

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort . . . . .	V
Zusammengefaßte Inhaltsübersicht . . . . .	VII
Abbildungsverzeichnis . . . . .	XXI

## Erstes Kapitel

<b>Geschichte</b> . . . . .	1
1. Praktische Statistik . . . . .	1
2. Die sog. „Universitätsstatistik“ . . . . .	3
3. Die Politische Arithmetik . . . . .	5
4. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung . . . . .	8
5. Neuere Entwicklungen . . . . .	12

## Zweites Kapitel

<b>Zufall und Wahrscheinlichkeit</b> . . . . .	17
6. Ursache und Zufall . . . . .	17
7. Zum Statistikbegriff . . . . .	18
8. Einheiten, Merkmale . . . . .	21
8.1 Die statistischen Einheiten . . . . .	21
8.2 Die statistischen Massen . . . . .	23
8.3 Die Fortschreibung . . . . .	25
8.4 Die Merkmale der statistischen Einheiten und ihre Modalitäten . . . . .	26
9. Wahrscheinlichkeit . . . . .	29
9.1 Das philosophische Problem . . . . .	29
9.2 Das mathematische Problem (Die Axiome) . . . . .	30
9.3 Das statistische Problem . . . . .	36
10. Wahrscheinlichkeitsrechnung . . . . .	38
10.1 Transitivität, Bedingtheit . . . . .	38
10.2 Unabhängigkeit . . . . .	42
10.3 Das Bayessche Theorem . . . . .	45
10.4 Wahrscheinlichkeitsmaß und Wahrscheinlichkeitsraum . . . . .	47

## Drittes Kapitel

<b>Spezifizieren . . . . .</b>	49
11. Wichtig, doch nicht entwickelt . . . . .	49
12. Zufallsvariablen und Verteilungsfunktionen . . . . .	50
12.1 Definition . . . . .	51
12.2 Eigenschaften von Zufallsvariablen . . . . .	51
12.3 Die Verteilungsfunktion . . . . .	52
12.4 Mathematische Definition der Zufallsvariablen . . . . .	53
13. Stochastische Prozesse . . . . .	53
13.1 Die ganze Welt ist ein stochastischer Prozeß . . . . .	53
13.2 Markoffketten . . . . .	54
13.3 Bernoulliprozesse . . . . .	57
13.4 Stochastische Konvergenz und Konvergenz von Verteilungsfunktionen . . . . .	58
13.5 Gesetze der großen Zahlen . . . . .	58
13.6 Poissonprozesse . . . . .	59
14. Diskrete stochastische Modelle . . . . .	62
14.1 Das Galtonsche Brett, Binomialverteilung . . . . .	62
14.2 Diskrete Zufallsvariablen . . . . .	65
14.3 Die Modelle im einzelnen . . . . .	66
15. Stetige stochastische Modelle . . . . .	73
15.1 Die Dichtefunktion . . . . .	73
15.2 Der De-Moivre-Laplacesche Grenzübergang . . . . .	76
15.3 Die Normalverteilung . . . . .	77
15.4 Der zentrale Grenzwertsatz der Statistik . . . . .	80
15.5 Andere kontinuierliche Verteilungen . . . . .	81
15.6 Einparametrische Exponentialfamilien . . . . .	86

## Viertes Kapitel

<b>Beobachten . . . . .</b>	89
16. Erheben und Messen . . . . .	89
16.1 Daten . . . . .	89
16.2 Messen . . . . .	91
16.3 Skalen . . . . .	93
16.4 Empirische Bedeutung und Semantik . . . . .	96
16.5 Dualismus der Erhebungsmethoden . . . . .	96
16.6 Grundsätze der Erhebungsplanung . . . . .	97
16.7 Programmplanung . . . . .	98
16.8 Organisationsplanung . . . . .	99
17. Erhebungsmethoden . . . . .	101
17.1 Die Vollerhebung, ihre Vorzüge und Nachteile . . . . .	101
17.2 Die Repräsentativ- oder Stichprobenerhebung . . . . .	102
17.3 Der notwendige Stichprobenumfang . . . . .	108
17.4 Systematische Auswahl und andere technische Modifikationen . . . . .	109
17.5 Eine Sonderform: Repräsentation nach dem Anordnungsprinzip . . . . .	110

18.	Schichten, Stufen, Klumpen . . . . .	112
18.1	Schichten. . . . .	112
18.2	Stufen . . . . .	116
18.3	Klumpen . . . . .	116
18.4	Andere Varianten der reinen Zufallsauswahl . . . . .	117
19.	Nicht-repräsentative Ermittlungen . . . . .	119
19.1	Grundgedanke . . . . .	119
19.2	Symptomatische Erhebungen . . . . .	119
19.3	Nicht-repräsentative Teilerhebungen . . . . .	120
19.4	Erhebungen nach der Staffelungsmethode . . . . .	121
19.5	Erhebungen typischer Einzelfälle . . . . .	122
19.6	Erhebungen von Indizien . . . . .	123
20.	„Hochrechnung“ bei Wahlen . . . . .	124
20.1	Der Grundgedanke . . . . .	124
20.2	Freie und gebundene Hochrechnung . . . . .	124
20.3	Hochrechnungsfehler. . . . .	127

## Fünftes Kapitel

<b>Experimentieren</b> . . . . .	129	
21.	Statistische Experimente . . . . .	129
21.1	Grundgedanken des „Design of Experiments“ . . . . .	129
21.2	Eigenschaften eines statistischen Experiments . . . . .	130
21.3	Die zufällige Anordnung (randomisation) . . . . .	130
21.4	Wiederholung und Nachbildung . . . . .	132
22.	Der zufällige Plan . . . . .	132
23.	Experimente in Blöcken . . . . .	134
23.1	Grundgedanke . . . . .	134
23.2	Blöcke sollen in sich homogen sein . . . . .	135
24.	Experimente nach dem lateinischen Quadrat . . . . .	136
24.1	Grundgedanke . . . . .	136
24.2	Ein Beispiel . . . . .	137
24.3	Vor- und Nachteile . . . . .	138
24.4	Experimente nach dem griechisch-lateinischen Quadrat . . . . .	139
24.5	Griechisch-lateinische Quadrate höherer Ordnung . . . . .	140
25.	Faktorielle Experimente . . . . .	141

## Sechstes Kapitel

<b>Verarbeiten</b> . . . . .	145	
26.	Automaten . . . . .	145
27.	Programmiersprachen . . . . .	146
27.1	Sprache und Metasprache . . . . .	146
27.2	ALGOL . . . . .	147

27.3	FORTRAN . . . . .	151
27.4	COBOL . . . . .	151
27.5	PL/1 (programming language/one) . . . . .	152
27.6	APL . . . . .	153
27.7	BASIC . . . . .	153
28.	Rechenanlagen . . . . .	154
28.1	Analog-Rechenanlagen . . . . .	154
28.2	Digital-Rechenanlagen . . . . .	154
28.3	Hybrid-Rechenanlagen . . . . .	155
28.4	Aufbau und Arbeitsweise von Datenverarbeitungsanlagen . . . . .	155
28.5	Befehle und Befehlsdarstellung . . . . .	158
29.	Betriebsarten . . . . .	159
29.1	Stapelverarbeitung und Multiprogrammverarbeitung . . . . .	159
29.2	Time-Sharing . . . . .	160
29.3	Hinwendung zur Aufbereitung . . . . .	160
30.	Die Aufbereitung . . . . .	161
30.1	Zum Begriff der Aufbereitung . . . . .	161
30.2	Zentralisierte und dezentralisierte Aufbereitung . . . . .	162
30.3	Die Prüfung des Urmaterials . . . . .	163
30.4	Die Signierung des Urmaterials . . . . .	164

## Siebtes Kapitel

	<b>Beschreiben . . . . .</b>	<b>167</b>
31.	Gruppen und Reihen . . . . .	167
31.1	Reduktion der Daten . . . . .	167
31.2	Die empirische Bedeutung von Maßzahlen . . . . .	168
31.3	Gruppen . . . . .	169
31.4	Größenklassen . . . . .	170
31.5	Detaillierungsgrad . . . . .	171
31.6	Statistische Reihen . . . . .	172
31.7	Zeitreihen . . . . .	172
32.	Verhältniszahlen . . . . .	173
32.1	Quoten . . . . .	173
32.2	Beziehungszahlen . . . . .	173
32.3	Meßzahlen . . . . .	176
32.4	Indexzahlen . . . . .	176
33.	Mittelwerte . . . . .	182
33.1	Ihre generelle Zahlenlogik . . . . .	182
33.2	Ihre generelle Sachlogik . . . . .	182
33.3	Das arithmetische Mittel . . . . .	183
33.4	Das geometrische (oder logarithmische) Mittel . . . . .	185
33.5	Das quadratische Mittel . . . . .	186
33.6	Das harmonische Mittel . . . . .	187
33.7	Das antiharmonische Mittel . . . . .	187

33.8	Der Zentralwert oder Median . . . . .	188
33.9	Der dichteste Wert oder Modus D . . . . .	189
33.10	Der Scheidewert S . . . . .	190
33.11	Der schwerste Wert T . . . . .	190
33.12	Die Lageregeln der Mittelwerte . . . . .	191
34.	Streuungsmaße. . . . .	192
34.1	Ihre generelle Zahlenlogik . . . . .	192
34.2	Ihre generelle Sachlogik . . . . .	192
34.3	Der einfache durchschnittliche Abstand . . . . .	193
34.4	Die mittlere quadratische Abweichung . . . . .	194
34.5	Der Quartilsabstand . . . . .	195
34.6	Zwei Quasi-Streuungsmaße . . . . .	196
35.	Andere Maßzahlen . . . . .	197
35.1	Momente . . . . .	197
35.2	Schiefe. . . . .	198
35.3	Exzeß oder Wölbung . . . . .	199
35.4	Maßzahlen der absoluten Konzentration . . . . .	200
35.5	Maßzahlen der relativen Konzentration. Die Lorenzkurve . . . . .	201

## Achtes Kapitel

	Analysieren . . . . .	205
36.	Bivariabilität: Nicht-metrische Assoziationen . . . . .	205
36.1	Einführung . . . . .	205
36.2	Merkmale und Skalen . . . . .	205
36.3	Die Kontingenztabelle . . . . .	206
36.4	Der Phi-Koeffizient . . . . .	207
36.5	Der Kontingenzkoeffizient . . . . .	208
36.6	Der tetrachorische oder Vierfelder-Koeffizient . . . . .	209
36.7	Der rang-biserielle Koeffizient . . . . .	210
36.8	Das Spearmansche $\rho$ und das Kendallsche $\tau$ . . . . .	211
36.9	Goodmans Kontingenz . . . . .	212
36.10	Punkt-biserielle Koeffizienten . . . . .	212
36.11	Biserielle Koeffizienten . . . . .	213
37.	Maßkorrelation . . . . .	213
37.1	Einführung . . . . .	213
37.2	Die Kovarianz . . . . .	214
37.3	Der Pearsonsche Korrelationskoeffizient . . . . .	215
37.4	Lineare Einfachregression – Methode der kleinsten Quadrate . . . . .	216
37.5	Multiple und nichtlineare Regression . . . . .	218
37.6	Die Bravais-Pearson'sche Korrelation . . . . .	219
37.7	Die Autokorrelation . . . . .	220
38.	Streuungsanalyse . . . . .	221
38.1	Kontraste und quadratische Formen . . . . .	221
38.2	Einfache Streuungszerlegung . . . . .	223

38.3 Einfache Streuungsanalyse (beim zufälligen Plan) . . . . .	223
38.4 Mehrfache Streuungszerlegung (beim lateinischen Plan) . . . . .	226
38.5 Streuungszerlegung bei der Regression . . . . .	228
39. Multivariate Analyse . . . . .	229
39.1 Überblick . . . . .	229
39.2 Kanonische Korrelation . . . . .	230
39.3 Hauptkomponentenanalyse . . . . .	231
39.4 Faktorenanalyse . . . . .	232
39.5 Pfadmodelle . . . . .	235
39.6 Weiche Modellbildung . . . . .	237
39.7 Cluster-Analyse . . . . .	238
39.8 Klassifikationsverfahren . . . . .	239
39.9 Diskriminanzanalyse . . . . .	241
40. Zeitreihenanalyse . . . . .	244
40.1 Kausalität und Bewegung . . . . .	244
40.2 Einige Grundbegriffe . . . . .	245
40.3 Analyse im Zeitbereich . . . . .	249
40.4 Filtertechniken . . . . .	252
40.5 ARMA und ARIMA . . . . .	253
40.6 Von Bagdad nach Stambul . . . . .	254
40.7 Analysen im Frequenzbereich . . . . .	257
40.8 Straaklatten (Splines) . . . . .	261

## Neuntes Kapitel

Schätzen . . . . .	263
41. Ungewißheit und Inferenz . . . . .	263
41.1 Beobachtungen und Parameter . . . . .	263
41.2 Zum Inferenzbegriff . . . . .	263
41.3 Das klassische Modell der Ungewißheit . . . . .	264
41.4 Die Überwindung der Ungewißheit durch statistische Inferenz . . . . .	266
41.5 Inferenz bei bekannter A-priori-Verteilung: Das Bayes-Modell . . . . .	266
41.6 Strukturinferenz . . . . .	268
41.7 Inferenz ohne Kenntnis der A-priori-Verteilung, aber an strenge Bedingungen geknüpft: Das Fiduzialmodell . . . . .	270
41.8 Inferenz ohne Kenntnis der A-priori-Verteilung: Das Likelihood-Modell . . . . .	272
41.9 Das Konfidenzmodell . . . . .	275
41.10 Inferenz und Entscheidung . . . . .	276
42. Stichprobe und Schätzfunktion . . . . .	278
42.1 Ergänzungen zum Stichprobenbegriff . . . . .	278
42.2 Die Schätzfunktion . . . . .	279
43. Gütekriterien . . . . .	281
43.1 Was heißt „gut“? . . . . .	281
43.2 Verlust- und Risikofunktion . . . . .	281
43.3 Suffizienz, Erwartungstreue und klassische Effizienz . . . . .	282
43.4 Bayes-Schätzungen und Zulässigkeit . . . . .	284

43.5 Ein Beispiel . . . . .	285
43.6 Bemerkungen zur Asymptotik . . . . .	286
44. Die Maximum-Likelihood-Methode (Größte-Dichte-Methode) und Varianten . . . . .	288
44.1 Die Maximum-Likelihood-Methode . . . . .	288
44.2 Maximum Probability und c-Optimalität . . . . .	291
45. Die Methode der kleinsten Quadrate und robuste Schätzungen . . . . .	294
45.1 Die Methode der kleinsten Quadrate . . . . .	294
45.2 Robuste Schätzungen . . . . .	298
 Zehntes Kapitel	
<b>Prüfen . . . . .</b>	<b>303</b>
46. Evidenz und Bestätigung . . . . .	303
46.1 Evidenz und Hypothese . . . . .	303
46.2 Die Likelihoodfunktion als Bestätigungsmaß . . . . .	304
46.3 Inferenzmodelle für das Testen . . . . .	306
46.4 Referenzmenge, Distanzmaß und Bestätigungsfunction an einem Beispiel . . . . .	307
46.5 Der Begriff des statistischen Tests und andere Definitionen . . . . .	308
47. Gütekriterien und allgemeine Konstruktionsverfahren für Tests . . . . .	311
47.1 Allgemeine Gütekriterien . . . . .	311
47.2 Beste Tests auf vorgegebenem Niveau . . . . .	315
47.3 Der Maximum-Likelihood-Quotienten-Test . . . . .	318
48. Einige parametrische Tests . . . . .	321
48.1 Vorbemerkung . . . . .	321
48.2 Prüfung einer relativen Häufigkeit (vgl. Abschnitt 13.5) . . . . .	322
48.3 Prüfung eines Korrelationskoeffizienten und von Regressions- koeffizienten (Abschnitt 37.3) . . . . .	323
48.4 Prüfung von Mittelwerten (Abschnitt 39.10) und das Behrens-Fisher-Problem . . . . .	325
48.5 Prüfung der Residualstreuung (Abschnitt 38.1) . . . . .	330
48.6 Das Prüfen von Streuungsverhältnissen . . . . .	331
48.7 Prüfen bei faktoriellen Experimenten . . . . .	332
49. Nichtparametrische Testverfahren . . . . .	335
49.1 Grundgedanke . . . . .	335
49.2 $\chi^2$ -Test auf Unabhängigkeit . . . . .	336
49.3 Der Vorzeichentest . . . . .	338
49.4 Kolmogoroff-Smirnoff-Test für das Einstichprobenproblem . . . . .	339
49.5 Wald-Wolfowitz-Iterationstest für das Zweistichprobenproblem . . . . .	339
49.6 Wilcoxon-(U-)Test für das Zweistichprobenproblem . . . . .	341
49.7 Der Kruskal-Wallis-Test für das Mehrstichprobenproblem . . . . .	342
50. Der Sequenzquotiententest . . . . .	344
50.1 Sequentielle Inferenz- und Entscheidungsmodelle . . . . .	344
50.2 Sequenzquotiententest von A. Wald (Sequential Probability Ratio Test) . . . . .	344
50.3 Optimalitätseigenschaft und vollständige Bestimmung des Verfahrens . . . . .	345
50.4 Ein Beispiel . . . . .	346

## Elftes Kapitel

<b>Prognostizieren</b>	349
51. Einige Grundbegriffe . . . . .	349
51.1 Theorie und Beobachtung . . . . .	349
51.2 Zum statistischen Prognosebegriff . . . . .	349
51.3 Wirtschaftsprognosen . . . . .	350
52. Autoprojektive Verfahren . . . . .	352
52.1 Definitionen und drei Grundfragen . . . . .	352
52.2 Naive Fortschreibungen . . . . .	353
52.3 Trendextrapolation . . . . .	354
52.4 Exponentielle Glättung . . . . .	356
52.5 Box-Jenkins-Verfahren . . . . .	358
52.6 Spektralanalytisches Verfahren und Splines . . . . .	359
53. Stochastische Kausalverfahren . . . . .	360
53.1 Ihre wissenschaftliche Basis . . . . .	360
53.2 Die inferentialen Grundlagen der stochastischen Prognose . . . . .	361
53.3 Ökonometrische Prognosen . . . . .	361
53.4 Prognosen aufgrund weicher Modelle . . . . .	364
53.5 Modelle mit verteilten Verzögerungen; Distributed Lags . . . . .	366
53.6 Der individuelle und der durchschnittliche Prognosefehler . . . . .	367
54. Sylleptische Kausalverfahren . . . . .	371
54.1 Dualismus der Prognosemethoden . . . . .	371
54.2 Verhältnisse und Substitutionsprognosen . . . . .	372
54.3 Datentableaus . . . . .	374
55. Scenarios (und andere waghalsige Techniken) . . . . .	378
55.1 Begriff und Konzept . . . . .	378
55.2 Ein Beispiel . . . . .	379
55.3 Methoden der eigentlichen Prognosephase . . . . .	380
55.4 Die Delphi-Methode . . . . .	380
55.5 Subjektive Wahrscheinlichkeiten und das Gordon-Hayward-Verfahren	381
55.6 Syntax und Semantik . . . . .	382

## Zwölftes Kapitel

<b>Entscheiden</b>	385
56. Entscheiden bei Risiko und Ungewißheit . . . . .	385
56.1 Der Grundgedanke . . . . .	385
56.2 Das Grundmodell der statistischen Entscheidungstheorie und seine Konstituenten . . . . .	386
56.3 Zwei einfache Beispiele: Pascal und Heringe . . . . .	389
56.4 Einige wichtige Sätze . . . . .	392
57. Weitere Entscheidungskriterien: Enttäuschung, Optimismus und Erfahrung kommen ins Spiel . . . . .	393

57.1	Pro und Contra Minimax . . . . .	393
57.2	Minimax-Regret-Kriterium nach Savage-Niehans . . . . .	395
57.3	Optimismuskriterium nach Hurwicz . . . . .	395
57.4	Erfahrungskriterium nach Hodges-Lehmann . . . . .	395
57.5	Hybridformen. . . . .	396
58.	Das Risikomodell der vollständigen Information . . . . .	397
59.	Entscheidungen bei partieller Information . . . . .	401
59.1	Unschärfe im Sinn der fuzzy sets . . . . .	401
59.2	Der Grundgedanke der Theorie der partiellen Information . . . . .	402
59.3	Lineare Partielle Information im stochastischen Sinn (LPI) . . . . .	403
59.4	Das Entscheidungsprinzip . . . . .	404
59.5	Beispiele . . . . .	406
59.6	c-Optimalität . . . . .	411
60.	Deskriptive Partielle Information (DPI) und Allgemeine Partielle Information (API) . . . . .	412
60.1	Deskriptive Partielle Information . . . . .	412
60.2	Allgemeine Partielle Information . . . . .	413
60.3	Mehrstufigkeit . . . . .	413
60.4	Ein Beispiel für Bewertungen . . . . .	414
60.5	Ein Beispiel für Mehrstufigkeit . . . . .	416
60.6	Rechenaufwand . . . . .	417

## Dreizehntes Kapitel

	Präsentieren . . . . .	419
61.	Die Aufgabenstellung . . . . .	419
61.1	Die Präsentationsaufgabe der Statistik . . . . .	419
61.2	Erkennung von relevanten Datenmustern . . . . .	419
61.3	Sachlogik, Nutzen und Ästhetik . . . . .	421
61.4	Darstellungsformen . . . . .	421
62.	Die tabellarische Darstellung . . . . .	422
62.1	Definition und Typologie . . . . .	422
62.2	Aufbau einer Tabelle . . . . .	424
63.	Die graphische Darstellung . . . . .	425
63.1	Aufgabe der graphischen Darstellung . . . . .	425
63.2	Haupttypen der statistischen Graphik . . . . .	427
63.3	Punktdiagramme . . . . .	427
63.4	Liniendiagramme . . . . .	427
63.5	Anforderungen an Liniendiagramme . . . . .	430
63.6	Sonderfälle . . . . .	430
63.7	Flächendiagramme (Darstellung von diskret nebeneinander stehenden Größen-Stäbchendiagrammen) . . . . .	431
63.8	Die Darstellung empirischer Häufigkeitsverteilungen . . . . .	433
63.9	Bildstatistik. . . . .	434
64.	Kartogramme . . . . .	434

65. Datenbanken und andere Probleme . . . . .	437
65.1 Ästhetische Maße . . . . .	437
65.2 Datenbanken – Allgemeines . . . . .	438
65.3 Datenbanken – Organisatorische Aspekte . . . . .	439
65.4 Das Funktionieren einer Datenbank . . . . .	440
65.5 Datenschutz . . . . .	442
65.6 Computer-Kriminalität . . . . .	443
 Vierzehntes Kapitel	
<b>Fehler abschätzen . . . . .</b>	<b>445</b>
66. Statistische Fehler . . . . .	445
66.1 Der Begriff des statistischen Fehlers . . . . .	445
66.2 Der Zufallsfehler . . . . .	448
66.3 Der systematische Fehler . . . . .	448
66.4 Stichprobenfehler und „Nichtstichprobenfehler“ . . . . .	450
67. Der Standardfehler des Mittelwertes . . . . .	451
67.1 Unproblematische Abschätzung . . . . .	451
67.2 Der wahrscheinliche Fehler . . . . .	455
67.3 Zufallsfehler und Erhebungsmethode . . . . .	456
67.4 Stochastische Abschätzung des systematischen Fehlers . . . . .	457
67.5 Der Gesamtfehler . . . . .	459
67.6 Problematik der Aufspaltung des Gesamtfehlers . . . . .	459
68. Numerische Fehler . . . . .	460
68.1 Überblick . . . . .	460
68.2 Das Rechnen mit festem Komma . . . . .	461
68.3 Das Rechnen mit gleitendem Komma . . . . .	463
69. Rundungsfehler . . . . .	464
69.1 Problemstellung . . . . .	464
69.2 Rundungsfehler bei den Grundrechenarten . . . . .	464
70. Abschätzung der Fehler in den Resultaten . . . . .	466
70.1 Allgemeines . . . . .	466
70.2 Intervallzahlen . . . . .	467
70.3 Tripex-Zahlen . . . . .	468
70.4 Statistische Fehlerabschätzung . . . . .	468
70.5 A-posteriori-Abschätzungen . . . . .	469
70.6 Mit Fehlern leben . . . . .	470
 <i>Anhang I</i> . . . . .	473
<i>Anhang II</i> . . . . .	475
<i>Literaturverzeichnis</i> . . . . .	477
<i>Namenregister</i> . . . . .	489
<i>Sachregister</i> . . . . .	493