

Inhalt

Vorwort	1
8 Test von statistischen Hypothesen	3
8.1 Grundbegriffe der Testtheorie	4
8.2 Test von Erwartungswerten	11
8.2.1 Der t -Test für den Erwartungswert (σ unbekannt) . . .	11
8.2.2 Der z -Test für den Erwartungswert (σ bekannt)	15
8.2.3 Vertrauensintervalle für den Erwartungswert	17
8.2.4 Vergleich zweier Erwartungswerte	19
8.2.5 Unabhängige oder verbundene Stichproben?	30
8.2.6 Einseitige oder zweiseitige Alternativhypothesen?	32
8.2.7 Bekanntes oder unbekanntes σ ?	33
8.3 Test der Varianz	35
8.3.1 Test der Hypothese $\sigma = \sigma_0$	35
8.3.2 Der F -Test zum Vergleich zweier Varianzen	37
8.3.3 Der Pfanzagl-Test zum Vergleich zweier Varianzen . . .	41
8.4 Vergleich von zwei Bernoulli-Wahrscheinlichkeiten	43
8.5 Test auf Ausreißer	47
8.6 Versuchsplanung und Stichprobenumfang	51
9 Varianzanalyse	63
9.1 Ein einführendes Beispiel	65
9.2 Die einfaktorielle Varianzanalyse	70
9.3 Die zweifaktorielle Varianzanalyse	76
9.4 Drei- und mehrfaktorielle Varianzanalysen	82
9.5 Versuchsanlagen	87
9.5.1 Grundlagen und Prinzipien der Versuchsplanung	87
9.5.2 Varianzanalytische Modelle	89
9.5.3 Prüfung der Voraussetzungen der Varianzanalyse	95
9.5.4 Die vollständig randomisierte einfaktorielle Versuchsanlage	99

9.5.5	Die vollständig randomisierte zweifaktorielle Versuchsanlage	101
9.5.6	Die vollständig randomisierte dreifaktorielle Versuchsanlage	107
9.5.7	Die vollständige einfaktorielle Blockanlage	108
9.5.8	Die vollständige zweifaktorielle Blockanlage	113
9.5.9	Das einfaktorielle Lateinische Quadrat	117
9.5.10	Zwei- und mehrfaktorielle Lateinische Quadrate	120
9.5.11	Die zweifaktorielle Spaltanlage	122
9.5.12	Die dreifaktorielle Spaltanlage	127
9.5.13	Die zweifaktorielle Streifenanlage	134
9.6	Multiple Mittelwertsvergleiche	139
9.6.1	Globaltest und multiple Tests	139
9.6.2	Simultane Irrtumswahrscheinlichkeit bei multiplen Testproblemen	141
9.6.3	Einschrittverfahren für multiple Mittelwertsvergleiche	142
9.6.4	Many-One-Vergleiche	151
9.6.5	Mehrschrittverfahren für multiple Mittelwertsvergleiche	154
9.6.6	Multiple Mittelwertsvergleiche bei zweifaktoriellen Varianzanalysen	158
9.6.7	Multiple Mittelwertsvergleiche bei dreifaktoriellen Varianzanalysen	165
10	Nichtparametrische Statistik	167
10.1	Die Effizienz eines Tests	168
10.2	Der Vorzeichentest für den Median	169
10.3	Der Wilcoxon-Rangsummentest	173
10.3.1	Verteilung der Wilcoxon- und Mann-Whitney-Statistiken	173
10.3.2	Die asymptotische Verteilung der Wilcoxon-Statistik	178
10.3.3	Bindungen	180
10.3.4	Die Effizienz des Wilcoxon-Tests zum t -Test	185
10.4	Die Rangvarianzanalyse nach Kruskal und Wallis	187
10.4.1	Der H -Test	187

10.5	Der Friedman-Test	192
10.6	Der Mood-Test	195
10.7	Nichtparametrische multiple Vergleiche	198
10.7.1	Multiple Rangsummentests bei einfaktoriellen Varianzanalysen	198
10.7.2	Multiple Rangsummentests bei einfaktoriellen Blockanlagen	199
10.7.3	Multiple Median-Tests	200
10.7.4	Multipler Vorzeichentest von Steel	203
10.8	Der Wilcoxon-Vorzeichenrangtest	204
10.8.1	Der Vorzeichenrangtest für abhängige Stichproben	204
10.8.2	Test des Medians	208
10.8.3	Die Effizienz des Vorzeichenrangtests	209
10.9	Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest	211
11	χ^2-Tests und Analyse von Kontingenztafeln	215
11.1	Der χ^2 -Test als Test für Verteilungsfunktionen	215
11.2	Der χ^2 -Test zum Prüfen von Häufigkeiten	219
11.3	Der χ^2 -Test zum Prüfen auf Unabhängigkeit	222
11.4	Der χ^2 -Test bei einer einfachen Zweiwegklassifikation	225
12	Exakte statistische Tests	227
12.1	Prüfung der Unabhängigkeit zweier nominaler Merkmale	228
12.1.1	Fishers exakter Test	229
12.1.2	Der exakte χ^2 -Test	233
12.2	Unabhängigkeit ordinaler Merkmale von nominalen Merkmalen	235
12.2.1	Der exakte Kruskal-Wallis-Test	235
12.2.2	Der Wilcoxon-Rangsummentest	238
12.3	Überblick über exakte Tests mit StatXact	242
12.3.1	Lineare Rangtests	242
12.3.2	$k \times l$ -Kontingenztafeln	243
12.3.3	Geschichtete 2×2 -Kontingenztafeln	244
12.3.4	Ein-Stichproben-Tests	245

12.4 Überblick über exakte Tests mit TESTIMATE	246
12.4.1 Standardtests für Zwischengruppenvergleiche	246
12.4.2 Standardtests für Innerhalbgruppenvergleiche	247
12.4.3 Komplexe Test-Modelle	247
12.5 Wann soll man exakt testen?	248
13 Korrelationsanalyse	249
13.1 Der Pearsonsche Korrelationskoeffizient	251
13.2 Test des Korrelationskoeffizienten	257
13.2.1 Test der Nullhypothese $H_0 : \rho = 0$	257
13.2.2 Test der Nullhypothese $H_0 : \rho = \rho_0$ mit $\rho_0 \neq 0$	259
13.2.3 Vergleich zweier Korrelationskoeffizienten	260
13.2.4 Vertrauensintervall für den Korrelationskoeffizienten	261
13.3 Korrelation in Untergruppen	263
13.4 Zur Interpretation von Korrelationen	265
13.5 Der partielle Korrelationskoeffizient	266
13.6 Der Spearmansche Rangkorrelationskoeffizient	268
14 Regressionsanalyse	273
14.1 Die eindimensionale lineare Regression	273
14.1.1 Das Modell	273
14.1.2 Die Bestimmung der Regressionsgeraden	274
14.1.3 Das Bestimmtheitsmaß	279
14.1.4 Hypothesentests und Vertrauensintervalle	284
14.1.5 Eindimensionale Regression mit STATA und MINITAB	293
14.2 Analyse von Residuen	299
14.2.1 Graphische Residuenanalyse	300
14.2.2 Test der Normalverteilung	303
14.2.3 Durbin-Watson-Test der Autokorrelation	305
14.2.4 Der Runs-Test auf Zufälligkeit	307
14.2.5 Residuenanalyse in STATA und MINITAB	307
14.3 Die zweidimensionale lineare Regression	312

14.3.1	Das Modell	312
14.3.2	Bestimmung der Regressionsebene	313
14.3.3	Das multiple Bestimmtheitsmaß	314
14.3.4	Hypothesentests	316
14.3.5	Residuenanalyse	319
14.3.6	Zweidimensionale Regression in MINITAB	319
14.4	Multiple Regression in Matrizenschreibweise	324
14.4.1	Die eindimensionale Regression in Matrizenschreibweise	324
14.4.2	Die multiple Regression in Matrizenschreibweise	330
14.5	Spezielle Methoden der multiplen Regression	340
14.5.1	Standardisierte partielle Regressionskoeffizienten	340
14.5.2	Sequentielle SQ-Werte und partielle Tests	340
14.5.3	Tests in der multiplen Regression	341
14.5.4	Schrittweise Regression	344
14.6	Regression mit Dummy-Variablen	354
14.7	Lineare Regression für nichtlineare Meßdaten	361
14.7.1	Polynome	361
14.7.2	Exponentialfunktionen	364
14.7.3	Potenzfunktionen	367
14.8	Die eigentliche nichtlineare Regression	370
15	Zeitreihenanalyse	371
15.1	Darstellung und Analyse empirischer Zeitreihen	371
15.1.1	Der Zeitreihenplot	372
15.1.2	Empirische Momente	375
15.1.3	Klassische Zerlegung von Zeitreihen	380
15.1.4	Residuenanalyse beim Zeitreihenmodell	387
15.1.5	Transformation durch Filter	389
15.1.6	Zyklische Schwankungen	390
15.2	Stochastische Prozesse	392
15.2.1	Stationarität	392
15.2.2	Weißes Rauschen	393
15.2.3	Random-walk-Prozeß	394
15.2.4	Allgemeine lineare Prozesse	399

Anhang	401
Funktionswerte und Fraktilen der Standardnormalverteilung	401
Fraktilen der χ^2 -Verteilung	406
Fraktilen der t -Verteilung	409
Fraktilen der F -Verteilung	411
Fraktilen der studentisierten Spannweitenverteilung	415
Kritische Werte für den Dunnett-Test	419
Verteilung der Mann-Whitney-Statistik	421
p -Werte für den H -Test nach Kruskal und Wallis	426
Verteilung der Wilcoxon-Vorzeichenrangteststatistik	427
Signifikanzschwellen für den Friedman-Test	429
Kritische Werte beim Kolmogorov-Smirnov-Test	431
Zufallshöchstwerte des Pearsonschen Korrelationskoeffizienten	432
Zufallshöchstwerte des Spearmanschen Korrelationskoeffizienten	433
Kritische Werte beim Shapiro-Wilk-Test	434
Signifikanzgrenzen beim Durbin-Watson-Test	435
Ozondaten	437
Düngungsversuch	438
Betriebsdaten	439
Dow-Jones-Indizes	441
Literatur	442
Tafeln und Tabellen	443
Handbücher und Manuals	443
Sachregister	445
MINITAB- und STATA-Befehle	452

Welchen Test soll man verwenden?	453
Merkmals- bzw. Datentypen	453
Ein-Stichprobentests	453
Zwei-Stichprobentests oder Zwischengruppenvergleiche	454
Verbundene Stichprobentests oder Innerhalbgruppenvergleiche	454
Mehr-Stichprobentests	455
Multiple Vergleiche	455
Test auf Verteilung	456
Test von Varianzen	456
Test von Korrelationskoeffizienten	456
Tests in der linearen Regression	457