

# Inhaltsverzeichnis

|                                                   |          |
|---------------------------------------------------|----------|
| <b>1. Einführung und Überblick</b>                | <b>1</b> |
| 1.1 Bedeutung und Grundprobleme der Informatik    | 1        |
| 1.1.1 Die Bedeutung des Berechnens von Funktionen | 4        |
| 1.1.2 Das Problem der Komplexität                 | 6        |
| 1.2 Konzeption des Buches                         | 7        |
| 1.2.1 Aufbau des Buches                           | 8        |
| 1.2.2 Verwendung in der Grundvorlesung Informatik | 9        |
| 1.2.3 Englische Begriffe                          | 10       |

---

## Teil I. Grundkonzepte von Hardware und Software

---

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>2. Aufbau und Funktionsweise eines Computers</b> | <b>13</b> |
| 2.1 Einleitung und Überblick                        | 13        |
| 2.2 Der Kern des Rechners: von Neumann Architektur  | 15        |
| 2.2.1 Speicher                                      | 16        |
| 2.2.2 Prozessor und Programmausführung              | 17        |
| 2.3 System-Architektur der Hardware                 | 19        |
| 2.4 System-Architektur der Software                 | 23        |
| 2.4.1 Schichtenaufbau                               | 23        |
| 2.4.2 Das Betriebssystem                            | 26        |
| 2.4.3 Java und die Virtuelle Java-Maschine JVM      | 27        |
| 2.5 Binärcodierung elementarer Datentypen           | 29        |
| 2.5.1 Ganze Zahlen (Dualzahlen)                     | 29        |
| 2.5.2 Hexadezimalzahlen und Oktalzahlen             | 32        |
| 2.5.3 Zeichen (ASCII und Unicode)                   | 33        |
| 2.5.4 Gleitkommazahlen (IEEE 754)                   | 34        |
| 2.6 Übungen                                         | 36        |
| <b>3. Datenorganisation und Datenstrukturen</b>     | <b>39</b> |
| 3.1 Einleitung                                      | 39        |

|           |                                                         |           |
|-----------|---------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2       | Reihungen ( <i>arrays</i> )                             | 40        |
| 3.3       | Verbunde ( <i>records, structs</i> )                    | 40        |
| 3.4       | Typ-Kombinationen von Reihung und Verbund               | 42        |
| 3.5       | Modellierung des Enthaltenseins – Referenzen            | 42        |
| 3.6       | Abstrakte Datentypen und Objekte                        | 44        |
| <b>4.</b> | <b>Objektorientierte Software-Entwicklung</b>           | <b>47</b> |
| 4.1       | Einleitung und Überblick                                | 47        |
| 4.2       | Objekte, Klassen, abstrakte Datentypen                  | 50        |
| 4.3       | Objektbeziehungen                                       | 52        |
| 4.3.1     | Informationsfluß- und Client/Server-Beziehungen         | 54        |
| 4.3.2     | Einschlußbeziehungen ( <i>has-a</i> )                   | 57        |
| 4.3.3     | Subtyp- bzw. Vererbungsbeziehungen ( <i>is-a</i> )      | 58        |
| 4.4       | Objektorientierte Analyse und Entwurf                   | 60        |
| 4.4.1     | Analyse einer Werkstück-Vereinzelungseinheit            | 60        |
| 4.5       | Entwurfsmuster                                          | 65        |
| 4.5.1     | Beispiel: Architekturmuster einer Gerätefernsteuerung   | 66        |
| 4.6       | Übungen                                                 | 69        |
| <b>5.</b> | <b>Algorithmen und algorithmische Sprachkonzepte</b>    | <b>71</b> |
| 5.1       | Einleitung und Begriffsdefinition                       | 71        |
| 5.2       | Aufbau und Beschreibung von Algorithmen                 | 75        |
| 5.2.1     | Grundschemata des Algorithmenaufbaus                    | 75        |
| 5.2.2     | Elementar-iterative Beschreibung in natürlicher Sprache | 77        |
| 5.2.3     | Beschreibung mit Flußdiagrammen                         | 77        |
| 5.2.4     | Strukturiert-iterative Beschreibungen                   | 79        |
| 5.2.5     | Rekursive Beschreibung in mathematischer Notation       | 80        |
| 5.2.6     | Beschreibung mit Pseudo-Code                            | 80        |
| 5.3       | Programmiersprachliche Grundkonzepte                    | 81        |
| 5.3.1     | Rekursion                                               | 82        |
| 5.3.2     | Das Sprung-Konzept                                      | 83        |
| 5.3.3     | Die strukturierten Schleifenkonzepte                    | 84        |
| 5.4       | Konstruktion und Verifikation rekursiver Algorithmen    | 86        |
| 5.4.1     | Der rekursive Ansatz zur Problemlösung                  | 87        |
| 5.4.2     | Ein rekursives Verfahren in mathematischer Notation     | 87        |
| 5.4.3     | Ein rekursives Verfahren in Java                        | 89        |
| 5.5       | Konstruktion und Verifikation iterativer Algorithmen    | 90        |
| 5.5.1     | Der iterative Ansatz zur Problemlösung                  | 90        |
| 5.5.2     | Die Verifikation nach Floyd                             | 94        |
| 5.5.3     | Ein strukturiert-iteratives Verfahren in Java           | 96        |
| 5.6       | Übungen                                                 | 97        |

---

**Teil II. Sprachkonzepte und ihre Verwirklichung in Java**


---

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| <b>6. Elementare Konzepte von Programmiersprachen</b> | 101 |
| 6.1 Einleitung und Überblick                          | 101 |
| 6.2 Programmentwicklung in Java                       | 103 |
| 6.2.1 Die Entwicklungsumgebung Java SDK               | 104 |
| 6.2.2 Ein Rahmenprogramm für Java-Anweisungen         | 104 |
| 6.2.3 Übersetzung und Ausführung von Java-Programmen  | 106 |
| 6.3 Schlüsselwörter, Literale und Namen               | 107 |
| 6.4 Elementare Datentypen                             | 109 |
| 6.5 Variablen, Referenzen, Zuweisungen                | 111 |
| 6.5.1 Grundkonzepte                                   | 111 |
| 6.5.2 Referenzvariablen                               | 114 |
| 6.5.3 Reihungsvariablen                               | 115 |
| 6.6 Java-Arithmetik                                   | 117 |
| 6.6.1 Elementare Zahltypen                            | 117 |
| 6.6.2 Ganzzahl-Arithmetik                             | 118 |
| 6.6.3 Gleitkomma-Arithmetik                           | 119 |
| 6.7 Operatoren und Ausdrücke                          | 121 |
| 6.7.1 Zuweisungsoperatoren                            | 121 |
| 6.7.2 Arithmetische Operatoren                        | 121 |
| 6.7.3 Boolesche Operatoren                            | 122 |
| 6.7.4 Bitmuster                                       | 123 |
| 6.7.5 Ausdrücke                                       | 124 |
| 6.7.6 Syntax von Ausdrücken                           | 125 |
| 6.7.7 Präzedenz von Operatoren                        | 125 |
| 6.7.8 Semantik von Ausdrücken                         | 127 |
| 6.7.9 Bedingte Ausdrücke                              | 128 |
| 6.7.10 Typkonversionen                                | 129 |
| 6.8 Anweisungen                                       | 132 |
| 6.8.1 Blöcke, Gültigkeitsbereich und Lebensdauer      | 133 |
| 6.8.2 Bedingte Anweisungen (if und switch)            | 137 |
| 6.8.3 Schleifenkonstrukte (while, do-while, for)      | 139 |
| 6.8.4 Marken, break und continue                      | 143 |
| 6.9 Unterprogramme – Prozeduren und Funktionen        | 146 |
| 6.9.1 Konzepte und Terminologie                       | 146 |
| 6.9.2 Unterprogramme in Java                          | 151 |
| 6.9.3 Parameterübergabe und Laufzeitstapel            | 153 |
| 6.9.4 Spezifikation von Unterprogrammen               | 161 |
| 6.9.5 Rekursion                                       | 165 |

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| 6.9.6 Allgemeine Rekursion und Speicherverwaltung ..... | 168 |
| 6.10 Übungen .....                                      | 171 |

|                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>7. Klassen und höhere Datentypen .....</b>                           | <b>177</b> |
| 7.1 Einleitung und Überblick .....                                      | 177        |
| 7.2 Objekte, Felder und Methoden .....                                  | 179        |
| 7.2.1 Überladen von Methoden .....                                      | 182        |
| 7.2.2 Klassenvariablen und Klassenmethoden .....                        | 182        |
| 7.2.3 Pakete ( <i>packages</i> ) .....                                  | 183        |
| 7.2.4 Kapselung und Zugriffskontrolle .....                             | 184        |
| 7.2.5 Kontrakt und Aufrufschnittstelle .....                            | 185        |
| 7.2.6 Verwaltung von Objekten im Speicher .....                         | 186        |
| 7.2.7 Initialisierung und Konstruktoren .....                           | 190        |
| 7.2.8 Selektoren .....                                                  | 192        |
| 7.2.9 Beispiel eines Datentyps: komplexe Zahlen .....                   | 193        |
| 7.3 Objekte für Ausnahmen ( <i>exceptions</i> ) .....                   | 196        |
| 7.3.1 Einleitung und Überblick .....                                    | 196        |
| 7.3.2 Ausnahmeklassen .....                                             | 197        |
| 7.3.3 Die <i>throw</i> -Anweisung .....                                 | 199        |
| 7.3.4 Der Rahmen <i>try-catch-finally</i> .....                         | 200        |
| 7.3.5 Deklaration von Ausnahmen mit <i>throws</i> .....                 | 201        |
| 7.4 Wahrheitsbehauptungen und Zusicherungen ( <i>assertions</i> ) ..... | 203        |
| 7.5 Reihungen ( <i>arrays</i> ) .....                                   | 207        |
| 7.5.1 Allgemeine Konzepte, Terminologie und Realisierung .....          | 207        |
| 7.5.2 Eindimensionale Reihungen .....                                   | 209        |
| 7.5.3 Skalar- und Vektor-Operationen .....                              | 212        |
| 7.5.4 Mehrdimensionale Reihungen und Matrizen .....                     | 215        |
| 7.6 Zeichenketten ( <i>strings</i> ) .....                              | 218        |
| 7.6.1 Veränderliche Zeichenketten .....                                 | 220        |
| 7.7 Listen ( <i>linked lists</i> ) .....                                | 220        |
| 7.7.1 Konzepte, Terminologie und Entwurf .....                          | 221        |
| 7.7.2 Die Implementierung von Listen .....                              | 223        |
| 7.7.3 Einfügen eines Elementes .....                                    | 225        |
| 7.7.4 Sortiertes Einfügen eines Elements .....                          | 227        |
| 7.7.5 Invertieren einer Liste .....                                     | 229        |
| 7.7.6 Doppelt verkettete Listen ( <i>double linked lists</i> ) .....    | 231        |
| 7.8 Stapel ( <i>stacks</i> ) .....                                      | 234        |
| 7.8.1 Konzept und Terminologie .....                                    | 234        |
| 7.8.2 Implementierung von Stacks .....                                  | 235        |
| 7.9 Warteschlangen ( <i>queues</i> ) .....                              | 236        |
| 7.9.1 Konzept und Terminologie .....                                    | 236        |

|           |                                                                                               |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.9.2     | Implementierung von Queues .....                                                              | 237        |
| 7.10      | Übungen .....                                                                                 | 238        |
| <b>8.</b> | <b>Höhere objektorientierte Konzepte .....</b>                                                | <b>239</b> |
| 8.1       | Einleitung .....                                                                              | 239        |
| 8.2       | Vererbung und abgeleitete Klassen .....                                                       | 241        |
| 8.2.1     | Der Zugriffsschutz <i>protected</i> in Klassenhierarchien ....                                | 243        |
| 8.2.2     | Konstruktoren in Klassen-Hierarchien .....                                                    | 244        |
| 8.3       | Virtuelle Funktionen und dynamisches Binden .....                                             | 246        |
| 8.3.1     | Konzepte und Terminologie .....                                                               | 246        |
| 8.3.2     | Realisierung des dynamischen Bindens .....                                                    | 249        |
| 8.3.3     | Klassenkontrakte und virtuelle Funktionen .....                                               | 250        |
| 8.3.4     | Typanpassungen in Klassenhierarchien .....                                                    | 251        |
| 8.3.5     | Zugriffsregeln und Auswahlregeln in Klassenhierarchien –<br>Überschreiben und Verdecken ..... | 252        |
| 8.4       | Abstrakte Klassen und Interfaces .....                                                        | 256        |
| 8.4.1     | Abstrakte Klassen .....                                                                       | 256        |
| 8.4.2     | Schnittstellen ( <i>interfaces</i> ) .....                                                    | 256        |
| 8.5       | Mehrfachvererbung .....                                                                       | 257        |
| 8.6       | Generisches Programmieren .....                                                               | 259        |
| 8.6.1     | Generische Datentypen .....                                                                   | 259        |
| 8.6.2     | Generische Methoden .....                                                                     | 260        |
| 8.6.3     | Explizite Typkonversion .....                                                                 | 261        |
| 8.6.4     | Klassen-Muster ( <i>template classes</i> ) .....                                              | 262        |
| 8.6.5     | Generische Funktionsparameter .....                                                           | 263        |
| 8.7       | Übungen .....                                                                                 | 267        |
| <b>9.</b> | <b>Das „Abstract Window Toolkit“ (AWT) .....</b>                                              | <b>269</b> |
| 9.1       | Graphische Komponenten .....                                                                  | 270        |
| 9.1.1     | Klassenhierarchie der graphischen Komponenten .....                                           | 270        |
| 9.1.2     | Funktionalität von <i>Component</i> .....                                                     | 270        |
| 9.1.3     | Die Klasse <i>Graphics</i> .....                                                              | 271        |
| 9.1.4     | Frames .....                                                                                  | 272        |
| 9.1.5     | Applets .....                                                                                 | 274        |
| 9.1.6     | Container .....                                                                               | 275        |
| 9.2       | Ereignisse ( <i>events</i> ) .....                                                            | 278        |
| 9.2.1     | AWT-Events .....                                                                              | 278        |
| 9.2.2     | Ereignisquellen und Ereignisempfänger .....                                                   | 278        |
| 9.2.3     | Adapter-Klassen .....                                                                         | 280        |
| 9.3       | Ein Beispiel: Ein Rahmen zum Zeichnen reeller Funktionen .....                                | 280        |
| 9.4       | Ein größeres Beispiel: Darstellung einer Winterlandschaft .....                               | 284        |
| 9.4.1     | Anforderungsanalyse .....                                                                     | 285        |

|       |                                            |     |
|-------|--------------------------------------------|-----|
| 9.4.2 | Objektorientierte Analyse und Design ..... | 285 |
| 9.4.3 | Implementierung der Klassen .....          | 286 |

---

### Teil III. Algorithmen und weiterführende Datenstrukturen

---

|            |                                                    |            |
|------------|----------------------------------------------------|------------|
| <b>10.</b> | <b>Theorie der Algorithmenkonstruktion .....</b>   | <b>297</b> |
| 10.1       | Einleitung und Überblick .....                     | 297        |
| 10.1.1     | Motivation und Begriffsdefinition .....            | 297        |
| 10.1.2     | Notation .....                                     | 299        |
| 10.2       | Problemspezifikation und Korrektheitsbeweise ..... | 300        |
| 10.2.1     | Spezifikation .....                                | 300        |
| 10.2.2     | Partielle Korrektheit .....                        | 302        |
| 10.2.3     | Terminierung .....                                 | 302        |
| 10.2.4     | Beispiel: Berechnung der Quadratwurzel .....       | 304        |
| 10.3       | Schemata für den Algorithmenentwurf .....          | 306        |
| 10.4       | Aufwand und asymptotische Komplexität .....        | 309        |
| 10.4.1     | Exakte Bestimmung der Komplexität .....            | 311        |
| 10.4.2     | Asymptotische Notation .....                       | 313        |
| <b>11.</b> | <b>Such-Algorithmen .....</b>                      | <b>319</b> |
| 11.1       | Einleitung und Problemstellung .....               | 319        |
| 11.2       | Lineare Suche .....                                | 319        |
| 11.2.1     | Suche mit Wächter .....                            | 320        |
| 11.2.2     | Komplexität der linearen Suche .....               | 321        |
| 11.3       | Divide-and-Conquer-Suche .....                     | 322        |
| 11.3.1     | Komplexität der binären Suche .....                | 323        |
| 11.4       | Kombinations-Suche .....                           | 324        |
| <b>12.</b> | <b>Sortier-Algorithmen .....</b>                   | <b>327</b> |
| 12.1       | Einleitung und Problemstellung .....               | 327        |
| 12.2       | Greedy-Sortieren .....                             | 328        |
| 12.2.1     | Sortieren durch Auswahl .....                      | 328        |
| 12.2.2     | Sortieren durch Einfügen .....                     | 330        |
| 12.2.3     | Sortieren durch Austauschen .....                  | 331        |
| 12.3       | Divide-and-Conquer-Sortieren .....                 | 332        |
| 12.3.1     | Quicksort .....                                    | 333        |
| 12.3.2     | Sortieren durch Mischen .....                      | 336        |
| 12.4       | Übungen .....                                      | 339        |

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| <b>13. Bäume</b>                                    | 341 |
| 13.1 Einleitung und Terminologie                    | 341 |
| 13.2 Graphen und Bäume                              | 342 |
| 13.2.1 Gerichtete Graphen                           | 342 |
| 13.2.2 Ungerichtete Graphen                         | 343 |
| 13.2.3 Bäume als ungerichtete Graphen               | 344 |
| 13.3 Eigenschaften von Bäumen                       | 344 |
| 13.4 Implementierung von Bäumen                     | 346 |
| 13.5 Baumdurchläufe                                 | 347 |
| 13.5.1 Aktionsobjekte für generische Baumdurchläufe | 347 |
| 13.5.2 Präorder-Sequenz                             | 349 |
| 13.5.3 Postorder-Sequenz                            | 351 |
| 13.5.4 Inorder-Sequenz                              | 352 |
| 13.5.5 Levelorder-Sequenz                           | 354 |
| 13.5.6 Optimierung der Baumdurchläufe               | 355 |
| 13.6 Übungen                                        | 357 |
| <b>14. Hashing</b>                                  | 359 |
| 14.1 Einleitung                                     | 359 |
| 14.2 Hash-Funktionen                                | 360 |
| 14.3 Kollisionsbehandlung                           | 362 |
| 14.3.1 Separates Ketten                             | 362 |
| 14.3.2 Offenes Adressieren                          | 363 |
| 14.4 Hash-Tabellen in Java                          | 363 |
| 14.5 Übungen                                        | 367 |

---

## Teil IV. Theoretische Grundlagen

---

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| <b>15. Mathematische Grundlagen</b>                | 371 |
| 15.1 Einleitung                                    | 371 |
| 15.2 Mengen                                        | 372 |
| 15.3 Relationen                                    | 374 |
| 15.3.1 Binäre Relationen                           | 374 |
| 15.3.2 Äquivalenzrelationen                        | 375 |
| 15.4 Funktionen                                    | 376 |
| 15.4.1 Partielle Funktionen                        | 376 |
| 15.4.2 Totale Funktionen                           | 376 |
| 15.4.3 Definitions- und Bildbereich von Funktionen | 376 |
| 15.4.4 Eigenschaften von Funktionen                | 377 |
| 15.4.5 Charakteristische Funktionen                | 378 |
| 15.5 Ordnungen                                     | 379 |

|            |                                              |            |
|------------|----------------------------------------------|------------|
| 15.5.1     | Partielle und totale Ordnungen               | 379        |
| 15.5.2     | Lexikographische Ordnung                     | 380        |
| 15.5.3     | Multiset-Ordnungen                           | 380        |
| 15.6       | Das Prinzip der vollständigen Induktion      | 381        |
| 15.7       | Übungen                                      | 382        |
| <b>16.</b> | <b>Einführung in die Logik</b>               | <b>385</b> |
| 16.1       | Einleitung                                   | 385        |
| 16.2       | Die Algebra der Booleschen Wahrheitswerte    | 386        |
| 16.3       | Aussagenlogik ( <i>PROP</i> )                | 387        |
| 16.3.1     | Die Syntax der Aussagenlogik                 | 387        |
| 16.3.2     | Semantik der Aussagenlogik                   | 388        |
| 16.4       | Prädikatenlogik erster Stufe ( <i>FOPL</i> ) | 391        |
| 16.4.1     | Syntax von <i>FOPL</i>                       | 391        |
| 16.4.2     | Semantik von <i>FOPL</i>                     | 392        |
| 16.5       | Beweise                                      | 394        |
| 16.5.1     | Logische Äquivalenzen                        | 394        |
| 16.5.2     | Ableitungen und Logik-Kalküle                | 395        |
| 16.5.3     | Beweisbäume                                  | 396        |
| 16.6       | Übungen                                      | 397        |
| <b>17.</b> | <b>Korrektheit von Unterprogrammen</b>       | <b>399</b> |
| 17.1       | Terminologie und Problemstellung             | 399        |
| 17.2       | Der Hoare-Kalkül                             | 401        |
| 17.2.1     | Regeln des Hoare-Kalküls                     | 402        |
| 17.2.2     | Konsequenzregeln                             | 404        |
| 17.2.3     | Zuweisungsaxiom                              | 404        |
| 17.2.4     | Sequenzregel                                 | 407        |
| 17.2.5     | Alternativregeln                             | 409        |
| 17.2.6     | Iterationsregel                              | 411        |
| 17.3       | Übungen                                      | 414        |
|            | <b>Literaturverzeichnis</b>                  | <b>415</b> |
|            | <b>Index</b>                                 | <b>419</b> |