

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	XIII
I Grundlagen	1
1 Die Rolle von Algorithmen in der elektronischen Datenverarbeitung	5
1.1 Algorithmen	5
1.2 Algorithmen als Technologie	11
2 Ein einführendes Beispiel	17
2.1 Sortieren durch Einfügen	17
2.2 Analyse von Algorithmen	24
2.3 Entwurf von Algorithmen	30
3 Wachstum von Funktionen	45
3.1 Asymptotische Notation	45
3.2 Standardnotationen und Standardfunktionen	55
4 Teile-und-Beherrsche	67
4.1 Das Max-Teilfeld-Problem	70
4.2 Strassens Algorithmus zur Matrizenmultiplikation	77
4.3 Die Substitutionsmethode zum Lösen von Rekursionsgleichungen	85
4.4 Die Rekursionsbaum-Methode zum Lösen von Rekursionsgleichungen ..	89
4.5 Die Mastermethode zum Lösen von Rekursionsgleichungen	95
4.6 *Beweis des Mastertheorems	99
5 Probabilistische Analyse und randomisierte Algorithmen	115
5.1 Das Bewerberproblem	115
5.2 Indikatorfunktionen	118

5.3	Randomisierte Algorithmen	123
5.4	* Probabilistische Analyse und mehr zur Verwendung der Indikatorfunktion	130
II	Sortieren und Ranggrößen	147
6	Heapsort	153
6.1	Heaps	153
6.2	Die Heap-Eigenschaft aufrechterhalten	156
6.3	Einen Heap bauen	158
6.4	Der Heapsort-Algorithmus	161
6.5	Prioritätswarteschlangen	162
7	Quicksort	171
7.1	Beschreibung von Quicksort	171
7.2	Die Performanz von Quicksort	175
7.3	Eine randomisierte Version von Quicksort	179
7.4	Analyse von Quicksort	181
8	Sortieren in linearer Zeit	191
8.1	Untere Schranken für das Sortieren	191
8.2	Countingsort	194
8.3	Radixsort	197
8.4	Bucketsort	200
9	Mediane und Ranggrößen	213
9.1	Minimum und Maximum	213
9.2	Auswahl in linearer erwarteter Zeit	215
9.3	Auswahl in linearer Zeit im schlechtesten Fall	219
III	Datenstrukturen	227
10	Elementare Datenstrukturen	233
10.1	Stapel und Warteschlangen	233
10.2	Verkettete Listen	237

10.3 Implementierung von Zeigern und Objekten	242
10.4 Darstellung von gerichteten Bäumen	246
11 Hashtabellen	255
11.1 Adresstabellen mit direktem Zugriff	256
11.2 Hashtabellen	258
11.3 Hashfunktionen	264
11.4 Offene Adressierung	272
11.5 * Perfektes Hashing	280
12 Binäre Suchbäume	289
12.1 Was ist ein binärer Suchbaum?	289
12.2 Abfragen in einem binären Suchbaum	292
12.3 Einfügen und Löschen	296
12.4 * Zufällig erzeugte binäre Suchbäume	302
13 Rot-Schwarz-Bäume	311
13.1 Eigenschaften von Rot-Schwarz-Bäumen	311
13.2 Rotationen	315
13.3 Einfügen eines Knotens	317
13.4 Löschen eines Knotens	325
14 Erweitern von Datenstrukturen	341
14.1 Dynamische Ranggröße	341
14.2 Wie man eine Datenstruktur erweitert	347
14.3 Intervallbäume	350
IV Fortgeschrittene Entwurfs- und Analysetechniken	359
15 Dynamische Programmierung	363
15.1 Schneiden von Eisenstangen	364
15.2 Matrizen-Kettenmultiplikation	374
15.3 Elemente dynamischer Programmierung	381
15.4 Längste gemeinsame Teilsequenz	393
15.5 Optimale binäre Suchbäume	399

16 Greedy-Algorithmen	417
16.1 Ein Aktivitäten-Auswahl-Problem	418
16.2 Elemente der Greedy-Strategie	425
16.3 Huffman-Codierungen	431
16.4 * Matroiden und Greedy-Methoden	440
16.5 * Ein Task-Scheduling-Problem als Matroid	447
17 Amortisierte Analyse	455
17.1 Aggregat-Analyse	456
17.2 Account-Methode	460
17.3 Die Potentialmethode	462
17.4 Dynamische Tabellen	466
V Höhere Datenstrukturen	483
18 B-Bäume	489
18.1 Die Definition von B-Bäumen	493
18.2 Grundoperationen auf B-Bäumen	496
18.3 Löschen eines Schlüssels aus einem B-Baum	504
19 Fibonacci-Heaps	511
19.1 Die Struktur von Fibonacci-Heaps	513
19.2 Operationen der fusionierbaren Heaps	516
19.3 Verringern eines Schlüssels und Entfernen eines Knotens	525
19.4 Beschränkung des maximalen Grades	529
20 van-Emde-Boas-Bäume	539
20.1 Vorbereitende Ansätze	540
20.2 Eine rekursive Datenstruktur	544
20.3 Die van-Emde-Boas-Bäume	553
21 Datenstrukturen disjunkter Mengen	569
21.1 Operationen auf disjunkten Mengen	569
21.2 Darstellung disjunkter Mengen mithilfe verketteter Listen	572

21.3 Wälder disjunkter Mengen	576
21.4 * Analyse der Vereinigung nach dem Rang mit Pfadverkurzung	580
VI Graphenalgorithmien	595
22 Elementare Graphenalgorithmien	599
22.1 Darstellungen von Graphen	599
22.2 Breitensuche	603
22.3 Tiefensuche	613
22.4 Topologisches Sortieren	622
22.5 Starke Zusammenhangskomponenten	626
23 Minimale Spannbäume	635
23.1 Aufbau eines minimalen Spannbaums	636
23.2 Die Algorithmen von Kruskal und Prim	641
24 Kürzeste Pfade von einem Startknoten aus	655
24.1 Der Bellman-Ford-Algorithmus	663
24.2 Kürzeste Pfade von einem Startknoten aus in DAGs	667
24.3 Dijkstras Algorithmus	670
24.4 Differenzbedingungen und kürzeste Pfade	677
24.5 Beweise der Eigenschaften kürzester Pfade	683
25 Kürzeste Pfade für alle Knotenpaare	697
25.1 Kürzeste Pfade und Matrizenmultiplikation	699
25.2 Der Floyd-Warshall-Algorithmus	705
25.3 Johnsons Algorithmus für dünn besetzte Graphen	713
26 Maximaler Fluss	721
26.1 Flussnetzwerke	722
26.2 Die Ford-Fulkerson-Methode	727
26.3 Maximales bipartites Matching	745
26.4 * Push/Relabel-Algorithmien	749
26.5 * Der Relabel-to-Front-Algorithmus	762

VII	Ausgewählte Themen	781
27	Mehrfädige Algorithmen	785
27.1	Grundlagen von dynamischem Multithreading.....	787
27.2	Mehrfädige Matrizenmultiplikation.....	806
27.3	Mehrfädiges Sortieren durch Mischen	811
28	Operationen auf Matrizen	827
28.1	Lösen linearer Gleichungssysteme	827
28.2	Matrixinversion	841
28.3	Symmetrische positiv definite Matrizen, Summe der quadratischen Fehler	846
29	Lineare Programmierung	857
29.1	Standard- und Schlupfform	864
29.2	Darstellung von Problemen als lineare Programme	872
29.3	Der Simplexalgorithmus	878
29.4	Dualität	893
29.5	Die initiale zulässige Basislösung	899
30	Polynome und die FFT	911
30.1	Darstellung von Polynomen.....	913
30.2	Die DFT und FFT	919
30.3	Effiziente Implementierung der FFT	927
31	Zahlentheoretische Algorithmen	937
31.1	Elementare zahlentheoretische Begriffe.....	938
31.2	Größter gemeinsamer Teiler.....	944
31.3	Modulare Arithmetik	950
31.4	Lösen modularer linearer Gleichungen.....	957
31.5	Der chinesische Restsatz	962
31.6	Potenzen eines Elements	965
31.7	Das RSA-Kryptosystem	970
31.8	* Primzahltests	977
31.9	* Primfaktorzerlegung	987

32 String-Matching	997
32.1 Der naive String-Matching-Algorithmus	999
32.2 Der Rabin-Karp-Algorithmus	1002
32.3 String-Matching mit endlichen Automaten	1007
32.4 * Der Knuth-Morris-Pratt-Algorithmus	1014
33 Algorithmische Geometrie	1025
33.1 Eigenschaften von Strecken	1026
33.2 Bestimmung von Schnittpunkten in einer Menge von Strecken	1032
33.3 Bestimmen der konvexen Hülle	1039
33.4 Berechnung des dichtesten Punktepaars	1050
34 NP-Vollständigkeit	1059
34.1 Polynomielle Zeit	1064
34.2 Verifikation in polynomieller Zeit	1072
34.3 NP-Vollständigkeit und Reduktion	1077
34.4 NP-Vollständigkeitsbeweise	1088
34.5 NP-vollständige Probleme	1096
35 Approximationsalgorithmen	1117
35.1 Das Knotenüberdeckungsproblem	1119
35.2 Das Problem des Handelsreisenden	1122
35.3 Das Mengenüberdeckungsproblem	1128
35.4 Randomisierung und lineare Programmierung	1134
35.5 Das Teilsommenproblem	1139
VIII Anhang	1151
A Summen	1155
A.1 Summenformeln und Eigenschaften	1155
A.2 Abschätzungen für Summen	1159
B Mengen usw.	1169
B.1 Mengen	1169
B.2 Relationen	1174

B.3 Funktionen	1176
B.4 Graphen	1178
B.5 Bäume	1183
C Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitstheorie	1193
C.1 Kombinatorik	1193
C.2 Wahrscheinlichkeiten	1199
C.3 Diskrete Zufallsvariablen.....	1205
C.4 Die geometrische Verteilung und die Binomialverteilung	1211
C.5 * Die Ränder der Binomialverteilung	1217
D Matrizen	1227
D.1 Matrizen und Matrizenoperationen	1227
D.2 Elementare Matrizeneigenschaften	1232
Literaturverzeichnis	1241
Index	1265