

**Steffen-M. Kühnel
Dagmar Krebs**

ro
ro
ro

**STATISTIK FÜR DIE
SOZIALWISSENSCHAFTEN**

**Grundlagen
Methoden
Anwendungen**

**Völlig überarbeitete
Neuaufgabe**

rowohlts
enzyklopädie

6., völlig überarbeitete Neuauflage Oktober 2012

Originalausgabe
Veröffentlicht im Rowohlt Taschenbuch Verlag,
Reinbek bei Hamburg, März 2001
Copyright © 2001 by Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH,
Reinbek bei Hamburg
Redaktion der Neuauflage Bernd Schuh
Umschlaggestaltung any.way, Walter Hellmann
Satz aus Times und Syntax (PageOne)
bei Dörlemann Satz, Lemförde
Druck und Bindung CPI – Clausen & Bosse, Leck
Printed in Germany
ISBN 978 3 499 55639 5

Inhalt

Vorwort	15
1 Einführung	17
1.1 Statistik und Sozialwissenschaften	17
1.2 Warum Statistik?	19
1.3 Statistische Modelle	19
1.4 Aufbau des Buches	21
1.5 Hinweise zum Arbeiten mit diesem Buch	25
A Grundlagen	29
2 Vom Erhebungsinstrument zu Verteilungen	29
2.1 Operationalisierung und Messung	29
2.2 Das Skalenniveau von Messungen	32
2.3 Datenmatrix, Variablen, Ausprägungen und Realisierungen	36
2.4 Verteilungen	40
2.5 Häufigkeitstabellen	42
2.5.1 Interpretation von Häufigkeitstabellen	43
2.5.2 Häufigkeitstabellen bei gruppierten Daten	47
2.6 Empirische Verteilungsfunktion und Quantile	49
2.7 Grafische Darstellung von Verteilungen	59
2.7.1 Visualisierung von Verteilungen bei metrischen	
Variablen	59
2.7.2 Visualisierungen bei nominalskalierten Variablen ...	65
2.7.3 Probleme der grafischen Darstellungen ordinaler	
Variablen	68
2.8 Zusammenfassung	68
3 Kennwerte univariater Verteilungen	73
3.1 Typische Werte: Maße der zentralen Tendenz oder	
Lagemaße	73
3.1.1 Modus	73
3.1.2 Median	75
3.1.3 Arithmetisches Mittel	79
3.1.4 Spezifische Mittelwerte	83
3.1.5 Auswahl eines geeigneten Lagemaßes	89
3.2 Streuungsmaße für metrische Variablen	92
3.2.1 Spannweite	93
3.2.2 Quartilabstand und mittlerer Quartilabstand	94
3.2.3 Durchschnittliche absolute Abweichung	95

3.2.4	Variation	96
3.2.5	Varianz	97
3.2.6	Standardabweichung	98
3.2.7	Variationskoeffizient	98
3.2.8	Tschebyscheff'sche Ungleichung	101
3.3	Transformationen von Variablen	102
3.3.1	Lineartransformationen	103
3.3.2	Zentrierung und Normierung	105
3.3.3	Standardisierung	107
3.4	Streuungsmaße für Verteilungen nominalskalierter Variablen	109
3.4.1	Index qualitativer Variation	109
3.4.2	Devianz	110
3.4.3	Die Streuung von Verteilungen bei ordinalen Variablen	111
3.5	Weitere Verteilungskenngrößen: Schiefe und Steilheit	112
3.6	Zusammenfassung	116
B	Population und Stichprobe	119
4	Stichproben und Wahrscheinlichkeitsverteilungen	119
4.1	Elementare Wahrscheinlichkeitstheorie	121
4.1.1	Zufallsexperiment und Ereignisraum oder Universum	121
4.1.2	Disjunkte Ereignisse, Elementarereignisse und komplexe Ereignisse	122
4.1.3	Zusammenfassungen von Ereignissen	125
4.1.4	Axiome der Wahrscheinlichkeitstheorie	125
4.1.5	Bedingte Wahrscheinlichkeit und statistische Unabhängigkeit	127
4.2	Stichprobenziehung als Zufallsexperiment	130
4.2.1	Einfache Zufallsauswahl ohne Zurücklegen	130
4.2.2	Einfache Zufallsauswahl mit Zurücklegen	135
4.3	Zufallsvariablen und Wahrscheinlichkeitsverteilungen	140
4.4	Wahrscheinlichkeitsverteilungen als Verbindungsglieder zwischen Populationsparametern und Stichprobenstatistiken	145
4.5	Zusammenfassung	149
5	Kennwerteverteilungen von Häufigkeiten in einfachen Zufallsauswahlen	154
5.1	Die Bernoulli-Verteilung	155
5.2	Die Binomialverteilung	157

5.3	Die hypergeometrische Verteilung	165
5.4	Die Poisson-Verteilung	171
5.5	Beziehungen zwischen den Kennwerteverteilungen für Häufigkeiten	176
5.6	Wahrscheinlichkeitsverteilungen für polytome Variablen	180
5.6.1	Die Multinomialverteilung	180
5.6.2	Erwartungswerte, Varianzen und Kovarianzen multivariater Verteilungen	183
5.6.3	Erwartungswerte, Varianzen und Kovarianzen von Linearkombinationen	186
5.7	Zusammenfassung	191
6	Kennwerteverteilungen von Anteilen und Mittelwerten in einfachen Zufallsauswahlen	195
6.1	Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Stichprobenanteilen	195
6.2	Der zentrale Grenzwertsatz: Asymptotische Annäherung an die Normalverteilung	198
6.3	Die Normalverteilung	202
6.3.1	Wahrscheinlichkeitsdichte, Verteilungsfunktion und Quantile der Standardnormalverteilung	203
6.3.2	Berechnung von Quantilwerten und Quantilanteilen beliebiger Normalverteilungen	208
6.4	Anwendungen der Normalverteilung als asymptotische Kennwerteverteilung für Anteile und Mittelwerte	211
6.4.1	Normalverteilung als Kennwerteverteilung für Stichprobenanteile	211
6.4.2	Normalverteilung als Kennwerteverteilung für Stichprobenmittelwerte	214
6.4.3	Normalverteilungen als Kennwerteverteilung für Häufigkeiten	216
6.5	Zusammenfassung	217
C	Schätzen und Testen	221
7	Schätzen von Populationswerten	221
7.1	Zufallsvariablen und Repräsentativität von Stichproben	221
7.2	Schätzer und Schätzungen	223
7.2.1	Erwartungstreue	224
7.2.2	Konsistenz	225
7.2.3	Effizienz	227
7.2.4	Standardfehler	228

7.3	Schätzer für Populationsvarianzen und Standardfehler	230
7.3.1	Schätzer der Populationsvarianz und der Populationsstandardabweichung	230
7.3.2	Schätzer von Standardfehlern für Mittelwerte und Anteile	233
7.4	Intervallschätzung	234
7.4.1	Logik, Interpretation und Berechnung von Konfidenzintervallen	235
7.4.2	Konfidenzintervalle für Populationsanteile	239
7.4.3	Konfidenzintervalle für Populationsmittelwerte	241
7.5	Konfidenzintervalle für Mittelwert- und Anteilsdifferenzen	246
7.5.1	Konfidenzintervall für eine Mittelwertdifferenz bei unabhängigen Stichproben	248
7.5.2	Konfidenzintervalle für Mittelwertvergleiche bei abhängigen Stichproben	249
7.5.3	Konfidenzintervalle für Anteilsdifferenzen bei unabhängigen Stichproben	251
7.5.4	Konfidenzintervalle für Anteilsdifferenzen bei abhängigen Stichproben	252
7.6	Nutzung von Konfidenzintervallen zur Berechnung der Fallzahl	255
7.7	Zusammenfassung	257
8	Testen statistischer Hypothesen	260
8.1	Hypothesenprüfung mittels Konfidenzintervall	261
8.2	Hypothesenprüfung mittels Signifikanztest nach Fisher	262
8.2.1	Einseitige und zweiseitige Hypothesentests	266
8.2.2	Empirisches Signifikanzniveau	269
8.3	Hypothesenprüfung nach der Neyman-Pearson-Methode	271
8.3.1	Teststärke von Hypothesentests	275
8.3.2	Goodness-of-Fit-Tests	279
8.4	Wahl der Teststrategie	281
8.5	Teststatistiken und Testverteilungen zur Prüfung von Hypothesen über Anteile und Anteilsdifferenzen	287
8.5.1	Test eines Populationsanteils	287
8.5.2	Test von Anteilsdifferenzen	289
8.6	Teststatistiken und Testverteilungen zur Prüfung von Hypothesen über Mittelwerte und Mittelwertdifferenzen	290
8.6.1	Test eines Populationsmittelwerts	291
8.6.2	Test von Mittelwertdifferenzen	292
8.7	Zusammenfassung	298

D	Tabellenanalyse	301
9	Zusammenhang zwischen zwei dichotomen Variablen	301
9.1	Bivariate Häufigkeitsverteilung in einer Kreuztabelle	301
9.2	Tests auf statistische Unabhängigkeit von Zeilen- und Spaltenvariablen	307
9.2.1	Pearsons Chiquadrat-Statistik	308
9.2.2	Die Chiquadrat-Verteilung	310
9.2.3	Anwendung der Chiquadrat-Verteilung bei Pearsons Chiquadrat-Test	314
9.3	Muster und Stärke der Beziehung in einer Vierfeldertabelle	317
9.3.1	Symmetrische Beziehungen in der Vierfeldertabelle	317
9.3.2	Asymmetrische Beziehungen in der Vierfelder- tabelle	323
9.4	Eine alternative Sicht auf Zusammenhänge in einer Kreuztabelle: Veränderungen von Häufigkeits- verhältnissen (Odds-Ratios)	336
9.5	Zusammenfassung	341
10	Zusammenhang zwischen zwei kategorialen Variablen	345
10.1	Tests auf statistische Unabhängigkeit	345
10.1.1	Pearsons Chiquadrat-Test auf Unabhängigkeit	347
10.1.2	Likelihood-Ratio-(LR-)Test	350
10.2	Asymmetrischer Zusammenhang in einer Kreuztabelle bei zwei nominalskalierten Variablen	355
10.2.1	PRE-Maße zur Erfassung der Stärke einer Beziehung	356
10.2.2	Devianzreduktion als asymmetrisches Zusammenhangsmaß für zwei nominalskalierte Variablen	360
10.3	Symmetrischer Zusammenhang in einer Kreuztabelle bei zwei nominalskalierten Variablen	364
10.4	Pearsons Chiquadrat-Test und der LR-Test als Anpassungstests	367
10.5	Bivariate Beziehungen zwischen ordinalen Variablen	370
10.5.1	Die Logik der Paarvergleiche	371
10.5.2	Zusammenhangsmaße auf der Basis von Paarvergleichen	375
10.6	Zusammenfassung	381
11	Drittvariablenkontrollein der Tabellenanalyse	385
11.1	Notation in der trivariaten Kreuztabelle	388
11.2	Grafische Darstellung möglicher Kausalbeziehungen zwischen drei Variablen	392

11.3	Tabellarische Darstellung der Beziehungsmuster zwischen drei Variablen in Kreuztabellen am Beispiel dichotomer Variablen	396
11.3.1	Nur X wirkt auf Y, zwischen X und W besteht kein Zusammenhang	397
11.3.2	X und W wirken beide auf Y, zwischen X und W besteht ein Zusammenhang: Konfundierung	398
11.3.3	X und W wirken auf Y, zwischen X und W besteht kein Zusammenhang	405
11.3.4	Scheinkausalität und ausschließlich indirekte Effekte	406
11.3.5	Interaktionseffekte	409
11.3.6	Lineare oder multiplikative Effekte	411
11.4	Kausalanalysen	412
11.5	Hypothesenprüfung in trivariaten Kreuztabellen	415
11.5.1	Test der statistischen Unabhängigkeit von drei Variablen	416
11.5.2	Prüfung der statistischen Unabhängigkeit einer Variablen von den beiden anderen Variablen in einer trivariaten Kreuztabelle	420
11.5.3	Prüfung der Beziehung in den Partialtabellen	424
11.5.4	Z-Test auf Interaktion über den Vergleich der Prozentsatzdifferenzen	426
11.6	Zusammenfassung	429
E	Korrelation und Regression	433
12	Zusammenhang zwischen zwei metrischen Variablen: Korrelation und bivariate lineare Regression	433
12.1	Kovariation und Kovarianz	434
12.2	Die Produktmomentkorrelation	438
12.3	Schätzen und Testen von symmetrischen Zusammenhängen zwischen zwei metrischen Variablen	444
12.3.1	Test auf eine Produktmomentkorrelation von null	445
12.3.2	Fishers Z-Statistik und Konfidenzintervalle für die Produktmomentkorrelation	448
12.4	Spearman's Rangkorrelation	450
12.5	Bivariate Lineare Regression zur Analyse asymmetrischer Zusammenhänge	456
12.5.1	Bestimmung der Regressionskoeffizienten	458
12.5.2	Interpretation der Regressionskoeffizienten	462

12.5.3	Erklärungskraft eines Regressionsmodells	465
12.5.4	Konfidenzintervalle und Tests von Regressionskoeffizienten und Vorhersagewerten	469
12.6	Zusammenfassung	479
13	Multiple Regression: Drittvariablenkontrolle im linearen Regressionsmodell	482
13.1	Trivariate lineare Regression	482
13.1.1	Berechnung der Regressionskoeffizienten	483
13.1.2	Interpretation der Regressionskoeffizienten	486
13.1.3	Trivariate Regression und konditionale Regressionsmodelle	490
13.1.4	Drittvariablenkontrolle als Residuenregression	494
13.1.5	Erklärungskraft und relative Effektstärken	499
13.2	Multiple Regression	506
13.3	Spezifikation von Interaktionseffekten und nichtlinearen Zusammenhängen im multiplen Regressionsmodell	511
13.3.1	Spezifikation von Interaktionseffekten	511
13.3.2	Spezifikation von nichtlinearen Effekten	516
13.4	Zusammenfassung	524
14	Inferenzstatistische Absicherungen der Ergebnisse multipler Regressionsmodelle	527
14.1	Standardfehler und Kennwerteverteilung der Parameter eines multiplen Regressionsmodells	527
14.1.1	Voraussetzungen für Konsistenz und Erwartungstreue der OLS-Schätzer	527
14.1.2	Optimalitätseigenschaften der OLS-Schätzer	531
14.1.3	Erwartungstreue Schätzer der Residualvarianz und adjustierter Determinationskoeffizient	532
14.1.4	Standardfehler der Regressionskoeffizienten	533
14.2	Multikollinearität	537
14.3	Konfidenzintervalle und Tests von Regressionskoeffizienten	539
14.3.1	Konfidenzintervalle für die Regressionskoeffizienten	540
14.3.2	Test einer Linearkombination von Regressionskoeffizienten	541
14.4	Die F-Verteilung und deren Anwendung im linearen Regressionsmodell	545
14.4.1	Die F-Verteilung	548
14.4.2	F-Test des Determinationskoeffizienten	549
14.4.3	Schrittweise Regression und Test auf Veränderung der Erklärungskraft	550

14.5	Prüfung der Anwendungsvoraussetzungen	557
14.5.1	Tests auf gleiche Varianzen	558
14.5.2	Robuste Standardfehler	560
14.5.3	Ramseys Spezifikationstest	562
14.6	Zusammenfassung	565
15	Anwendungen der Regressionsanalyse in der Praxis	568
15.1	Modellanpassung bei diskreten erklärenden Variablen	568
15.2	Konditionale Haupteffekte und Regression durch den Ursprung	578
15.3	Nominalskalierte erklärende Variablen	585
15.3.1	Regression auf eine nominalskalierte dichotome Variable	585
15.3.2	Regression auf eine nominalskalierte polytome Variable	586
15.3.3	Regressionsmodelle mit mehreren nominalskalierten erklärenden Variablen	593
15.4	Levene-Test auf Gleichheit von Varianzen in K unabhängigen Stichproben	602
15.5	Modellanpassung bei stetigen erklärenden Variablen	604
15.5.1	Abschnittsweise lineare Regression	605
15.5.2	Grafische Bestimmung der Regressionsfunktion über einen partiellen Residuenplot	609
15.5.3	Beurteilung der Homogenität der Stichprobe	612
15.6	Zusammenfassung	613
16	Varianzanalyse und Varianzkomponentenmodelle	615
16.1	Mehrfaktorielle Varianzanalyse	616
16.1.1	Varianzanalyse mit vollständigem Design und gleichen Zellenbesetzungen	619
16.1.2	Varianzanalyse als OLS-Schätzung eines Regressionsmodells mit Effekt-Codierung	626
16.2	Varianzanalyse bei nicht orthogonalen Designs	632
16.3	Varianzanalyse mit Messwiederholungen	638
16.4	Zufällige Effekte und Varianzkomponentenmodelle	646
16.4.1	Varianzkomponentenmodelle	646
16.4.2	F-Tests bei Varianzanalysen mit zufälligen Effekten	651
16.4.3	ML-Schätzung von Varianzkomponentenmodellen	654
16.5	Zusammenfassung	656

F	Nichtlineare Regressionsmodelle	661
17	Regressionsmodelle für dichotome abhängige Variablen	661
17.1	Das binäre logistische Regressionsmodell	666
17.1.1	ML-Schätzung der Regressionskoeffizienten	666
17.1.2	Interpretation der Regressionskoeffizienten im Logit-Modell	671
17.1.3	Multiplikativ-proportionale Logit-Modelle	675
17.2	Hypothesenprüfung und Konfidenzintervalle	682
17.2.1	Test einzelner Koeffizienten	683
17.2.2	Berechnung von Konfidenzintervallen	683
17.2.3	Tests von Kontrasten	684
17.2.4	Simultane Test von mehreren Kontrasten	686
17.3	Erklärungskraft des Regressionsmodells bei einer dichotomen abhängigen Variablen	689
17.4	Probit-Regression	692
17.5	Beurteilung der Modellanpassung	696
17.6	Logit- und Probit-Analysen oder lineare Regression?	699
17.7	Zusammenfassung	701
18	Regressionsmodelle für polytome abhängige Variablen	704
18.1	Die multinomiale Logit-Regression für eine abhängige nominalskalierte Variable	704
18.1.1	Interpretation eines multinomialen Regressionsmodells	708
18.1.2	Erklärungskraft und relative Effektstärke	716
18.1.3	Hypothesenprüfung und Konfidenzintervalle	719
18.2	Die konditionale Logit-Regression	721
18.2.1	Effekte im konditionalen Logit-Modell und die Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen	723
18.2.2	Die Flexibilität des konditionalen Logit-Modells	728
18.3	Logit- und Probit-Modelle für ordinale abhängige Variablen	736
18.3.1	Das Modell der kumulierten Logits	739
18.3.2	Das Modell der kumulierten Probits	743
18.4	Beobachtungsäquivalenz zwischen ordinaler Probit- und Logit-Regression und einem latenten linearen Regressionsmodell	745
18.5	Zusammenfassung	752
G	Nichtparametrische Tests	755
19	Die Logik nichtparametrischer und verteilungsfreier Tests am Beispiel von Gruppenvergleichen	755

19.1 Fishers exakter Test auf Gleichheit von zwei Anteilen in unabhängigen Stichproben	756
19.2 McNemar-Tests für Anteilsvergleiche bei abhängigen Stichproben	762
19.3 Mediantest und U-Test zum Vergleich der Lage zweier Verteilungen bei unabhängigen Stichproben	766
19.4 Vorzeichentest zum Vergleich der Lage zweier Verteilungen bei abhängigen Stichproben	771
19.5 Nutzung von Monte-Carlo-Simulationen zur Berechnung von Testverteilungen	773
19.5.1 Permutationstest einer Mittelwertdifferenz in zwei unabhängigen Stichproben	773
19.5.2 Bootstrap einer Mittelwertdifferenz in zwei unabhängigen Stichproben	776
19.6 Zusammenfassung	783
Literatur	785
Anhang	793
Sachregister	801

Vorwort

zur völlig überarbeiteten Neuauflage der «Statistik für die Sozialwissenschaften»

Statistik als ein wichtiger Bestandteil der Sozialwissenschaften hat in den letzten Jahren an Bedeutung stetig zugenommen. Durch die ständige Weiterentwicklung der Computersoftware ist die Durchführung (komplexer) Datenanalysen immer einfacher geworden und gehört inzwischen zum Standard der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse. Gerade wegen dieser Entwicklungen war eine gründliche Überarbeitung des Stoffes in diesem Buch notwendig, die nahezu einer Neubearbeitung gleichkommt. Da der zentrale Teil empirischer Forschungsarbeit die Interpretation der Forschungsergebnisse ist, erscheint es uns notwendig, die Grundlagen, auf denen die statistischen Verfahrensweisen basieren, zu vermitteln. Ohne statistische Grundkenntnisse dieser Art besteht die Gefahr fehlerhafter Interpretationen und unzutreffender Schlussfolgerungen.

Statistik fordert Studierende und Lehrende gleichermaßen. Gefürchtet ist das Fach Statistik vor allem deshalb, weil ihm der Ruf vorausgeht, dass es vor allem unverständliche mathematische Formeln beinhaltet und kaum lernbar ist.

Auch unsere Einführung in die Statistik kommt nicht ohne Formeln aus. Um die Berührungsängste mit dem Fach zu mindern, wird aber jede Formel ausführlich erklärt und erläutert, so dass ein Verständnis allein mit Kenntnis der Grundrechenarten möglich ist.

Verschiedene Vorabversionen des Manuskripts zu diesem Buch sind in Lehrveranstaltungen gemeinsam mit den Studierenden erprobt worden. Wir haben daraus viele Hinweise auf Verständnisprobleme erhalten, die wir bei der Erstellung des endgültigen Manuskripts berücksichtigt haben. Ein Lehrbuch