

---

# ***Lehr- und Übungsbuch Informatik***

---

**Band 2:**

**Theorie der Informatik**

Mit 82 Bildern, 43 Tabellen, 65 Beispielen, 82 Aufgaben,  
48 Kontrollfragen, 30 Referatsthemen



**Fachbuchverlag Leipzig**

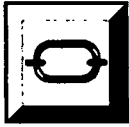
im Carl Hanser Verlag

---

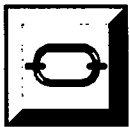
# Inhaltsverzeichnis

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Einführung</b> .....                                          | <b>15</b> |
| <b>1 Mathematisch-logische Grundlagen</b> .....                  | <b>19</b> |
| 1.1 Aussagenlogik .....                                          | 19        |
| 1.1.1 Grundbegriffe der zweiwertigen Aussagenlogik .....         | 20        |
| 1.1.2 Einfache Rechengesetze .....                               | 26        |
| 1.2 Prädikatenlogik I. Stufe .....                               | 29        |
| 1.3 Logik, Schaltalgebra und Rechnen mit Dualzahlen .....        | 33        |
| 1.3.1 Subtraktion und Division mit Komplementdarstellungen ..... | 33        |
| 1.3.2 Codierung .....                                            | 36        |
| 1.3.3 Bezüge zur Theorie der Automaten .....                     | 38        |
| 1.3.3.1 Sequentielle Schaltung ohne Gedächtnis .....             | 38        |
| 1.3.3.2 Sequentielle Schaltung mit Gedächtnis .....              | 39        |
| 1.3.3.3 Computer .....                                           | 41        |
| 1.3.3.4 Sequentielles Arbeiten .....                             | 42        |
| 1.4 Logik als Basis für ein Programmierparadigma .....           | 42        |
| 1.4.1 Horn-Klauseln .....                                        | 43        |
| 1.4.2 Unifikation .....                                          | 43        |
| 1.4.3 Resolventen .....                                          | 44        |
| 1.4.4 Resolutionsprinzip .....                                   | 47        |
| 1.5 Übungen .....                                                | 48        |
| 1.6 Literatur .....                                              | 50        |
| <b>2 Turing-Maschinen</b> .....                                  | <b>51</b> |
| 2.1 Modell und Arbeitsweise .....                                | 51        |
| 2.1.2 Übungen .....                                              | 54        |
| 2.2 Definition der Turing-Maschine .....                         | 54        |
| 2.2.1 Turing-Maschine als Akzeptor .....                         | 54        |
| 2.2.2 Berechnung von Funktionen mittels Turing-Maschinen .....   | 56        |
| 2.2.3 Übungen .....                                              | 60        |
| 2.3 Das Halteproblem .....                                       | 60        |
| 2.3.1 Codierung von Turing-Maschinen .....                       | 60        |
| 2.3.2 Selbstanwendbarkeit .....                                  | 61        |
| 2.3.3 Halteproblem .....                                         | 61        |
| 2.3.4 Halteproblem anhand von SCHEME .....                       | 62        |

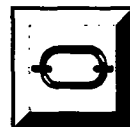




|          |                                                                              |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.5    | Universelle Turing-Maschinen .....                                           | 63        |
| 2.3.6    | Übungen .....                                                                | 64        |
| 2.4      | Literatur .....                                                              | 64        |
| <b>3</b> | <b>Formale Sprachen und Programmiersprachen .....</b>                        | <b>65</b> |
| 3.1      | Einleitung .....                                                             | 65        |
| 3.2      | Formale Sprachen und Automaten .....                                         | 66        |
| 3.2.1    | Der Zustandsautomat .....                                                    | 66        |
| 3.2.2    | Sprache eines endlichen Automaten .....                                      | 68        |
| 3.2.3    | Nichtdeterministischer endlicher Automat .....                               | 70        |
| 3.2.4    | Kellerautomaten und Sprachen .....                                           | 72        |
| 3.2.5    | Übungen .....                                                                | 74        |
| 3.3      | Grammatiken formaler Sprachen .....                                          | 75        |
| 3.3.1    | Semi-Thue-System und Regelgrammatiken .....                                  | 76        |
| 3.3.2    | Chomsky-Hierarchie .....                                                     | 80        |
| 3.3.3    | Reguläre Grammatiken und Sprachen .....                                      | 81        |
| 3.3.4    | Kontextfreie Grammatiken (Typ-2) .....                                       | 85        |
| 3.3.5    | Kontextsensitive und allgemeine Grammatiken .....                            | 89        |
| 3.3.6    | Übungen .....                                                                | 90        |
| 3.4      | Grammatiken und Programmiersprachen .....                                    | 91        |
| 3.4.1    | Sprachelemente regulärer Grammatiken (Morpheme) .....                        | 91        |
| 3.4.2    | Sprachelemente kontextfreier Grammatiken .....                               | 93        |
| 3.4.3    | Übungen .....                                                                | 95        |
| 3.5      | Attributierte Grammatiken .....                                              | 95        |
| 3.5.1    | Attribute als Kontexte .....                                                 | 95        |
| 3.5.2    | Attributberechnung und semantische Regeln .....                              | 96        |
| 3.5.3    | Übungen .....                                                                | 98        |
| 3.6      | Literatur .....                                                              | 98        |
| <b>4</b> | <b>Algorithmen, Berechenbarkeit und<br/>ihre prinzipiellen Grenzen .....</b> | <b>99</b> |
| 4.1      | Einleitung zur Theorie der Algorithmen .....                                 | 99        |
| 4.1.1    | Unlösbare Aufgaben und Werkzeuge in Mathematik<br>und Informatik .....       | 99        |
| 4.1.2    | Algorithmen und Informatik .....                                             | 101       |
| 4.1.3    | Rekursive Funktionen .....                                                   | 104       |
| 4.1.4    | Rekursive Definition der Grundrechenarten .....                              | 108       |
| 4.1.5    | Minimum-Rekursion (m-Rekursivität) .....                                     | 109       |
| 4.1.6    | Hypothese von Church .....                                                   | 116       |
| 4.2      | Begriff der Berechenbarkeit .....                                            | 117       |
| 4.3      | Algorithmisch unlösbare Probleme .....                                       | 122       |
| 4.3.1    | Unvollständigkeitssatz von Gödel .....                                       | 122       |
| 4.3.2    | Korrespondenzproblem von Post .....                                          | 124       |



|          |                                                                                       |            |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.3    | Spezialfall des Wortproblems nach Zeitin .....                                        | 125        |
| 4.4      | Übungen .....                                                                         | 126        |
| 4.4.1    | Kontrollfragen .....                                                                  | 126        |
| 4.4.2    | Aufgaben .....                                                                        | 126        |
| 4.4.3    | Referate .....                                                                        | 127        |
| 4.5      | Literatur .....                                                                       | 127        |
| <b>5</b> | <b>Komplexität von Algorithmen,<br/>Grenzen der praktischen Berechenbarkeit .....</b> | <b>129</b> |
| 5.1      | Einführende Beispiele .....                                                           | 130        |
| 5.1.1    | Schnelle Multiplikation komplexer Zahlen .....                                        | 130        |
| 5.1.2    | Aufwandsverhalten bei Verfahren der linearen Algebra .....                            | 131        |
| 5.1.3    | Aufwandsverhalten des Tests auf Primzahl .....                                        | 132        |
| 5.2      | Weitere grundlegende Begriffe zur Komplexität .....                                   | 133        |
| 5.2.1    | Aufwandsverhalten bei Sortieralgorithmen .....                                        | 134        |
| 5.2.2    | Extensive und intensive Ressourcenerweiterung .....                                   | 135        |
| 5.2.3    | Schnelle Matrixmultiplikation .....                                                   | 136        |
| 5.3      | Die schwierigsten Probleme für Computer .....                                         | 139        |
| 5.3.1    | Cliquen-Problem .....                                                                 | 140        |
| 5.3.2    | Nicht-deterministisch in Polynomzeit lösbare (NP-) Probleme ...                       | 141        |
| 5.3.3    | NP-vollständige Probleme .....                                                        | 142        |
| 5.3.4    | Springer-Problem .....                                                                | 144        |
| 5.3.5    | Kurze Liste NP-vollständiger Probleme .....                                           | 147        |
| 5.4      | Verfahren und Näherungsverfahren zur Bearbeitung<br>von NP-Problemen .....            | 148        |
| 5.4.1    | Königinnen- oder n-Damen-Problem und<br>back-tracking (Rückspuren) .....              | 148        |
| 5.4.2    | Dynamisches Optimieren .....                                                          | 151        |
| 5.4.3    | Verzweigen und Begrenzen (branch and bound) .....                                     | 153        |
| 5.4.4    | Näherungsalgorithmen zur Bearbeitung von<br>NP-vollständigen Problemen .....          | 156        |
| 5.5      | Kurzinformationen zu weiteren Verfahren .....                                         | 159        |
| 5.5.1    | Hill Climbing (Bergsteiger-Algorithmus) .....                                         | 160        |
| 5.5.2    | Sintflut-Algorithmus .....                                                            | 160        |
| 5.5.3    | Tabu-Suche .....                                                                      | 160        |
| 5.5.4    | Neuronale Netze .....                                                                 | 161        |
| 5.5.5    | Genetische Algorithmen .....                                                          | 161        |
| 5.5.6    | Greedy Algorithmen .....                                                              | 162        |
| 5.5.7    | Threshold Accepting (Akzeptanz von Schwellwerten) .....                               | 162        |
| 5.5.8    | Simulated Annealing (simuliertes Ausglühen) .....                                     | 162        |
| 5.6      | Übungen .....                                                                         | 162        |
| 5.7      | Literatur .....                                                                       | 163        |



---

|       |                                              |            |
|-------|----------------------------------------------|------------|
| 9.4   | Exkurs in die elementare Zahlentheorie ..... | 287        |
| 9.4.1 | Rolle der Primzahlen .....                   | 287        |
| 9.4.2 | Satz von Carmichael .....                    | 288        |
| 9.5   | Übungen .....                                | 289        |
| 9.6   | Literatur .....                              | 293        |
|       | <b>Sachwortverzeichnis .....</b>             | <b>295</b> |