

Inhaltsverzeichnis

1	Datenstrukturen und Verteilungen	1
1.1	Arten von Daten	1
1.1.1	Genauigkeit einer Skala	1
1.1.2	Abstände auf einer Skala	2
1.2	Versuchspläne und Faktoren	4
1.2.1	Faktoren und ihre Anordnung	5
1.2.2	Indizierung	9
1.2.3	Versuchspläne mit festen Faktoren	10
1.2.4	Gemischte Versuchspläne	12
1.3	Verteilungsfunktionen	14
1.4	Relative Effekte	15
1.4.1	Zwei Verteilungen	16
1.4.2	Mehrere Verteilungen	24
1.4.2.1	Definition des relativen Effektes	24
1.4.2.2	Relative Effekte und Efron's paradoxe Würfel	26
1.4.2.3	Unabhängige Messwiederholungen	29
1.5	Empirische Verteilungen und Ränge	30
1.5.1	Empirische Verteilungsfunktionen	30
1.5.2	Ränge	35
1.5.3	Schätzer für die relativen Effekte	42
1.5.4	Übungen	44

2	Einfaktorielle Versuchspläne	47
2.1	Zwei Stichproben	47
2.1.1	Modelle, Effekte und Hypothesen	48
2.1.1.1	Normalverteilungsmodell	48
2.1.1.2	Lokationsmodell	49
2.1.1.3	Nichtparametrisches Modell	51
2.1.2	Wilcoxon-Mann-Whitney Test	53
2.1.2.1	Permutationsverteilung	53
2.1.2.2	Asymptotisches Verfahren	61
2.1.2.3	Anwendung auf dichotome Daten	64
2.1.2.4	Zusammenfassung	67
2.1.2.5	Anwendung auf Beispiele	69
2.1.3	Nichtparametrisches Behrens-Fisher Problem	73
2.1.3.1	Asymptotisches Verfahren	75
2.1.3.2	Approximatives Verfahren	77
2.1.3.3	Zusammenfassung	79
2.1.3.4	Anwendung auf ein Beispiel	81
2.1.4	Konfidenzintervalle	82
2.1.4.1	Relativer Effekt	83
2.1.4.2	Verschiebungseffekt im Lokationsmodell	85
2.1.4.3	Zusammenfassung	87
2.1.4.4	Anwendung auf Beispiele	89
2.1.5	Software	91
2.1.6	Übungen	92
2.2	Mehrere Stichproben	96
2.2.1	Einleitung und Fragestellungen	96
2.2.2	Modelle und Hypothesen	98
2.2.2.1	Normalverteilungsmodell	98
2.2.2.2	Nichtparametrisches Modell	99
2.2.3	Statistiken	103
2.2.4	Kruskal-Wallis-Test	107
2.2.4.1	Asymptotisches Verfahren	107

Inhaltsverzeichnis	xiii
2.2.4.2	Permutationsverteilung 108
2.2.4.3	Anwendung auf dichotome Daten 109
2.2.4.4	Zusammenfassung 110
2.2.4.5	Anwendung auf ein Beispiel 112
2.2.5	Gemusterte Alternativen 117
2.2.5.1	Das Verfahren von Hettmansperger-Norton 118
2.2.5.2	Das Verfahren von Jonckheere-Terpstra 119
2.2.5.3	Zusammenfassung 120
2.2.5.4	Anwendung auf ein Beispiel 122
2.2.5.5	Software 123
2.2.6	Konfidenzintervalle für relative Effekte 124
2.2.6.1	Direkte Anwendung des Zentralen Grenzwertsatzes 124
2.2.6.2	Anwendung der δ -Methode 125
2.2.6.3	Zusammenfassung 127
2.2.6.4	Anwendung auf ein Beispiel und Software 128
2.2.7	Übungen 130
3	Mehrfaktorielle Versuchspläne 135
3.1	Zwei feste Faktoren 136
3.1.1	Kreuzklassifikation ($a \times b$ -Versuchspläne) 136
3.1.1.1	Modelle und Hypothesen 137
3.1.1.2	Teststatistiken 144
3.1.1.3	Tests für die Haupteffekte 148
3.1.1.4	Tests für die Wechselwirkungen 150
3.1.1.5	Tests für gemusterte Alternativen bei den Haupteffekten 151
3.1.1.6	Zusammenfassung 153
3.1.1.7	Anwendung auf ein Beispiel 156
3.1.1.8	Software 157
3.1.2	Konfidenzintervalle für die relativen Effekte 158
3.1.3	Kreuzklassifikation (2×2 -Versuchsplan) 160
3.1.3.1	Anwendung auf ein Beispiel 162
3.1.4	Hierarchische Versuchspläne 163

3.1.4.1	Test für den Kategorie-Effekt	165
3.1.4.2	Test für den Subkategorie-Effekt	166
3.1.5	Übungen	168
3.2	Drei und mehr feste Faktoren	171
3.2.1	Kreuzklassifikation ($a \times b \times c$ -Versuchspläne)	171
3.2.1.1	Modelle und Hypothesen	174
3.2.1.2	Relative Effekte	176
3.2.1.3	Teststatistiken	179
3.2.1.4	Test für den Haupteffekt A	180
3.2.1.5	Tests für die Wechselwirkungen AB und ABC	181
3.2.1.6	Anwendung auf ein Beispiel und Software	182
3.2.2	Verallgemeinerung auf höher-faktorielle Versuchspläne	183
3.2.3	Übungen	184
3.3	Andere Verfahren	185
4	Theorie	187
4.1	Modelle, Effekte und Hypothesen	187
4.1.1	Allgemeines nichtparametrisches Modell	187
4.1.2	Nichtparametrische Effekte	187
4.1.3	Hypothesen	190
4.2	Schätzer für die relativen Effekte	190
4.2.1	Empirische Verteilungsfunktion	190
4.2.2	Rang-Schätzer und deren Eigenschaften	195
4.3	Spezielle Resultate für u.i.v. Zufallsvariable	198
4.3.1	Permutationsverfahren	198
4.3.2	Grenzen der Permutationsverfahren	201
4.3.3	Erwartungswert und Kovarianzmatrix des Rangvektors	202
4.4	Allgemeine asymptotische Resultate	206
4.4.1	Asymptotische Äquivalenz	207
4.4.2	Asymptotische Normalität unter H_0^F	208
4.5	Statistiken	212
4.5.1	Quadratische Formen	212
4.5.1.1	Statistiken vom Wald-Typ	212

Inhaltsverzeichnis	xv
4.5.1.2	Statistiken vom ANOVA-Typ 213
4.5.1.3	Vergleich der Statistiken vom Wald-Typ und vom ANOVA-Typ 219
4.5.1.4	Diskussion der Rang-Transformation 222
4.5.2	Lineare Rangstatistiken 225
4.6	Asymptotische Normalität unter Alternativen 227
4.6.1	Lineare Rang-Statistiken unter festen Alternativen 227
4.6.2	Benachbarte Alternativen 230
4.7	Relative Effekte und harmonische Ränge 234
4.8	Einpunkt-Verteilungen 236
4.9	Score-Funktionen 239
4.10	Übungen 245
A	Ergebnisse aus der Analysis und Wahrscheinlichkeitstheorie 251
A.1	Ungleichungen 251
A.2	Grenzwertsätze 252
A.2.1	Konvergenzen 252
A.2.2	Gesetze der großen Zahlen 253
A.2.3	Zentrale Grenzwertsätze 254
A.2.4	Die δ -Methode 256
A.3	Verteilung quadratischer Formen 258
B	Matrizenrechnung 261
B.1	Grundlagen 261
B.2	Funktionen von quadratischen Matrizen 265
B.3	Blockmatrizen 266
B.3.1	Kronecker-Summe und -Produkt 266
B.3.2	Schur-Komplement 268
B.4	Spezielle Resultate 270
B.4.1	Symmetrische Matrizen 270
B.4.2	Beliebige Matrizen 272
B.4.3	Idempotente Matrizen und Projektoren 272
B.5	Verallgemeinerte Inverse 274
B.6	Matrizentechnik für faktorielle Pläne 276

C Beispiele und Originaldaten	283
D Symbolverzeichnis und Abkürzungen	295
E Literatur	299
F Index	307