

Inhaltsverzeichnis

Vorwort XI

1	Grundbegriffe der mathematischen Statistik	1
1.1	Grundgesamtheit und Stichprobe	2
1.1.1	Konkrete Stichproben und Grundgesamtheiten	2
1.1.2	Stichprobenverfahren	4
1.2	Mathematische Modelle für Grundgesamtheit und Stichprobe	7
1.3	Suffizienz und Vollständigkeit	9
1.4	Der Informationsbegriff in der Statistik	20
1.5	Statistische Entscheidungstheorie	27
1.6	Übungsaufgaben	31
	Literatur	36
2	Punktschätzung	39
2.1	Optimale erwartungstreue Schätzfunktionen	41
2.2	Varianzinvariante Schätzung	52
2.3	Methoden zur Konstruktion und Verbesserung von Schätzfunktionen	56
2.3.1	Maximum-Likelihood-Methode	56
2.3.2	Methode der kleinsten Quadrate	60
2.3.3	Minimum- χ^2 -Methode	61
2.3.4	Momentenmethode	62
2.3.5	Jackknife-Schätzungen	63
2.3.6	Auf Ordnungsmaßzahlen basierende Schätzfunktionen	64
2.4	Eigenschaften von Schätzfunktionen	68
2.4.1	Kleine Stichproben	69
2.4.2	Asymptotische Eigenschaften	71
2.5	Übungsaufgaben	75
	Literatur	78
3	Statistische Tests und Konfidenzschätzungen	81
3.1	Grundbegriffe der Testtheorie	81
3.2	Das Neyman-Pearson-Lemma	89

3.3	Tests für zusammengesetzte Alternativhypothesen und einparametrische Verteilungsfamilien	98
3.3.1	Verteilungen mit monotonem Likelihood-Quotienten und gleichmäßig beste Tests für einseitige Hypothesen	98
3.3.2	GBU-Tests für zweiseitige Alternativhypothesen	106
3.4	Tests für mehrparametrische Verteilungsfamilien	112
3.4.1	Allgemeine Theorie	113
3.4.2	Das Zweistichprobenproblem – Eigenschaften verschiedener Tests und Robustheit	125
3.4.3	Tabellenanhang	134
3.5	Konfidenzschätzungen	135
3.5.1	Einseitige Konfidenzintervalle in einparametrischen Verteilungsfamilien	136
3.5.2	Zweiseitige Konfidenzintervalle in einparametrischen und Konfidenzintervalle in mehrparametrischen Verteilungsfamilien	139
3.5.3	Tabellenanhang	142
3.6	Sequentielle Tests	143
3.6.1	Einführung	143
3.6.2	Walds sequentieller Likelihood-Quotienten-Test für einparametrische Exponentialfamilien	145
3.6.3	Test über Mittelwerte für unbekannte Varianzen	149
3.6.4	Approximative Tests für das Zweistichprobenproblem	155
3.6.5	Sequentielle Dreieckstests	156
3.6.6	Ein sequentieller Dreieckstest für den Korrelationskoeffizienten	158
3.7	Bemerkungen zur Interpretation	166
3.8	Übungsaufgaben	167
	Literatur	172
4	Lineare Modelle – Allgemeine Theorie	175
4.1	Lineare Modelle mit festen Effekten	175
4.1.1	Methode der kleinsten Quadrate	176
4.1.2	Maximum-Likelihood-Methode	180
4.1.3	Hypothesentests	181
4.1.4	Konstruktion von Konfidenzbereichen	186
4.1.5	Spezielle lineare Modelle	187
4.1.6	Die verallgemeinerte Methode der kleinsten Quadrate (VMKQ)	193
4.2	Lineare Modelle mit zufälligen Effekten – gemischte Modelle	194
4.2.1	Beste lineare erwartungstreue Vorhersage (BLEV)	195
4.2.2	Varianzkomponentenschätzung	197
4.3	Übungsaufgaben	198
	Literatur	198
5	Varianzanalyse – Modelle mit festen Effekten (Modell I der Varianzanalyse)	201
5.1	Einführung	201

5.2	Varianzanalyse in einfaktoriellen Versuchen (einfache Varianzanalyse) 209
5.2.1	Das Modell und Auswertungsverfahren 209
5.2.2	Planung des Versuchsumfanges 222
5.3	Klassifikation nach zwei Faktoren (zweifache Varianzanalyse) 225
5.3.1	Kreuzklassifikation ($A \times B$) 227
5.3.2	Hierarchische Klassifikation ($A > B$) 253
5.4	Dreifache Klassifikation 264
5.4.1	Vollständige Kreuzklassifikation ($A \times B \times C$) 265
5.4.2	Hierarchische Klassifikation ($C < B < A$) 272
5.4.3	Gemischte Klassifikation 274
5.5	Übungsaufgaben 283
	Literatur 284
6	Varianzanalyse – Schätzung von Varianzkomponenten (Modell II der Varianzanalyse) 285
6.1	Einführung – lineare Modelle mit zufälligen Effekten 285
6.2	Einfache Klassifikation 289
6.2.1	Schätzung der Varianzkomponenten 292
6.2.2	Tests von Hypothesen und Konfidenzintervalle 300
6.2.3	Varianzen und Eigenschaften der Schätzverfahrens für die Varianzkomponenten 302
6.3	Schätzfunktionen für Varianzkomponenten und ihre Spezialfälle der zweifachen und dreifachen Klassifikation 306
6.3.1	Allgemeine Beschreibung für den Fall gleicher und ungleicher Klassenbesetzung 307
6.3.2	Zweifache Kreuzklassifikation 311
6.3.3	Zweifache hierarchische Klassifikation 316
6.3.4	Dreifache Kreuzklassifikation mit gleicher Klassenbesetzung 319
6.3.5	Dreifache hierarchische Klassifikation 325
6.3.6	Dreifache gemischte Klassifikation 328
6.4	Versuchsplanaung 329
6.5	Übungsaufgaben 331
	Literatur 332
7	Varianzanalyse – Modelle mit endlichen Stufengesamtheiten und gemischte Modelle 335
7.1	Einführung – Modelle mit endlichen Stufengesamtheiten 335
7.2	Regeln zur Ableitung von SQ , FG , DQ und $E(DQ)$ im balancierten Fall für beliebige Klassifikationen und Modelle 338
7.3	Varianzkomponentenschätzung in gemischten Modellen 343
7.3.1	Ein Beispiel für den balancierten Fall 344
7.3.2	Der unbalancierte Fall 346
7.4	Varianzkomponentenschätzung in speziellen gemischten Modellen 348

7.4.1	Zweifache Kreuzklassifikation	348
7.4.2	Zweifache hierarchische Klassifikation $B < A$	348
7.4.3	Dreifache Kreuzklassifikation	352
7.4.4	Dreifache hierarchische Klassifikation	355
7.4.5	Dreifache gemischte Klassifikation	358
7.5	Tests für feste Effekte und Varianzkomponenten	362
7.6	Übungsaufgaben	366
	Literatur	366
8	Regressionsanalyse – Lineare Modelle mit nicht zufälligen Regressoren und zufälligen Regressoren	367
8.1	Einführung	367
8.2	Parameterschätzung	370
8.2.1	Methode der kleinsten Quadrate	370
8.2.2	Optimale Versuchsplanung	383
8.3	Hypothesenprüfung	386
8.4	Konfidenzbereiche	395
8.5	Modelle mit zufälligen Regressoren	398
8.5.1	Auswertung	398
8.5.2	Versuchsplanung	404
8.6	Gemischte Modelle	405
8.7	Abschließende Bemerkungen zu den Modellen der Regressionsanalyse	406
8.8	Übungsaufgaben	408
	Literatur	409
9	Regressionsanalyse – Eigentlich nichtlineares Modell I	411
9.1	Bestimmung der Schätzwerte nach der Methode der kleinsten Quadrate	414
9.1.1	Gauß-Newton-Verfahren	415
9.1.2	Innere Regression	419
9.1.3	Bestimmung von Anfangswerten für Iterationsverfahren	421
9.2	Geometrische Betrachtungen	422
9.2.1	Lösungsfläche und Tangentenebene	422
9.2.2	Nichtlinearitätsmaße	428
9.3	Asymptotische Eigenschaften und die Verzerrung der MKQ-Schätzung	432
9.4	Konfidenzschätzungen und Tests	436
9.4.1	Einführung	437
9.4.2	Auf der asymptotischen Kovarianzmatrix basierende Tests und Konfidenzschätzungen	440
9.4.3	Simulationsexperimente zur Überprüfung der Tests und Konfidenzschätzungen	441
9.5	Optimale Versuchsplanung	443
9.6	Spezielle Regressionsfunktionen	448

9.6.1	Exponentielle Regression	448
9.6.2	Die Bertalanffy-Funktion	456
9.6.3	Die logistische (dreiparametrische Tangens-hyperbolicus-)Funktion	458
9.6.4	Die Gompertz-Funktion	463
9.6.5	Die vierparametrische Tangens-hyperbolicus-Funktion	464
9.6.6	Die vierparametrische Arcustangens-Funktion	467
9.6.7	Die Richards-Funktion	469
9.6.8	Fragen der Modellwahl	469
9.7	Übungsaufgaben	471
	Literatur	472
10	Kovarianzanalyse	475
10.1	Einführung	475
10.2	Allgemeines Modell I–I der Kovarianzanalyse	476
10.3	Spezielle Modelle der Kovarianzanalyse für die einfache Klassifikation	483
10.3.1	Eine Kovariablen mit konstantem γ	485
10.3.2	Eine Kovariablen mit von den Stufen des Klassifikationsfaktors abhängigen Regressionskoeffizienten γ_i	487
10.4	Übungsaufgaben	488
	Literatur	488
11	Statistische Mehrentscheidungsprobleme	489
11.1	Auswahlverfahren	490
11.1.1	Grundbegriffe	490
11.1.2	Indifferenzbereichsformulierung für Erwartungswerte	493
11.1.3	Auswahl einer Untermenge, die die beste Grundgesamtheit mit vorgegebener Wahrscheinlichkeit enthält	505
11.2	Multiple Vergleichsprozeduren	511
11.2.1	Konfidenzbereiche für alle Kontraste – die Scheffé-Methode	515
11.2.2	Konfidenzintervalle für bestimmte Kontraste – die Methode von Dunn	518
11.2.3	Konfidenzbereiche für alle Kontraste für $n_i = n$ – die Tukey-Methode	520
11.2.4	Konfidenzintervalle für alle Kontraste – verallgemeinerte Tukey-Methode	523
11.2.5	Konfidenzintervalle für die Mittelwertdifferenzen zu einem Standard – die Dunnett-Methode	525
11.2.6	Multiple Vergleichsprozeduren und Konfidenzbereiche	527
11.2.7	Vergleich multipler Vergleichsprozeduren	530
11.3	Veranschaulichung der Methoden an einem Zahlenbeispiel	531
11.4	Übungsaufgaben	536
	Literatur	537

X | *Inhaltsverzeichnis*

12	Versuchsanlagen	539
12.1	Einführung	540
12.2	Blockanlagen	543
12.2.1	Vollständig balancierte unvollständige Blockanlagen	547
12.2.2	Methoden zur Konstruktion von BUB	554
12.2.3	Teilweise balancierte unvollständige Blockanlagen	568
12.3	Zeilen-Spalten-Anlagen	573
12.4	Programme zur Konstruktion von Versuchsanlagen	577
12.5	Übungsaufgaben	577
	Literatur	578
13	Lösungen und Lösungsansätze zu den Übungsaufgaben	581
Anhang A Symbolik 607		
Anhang B Abkürzungen 611		
Anhang C Wahrscheinlichkeits- bzw. Dichtefunktionen von Verteilungen 613		
Anhang D Tabellen 615		
Sachverzeichnis 623		