

# Inhaltsverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Vorwort . . . . .                          | VII |
| Die Teile des Buches . . . . .             | X   |
| Wichtige Tabellen im Text . . . . .        | XIX |
| Tabellen des Anhangs . . . . .             | XX  |
| Einführung und sechs Übersichten . . . . . | 1   |

## Teil I. Wissenschaftliche Studien:

Vorgehensweise, Planung, Datenbeschreibung,  
Explorative Datenanalyse und Statistik

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Zum Rahmen für wissenschaftliche Studien:<br>Vorgehensweise und Niederschrift . . . . . | 13 |
| 2   | Projekt-Stufen . . . . .  | 15 |
| 2.1 | Fragestellung und Zielvorstellung . . . . .   | 15 |
| 2.2 | Kreisprozesse . . . . .   | 16 |
| 3   | Zur Planung von Projekten:<br>Rechtzeitig zu BEACHTENDES . . . . .                      | 20 |
|     | ● Voruntersuchungen   |    |
|     | ● Checkliste  |    |
|     | ● Umsichtige Anwendung von Statistik-Software   |    |
|     | ● Individuelle Wertsetzungen  |    |
|     | ● Wichtiges zur Mitarbeit in Projekten  |    |
| 4   | Zur Planung von Experimenten und Erhebungen . . . . .                                   | 25 |
| 4.1 | Studientypen . . . . .  | 25 |
| 4.2 | Zum vergleichenden Experiment . . . . .   | 26 |
| 4.3 | Zwölf Stufen experimenteller Studien . . . . .  | 28 |
| 4.4 | Zur Auswahl wichtiger Einflußgrößen . . . . .   | 29 |
| 4.5 | Zum Vergleich zweier Personengruppen . . . . .  | 30 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4.6 | Bemerkungen zu Erhebungen . . . . .  | 32 |
| 4.7 | Was ist vor und bei der Datengewinnung noch zu beachten? . . . . .             | 33 |
|     | ● Zehn Punkte zur Planung der Datengewinnung                                   |    |
| 5   | Datenbeschreibung und Explorative Datenanalyse . . . . .                       | 36 |
| 5.1 | Datenbeschreibung: Strukturen erkennen . . . . .                               | 36 |
|     | ● Typ der Variablen  |    |
|     | ● Dimensionalität  |    |
|     | ● Data Editing   |    |
| 5.2 | Explorative Datenanalyse (EDA) mit Stamm und Blatt-Schaubild . . . . .         | 39 |
|     | ● Hinweis: Formale Identifizierung von Ausreißern anhand der Quartile          |    |
|     | ● Hinweis: Graphischer Zwei-Stichproben-Vergleich anhand eines Punktdiagrammes |    |
| 6   | Zur Beurteilenden Statistik . . . . .  | 48 |
| 6.1 | Zur Sprache der Statistik . . . . .  | 49 |
| 6.2 | Beschreibende und BEURTEILENDE Statistik . . . . .                             | 49 |
| 6.3 | Die Verallgemeinerung: der Schluß auf die Grundgesamtheit . . . . .            | 51 |
| 6.4 | Aufgabe und Ziel der Beurteilenden Statistik . . . . .                         | 55 |
| 6.5 | Zur Unsicherheit statistischer Aussagen . . . . .                              | 56 |

**Teil II. Weiterführendes zu Mittelwerten und Varianzen:**  
Spezielle Schätzungen wichtiger einfacher Parameter, die zumindest angenähert normalverteilte Grundgesamtheiten voraussetzen

|   |   |    |
|---|---|----|
| 7 | Arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen mehrerer Stichproben vergleichbar gemacht . . . . .        | 61 |
| 8 | Zentrale Bereiche um den Mittelwert $\mu$ : Wahrscheinlichkeiten zentraler Anteile einer Verteilung . . . . . | 63 |
| 9 | Kombination eines auf Vorwissen basierenden arithmetischen Mittels mit einem empirischen Mittel . . . . .     | 65 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 10   | Schätzung desselben arithmetischen Mittels anhand mehrerer Stichproben . . . . .  | 66 |
| 11   | Iterative Bestimmung des Stichprobenumfangs, um einen 95%-Vertrauensbereich für $\mu$ mit der Breite $2d$ anzugeben . . . . .   | 67 |
| 12   | Vertrauensbereich für das Verhältnis der arithmetischen Mittelwerte zweier Normalverteilungen ohne Annahmen über das Verhältnis beider Varianzen . . . . .  | 69 |
| 13   | Die Schätzung von Verhältniszahlen . . . . .  | 70 |
| 14   | Schätzung der Standardabweichung bei nicht festem arithmetischen Mittel . . . . .   | 72 |
| 15   | Varianz für ein gewogenes arithmetisches Mittel nach Meier und Cochran . . . . .  | 73 |
| 16   | Vergleich der Präzision zweier Meßinstrumente oder zweier Meßmethoden ( $X, Y$ ) an denselben $n$ Objekten . . . . .  | 75 |
| 17   | Charakterisierung der Heterogenität von Varianzen aus Stichproben gleicher Umfänge anhand des Koeffizienten der Varianz-Variation . . . . .   | 77 |
| 18   | Die Bildung homogener Gruppen von Varianzen: Lücken-Test für Varianzen aus zumindest angenähert normalverteilten Grundgesamtheiten für gleichgroße Stichprobenumfänge . . . . .   | 78 |
| 19   | Bereinigter $t$ -Test für $k$ homogene Untergruppen aus zumindest angenähert normalverteilten Grundgesamtheiten mit gleichen Varianzen . . . . .  | 79 |
| 20   | Schätzung der Parameter linksseitig und rechtsseitig gestutzter Normalverteilungen . . . . .  | 81 |
| 20.1 | Zur linksseitig gestutzten Normalverteilung: Schätzung von $\bar{X}$ und $S$ aus einer zumindest angenähert normalverteilten Grundgesamtheit anhand von Zufallsstichproben, die nur Beobachtungen vom Typ $X_i \geq x'_0$ aufweisen . . . . . | 81 |

- 20.2 Zur rechtsseitig durch „Ceiling“ gestutzten Normalverteilung:  
Schätzung von  $\bar{X}$  und  $S$  aus einer zumindest angenähert normalverteilten Grundgesamtheit anhand von Zufallsstichproben, die nur Beobachtungen vom Typ  $X_i \leq \bar{X} + kS$  mit festem  $k$  aufweisen . . . 83

**Teil III. Simultane paarweise Vergleiche von Mittelwerten:  
Tests und Vertrauensbereiche**

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 21   | Simultane Vertrauensbereiche . . . . .   | 89  |
| 22   | Simultane paarweise Mittelwertvergleiche; mehrfacher $t$ -Test nach Bonferroni; Simes-Hochberg-Prozedur für multiple Tests . . . . .                         | 91  |
| 23   | Simultane paarweise Vergleiche . . . . .   | 95  |
|      | Fall A: bei gleichen Varianzen nach Tukey und Kramer sowie   |     |
|      | Fall B: bei nicht unbedingt gleichen Varianzen nach Games und Howell   |     |
| 24   | Simultane paarweise Vergleiche von Mittelwerten nach Hochberg (GT2-Methode) mit sequentiell verwerfendem Bonferroni-Holm-Test . . . . .                      | 99  |
| 25   | Zur Einfachklassifikation der Varianzanalyse . . . . .   | 102 |
| 25.1 | Rechenschema für den Vergleich dreier Mittelwerte unterschiedlicher Behandlungen oder eines Standards bzw. einer Kontrolle und zweier Behandlungen . . . . . | 102 |
| 25.2 | Lineares Modell und Schätzwerte . . . . .  | 104 |
| 25.3 | Hinweis auf den Anhang: die Prüfung zweier Voraussetzungen sowie die für den Vergleich von $k$ Stichprobengruppen jeweils benötigten Beobachtungen . . . . . | 106 |
| 25.4 | Simultane approximative 95%-Vertrauensbereiche für die Abweichung einzelner Mittelwerte vom Gesamtmittel . . . . .   | 107 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 26   | Simultane Vertrauensbereiche für Mittelwerte $\mu_i$ und für Differenzen $\mu_i - \mu_0$ zwischen dem Mittelwert einer von $k$ Behandlungen und dem Mittelwert einer Kontrolle . . .   | 109 |
| 27   | Einseitige simultane Vertrauensgrenzen für Mittelwerte $\mu_i$ sowie einseitige simultane Vergleiche von Mittelwerten $\mu_i$ mit einer vorgegebenen Konstanten $\mu_0$ ( $H_0: \mu_i \leq \mu_0$ gegen $H_A: \mu_i > \mu_0$ ) . . . . . | 115 |
| 28   | Tests für geordnete Mittelwerte: Vergleich von $k$ geordneten Mittelwerten anhand von Zufallsstichproben gleicher Umfänge aus zumindest angenähert normalverteilten Grundgesamtheiten mit unbekannter gemeinsamer Varianz . . . . .      | 117 |
| 29   | Exakte simultane 95%-Vertrauensbereiche nach Spurrier und Isham für paarweise Differenzen dreier Mittelwerte aus normalverteilten Grundgesamtheiten mit gemeinsamer Varianz . . . . .  | 120 |
| 30   | Zur Zerlegung von Mittelwerten in Gruppen (Lückentest für $\mu_i$ ) . . . . .  | 121 |
| 31   | „Mittelwertvergleiche“ bei stärkeren Abweichungen von der Annahme, „es liegen zumindest angenähert normalverteilte Daten vor“ (Einwegklassifizierung) . . . . .  | 122 |
| 31.1 | Simultaner paarweiser Vergleich von Rangsummen . . . . .   | 122 |
| 31.2 | Tukey-Kramer-Methode für simultane paarweise Vergleiche von Rangsummen . . . . .   | 125 |

**Teil IV. Weiterführendes zur Irrtumswahrscheinlichkeit:  
Problematik und Umfeld der Mehrfachtestung**

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 32 | Durch Daten angeregte Hypothesen . . . . .  | 129 |
| 33 | Inwiefern ist der $P$ -Wert aufschlußreich? . . . . .   | 131 |
| 34 | Beachtenswertes vor der Veröffentlichung von Befunden, die auf statistischen Tests basieren . . . . . | 134 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 35 | Zufällige Effekte bei multiplen Tests . . . . .   | 136 |
| 36 | Schranken der Standardnormalverteilung für $\alpha = 0,05$ bei zwei- und einseitiger Fragestellung für $k$ paarweise Vergleiche von Parametern (wobei angenommen wird, die entsprechende Prüfgröße sei bei Gültigkeit von $H_0$ annähernd standardnormalverteilt) . . . . . | 137 |
| 37 | Vorsicht bei der wiederholten Anwendung eines statistischen Tests im Verlauf sich ansammelnder Daten: Zwei Tabellen nach McPherson . . . . .  | 139 |
| 38 | Wie lange muß man auf ein ungewöhnliches Ereignis warten? Wie oft wird eine wahre Nullhypothese fälschlich abgelehnt? . . . . .   | 141 |
| 39 | Notwendiger Stichprobenumfang nach Wyshak, um ein Nullereignis in $n$ Binomialexperimenten sichern zu können . . . . .  | 143 |
| 40 | Die Kombination gleichgerichteter einseitiger Tests . . . . .   | 145 |

## Teil V. Weiterführendes zur Kontingenztafelanalyse

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 41 | Chiquadrat-Zerlegung kleiner Mehrfeldertafeln . . . . .  | 149 |
| 42 | Homogenitätstest nach Ryan für den multiplen Vergleich jeweils zweier relativer Häufigkeiten aus einer Gruppe von $k$ relativen Häufigkeiten (Lücken-Test für relative Häufigkeiten) . . . . . | 152 |
| 43 | Prüfung eines $2 \times 2 \times 2$ -Kontingenzwürfels, der einfachsten Dreiwegtafel, auf Unabhängigkeit dreier Merkmale . . . . .   | 155 |

## Anhang

|  |     |
|--|-----|
| Anhang zur Varianzanalyse (ergänzt Abschnitt 25.3): . . . . .  | 163 |
| ● Normalverteilung?  |     |
| ● Gemeinsame Varianz?  |     |
| ● Stichprobenumfang?   |     |
| 1 Prüfung auf Nichtnormalverteilung nach Anderson<br>und Darling in der Modifikation nach Stephens . . . . .   | 164 |
| 2 Robuster Test auf Varianzheterogenität nach Levene<br>in der Brown-Forsythe-Version . . . . .  | 166 |
| 3 Benötigte Stichprobenumfänge pro Gruppe nach Nel-<br>son, um eine Differenz (einen Effekt) $D/\sigma$ zwischen $k$<br>Behandlungen mit $\alpha=0,05$ und einer Power von 0,80<br>aufzuspüren . . . . . | 167 |
| Tabellen-Anhang . . . . .  | 168 |
| Übersicht  |     |
| ● Hinweis: wichtige Tabellen im Text   |     |
| ● Verzeichnis der Tabellen   |     |
| ● Regeln zur Interpolation   |     |
| ● 18 Tabellen  |     |
| Literatur- und Autorenverzeichnis . . . . .  | 256 |
| Sachverzeichnis . . . . .  | 262 |