

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
I Grundlagen	1
1 Die Rolle von Algorithmen in der elektronischen Datenverarbeitung	5
1.1 Algorithmen	5
1.2 Algorithmen als Technologie	10
2 Ein einführendes Beispiel	15
2.1 Sortieren durch Einfügen	15
2.2 Analyse von Algorithmen	21
2.3 Entwurf von Algorithmen	27
3 Wachstum von Funktionen	41
3.1 Asymptotische Notation	41
3.2 Standardnotationen und Standardfunktionen	51
4 Rekursionsgleichungen	61
4.1 Die Substitutionsmethode	62
4.2 Die Rekursionsbaum-Methode	66
4.3 Die Mastermethode	72
4.4 * Beweis des Mastertheorems	75
5 Probabilistische Analyse und randomisierte Algorithmen	89
5.1 Bewerberproblem	89
5.2 Indikatorfunktionen	92
5.3 Randomisierte Algorithmen	96
5.4 * Probabilistische Analyse und mehr zur Verwendung der Indikatorfunktion	103

II Sortieren und Ranggrößen	119
6 Heapsort	125
6.1 Heaps	125
6.2 Aufrechterhaltung der Heap-Eigenschaft	128
6.3 Konstruktion eines Heap	130
6.4 Der Heapsort-Algorithmus	133
6.5 Prioritätswarteschlangen	135
7 Quicksort	143
7.1 Beschreibung von Quicksort	143
7.2 Die Performanz von Quicksort	147
7.3 Eine randomisierte Version von Quicksort	151
7.4 Analyse von Quicksort	152
8 Sortieren in linearer Zeit	163
8.1 Untere Schranken für das Sortieren	163
8.2 Countingsort	166
8.3 Radixsort	168
8.4 Bucketsort	171
9 Mediane und Ranggrößen	181
9.1 Minimum und Maximum	181
9.2 Auswahl in linearer erwarteter Zeit	183
9.3 Auswahl in linearer Zeit für den schlechtesten Fall	187
III Datenstrukturen	195
10 Elementare Datenstrukturen	201
10.1 Stapel und Warteschlangen	201
10.2 Verkettete Listen	205
10.3 Implementierung von Zeigern und Objekten	210
10.4 Darstellung von gerichteten Bäumen	214
11 Hashtabellen	221
11.1 Adresstabellen mit direktem Zugriff	222

11.2	Hashtabellen	223
11.3	Hashfunktionen	229
11.4	Offene Adressierung	237
11.5	* Perfektes Hashing	245
12	Binäre Suchbäume	255
12.1	Was ist ein binärer Suchbaum?	255
12.2	Abfragen in einem binären Suchbaum	258
12.3	Einfügen und Löschen	262
12.4	* Zufällig erzeugte binäre Suchbäume	266
13	Rot-Schwarz-Bäume	275
13.1	Eigenschaften von Rot-Schwarz-Bäumen	275
13.2	Rotationen	279
13.3	Einfügen	281
13.4	Entfernen	289
14	Erweitern von Datenstrukturen	303
14.1	Dynamische Ranggröße	303
14.2	Wie man eine Datenstruktur erweitert	309
14.3	Intervallbäume	312
IV	Fortgeschrittene Entwurfs- und Analysetechniken	321
15	Dynamische Programmierung	325
15.1	Ablaufkoordination von Montagebändern	326
15.2	Matrix-Kettenmultiplikation	333
15.3	Elemente dynamischer Programmierung	340
15.4	Längste gemeinsame Teilsequenz	351
15.5	Optimale binäre Suchbäume	357
16	Greedy-Algorithmen	371
16.1	Ein Aktivitäten-Auswahl-Problem	372
16.2	Elemente der Greedy-Strategie	380

16.3 Huffman-Codierungen	385
16.4 * Theoretische Grundlagen der Greedy-Methoden	393
16.5 * Ein Task-Scheduling-Problem	400
17 Amortisierte Analyse	407
17.1 Aggregat-Analyse	408
17.2 Account-Methode	412
17.3 Die Potentialmethode.....	414
17.4 Dynamische Tabellen	418
V Höhere Datenstrukturen	433
18 B-Bäume	439
18.1 Die Definition von B-Bäumen	443
18.2 Grundoperationen auf B-Bäumen	446
18.3 Entfernen eines Schlüssels aus einem B-Baum	453
19 Binomiale Heaps	461
19.1 Binomiale Bäume und binomiale Heaps	463
19.2 Operationen auf binomialen Heaps	467
20 Fibonacci-Heaps	481
20.1 Die Struktur von Fibonacci-Heaps	482
20.2 Operationen der fusionierbaren Heaps	484
20.3 Verringern eines Schlüssels und Entfernen eines Knotens	493
20.4 Beschränkung des maximalen Grades	497
21 Datenstrukturen disjunkter Mengen	503
21.1 Operationen auf disjunkten Mengen	503
21.2 Darstellung disjunkter Mengen mithilfe verketteter Listen	507
21.3 Wälder disjunkter Mengen	510
21.4 * Analyse der Vereinigung nach dem Rang mit Pfadverkürzung	514

VI Graphenalgorithmen	527
22 Elementare Graphenalgorithmen	531
22.1 Darstellungen von Graphen	531
22.2 Breitensuche	535
22.3 Tiefensuche	544
22.4 Topologisches Sortieren	553
22.5 Starke Zusammenhangskomponenten	556
23 Minimale Spannbäume	565
23.1 Aufbau eines minimalen Spannbaums	566
23.2 Die Algorithmen von Kruskal und Prim	571
24 Das Problem der kürzesten Pfade bei einem einzigen Startknoten	583
24.1 Der Bellman-Ford-Algorithmus	591
24.2 Kürzeste Pfade von einem einzigen Startknoten aus in ger. azykl. Graphen	595
24.3 Der Dijkstra-Algorithmus	598
24.4 Differenzbedingungen und kürzeste Pfade	604
24.5 Beweise der Eigenschaften kürzester Pfade	610
25 Das Problem der kürzesten Pfade für alle Knotenpaare	623
25.1 Kürzeste Pfade und Matrixmultiplikation	625
25.2 Der Floyd-Warshall-Algorithmus	631
25.3 Johnsons Algorithmus für dünn besetzte Graphen	638
26 Maximaler Fluss	647
26.1 Flussnetzwerke	648
26.2 Die Ford-Fulkerson-Methode	654
26.3 Maximales bipartites Matching	668
26.4 * Push/Relabel-Algorithmen	673
26.5 * Der Relabel-to-Front-Algorithmus	685

VII Ausgewählte Themen	703
27 Sortiernetzwerke	707
27.1 Vergleichsnetzwerke	707
27.2 Das Null-Eins-Prinzip	712
27.3 Ein bitonisches Sortiernetzwerk	715
27.4 Ein Mischnetzwerk	719
27.5 Ein Sortiernetzwerk	721
28 Matrixoperationen	727
28.1 Eigenschaften von Matrizen	727
28.2 Strassens Algorithmus zur Matrixmultiplikation	737
28.3 Lösung linearer Gleichungssysteme	744
28.4 Matrixinversion	757
28.5 Symmetrische, positiv definite Matrizen, Methode der kleinsten Quadrate	762
29 Lineare Programmierung	773
29.1 Standard- und Schlupfformen	780
29.2 Die Darstellung von Problemen durch lineare Programme	788
29.3 Der Simplexalgorithmus	793
29.4 Dualität	808
29.5 Die initiale zulässige Basislösung	814
30 Polynome und die FFT	825
30.1 Darstellung von Polynomen	827
30.2 DFT und FFT	833
30.3 Effiziente Implementierung der FFT	841
31 Zahlentheoretische Algorithmen	851
31.1 Elementare zahlentheoretische Begriffe	852
31.2 Größter gemeinsamer Teiler	858
31.3 Modulare Arithmetik	864
31.4 Lösen modularer linearer Gleichungen	871
31.5 Der chinesische Restsatz	875
31.6 Potenzen eines Elements	878

31.7 Das RSA-Verschlüsselungssystem	883
31.8 * Primzahltests	890
31.9 * Primfaktorzerlegung	899
32 String-Matching	909
32.1 Der naive String-Matching-Algorithmus	911
32.2 Der Rabin-Karp-Algorithmus	913
32.3 String-Matching mit endlichen Automaten	919
32.4 * Der Knuth-Morris-Pratt-Algorithmus	925
33 Algorithmische Geometrie	935
33.1 Eigenschaften von Strecken	936
33.2 Schnittpunkt eines beliebigen Streckenpaares	942
33.3 Bestimmen der konvexen Hülle	949
33.4 Berechnung des dichtesten Punktepaares	959
34 NP-Vollständigkeit	969
34.1 Polynomiale Zeit	974
34.2 Verifikation in polynomialer Zeit	982
34.3 NP-Vollständigkeit und Reduktion	986
34.4 NP-Vollständigkeitsbeweise	998
34.5 NP-vollständige Probleme	1005
35 Approximationsalgorithmen	1025
35.1 Das Knotenüberdeckungsproblem	1027
35.2 Das Problem des Handelsreisenden	1030
35.3 Das Mengenüberdeckungsproblem	1036
35.4 Randomisierung und lineare Programmierung	1041
35.5 Das Teilsommenproblem	1046
VIII Anhang:	1057
A Summen	1061
A.1 Summenformeln und Eigenschaften	1061
A.2 Abschätzungen für Summen	1065

B Mengen usw.	1073
B.1 Mengen	1073
B.2 Relationen	1078
B.3 Funktionen	1080
B.4 Graphen	1082
B.5 Bäume	1087
C Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitstheorie	1097
C.1 Zähltheorie	1097
C.2 Wahrscheinlichkeit	1102
C.3 Diskrete Zufallsvariablen	1109
C.4 Die geometrische Verteilung und die Binomialverteilung	1114
C.5 * Die Ränder der Binomialverteilung	1120
Literaturverzeichnis	1131
Index	1151