



Auf einen Blick

Einleitung	17
Teil I: Grundbegriffe	23
Kapitel 1: Algorithmen	25
Kapitel 2: Qualität von Algorithmen.....	47
Kapitel 3: Daten und ihre Struktur.....	75
Teil II: Algorithmen in den Gärten der Strukturen	111
Kapitel 4: Listen: Immer einer nach dem anderen.....	113
Kapitel 5: Bäume: Immer einer über dem anderen	161
Kapitel 6: Graphen: Jeder mit jedem.....	195
Teil III: Probleme und ihre Lösungen	221
Kapitel 7: Sortieren.....	223
Kapitel 8: Rucksack packen.....	253
Kapitel 9: Mengen und ihre Speicherung.....	279
Kapitel 10: Verbindungen finden.....	321
Teil IV: Algorithmische Techniken	351
Kapitel 11: Probleme totschiagen.....	353
Kapitel 12: Teilen und Herrschen	393
Kapitel 13: Dynamisches Programmieren	411
Kapitel 14: Näherungslösungen.....	437
Teil V: Der Top-Ten-Teil	465
Kapitel 15: Zehn Datenabstraktionen und Datenstrukturen.....	467
Kapitel 16: Zehn Ratschläge, wenn (bevor) der kleine Frust kommt.....	475
Stichwortverzeichnis	481







Inhaltsverzeichnis

Einleitung	17
Über dieses Buch.....	17
Törichte Annahmen über den Leser.....	19
Wie dieses Buch aufgebaut ist.....	19
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden.....	20
Wie es weitergeht.....	21
TEIL I	
GRUNDBEGRIFFE	23
Kapitel 1	
Algorithmen	25
Das sind Algorithmen.....	25
Algorithmen lösen Probleme.....	26
Algorithmen basieren auf einem einfachen Maschinenmodell.....	30
Algorithmen sind bewertbar.....	32
Algorithmen agieren in Modellwelten.....	32
Algorithmen sind keine Programme.....	33
Algorithmen klar beschreiben.....	35
Sprechen Sie Pseudocode?.....	35
Mathematische Ausdrücke sind erlaubt.....	37
Algorithmen sprechen sogar Deutsch.....	37
Algorithmen sind Lösungen, keine Probleme.....	38
Algorithmen haben zählbare Schritte.....	39
Algorithmen sollten korrekt sein.....	40
Algorithmen können sich aufhängen.....	41
Das Halteproblem ist unlösbar.....	42
Algorithmen richtig verstehen.....	43
Kapitel 2	
Qualität von Algorithmen	47
So gut sind Algorithmen.....	47
Wer ist der Leichteste?.....	48
Laufzeiten vergleichen.....	50
Laufzeitanalysen.....	53
Lineare Laufzeiten.....	53
Oh du großes \mathcal{O} !.....	55
Arten der Laufzeitanalyse.....	57
Laufzeiten konkret bestimmen.....	59
Faustregel 1: Bei Schleifen muss man multiplizieren.....	59
Faustregel 2: Der stärkste Summand dominiert.....	61
Vorsicht vor versteckten Kosten.....	61





10 Inhaltsverzeichnis

Randomisierte Laufzeitanalyse.....	62
Das Auswahlproblem	63
QuickSelect: Ein randomisierter Algorithmus.....	63
Amortisierte Laufzeitanalyse.....	66
Ein Binärzähler an der Fassade.....	66
Ein sparsamer Stapel.....	69
Die Potenzialmethode	71

Kapitel 3

Daten und ihre Struktur	75
Aus Daten Strukturen bauen.....	75
Datenstrukturen: die Essenz.....	76
Datenstrukturen im Pseudocode	78
Algebraische Datentypen	92
Funktion folgt Struktur	97
Endrekursive und linear-rekursive Funktionen	98
Linear-rekursive Funktionen und die Akkumulatortechnik.....	101
Strukturelle Rekursion	103
Teilen und Herrschen.....	105
Strukturen durchlaufen: Iteratoren und Traversierungen	106

TEIL II

ALGORITHMEN IN DEN GÄRTEN DER STRUKTUREN..... 111

Kapitel 4

Listen: Immer einer nach dem anderen	113
Listen: Datenmodell und Implementierung	116
Datenabstraktion: was Listen so können sollen	118
Alles ist ewig und Rekursion ist gut.....	129
Listen in Funktionalistan.....	131
Persistente Datenstrukturen	143
Ordnung herstellen: imperativ und funktional.....	145
Nicht alles ist ewig und Form ist nicht Inhalt	152
Warteschlange als funktionale Datenabstraktion.....	152
Warteschlangen mit Amortisation.....	155
Rückblick: imperative und funktionale Algorithmen	157

Kapitel 5

Bäume: Immer einer über dem anderen	161
Wo ist die Kokosnuss?	162
Baumtraversierungen.....	163
Mit Stapeln in die Tiefe tauchen.....	168
Mit Warteschlangen in die Breite gehen.....	173
Die Kleinen nach links, die Großen nach rechts	176
Binäre Suchbäume	177
Verzeichnisse als Suchbäume.....	179





Inhaltsverzeichnis 11

Bäume verkleiden sich gerne mal.....	181
Tries	182
Prioritätswarteschlangen.....	184
Bäume als Datenmodell.....	189
Ausdrucksbäume.....	190
Mit Stapeln übersetzen und auswerten.....	191

Kapitel 6

Graphen: Jeder mit jedem..... 195

Im Irrgarten der sozialen Netzwerke.....	196
Ein kurzer Blick in die Welt der Graphen.....	198
Einflussnahme als Graphenproblem.....	202
Graphen traversieren.....	203
Datenstrukturen für Graphen.....	206
Nachbarschaften dokumentieren.....	207
Daten und Probleme machen Graphen.....	210
Was nicht passt, wird passend gemacht.....	212
Erst die Schuhe, dann das Hemd – oder wie?.....	214
Topologische Sortierung, ein guter Start in den Tag.....	214
Liste folgt Funktional.....	216
Array folgt Imperativ.....	217

TEIL III

PROBLEME UND IHRE LÖSUNGEN..... 221

Kapitel 7

Sortieren..... 223

Alles in Ordnung.....	223
Das Sortierproblem.....	224
SelectionSort: So lange wählen, bis es passt.....	227
Laufzeit von SelectionSort.....	228
MergeSort: Geteiltes Leid ist halb sortiert.....	229
Sortierte Teilarrays verschmelzen mit Merge.....	230
Teilen und Herrschen.....	232
Laufzeit von MergeSort.....	232
QuickSort: Quick and Easy.....	234
Partition teilt das Array auf.....	234
Sortieren mit QuickSort.....	235
Worst-Case-Laufzeit von QuickSort.....	236
Randomisierung.....	237
HeapSort: ein Haufen Arbeit.....	237
Die Datenstruktur Heap.....	238
Der Heap als Priority Queue.....	239
Besser sortieren mit dem Heap.....	240
Die maximale Sortiergeschwindigkeit.....	241





12 Inhaltsverzeichnis

Sortieren in Linearzeit.....	244
CountingSort: sortieren durch Zählen.....	244
Sortieren nach Ziffern.....	245
Stabile Sortierverfahren.....	247
RadixSort: mehrfach ziffernweise sortieren.....	248
Weitere Sortieralgorithmen.....	249
BubbleSort: Nachbarn vertauschen.....	249
Gnomesort: immer hin und her.....	250
InsertionSort: Spielkarten dazwischen schieben.....	251

Kapitel 8

Rucksack packen 253

Wie man einen Koffer packt.....	253
Das Rucksackproblem.....	253
Das Wichtigste zuerst einpacken.....	255
Alles ausprobieren.....	257
Suchen im Entscheidungsbaum.....	258
Den Suchraum begrenzen.....	261
Probleme langsam wachsen lassen.....	264
Wachsende Probleme klug speichern.....	267
Sich dem Optimum annähern.....	270
Lineare Optimierung.....	274
Optimierung von Produktionsmengen.....	274
Ein System von Ungleichungen.....	275
Ziel: Gewinnmaximierung.....	275
Ganzzahlige lineare Optimierung.....	276
Das Rucksackproblem als ILP.....	277

Kapitel 9

Mengen und ihre Speicherung 279

Ich bin eine Menge.....	281
Imperative Datenabstraktion für Mengen.....	283
Funktionale Datenabstraktion für Mengen.....	285
Gut gehackt ist schnell gefunden.....	290
Hashfunktionen.....	292
Hashtabellen.....	293
Garantiert gut gehackt.....	298
Derselbe ist nicht immer der Gleiche.....	300
Viel ist oft eine Menge.....	304
Wer Ordnung hält, ist nur zu faul zum Suchen.....	306
Bäume balancieren.....	308
Rot-Schwarz-Bäume.....	311

Kapitel 10

Verbindungen finden 321

Kürzeste Pfade.....	322
Alle kürzesten Pfade von einem Start aus.....	322
Vom Vertrauten ins Unbekannte.....	325





Inhaltsverzeichnis 13

Kürzester Pfad zu allen Knoten.....	328
Dijkstras Algorithmus.....	330
Datenstrukturen für Dijkstras Algorithmus.....	333
Verbundenes aufspüren.....	334
Verbundene Komponenten identifizieren.....	335
Datenstrukturen bei der Berechnung verbundener Komponenten.....	338
Disjunkte Mengen als Datenstruktur.....	340
Laufzeiten.....	344
Spann mir einen Graphen auf.....	345
Minimaler Spannbaum.....	346
Kruskals Algorithmus.....	347

TEIL IV ALGORITHMISCHE TECHNIKEN 351

Kapitel 11 Probleme totschiagen 353

Erschöpfende Suche.....	354
Die üblichen Verdächtigen: Kombinatorische Objekte.....	355
Konzentrierte oder weit ausschweifende Suche.....	358
Die erschöpfende Suche nach acht friedlichen Damen.....	362
Iterative und rekursive Erzeugung des Suchraums.....	364
Schleifen rekursiv erzeugen.....	364
Einen baumartigen Suchraum rekursiv erzeugen.....	366
Backtracking.....	369
Kandidaten nicht stückweise bewertbar: kein Backtracking.....	371
Backtracking als Suche im Zustandsraum.....	373
Verzweigen und Begrenzen.....	375
Erschöpfende und Backtracking-Suche im Irrgarten.....	375
Optimierungen und Bewertungsfunktionen.....	377
Komplexitätsklassen: Schwere Probleme führen zu anstrengender Arbeit.....	380
Schwer ist, was den Besten schwerfällt.....	380
Ein Labyrinth der Kameras.....	382
Das nichtdeterministische Orakel.....	383
Schwer, schwerer, NP-schwer.....	385
Wie man mit schweren Problemen umgeht.....	387
NP-schwer \neq hoffnungslos.....	387
Gute Ideen sind kein Hexenwerk.....	390

Kapitel 12 Teilen und Herrschen 393

Aufgaben auf Mitarbeiter abwälzen.....	393
Das Einwohnermeldeamt von Bürokrazien.....	393
Das Prinzip Teilen und Herrschen.....	395
Laufzeiten bei Teilen und Herrschen.....	396
Das Mastertheorem.....	397
Fall 1: Der Chef arbeitet mehr.....	398
Fall 2: Der Chef arbeitet gleich viel.....	399





14 Inhaltsverzeichnis

Fall 3: Der Chef arbeitet weniger.....	400
Gibt es noch weitere Fälle?.....	401
So bestimmt man, welcher Fall vorliegt	401
Binärsuche.....	403
Der Suchbaum in einfach.....	403
Grenzen des Suchbereichs	405
Weitere Beispiele für Teilen und Herrschen	407
Sortieren.....	407
Matrizen multiplizieren.....	408
Minimaler Punktabstand.....	409

Kapitel 13

Dynamisches Programmieren 411

Ein profitabler Bauauftrag	411
Das Maximale-Teilsumme-Problem	412
Gier hilft nicht.....	412
Rohe Gewalt hilft eher	413
Inkrementelle Gewalt ist weniger roh	413
Ein Stück abschneiden und Herrschen	414
Zwischenergebnisse merken	416
Den Algorithmus vom Kopf auf die Füße stellen.....	418
Der ultimative Maximale-Teilsumme-Algorithmus.....	418
Probleme wachsen lassen	419
Das Prinzip des dynamischen Programmierens	419
Beispiel 1: Minimum.....	420
Beispiel 2: Fibonacci-Zahlen	421
Beispiel 3: Rucksack packen	424
Vergleich von Texten	424
Die Editierdistanz	425
Strings alignieren	426
Arbeitsteilung auf der Alignmentbaustelle.....	427
Optimale Alignments mit dynamischem Programmieren.....	428
Der Weg zum Optimum.....	431
Entscheidungen merken.....	431
Den Pfad zurückfinden.....	433

Kapitel 14

Näherungslösungen 437

Heuristiken.....	437
Interpolationssuche.....	438
Heuristisches Verzweigen und Begrenzen.....	441
Der A*-Algorithmus.....	443
Approximation	446
TSP: Die kürzeste Rundreise.....	446
Gierige Heuristik.....	447
Lokale Suche	449
Approximation ohne Heuristik.....	450





Inhaltsverzeichnis 15

Gier.....	453
Das Wechselgeldproblem.....	455
Das Problem der Mengenüberdeckung.....	458
Gier in Perfektion.....	461
Huffman-Codierung.....	461

TEIL V DER TOP-TEN-TEIL..... 465

Kapitel 15 Zehn Datenabstraktionen und Datenstrukturen..... 467

Stapel.....	468
Warteschlange.....	469
Prioritätswarteschlange.....	469
Liste.....	470
Array.....	471
Menge.....	471
Verzeichnis.....	472
Relation.....	472
Graph.....	473
Baum.....	474

Kapitel 16 Zehn Ratschläge, wenn (bevor) der kleine Frust kommt..... 475

Rekursion ist deine Freundin.....	475
Mathematik ist einfach.....	476
Pseudocode ist verstehbar.....	477
Abstraktion ist gut.....	477
Sei auch mal funktional.....	478
Ein Bild sagt mehr als 1000 Worte.....	478
Vieles ist solides Handwerk.....	479
Es geht auch um Kreativität.....	479
Unterscheide Datenmodell und Datenstruktur.....	480
Was schwierig aussieht, ist oft auch schwierig.....	480

Stichwortverzeichnis..... 481



