

**Wolf-Michael Kahler**

# **Statistische Datenanalyse**

**Verfahren verstehen und  
mit SPSS gekonnt einsetzen**

5., verbesserte und erweiterte Auflage

Mit 292 Abbildungen



# 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
5.4	Zusammenfassung	57
<b>6</b>	<b>Einsatz des Datenanalyseystems SPSS</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 Normal Verteilung . . . . .	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 "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 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 "Spearman's 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

12 Weitere Statistiken	
12.1 Der Rang	
12.2 Statistiken	
12.2.1	
12.2.2	
12.3 Der Kontingenzkoeffizient	
12.3.1	
12.3.2	
12.3.3	
12.3.4	
12.4 Mittelwert	
13 Kontrolle von	
13.1 Scheinkorrelation	
13.2 Die partielle	
14 Multivariate	
14.1 Lineare	
14.1.1	
14.1.2	
14.1.3	
14.1.4	
14.1.5	
14.2 Faktoren	
14.2.1	
14.2.2	
14.2.3	
14.2.4	
14.2.5	
14.2.6	
15 Zufallsstich	

<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 Kendali . . . . .	.156
, . . ,12.2.2 Der Kappa-Kpeffizient von Cohen . . . . .	160
12.3 Der Korrelationskoeffizient "Eta" und der punkt-biseriale Korrelati-	
onskoeffizient . . . . .	.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
f 14.2.1 Das Hauptachsen-Modell und das Hauptkomponenten-	
Modell . . ' . . . . .	209
14.2.2 Matrix-Darstellung und Fundamentaltheorem . . . . .	213
14.2.3 Bestiinmung der Komponenten-Matrix durch die	
Hauptachtetyylethode . . . . .	216
14.2.4 Die Extraktion von Faktoren . . . . .	221
14.2.5 Rotation zur Einfachstruktur. . . . .	224
14.2.6' Schiefwinklige Rotation . . . . .	228
<b>15 Zufallsstichpfoben</b>	<b>231</b>

<b>16 Prüfung der statistischen Beziehung und der Anpassung (<math>\chi^2</math>-Test)</b>	<b>243</b>	<b>18 Optimaler!</b>
16.1 Nullhypothesen und Alternativhypothesen . . . . .	243	• 18.1 Problem
16.2 Prüfung der statistischen Beziehung mit einem $\chi^2$ -Test: . . . . .	245	18.2 Kontrolle
16.3 Die Testverteilung " $\chi^2(d/)$ " . . . . .	255	18.3 Indifferenz
16.4 Durchführung des $\chi^2$ -Tests zur Prüfung der statistischen Beziehung	260	18.4 Effektivität
16.5 Fehlerarten bei der Test-Entscheidung . . . . .	264	18.5 Bestimmung
16.6 Die Prüfung von Verteilungseigenschaften mit einem $\chi^2$ -Test ( $\chi^2$ -Anpassungstest) . . . . .	271	18.6 Durchführung
16.7 Signifikanz-Tests und Kreuzvalidierung . . . . .	276	18.7 Effekt
		18.8 Statistik
<b>17 Prüfung von Zentren (z-Test, t-Test)</b>	<b>279</b>	<b>19 Schätzung</b>
17.1 Nullhypothesen über Parameter . . . . .	279	19.1 Schätzung
17.1.1 Parameter der Grundgesamtheit . . . . .	279	19.1.1
17.1.2 Beispiele für Nullhypothesen . . . . .	280	19.1.2
17.1.3 Parametrische und nichtparametrische Signifikanz-Tests . . . . .	282	19.1.3
17.2 Der einseitige z-Test zur Prüfung einer Mitte. . . . .	283	19.2 Ermittlung
• 17.2.1 Die Normalverteilung als Testverteilung . . . . .	283	19.2.1
17.2.2 Null- und Alternativhypothese . . . . .	284	19.2.2
17.2.3 Durchführung des z-Tests (als einseitiger z-Test). . . . .	289	19.2.3
17.2.4 Der Fehler 2. Art (beim einseitigen z-Test). . . . .	292	19.2.4
17.2.5 Die Operationscharakteristik- und die Power-Kurve . . . . .	295	19.2.5
17.3 Der zweiseitige z-Test zur Prüfung einer Mitte. . . . .	299	19.3 Prüfung
17.3.1/Durchführung des z-Tests (als zweiseitiger Test). . . . .	299	intervall
17.3.2 Der Fehler 2. Art (beim zweiseitigen z-Test). . . . .	302	19.3.1
		19.3.2
17.4 Der z-Test zur Prüfung einer Mitte (für einen beliebigen Stichprobenumfang). . . . .	303	19.3.3
17.4.1 Die Teststatistik $X$ . . . . .	303	19.3.4
17.4.2 Strategie der Durchführung . . . . .	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>20 Parametrische!</b>
		20.1 Treatment
		20.1.1
		20.1.2
		20.1.3
		20.1.4

<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 $x^2$ -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 $X$ . . . . .	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 die Korrelationskoeffizienten "p" . . . . .	369
19.3.2 Signifikanztest zur Prüfung des Korrelationskoeffizienten	
"p" und Bestimmung des optimalen Stichprobenumfangs . . . . .	371
19.3.3 Konfidenzintervall für den Prozentsatz "TT" . . . . .	373
19.3.4 Signifikanztest zur Prüfung des Prozentsatzes "TT" und Be-	
stimmung 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 SPSS). . . . .	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 SPSS). . . . .	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)	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</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 e
22.7	Überprüfuni
22.8	Poweranalys
22.9	Weitere Mel
22.9.1	Der
22.9.2	Var
22.9.3	Pow
	für
22.9.4	Frie
	für

**Anhang**

A. 1	Kodierung d
A.2	Flächenante
A.3	Das empiris
A.4	Wahrschein
A.5	Zentrum un
A.6	Zufallszahl
A.7	Kritische W
A.8	Kritische W
A.9	Kritische W
A.10	Optimale i
A.11	Kritische^
A. 12	Kritische]
A. 13	Datenbasis
	i
A.14	Werte der

**Literaturverzeichn**

## Index



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 . r . . . . .	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	
1	für abhängige Stichproben . . . . .	453
22.9.4	Friedman'sche Rangvarianzanalyse	
	für abhängige Stichproben. . . . .	458
<b>Anhang</b>		<b>461</b>
A.1	Kodierung des Fragebogens. . . . .	461
A.2	Flächenanteile der Standardnormalverteilung . . . . .	462
A.3	Das empirische und das numerische Relativ. . . . .	464
A.4	Wahrscheinlichkeiten . . . . .	467
A.5	Zentrum und Dispersion von theoretischen Verteilungen . . . . .	477
/A.6	Zufallszahlen-Tafel . . . . .	480
A.7	Kritische Werte bei $x^2$ -Verteilungen. . . . .	482
A.8	Kritische Werte bei t-Verteilungen . . . . .	482
A.9	Kritische Werte bei F-Verteilungen. . . . .	483
A. 10	Optimale Stichprobenumfänge. . . . .	487
A. 11	Kritische Werte für den U-Test . . . . .	489
A.12	Kritische^Wertefürden Wilcoxon-Test . . . . .	490
A.13	Datenbasis. . . . .	490
A. 14	Werte der inversen Fisher'schen z-Transformation. . . . .	493
Literaturverzeichnis		<b>494</b>
Index	^ _	<b>495</b>