

Werner A. Stahel

Statistische Datenanalyse

**Eine Einführung
für Naturwissenschaftler**

5., überarbeitete Auflage



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Was ist Statistische Datenanalyse?	1
1.2	Ziele	5
1.3	Hinweise	7
1.4	Literatur zur angewandten Statistik	9
I	Beschreibende Statistik	11
2	Beschreibung eindimensionaler Stichproben	13
2.1	Histogramme	13
2.2	Einige Bezeichnungen und Begriffe	15
2.3	Kennzahlen für eine quantitative Stichprobe	17
2.4	Klassierte Daten	21
2.5	Mehrere Stichproben	25
2.6	Transformationen von beobachteten Werten	28
2.7	Wertebereiche, Datensorten	32
2.8	* Transformationen und Unterschiede zwischen Beobachtungen	33
3	Beschreibende Statistik mehrdimensionaler Daten	35
3.1	Grafische Darstellungen für zwei zusammenhängende Grössen	35
3.2	Die Produktmomenten-Korrelation	38
3.3	Rangkorrelation	41
3.4	Zur Interpretation von Korrelationen	43
3.5	Regression	44
3.6	Multivariate Beobachtungen	48
3.7	Zeitreihen und räumliche Daten	55
3.8	Allgemeines zu grafischen Darstellungen	59
3.9	Wie weiter?	60
	Literatur zu Teil I	60
II	Wahrscheinlichkeitsrechnung	61
4	Wahrscheinlichkeit	63
4.1	Einleitung	63
4.2	Grundbegriffe und Grundeigenschaften	64
4.3	Zufallsvariable	69
4.4	Zufallszahlen	74
4.5	Zwei Zufallsvariable, gemeinsame Verteilung	77
4.6	Unabhängige Ereignisse und Zufallsvariable	79
4.7	Bedingte Wahrscheinlichkeit	82
4.8	Bedingte Verteilung	88
4.9	Der Satz von Bayes	90
4.10	* Was ist eine Wahrscheinlichkeit?	92
4.11	Wie weiter?	95

5	Diskrete Verteilungen	96
5.1	Binomial-Verteilung	96
5.2	Die Poisson-Verteilung	101
5.3	Kennzahlen	104
5.4	Verteilungsfamilien	108
5.5	Die multinomiale Verteilung	111
5.6	Summen von Zufallsvariablen	112
5.7	Zufalls-Stichproben	117
5.8	* Gesetze der grossen Zahl	120
5.9	* Stochastische Prozesse	124
6	Stetige Verteilungen	126
6.1	Grundlagen	126
6.2	Grundbegriffe, Exponential- und uniforme Verteilung	127
6.3	Kennzahlen für stetige Verteilungen	132
6.4	Transformationen von Zufallsvariablen	134
6.5	Die Normalverteilung	139
6.6	Die Lognormal-Verteilung	143
6.7	* Weitere stetige Verteilungsfamilien	146
6.8	Gemeinsame und bedingte Verteilung	148
6.9	Unabhängige Zufallsvariable und Korrelation	152
6.10	Funktionen von mehreren Zufallsvariablen	154
6.11	Gaussische Fehler-Fortpflanzung	160
6.12	Der Zentrale Grenzwertsatz	162
6.13	Rückblick	167
	Literatur zu Teil II	168
III	Schliessende Statistik	169
7	Schätzungen	171
7.1	Drei Grundfragen der schliessenden Statistik	171
7.2	Schätzungen für B , \mathcal{P} und \mathcal{N}	173
7.3	Eigenschaften von Schätzungen	175
7.4	Die Maximum-Likelihood-Methode	180
7.5	Robuste Schätzungen	184
8	Tests	187
8.1	Einführende Beispiele und Begriffe	187
8.2	Test für eine Wahrscheinlichkeit	192
8.3	Die Teststatistik	195
8.4	Vorgehen bei einem statistischen Test	197
8.5	Tests für eine Stichprobe oder zwei gepaarte Stichproben	200
8.6	Interpretation von Testergebnissen	206
8.7	Bemerkungen zum P-Wert	208
8.8	Vergleich von zwei quantitativen Stichproben	211
8.9	Macht	217
8.10	* Asymptotische Tests und Randomisierungs-Tests	220
8.11	Sinn und Unsinn statistischer Tests	221

9	Vertrauensintervalle	223
9.1	Vertrauensintervalle für Binomial- und Poisson-Verteilung	223
9.2	Die Grundeigenschaft von Vertrauensintervallen	226
9.3	Vertrauensintervalle für Lageparameter	228
9.4	Bootstrap und andere Resampling-Methoden	231
9.5	Vertrauens- und andere Intervalle	234
9.6	Schätzungen, Tests und Vertrauensintervalle im Vergleich	235
9.7	Wo stehen wir?	237
	Literatur zu Teil III	237
IV	Methoden der Datenanalyse	239
10	Nominale Daten	241
10.1	Multinomiale Verteilung und Chiquadrat-Test	241
10.2	Der Chiquadrat-Anpassungstest	247
10.3	Der Chiquadrat-Test in Kontingenztafeln	251
10.4	Die häufigsten Fehler beim Chiquadrat-Test	255
11	Überprüfung von Voraussetzungen	257
11.1	Problemstellung	257
11.2	Quantil-Quantil-Diagramme	258
11.3	Anpassungstests	261
11.4	Bedeutung von Tests zur Prüfung von Voraussetzungen	262
11.5	Unabhängigkeit	263
12	Varianzanalyse	265
12.1	Vergleich mehrerer Stichproben, einfache Varianzanalyse	265
12.2	Multiple Vergleiche, multiple Tests	269
12.3	Mehrere verbundene Stichproben	271
12.4	Zweiweg-Varianzanalyse	273
12.5	Zufällige Effekte, Varianz-Komponenten	278
12.6	Ausblick	281
	Literatur	282
13	Regression	283
13.1	Das Modell der einfachen linearen Regression	283
13.2	Schätzung der Parameter	285
13.3	Tests und Vertrauensintervalle für die Koeffizienten	288
13.4	Vertrauens- und Vorhersage-Bereiche	290
13.5	Multiple lineare Regression	293
13.6	Vielfalt der Modelle der multiplen linearen Regression	296
13.7	Interpretation von Regressionskoeffizienten	300
13.8	Residuen-Analyse	303
13.9	Einflussreiche Beobachtungen	309
13.10	Modellwahl	311
13.11	Allgemeinere Modelle für stetige Zielgrößen	317
13.12	Verallgemeinerte lineare Modelle	321
	Literatur	324

14	Versuchsplanung	325
14.1	Einleitung	325
14.2	Allgemeine Überlegungen	325
14.3	Versuchspläne	330
14.4	Eine Checkliste	332
	Literatur	335
15	Multivariate Statistik	336
15.1	Mehrdimensionale Zufallsvariable	336
15.2	Schätzung von Erwartungswert und Kovarianz-Matrix	341
15.3	Die mehrdimensionale Normalverteilung	343
15.4	Statistik der Normalverteilung	346
15.5	Hauptkomponenten	348
15.6	Diskriminanz-Analyse	351
	Literatur	355
16	Zeitreihen	356
16.1	Fragestellungen	356
16.2	Auto-Korrelation	357
16.3	ARMA-Modelle	358
16.4	Statistik von Zeitreihen	359
16.5	Vorhersage	360
16.6	Zustandsraum-Modelle	361
16.7	Spektralanalyse	362
16.8	Räumliche Korrelation	364
16.9	Regression mit Zeitreihen	366
	Literatur	368
17	Stichproben-Erhebungen	369
17.1	Einleitung	369
17.2	Einfache Zufalls-Stichprobe	370
17.3	Geschichtete Stichproben	373
17.4	Weitere Stichproben-Pläne	374
17.5	Weitere Schätzmethoden	376
17.6	Auswertung von Umfragen	377
17.7	Eine Checkliste	379
	Literatur	382
18	Ausblick	383
18.1	Bedeutung von Wahrscheinlichkeit-Modellen	383
18.2	Grosse Datensätze, beschreibende Modelle	384
18.3	Die Statistik und ihre Anwendungen	386
	Nachwort	387
A	Anhang: Kurzfassung des wichtigsten Stoffes	389
	Literaturverzeichnis	399
	Sachwortverzeichnis	405