# Inhaltsverzeichnis

**Vorwort** **IX**

**Vorwort zur 2. Auflage** **XII**

**I Die Berechenbarkeit von Funktionen** **1**

**1 Theoretische Berechenbarkeit** **3**
1.1 Der Begriff des Algorithmus . . . . . 3
1.2 Die $\mu$-rekursiven Funktionen . . . . . 4
1.3 Turingmaschinen . . . . . 10
1.4 Entscheidbarkeit . . . . . 23
1.5 Ergänzende Übungsaufgaben . . . . . 26
1.6 Literaturhinweise . . . . . 27

**2 Praktische Berechenbarkeit** **28**
2.1 Die Random Access Maschine . . . . . 28
2.2 Die Sprachklassen P und NP . . . . . 34
2.3 NP-vollständige Probleme . . . . . 39
2.4 Kryptographie . . . . . 55
2.4.1 Public-Key Kryptosysteme . . . . . 55
2.4.2 Zero-Knowledge Beweise . . . . . 59
2.5 Ergänzende Übungsaufgaben . . . . . 65
2.6 Literaturhinweise . . . . . 66

**II Grundlegendes zum Lösen von Problemen** **69**

**3 Datenstrukturen zur Lösung von Mengenverwaltungsproblemen** **71**
3.1 Einfache Datenstrukturen . . . . . 72
3.1.1 Keller und Schlangen . . . . . 73
3.1.2 Listen . . . . . 74
3.2 Bäume . . . . . 76
3.2.1 Beliebige Suchbäume . . . . . 79

3.2.2 AVL-Bäume . . . 82
3.2.3 B-Bäume . . . 87
3.2.4 Tries . . . 93
3.3 Hashing . . . 95
3.3.1 Kollisionsbehandlung mittels verketteter Listen . . . 95
3.3.2 Kollisionsbehandlung mittels offener Adressierung . . . 100
3.3.3 Universelles Hashing . . . 101
3.4 Datenstrukturen für disjunkte Mengen . . . 104
3.5 Priority Queues . . . 105
3.5.1 $d$-Heaps . . . 106
3.5.2 Linksheaps . . . 109
3.6 Ergänzende Übungsaufgaben . . . 110
3.7 Literaturhinweise . . . 112

**4 Durchmusterung von Graphen 113**
4.1 Graphentheoretische Grundlagen . . . 113
4.2 Graphdurchmusterungsmethoden . . . 116
4.3 Ergänzende Übungsaufgaben . . . 119
4.4 Literaturhinweise . . . 120

**5 Über den Entwurf von Algorithmen 121**
5.1 Divide-and-conquer . . . 122
5.2 Dynamische Programmierung . . . 124
5.3 Aufzählungsmethoden . . . 125
5.4 Greedyalgorithmen . . . 132
5.5 Approximationsalgorithmen . . . 136
5.6 Probabilistische Algorithmen . . . 137
5.6.1 Ein Las Vegas-Algorithmus . . . 138
5.6.2 Ein Monte-Carlo-Algorithmus . . . 141
5.7 Ergänzende Übungsaufgaben . . . 145
5.8 Literaturhinweise . . . 146

**III Die Lösung elementarer Probleme 147**

**6 Automatentheorie und Formale Sprachen 149**
6.1 Die lexikalische Analyse . . . 149
6.1.1 Reguläre Mengen, reguläre Ausdrücke und endliche Automaten . . . 150
6.1.2 Minimierung endlicher Automaten . . . 159
6.1.3 Zur Realisierung der lexikalischen Analyse . . . 167
6.2 Die Syntaxanalyse . . . 168
6.2.1 Kontextfreie Grammatiken . . . 169
6.2.2 Kellerautomaten . . . 175

6.2.3 Normalformen für kontextfreie Grammatiken . . . . . 184
6.3 Eigenschaften von kontextfreien Sprachen . . . . . 192
6.3.1 Das Pumping-Lemma . . . . . 192
6.3.2 Abschlußeigenschaften . . . . . 195
6.4 Ergänzende Übungsaufgaben . . . . . 196
6.5 Literaturhinweise . . . . . 198

**7 Algorithmen auf Graphen 200**
7.1 Bipartites Matching . . . . . 200
7.1.1 Der ungewichtete Fall . . . . . 201
7.1.2 Der gewichtete Fall . . . . . 205
7.2 Starke Zusammenhangskomponenten . . . . . 212
7.3 Kürzeste-Weg-Probleme . . . . . 215
7.3.1 Dijkstras Algorithmus . . . . . 220
7.3.2 Der Bellman-Ford Algorithmus . . . . . 222
7.3.3 Das alle-Paare-kürzeste-Weg-Problem . . . . . 224
7.4 Minimale überspannende Bäume . . . . . 228
7.4.1 Der Algorithmus von Kruskal . . . . . 230
7.4.2 Der Algorithmus von Prim . . . . . 231
7.5 Netzwerkflußprobleme . . . . . 232
7.6 Das Graphenisomorphieproblem . . . . . 241
7.7 Ergänzende Übungsaufgaben . . . . . 248
7.8 Literaturhinweise . . . . . 250

**8 Algorithmen auf Strings 252**
8.1 Stringmatching . . . . . 252
8.2 Approximatives Stringmatching . . . . . 255
8.3 Ergänzende Übungsaufgaben . . . . . 261
8.4 Literaturhinweise . . . . . 262

**9 Online-Algorithmen 263**
9.1 Das Listenverwaltungsproblem . . . . . 263
9.2 Paging . . . . . 269
9.3 Ergänzende Übungsaufgaben . . . . . 275
9.4 Literaturhinweise . . . . . 275

**10 Schnelle Fouriertransformationen 276**
10.1 Wahl der Stützstellen . . . . . 277
10.2 Ergänzende Übungsaufgaben . . . . . 281
10.3 Literaturhinweise . . . . . 281

**11 Lineare Programmierung 282**
11.1 Grundlagen . . . . . 284

11.2 Die Simplexmethode . . . . . 291
11.3 Dualität . . . . . 302
11.4 Ganzzahlige lineare Programmierung . . . . . 312
11.5 Ergänzende Übungsaufgaben . . . . . 320
11.6 Literaturhinweise . . . . . 322

**Literaturverzeichnis** **325**

**Index** **333**