vergleich zweier konkurrierender Hypothesen                                  | 264 |
| Ein Beispiel: Vergleich zweier Lernmodelle                                   | 265 |

|  |     |
|--|-----|
| Robustheit der Schätzung (Principle of stable estimation) . . . . .    | 268 |
| Bayes-Verfahren für Kontinua: Revision einer Beta-Verteilung . . . . . | 268 |
| Konjugierte Verteilungen . . . . .                                     | 270 |
| Revision einer Dirichlet-Verteilung . . . . .                          | 270 |
| Revision einer Gamma-Verteilung . . . . .                              | 272 |
| Revision einer negativen Binomial-Verteilung . . . . .                 | 272 |
| Revision einer Normalverteilung . . . . .                              | 272 |
| Testen von Nullhypothesen . . . . .                                    | 273 |
| Ein Beispiel . . . . .   | 274 |
| Voreiliges Verwerfen von Nullhypothesen . . . . .                      | 275 |
| Bayes-Entscheidungsverfahren . . . . .                                 | 276 |
| Schlußbemerkung . . . . .  | 279 |
| <i>Literaturverzeichnis</i> . . . . .                                  | 280 |
| <i>Anhang</i> . . . . .  | 285 |
| Tafel A . . . . .  | 285 |
| Tafel B . . . . .  | 294 |
| Tafel C . . . . .  | 297 |
| Tafel D . . . . .  | 298 |
| Tafel E . . . . .  | 299 |
| Tafel F . . . . .  | 300 |
| Tafel G . . . . .  | 301 |
| Tafel H . . . . .  | 302 |
| Tafel I . . . . .  | 306 |
| Tafel K . . . . .  | 307 |
| Tafel L . . . . .  | 309 |
| Tafel M . . . . .  | 310 |
| Tafel N . . . . .  | 311 |
| Tafel O . . . . .  | 312 |
| Tafel P . . . . .  | 315 |
| Tafel Q . . . . .  | 316 |
| Tafel R . . . . .  | 317 |