

Wolf-Michael Kahler

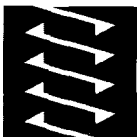
# Statistische Datenanalyse

Verfahren verstehen und mit SPSS gekonnt einsetzen

6., verbesserte und erweiterte Auflage

Mit 345 Abbildungen

STUDIUM



VIEWEG+  
TEUBNER

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>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</b>	<b>Das Skalenniveau von Merkmalen</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>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 nominal skalierten Merkmalen. . . . .	46
<b>5</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>Statistische Beziehungen</b>	<b>91</b>
8.1	Statistische Abhängigkeit und statistische Unabhängigkeit	91
8.2	Kontingenz-Tabelle	94
8.3	Partiell-Tabellen	99
8.4	Boxplots	102
8.5	Stärke und Richtung von statistischen Zusammenhängen	103
<b>9</b>	<b>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 "Cramer'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</b>	<b>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</b>	<b>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. . . . .	279
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 Operation.scharakterist.k- 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 $X$ . . . . .	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 Nullhypothesen durch die Berechnung von Konfidenz- intervallen. . . . .	369
19.3.1 Konfidenzintervall für den Korrelationskoeffizienten " $r$ ". . .	369
19.3.2 Signifikanz-Test zur Prüfung des Korrelationskoeffizienten " $r$ " und Bestimmung des optimalen Stichprobenumfangs .	371
19.3.3 Konfidenzintervall für den Prozentsatz " $p$ ". . . . .	374
19.3.4 Signifikanz-Test zur Prüfung des Prozentsatzes " $p$ " 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 . . . . .	405
20.5.4	Testdurchführung. . . . .	406
<b>21</b>	<b>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)	41.1
21.2.1	Nullhypothese, Teststatistik und kritische Werte $\hat{\cdot}$ . . . . .	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</b>	<b>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

## **Anhang** **481**

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 Disperston 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
<b>A.11</b>	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

## **Literaturverzeichnis** **545**

## **Index** **547**