

---

# Inhaltsverzeichnis

**Teil I Grundlagen**

<b>1</b>	<b>Beispiele multivariater Datensätze</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Elementare Behandlung der Daten</b>	<b>15</b>
2.1	Beschreibung und Darstellung univariater Datensätze	15
2.1.1	Beschreibung und Darstellung qualitativer Merkmale	17
2.1.2	Beschreibung und Darstellung quantitativer Merkmale	19
2.2	Beschreibung und Darstellung multivariater Datensätze	25
2.2.1	Beschreibung und Darstellung von Datenmatrizen quantitativer Merkmale	25
2.2.2	Datenmatrizen qualitativer Merkmale	40
2.3	Datenbehandlung in R	44
2.3.1	R als mächtiger Taschenrechner	44
2.3.2	Univariate Datenanalyse	46
2.3.3	Multivariate Datenanalyse	57
2.4	Ergänzungen und weiterführende Literatur	67
2.5	Übungen	68
<b>3</b>	<b>Mehrdimensionale Zufallsvariablen</b>	<b>71</b>
3.1	Problemstellung	71
3.2	Univariate Zufallsvariablen	71
3.3	Zufallsmatrizen und Zufallsvektoren	76
3.4	Multivariate Normalverteilung	88
<b>4</b>	<b>Ähnlichkeits- und Distanzmaße</b>	<b>91</b>
4.1	Problemstellung	91
4.2	Bestimmung der Distanzen und Ähnlichkeiten aus der Datenmatrix	92
4.2.1	Quantitative Merkmale	92
4.2.2	Binäre Merkmale	103
4.2.3	Qualitative Merkmale mit mehr als zwei Merkmalsausprägungen	107

4.2.4	Qualitative Merkmale, deren Merkmalsausprägungen geordnet sind	107
4.2.5	Unterschiedliche Messniveaus	107
4.3	Distanzmaße in R	110
4.4	Direkte Bestimmung der Distanzen	116
4.5	Übungen	117

## Teil II Darstellung hochdimensionaler Daten in niedrigdimensionalen Räumen

<b>5</b>	<b>Hauptkomponentenanalyse</b>	121
5.1	Problemstellung	121
5.2	Hauptkomponentenanalyse bei bekannter Varianz-Kovarianz-Matrix	126
5.3	Hauptkomponentenanalyse bei unbekannter Varianz-Kovarianz-Matrix	129
5.4	Praktische Aspekte	133
5.4.1	Anzahl der Hauptkomponenten	135
5.4.2	Überprüfung der Güte der Anpassung	139
5.4.3	Analyse auf Basis der Varianz-Kovarianz-Matrix oder auf Basis der Korrelationsmatrix	142
5.5	Wie geht man bei einer Hauptkomponentenanalyse vor?	145
5.6	Hauptkomponentenanalyse in R	150
5.7	Ergänzungen und weiterführende Literatur	155
5.8	Übungen	155
<b>6</b>	<b>Mehrdimensionale Skalierung</b>	159
6.1	Problemstellung	159
6.2	Metrische mehrdimensionale Skalierung	161
6.2.1	Theorie	161
6.2.2	Praktische Aspekte	178
6.2.3	Metrische mehrdimensionale Skalierung der Rangreihung von Politikerpaaren	180
6.2.4	Metrische mehrdimensionale Skalierung in R	182
6.3	Nichtmetrische mehrdimensionale Skalierung	185
6.3.1	Theorie	185
6.3.2	Nichtmetrische mehrdimensionale Skalierung in R	194
6.4	Ergänzungen und weiterführende Literatur	196
6.5	Übungen	197
<b>7</b>	<b>Procrustes-Analyse</b>	199
7.1	Problemstellung und Grundlagen	199
7.2	Illustration der Vorgehensweise	202
7.3	Theorie	208
7.4	Procrustes-Analyse der Reisezeiten	210

7.5	Procrustes-Analyse in R	212
7.6	Ergänzungen und weiterführende Literatur	215
7.7	Übungen	215

### Teil III Abhängigkeitsstrukturen

<b>8</b>	<b>Lineare Regression</b>	219
8.1	Problemstellung und Modell	219
8.2	Schätzung der Parameter	222
8.3	Praktische Aspekte	230
8.3.1	Interpretation der Parameter bei mehreren erklärenden Variablen	230
8.3.2	Güte der Anpassung	235
8.3.3	Tests	238
8.4	Lineare Regression in R	243
8.5	Ergänzungen und weiterführende Literatur	246
8.6	Übungen	246
<b>9</b>	<b>Explorative Faktorenanalyse</b>	249
9.1	Problemstellung und Grundlagen	249
9.2	Theorie	257
9.2.1	Allgemeines Modell	257
9.2.2	Nichteindeutigkeit der Lösung	261
9.2.3	Schätzung von $\mathbf{L}$ und $\Psi$	264
9.3	Praktische Aspekte	270
9.3.1	Bestimmung der Anzahl der Faktoren	270
9.3.2	Rotation	270
9.4	Faktorenanalyse in R	272
9.5	Ergänzungen und weiterführende Literatur	275
9.6	Übungen	275
<b>10</b>	<b>Hierarchische loglineare Modelle</b>	279
10.1	Problemstellung und Grundlagen	279
10.2	Zweidimensionale Kontingenztabellen	289
10.2.1	Modell 0	290
10.2.2	Modell $A$	291
10.2.3	IPF-Algorithmus	293
10.2.4	Modell $B$	295
10.2.5	Modell $A, B$	296
10.2.6	Modell $AB$	298
10.2.7	Modellselektion	299
10.3	Dreidimensionale Kontingenztabellen	302
10.3.1	Modell der totalen Unabhängigkeit	302

10.3.2 Modell der Unabhängigkeit einer Variablen . . . . .	306
10.3.3 Modell der bedingten Unabhängigkeit . . . . .	309
10.3.4 Modell ohne Drei-Faktor-Interaktion . . . . .	312
10.3.5 Saturiertes Modell . . . . .	315
10.3.6 Modellselektion . . . . .	315
10.4 Loglineare Modelle in R . . . . .	317
10.5 Ergänzungen und weiterführende Literatur . . . . .	323
10.6 Übungen . . . . .	323

## Teil IV Gruppenstrukturen

<b>11 Einfaktorielle Varianzanalyse . . . . .</b>	<b>329</b>
11.1 Problemstellung . . . . .	329
11.2 Univariate einfaktorielle Varianzanalyse . . . . .	330
11.2.1 Theorie . . . . .	330
11.2.2 Praktische Aspekte . . . . .	339
11.3 Multivariate einfaktorielle Varianzanalyse . . . . .	345
11.4 Jonckheere-Test . . . . .	348
11.5 Einfaktorielle Varianzanalyse in R . . . . .	354
11.6 Ergänzungen und weiterführende Literatur . . . . .	360
11.7 Übungen . . . . .	360
<b>12 Diskriminanzanalyse . . . . .</b>	<b>363</b>
12.1 Problemstellung und theoretische Grundlagen . . . . .	363
12.2 Diskriminanzanalyse bei normalverteilten Grundgesamtheiten . . . . .	372
12.2.1 Diskriminanzanalyse bei Normalverteilung mit bekannten Parametern . . . . .	372
12.2.2 Diskriminanzanalyse bei Normalverteilung mit unbekannten Parametern . . . . .	378
12.3 Fishers lineare Diskriminanzanalyse . . . . .	383
12.4 Logistische Diskriminanzanalyse . . . . .	388
12.5 Klassifikationsbäume . . . . .	391
12.6 Praktische Aspekte . . . . .	399
12.7 Diskriminanzanalyse in R . . . . .	405
12.8 Ergänzungen und weiterführende Literatur . . . . .	411
12.9 Übungen . . . . .	412
<b>13 Clusteranalyse . . . . .</b>	<b>415</b>
13.1 Problemstellung . . . . .	415
13.2 Hierarchische Clusteranalyse . . . . .	416
13.2.1 Theorie . . . . .	416
13.2.2 Verfahren der hierarchischen Clusterbildung . . . . .	422

13.2.3 Praktische Aspekte . . . . .	449
13.2.4 Hierarchische Clusteranalyse in R . . . . .	454
13.3 Partitionierende Verfahren . . . . .	457
13.3.1 Theorie . . . . .	457
13.3.2 Praktische Aspekte . . . . .	460
13.3.3 Partitionierende Verfahren in R . . . . .	466
13.4 Clusteranalyse von Daten der Regionen . . . . .	471
13.5 Ergänzungen und weiterführende Literatur . . . . .	474
13.6 Übungen . . . . .	474
<b>Anhang A Mathematische Grundlagen . . . . .</b>	<b>477</b>
A.1 Matrizenrechnung . . . . .	477
A.1.1 Definitionen und spezielle Matrizen . . . . .	478
A.1.2 Matrixverknüpfungen . . . . .	479
A.1.3 Inverse Matrix . . . . .	484
A.1.4 Orthogonale Matrizen . . . . .	485
A.1.5 Spur einer Matrix . . . . .	486
A.1.6 Determinante einer Matrix . . . . .	487
A.1.7 Lineare Gleichungssysteme . . . . .	488
A.1.8 Eigenwerte und Eigenvektoren . . . . .	490
A.1.9 Spektralzerlegung einer symmetrischen Matrix . . . . .	493
A.1.10 Singulärwertzerlegung . . . . .	495
A.1.11 Quadratische Formen . . . . .	496
A.2 Extremwerte . . . . .	497
A.2.1 Gradient und Hesse-Matrix . . . . .	498
A.2.2 Extremwerte ohne Nebenbedingungen . . . . .	500
A.2.3 Extremwerte unter Nebenbedingungen . . . . .	501
A.3 Matrizenrechnung in R . . . . .	503
<b>Anhang B Eigene R-Funktionen . . . . .</b>	<b>509</b>
B.1 Quartile . . . . .	509
B.2 Monotone Regression . . . . .	509
B.3 STRESS1 . . . . .	510
B.4 Bestimmung einer neuen Konfiguration . . . . .	510
B.5 Kophenetische Matrix . . . . .	511
B.6 Gamma-Koeffizient . . . . .	512
B.7 Bestimmung der Zugehörigkeit zu Klassen . . . . .	513
B.8 Silhouette . . . . .	513
B.9 Zeichnen einer Silhouette . . . . .	514
<b>Anhang C Tabellen . . . . .</b>	<b>517</b>
C.1 Standardnormalverteilung . . . . .	517

---

C.2	$\chi^2$ -Verteilung	519
C.3	$t$ -Verteilung	520
C.4	$F$ -Verteilung	521
<b>Literatur</b>		<b>523</b>
<b>Sachverzeichnis</b>		<b>529</b>

Multivariate Analysemethoden

Theorie und Praxis mit R

Handl, A.; Kuhlenkasper, T.

2017, XVIII, 536 S. 99 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-662-54753-3