

# Inhalt

|  |     |
|--|-----|
| Vorwort . . . . .  | 9   |
| 1. Gegenstandsbestimmung der Angewandten Statistik . . . . .                                   | 11  |
| 2. Wahrscheinlichkeitstheoretische und methodische Grundlagen der Statistik . . . . .          | 16  |
| 2.1. Versuchsdaten und ihre Klassifizierung . . . . .  | 16  |
| 2.2. Die relative Häufigkeit und der Begriff der Wahrscheinlichkeit . . . . .                  | 19  |
| 2.3. Die bedingte Wahrscheinlichkeit und die Unabhängigkeit von Ereignissen . . . . .          | 26  |
| 2.4. Die Formel der totalen Wahrscheinlichkeit und der Satz von Bayes . . . . .                | 29  |
| 2.5. Zufallsgrößen . . . . .   | 32  |
| 2.5.1. Wahrscheinlichkeitsverteilungen von diskreten Zufallsgrößen . . . . .                   | 33  |
| 2.5.2. Verteilungsfunktionen stetiger Zufallsgrößen . . . . .                                  | 40  |
| 2.5.3. Parameter von Verteilungsfunktionen . . . . .   | 49  |
| 2.5.4. Die Unabhängigkeit von Zufallsgrößen . . . . .  | 53  |
| 2.5.5. Eigenschaften und Rechenregeln für Erwartungswert und Streuung . . . . .                | 54  |
| 2.5.6. Die Standardisierung von Zufallsgrößen . . . . .  | 56  |
| 3. Einführung in die statistischen Schlußweisen . . . . .                                      | 58  |
| 3.1. Empirische Verteilungen und der Hauptsatz der Statistik . . . . .                         | 58  |
| 3.1.1. Häufigkeitsverteilung und empirische Verteilungsfunktion bei diskreten Zufallsgrößen    | 58  |
| 3.1.2. Häufigkeitsverteilung und empirische Verteilungsfunktion bei stetigen Zufallsgrößen     | 60  |
| 3.2. Grundgesamtheit und Stichprobe . . . . .  | 63  |
| 3.3. Die Schätzung von unbekanntem Parametern einer Verteilungsfunktion . . . . .              | 70  |
| 3.3.1. Konstruktion und Bewertung von Schätzungen . . . . .                                    | 70  |
| 3.3.2. Lageparameter einer Verteilung und deren Schätzungen . . . . .                          | 76  |
| 3.3.3. Variabilitäts- bzw. Streuungsparameter einer Verteilung und die zugehörigen Schätzungen | 82  |
| 3.3.4. Schiefe und Exzeß . . . . .   | 86  |
| 3.4. Verteilungen von Stichprobenfunktionen . . . . .  | 88  |
| 3.4.1. Die Stabilität der Normalverteilung . . . . .   | 88  |
| 3.4.2. Die $\chi^2$ -Verteilung . . . . .  | 93  |
| 3.4.3. Die $t$ -Verteilung (Student-Verteilung) . . . . .                                      | 95  |
| 3.4.4. Die $F$ -Verteilung . . . . .   | 97  |
| 3.5. Die Schätzung von Konfidenzintervallen . . . . .  | 98  |
| 3.6. Die statistische Beurteilung von Hypothesen . . . . .                                     | 104 |
| 3.6.1. Der Signifikanztest . . . . .   | 104 |
| 3.6.2. Der Sequentialtest nach Wald . . . . .  | 124 |
| 4. Elementare statistische Analysen über eine Stichprobe . . . . .                             | 127 |
| 4.1. Testverfahren für Wahrscheinlichkeiten . . . . .  | 127 |
| 4.2. Testverfahren für Erwartungswerte . . . . .   | 129 |
| 4.2.1. Stichproben aus normalverteilten Grundgesamtheiten . . . . .                            | 130 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 4.2.2. | Testverfahren auf ordinalem Skalenniveau . . . . .   | 131 |
| 4.3.   | Testverfahren für Varianzen . . . . .  | 133 |
| 4.4.   | Testverfahren für die Verteilungsfunktion (Anpassungstests) . . . . .                          | 135 |
| 4.4.1. | Der Kolmogorov-Smirnov-Test . . . . .  | 136 |
| 4.4.2. | Der $\chi^2$ -Anpassungstest . . . . .   | 137 |
| 4.4.3. | Der David-Test zur Normalitätsprüfung . . . . .  | 138 |
| 4.5.   | Der Sequentialtest für das Einstichprobenproblem . . . . .                                     | 138 |
| 4.5.1. | Der Sequentialtest für Wahrscheinlichkeiten . . . . .  | 139 |
| 4.5.2. | Der Sequentialtest für Erwartungswerte . . . . .   | 142 |
| 5.     | Elementare statistische Analysen über zwei unabhängige Stichproben . . . . .                   | 144 |
| 5.1.   | Testverfahren zum Vergleich zweier Wahrscheinlichkeiten . . . . .                              | 144 |
| 5.2.   | Testverfahren zum Vergleich zweier Varianzen . . . . .   | 147 |
| 5.3.   | Testverfahren zum Vergleich zweier Erwartungswerte . . . . .                                   | 151 |
| 5.3.1. | Stichproben aus normalverteilten Grundgesamtheiten . . . . .                                   | 151 |
| 5.3.2. | Testverfahren auf ordinalem Skalenniveau . . . . .   | 155 |
| 5.4.   | Testverfahren zum Vergleich von Verteilungsfunktionen (Homogenitätstests) . . . . .            | 159 |
| 5.4.1. | Der Kolmogorov-Smirnov-Test . . . . .  | 159 |
| 5.4.2. | Der $\chi^2$ -Homogenitätstest . . . . .   | 160 |
| 5.5.   | Der Sequentialtest für das Zwei-Stichprobenproblem . . . . .                                   | 160 |
| 6.     | Statistische Analysen verbundener Stichproben . . . . .  | 164 |
| 6.1.   | Elementare Verfahren der statistischen Analyse verbundener Stichproben . . . . .               | 167 |
| 6.1.1. | Testverfahren zum Vergleich von Wahrscheinlichkeiten . . . . .                                 | 167 |
| 6.1.2. | Testverfahren zum Vergleich von Erwartungswerten . . . . .                                     | 169 |
| 6.1.3. | Testverfahren zum Vergleich von Varianzen . . . . .  | 173 |
| 6.2.   | Die einfache lineare Regressionsanalyse . . . . .  | 173 |
| 6.2.1. | Das theoretische Modell . . . . .  | 174 |
| 6.2.2. | Schätzung der Regressionsparameter . . . . .   | 178 |
| 6.2.3. | Schätzung der Varianzkomponenten . . . . .   | 181 |
| 6.2.4. | Tests und Konfidenzintervalle für die Regressionsparameter und die Regressionsgerade . . . . . | 185 |
| 6.2.5. | Tests und Konfidenzintervalle für den Vergleich von zwei Regressionsgeraden . . . . .          | 190 |
| 6.2.6. | Regressionsanalyse qualitativer Daten . . . . .  | 193 |
| 6.3.   | Die einfache Korrelationsanalyse . . . . .   | 199 |
| 6.3.1. | Ursachen und Arten korrelativer Beziehungen. . . . .   | 200 |
| 6.3.2. | Die Produkt-Moment-Korrelation . . . . .   | 203 |
| 6.3.3. | Die Rangkorrelation . . . . .  | 205 |
| 6.3.4. | Korrelation von Nominaldaten . . . . .   | 212 |
| 6.3.5. | Die biseriale und punktbiseriale Korrelation . . . . .   | 215 |
| 6.3.6. | Die tetrachorische Korrelation . . . . .   | 220 |
| 6.3.7. | Das Korrelationsverhältnis . . . . .   | 221 |
| 6.4.   | Die mehrfache lineare Regressionsanalyse. . . . .  | 223 |
| 6.4.1. | Das theoretische Modell und die Schätzung der Parameter und Varianzkomponenten . . . . .       | 223 |
| 6.4.2. | Tests und Konfidenzintervalle für die Regressionsparameter . . . . .                           | 226 |
| 6.4.3. | Multiple und partielle Korrelation . . . . .   | 227 |
| 6.4.4. | Bemerkungen zur Anwendung der mehrfachen linearen Regressionsanalyse . . . . .                 | 230 |
| 6.4.5. | Beispieldemonstration . . . . .  | 231 |
| 6.5.   | Die nichtlineare Regressionsanalyse . . . . .  | 235 |
| 6.5.1. | Die quasilineare Regressionsanalyse . . . . .  | 236 |
| 6.5.2. | Die eigentlich nichtlineare Regressionsanalyse . . . . .                                       | 244 |
| 7.     | Statistische Analysen gestufter Versuchspläne . . . . .  | 250 |
| 7.1.   | Testverfahren zum multiplen Vergleich von Wahrscheinlichkeiten . . . . .                       | 251 |
| 7.1.1. | Testverfahren für unabhängige Stichproben. . . . .   | 252 |
| 7.1.2. | Testverfahren für verbundene Stichproben . . . . .   | 253 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 7.2.   | Testverfahren zum multiplen Vergleich von Erwartungswerten aus unabhängigen Stichproben . . . . .                                  | 256 |
| 7.2.1. | Stichproben aus normalverteilten Grundgesamtheiten . . . . .   | 256 |
| 7.2.2. | Testverfahren auf ordinalem Skalenniveau . . . . .   | 264 |
| 7.3.   | Testverfahren zum multiplen Vergleich von Erwartungswerten aus verbundenen Stichproben . . . . .                                   | 274 |
| 7.4.   | Testverfahren zum multiplen Varianzvergleich . . . . .   | 277 |
| 7.5.   | Testverfahren zur Prüfung faktorieller Effekte über Stichproben aus normalverteilten Grundgesamtheiten (Varianzanalysen) . . . . . | 280 |
| 7.5.1. | Einfache Varianzanalysen nach Modell I und II . . . . .  | 282 |
| 7.5.2. | Zweifache Varianzanalysen . . . . .  | 288 |
| 7.5.3. | Varianzanalysen für verbundene Stichproben . . . . .   | 300 |
| 7.5.4. | Die Kovarianzanalyse . . . . .   | 306 |
| 7.6.   | Testverfahren zur Prüfung faktorieller Effekte auf ordinalem Skalenniveau . . . . .  | 313 |
| 7.7.   | Allgemeine Methoden der Kontingenztafelstatistik . . . . .   | 319 |
| 7.7.1. | Untersuchungsmodelle und Hypothesen . . . . .  | 320 |
| 7.7.2. | Statistische Analysen von zweidimensionalen Kontingenztafeln . . . . .   | 322 |
| 7.7.3. | Statistische Analysen von mehrdimensionalen Kontingenztafeln . . . . .   | 329 |
| 8.     | Einführung in die Zeitreihenanalyse . . . . .  | 337 |
| 8.1.   | Dekomposition von Zeitreihen . . . . .   | 338 |
| 8.2.   | Methoden der Trendschätzung . . . . .  | 340 |
| 8.2.1. | Regressionsanalyse . . . . .   | 340 |
| 8.2.2. | Die Differenzenmethode . . . . .   | 349 |
| 8.2.3. | Glättung von Zeitreihen . . . . .  | 353 |
| 8.3.   | Die Schätzung des periodischen Verlaufes bei bekannter Periodenlänge . . . . .   | 355 |
| 8.3.1. | Die Cosinor-Methode nach Halberg . . . . .   | 355 |
| 8.3.2. | Die Schätzung des periodischen Verlaufes bei mehreren Periodizitäten . . . . .   | 360 |
| 8.4.   | Analyse von Abhängigkeiten und verborgenen Periodizitäten . . . . .  | 361 |
| 8.4.1. | Die Autokorrelationsfunktion einer stationären Zeitreihe . . . . .   | 361 |
| 8.4.2. | Das Periodogramm einer stationären Zeitreihe . . . . .   | 365 |
| 8.4.3. | Die Berechnung des Periodogramms aus der Autokovarianzfunktion . . . . .   | 368 |
| 8.5.   | Der Zusammenhang zweier Zeitreihen . . . . .   | 369 |
| 8.6.   | ARIMA-Modelle . . . . .  | 372 |
| 8.7.   | Globale inferenzstatistische Beurteilung von Zeitreihen . . . . .  | 375 |
| 8.7.1. | Nachweis eines monotonen Trends . . . . .  | 375 |
| 8.7.2. | Nachweis von Periodizitäten . . . . .  | 381 |
| 9.     | Einführung in statistische Klassifikationsverfahren . . . . .  | 383 |
| 9.1.   | Methoden der Clusteranalyse . . . . .  | 385 |
| 9.2.   | Diskriminanzanalyse . . . . .  | 401 |
| 10.    | Ein Klassifikationsschema zur Auswahl statistischer Methodenklassen . . . . .  | 415 |
|        | Übungsaufgaben . . . . .   | 423 |
|        | Lösungen . . . . .   | 431 |
|        | Tabellenanhang . . . . .   | 437 |
|        | Literatur . . . . .  | 463 |
|        | Register . . . . .   | 467 |
|        | Ausgewählte Symbole . . . . .  | 470 |