

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort *XI*

<b>1</b>	<b>Zum Gebrauch dieses Buches</b>	<b>1</b>
1.1	Einführung	1
1.2	Der Text in den Kapiteln	1
1.3	Was Sie bei auftretenden Problemen tun sollten	2
1.4	Wichtig zu wissen	3
1.5	Zahlenbeispiele im Text	3
1.6	Die Kästen	3
1.7	Wissen testen	4
1.8	Noch einmal in Kürze	4
1.9	Warum überhaupt das Ganze?	4
1.10	Mehr zum Thema	6
<b>2</b>	<b>Einführung</b>	<b>7</b>
2.1	Was ist Statistik?	7
2.2	Schreibweisen	8
2.3	Schreibweisen für die Mittelwertberechnung	10
<b>3</b>	<b>Streuung zusammengefasst</b>	<b>11</b>
3.1	Einführung	11
3.2	Verschiedene Größen für Streuung	12
3.2.1	Wertebereich	12
3.2.2	Gesamtabweichung	12
3.2.3	Mittlere Abweichung	13
3.2.4	Varianz	14
3.3	Warum $n - 1$ ?	15
3.4	Warum quadrierte Abweichungen?	16
3.5	Die Standardabweichung	17
3.6	Das nächste Kapitel	19
3.7	Wissen testen	19

- 4 Summen von verschiedenen Quadraten 21**
  - 4.1 Einführung 21
  - 4.2 Mit Rechenmaschinen geht die Berechnung der Summen von Quadraten schneller 22
    - 4.2.1 Addierte Quadrate 22
    - 4.2.2 Der Korrekturfaktor 22
  - 4.3 Vorsicht vor Verwirrung mit dem Ausdruck „Summe der Quadrate“ 23
  - 4.4 Wissen testen 24
  
- 5 Die Normalverteilung 25**
  - 5.1 Einführung 25
  - 5.2 Häufigkeitsverteilungen 25
  - 5.3 Die Normalverteilung 26
  - 5.4 Wie viel Prozent entsprechen einer Standardabweichungseinheit? 28
  - 5.5 Sind die Prozentwerte immer die gleichen? 28
  - 5.6 Andere vergleichbare Skalen aus dem Alltag 30
  - 5.7 Die Standardabweichung als Schätzung der Häufigkeit des Auftretens einer Zahl in einer Stichprobe 30
  - 5.8 Von Prozenten zu Wahrscheinlichkeiten 31
  
- 6 Die Relevanz der Normalverteilung bei biologischen Daten 35**
  - 6.1 Wiederholung 35
  - 6.2 Ist unsere beobachtete Verteilung normal? 36
  - 6.3 Was kann man tun, wenn die Verteilung zweifellos nicht normal ist? 38
    - 6.3.1 Transformation 38
    - 6.3.2 Gruppieren von Stichproben 40
    - 6.3.3 Einfach nichts tun! 40
  - 6.4 Wie viele Stichproben brauchen wir? 40
    - 6.4.1 Faktoren, die die Anzahl der nötigen Stichproben beeinflussen 41
    - 6.4.2 Die Berechnung der nötigen Stichprobenanzahl 41
  
- 7 Weitere Berechnungen zur Normalverteilung 43**
  - 7.1 Einführung 43
  - 7.2 Ist „A“ größer als „B“? 44
  - 7.3 Die Messlatte für die Entscheidung 44
  - 7.4 Herleitung des Standardfehlers einer Differenz zweier Mittelwerte 46
    - 7.4.1 Schritt 1: Von der Varianz der Einzelwerte zur Varianz der Mittelwerte 47
    - 7.4.2 Schritt 2: Von der Varianz der Einzelwerte zur Varianz der Differenzen 49
    - 7.4.3 Schritt 3: Kombination von Schritt 1 und Schritt 2; der Standardfehler der Differenz der Mittelwerte (SFDM) 51

7.4.4	Zusammenfassung der Berechnung des SFDM aus der Varianz der Einzelwerte	52
7.5	Die Bedeutung des Standardfehlers der Differenz zweier Mittelwerte	53
7.6	Zusammenfassung	53
7.7	Wissen testen	57
<b>8</b>	<b>Der <math>t</math>-Test</b>	<b>59</b>
8.1	Einführung	59
8.2	Das Prinzip des $t$ -Tests	60
8.3	Der $t$ -Test in statistischen Begriffen	61
8.4	Warum $t$ ?	61
8.5	Tabellen für die $t$ -Verteilung	62
8.6	Der Standard- $t$ -Test	65
8.7	Der $t$ -Test für Mittelwerte bei ungleichen Varianzen	70
8.8	Der gepaarte $t$ -Test	76
8.9	Wissen testen	82
<b>9</b>	<b>Einseitig oder zweiseitig?</b>	<b>83</b>
9.1	Einführung	83
9.2	Warum ist die Varianzanalyse mit dem $F$ -Test zweiseitig?	83
9.3	Der zweiseitige $F$ -Test	84
9.4	Wievielseitig ist nun der $t$ -Test?	85
9.5	Fazit zur Frage einseitig oder zweiseitig	86
<b>10</b>	<b>Varianzanalyse – Was ist das? Wie geht das?</b>	<b>87</b>
10.1	Einführung	87
10.2	Summen der Abweichungsquadrate in der Varianzanalyse	88
10.3	Ein fiktives Zahlenbeispiel zur Analyse mit Anova	88
10.4	Die Tabelle für die Summe der Abweichungsquadrate	90
10.5	Die Aufteilung der Streuung in Tabelle C mit Anova	90
10.6	Die Beziehung zwischen $t$ und $F$	99
10.7	Einschränkungen bei der Varianzanalyse	101
10.8	Vergleich zwischen Gruppenmittelwerten in der Varianzanalyse	104
10.9	Der kleinste signifikante Unterschied (LSD)	106
10.10	Eine Warnung zum Gebrauch des kleinsten signifikanten Unterschieds	108
<b>11</b>	<b>Versuchsplanung zur Varianzanalyse</b>	<b>113</b>
11.1	Einführung	113
11.2	Volle Randomisierung	114
11.3	Randomisierte Blöcke	118
11.4	Unvollständige Blöcke	124
11.5	Lateinische Quadrate	126

- 11.6 Split-Plot-Pläne 135
- 11.7 Wissen testen 136
  
- 12 Einführung in die faktorielle Versuchsplanung 139**
  - 12.1 Was ist ein faktorieller Versuch? 139
  - 12.2 Interaktion 141
  - 12.3 Wie verändert ein faktorieller Versuch die Form der Varianzanalyse? 145
  - 12.4 Summen der Abweichungsquadrate für Interaktionen 147
  
- 13 Zweifaktorielle Versuche 149**
  - 13.1 Einführung 149
  - 13.2 Ein Beispiel für einen 2-Faktor-Versuch 149
  - 13.3 Analyse des 2-Faktor-Versuchs 150
  - 13.4 Zwei wichtige Punkte zur Erinnerung, bevor es ans nächste Kapitel geht 157
  - 13.5 Analyse von faktoriellen Versuchen mit uneinheitlicher Anzahl Wiederholungen 157
  - 13.6 Wissen testen 161
  
- 14 Faktorielle Versuche mit mehr als zwei Faktoren (kann bei Bedarf übersprungen werden) 163**
  - 14.1 Einführung 163
  - 14.2 Verschiedene „Ordnungen“ von Interaktion 164
  - 14.3 Beispiel für einen 4-Faktor-Versuch 165
  - 14.4 Wissen testen 184
  
- 15 Faktorielle Versuche mit Split-Plots 187**
  - 15.1 Einführung 187
  - 15.2 Herleitung des Split-Plot-Plans aus dem randomisierten Versuchsplan 188
  - 15.3 Freiheitsgrade in der Split-Plot-Analyse 191
  - 15.4 Ein Zahlenbeispiel für einen Split-Plot-Versuch mitsamt Analyse 194
  - 15.5 Vergleich von Split-Plot- und randomisierten Block-Plan 199
  - 15.6 Anwendungen von Split-Plot-Plänen 202
  - 15.7 Wissen testen 204
  
- 16 Der t-Test in der Varianzanalyse 205**
  - 16.1 Einführung 205
  - 16.2 Kurze Wiederholung aus relevanten früheren Abschnitten 206
  - 16.3 Test auf kleinsten signifikanten Unterschied 207
  - 16.4 Mehrfachreihentests 208
  - 16.5 Das Testen von Differenzen zwischen Mittelwerten 213

- 16.6 Darstellung der Testergebnisse auf Unterschiede zwischen Mittelwerten 215
- 16.7 Die Analyse der Versuchsergebnisse mit Varianzanalyse in den Kapiteln 11 bis 15 216
- 16.8 Wissen testen 226
  
- 17 **Lineare Regression und Korrelation 229**
  - 17.1 Einführung 229
  - 17.2 Ursache und Wirkung 230
  - 17.3 Weitere Fallstricke, die nur auf Sie warten 230
  - 17.4 Regression 235
  - 17.5 Unabhängige und abhängige Variablen 236
  - 17.6 Der Regressionskoeffizient  $b$  236
  - 17.7 Berechnung des Regressionskoeffizienten  $b$  238
  - 17.8 Die Regressionsgleichung 244
  - 17.9 Ein durchgerechnetes Beispiel mit realen Daten 245
  - 17.10 Korrelation 253
  - 17.11 Verallgemeinerungen der Regressionsanalyse 256
    - 17.11.1 Nichtlineare Regression 258
    - 17.11.2 Mehrfache lineare Regression 260
    - 17.11.3 Mehrfache nichtlineare Regression 261
    - 17.11.4 Kovarianzanalyse 262
  - 17.12 Wissen testen 265
  
- 18 **Chi-Quadrat-Tests 267**
  - 18.1 Einführung 267
  - 18.2 Wann  $\chi^2$  und wann nicht 268
  - 18.3 Das Problem niedriger Häufigkeiten 269
  - 18.4 Yates' Kontinuitätskorrektur 269
  - 18.5 Der  $\chi^2$ -Anpassungstest 270
  - 18.6 Der  $\chi^2$ -Unabhängigkeitstest 279
  - 18.7 Wissen testen 284
  
- 19 **Nichtparametrische Methoden – was ist das? 287**
  - 19.1 Klarstellung 287
  - 19.2 Einführung 288
  - 19.3 Vor- und Nachteile der beiden Varianten 289
  - 19.4 Einige Beispiele für die Datenorganisation in nichtparametrischen Tests 291
  - 19.5 Die wesentlichen verfügbaren nichtparametrischen Methoden 294

	<b>Anhang A Wie viele Wiederholungen?</b> 297
A.1	In diesem Kapitel 297
A.2	Die Konzepte dahinter 297
A.3	„Simple“ Berechnung der Anzahl der notwendigen Wiederholungen 301
A.4	Genauere Berechnung der Anzahl der notwendigen Wiederholungen 302
A.5	Wie man das Gegenteil beweist 304

**Anhang B Statistische Tabellen** 305

**Richtig gelöst** 315

**Mehr zum Thema** 333

**Stichwortverzeichnis** 335