

# 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<br>quantitativer Merkmale . . . . . | 22        |
| 2.2.2    | Beschreibung und Darstellung von Datenmatrizen<br>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<br>Datenmatrix . . . . .        | 84        |
| 4.2.1    | Quantitative Merkmale . . . . .  | 84        |
| 4.2.2    | Binäre Merkmale . . . . .  | 94        |
| 4.2.3    | Qualitative Merkmale mit mehr als zwei<br>Merkmalsausprägungen . . . . .           | 98        |
| 4.2.4    | Qualitative Merkmale, deren Merkmalsausprägungen<br>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**

**5 Hauptkomponentenanalyse** ..... 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

**6 Mehrdimensionale Skalierung** ..... 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

**7 Procrustes-Analyse** ..... 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 Kontingenztabelle ..... 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 Kontingenztabelle ..... 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<br>bekannten Parametern . . . . .   | 334        |
| 12.2.2    | Diskriminanzanalyse bei Normalverteilung mit<br>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**

|  |     |
|--|-----|
| <b>A Mathematische Grundlagen</b> . . . . .                      | 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>B S-PLUS-Funktionen</b> . . . . .                             | 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 |
| <b>C Tabellen</b> . . . . .                                      | 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