

Jürgen Bortz

# Statistik

für Human- und Sozialwissenschaftler

Sechste, vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage  
mit 84 Abbildungen und 242 Tabellen

4y Springer

# Inhaltsverzeichnis\*

>	Vorbemerkungen: Empirische Forschung und Statistik . . . . .	
---	--	--

## Teil I Elementarstatistik

>	Einleitung . . . . .	.14
---	----------------------	-----

### Kapitel 1 Deskriptive Statistik . . . . .15

1.1	Messtheoretische Vorbemerkungen. . . . .	.15
1.2	Tabellarische Darstellung der Daten. . . . .	.27
1.3	Graphische Darstellung der Daten. . . . .	.30
1.4	Statistische Kennwerte. . . . .	.34
1.4.1	Maße der zentralen Tendenz . . . . .	.35
1.4.2	Dispersionsmaße. . . . .	.39
1.4.3	z-Werte. . . . .	.44
1.4.4	Schiefe und Exzess. . . . .	.45
	Übungsaufgaben. . . . .	.46

### Kapitel 2 Wahrscheinlichkeitstheorie und Wahrscheinlichkeitsverteilungen . 49

2.1	Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung. . . . .	.49
2.1.1	Zufallsexperimente und zufällige Ereignisse. . . . .	.50
2.1.2	Relative Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten. . . . .	.52
2.2	Variationen, Permutationen, Kombinationen. . . . .	.59
2.3	Wahrscheinlichkeitsfunktionen und Verteilungsfunktionen. . . . .	.62
2.4	Diskrete Verteilungen. . . . .	.65
2.4.1	Binomialverteilung. . . . .	.65

2.4.2	Hypergeometrische Verteilung. . . . .	.70
2.4.3	Poisson-Verteilung. . . . .	.71
2.4.4	Weitere diskrete Verteilungen. . . . .	.72
2.5	Stetige Verteilungen. . . . .	.73
▷ 2.5.1	Normalverteilung. . . . .	.73
2.5.2	/-Verteilung. . . . .	.79
2.5.3	t-Verteilung. . . . .	.81
2.5.4	F-Verteilung. . . . .	.81
2.5.5	Vergleich von F-, t-, y)- und Normalverteilung. . . . .	.82
	Übungsaufgaben. . . . .	.83

### Kapitel 3 Stichprobe und Grundgesamtheit 85

>	3.1	Stichprobenarten . . . . .	.86
▷	3.2	Die Stichprobenkennwerteverteilung. . . . .	.89
>	3.2.1	Die Streuung der Stichprobenkennwerteverteilung. . . . .	.90
>	3.2.2	Die Form der Stichprobenkennwerteverteilung. . . . .	.93
▷	3.2.3	Der Mittelwert der Stichprobenkennwerteverteilung. . . . .	.94
	3.3	Kriterien der Parameterschätzung. . . . .	.95
	3.4	Methoden der Parameterschätzung. . . . .	.98
▷	3.5	Intervallschätzung. . . . .	.100
▷	3.6	Bedeutung des Stichprobenumfangs. . . . .	.104
		Übungsaufgaben. . . . .	.106

### Kapitel 4 Formulierung und Überprüfung von Hypothesen. . . . .107

D>	4.1	Alternativhypothesen. . . . .	.108
D>	4.2	Die Nullhypothese. . . . .	.109
>	4.3	Fehlerarten bei statistischen Entscheidungen. . . . .	.110
O	4.4	Signifikanzaussagen. . . . .	.111
>	4.5	Einseitige und zweiseitige Tests . . . . .	.116
O	4.6	Statistische Signifikanz und praktische Bedeutsamkeit . . . . .	.119
>	4.7	a-Fehler, / <sup>^</sup> -Fehler und Teststärke . . . . .	.121
>	4.8	Bedeutung der Stichprobengröße . . . . .	.125

Die mit einem ▷ versehenen Textteile werden zusammen mit den Einleitungen zu den Kapiteln dem Anfänger als Erstlektüre empfohlen.

▷ 4.9 Praktische Hinweise . . . . .128  
 > 4.10 Multiples Testen . . . . .129  
 4.11 Monte-Carlo-Studien  
 und die Bootstrap-Technik . . . . .130  
 Übungsaufgaben . . . . .133

**Kapitel 5 Verfahren zur Überprüfung**

**von Unterschiedshypothesen ... 135**

5.1 Verfahren für Intervalldaten . . . . .  
 5.1.1 Vergleich . . . . .136  
 eines Stichprobenmittelwertes  
 mit einem Populationsparameter. . . . .136  
 ▷ 5.1.2 Vergleich zweier Stichprobenmittel-  
 werte aus unabhängigen Stichproben (t-Test) . 140  
 > 5.1.3 Vergleich zweier Stichprobenmittel-  
 werte aus abhängigen Stichproben  
 (t-Test). . . . .143  
 5.1.4 Vergleich einer Stichprobenvarianz  
 mit einer Populationsvarianz . . . . .146  
 > 5.1.5 Vergleich zweier  
 Stichprobenvarianzen (F-Test). . . . .148  
 5.2 Verfahren für Ordinaldaten . . . . .150  
 5.2.1 Vergleich von zwei unabhängigen  
 Stichproben hinsichtlich ihrer  
 zentralen Tendenz  
 (U-Test von Mann-Whitney). . . . .150  
 5.2.2 Vergleich von zwei abhängigen  
 Stichproben hinsichtlich ihrer  
 zentralen Tendenz (Wilcoxon-Test). . . . . **153**  
 > 5.3 Verfahren für Nominaldaten . . . . .  
 > 5.3.1 Vergleich der Häufigkeiten  
 eines zweifach gestuften Merkmals . . . . .154  
 > 5.3.2 Vergleich der Häufigkeiten  
 eines k-fach gestuften Merkmals . . . . .156  
 > 5.3.3 Vergleich der Häufigkeiten  
 von zwei alternativen Merkmalen . . . . .168  
 O 5.3.4 Vergleich der Häufigkeiten von  
 zwei mehrfach gestuften Merkmalen . . . . .1/2  
 5.3.5 Vergleich der Häufigkeiten von m  
 alternativ oder mehrfach gestuften Merkmalen  
 (Konfigurationsfrequenzanalyse). . . . .175  
 t> 5.3.6 Allgemeine Bemerkungen  
 zu den /-Techniken . . . . .176  
 Übungsaufgaben . . . . .177

**Kapitel 6 Verfahren zur Überprüfung  
 von Zusammenhangshypothesen 181**

[> 6.1 Merkmalsvorhersagen . . . . .182  
 [> 6.1.1 Lineare Regression. . . . .183  
 6.1.2 Statistische Absicherung. . . . .191  
 6.1.3 Nonlineare Regression . . . . .196  
 6.2 Merkmalszusammenhänge. . . . .201  
 6.2.1 Kovarianz und Korrelation. . . . .203  
 6.2.2 Überprüfung  
 von Korrelationshypothesen. . . . .213  
 6.3 Spezielle Korrelationstechniken. . . . .224  
 [> 6.3.1 Korrelation zweier Intervallskalen. . . . .224  
 6.3.2 Korrelation einer Intervallskala  
 mit einem dichotomen Merkmal. . . . .224  
 6.3.3 Korrelation einer Intervallskala  
 mit einer Ordinalskala. . . . .227  
 6.3.4 Korrelation für zwei dichotome  
 Variablen. . . . .227  
 6.3.5 Korrelation eines dichotomen  
 Merkmals mit einer Ordinalskala  
 (biseriale Rangkorrelation). . . . .231  
 6.3.6 Korrelation zweier Ordinalskalen. . . . .232  
 6.3.7 „Korrelation“ zweier Nominalskalen  
 (Kontingenzkoeffizient). . . . .234  
 t> 6.4 Korrelation und Kausalität . . . . .235  
 Übungsaufgaben. . . . .236

**Teil II Varianzanalytische Methoden**

[> Einleitung . . . . .243

**Kapitel 7 Einfaktorielle Versuchspläne .... 247**

> 7.1 Grundprinzip  
 der einfaktoriellen Varianzanalyse. . . . .248  
 7.2 Ungleiche Stichprobengrößen. . . . .260  
 7.3 Einzelvergleiche. . . . .263  
 7.3.1 Konstruktionsprinzipien. . . . .263  
 7.3.2 Zerlegung  
 der Treatmentquadratsumme. . . . .267  
 7.3.3 a-Fehler-Korrektur. . . . .271  
 7.3.4 Einzelvergleiche a priori  
 oder a posteriori?. . . . .272  
 7.3.5 Scheffe-Test . . . . .274  
 7.4 Trendtests. . . . .276  
 7.4.1 Äquidistante Stufen. . . . .276  
 7.4.2 Beliebige Abstufungen. . . . .281

7.4.3	Monotone Trends. . . . .	282
7.5	Voraussetzungen der einfaktoriellen Varianzanalyse. . . . .	284
	Übungsaufgaben. . . . .	287

**Kapitel 8 Mehrfaktorielle Versuchspläne** 289

8.1	Zweifaktorielle Varianzanalyse. . . . .	290
8.2	Einzelvergleiche. . . . .	305
8.3	Drei- und mehrfaktorielle Varianzanalysen. . . . .	312
8.4	Ungleiche Stichprobengrößen. . . . .	321
8.5	Varianzanalyse mit einem Untersuchungsobjekt pro Faktorstufenkombination (n = 1). . . . .	325
8.6	Voraussetzungen mehrfaktorieller Versuchspläne. . . . .	328
	Übungsaufgaben. . . . .	329

**Kapitel 9 Versuchspläne mit Messwiederholungen** 331

9.1	Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen. . . . .	331
9.2	Mehrfaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholungen. . . . .	336
9.3	Voraussetzungen der Varianzanalyse mit Messwiederholungen. . . . .	352
	Übungsaufgaben. . . . .	359

**Kapitel 10 Kovarianzanalyse.** . . . . . **361**

10.1	Einfaktorielle Kovarianzanalyse. . . . .	362
10.2	Voraussetzungen der Kovarianzanalyse. . . . .	369
10.3	Mehrfaktorielle Kovarianzanalyse. . . . .	373
10.4	Kovarianzanalyse mit Messwiederholungen. . . . .	376
	Übungsaufgaben. . . . .	385

**Kapitel 11 Unvollständige, mehrfaktorielle Versuchspläne** 387

11.1	Hierarchische und teilhierarchische Versuchspläne. . . . .	388
11.2	Lateinische Quadrate. . . . .	396
11.3	Griechisch-lateinische Quadrate. . . . .	400
11.4	Quadratische Anordnungen mit Messwiederholungen. . . . .	403
	Übungsaufgaben. . . . .	408

**Kapitel 12 Theoretische Grundlagen der Varianzanalyse.** . . . . 411

12.1	Einfaktorielle Varianzanalyse. . . . .	411
12.2	Zwei- und mehrfaktorielle Varianzanalysen. . . . .	416
12.3	Varianzanalysen mit Messwiederholungen. . . . .	423
12.4	Kovarianzanalyse. . . . .	427
12.5	Unvollständige, mehrfaktorielle Varianzanalysen. . . . .	428
12.6	Allgemeine Regeln für die Bestimmung der Erwartungswerte von Varianzen. . . . .	430
	Übungsaufgaben. . . . .	436

**Teil III Multivariate Methoden**

>	Einleitung	439
---	------------	-----

**Kapitel 13 Partialkorrelation und Multiple Korrelation** 443

13.1	Partialkorrelation	443
13.2	Multiple Korrelation und Regression	448
13.2.1	Grundprinzip und Interpretation	448
13.2.2	Multikollinearität und Suppressionseffekte	452
13.2.3	Mathematischer Hintergrund	465
13.3	Lineare Strukturgleichungsmodelle.	471
	Übungsaufgaben	481

**Kapitel 14 Das allgemeine lineare Modell (ALM)** . . . . . 483

14.1	Codierung nominaler Variablen . . . . .	483
14.2	Spezialfälle des ALM . . . . .	488
14.2.1	t-Test für unabhängige Stichproben	489
14.2.2	Einfaktorielle Varianzanalyse. . . . .	490
14.2.3	Zwei- und mehrfaktorielle Varianzanalyse (gleiche Stichprobenumfänge) . . . . .	491
14.2.4	Zwei- und mehrfaktorielle Varianzanalyse (ungleiche Stichprobenumfänge) . . . . .	494
14.2.5	Kovarianzanalyse. . . . .	498
14.2.6	Hierarchische Varianzanalyse . . . . .	500
14.2.7	Lateinisches Quadrat . . . . .	501



Tabelle D.	Verteilungsfunktion der t-Verteilungen und zweiseitige Signifikanzgrenzen für Produkt- Moment-Korrelationen. . . . .	.819
Tabelle E.	Verteilungsfunktion der F-Verteilungen . . .	820
Tabelle F.	U-Test-Tabelle. . . . .	.826
Tabelle G.	Tabelle der kritischen Werte für den Wilcoxon-Test . . . . .	.829
Tabelle H.	Fishers Z-Werte. . . . .	.830
Tabelle I.	c-Koeffizienten für Trendtests (orthogonale Polynome). . . . .	.831

Tabelle K.	Kritische Werte der $F_{max}$ -Verteilungen. . . . .	.832
Tabelle L.	Normal-Rang-Transformationen. . . . .	.833
<b>Literaturverzeichnis. . . . .</b>		<b>.835</b>
<b>Namenverzeichnis. . . . .</b>		<b>.863</b>
<b>Sachverzeichnis. . . . .</b>		<b>.873</b>