



Algorithmen und Datenstrukturen

4. Auflage



Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen	1
1.1 Algorithmen und ihre formalen Eigenschaften	1
1.2 Zwei Beispiele arithmetischer Algorithmen	5
1.2.1 Ein Multiplikationsverfahren	5
1.2.2 Polynomprodukt	8
1.3 Verschiedene Algorithmen für dasselbe Problem	12
1.4 Die richtige Wahl einer Datenstruktur	15
1.5 Lineare Listen	20
1.5.1 Sequenzielle Speicherung linearer Listen	22
1.5.2 Verkettete Speicherung linearer Listen	25
1.5.3 Stapel und Schlangen	33
1.6 Ausblick auf weitere Datenstrukturen	40
1.7 Skip-Listen	42
1.7.1 Perfekte und randomisierte Skip-Listen	43
1.7.2 Analyse	49
1.8 Implementation von Datenstrukturen und Algorithmen in Java	52
1.8.1 Einige Elemente von Java	52
1.8.2 Implementation linearer Listen	54
1.9 Aufgaben	60
2 Sortieren	71
2.1 Elementare Sortierverfahren	74
2.1.1 Sortieren durch Auswahl	74
2.1.2 Sortieren durch Einfügen	77
2.1.3 Shellsort	80
2.1.4 Bubblesort	81
2.2 Quicksort	84
2.2.1 Quicksort: Sortieren durch rekursives Teilen	85
2.2.2 Quicksort-Varianten	94
2.3 Heapsort	98
2.4 Mergesort	104
2.4.1 2-Wege-Mergesort	105
2.4.2 Reines 2-Wege-Mergesort	108

2.4.3	Natürliches 2-Wege-Mergesort	110
2.5	Radixsort	113
2.5.1	Radix-exchange-sort	113
2.5.2	Sortieren durch Fachverteilung	115
2.6	Sortieren vorsortierter Daten	119
2.6.1	Maße für Vorsortierung	120
2.6.2	A-sort	124
2.6.3	Sortieren durch lokales Einfügen und natürliches Verschmelzen	129
2.7	Externes Sortieren	133
2.7.1	Das Magnetband als Externspeichermedium	134
2.7.2	Ausgeglichenes 2-Wege-Mergesort	136
2.7.3	Ausgeglichenes Mehr-Wege-Mergesort	139
2.7.4	Mehrphasen-Mergesort	143
2.8	Untere Schranken	145
2.9	Implementation und Test von Sortierverfahren in Java	150
2.10	Aufgaben	153
3	Suchen	159
3.1	Das Auswahlproblem	160
3.2	Suchen in sequenziell gespeicherten linearen Listen	165
3.2.1	Sequenzielle Suche	165
3.2.2	Binäre Suche	166
3.2.3	Fibonacci-Suche	168
3.2.4	Exponentielle Suche	171
3.2.5	Interpolationssuche	172
3.3	Selbstanordnende lineare Listen	172
3.4	Java Implementation	178
3.5	Aufgaben	180
4	Hashverfahren	183
4.1	Zur Wahl der Hashfunktion	185
4.1.1	Die Divisions-Rest-Methode	185
4.1.2	Die multiplikative Methode	186
4.1.3	Perfektes und universelles Hashing	186
4.2	Hashverfahren mit Verkettung der Überläufer	190
4.3	Offene Hashverfahren	195
4.3.1	Lineares Sondieren	197
4.3.2	Quadratisches Sondieren	199
4.3.3	Uniformes und zufälliges Sondieren	200
4.3.4	Double Hashing	203
4.3.5	Ordered Hashing	207
4.3.6	Robin-Hood-Hashing	211
4.3.7	Coalesced Hashing	213
4.4	Dynamische Hashverfahren	217
4.4.1	Lineares Hashing	219
4.4.2	Virtuelles Hashing	224
4.4.3	Erweiterbares Hashing	228

4.5	Das Gridfile	231
4.6	Implementation von Hashverfahren in Java	241
4.7	Aufgaben	246
5	Bäume	251
5.1	Natürliche Bäume	254
5.1.1	Suchen, Einfügen und Entfernen von Schlüsseln	258
5.1.2	Durchlaufordnungen in Binärbäumen	263
5.1.3	Analytische Betrachtungen	267
5.2	Balancierte Binärbäume	275
5.2.1	AVL-Bäume	275
5.2.2	Bruder-Bäume	287
5.2.3	Gewichtsbalancierte Bäume	302
5.3	Randomisierte Suchbäume	309
5.3.1	Treaps	310
5.3.2	Treaps mit zufälligen Prioritäten	312
5.4	Selbstanordnende Binärbäume	318
5.4.1	Splay-Bäume	319
5.4.2	Amortisierte Worst-case-Analyse	324
5.5	B-Bäume	331
5.5.1	Suchen, Einfügen und Entfernen in B-Bäumen	335
5.6	Weitere Klassen	340
5.6.1	Übersicht	340
5.6.2	Konstante Umstrukturierungskosten und relaxiertes Balancieren	345
5.6.3	Eindeutig repräsentierte Wörterbücher	362
5.7	Optimale Suchbäume	367
5.8	Alphabetische und mehrdimensionale Suchbäume	374
5.8.1	Tries	374
5.8.2	Quadranten- und 2d-Bäume	376
5.9	Implementation von Bäumen und dazugehöriger Algorithmen in Java	379
5.10	Aufgaben	384
6	Manipulation von Mengen	393
6.1	Vorrangwarteschlangen	394
6.1.1	Dijkstras Algorithmus zur Berechnung kürzester Wege	395
6.1.2	Implementation von Priority Queues mit verketteten Listen und balancierten Bäumen	398
6.1.3	Linksbäume	400
6.1.4	Binomial Queues	403
6.1.5	Fibonacci-Heaps	410
6.2	Union-Find-Strukturen	418
6.2.1	Kruskals Verfahren zur Berechnung minimaler spannender Bäume	418
6.2.2	Vereinigung nach Größe und Höhe	421
6.2.3	Methoden der Pfadverkürzung	425
6.3	Allgemeiner Rahmen	429
6.4	Aufgaben	432

7 Geometrische Algorithmen	435
7.1 Einleitung	435
7.2 Das Scan-line-Prinzip	436
7.2.1 Sichtbarkeitsproblem	438
7.2.2 Das Schnittproblem für iso-orientierte Liniensegmente	441
7.2.3 Das allgemeine Liniensegment-Schnittproblem	444
7.3 Geometrisches Divide-and-conquer	450
7.3.1 Segmentschnitt mittels Divide-and-conquer	451
7.3.2 Inklusions- und Schnittprobleme für Rechtecke	456
7.4 Geometrische Datenstrukturen	459
7.4.1 Reduktion des Rechteckschnittproblems	460
7.4.2 Segment-Bäume	463
7.4.3 Intervall-Bäume	468
7.4.4 Prioritäts-Suchbäume	472
7.5 Anwendungen geometrischer Datenstrukturen	485
7.5.1 Ein Spezialfall des HLE-Problems	486
7.5.2 Dynamische Bereichssuche mit einem festen Fenster	493
7.6 Distanzprobleme und ihre Lösung	496
7.6.1 Distanzprobleme	497
7.6.2 Das Voronoi-Diagramm	501
7.6.3 Die Speicherung des Voronoi-Diagramms	506
7.6.4 Die Konstruktion des Voronoi-Diagramms	509
7.6.5 Lösungen für Distanzprobleme	515
7.7 Aufgaben	525
8 Graphenalgorithmen	533
8.1 Topologische Sortierung	541
8.2 Transitive Hülle	544
8.2.1 Transitive Hülle allgemein	544
8.2.2 Transitive Hülle für azyklische Digraphen	546
8.3 Durchlaufen von Graphen	548
8.3.1 Einfache Zusammenhangskomponenten	551
8.3.2 Strukturinformation durch Tiefensuche	551
8.4 Zusammenhangskomponenten	555
8.4.1 Zweifache Zusammenhangskomponenten	555
8.4.2 Starke Zusammenhangskomponenten	558
8.5 Kürzeste Wege	563
8.5.1 Kürzeste Wege in Distanzgraphen	564
8.5.2 Kürzeste Wege in beliebig bewerteten Graphen	569
8.5.3 Alle kürzesten Wege	573
8.6 Minimale spannende Bäume	574
8.7 Flüsse in Netzwerken	581
8.8 Zuordnungsprobleme	592
8.8.1 Maximale Zuordnungen in bipartiten Graphen	594
8.8.2 Maximale Zuordnungen im allgemeinen Fall	596
8.8.3 Maximale gewichtete Zuordnungen	605
8.9 Aufgaben	605

9	Suchen in Texten	613
9.1	Suchen in dynamischen Texten	614
9.1.1	Das naive Verfahren zur Textsuche	614
9.1.2	Das Verfahren von Knuth-Morris-Pratt	616
9.1.3	Das Verfahren von Boyer-Moore	620
9.1.4	Signaturen	626
9.2	Approximative Zeichenkettensuche	627
9.3	Suchen in statischen Texten (gemeinsam mit S. Schuierer)	639
9.3.1	Aufbereitung von Texten – Suffix-Bäume	639
9.3.2	Analyse	647
9.4	Aufgaben	650
10	Ausgewählte Themen	653
10.1	Randomisierte Algorithmen	653
10.1.1	Randomisiertes Quicksort	654
10.1.2	Randomisierter Primzahltest	656
10.1.3	Öffentliche Verschlüsselungssysteme	660
10.2	Parallele Algorithmen	666
10.2.1	Einfache Beispiele paralleler Algorithmen	667
10.2.2	Paralleles Mischen und Sortieren	673
10.2.3	Systolische Algorithmen	684
10.3	Aufgaben	687
		↘
	Literaturverzeichnis	691
	Index	704