

**Wolf-Michael Kahler**

# **Statistische Datenanalyse**

**Verfahren verstehen und  
mit SPSS gekonnt einsetzen**

3., völlig neubearbeitete Auflage

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Verteilungen</b>	<b>7</b>
2.1	Datenaufbereitung und empirische Häufigkeitsverteilung . . . . .	7
2.2	Absolute, relative und prozentuale Häufigkeiten. . . . .	9
2.3	Präsentation von empirischen Verteilungen. . . . .	11
2.4	Gliederung einer Verteilung . . . . .	14
2.5	Klassierung von Daten. . . . .	18
2.6	Verteilungsverläufe . . . . .	22
2.7	Normalverteilungen. . . . .	24
<b>3</b>	<b>Das Skalenniveau von Merkmalen</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>Kennzeichnung des Zentrums</b>	<b>33</b>
4.1	Zentrale Tendenz bei intervallskalierten Merkmalen. . . . .	33
4.2	Zentrale Tendenz bei ordinalskalierten Merkmalen. . . . .	37
4.3	Zentrale Tendenz bei nominalskalierten Merkmalen. . . . .	39
<b>5</b>	<b>Kennzeichnung der Variabilität</b>	<b>41</b>
5.1	Variabilität intervallskalierter Merkmale. . . . .	42
5.2	Variabilität ordinalskalierter Merkmale. . . . .	46
5.3	Schiefe und Wölbung. . . . .	47
<b>6</b>	<b>Einsatz des Datenanalyzesystems SPSS</b>	<b>49</b>
6.1	Datenerfassung und Analyseanforderung. . . . .	49
6.2	Anzeige von Analyseergebnissen. . . . .	52
6.3	Auswahl, Klassierung und Sicherung . . . . .	57
<b>7</b>	<b>Vergleich von Merkmalsausprägungen</b>	<b>61</b>
7.1	Prozentränge. . . . .	61
7.2	Die z-Transformation. . . . .	64
7.3	Inverse z-Transformation und Flächengleichheit. . . . .	68
7.4	Prüfung auf Normal Verteilung. . . . .	71
7.5	Bildung von Gesamt-Indikatoren. . . . .	74

<b>8</b>	<b>Statistische Beziehungen</b>	<b>77</b>
8.1	Statistische Abhängigkeit und statistische Unabhängigkeit . . . . .	77
8.2	Kontingenz-Tabellen . . . . .	80
8.3	Partial-Tabellen . . . . .	84
8.4	Boxplots. . . . .	86
8.5	Stärke des statistischen Zusammenhangs. . . . .	88
<b>9</b>	<b>Die Stärke des statistischen Zusammenhangs bei nominalskalierten Merkmalen</b>	<b>89</b>
9.1	Der Chi-Quadrat-Koeffizient . . . . .	89
9.2	Der Phi-Koeffizient für 2x2-Tabellen. . . . .	92
9.3	Der Koeffizient "Cramer's V" für rxc-Tabellen. . . . .	94
9.4	Der Kontingenz-Koeffizient "C". . . . .	95
9.5	PRE-Maße. . . . .	96
9.6	Das PRE-Maß "Lambda". . . . .	98
<b>10</b>	<b>Die Stärke des statistischen Zusammenhangs bei ordinalskalierten Merkmalen</b>	<b>101</b>
10.1	Konkordante und diskordante Paare. . . . .	101
10.2	Die Statistik "Gamma". . . . .	106
10.3	Die Statistik "Somers'd". . . . .	110
10.4	Die Kendall'schen Statistiken. . . . .	111
<b>11</b>	<b>Die Stärke des statistischen Zusammenhangs bei intervallskalierten Merkmalen</b>	<b>113</b>
11.1	Streudiagramme und Kennzeichnung der gemeinsamen Variation. . . . .	113
11.2	Die Regressionsgerade. . . . .	117
11.3	Das PRE-Maß "Determinationskoeffizient". . . . .	121
11.4	Der Produktmoment-Korrelationskoeffizient "r". . . . .	125
11.5	Trennschärfe und Regression zum Mittel. . . . .	127
<b>12</b>	<b>Weitere Statistiken zur Beschreibung von statistischen Beziehungen</b>	<b>129</b>
12.1	Der Rangkorrelationskoeffizient von Spearman. . . . .	129
12.2	Statistiken zur Beschreibung der Ähnlichkeit von Merkmalsträgern. . . . .	132
12.2.1	Der Konkordanzkoeffizient von Kendali. . . . .	132
12.2.2	Der Kappa-Koeffizient von Cohen. . . . .	136
12.3	Der Korrelationskoeffizient "Eta" und der punkt-biseriale Korrelationskoeffizient. . . . .	138
12.3.1	Nichtlineare Abhängigkeiten. . . . .	138
12.3.2	Die Statistik "Eta-Quadrat". . . . .	139
12.3.3	PRE-Modell-Erklärung von "Eta-Quadrat". . . . .	141
12.3.4	Der punkt-biseriale Korrelationskoeffizient. . . . .	143
12.4	Mittelwertunterschiede und Korrelation. . . . .	144

---

<b>13 Kontrolle von statistischen Beziehungen</b>	<b>153</b>
13.1 Scheinkorrelationen und multivariate Zusammenhänge . . . . .	153
13.2 Die partielle Korrelation . . . . .	155
<b>14 Multivariate Datenanalyse</b>	<b>161</b>
14.1 Lineare Einfachregression und lineare Mehrfachregression. . . . .	161
14. .1 Modell der "Linearen Einfachregression". . . . .	161
14. .2 Modell der "Linearen Mehrfachregression". . . . .	162
14. .3 Vektoren und Matrizen. . . . .	164
14. .4 Bestimmung der Regressionskoeffizienten . . . . .	170
14. .5 Probleme bei der Berechnung von Regressionskoeffizienten. . . . .	174
14.2 Faktorenanalyse . . . . .	178
14.2.1 Das Hauptachsen-Modell und das Hauptkomponenten-Modell. . . . .	178
14.2.2 Matrix-Darstellung und Fundamentaltheorem . . . . .	182
14.2.3 Bestimmung der Komponenten-Matrix durch die Hauptachsen-Methode	184
14.2.4 Die Extraktion von Faktoren. . . . .	189
14.2.5 Rotation zur Einfachstruktur. . . . .	192
<b>15 Zufallsstichproben</b>	<b>195</b>
<b>16 Prüfung der statistischen Beziehung und der Anpassung (<math>\chi^2</math>-Test)</b>	<b>205</b>
16.1 Nullhypothesen und Alternativhypothesen. . . . .	205
16.2 Prüfung der statistischen Beziehung mit einem $\chi^2$ -Test . . . . .	207
16.3 Die Testverteilung " $\chi^2(d/)$ ". . . . .	216
16.4 Durchführung des $\chi^2$ -Tests zur Prüfung der statistischen Beziehung . . . . .	221
16.5 Fehlerarten bei der Test-Entscheidung . . . . .	224
16.6 Die Prüfung von Verteilungseigenschaften mit einem $\chi^2$ -Test ( $X^2$ -Anpassungstest). . . . .	231
16.7 Signifikanz-Tests und Kreuzvalidierung. . . . .	235
<b>17 Prüfung von Zentren (z-Test, t-Test)</b>	<b>237</b>
17.1 Nullhypothesen über Parameter. . . . .	237
17.1.1 Parameter der Grundgesamtheit . . . . .	237
17.1.2 Beispiele für Nullhypothesen . . . . .	237
17.1.3 Parametrische und nichtparametrische Signifikanz-Tests. . . . .	239

17.2 Der einseitige z-Test zur Prüfung einer Mitte . . . . .	241
17.2.1 Die Normal Verteilung als Testverteilung . . . . .	241
17.2.2 Null-und Alternativhypothese. . . . .	242
17.2.3 Durchführung des z-Tests (als einseitiger z-Test). . . . .	246
17.2.4 Der Fehler 2. Art (beim einseitigen z-Test). . . . .	248
17.2.5 Die Operationscharakteristik-und die Power-Kurve. . . . .	251
17.3 Der zweiseitige z-Test zur Prüfung einer Mitte . . . . .	254
17.3.1 Durchführung des z-Tests (als zweiseitiger Test). . . . .	254
17.3.2 Der Fehler 2. Art (beim zweiseitigen z-Test). . . . .	257
17.4 Der z-Test zur Prüfung einer Mitte (für einen beliebigen Stichprobenumfang) .	258
17.4.1 Die Teststatistik $X$ . . . . .	258
17.4.2 Strategie der Testdurchführung. . . . .	260
17.4.3 Beispiel für die Durchführung eines einseitigen z-Tests. . . . .	261
17.4.4 Beispiel für die Durchführung eines zweiseitigen z-Tests. . . . .	261
17.4.5 Durchführung eines z-Tests bei unbekannter Streuung . . . . .	262
17.4.6 Verletzung der Test-Voraussetzungen beim z-Test. . . . .	264
17.5 Der t-Test zur Prüfung einer Mitte. . . . .	266
17.5.1 Test-Voraussetzungen und Teststatistik . . . . .	266
17.5.2 Durchführung eines einseitigen t-Tests. . . . .	268
17.5.3 Durchführung eines zweiseitigen t-Tests. . . . .	269
17.6 Optimaler Stichprobenumfang und Effektgröße. . . . .	270
17.7 Zusammenfassung . . . . .	278
<b>18 Schätzung von Parametern und Ermittlung von Konfidenzintervallen</b>	<b>279</b>
18.1 Schätzung von Parametern . . . . .	279
18.1.1 Schätzung der Mitte. . . . .	279
18.1.2 Schätzung der Populations-Varianz . . . . .	280
18.1.3 Eigenschaften der Schätzstatistik $X$ . . . . .	281
18.2 Ermittlung von Konfidenzintervallen. . . . .	282
18.2.1 Signifikanz-Test und Akzeptanzbereich . . . . .	282
18.2.2 Konstruktion von Konfidenzintervallen. . . . .	283
18.2.3 Berechnung von Konfidenzintervallen für die Mitte. . . . .	286
18.2.4 Berechnung von Mindest-Stichprobenumfängen. . . . .	288
18.2.5 Eigenschaften von Konfidenzintervallen. . . . .	290
18.3 Prüfung von Nullhypothesen durch die Berechnung von Konfidenzintervallen .	291
18.3.1 Konfidenzintervall für den Korrelationskoeffizienten " $\rho$ ". . . . .	291
18.3.2 Konfidenzintervall für den Prozentsatz $V$ . . . . .	293

<b>19 Parametrische Prüfung auf Unterschiede</b>	<b>295</b>
19.1 Treatment-Effekte und Untersuchungspläne . . . . .	295
19.1.1 Kontrollgruppenplan . . . . .	296
19.1.2 Unabhängige Stichproben . . . . .	296
19.1.3 Nullhypothese . . . . .	297
19.1.4 Mittelwertdifferenz und Variation . . . . .	297
19.1.5 Abhängige Stichproben . . . . .	298
19.1.6 Paarbildung und Randomisierung . . . . .	299
19.2 t-Test für abhängige Stichproben . . . . .	301
19.2.1 Nullhypothese und Teststatistik . . . . .	301
19.2.2 Testdurchführung (mit SPSS) . . . . .	302
19.2.3 Der "Vortest-Nachtest-Plan" . . . . .	304
19.3 t-Test für unabhängige Stichproben . . . . .	306
19.3.1 Teststatistiken . . . . .	306
19.3.2 Testdurchführung (mit SPSS) . . . . .	308
19.4 Prüfung der Varianzhomogenität bei unabhängigen Stichproben durch den Levene-Test . . . . .	312
19.5 Prüfung der Varianzhomogenität bei unabhängigen Stichproben durch einen F-Test . . . . .	313
19.5.1 Nullhypothese und Teststatistik . . . . .	313
19.5.2 Bestimmung des Akzeptanzbereichs . . . . .	314
19.5.3 Inferenzschluss beim F-Test . . . . .	315
19.5.4 Testdurchführung . . . . .	316
<b>20 Nichtparametrische Prüfung auf Unterschiede</b>	<b>317</b>
20.1 Nichtparametrische und parametrische Tests . . . . .	317
20.2 Test für zwei unabhängige Stichproben (U-Test von Mann-Whitney) . . . . .	318
20.2.1 Nullhypothese, Teststatistik und kritische Werte . . . . .	318
20.2.2 Testdurchführung . . . . .	322
20.3 Test für zwei abhängige Stichproben (Wilcoxon-Test) . . . . .	325
20.3.1 Nullhypothese, Teststatistik und kritische Werte . . . . .	325
20.3.2 Testdurchführung . . . . .	328

<b>21 Varianzanalyse</b>	<b>331</b>
21.1 Statistische Beziehungen	331
21.2 Voraussetzungen und Nullhypothese der Varianzanalyse	332
21.3 Zerlegung der Gesamt-Stichprobenvariation	334
21.4 Der F-Test der Varianzanalyse	336
21.5 Durchführung des F-Tests	338
21.6 Vergleiche einzelner Faktorstufen	340
21.7 Überprüfung der Voraussetzungen der Varianzanalyse	343
21.8 Weitere Mehrstichprobenvergleiche	344
21.8.1 Der H-Test von Kruskal-Wallis für unabhängige Stichproben	345
21.8.2 Varianzanalyse für abhängige Stichproben	346
21.8.3 Friedman'sche Rangvarianzanalyse für abhängige Stichproben	349
<b>Anhang</b>	<b>351</b>
A.1 Kodierung des Fragebogens	351
A.2 Flächenanteile der Standardnormalverteilung	352
A.3 Das empirische und das numerische Relativ	354
A.4 Wahrscheinlichkeiten	356
A.5 Zentrum und Dispersion von theoretischen Verteilungen	363
A.6 Zufallszahlen-Tafel	366
A.7 Kritische Werte bei $\chi^2$ -Verteilungen	368
A.8 Kritische Werte bei t-Verteilungen	368
A.9 Kritische Werte bei F-Verteilungen	369
A. 10 Kritische Werte für den U-Test	373
A. 11 Kritische Werte für den Wilcoxon-Test	374
A. 12 Optimale Stichprobenumfänge	374
A. 13 Werte der inversen Fisher'schen z-Transformation	375
A. 14 Datenbasis	375
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>378</b>
<b>Index</b>	<b>379</b>