

# 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>13</b>
2.1	Beschreibung und Darstellung univariater Datensätze . . . . .	13
2.1.1	Beschreibung und Darstellung qualitativer Merkmale . . . . .	15
2.1.2	Beschreibung und Darstellung quantitativer Merkmale . . . . .	17
2.2	Beschreibung und Darstellung multivariater Datensätze . . . . .	22
2.2.1	Beschreibung und Darstellung von Datenmatrizen quantitativer Merkmale . . . . .	22
2.2.2	Beschreibung und Darstellung von Datenmatrizen qualitativer Merkmale . . . . .	36
2.3	Datenbehandlung in S-PLUS . . . . .	41
2.3.1	Univariate Datenanalyse . . . . .	41
2.3.2	Multivariate Datenanalyse . . . . .	51
2.4	Ergänzungen und weiterführende Literatur . . . . .	61
2.5	Übungen . . . . .	61
<b>3</b>	<b>Mehrdimensionale Zufallsvariablen</b> . . . . .	<b>65</b>
3.1	Problemstellung . . . . .	65
3.2	Univariate Zufallsvariablen . . . . .	65
3.3	Zufallsmatrizen und Zufallsvektoren . . . . .	70
3.4	Die multivariate Normalverteilung . . . . .	81
<b>4</b>	<b>Ähnlichkeits- und Distanzmaße</b> . . . . .	<b>83</b>
4.1	Problemstellung . . . . .	83
4.2	Bestimmung der Distanzen und Ähnlichkeiten aus der Datenmatrix . . . . .	84
4.2.1	Quantitative Merkmale . . . . .	84
4.2.2	Binäre Merkmale . . . . .	94
4.2.3	Qualitative Merkmale mit mehr als zwei Merkmalsausprägungen . . . . .	98
4.2.4	Qualitative Merkmale, deren Merkmalsausprägungen geordnet sind . . . . .	98

4.2.5	Unterschiedliche Messniveaus	98
4.3	Distanzmaße in S-PLUS	102
4.4	Direkte Bestimmung der Distanzen	108
4.5	Übungen	110

---

## Teil II Darstellung hochdimensionaler Daten in niedrigdimensionalen Räumen

---

<b>5</b>	<b>Hauptkomponentenanalyse</b>	115
5.1	Problemstellung	115
5.2	Hauptkomponentenanalyse bei bekannter Varianz-Kovarianz-Matrix	120
5.3	Hauptkomponentenanalyse bei unbekannter Varianz-Kovarianz-Matrix	123
5.4	Praktische Aspekte	126
5.4.1	Anzahl der Hauptkomponenten	128
5.4.2	Überprüfung der Güte der Anpassung	130
5.4.3	Analyse auf Basis der Varianz-Kovarianz-Matrix oder auf Basis der Korrelationsmatrix	133
5.5	Wie geht man bei einer Hauptkomponentenanalyse vor?	135
5.6	Hauptkomponentenanalyse in S-PLUS	140
5.7	Ergänzungen und weiterführende Literatur	144
5.8	Übungen	145
<b>6</b>	<b>Mehrdimensionale Skalierung</b>	149
6.1	Problemstellung	149
6.2	Metrische mehrdimensionale Skalierung	150
6.2.1	Theorie	150
6.2.2	Praktische Aspekte	165
6.2.3	Metrische mehrdimensionale Skalierung der Rangreihung der Politikerpaare	167
6.2.4	Metrische mehrdimensionale Skalierung in S-PLUS	169
6.3	Nichtmetrische mehrdimensionale Skalierung	171
6.3.1	Theorie	171
6.3.2	Nichtmetrische mehrdimensionale Skalierung in S-PLUS	179
6.4	Ergänzungen und weiterführende Literatur	182
6.5	Übungen	182
<b>7</b>	<b>Procrustes-Analyse</b>	185
7.1	Problemstellung und Grundlagen	185
7.2	Illustration der Vorgehensweise	187
7.3	Theorie	192
7.4	Procrustes-Analyse der Reisezeiten	194
7.5	Procrustes-Analyse in S-PLUS	196

7.6 Ergänzungen und weiterführende Literatur ..... 198  
 7.7 Übungen ..... 198

**Teil III Abhängigkeitsstrukturen**

**8 Lineare Regression** ..... 203  
 8.1 Problemstellung und Modell ..... 203  
 8.2 Schätzung der Parameter ..... 206  
 8.3 Praktische Aspekte ..... 211  
     8.3.1 Interpretation der Parameter bei mehreren erklärenden Variablen ..... 211  
     8.3.2 Die Güte der Anpassung ..... 215  
     8.3.3 Tests ..... 219  
 8.4 Lineare Regression in S-PLUS ..... 222  
 8.5 Ergänzungen und weiterführende Literatur ..... 224  
 8.6 Übungen ..... 224

**9 Explorative Faktorenanalyse** ..... 227  
 9.1 Problemstellung und Grundlagen ..... 227  
 9.2 Theorie ..... 235  
     9.2.1 Das allgemeine Modell ..... 235  
     9.2.2 Nichteindeutigkeit der Lösung ..... 238  
     9.2.3 Schätzung von  $\mathbf{L}$  und  $\Psi$  ..... 240  
 9.3 Praktische Aspekte ..... 246  
     9.3.1 Bestimmung der Anzahl der Faktoren ..... 246  
     9.3.2 Rotation ..... 247  
 9.4 Faktorenanalyse in S-PLUS ..... 249  
 9.5 Ergänzungen und weiterführende Literatur ..... 251  
 9.6 Übungen ..... 252

**10 Hierarchische loglineare Modelle** ..... 255  
 10.1 Problemstellung und Grundlagen ..... 255  
 10.2 Zweidimensionale Kontingenztafeln ..... 265  
     10.2.1 Modell 0 ..... 265  
     10.2.2 Modell  $A$  ..... 267  
     10.2.3 Der IPF-Algorithmus ..... 268  
     10.2.4 Modell  $B$  ..... 270  
     10.2.5 Modell  $A, B$  ..... 272  
     10.2.6 Modell  $AB$  ..... 274  
     10.2.7 Modellselektion ..... 274  
 10.3 Dreidimensionale Kontingenztafeln ..... 277  
     10.3.1 Das Modell der totalen Unabhängigkeit ..... 277  
     10.3.2 Das Modell der Unabhängigkeit einer Variablen ..... 281  
     10.3.3 Das Modell der bedingten Unabhängigkeit ..... 285

10.3.4	Das Modell ohne Drei-Faktor-Interaktion . . . . .	288
10.3.5	Das saturierte Modell . . . . .	290
10.3.6	Modellselektion . . . . .	291
10.4	Loglineare Modelle in S-PLUS . . . . .	292
10.5	Ergänzungen und weiterführende Literatur . . . . .	298
10.6	Übungen . . . . .	298

---

## Teil IV Gruppenstruktur

---

<b>11</b>	<b>Einfaktorielle Varianzanalyse . . . . .</b>	<b>303</b>
11.1	Problemstellung . . . . .	303
11.2	Univariate einfaktorielle Varianzanalyse . . . . .	303
11.2.1	Theorie . . . . .	303
11.2.2	Praktische Aspekte . . . . .	311
11.3	Multivariate einfaktorielle Varianzanalyse . . . . .	317
11.4	Einfaktorielle Varianzanalyse in S-PLUS . . . . .	319
11.5	Ergänzungen und weiterführende Literatur . . . . .	322
11.6	Übungen . . . . .	322
<b>12</b>	<b>Diskriminanzanalyse . . . . .</b>	<b>325</b>
12.1	Problemstellung und theoretische Grundlagen . . . . .	325
12.2	Diskriminanzanalyse bei normalverteilten Grundgesamtheiten . . . . .	334
12.2.1	Diskriminanzanalyse bei Normalverteilung mit bekannten Parametern . . . . .	334
12.2.2	Diskriminanzanalyse bei Normalverteilung mit unbekannten Parametern . . . . .	340
12.3	Fishers lineare Diskriminanzanalyse . . . . .	343
12.4	Logistische Diskriminanzanalyse . . . . .	348
12.5	Klassifikationsbäume . . . . .	351
12.6	Praktische Aspekte . . . . .	358
12.7	Diskriminanzanalyse in S-PLUS . . . . .	362
12.8	Ergänzungen und weiterführende Literatur . . . . .	369
12.9	Übungen . . . . .	369
<b>13</b>	<b>Clusteranalyse . . . . .</b>	<b>373</b>
13.1	Problemstellung . . . . .	373
13.2	Hierarchische Clusteranalyse . . . . .	374
13.2.1	Theorie . . . . .	374
13.2.2	Verfahren der hierarchischen Clusterbildung . . . . .	381
13.2.3	Praktische Aspekte . . . . .	407
13.2.4	Hierarchische Clusteranalyse in S-PLUS . . . . .	411
13.3	Partitionierende Verfahren . . . . .	414
13.3.1	Theorie . . . . .	414
13.3.2	Praktische Aspekte . . . . .	417

13.3.3 Partitionierende Verfahren in S-PLUS . . . . . 422  
 13.4 Clusteranalyse der Daten der Regionen . . . . . 427  
 13.5 Ergänzungen und weiterführende Literatur . . . . . 429  
 13.6 Übungen . . . . . 429

**Teil V Anhänge**

**A Mathematische Grundlagen** . . . . . 435  
 A.1 Matrizenrechnung . . . . . 435  
   A.1.1 Definitionen und spezielle Matrizen . . . . . 436  
   A.1.2 Matrixverknüpfungen . . . . . 437  
   A.1.3 Die inverse Matrix . . . . . 441  
   A.1.4 Orthogonale Matrizen . . . . . 442  
   A.1.5 Spur einer Matrix . . . . . 443  
   A.1.6 Determinante einer Matrix . . . . . 444  
   A.1.7 Lineare Gleichungssysteme . . . . . 445  
   A.1.8 Eigenwerte und Eigenvektoren . . . . . 447  
   A.1.9 Die Spektralzerlegung einer symmetrischen Matrix . . . . . 449  
   A.1.10 Die Singulärwertzerlegung . . . . . 451  
   A.1.11 Quadratische Formen . . . . . 452  
 A.2 Extremwerte . . . . . 453  
   A.2.1 Der Gradient und die Hesse-Matrix . . . . . 454  
   A.2.2 Extremwerte ohne Nebenbedingungen . . . . . 456  
   A.2.3 Extremwerte unter Nebenbedingungen . . . . . 457  
 A.3 Matrizenrechnung in S-PLUS . . . . . 459

**B S-PLUS-Funktionen** . . . . . 465  
 B.1 Quartile . . . . . 465  
 B.2 Distanzmatrix . . . . . 465  
 B.3 Monotone Regression . . . . . 466  
 B.4 STRESS1 . . . . . 467  
 B.5 Bestimmung einer neuen Konfiguration . . . . . 467  
 B.6 Kophenetische Matrix . . . . . 468  
 B.7 Gamma-Koeffizient . . . . . 469  
 B.8 Bestimmung der Zugehörigkeit zu Klassen . . . . . 469  
 B.9 Silhouette . . . . . 470  
 B.10 Zeichnen einer Silhouette . . . . . 471

**C Tabellen** . . . . . 473  
 C.1 Standardnormalverteilung . . . . . 473  
 C.2  $\chi^2$ -Verteilung . . . . . 475  
 C.3  $t$ -Verteilung . . . . . 476  
 C.4  $F$ -Verteilung . . . . . 477

XVI Inhaltsverzeichnis

**Literaturverzeichnis** ..... 479



<http://www.springer.com/978-3-642-14986-3>

Multivariate Analysemethoden

Theorie und Praxis multivariater Verfahren unter  
besonderer Berücksichtigung von S-PLUS

Handl, A.

2010, XVI, 491 S. 100 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-642-14986-3