

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Grundlagen .....</b>                                        | <b>11</b> |
| 1.1 Algorithmus und Berechenbarkeit .....                         | 11        |
| 1.1.1 Algorithmus .....                                           | 11        |
| 1.1.2 Turing-Maschine .....                                       | 13        |
| 1.1.3 Berechenbarkeit .....                                       | 18        |
| 1.2 Sprache und Grammatik .....                                   | 21        |
| 1.2.1 Sprache .....                                               | 21        |
| 1.2.2 Grammatik .....                                             | 25        |
| 1.3 Rechner .....                                                 | 31        |
| 1.3.1 Von-Neumann-Rechnerarchitektur .....                        | 32        |
| 1.3.2 Rechnersysteme .....                                        | 38        |
| 1.4 Informatik als Wissenschaft .....                             | 46        |
| <b>2. Imperative Programmierung – die Sprache Modula-2 .....</b>  | <b>53</b> |
| 2.1 Syntaxdarstellungen .....                                     | 53        |
| 2.2 Elementare funktionale Modula-2-Programme .....               | 57        |
| 2.2.1 Eine Modula-2-Teilsprache .....                             | 57        |
| 2.2.2 Programmverzweigungen .....                                 | 69        |
| 2.2.3 Funktionen und Prozeduren .....                             | 72        |
| 2.2.4 Elementare Datentypen, Aufzählungs- und Bereichstypen ..... | 74        |
| 2.2.5 Eingabevariablen .....                                      | 79        |
| 2.2.6 Rekursive Funktionen und Prozeduren .....                   | 80        |
| 2.2.7 Nachteile funktional-rekursiver Programme .....             | 85        |
| 2.3 Iterative Programme .....                                     | 87        |
| 2.3.1 Wertzuweisungen und Referenzparameter .....                 | 87        |
| 2.3.2 Gültigkeitsbereich und Lebensdauer .....                    | 89        |
| 2.3.3 Anweisungen zur Iteration .....                             | 96        |
| 2.3.4 Vergleich iterativer und rekursiver Lösungen .....          | 99        |
| 2.3.5 Sprunganweisungen .....                                     | 102       |
| 2.3.6 Prozedurtypen .....                                         | 104       |
| 2.4 Komplexe Datentypen .....                                     | 109       |
| 2.4.1 Mengen (Sets) .....                                         | 109       |
| 2.4.1.1 Darstellung und Manipulation von Mengen .....             | 110       |
| 2.4.1.2 Ein Beispiel für Sets .....                               | 111       |
| 2.4.2 Arrays (Felder) .....                                       | 113       |
| 2.4.3 Records (Verbunde) .....                                    | 119       |
| 2.4.3.1 Einfache Records .....                                    | 120       |

|           |                                                         |            |
|-----------|---------------------------------------------------------|------------|
| 2.4.3.2   | Records mit Varianten .....                             | 126        |
| 2.4.4     | Zeiger (Pointer) und dynamische Variablen .....         | 129        |
| 2.4.4.1   | Die Speicherung auf der Halde .....                     | 130        |
| 2.4.4.2   | Operationen auf Zeigern .....                           | 132        |
| 2.4.4.3   | Verkettete Listen .....                                 | 136        |
| 2.4.4.4   | Anwendungen und Probleme dynamischer Variablen .....    | 145        |
| 2.4.5     | Dateien (Files) .....                                   | 148        |
| 2.4.5.1   | Eigenschaften und formale Beschreibung .....            | 148        |
| 2.4.5.2   | Dateien in Pascal .....                                 | 150        |
| 2.4.5.3   | Dateien in Modula-2 .....                               | 153        |
| <b>3.</b> | <b>Abstraktion .....</b>                                | <b>157</b> |
| 3.1       | Abstraktionskonzepte in Programmiersprachen .....       | 157        |
| 3.2       | Abstraktion in Modula-2 .....                           | 161        |
| 3.2.1     | Das Prinzip der separaten Übersetzung .....             | 161        |
| 3.2.2     | Modularisierung eines Programms .....                   | 163        |
| 3.2.3     | Datenkapselung .....                                    | 167        |
| 3.2.4     | Abstrakte Datentypen .....                              | 174        |
| 3.2.4.1   | Das Prinzip des Abstrakten Datentyps .....              | 174        |
| 3.2.4.2   | Abstrakte Datentypen Schlange und Stack .....           | 176        |
| 3.2.4.3   | Abstrakter Datentyp für große Zahlen .....              | 183        |
| 3.2.4.4   | Abstrakter Datentyp für komplexe Zahlen .....           | 188        |
| <b>4.</b> | <b>Semantik, Verifikation und Test .....</b>            | <b>193</b> |
| 4.1       | Konzepte für eine Semantikdefinition .....              | 194        |
| 4.1.1     | Semantik: Begriff und Motivation .....                  | 194        |
| 4.1.2     | Grundprinzipien von Semantiknotationen .....            | 195        |
| 4.1.3     | Ein Beispiel für die operationale Semantik .....        | 198        |
| 4.2       | Spezifikation und Verifikation von Programmen .....     | 204        |
| 4.2.1     | Vor- und Nachbedingungen .....                          | 204        |
| 4.2.2     | Schwächste Vorbedingungen .....                         | 207        |
| 4.2.3     | Die Verifikation .....                                  | 209        |
| 4.2.4     | Beschreibung einer Schleife durch eine Invariante ..... | 215        |
| 4.2.5     | Konstruktion iterativer Programme .....                 | 217        |
| 4.2.6     | Zusammenfassung .....                                   | 222        |
| 4.3       | Test .....                                              | 224        |
| 4.3.1     | Begriffsbildung und Prinzipien .....                    | 224        |
| 4.3.1.1   | Begriffliche Abgrenzung .....                           | 224        |
| 4.3.1.2   | Aufgabenteilung und Zielsetzung .....                   | 225        |
| 4.3.1.3   | Material und Resultate des Tests .....                  | 226        |

|           |                                                  |            |
|-----------|--------------------------------------------------|------------|
| 4.3.2     | Grenzen des Testens .....                        | 227        |
| 4.3.3     | Die Konstruktion von Testdaten .....             | 228        |
| 4.3.4     | Zusammenfassung .....                            | 237        |
| <b>5.</b> | <b>Programmierparadigmen und -sprachen .....</b> | <b>239</b> |
| 5.1       | Programmierparadigmen .....                      | 239        |
| 5.1.1     | Imperatives Programmieren.....                   | 243        |
| 5.1.2     | Funktionales Programmieren .....                 | 249        |
| 5.1.3     | Logik-basiertes Programmieren.....               | 252        |
| 5.1.4     | Objektorientiertes Programmieren.....            | 257        |
| 5.1.5     | Regel-basiertes Programmieren .....              | 265        |
| 5.1.6     | Programmierung von Mehrprozessor-Systemen .....  | 267        |
| 5.2       | Übersicht über Programmiersprachen .....         | 269        |
| <b>6.</b> | <b>Datenstrukturen und Algorithmen.....</b>      | <b>273</b> |
| 6.1       | Komplexität und Effizienz .....                  | 273        |
| 6.1.1     | Motivation und Begriffsbildung .....             | 273        |
| 6.1.2     | Effizienz und Komplexität von Algorithmen .....  | 274        |
| 6.1.3     | Komplexität von Funktionen und Sprachen .....    | 279        |
| 6.2       | Graphen und Bäume .....                          | 283        |
| 6.2.1     | Graphen.....                                     | 283        |
| 6.2.2     | Bäume .....                                      | 293        |
| 6.3       | Suchen in gegebenen Datenstrukturen.....         | 305        |
| 6.3.1     | Suchen in Tabellen .....                         | 305        |
| 6.3.2     | Suchen von Zeichenketten .....                   | 309        |
| 6.4       | Datenorganisationen für effizientes Suchen ..... | 320        |
| 6.4.1     | Suchverfahren auf Bäumen.....                    | 320        |
| 6.4.1.1   | Binäre Suchbäume .....                           | 320        |
| 6.4.1.2   | AVL-Bäume .....                                  | 328        |
| 6.4.1.3   | Optimale Suchbäume .....                         | 344        |
| 6.4.1.4   | B-Bäume .....                                    | 349        |
| 6.4.1.5   | Weitere balancierte Suchbäume .....              | 357        |
| 6.4.2     | Hashing .....                                    | 360        |
| 6.4.2.1   | Begriffsbildung und Anforderungen.....           | 360        |
| 6.4.2.2   | Perfektes Hashing .....                          | 362        |
| 6.4.2.3   | Kollisionsbehandlung .....                       | 363        |
| 6.4.2.4   | Löschen in Hash-Tabellen .....                   | 368        |
| 6.4.2.5   | Aufwandsabschätzung .....                        | 369        |
| 6.4.2.6   | Implementierung von Kollisionsbehandlungen ..... | 371        |

|                                                                |                                                     |            |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------|
| 6.5                                                            | Sortieren .....                                     | 377        |
| 6.5.1                                                          | Klassifizierung und allgemeine Betrachtungen .....  | 377        |
| 6.5.2                                                          | Interne Sortierverfahren .....                      | 385        |
| 6.5.2.1                                                        | Einfache Sortierverfahren .....                     | 385        |
| 6.5.2.2                                                        | Schnelle Sortierverfahren .....                     | 389        |
| 6.5.2.3                                                        | Implementierung ausgewählter Sortierverfahren ..... | 399        |
| 6.5.2.4                                                        | Aufwandsvergleich der Sortierverfahren .....        | 404        |
| 6.5.2.5                                                        | Sortieren durch Streuen und Sammeln .....           | 405        |
| 6.5.3                                                          | Externe Sortierverfahren .....                      | 409        |
| 6.5.3.1                                                        | Direktes Mischen .....                              | 410        |
| 6.5.3.2                                                        | Natürliches Mischen .....                           | 411        |
| 6.5.3.3                                                        | Mehrwege-Mischen .....                              | 411        |
| 6.6                                                            | Speicherverwaltung .....                            | 413        |
| 6.6.1                                                          | Algorithmische Konzepte .....                       | 414        |
| 6.6.2                                                          | Implementierung von Stacks .....                    | 422        |
| <b>Anhang A: Mathematische Grundbegriffe und Formeln .....</b> |                                                     | <b>429</b> |
| <b>Anhang B: Syntaxdiagramme für Modula-2 .....</b>            |                                                     | <b>432</b> |
| <b>Literatur .....</b>                                         |                                                     | <b>449</b> |
| <b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>                             |                                                     | <b>451</b> |
| <b>Modula-2-Index .....</b>                                    |                                                     | <b>452</b> |
| <b>Index .....</b>                                             |                                                     | <b>453</b> |