

# Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Über den Umgang mit Statistik</b>	<b>3</b>
1.1	Statistik richtig lehren und lernen . . . . .	3
1.2	Testergebnisse richtig interpretieren . . . . .	6
1.3	Einfluss des Zufalls . . . . .	8
1.4	Die Interpretation von Zusammenhängen . . . . .	11
1.5	Darstellung statistischer Ergebnisse . . . . .	12
1.6	Fehlinterpretation von Querschnittstudien . . . . .	17
1.7	Lügen mit Statistik . . . . .	18
1.8	Zusammenfassung . . . . .	19
<b>II</b>	<b>Deskriptive Statistik</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>Messen und Skalenniveau</b>	<b>23</b>
2.1	Grundlagen deskriptiver Statistik . . . . .	23
2.2	Messen . . . . .	24
2.3	Definition des Skalenniveaus . . . . .	32
2.4	Transformationen auf andere Skalenniveaus . . . . .	35
2.5	Messfehler . . . . .	39
2.6	Zusammenfassung . . . . .	40
2.7	Aufgaben . . . . .	40
<b>3</b>	<b>Maße der Zentralen Tendenz und der Dispersion</b>	<b>43</b>
3.1	Häufigkeiten und Kategorien . . . . .	43
3.2	Maße der Zentralen Tendenz . . . . .	50
3.3	Maße der Dispersion . . . . .	58
3.4	Schiefe und Exzess einer Verteilung . . . . .	74
3.5	Normalverteilung . . . . .	77
3.6	Transformationen zur Standardisierung . . . . .	79
3.7	Normierung und Normalisierung . . . . .	83
3.8	Zusammenfassung . . . . .	85
3.9	Aufgaben . . . . .	86
<b>4</b>	<b>Grafische Darstellungen</b>	<b>89</b>
4.1	Allgemeine Anmerkungen zur Erstellung von Grafiken . . . . .	89
4.2	Verschiedene Darstellungsformen . . . . .	90
4.3	Zusammenfassung . . . . .	101

4.4	Aufgaben . . . . .	101
<b>5</b>	<b>Vorbereitung von Daten für die statistische Analyse</b>	<b>103</b>
5.1	Vorbereitung . . . . .	103
5.2	Notwendigkeit von Datenkontrolle . . . . .	104
5.3	Dateneingabe und Datenqualität . . . . .	105
5.4	Deskriptive und grafische Analysen, Ausreißer und Extremwerte . . . . .	107
5.5	Fehlende Werte . . . . .	110
5.6	Moderner Umgang mit fehlenden Werten . . . . .	120
5.7	Vermeidung von und Umgang mit fehlenden Werten . . . . .	129
5.8	Überprüfung von Voraussetzungen statistischer Verfahren . . . . .	131
5.9	Zusammenfassung . . . . .	133
5.10	Aufgaben . . . . .	133
<b>III</b>	<b>Einfache inferenzstatistische Verfahren</b>	<b>135</b>
<b>6</b>	<b>Wahrscheinlichkeitstheorie</b>	<b>137</b>
6.1	Grundlagen . . . . .	137
6.2	Begriffserklärung . . . . .	140
6.3	Mehrere Zufallsereignisse . . . . .	145
6.4	Kombinatorik . . . . .	151
6.5	Wahrscheinlichkeitsfunktionen . . . . .	157
6.6	Binomialverteilung . . . . .	160
6.7	Poisson-Verteilung . . . . .	163
6.8	Hypergeometrische Verteilung . . . . .	164
6.9	Normalverteilung . . . . .	165
6.10	$\chi^2$ -Verteilung . . . . .	165
6.11	t-Verteilung . . . . .	167
6.12	F-Verteilung . . . . .	168
6.13	Zusammenfassung . . . . .	169
6.14	Aufgaben . . . . .	169
<b>7</b>	<b>Stichprobentheorie und Schätzungen</b>	<b>173</b>
7.1	Stichproben und Population . . . . .	173
7.2	Zufallsgesteuerte Auswahlverfahren . . . . .	175
7.3	Nicht-zufallsgesteuerte Auswahlverfahren . . . . .	178
7.4	Allgemeines lineares Modell und Parameterschätzung . . . . .	180
7.5	Konfidenzintervalle . . . . .	186
7.6	Verschiedene Standardfehler . . . . .	191
7.7	Zusammenfassung . . . . .	193
7.8	Aufgaben . . . . .	194
<b>8</b>	<b>Einführung in die inferenzstatistische Hypothesenprüfung</b>	<b>195</b>
8.1	Forschungsfrage . . . . .	197
8.2	Hypothesen . . . . .	198
8.3	$\alpha$ -Niveau . . . . .	204

8.4	Ein- oder zweiseitige Testung . . . . .	207
8.5	Fehler beim Hypothesentesten . . . . .	208
8.6	Beeinflussung des $\beta$ -Fehlers . . . . .	213
8.7	Effektgrößenberechnung für einfache Verfahren für Intervalldaten . . . . .	219
8.8	Effektgrößen und Stichprobenumfang . . . . .	222
8.9	Optimaler Stichprobenumfang . . . . .	226
8.10	Inferenzstatistische Prüfverfahren der zentralen Tendenz . . . . .	228
8.11	Zusammenfassung . . . . .	229
8.12	Aufgaben . . . . .	230
<b>9</b>	<b>Einfache parametrische Testverfahren</b>	<b>233</b>
9.1	Ein Überblick über die parametrischen Testverfahren . . . . .	234
9.2	z-Test . . . . .	235
9.3	t-Test für eine Stichprobe . . . . .	237
9.4	t-Test für abhängige Stichproben . . . . .	239
9.5	Prüfung auf Varianzhomogenität bei unabhängigen Stichproben . . . . .	242
9.6	t-Test für homogene Varianzen . . . . .	244
9.7	t-Test für heterogene Varianzen . . . . .	246
9.8	Zusammenfassung . . . . .	249
9.9	Aufgaben . . . . .	249
<b>10</b>	<b>Nicht-parametrische Testverfahren</b>	<b>251</b>
10.1	Binomial-Test . . . . .	253
10.2	$\chi^2$ -Test . . . . .	255
10.3	McNemar-Test . . . . .	259
10.4	Q-Test von Cochran . . . . .	261
10.5	Mediantest . . . . .	264
10.6	U-Test von Mann-Whitney . . . . .	267
10.7	Vorzeichentest . . . . .	270
10.8	Vorzeichenrangtest von Wilcoxon . . . . .	271
10.9	H-Test von Kruskal & Wallis . . . . .	274
10.10	Friedman-Test . . . . .	276
10.11	Kolmogorov-Smirnow-Test . . . . .	279
10.12	Theoretischer Hintergrund der nicht-parametrischen Testverfahren . . . . .	280
10.13	Zusammenfassung . . . . .	281
10.14	Aufgaben . . . . .	282
<b>IV</b>	<b>Korrelation und Regression</b>	<b>285</b>
<b>11</b>	<b>Produkt-Moment-Korrelation</b>	<b>287</b>
11.1	Varianzadditionssatz . . . . .	287
11.2	Kovarianz . . . . .	289
11.3	Korrelation . . . . .	291
11.4	Determinationskoeffizient . . . . .	297
11.5	Mittelwerte von Korrelationen . . . . .	298
11.6	Signifikanztest für Korrelationskoeffizienten . . . . .	300

11.7	Konfidenzintervalle für Korrelationskoeffizienten . . . . .	302
11.8	Gleichheit von zwei Korrelationen . . . . .	303
11.9	Zusammenfassung . . . . .	305
11.10	Aufgaben . . . . .	305
<b>12</b>	<b>Weitere Korrelationskoeffizienten</b>	<b>307</b>
12.1	Überblick über die Korrelationskoeffizienten . . . . .	307
12.2	Spearman's Rangkorrelation . . . . .	310
12.3	Kendalls $\tau$ . . . . .	313
12.4	Punktbiseriale Korrelation . . . . .	316
12.5	Biseriale Korrelation . . . . .	317
12.6	Biseriale Rangkorrelation . . . . .	319
12.7	Punkt-tetrachorische Korrelation ( $\phi$ -Koeffizient) . . . . .	323
12.8	Tetrachorische Korrelation . . . . .	325
12.9	Polychorische Korrelation . . . . .	327
12.10	Odds Ratio und Yules Y . . . . .	327
12.11	v-Koeffizient . . . . .	329
12.12	Kontingenzkoeffizient CC . . . . .	330
12.13	Cramér's Index . . . . .	332
12.14	Zusammenfassung . . . . .	333
12.15	Aufgaben . . . . .	334
<b>13</b>	<b>Lineare Regression</b>	<b>337</b>
13.1	Kausale Zusammenhänge . . . . .	337
13.2	Herleitung der Regressionsgleichung . . . . .	339
13.3	Güte der Vorhersage . . . . .	344
13.4	Kreuzvalidierung . . . . .	348
13.5	Regressionseffekt . . . . .	350
13.6	Einengung der Streubreite . . . . .	351
13.7	Zusammenfassung . . . . .	352
13.8	Aufgaben . . . . .	353
<b>14</b>	<b>Multiple Korrelation und Multiple Regression</b>	<b>355</b>
14.1	Partialkorrelation $r_{xy.z}$ . . . . .	356
14.2	Semipartialkorrelation $r_{x(y.z)}$ . . . . .	358
14.3	Multiple Korrelation . . . . .	360
14.4	Verschiedene Formen korrelativer Zusammenhänge . . . . .	361
14.5	Multiple Regression . . . . .	366
14.6	Strategien bei der Multiplen Regression . . . . .	373
14.7	F-Test bei Multipler Korrelation und Regression . . . . .	377
14.8	Mediatoranalyse . . . . .	378
14.9	Moderatoranalyse . . . . .	381
14.10	Zusammenfassung . . . . .	398
14.11	Aufgaben . . . . .	399
<b>15</b>	<b>Logistische Regression</b>	<b>401</b>
15.1	Anwendung . . . . .	401
15.2	Regressionsgleichung . . . . .	402

15.3	Deviance und Likelihood-Ratio-Test . . . . .	405
15.4	Interpretation des Regressionskoeffizienten . . . . .	406
15.5	Güte der Vorhersage . . . . .	407
15.6	Multinomiale-logistische Regression und Firth-Regression . . . . .	410
15.7	Zusammenfassung . . . . .	411
15.8	Aufgaben . . . . .	412
<b>V</b>	<b>Varianzanalyse</b>	<b>413</b>
<b>16</b>	<b>Einfaktorielle Varianzanalyse mit festen Effekten</b>	<b>415</b>
16.1	Überblick über die Varianzanalyse . . . . .	415
16.2	Anwendung . . . . .	419
16.3	Modell I: Feste Effekte . . . . .	426
16.4	Hypothesen . . . . .	434
16.5	Quadratsummenzerlegung . . . . .	435
16.6	Mittlere Quadratsummen . . . . .	437
16.7	F-Test . . . . .	439
16.8	Kontraste . . . . .	447
16.9	Post-hoc-Tests . . . . .	453
16.10	Zusammenfassung . . . . .	458
16.11	Aufgaben . . . . .	459
<b>17</b>	<b>Zweifaktorielle Varianzanalyse mit festen Effekten</b>	<b>463</b>
17.1	Zweifaktorielle Versuchspläne . . . . .	464
17.2	Effekte bei der zweifaktoriellen Varianzanalyse . . . . .	465
17.3	Hypothesen . . . . .	469
17.4	Quadratsummenzerlegung . . . . .	470
17.5	Mittlere Abweichungsquadrate . . . . .	471
17.6	F-Tests . . . . .	474
17.7	Interaktionsformen . . . . .	475
17.8	Kontraste . . . . .	487
17.9	Post-hoc-Tests . . . . .	490
17.10	Drei- und mehrfaktorielle Varianzanalysen . . . . .	492
17.11	Zusammenfassung . . . . .	494
17.12	Aufgaben . . . . .	494
<b>18</b>	<b>Varianzanalyse mit festen und zufälligen Effekten</b>	<b>497</b>
18.1	Einfaktorielle Varianzanalyse mit zufälligen Effekten . . . . .	498
18.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse mit zufälligen Effekten . . . . .	505
18.3	Zweifaktorielle Varianzanalyse mit gemischten Effekten . . . . .	510
18.4	Dreifaktorielle Varianzanalysen . . . . .	518
18.5	Zusammenfassung . . . . .	524
18.6	Aufgaben . . . . .	525
<b>19</b>	<b>Varianzanalyse mit Messwiederholungen</b>	<b>527</b>
19.1	Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen . . . . .	527

19.2	Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen . . . . .	544
19.3	Dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung . . . . .	576
19.4	Zusammenfassung . . . . .	578
19.5	Aufgaben . . . . .	578
<b>20</b>	<b>Kovarianzanalyse</b>	<b>581</b>
20.1	Anwendung . . . . .	581
20.2	Bildhafte Vorstellung . . . . .	585
20.3	Zusammenfassung . . . . .	600
20.4	Aufgaben . . . . .	600
<b>21</b>	<b>Vertiefung der Varianzanalyse</b>	<b>601</b>
21.1	Mehr Theorie zur Varianzanalyse . . . . .	601
21.2	Problematik von Effektgrößen bei Varianzanalysen . . . . .	609
21.3	Multivariate Varianzanalyse . . . . .	612
21.4	Nested Designs . . . . .	614
21.5	Lateinische Quadrate . . . . .	620
21.6	Zusammenfassung . . . . .	622
<b>VI</b>	<b>Weitere multivariate Analysemethoden</b>	<b>623</b>
<b>22</b>	<b>Überblick über weitere Multivariate Verfahren</b>	<b>625</b>
22.1	Allgemeines . . . . .	625
22.2	Überblick . . . . .	626
22.3	Zusammenfassung . . . . .	630
<b>23</b>	<b>Faktorenanalyse</b>	<b>633</b>
23.1	Fragestellung und Überblick . . . . .	633
23.2	Explorative und konfirmatorische Faktorenanalyse . . . . .	635
23.3	Inhaltlicher Ablauf einer Faktorenanalyse . . . . .	636
23.4	Mathematische Grundlagen . . . . .	640
23.5	Zusammenfassung . . . . .	656
23.6	Aufgaben . . . . .	657
<b>24</b>	<b>Clusteranalyse</b>	<b>659</b>
24.1	Fragestellung und Überblick . . . . .	659
24.2	Inhaltlicher Ablauf . . . . .	660
24.3	Mathematische Grundlagen . . . . .	661
24.4	Zusammenfassung . . . . .	674
24.5	Aufgaben . . . . .	674
<b>25</b>	<b>Strukturgleichungsmodelle</b>	<b>677</b>
25.1	Fragestellung und Überblick . . . . .	677
25.2	Inhaltlicher Ablauf . . . . .	678
25.3	Mathematische Grundlagen . . . . .	685
25.4	Zusammenfassung . . . . .	689
25.5	Aufgaben . . . . .	689

<b>26 Diskriminanzanalyse</b>	<b>691</b>
26.1 Fragestellung und Überblick . . . . .	691
26.2 Inhaltlicher Ablauf . . . . .	692
26.3 Mathematische Grundlagen . . . . .	693
26.4 Zusammenfassung . . . . .	700
26.5 Aufgaben . . . . .	700
<b>27 Conjoint-Analyse</b>	<b>701</b>
27.1 Fragestellung und Überblick . . . . .	701
27.2 Inhaltlicher Ablauf . . . . .	701
27.3 Mathematische Grundlagen . . . . .	702
27.4 Zusammenfassung . . . . .	705
27.5 Aufgaben . . . . .	706
<b>28 Multidimensionale Skalierung</b>	<b>707</b>
28.1 Fragestellung und Überblick . . . . .	707
28.2 Inhaltlicher Ablauf . . . . .	708
28.3 Mathematische Grundlagen . . . . .	709
28.4 Zusammenfassung . . . . .	713
28.5 Aufgaben . . . . .	713
<b>29 Noch mehr Multivariate Verfahren</b>	<b>715</b>
29.1 Kanonische Korrelation . . . . .	715
29.2 Zeitreihenanalyse . . . . .	718
29.3 Kontingenzanalyse . . . . .	724
29.4 Neuronale Netze . . . . .	726
29.5 Zusammenfassung . . . . .	727
<b>VII Anhang</b>	<b>729</b>
<b>A Mathematische Grundlagen</b>	<b>731</b>
A.1 Das Rechnen mit dem Summenzeichen $\Sigma$ . . . . .	731
A.2 Matrizenrechnung . . . . .	734
A.3 Erwartungswerte . . . . .	738
A.4 Zusammenfassung . . . . .	744
A.5 Aufgaben . . . . .	744
<b>B Zeichenerklärung und Tabellen</b>	<b>747</b>
<b>C Lösungen der Übungsaufgaben</b>	<b>781</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>817</b>
<b>Index</b>	<b>821</b>