

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Vorwort zur 2. Auflage</b>	XI
<b>Vorwort</b>	XII
<b>Kapitel 1 Einführung</b>	1
1.1 Biostatistik als Bestandteil bio- und umweltwissenschaftlicher Forschung . . . . .	2
1.2 Population und Stichprobe . . . . .	4
1.3 Merkmale und Skalenarten . . . . .	6
<b>Kapitel 2 Beschreibende Statistik eines Merkmals</b>	11
2.1 Darstellung der Daten in Tabellen . . . . .	14
2.1.1 Anzahl und Breite der Klassen . . . . .	14
2.1.2 Merkmalsverteilung . . . . .	17
2.2 Grafische Darstellung der Daten . . . . .	18
2.2.1 Balkendiagramm . . . . .	18
2.2.2 Kreisdiagramm . . . . .	19
2.2.3 Histogramm . . . . .	20
2.2.4 Polygon . . . . .	22
2.2.5 Summenhistogramm . . . . .	24
2.2.6 Summenpolygon . . . . .	25
2.2.7 Empirische Verteilungsfunktion . . . . .	26
2.3 Statistische Kennwerte . . . . .	27
2.3.1 Lageparameter . . . . .	27
2.3.2 Streuungsparameter . . . . .	32
2.3.3 Veranschaulichung und Interpretation . . . . .	37
<b>Kapitel 3 Wahrscheinlichkeitstheorie</b>	43
3.1 Grundmodell der Wahrscheinlichkeitstheorie . . . . .	44
3.1.1 Zufällige Ereignisse und deren Verknüpfung . . . . .	44
3.1.2 Klassische Definition der Wahrscheinlichkeit . . . . .	47
3.1.3 Axiomatische Definition der Wahrscheinlichkeit . . . . .	48
3.1.4 Rechnen mit Wahrscheinlichkeiten . . . . .	49
3.2 Zufallsvariablen und ihre Verteilung . . . . .	52
3.2.1 Grundbegriffe . . . . .	53
3.2.2 Diskrete Zufallsvariablen . . . . .	54
3.2.3 Stetige Zufallsvariablen . . . . .	57
3.2.4 Verteilungsparameter . . . . .	59
3.3 Spezielle Verteilungen . . . . .	63
3.3.1 Diskrete Verteilungen . . . . .	64
3.3.2 Stetige Verteilungen . . . . .	66

<b>Kapitel 4</b>	<b>Schätzung unbekannter Parameter</b>	<b>79</b>
4.1	Punktschätzungen . . . . .	81
4.2	Bereichsschätzungen . . . . .	84
4.2.1	Verteilung von Punktschätzungen . . . . .	84
4.2.2	Konfidenzintervalle . . . . .	88
<b>Kapitel 5</b>	<b>Formulieren und Prüfen von Hypothesen</b>	<b>99</b>
5.1	Inhaltliche und statistische Hypothesen . . . . .	101
5.1.1	Klassifikation inhaltlicher Hypothesen . . . . .	101
5.1.2	Statistische Alternativhypothesen . . . . .	103
5.1.3	Statistische Nullhypothesen . . . . .	105
5.2	Fehlerarten bei statistischen Entscheidungen . . . . .	106
5.3	Prüfung statistischer Hypothesen . . . . .	109
5.3.1	Der p-Wert . . . . .	109
5.3.2	Einseitige und zweiseitige Fragestellungen . . . . .	112
5.3.3	Statistische Signifikanz . . . . .	114
5.4	Ablauf statistischer Tests . . . . .	120
<b>Kapitel 6</b>	<b>Ausgewählte statistische Tests</b>	<b>123</b>
6.1	Parametrische Tests für normalverteilte Merkmale . . . . .	129
6.1.1	Vergleich eines Mittelwerts mit einem bekannten Wert. . . . .	129
6.1.2	Vergleich zweier Mittelwerte bei unabhängigen Stichproben. . . . .	132
6.1.3	Vergleich zweier Mittelwerte bei verbundenen Stichproben. . . . .	136
6.1.4	Äquivalenztests . . . . .	139
6.1.5	Überprüfung der Voraussetzungen. . . . .	147
6.2	Tests für ordinalskalierte Merkmale . . . . .	161
6.2.1	Vergleich zweier Verteilungen bei unabhängigen Stichproben. . . . .	162
6.2.2	Vergleich zweier Verteilungen für verbundene Stichproben. . . . .	169
6.3	Tests für nominalskalierte (dichotome) Merkmale . . . . .	175
6.3.1	Vergleich zweier Wahrscheinlichkeiten bei unabhängigen Stichproben. . . . .	176
6.3.2	Vergleich zweier Wahrscheinlichkeiten bei verbundenen Stichproben . . . . .	182
6.4	Resampling-Methoden. . . . .	188
6.4.1	Permutationstests . . . . .	189
6.4.2	Bootstrap-Verfahren . . . . .	194
6.5	Monte-Carlo-Simulationen . . . . .	197
6.5.1	Robustheitsuntersuchungen statistischer Tests. . . . .	198
6.5.2	Teststärkevergleiche statistischer Tests. . . . .	204

## **Kapitel 7      Korrelations- und Regressionsanalyse** 215

7.1	Korrelationsanalyse metrischer Merkmale . . . . .	219
7.1.1	Grafische Veranschaulichung bivariater Zusammenhänge . . . . .	219
7.1.2	Produkt-Moment-Korrelation . . . . .	223
7.1.3	Interpretation von Korrelationen . . . . .	234
7.2	Korrelationsanalyse ordinalskaliertter Merkmale . . . . .	236
7.3	Korrelationsanalyse nominalskaliertter Merkmale . . . . .	240
7.4	Einfache lineare Regression . . . . .	248
7.4.1	Modell und Voraussetzungen . . . . .	249
7.4.2	Schätzung der linearen Regressionsfunktion . . . . .	252
7.4.3	Varianzzerlegung und Bestimmtheitsmaß . . . . .	256
7.4.4	Konfidenzintervalle und Tests . . . . .	259
7.5	Partielle Korrelationsanalyse . . . . .	267
7.6	Multiple lineare Regression . . . . .	277
7.6.1	Modell und Voraussetzungen . . . . .	278
7.6.2	Schätzung der multiplen linearen Regressionsfunktion . . . . .	280
7.6.3	Multipltes Bestimmtheitsmaß und Tests . . . . .	282
7.6.4	Multikollinearität und optimale Merkmalsmengen . .	287

## **Kapitel 8      Varianzanalyse** 297

8.1	Einfaktorielle Varianzanalyse (Modell I) . . . . .	301
8.1.1	Modell, Voraussetzungen und statistische Hypothesen . . . . .	301
8.1.2	Quadratsummenzerlegung und Signifikanzprüfung .	305
8.1.3	Multiple Vergleiche . . . . .	313
8.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse (Modell I) . . . . .	331
8.2.1	Modell, Voraussetzungen und statistische Hypothesen . . . . .	331
8.2.2	Quadratsummenzerlegung und Signifikanzprüfung .	333
8.3	Varianzanalyse mit zufälligen Effekten (Modell II) . . . . .	344
8.3.1	Modell, Voraussetzungen und statistische Hypothesen . . . . .	344
8.3.2	Schätzung der Varianzkomponenten und Signifikanzprüfung . . . . .	345
8.4	Überblick über weitere varianzanalytische Verfahren . . . . .	348
8.4.1	Gemischte Modelle . . . . .	349
8.4.2	Kovarianzanalyse . . . . .	352
8.5	Rangvarianzanalyse für ordinalskalierte Merkmale . . . . .	354
8.5.1	Globalvergleich der Rangvarianzanalyse . . . . .	354
8.5.2	Multiple Vergleiche . . . . .	358

## Kapitel 9      Biostatistische Versuchsplanung 367

9.1	Bedeutung der Versuchsplanung in der bio- und umweltwissenschaftlichen Forschung . . . . .	369
9.2	Grundlegende Aspekte der Versuchsplanung. . . . .	371
9.2.1	Varianzquellen in bio- und umweltwissenschaftlichen Untersuchungen. . . . .	371
9.2.2	Allgemeine Prinzipien der Versuchsplanung. . . . .	373
9.2.3	Typen von Stichproben . . . . .	379
9.2.4	Eine Auswahl wichtiger Versuchspläne . . . . .	381
9.3	Bestimmung optimaler Stichprobenumfänge . . . . .	386
9.3.1	Grundlagen und allgemeines Vorgehen . . . . .	386
9.3.2	t-Test gegen eine Konstante . . . . .	392
9.3.3	t-Test für unabhängige Stichproben . . . . .	394
9.3.4	Multiple Vergleiche . . . . .	394

## Anhang 397

A.	Übersetzung ausgewählter Fachbegriffe. . . . .	398
	Englisch – Deutsch . . . . .	398
	Deutsch – Englisch . . . . .	403
B.	Tabellen. . . . .	408
	Tabelle B.1: Werte der Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung . . . . .	408
	Tabelle B.2: Quantile der Chi-Quadrat-Verteilung. . . . .	409
	Tabelle B.3: Quantile der <i>t</i> -Verteilung . . . . .	410
	Tabelle B.4: Quantile der F-Verteilung . . . . .	412
	Tabelle B.5: Quantile zum Tukey-Test. . . . .	418
	Tabelle B.6: Kritische Werte zum Dunnett-Test . . . . .	419
	Tabelle B.7: Kritische Werte zum U-Test. . . . .	423
	Tabelle B.8: Kritische Werte zum Wilcoxon-Test . . . . .	426
	Tabelle B.9: Kritische Werte zum Kruskal-Wallis-Test. . . . .	427
	Tabelle B.10: Kritische Werte zum Kolmogorov-Test. . . . .	428
	Tabelle B.11: Kritische Werte zum Lilliefors-Test . . . . .	431
C.	Literatur. . . . .	432
D.	Register . . . . .	435