
Abbildungsverzeichnis

1.1	Kreisprozesse	4
1.2	Induktion und Deduktion	11
1.3	Variablen nach der Problemstellung	23
1.4	Variablen nach der Skalierung	25
1.5	Visuelle Analogskala	25
1.6	Beobachtungssituationen und Datenstruktur	29
1.7	Datentabelle in R	30
2.1	Venn-Diagramm zur Teilmengenrelation	33
2.2	Venn-Diagramm zur Vereinigungsmenge	33
2.3	Venn-Diagramm zur Schnittmenge	34
2.4	Venn-Diagramm zum Komplement einer Menge	34
2.5	Venn-Diagramm zur Differenz zweier Mengen	34
2.6	Lineare Funktionen	55
2.7	Quadratische Funktionen	56
2.8	Periodische Funktionen am Einheitskreis	57
2.9	Exponentialfunktionen	58
2.10	Wachstumsfunktionen	59
2.11	Fläche unter der Kurve	60
2.12	Pascalsches Dreieck	67
3.1	Balken- und Kreisdiagramm (Blutgruppen im ABO-System)	76
3.2	Rechteckdiagramm und Mosaikplot (Blutgruppen im ABO-System)	78
3.3	Box-Plot (Schema)	86
3.4	Dot-Plot und Box-Plot (Schmerzintensität)	86
3.5	Inversionen in gepaarten Rangfolgen	87
3.6	Fehlerbalken (Mittelwert und Standardabweichung)	97
3.7	Systematische und zufällige Fehler (Schießscheibenmodell)	108
3.8	Präzision von Messungen	112
3.9	Histogramm (Body-Mass-Index BMI)	114
3.10	Empirische Verteilungsfunktion (Body-Mass-Index)	116
3.11	Box-Plot und empirische Verteilungsfunktion (Body-Mass-Index)	116
3.12	BMI - klassierte Daten (Barplot)	117
3.13	Pareto-Diagramm (Fehler bei der Fertigung)	118
3.14	Lorenz-Kurve (Marktanteile)	121
3.15	Wechselwirkung, Interaktionstypen	122
3.16	Typisierung von Zusammenhängen	123

3.17	Punktwolke (Alter und Körpergröße)	125
3.18	Streuung in bivariaten Messungen	126
3.19	Punktwolken zu unterschiedlichen Korrelationskoeffizienten	127
3.20	Autokorrelationsfunktion	129
3.21	Punktwolke und Residuen-Plot zu Lungentumoren / Asbestexposition	136
3.22	Korrelation und Regression (Zusammenhang)	138
3.23	Regression - Methode der orthogonal kleinsten Quadrate	141
3.24	Robuste lineare Regression zu Auslandstelefonaten / Jahrgang	143
3.25	Kurvenformen zu nichtlinearen Funktionen	144
3.26	Nichtlineare Regression	145
3.27	Regressionsmodell (asymptotisch)	146
3.28	Logistisches Regressionsmodell	147
3.29	Compartment-Modell (nichtlineare Regression)	147
3.30	Michaelis-Menten Gleichung (nichtlineare Regression)	148
3.31	Linearisierung von Punktwolken	150
3.32	Linearisierbare Funktionen	152
3.33	Regressogramm	154
3.34	Kubische Spline-Interpolation	156
4.1	Beziehungen zwischen Ereignissen (Venn-Diagramme)	161
4.2	Additionssatz für „vereinbare“ Ereignisse	166
4.3	Baumdiagramm zur Stochastischen Unabhängigkeit	175
4.4	Geburtstagsproblem	182
4.5	Zerlegung der Ergebnismenge	185
4.6	Pfadregel und Bayessches Theorem	186
4.7	Diagnostischer Test (Ziel)	189
4.8	Positiver und negativer Voraussagewert	192
4.9	Histogramm (Nüchternblutzucker und Diabetes)	194
4.10	ROC-Kurve (Nüchternblutzucker und Diabetes)	195
4.11	Fagan-Nomogramm zur Bestimmung der Posttest-Wahrscheinlichkeit	196
4.12	Entscheidungskurve für einen oralen Glukose-Toleranztest	199
5.1	Diskrete Zufallsvariablen (Modell)	206
5.2	Wahrscheinlichkeits- und Verteilungsfunktion (Werfen eines Würfels)	208
5.3	Wahrscheinlichkeits- und Verteilungsfunktion (Werfen zweier Würfel)	208
5.4	Verteilungs- und Dichtefunktion einer stetigen Zufallsvariablen	209
5.5	Formen einer Verteilung	219
5.6	Verteilung und Berechnung der Potenzmomente	224
5.7	Verteilung der Körpergröße	225
5.8	Diskrete Gleichverteilung	228
5.9	Bernoulli-Versuche	230
5.10	Binomialverteilung	232
5.11	Multinomialverteilung	241
5.12	Poisson-Verteilung	245
5.13	Poisson-Verteilung (Anzahl der Unverträglichkeiten)	247
5.14	Negative Binomialverteilung (Anzahl der Nieten)	252
5.15	Geometrische Verteilung (Würfelwurf)	256
5.16	Hypergeometrische Verteilung (Lotto)	259
5.17	Gleich- oder Rechteckverteilung	263
5.18	Standard-Beta-Verteilung	265
5.19	Standard-Beta-Verteilung (Gewinn-Anteile / Übertragbarkeit von Polio)	266
5.20	Binomial-Prozess, unterschiedliche Sichtweisen	267

5.21	Binomial-Prozess (Bauteile / Darlehen / Umfrage)	268
5.22	Exponentialfunktion (Glockenkurven)	269
5.23	Normalverteilung: Wahrscheinlichkeitsdichte	270
5.24	Standardnormalverteilung: Wahrscheinlichkeitsdichte und Verteilungsfunktion	272
5.25	Wahrscheinlichkeiten zum Nüchternblutzucker	274
5.26	Normalverteilung: Flächenanteile (Quantile)	275
5.27	Normalkurve: Länge eines Gegenstandes	279
5.28	Standardnormalverteilung: Fläche unter der Dichte	280
5.29	Normalverteilung: Anpassung aus Histogrammdata	281
5.30	Fehlerfunktion	283
5.31	Halbnormalverteilung	284
5.32	Gestutzte Normalverteilung	286
5.33	Lognormalverteilung: Wahrscheinlichkeitsdichte und Verteilungsfunktion	288
5.34	Lognormalverteilung (Alter bei 1. Vaterschaft)	291
5.35	Exponentialverteilung	294
5.36	Weibull-Verteilung	295
5.37	Weibull-Verteilung: Reliabilität und Ausfallrate	296
5.38	Weibull-Verteilung (Bruchfestigkeit)	297
5.39	Gumbel-Verteilung	298
5.40	Wasserstand des Rheins (Gumbel-Verteilung)	299
5.41	Gamma-Funktion	301
5.42	Gamma-Verteilung	302
5.43	Gamma-Verteilung (Haltbarkeit von Druckgefäßen)	303
5.44	Standardnormalverteilung und „Student“-Verteilung	304
5.45	t -Verteilung	305
5.46	Nichtzentrale t -Verteilung	307
5.47	χ^2 -Verteilung	309
5.48	Nichtzentrale χ^2 -Verteilung	312
5.49	F -Verteilung	313
5.50	Lineare Interpolation	314
5.51	Zweidimensionale Wahrscheinlichkeitsdichte: Teenager-Allüren	323
5.52	Bedingte Dichtefunktionen: Teenager-Allüren	326
5.53	Höhenlinien: Teenager-Allüren	328
5.54	Zweidimensionale Normalverteilung	329
5.55	Höhenlinien dreier zweidimensional-standardisierter Normalverteilungen	329
6.1	Stichprobenumfang: Allgemeine Faktoren	335
6.2	Likelihood- und Wahrscheinlichkeitsfunktion	347
6.3	Partikelgröße nach Abgasreinigung	352
6.4	OLS-Schätzer zur linearen Regression und zur nichtlinearen Regression	354
6.5	Konfidenzgrenzen zur Schätzung von π	356
6.6	Darstellung von Konfidenzintervallen in \mathbf{R}	357
6.7	95%-Konfidenzintervalle für π	365
6.8	Notched Box-Whisker-Plot (Ausfallzeiten: Energieversorgung)	395
6.9	Weibull-Diagramm (Scheuerfestigkeit von Garn)	412
6.10	Konfidenzintervall zur linearen Regression	419
6.11	Konfidenzintervall zur linearen Regression (Flügelspannweite von Sperlingen)	422
6.12	95%-Konfidenzintervalle für den Korrelationskoeffizient ρ	423
6.13	Fehlende Übereinstimmung und systematische Unterschiede	426
6.14	Übereinstimmung von Messungen nach Bland-Altman	427
6.15	Fallzahlabschätzung nach Bland-Altman	427

6.16	Regression zur Übereinstimmung von Messungen Deming und Passing-Bablok Bland-Altman	430
6.17	Bayes-Schätzung: A-priori und a-posteriori Verteilung	447
6.18	Bayes-Schätzung: konjugierte Standard-Beta-Verteilung (a-priori)	449
6.19	Bayes-Schätzung: a-priori Beta-Verteilungen (faire Münze)	451
6.20	Bayes-Schätzung: <i>HPD</i> -Region zur a-posteriori Verteilung	453
7.1	Kritischer Wert der Teststatistik	470
7.2	Teststärkekurven (Gütefunktionen)	472
7.3	OC-Kurve für einen Stichprobenplan	476
7.4	AOQ-Kurve für den mittleren Durchschlupf	476
7.5	Bioverfügbarkeit, Konzentrationskurve	478
7.6	QQ-Plot (Blutzucker und Cholesterin)	487
7.7	QQ-Plot: Abweichungen von einer Normalverteilung	488
7.8	Box-Cox-Transformation	489
7.9	Histogramm und Normalverteilung (Blutzucker und Cholesterin)	492
7.10	Empirische Verteilung und Normalverteilung (Blutzucker und Cholesterin)	495
7.11	Boxplot, Ausreißer erkennen	501
7.12	Verteilungsmodell: Anzahl der Erfolge unter $n=30$ Versuchen	506
7.13	Stichprobenumfänge zur Sicherung eines Nullereignisses	510
7.14	Verteilungsfunktion unter H_0 (mittlerer diastolischer Blutdruck)	514
7.15	Power für den Einstichproben-t-Test	516
7.16	Wilcoxon-Verteilung: Dichte- und Verteilungsfunktion	571
7.17	Effektmaße: Cohen's d und die Wahrscheinlichkeit $P(X > Y)$	577
7.18	AUC (ROC-Kurve) und Stärke eines Effektes	579
7.19	Differenz zwischen empirischen kumulierten Häufigkeitsverteilungen	594
7.20	Äquivalenztest: Annahmebereiche und Ablehnungsbereich	607
7.21	Falsch positive Resultate bei mehrfachem Test	609
7.22	Fehler bei einem einzigen Test gegenüber mehrfachen unabhängigen Tests	611
7.23	Parallelplot (Wirksamkeit verschiedener Diuretika)	673
7.24	Zweifache Varianzanalyse mit Berücksichtigung einer Wechselwirkung	680
7.25	Interaction-Plot (Geschlecht und Grad der Depression)	681
7.26	Formen von Verlaufsdaten	683
7.27	Wiederholte Messungen in zwei Gruppen (hypothetisches Beispiel)	685
7.28	Profildiagramme zu Verlaufsdaten	687
7.29	Versuchsplanung für den Vergleich zweier Behandlungen	688
7.30	Powerkurve zum Vierfeldertest	704
7.31	Vierfeldertafel: Mosaikplot und die Odds Ratio	712
7.32	Äquivalenzintervall: Zweiseitiger Test für Binomialwahrscheinlichkeiten	724
7.33	Korrelation bei mehrfachen Messungen	796
7.34	Powerkurve zur Schätzung des Korrelationskoeffizienten	798
7.35	Chow-Test (Strukturbruch bei linearer Regression)	807
7.36	Durbin-Watson-Test Entscheidungsgrenzen	808
7.37	Durbin-Watson-Test Beispiel	810
8.1	Lineares Regressionsmodell (Cholesterin in Abhängigkeit vom Alter)	820
8.2	Residuenanalyse (Cholesterin in Abhängigkeit vom Alter)	821
8.3	Multiple lineare Regression	824
8.4	Multiple lineare Regression (Mausmodell)	826
8.5	Kollinearität in Regressionsmodellen	828
8.6	Residuen-Plot: systematische Fehler im Modell	830
8.7	Leverage-Plot: „extreme“ Einzelfälle im Modell	832

8.8	Heteroskedastizität im linearen Regressionsmodell	833
8.9	Simultane Konfidenzintervalle nach Tukey (Antibiotika)	845
8.10	Interaction-Plot (Antibiotika)	848
8.11	Logit-Transformation als Link-Funktion bei einer logistischen Regression	850
8.12	Logistische Funktion (Challenger-Unglück)	851
8.13	Multiple logistische Regression (Kyphose)	855
8.14	Nomogramm zum logistischen Regressionsmodell (Kyphose)	858
8.15	Residuenanalyse für das Modell der logistischen Regression (Kyphose)	862
8.16	Logistische Regression - ROC/AUC	863
8.17	Propensity-Score Matching A	865
8.17	Propensity-Score Matching B	865
8.18	Poisson-Regression (Paarungen afrikanischer Elefanten)	868
8.19	Mosaikplot zu Kontingenztafeln (Arbeitslosigkeit / Gebrauch von Drogen)	872
8.20	Hierarchisch geordnete Hypothesen zur Unabhängigkeit	879
8.21	Verlaufsdaten (hypothetisches Beispiel)	883
8.22	Verlaufsdaten in zwei Gruppen (hypothetisches Beispiel)	885
8.23	Lineare Regression zu Einzelverläufen (hypothetisches Beispiel)	887
8.24	Regressionsanalyse und gemischt lineares Modell	891
8.25	Synchronisation von Ereignissen und Ereigniszeiten	903
8.26	Sterbefunktion, Überlebensfunktion und Hazardfunktion	905
8.27	Kaplan-Meier: Schätzung der Überlebensfunktionen	909
8.28	Kaplan-Meier: Vergleich zweier Überlebensfunktionen	912
8.29	Parametrische Regressionsmodelle	913
8.30	Überlebenszeit: Exponentielles Modell	915
8.31	Überlebenszeit: Gompertz-Modell	916
8.32	Überlebenszeit: Weibull-Modell	918
8.33	Überlebenszeit: loglogistisches Modell	919
8.34	Überlebenszeit: Graphische Validierung von Modellannahmen	920
8.35	Überlebenszeit: AFT-Modelle	922
8.36	Überlebensfunktion nach dem Cox-Modell geschätzt	929
8.37	Nomogramm zur Cox-Regressionsmodell	929
8.38	Log-kumuliertes Risiko der Cox-Snell-Residuen	933
8.39	Martingal-Residuen aus dem Nullmodell	934
8.40	Schoenfeld-Residuen	935
9.1	R -Konsole	937
9.2	RStudio Editor zu R	939
9.3	R-commander (library(Rcmdr))	939
9.4	Hilfestellung (HTML) in R	940
9.5	Datenrahmen (edit())	947
9.6	Statistische Graphiken in R	961
9.7	Plotsymbole und Linienarten in den Graphikfunktionen	962
9.8	Parabelsegment mit Ergänzungen zu Graphik-Funktionen	962