

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Verteilungen</b>	<b>9</b>
2.1 Datenaufbereitung und empirische Häufigkeitsverteilung . . . . .	9
2.2 Absolute, relative und prozentuale Häufigkeiten . . . . .	11
2.3 Präsentation von empirischen Verteilungen . . . . .	14
2.4 Gliederung einer Verteilung . . . . .	17
2.5 Klassierung von Daten . . . . .	22
2.6 Verteilungsverläufe . . . . .	26
2.7 Normalverteilungen . . . . .	29
<b>3 Das Skalenniveau von Merkmalen</b>	<b>33</b>
<b>4 Kennzeichnung des Zentrums</b>	<b>37</b>
4.1 Zentrale Tendenz bei intervallskalierten Merkmalen . . . . .	37
4.2 Zentrale Tendenz bei ordinalskalierten Merkmalen . . . . .	44
4.3 Zentrale Tendenz bei nominalskalierten Merkmalen . . . . .	46
<b>5 Kennzeichnung der Variabilität</b>	<b>49</b>
5.1 Variabilität intervallskalierter Merkmale . . . . .	50
5.2 Variabilität ordinalskalierter Merkmale . . . . .	55
5.3 Schiefe und Wölbung . . . . .	56
<b>6 Einsatz des Analysesystems IBM SPSS Statistics</b>	<b>59</b>
6.1 Datenerfassung und Analyseanforderung . . . . .	59
6.2 Anzeige von Analyseergebnissen . . . . .	62
6.3 Auswahl, Klassierung und Sicherung . . . . .	68

---

<b>7 Standardisierung und Normalverteilung</b>	<b>73</b>
7.1 Prozentränge und Profil-Diagramme . . . . .	73
7.2 Die z-Transformation . . . . .	77
7.3 Inverse z-Transformation und Flächengleichheit . . . . .	82
7.4 Prüfung auf Normalverteilung . . . . .	85
7.5 Bildung von Gesamt-Indikatoren . . . . .	88
<b>8 Statistische Beziehungen</b>	<b>91</b>
8.1 Statistische Abhängigkeit und statistische Unabhängigkeit . . . . .	91
8.2 Kontingenz-Tabellen . . . . .	94
8.3 Partial-Tabellen . . . . .	99
8.4 Boxplots . . . . .	102
8.5 Stärke und Richtung von statistischen Zusammenhängen . . . . .	103
<b>9 Die Stärke des statistischen Zusammenhangs bei nominalskalierten Merkmalen</b>	<b>105</b>
9.1 Der Chi-Quadrat-Koeffizient . . . . .	105
9.2 Der Phi-Koeffizient für 2x2-Tabellen . . . . .	108
9.3 Der Koeffizient “Cramér’s V” für rxc-Tabellen . . . . .	111
9.4 Der Kontingenz-Koeffizient “C” . . . . .	111
9.5 PRE-Maße . . . . .	112
9.6 Das PRE-Maß “Lambda” . . . . .	114
9.7 Das PRE-Maß “Tau” . . . . .	117
<b>10 Die Stärke des statistischen Zusammenhangs bei ordinalskalierten Merkmalen</b>	<b>119</b>
10.1 Konkordante und diskordante Paare . . . . .	119
10.2 Die Statistik “Gamma” . . . . .	124
10.3 Die Statistik “Somers’ d” . . . . .	129
10.4 Die Kendall’schen Statistiken . . . . .	131
<b>11 Die Stärke des statistischen Zusammenhangs bei intervallskalierten Merkmalen</b>	<b>133</b>
11.1 Streudiagramme und gemeinsame Variation . . . . .	133
11.2 Die Regressionsgerade . . . . .	138
11.3 Das PRE-Maß “Determinationskoeffizient” . . . . .	143
11.4 Der Produktmoment-Korrelationskoeffizient “r” . . . . .	147
11.5 Trennschärfe und Regression zum Mittel . . . . .	150

---

<b>12 Weitere Statistiken zur Beschreibung von statistischen Beziehungen</b>	<b>153</b>
12.1 Der Rangkorrelationskoeffizient von Spearman . . . . .	153
12.2 Statistiken zur Beschreibung der Ähnlichkeit von Merkmalsträgern . . . . .	156
12.2.1 Der Konkordanzkoeffizient von Kendall . . . . .	156
12.2.2 Der Kappa-Koeffizient von Cohen . . . . .	160
12.3 Der Korrelationskoeffizient “Eta” und der punkt-biseriale Korrelationskoeffizient . . . . .	162
12.3.1 Nichtlineare Abhängigkeiten . . . . .	162
12.3.2 Die Statistik “Eta-Quadrat” . . . . .	163
12.3.3 PRE-Modell-Erklärung von “Eta-Quadrat” . . . . .	165
12.3.4 Der punkt-biseriale Korrelationskoeffizient . . . . .	167
12.4 Mittelwertunterschiede und Korrelation . . . . .	168
<b>13 Kontrolle von statistischen Beziehungen</b>	<b>179</b>
13.1 Scheinkorrelationen und multivariate Zusammenhänge . . . . .	179
13.2 Die partielle Korrelation . . . . .	184
<b>14 Multivariate Datenanalyse</b>	<b>189</b>
14.1 Lineare Einfachregression und lineare Mehrfachregression . . . . .	189
14.1.1 Modell der “Linearen Einfachregression” . . . . .	189
14.1.2 Modell der “Linearen Mehrfachregression” . . . . .	190
14.1.3 Vektoren und Matrizen . . . . .	193
14.1.4 Bestimmung der Regressionskoeffizienten . . . . .	200
14.1.5 Probleme bei der Berechnung von Regressionskoeffizienten	205
14.2 Faktorenanalyse . . . . .	209
14.2.1 Das Hauptachsen-Modell und das Hauptkomponenten-Modell . . . . .	209
14.2.2 Matrix-Darstellung und Fundamentaltheorem . . . . .	213
14.2.3 Bestimmung der Komponenten-Matrix durch die Hauptachsen-Methode . . . . .	216
14.2.4 Die Extraktion von Faktoren . . . . .	221
14.2.5 Rotation zur Einfachstruktur . . . . .	224
14.2.6 Schiefwinklige Rotation . . . . .	228
<b>15 Zufallsstichproben</b>	<b>231</b>

<b>16 Prüfung der statistischen Beziehung und der Anpassung (<math>\chi^2</math>-Test)</b>	<b>243</b>
16.1 Nullhypothesen und Alternativhypothesen	243
16.2 Prüfung der statistischen Beziehung mit einem $\chi^2$ -Test	245
16.3 Die Testverteilung " $\chi^2(df)$ "	255
16.4 Durchführung des $\chi^2$ -Tests zur Prüfung der statistischen Beziehung	260
16.5 Fehlerarten bei der Test-Entscheidung	264
16.6 Die Prüfung von Verteilungseigenschaften mit einem $\chi^2$ -Test ( $\chi^2$ -Anpassungstest)	271
16.7 Signifikanz-Tests und Kreuzvalidierung	276
<b>17 Prüfung von Zentren (z-Test, t-Test)</b>	<b>279</b>
17.1 Nullhypothesen über Parameter	279
17.1.1 Parameter der Grundgesamtheit	279
17.1.2 Beispiele für Nullhypothesen	280
17.1.3 Parametrische und nichtparametrische Signifikanz-Tests	282
17.2 Der einseitige z-Test zur Prüfung einer Mitte	283
17.2.1 Die Normalverteilung als Testverteilung	283
17.2.2 Null- und Alternativhypothese	284
17.2.3 Durchführung des z-Tests (als einseitiger z-Test)	289
17.2.4 Der Fehler 2. Art (beim einseitigen z-Test)	292
17.2.5 Die Operationscharakteristik- und die Power-Kurve	295
17.3 Der zweiseitige z-Test zur Prüfung einer Mitte	299
17.3.1 Durchführung des z-Tests (als zweiseitiger Test)	299
17.3.2 Der Fehler 2. Art (beim zweiseitigen z-Test)	302
17.4 Der z-Test zur Prüfung einer Mitte (für einen beliebigen Stichprobenumfang)	303
17.4.1 Die Teststatistik $\bar{X}$	303
17.4.2 Strategie der Testdurchführung	305
17.4.3 Durchführung eines ein- und eines zweiseitigen z-Tests	306
17.4.4 Vergleich der Teststärken von ein- und zweiseitigen z-Tests	307
17.4.5 Durchführung eines z-Tests bei unbekannter Streuung	309
17.4.6 Verletzung der Test-Voraussetzungen beim z-Test	311
17.5 Der t-Test zur Prüfung einer Mitte	312
17.5.1 Test-Voraussetzungen und Teststatistik	312
17.5.2 Durchführung eines ein- und eines zweiseitigen t-Tests	315
17.6 Zusammenfassung	317

---

<b>18 Optimaler Stichprobenumfang und Effektgröße</b>	<b>319</b>
18.1 Probleme bei zu großem bzw. zu geringem Stichprobenumfang . . . . .	319
18.2 Kontrolle des Fehlers 2. Art . . . . .	323
18.3 Indifferenzbereich und optimaler Stichprobenumfang . . . . .	326
18.4 Effektgrößen und a-priori-Poweranalysen . . . . .	328
18.5 Bestimmung optimaler Stichprobenumfänge beim t-Test . . . . .	335
18.6 Durchführung von Post-hoc-Analysen . . . . .	339
18.7 Effektgröße und optimaler Stichprobenumfang beim $\chi^2$ -Test . . . . .	346
18.8 Statistische Testtheorien . . . . .	351
<b>19 Schätzung von Parametern und Ermittlung von Konfidenzintervallen</b>	<b>355</b>
19.1 Schätzung von Parametern . . . . .	355
19.1.1 Schätzung der Mitte . . . . .	355
19.1.2 Schätzung der Populations-Varianz . . . . .	356
19.1.3 Eigenschaften der Schätzstatistik $\bar{X}$ . . . . .	357
19.2 Ermittlung von Konfidenzintervallen . . . . .	358
19.2.1 Signifikanz-Test und Akzeptanzbereich . . . . .	359
19.2.2 Konstruktion von Konfidenzintervallen . . . . .	360
19.2.3 Berechnung von Konfidenzintervallen für die Mitte . . . . .	363
19.2.4 Berechnung von Mindest-Stichprobenumfängen . . . . .	366
19.2.5 Eigenschaften von Konfidenzintervallen . . . . .	367
19.3 Prüfung von Nullhypotesen durch die Berechnung von Konfidenzintervallen . . . . .	369
19.3.1 Konfidenzintervall für den Korrelationskoeffizienten “ $\rho$ ” .	369
19.3.2 Signifikanz-Test zur Prüfung des Korrelationskoeffizienten “ $\rho$ ” und Bestimmung des optimalen Stichprobenumfangs .	371
19.3.3 Konfidenzintervall für den Prozentsatz “ $\pi$ ” . . . . .	374
19.3.4 Signifikanz-Test zur Prüfung des Prozentsatzes “ $\pi$ ” und Bestimmung des optimalen Stichprobenumfangs . . . . .	375
<b>20 Parametrische Prüfung auf Unterschiede</b>	<b>377</b>
20.1 Treatment-Effekte und Untersuchungspläne . . . . .	377
20.1.1 Kontrollgruppenplan . . . . .	378
20.1.2 Unabhängige Stichproben . . . . .	378
20.1.3 Nullhypothese . . . . .	379
20.1.4 Mittelwertdifferenz und Variation . . . . .	379

---

20.1.5 Abhängige Stichproben . . . . .	381
20.1.6 Paarbildung und Randomisierung . . . . .	382
20.2 t-Test für abhängige Stichproben . . . . .	383
20.2.1 Nullhypothese und Teststatistik . . . . .	384
20.2.2 Testdurchführung (mit dem IBM SPSS Statistics-System) . . . . .	385
20.2.3 Der “Vortest-Nachtest-Plan” . . . . .	387
20.2.4 Poweranalyse beim abhängigen t-Test . . . . .	389
20.3 t-Test für unabhängige Stichproben . . . . .	392
20.3.1 Teststatistiken . . . . .	392
20.3.2 Testdurchführung (mit dem IBM SPSS Statistics-System) . . . . .	394
20.3.3 Poweranalyse beim unabhängigen t-Test . . . . .	398
20.4 Prüfung der Varianzhomogenität bei unabhängigen Stichproben durch den Levene-Test . . . . .	401
20.5 Prüfung der Varianzhomogenität bei unabhängigen Stichproben durch einen F-Test . . . . .	403
20.5.1 Nullhypothese und Teststatistik . . . . .	403
20.5.2 Bestimmung des Akzeptanzbereichs . . . . .	404
20.5.3 Inferenzschluss beim F-Test . . . . .	406
20.5.4 Testdurchführung . . . . .	406
<b>21 Nichtparametrische Prüfung auf Unterschiede</b>	<b>409</b>
21.1 Nichtparametrische und parametrische Tests . . . . .	409
21.2 Test für zwei unabhängige Stichproben (U-Test von Mann-Whitney) . . . . .	411
21.2.1 Nullhypothese, Teststatistik und kritische Werte . . . . .	411
21.2.2 Testdurchführung . . . . .	415
21.3 Test für zwei abhängige Stichproben (Wilcoxon-Test) . . . . .	419
21.3.1 Nullhypothese, Teststatistik und kritische Werte . . . . .	419
21.3.2 Testdurchführung . . . . .	422
<b>22 Varianzanalyse</b>	<b>425</b>
22.1 Statistische Beziehungen . . . . .	425
22.2 Voraussetzungen und Nullhypothese der Varianzanalyse . . . . .	427
22.3 Zerlegung der Gesamt-Stichprobenvariation . . . . .	428
22.4 Der F-Test der Varianzanalyse . . . . .	430
22.5 Durchführung des F-Tests . . . . .	433

22.6 Vergleiche einzelner Faktorstufen . . . . .	435
22.7 Überprüfung der Voraussetzungen der Varianzanalyse . . . . .	439
22.8 Poweranalyse bei der 1-faktoriellen Varianzanalyse . . . . .	440
22.9 Weitere Mehrstichprobenvergleiche . . . . .	447
22.9.1 Der H-Test von Kruskal-Wallis für unabhängige Stichproben	448
22.9.2 Varianzanalyse für abhängige Stichproben . . . . .	450
22.9.3 Poweranalyse bei der Varianzanalyse für abhängige Stichproben . . . . .	453
22.9.4 Friedman'sche Rangvarianzanalyse für abhängige Stichproben . . . . .	458
22.9.5 Signifikanz-Tests im Rahmen der 2-faktoriellen Varianz- analyse . . . . .	460
22.9.6 Poweranalyse bei der 2-faktoriellen Varianzanalyse . . . .	470
<b>Anhang</b>	<b>481</b>
A.1 Kodierung des Fragebogens . . . . .	481
A.2 Flächenanteile der Standardnormalverteilung . . . . .	482
A.3 Das empirische und das numerische Relativ . . . . .	484
A.4 Wahrscheinlichkeiten . . . . .	487
A.5 Zentrum und Dispersion von theoretischen Verteilungen . . . . .	497
A.6 Zufallszahlen-Tafel . . . . .	500
A.7 Kritische Werte bei $\chi^2$ -Verteilungen . . . . .	502
A.8 Kritische Werte bei t-Verteilungen . . . . .	502
A.9 Kritische Werte bei F-Verteilungen . . . . .	503
A.10 Optimale Stichprobenumfänge . . . . .	507
A.11 Kritische Werte für den U-Test . . . . .	509
A.12 Kritische Werte für den Wilcoxon-Test . . . . .	510
A.13 Datenbasis . . . . .	510
A.14 Werte der inversen Fisher'schen z-Transformation . . . . .	513
A.15 Dialog-orientierte Anforderung einer Häufigkeitsauszählung vom IBM SPSS Statistics-System . . . . .	514
A.16 Dialog-orientierte Veränderung und Ergänzung der Daten-Tabelle . . . . .	524
A.17 Dialog-orientierte Auswahl von Fällen . . . . .	539
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>545</b>
<b>Index</b>	<b>547</b>