



Algorithmen

Algorithmen und Datenstrukturen

4., aktualisierte Auflage

Robert Sedgewick
Kevin Wayne



ALWAYS LEARNING

PEARSON

Algorithmen

Algorithmen

Inhaltsverzeichnis

Algorithmen

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 11

- Besondere Merkmale 11
- Die Website zum Buch 13
- Das Buch als Unterrichtsmittel 14
- Kontext 14
- Danksagung 15

Vorwort zur deutschen Ausgabe 16

- Webinhalte zum vorliegenden Buch 17

Kapitel 1 - Grundlagen 19

Algorithmen 20

Zusammenfassung der Themen 23

1.1 Das grundlegende Programmiermodell 25

- 1.1.1 Grundlegende Struktur eines Java-Programms 27
- 1.1.2 Primitive Datentypen und Ausdrücke 28
- 1.1.3 Anweisungen 31
- 1.1.4 Kurzschreibweisen 34
- 1.1.5 Arrays 36
- 1.1.6 Statische Methoden 39
- 1.1.7 APIs 47
- 1.1.8 Strings 52
- 1.1.9 Ein- und Ausgabe 54
- 1.1.10 Binäre Suche 65
- 1.1.11 Ausblick 69

1.2 Datenabstraktion 81

- 1.2.1 Abstrakte Datentypen 82

Inhaltsverzeichnis

- 1.2.2 Beispiele abstrakter Datentypen 92
- 1.2.3 Abstrakte Datentypen implementieren 104
- 1.2.4 Weitere Implementierungen abstrakter Datentypen 110
- 1.2.5 Datentypdesign 116

1.3 Multimengen, Warteschlangen und Stapel 139

- 1.3.1 APIs 140
- 1.3.2 Collections implementieren 151
- 1.3.3 Verkettete Listen 162
- 1.3.4 Zusammenfassung 176

1.4 Analyse der Algorithmen 191

- 1.4.1 Die wissenschaftliche Methode 191
- 1.4.2 Beobachtungen 192
- 1.4.3 Mathematische Modelle 198
- 1.4.4 Klassifikationen der Wachstumsordnung 206
- 1.4.5 Schnellere Algorithmen entwerfen 209
- 1.4.6 Experimente zum Verdopplungsverhältnis 212
- 1.4.7 Fallstricke 216
- 1.4.8 Die Abhängigkeit von Eingaben reduzieren 218
- 1.4.9 Speicherbedarf 221
- 1.4.10 Ausblick 227

1.5 Fallstudie Union-Find 238

- 1.5.1 Verwaltung von Zusammenhangskomponenten 238
- 1.5.2 Implementierungen 245
- 1.5.3 Ausblick 257

Kapitel 2 - Sortieren 265

2.1 Elementare Sortierverfahren 267

- 2.1.1 Spielregeln 267
- 2.1.2 Selectionsort 272
- 2.1.3 Insertionsort 274
- 2.1.4 Sortieralgorithmen grafisch darstellen 276
- 2.1.5 Zwei Sortieralgorithmen vergleichen 277
- 2.1.6 Shellsort 281

2.2 Mergesort 294

- 2.2.1 Abstraktes In-Place-Mergen 294

Inhaltsverzeichnis

- 2.2.2 Top-Down-Mergesort 296
- 2.2.3 Bottom-Up-Mergesort 301
- 2.2.4 Die Komplexität des Sortierens 304

2.3 Quicksort 313

- 2.3.1 Der grundlegende Algorithmus 313
- 2.3.2 Laufzeitverhalten 318
- 2.3.3 Algorithmische Verbesserungen 320

2.4 Vorrangwarteschlangen 333

- 2.4.1 API 334
- 2.4.2 Einfache Implementierungen 336
- 2.4.3 Heap-Definitionen 339
- 2.4.4 Algorithmen für Heaps 341
- 2.4.5 Heapsort 350

2.5 Anwendungen 363

- 2.5.1 Verschiedene Datentypen sortieren 364
- 2.5.2 Welchen Sortieralgorithmus soll ich verwenden? 369
- 2.5.3 Reduktionen 372
- 2.5.4 Sortieranwendungen im kurzen Überblick 375

Kapitel 3 - Suchen 387

3.1 Symboltabellen 389

- 3.1.1 API 390
- 3.1.2 Geordnete Symboltabellen 393
- 3.1.3 Beispielclients 398
- 3.1.4 Sequenzielle Suche in einer ungeordneten verketteten Liste 402
- 3.1.5 Binäre Suche in einem geordneten Array 405
- 3.1.6 Analyse der binären Suche 411
- 3.1.7 Ausblick 413

3.2 Binäre Suchbäume 424

- 3.2.1 Grundlegende Implementierung 425
- 3.2.2 Analyse 432
- 3.2.3 Ordnungsbasierte Methoden und Löschen 435

3.3 Balancierte Suchbäume 453

- 3.3.1 2-3-Suchbäume 453
- 3.3.2 Rot-Schwarz-Bäume 461

Inhaltsverzeichnis

- 3.3.3 Implementierung 470
- 3.3.4 Löschen 473
- 3.3.5 Eigenschaften von Rot-Schwarz-Bäumen 475

3.4 Hashtabellen 489

- 3.4.1 Hashfunktionen 490
- 3.4.2 Hashing mit Verkettung 496
- 3.4.3 Hashing mit linearer Sondierung 501
- 3.4.4 Größenanpassung von Arrays 506
- 3.4.5 Speicher 509

3.5 Anwendungen 519

- 3.5.1 Welche Symboltabellen-Implementierung soll ich verwenden? 519
- 3.5.2 Mengen-APIs (Set) 522
- 3.5.3 Wörterbuch-Anwendungen 526
- 3.5.4 Indizierungsclients 531
- 3.5.5 Dünn besetzte Vektoren 537

Kapitel 4 - Graphen 549

4.1 Ungerichtete Graphen 553

- 4.1.1 Glossar 554
- 4.1.2 Datentyp für ungerichtete Graphen 557
- 4.1.3 Tiefensuche 566
- 4.1.4 Pfadsuche 572
- 4.1.5 Breitensuche 577
- 4.1.6 Zusammenhangskomponenten 583
- 4.1.7 Symbolgraphen 589
- 4.1.8 Zusammenfassung 597

4.2 Gerichtete Graphen 607

- 4.2.1 Glossar 607
- 4.2.2 Datentyp für Digraphen 609
- 4.2.3 Erreichbarkeit in Digraphen 612
- 4.2.4 Zyklen und azyklische Digraphen 617
- 4.2.5 Starker Zusammenhang in Digraphen 628
- 4.2.6 Zusammenfassung 638

4.3 Minimale Spannbäume 646

- 4.3.1 Zugrunde liegende Prinzipien 648

Inhaltsverzeichnis

- 4.3.2 Datentyp eines kantengewichteten Graphen 651
- 4.3.3 API und Testclient für minimale Spannbäume 655
- 4.3.4 Der Algorithmus von Prim 658
- 4.3.5 Eager-Version des Prim-Algorithmus 663
- 4.3.6 Der Algorithmus von Kruskal 668
- 4.3.7 Ausblick 671

4.4 Kürzeste Pfade 680

- 4.4.1 Eigenschaften der kürzeste Pfade 682
- 4.4.2 Datentypen für kantengewichtete Digraphen 684
- 4.4.3 Theoretische Grundlagen für Kürzeste-Pfade-Algorithmen 692
- 4.4.4 Algorithmus von Dijkstra 694
- 4.4.5 Azyklische kantengewichtete Digraphen 701
- 4.4.6 Kürzeste Pfade in allgemeinen kantengewichteten Digraphen 711
- 4.4.7 Ausblick 726

Kapitel 5 - Strings 737

5.1 Sortierverfahren 745

- 5.1.1 Schlüsselindiziertes Zählen 746
- 5.1.2 LSD-Sortierverfahren 749
- 5.1.3 MSD-Sortierverfahren 752
- 5.1.4 3-Wege-Quicksort für Strings 762
- 5.1.5 Welchen Stringsortieralgorithmus soll ich verwenden? 767

5.2 Tries 773

- 5.2.1 Tries 775
- 5.2.2 Eigenschaften von Tries 785
- 5.2.3 Ternäre Suchtries 789
- 5.2.4 TST-Eigenschaften 792
- 5.2.5 Welche Symboltabellen-Implementierung soll ich für Strings verwenden? 795

5.3 Teilstringsuche 800

- 5.3.1 Ein kurzer geschichtlicher Abriss 800
- 5.3.2 Brute-Force-Teilstringsuche 801
- 5.3.3 Teilstringsuche nach Knuth-Morris-Pratt 804
- 5.3.4 Teilstringsuche nach Boyer-Moore 812
- 5.3.5 Fingerprint-Suche nach Rabin-Karp 817
- 5.3.6 Zusammenfassung 822

Inhaltsverzeichnis

5.4 Reguläre Ausdrücke 829

- 5.4.1 Muster mit regulären Ausdrücken 830
- 5.4.2 Abkürzungen 832
- 5.4.3 Reguläre Ausdrücke in Anwendungen 834
- 5.4.4 Nichtdeterministische endliche Automaten 836
- 5.4.5 Simulation eines NEA 839
- 5.4.6 Konstruktion eines NEA für einen regulären Ausdruck 842

5.5 Datenkomprimierung 851

- 5.5.1 Spielregeln 852
- 5.5.2 Binärdaten lesen und schreiben 853
- 5.5.3 Beschränkungen 857
- 5.5.4 Aufwärmübung: Genomik 860
- 5.5.5 Lauflängencodierung 863
- 5.5.6 Huffman-Komprimierung 868
- 5.5.7 LZW-Komprimierung 882

Kapitel 6 - Im Kontext 895

- Ereignisgesteuerte Simulation 899
- B-Bäume 909
- Suffixarrays 918
- Netzwerkflussalgorithmen 928
- Reduktion 946
- Nicht effizient lösbare Probleme 953
- Allgemeine Übungen zu der Kollisionssimulation 966
- Allgemeine Übungen zu B-Bäumen 968
- Allgemeine Übungen zu Suffixarrays 969
- Allgemeine Übungen zu Max-Fluss 971
- Allgemeine Übungen zu Reduktionen und scheinbarer Unlösbarkeit 973

Register 975

Vorwort

- Besondere Merkmale
- Die Website zum Buch
- Das Buch als Unterrichtsmittel

Inhaltsverzeichnis

Kontext

Danksagung

Vorwort zur deutschen Ausgabe

Webinhalte zum vorliegenden Buch

Kapitel 1 - Grundlagen

Algorithmen

Zusammenfassung der Themen

1.1 Das grundlegende Programmiermodell

1.1.1 Grundlegende Struktur eines Java-Programms

1.1.2 Primitive Datentypen und Ausdrücke

1.1.3 Anweisungen

1.1.4 Kurzschreibweisen

1.1.5 Arrays

1.1.6 Statische Methoden

1.1.7 APIs

1.1.8 Strings

1.1.9 Ein- und Ausgabe

1.1.10 Binäre Suche

1.1.11 Ausblick

1.2 Datenabstraktion

1.2.1 Abstrakte Datentypen

1.2.2 Beispiele abstrakter Datentypen

1.2.3 Abstrakte Datentypen implementieren

1.2.4 Weitere Implementierungen abstrakter Datentypen

1.2.5 Datentypdesign

1.3 Multimengen, Warteschlangen und Stapel

1.3.1 APIs

1.3.2 Collections implementieren

1.3.3 Verkettete Listen

1.3.4 Zusammenfassung

Inhaltsverzeichnis

1.4 Analyse der Algorithmen

- 1.4.1 Die wissenschaftliche Methode
- 1.4.2 Beobachtungen
- 1.4.3 Mathematische Modelle
- 1.4.4 Klassifikationen der Wachstumsordnung
- 1.4.5 Schnellere Algorithmen entwerfen
- 1.4.6 Experimente zum Verdopplungsverhältnis
- 1.4.7 Fallstricke
- 1.4.8 Die Abhängigkeit von Eingaben reduzieren
- 1.4.9 Speicherbedarf
- 1.4.10 Ausblick

1.5 Fallstudie Union-Find

- 1.5.1 Verwaltung von Zusammenhangskomponenten
- 1.5.2 Implementierungen
- 1.5.3 Ausblick

Kapitel 2 - Sortieren

2.1 Elementare Sortierverfahren

- 2.1.1 Spielregeln
- 2.1.2 Selectionsort
- 2.1.3 Insertionsort
- 2.1.4 Sortieralgorithmen grafisch darstellen
- 2.1.5 Zwei Sortieralgorithmen vergleichen
- 2.1.6 Shellsort

2.2 Mergesort

- 2.2.1 Abstraktes In-Place-Mergen
- 2.2.2 Top-Down-Mergesort
- 2.2.3 Bottom-Up-Mergesort
- 2.2.4 Die Komplexität des Sortierens

2.3 Quicksort

- 2.3.1 Der grundlegende Algorithmus

Inhaltsverzeichnis

2.3.2 Laufzeitverhalten

2.3.3 Algorithmische Verbesserungen

2.4 Vorrangwarteschlangen

2.4.1 API

2.4.2 Einfache Implementierungen

2.4.3 Heap-Definitionen

2.4.4 Algorithmen für Heaps

2.4.5 Heapsort

2.5 Anwendungen

2.5.1 Verschiedene Datentypen sortieren

2.5.2 Welchen Sortieralgorithmus soll ich verwenden?

2.5.3 Reduktionen

2.5.4 Sortieranwendungen im kurzen Überblick

Kapitel 3 - Suchen

3.1 Symboltabellen

3.1.1 API

3.1.2 Geordnete Symboltabellen

3.1.3 Beispielclients

3.1.4 Sequenzielle Suche in einer ungeordneten verketteten Liste

3.1.5 Binäre Suche in einem geordneten Array

3.1.6 Analyse der binären Suche

3.1.7 Ausblick

3.2 Binäre Suchbäume

3.2.1 Grundlegende Implementierung

3.2.2 Analyse

3.2.3 Ordnungsbasierte Methoden und Löschen

3.3 Balancierte Suchbäume

3.3.1 2-3-Suchbäume

3.3.2 Rot-Schwarz-Bäume

3.3.3 Implementierung

Inhaltsverzeichnis

3.3.4 Löschen

3.3.5 Eigenschaften von Rot-Schwarz-Bäumen

3.4 Hashtabellen

3.4.1 Hashfunktionen

3.4.2 Hashing mit Verkettung

3.4.3 Hashing mit linearer Sondierung

3.4.4 Größenanpassung von Arrays

3.4.5 Speicher

3.5 Anwendungen

3.5.1 Welche Symboltabellen-Implementierung soll ich verwenden?

3.5.2 Mengen-APIs (Set)

3.5.3 Wörterbuch-Anwendungen

3.5.4 Indizierungsclients

3.5.5 Dünn besetzte Vektoren

Kapitel 4 - Graphen

4.1 Ungerichtete Graphen

4.1.1 Glossar

4.1.2 Datentyp für ungerichtete Graphen

4.1.3 Tiefensuche

4.1.4 Pfadsuche

4.1.5 Breitensuche

4.1.6 Zusammenhangskomponenten

4.1.7 Symbolgraphen

4.1.8 Zusammenfassung

4.2 Gerichtete Graphen

4.2.1 Glossar

4.2.2 Datentyp für Digraphen

4.2.3 Erreichbarkeit in Digraphen

4.2.4 Zyklen und azyklische Digraphen

4.2.5 Starker Zusammenhang in Digraphen

Inhaltsverzeichnis

4.2.6 Zusammenfassung

4.3 Minimale Spannbäume

4.3.1 Zugrunde liegende Prinzipien

4.3.2 Datentyp eines kantengewichteten Graphen

4.3.3 API und Testclient für minimale Spannbäume

4.3.4 Der Algorithmus von Prim

4.3.5 Eager-Version des Prim-Algorithmus

4.3.6 Der Algorithmus von Kruskal

4.3.7 Ausblick

4.4 Kürzeste Pfade

4.4.1 Eigenschaften der kürzeste Pfade

4.4.2 Datentypen für kantengewichtete Digraphen

4.4.3 Theoretische Grundlagen für Kürzeste-Pfade-Algorithmen

4.4.4 Algorithmus von Dijkstra

4.4.5 Azyklische kantengewichtete Digraphen

4.4.6 Kürzeste Pfade in allgemeinen kantengewichteten Digraphen

4.4.7 Ausblick

Kapitel 5 - Strings

Spielregeln

Alphabete

5.1 Stringsorrierverfahren

5.1.1 Schlüsselindiziertes Zählen

5.1.2 LSD-Sortierverfahren

5.1.3 MSD-Sortierverfahren

5.1.4 3-Wege-Quicksort für Strings

5.1.5 Welchen Stringsortalgorithmus soll ich verwenden?

5.2 Tries

5.2.1 Tries

5.2.2 Eigenschaften von Tries

5.2.3 Ternäre Suchtries

Inhaltsverzeichnis

5.2.4 TST-Eigenschaften

5.2.5 Welche Symboltabellen-Implementierung soll ich für Strings verwenden?

5.3 Teilstringsuche

5.3.1 Ein kurzer geschichtlicher Abriss

5.3.2 Brute-Force-Teilstringsuche

5.3.3 Teilstringsuche nach Knuth-Morris-Pratt

5.3.4 Teilstringsuche nach Boyer-Moore

5.3.5 Fingerprint-Suche nach Rabin-Karp

5.3.6 Zusammenfassung

5.4 Reguläre Ausdrücke

5.4.1 Muster mit regulären Ausdrücken

5.4.2 Abkürzungen

5.4.3 Reguläre Ausdrücke in Anwendungen

5.4.4 Nichtdeterministische endliche Automaten

5.4.5 Simulation eines NEA

5.4.6 Konstruktion eines NEA für einen regulären Ausdruck

5.5 Datenkomprimierung

5.5.1 Spielregeln

5.5.2 Binärdaten lesen und schreiben

5.5.3 Beschränkungen

5.5.4 Aufwärmübung: Genomik

5.5.5 Lauflängencodierung

5.5.6 Huffman-Komprimierung

5.5.7 LZW-Komprimierung

Im Kontext

Ereignisgesteuerte Simulation

B-Bäume

Suffixarrays

Netzwerkflussalgorithmen

Inhaltsverzeichnis

Reduktion

Nicht effizient lösbare Probleme

Allgemeine Übungen zu der Kollisionssimulation

Allgemeine Übungen zu B-Bäumen

Allgemeine Übungen zu Suffixarrays

Allgemeine Übungen zu Max-Fluss

Allgemeine Übungen zu Reduktionen und scheinbarer
Unlösbarkeit

Register

Numerics

2-3-Suchbäume 453

globale Eigenschaften 459

lokale Transformationen 458

2-Bit-Codedekomprimierung 861

2-Bit-Codekomprimierung 860

2-Summen-Problem 209

3-Summen-Problem 210

3-Wege-Quicksort für Strings 762

Performance 766

Randomisierung 765

A

Ablaufplanung

Methode des kritischen Pfades 708

mit Deadlines 710

parallele Aufgaben 705

Vorrangbedingungen 617

Abrundungsfunktion 395

Abstrakte Datentypen 82

Accumulator 114

Beispiele 92, 110

Client-Code 83

Inhaltsverzeichnis

Collections	140
Date	110
Design	116
Ein-/Ausgabe	101
geerbte Methoden	83
Generics	141
grafischer Akkumulator	114
Gültigkeitsbereich	107
implementieren	104
Instanzmethode	106
Instanzvariablen	105
Konstruktor	105
Objekte	84
Objekte als Argumente	89
Objekte als Rückgabewerte	89
Objekte erzeugen	85
Objekte verwenden	87
Referenztypen	84
String	99
Zuweisungen	87
Adjazenzlisten	559, 560
Adjazenzmatrix	559
Adjazenzmengen	563
ADT siehe abstrakte Datentypen	
Algorithmen	
3-Wege-Quicksort für Strings	764
Analyse	191
Bottom-Up-Mergesort	303
Boyer-Moore-Teilstringsuche	816
Breitensuche	580
der augmentierenden Pfade	934
Dijkstra	150, 378
euklidischer	21
Fingerprint-Suche	821

Inhaltsverzeichnis

Ford-Fulkerson 934
generische 694
Greedy- 650
Heaps 341, 345
Heapsort 352
Huffman 379
Huffman-Komprimierung 879
Insertionsort 275
Johnson 734
KMP-Teilstringsuche 811
Kruskal 379
Las-Vegas 820
LSD-Sortierverfahren 750
LZW-Dekomprimierung 888
LZW-Komprimierung 885
Monte-Carlo 820
MSD-Sortierverfahren 755
Musterabgleich 845
optimale 255
Prim 378
Quick-Find 245
Quicksort 314
Quick-Union 247
Rabin-Karp-Teilstringsuche 821
randomisierte 219
schnellere entwerfen 209
Selectionsort 273
Shellsort 283
Suche in B-Bäumen 916
Suffixarray-Implementierung 926
Tiefensuche 567
Top-Down-Mergesort 298
Verbesserungen 320
Vorrangwarteschlange 345

Algorithmendesign

Inhaltsverzeichnis

Reduktionen 372

Aliasing 38

Allokation

sequenzielle 176

verkettete 176

Alphabete 741

API 741

spezifizierte 754

Standard- 742

Zahlen 744

Analysen

Algorithmen 191

Beobachtungen 192

mathematische Modelle 198

Messdaten 196

Problemgröße 192

wissenschaftliche Methoden 191

Anweisungen 31

Aufrufe 32

bedingte 33

Block- 33

break 34

continue 34

Deklarationen 32

foreach 142

Rückgabewerte 32

Schleifen 33

Zuweisungen 32

API

Accumulator 113

Alphabete 741

B-Baum 915

Date 110

Digraphen 609

Inhaltsverzeichnis

entwerfen 117
Flussnetzwerk 933
für abstrakten Datentyp 82
für starke Komponenten 631
für ungerichtete Graphen 557
kantengewichtete Digraphen 684
kantengewichtete Graphen 651
Math 47
Mengen 522
minimale Spannbäume 656
Particle 903
Pfadssuche 572
SET 522
spezifizieren 108
StdDraw 62
String 100
Suffixarrays 922
Symbolgraphen 590
Symboltabelle 390
Union-Find 241
Zusammenhangskomponenten 583

Arrays 36

Aliasing 38
ausgefrante 38
Duplikate 372
eindimensionale 36
erzeugen 36
geordnete 405
Größenanpassung 155, 346, 506
initialisieren 36
Iteration 158
Objekte 90
partitionieren 313
sortieren 267
Speicherbedarf 224

Inhaltsverzeichnis

- traversieren 167
- Überlauf 156
- unveränderliche Schlüssel 346
- verwenden 37
- von Objekten 90
- Zeichen 740
- zeichenindizierte 743
- zweidimensionale 38
- ASCII-Codierung 856
- Assertionen 129
- Aufrufe 32
- Aufrundungsfunktion 395
- Ausdrücke 28, 30
 - arithmetische 147
 - boolesche 31
- Ausgabe 54
 - binäre 853
 - formatierte 56
 - Standardausgabe 55
- Ausgangsgrad 608
- Ausgefrante Arrays 38
- Ausnahmen 128
- Autoboxing 141
- Automaten
 - deterministische endliche 806
 - nichtdeterministische endliche 836
- Autounboxing 142
- AVL-Suchbäume 484
- Azyklische Graphen 555
- Azyklische kantengewichtete Digraphen 701
 - kürzeste Pfade 701
 - Kürzeste-Pfade-Problem 711
 - längste Pfade 704

Inhaltsverzeichnis

B

B*-Bäume 968

Bad-Character-Heuristik 813

Bag-Implementierung 174

Bags 143

Balancierte Suchbäume 453

 Eins-zu-eins-Repräsentation 463

 Farbrepräsentation 463

 Implementierung 470

 Löschen 473

 Rotationen 464

Bäume

 Definition 250

 der kürzesten Pfade 683

 Heap-geordnete 339

B-Bäume 909

 API 915

 Konventionen 911

 Kostenmodell 910

 Performance 915

 Repräsentation 914

 Speicherbedarf 917

 Suchen und Einfügen 912

Bedingte Anweisungen 33

Befehlszeilenargumente 53

Bellman-Ford-Algorithmus 715

 Ablaufprotokoll 716

 Arbitrage-Beispiel 723

 Erkennung negativer Zyklen 721

 Implementierung 717

 negative Gewichte 720

Benachbarte Knoten 554

BFS (breadth-first search) siehe Breitensuche

Inhaltsverzeichnis

Bibliotheken

buchspezifische 48

eigene 50

externe 45

Java 48

Binäre Ein-/Ausgabe 853

Binäre Heaps 339, 340

Definition 340

Repräsentation 340

Binäre Suchbäume 424

Analyse 432

Analyse ordnungsbasierter Operationen 441

auf-/abrunden 435

Auswahl 436

AVL 484

Bereichsabfragen 441

Einfügen 429

Floor/Ceiling 435

löschen 439

Minimum/Maximum 435

ordnungsbasierte Methoden 435

Rang ermitteln 437

Rekursion 430

Repräsentation 425

Suchen 426

Binäre Suche 65, 408

Analyse 411

Entwicklungsclient 66

im Array 65

Kosten 412

Laufzeitverhalten 68

Positivlisten 66

Weißer Listen 66

Bipartite Graphen 556

Inhaltsverzeichnis

Blockanweisungen 33
Boltzmann-Konstante 967
Boruvka, O. 672
Bottom-Up
 Heaps 342
 Mergesort 301, 303
Boyer-Moore-Teilstringsuche 812, 813
break-Anweisungen 34
Breitensuche 577
 Ablaufprotokoll 578
 Algorithmus 580
 Kürzeste-Pfade-Problem 577
 Laufzeitverhalten 581
BST siehe Binäre Suchbäume
Burrows-Wheeler-Transformation 970

C

Callback-Mechanismus 364
Chazelle, B. 672
Church-Turing-These 954
Code Refactoring 919
Collections
 Arrays 155
 Generics 153
 Iteration 158
 Iterator 159
 iterierbare 142
 Stapel fester Kapazität 151
 verkettete Listen 162
Comparator (Schnittstelle) 366
continue-Anweisungen 34
Cook-Levin-Theorem 963
CPM-Methode 708

Inhaltsverzeichnis

D

Daten

komprimieren 851

Pipelining 59

umleiten 59

Datenabstraktion 81

Datenkomprimierung 851

2-Bit-Codedekomprimierung 861

2-Bit-Codekomprimierung 860

ASCII-Codierung 856

Beschränkungen 857

Binärdaten 853

binäre Speicherauszüge 855

Genomik 860

Huffman 868

Komprimierungsrate 852

Lauf längencodierung 863

LZW 883

Modell 852

Unentscheidbarkeit 859

universelle 857

verlustlose 852

Datenstrukturen

Adjazenzlisten 560

Adjazenzmatrix 559

B-Bäume 910

Tries 775

Datentypdesign 116

Datentypen

abstrakte 82

APIs entwerfen 117

Deque 186

Digraphen 609

kantengewichtete Digraphen 684

Inhaltsverzeichnis

kantengewichtete Graphen 651

Kapselung 116

Nachbedingungen 129

Nebeneffekte 129

primitive 28, 371

sortieren 371

Steque 186

Stringumwandlung 122

Umwandlung 30

ungerichtete Graphen 557

unveränderliche 126

verschiedene sortieren 364

Vorbedingungen 129

Vorrangwarteschlange 334

Wrapper-Klassen 123

Wrappertypen 123

DEA

Haltezustand 807

Konstruktion 808

Nichtübereinstimmungsübergang 806

Simulation 806

Übereinstimmungsübergang 806

Deklarationen 32

Gültigkeitsbereich 32

mit Initialisierung 34

Deque 186

Design by Contract 128

Deterministische endliche Automaten siehe DEA

DFS (depth-first search) siehe Tiefensuche

Dichte Graphen 556

Digraphen

Anfangsknoten 608

Aufbau 608

Ausgangsgrad 608

Inhaltsverzeichnis

- azyklische 617, 619
- Datentyp 609
- einfacher Zyklus 608
- Eingabeformat 610
- Eingangsgrad 608
- Endknoten 608
- Erreichbarkeit 612, 636
- euklidische 644
- gerichteter Pfad 608
- gerichteter Zyklus 608
- Gitter- 644
- Hamilton-Pfad 643
- Kosaraju-Algorithmus 631
- letzter gemeinsamer Vorgänger 642
- Pfad mit kürzestem Nachfolgerabstand 642
- Pfadsuche 616
- Postorder-Knotenreihenfolge 622
- Preorder-Knotenreihenfolge 622
- Repräsentation 610
- Speicherbereinigung 615
- starke Komponenten 629
- starke Zusammenhangs- komponenten 629
- starker Zusammenhang 628
- symbolische Namen 610
- topologische Ordnung 622
- transitive Hülle 636
- umgekehrte Postorder-Knotenreihenfolge 622
- Umkehrung 610
- Zykluserkennung 619
- Dijkstra, Edsgar 148**
- Dijkstra-Algorithmus 378, 694**
 - Ablaufprotokoll 696
 - Datenstrukturen 695
 - Varianten 698
- d-näre Heaps 346**

Inhaltsverzeichnis

Doppelte Sondierung 516

Dünne Graphen 556

Duplikate 372

E

Eager deletion 391

Eindimensionale Arrays 36

Eingabe 54

 binäre 853

Eingabemodelle 218

Eingangsgrad 608

Entropie-optimales Sortieren 321

Entscheidungsprobleme 957

Entwicklungsclient 66

Entwurfsmuster 564

Ereignisgesteuerte Simulation 899, 900

 Code 905

 Ereignisse 904

 Performance 909

Erfüllbarkeitsprobleme 956

Erreichbarkeit 612, 636

Euklidische Graphen 604

Euklidischer Algorithmus 21

Eulersche Zyklen 604

Exceptions siehe Ausnahmen

Externe Bibliotheken 45

F

Fail-Fast-Iterator 180

FBC siehe fragile Basisklasse

FIFO-Warteschlangen 144

Fingerprint-Suche 817

 Grundkonzept 817

Inhaltsverzeichnis

Hashfunktion 818

Monte-Carlo-Korrektur 820

Ford-Fulkerson-Algorithmus 934

foreach-Anweisungen 142

Formatierte Ausgabe 56

for-Schleifen 35

Fragile Basisklasse 133

Fredman, M. L. 671

Funktionsabstraktion 27

G

Geerbte Methoden 83

Generics 141

Gerichtete Graphen siehe Digraphen

Gewichtetes Quick-Union 251

 Ablaufprotokoll 253

 Analyse 251

 mit Pfadkompression 255

Gittergraphen 605

Graphenverarbeitung

 Bellman-Ford-Algorithmus 715, 716

 Breitensuche 577

 Dijkstra-Algorithmus 694

 Entwurfsmuster 564

 Erreichbarkeit 612

 Komponenten 583

 Kosaraju-Algorithmus 631

 kritischer Pfad 706

 Kruskal-Algorithmus 668

 kürzeste Pfade 680

 längste Pfade 704

 minimale Spannbäume 646

 Pfadsuche 572

 Prim-Algorithmus 658

Inhaltsverzeichnis

- Schnitte 649
- starke Komponenten 629
- starke Zusammenhangs- komponenten 629
- Symbolgraphen 589
- Tiefensuche 566
- transitive Hülle 636
- ungerichtete Graphen 553
- Union-Find 587

- Greedy-Algorithmus 650
- GREP 847
- Gültigkeitsbereich 32, 107

H

- Hamilton'sche Zyklen 604
- Hamiltonpfadprobleme 957
- Handles 133
- Hashattacke 517
- Hashfunktionen 490

Hashing

- doppelte Sondierung 516
- Kollisionsauflösung 496
- Kuckucks- 517
- mit linearer Sondierung 501
- mit offener Adressierung 501
- mit Verkettung 496

- Hashtabellen 489

Heap-Ordnung

- Bottom-Up-Verfahren 342
- Top-Down-Verfahren 342

Heaps

- Algorithmen 341
- binäre 339, 340
- Definition 339
- d-näre 346

Inhaltsverzeichnis

Größenanpassung von Arrays 346

größtes Element entfernen 343

Konstruktion 350

neues Element einfügen 343

Operationen 344

Repräsentation 340

unveränderliche Schlüssel 346

Heapsort 350

Ablaufprotokoll 352

absteigendes Sortieren 353

Algorithmus 352

grafisches Ablaufprotokoll 353

Heap-Konstruktion 350

Horner-Schema 818

Huffman-Codierung 868, 869

Dekomprimierung 871

Implementierung 878

Komprimierung 872

Optimalität 875

präfixfreier Code 868

Preorder-Traversierung 877

Triekonstruktion 873

Huffman-Kompression 379

I

Implementierungsvererbung 121

Implikationsgraphen 643

Indizierungsclients 531

Infixnotation 30

Inkrement-/Dekrement-Operatoren 34

Inorder-Traversierung 441

In-Place-Mergen 294

In-Place-Partitionierung 317

Insertionsort

Inhaltsverzeichnis

Ablaufprotokoll 275

Algorithmus 275

Performance 274

Instanzmethode 106

Instanzvariablen 105, 107

Interface siehe Schnittstellen

Interpolationssuche 420

Intervallgraphen 605

Invertierter Index 533

Iteration 158, 392

Iteratoren 159

Fail-Fast 180

Stapel 147

J

Jarnik-Algorithmus 671

Johnson-Algorithmus 734

Josephus-Problem 187

K

Kanten

kreuzende 649

kritische 676

parallele 553

reflexive 553

ungerichtete Graphen 553

Kantengewichtete Digraphen

API 684

Dijkstra-Algorithmus 694

negative Zyklen 713

Optimalitätsbedingungen 692

Pfadgewicht 680

Kantengewichtete Graphen

Datentyp 651

Kreiseigenschaft 674

Inhaltsverzeichnis

- kritische Kanten 676
- Kruskal-Algorithmus 668
- minimaler Spannbaum 646
- minimaler Spannwald 646
- Repräsentation 652

Kantenrelaxation 689

Kapselung 116

Kendall-Tau-Distanz 373

Kleene'sche Satz 837

KMP-Teilstringsuche 804, 806

- DEA-Konstruktion 808
- DEA-Simulation 806
- endliche Automaten 806
- Musterzeiger zurücksetzen 805

Knoten

- benachbarte 554
- Exzentrizität 601
- Farbe wechseln 468
- Farbrepräsentation 463
- Quelle 640
- Rotationen 464
- Senke 640
- ungerichtete Graphen 553

Knotenrelaxation 691

Knoten-Verbund 162

Knuth-Morris-Pratt siehe KMP

Kollisionen

- auflösen 902
- Behandlung 902
- Ereignisse 904
- Simulationscode 905
- vorhersagen 901

Kollisionsauflösung 496

Inhaltsverzeichnis

- Komponenten 583
 - starke 629
 - Konstruktoren 105
 - Kosaraju-Algorithmus 631
 - Kostenmodelle 203
 - B-Bäume 910
 - Sortieren 269
 - Suche 397
 - Union-Find 243
 - Kreiseigenschaft 674
 - Kreuzende Kanten 649
 - Kruskal-Algorithmus 379, 668
 - Kuckucks-Hashing 517
 - Kürzeste-Pfade-Problem 680
 - azyklische kantengewichtete Digraphen 701
 - Baum der kürzesten Pfade 683
 - Bellman-Ford-Algorithmus 715
 - Client-Abfragemethoden 691
 - Datenstrukturen 689
 - Dijkstra-Algorithmus 694
 - Eigenschaften 682
 - generischer Algorithmus 694
 - Kantenrelaxation 689
 - Knotenrelaxation 691
 - negative Gewichte 713
 - Optimalitätsbedingungen 692
 - theoretische Grundlagen 692
 - Kürzeste-Pfade-Probleme
 - mit einem Startknoten (SSSP) 577
 - Kurzschlussoperatoren 71
 - Kurzschreibweisen 34
- L
- Labyrinth 566

Inhaltsverzeichnis

Längste Pfade 704

Lauf längencodierung 863

 Bitmaps 864

 Implementierung 865

Laufzeitanalysen

 amortisierte 220

 Beobachtungen 192

 Fallstricke 216

 Kostenmodelle 203

 mathematische Modelle 198

 Speicherbedarf 221

 Tilde-Approximation 199

 Wachstumshypothesen 202

 Wachstumsordnungen 206

 wissenschaftliche Methoden 191

Laufzeitverhalten

 binäre Suche 68

 grafische Darstellung 196

 Quicksort 318

 Stoppuhr 196

Lazy deletion 391

LIFO-Prinzip 146

Lineare Programmierung 951

Lineare Sondierung 501

 Analyse 505

 Clusterbildung 504

Listen

 ungeordnete verkettete 402

 verkettete 162

Loitering 157

Lokale Variablen 107

Löschen

 sofortiges 391

 verzögertes 391

Inhaltsverzeichnis

LSD-Radixsort 751

LSD-Sortierverfahren 749

LZW-Codierung

Vorausschauzeichen 883

LZW-Komprimierung 883

Dekomprimierung 884

Implementierung 887

Probleme 886

Trie-Repräsentation 883

M

Mark-and-Sweep-Speicherbereinigung 615

Mathematische Modelle

Kostenmodell 203

Näherungswerte für die Laufzeit bestimmen 200

Tilde-Approximation 199

Wachstumshypothesen 202

Max-Fluss-Min-Schnitt-Theorem 935

Max-Fluss-Problem 931

Maxwell-Boltzmann-Verteilung 967

Medianstatistik 373

Median-von-Drei-Partitionierung 321

Mehrwege-Mergesort 312

Mehrwege-Mischen 348

Mengen-APIs 522

Merge-Operationen 294

Mergesort 294

Algorithmus 298, 303

Bottom-Up 301, 303

In-Place-Mergen 294

Mehrwege-Mergesort 312

Top-Down 296, 298

verbessern 299

Methoden

Inhaltsverzeichnis

- geerbte 83
- Namen überladen 42
- Nebeneffekte 42
- Pass-by-Value 42
- Rekursion 43
- statische 39
- Trémaux 566
- wissenschaftliche 191
- Minimale Spannbäume 646**
 - API 656
 - Dijkstra-Algorithmus 694
 - Greedy-Algorithmus 650
 - Kruskal-Algorithmus 668
 - Prim-Algorithmus 658
 - Schnitteigenschaft 649
 - Testclient 656
- Minimaler Spannwald 646, 647**
- Min-Schnitt-Problem 936**
- Mischsortieren 294**
- Mischtypoperatoren 31**
- Modell der festen Scheibe 899**
- Modulare Programmierung 44**
- Modultests 45**
- Monte-Carlo-Algorithmus 820**
- Moore'sches Gesetz 215**
- MSD-Sortierverfahren 752**
 - Performance 759
 - Performancedaten 767
 - Zufallsstring-Modell 759
- Multimengen 143**
 - Implementierung 174
- Musterabgleich**
 - Genomik 835

Inhaltsverzeichnis

Kleene'sche Satz 837
NEA-Konstruktion 842
NEA-Simulation 839
nichtdeterministische endliche Automaten 836
reguläre Ausdrücke 829

N

Natürliche Ordnung (Sortieren) 270

NEA

Erreichbarkeit 840
Konstruktion 842
Repräsentation 840
Simulation 839
Teilstringsuche 836

Negativlisten 524

Netzwerkflüsse 928

API 933
Flussnetzwerk 931
Ford-Fulkerson-Algorithmus 934
Max-Fluss-Problem 931
Performance 944
physikalisches Modell 929
Restnetzwerk 932
s-t-Fluss 931

Nichtdeterminismus 958

Nichtdeterministische endliche Automaten siehe NEA

NP-Probleme 956

NP-Vollständigkeit 962

null-Schlüssel 391

O

Objekte

als Argumente 89
als Rückgabewerte 89
Arrays 90

Inhaltsverzeichnis

Eigenschaften 92

erzeugen 85

geometrische 95

Gleichheit 123

Identität 84

instanzieren 85

Speicherbedarf 223

Verhalten 84

verwenden 87

Zustand 84

Operatoren

Dekrement/Inkrement 34

Mischtyp- 31

Vergleichs- 31

zusammengesetzte 34

Optimalitätsbedingungen

kantengewichtete Digraphen 692

Schnitt 677

Optimierungsprobleme 957

Ordnungen

alternative 366

natürliche 270

totale 270

Ordnungsstatistik 373

P

Parallele Kanten 553

Parametervariablen 107

Parametrisierte Typen 141

Partitionierung 313

3-Wege 324

In-Place 317

Median-von-Drei 321

Pivotelement 313

Pass-by-Value 42

Inhaltsverzeichnis

Pattern Matching siehe Musterabgleich

Pfade

 einfache 554

 kritische 706

 kürzeste augmentierende 941

Pfadsuche 572

 Ablaufprotokoll 575

 Digraphen 616

Pipelining 59

Pivotelement 313

Positivlisten 66, 524

Postorder-Knotenreihenfolge 622

Potenzgesetz 198

P-Probleme 958

Präfixfreier Code 868

Preorder-Knotenreihenfolge 622

Preorder-Traversierung 877

Prim-Algorithmus 378, 658

 Ablaufprotokoll der Eager-Version 665

 Ablaufprotokoll der Lazy-Version 661

 Datenstrukturen 659

 Eager-Version 663

 Laufzeit 663

 Lazy-Version 661

Prioritätswarteschlangen siehe Vorrangwarteschlangen

Probleme

 Entscheidungs- 957

 Erfüllbarkeits- 956

 Hamiltonpfad 957

 Klassifizierung 964

 NP 956

 Optimierungs- 957

 P 958

Inhaltsverzeichnis

Such- 956

Problemgröße 192

Programmbeispiele

Bag-Implementierung 175

Dedup 523

dünnbesetzte Vektoren 537

FIFO-Warteschlange 172

Filter 523

FrequencyCounter 399

Indizierungsclients 531

invertierter Index 533

LIFO-Stapel 161

Positiv-/Negativlisten 524

Stapel mit verketteter Liste 170

Union-Find 244

Wörterbuch-Clients 526

Programmiermodell 25

Programmiersprache

streng typisiert 32

Promotion 30

Q

Quelle 640

Queue 144

Implementierung 171

Quick-Find 245

Ablaufprotokoll 246

Analyse 246

Quicksort 313

3-Wege-Partitionierung 324

Ablaufprotokoll 314

Algorithmus 314

Entropie-optimales Sortieren 321

In-Place-Partitionierung 317

Laufzeitverhalten 318

Inhaltsverzeichnis

Median-von-Drei-Partitionierung 321

partitionieren 313

Pivotelement 313

Sortierwechsel zu Insertionsort 321

Verbesserungen 320

Quick-Union 247

Ablaufprotokoll 249

Analyse 249

gewichtetes 251

R

Rangfolgen 373

Rangkorrelationskoeffizienten 373

Records 163

Reduktion 372, 946

auf Sortieren 946

Duplikate 372

in Polynomialzeit 960

Kendall-Tau-Distanz 373

Kürzeste-Pfade-Problem 948

lineare Programmierung 951

Max-Fluss-Problem 948

Medianstatistik 373

Ordnungsstatistik 373

Vorrangwarteschlangen 373

Referenztypen 84, 141

Reflexive Kanten 553

Reguläre Ausdrücke 829

Abkürzungen 832

Beschränkungen 836

Escapesequenzen 833

GREP 847

Klammern 830

nichtdeterministische endliche Automaten 836

Oder-Operation 830

Inhaltsverzeichnis

Sternhülle 830
Sternoperationen 833
Sternoperator 830
Teilstringsuche 834
Validitätsprüfung 834
Verkettung 830
Zeichenmengendeskriptoren 832

Rekursion 43

binäre Suchbäume 430
Inorder-Traversierung 441

Restnetzwerk 932, 938

Rot-Schwarz-Suchbäume 461

Eigenschaften 475
Eins-zu-eins-Repräsentation 463
Farben wechseln 468
Farbrepräsentation 463

Rückgabewerte 32, 89

Rückrufmechanismus 364

S

Samplesort 331

Schleifen

for 35
innere 201
Rumpf 33
while 33

Schlüssel

doppelte 391
Gleichheit 392
Iteration 392
null 391
Shannon-Entropie 325
sortieren 267

Schlüsselindiziertes Zählen 746

Inhaltsverzeichnis

Schnitteigenschaft 649

Schnitt-Optimalitätsbedingungen 677

Schnittstellen

implements 121

in Java 121

Vererbung 120

Selbstorganisierende Suche 420

Selectionsort 272

Ablaufprotokoll 273

Algorithmus 273

Datenverschiebung 273

Laufzeit 272

Performance 272

Senke 640

Sequenzielle Allokation 176

Shannon-Entropie 325

Shellsort 281

Ablaufprotokoll 283, 284

Abstandsfolge 282

Algorithmus 283

grafisches Ablaufprotokoll 285

Sichtbarkeitsmodifizierer 105

Simulationen

Code 905

ereignisgesteuerte 899, 900

zeitgesteuerte 900

Sofortiges Löschen 391

Sollin, M. 672

Sortieranwendungen 375

ereignisgesteuerte Simulation 377

Informationssuche 376

kombinatorische Suche 378

kommerzielle Datenverarbeitung 376

Inhaltsverzeichnis

numerische Berechnungen 378

Operations Research 377

Stringverarbeitung 379

Sortieren

absteigendes 353

Anwendungen 363

Arrays 267

Bottom-Up-Mergesort 301

Callback-Mechanismus 364

Datentypen 270

Duplikate 372

durch Auswählen 272

elementare Verfahren 267

Entropie-optimales 321

grafisches Ablaufprotokoll 277

Heapsort 350

In-Place-Mergen 294

Komplexität 304

Kostenmodell 269

Mischsortieren 294

natürliche Ordnung 270

primitive Datentypen 371

Rückrufmechanismus 364

Schlüssel 267

Sortieralgorithmen vergleichen 277

Speicherbedarf 270

Spielregeln 267

Top-Down-Mergesort 296

topologisches 618

totale Ordnung 270

verifizieren 269

verschiedene Datentypen 364

Zeiger-Sortieren 365

Sortierverfahren

3-Wege-Quicksort für Strings 762

Inhaltsverzeichnis

LSD	749
Mergesort	294
MSD	752
Quicksort	313
Selectionsort	272
Shellsort	281
stabile	368
Spannbäume	555
Speicherauszüge	855
Speicherbedarf	221
Arrays	224
Objekte	223
String-Objekte	226
Teilstrings	226
verkettete Listen	224
Speicherbereinigung	615
Loitering	157
verwaiste Elemente	157
Speicherverwaltung	125
Stabilität	368
Stack	146
Stack-Implementierung	167
Standardalphabete	742
Standardausgabe	55
Standardeingabe	58
Standardgrafik	61
Stapel	146
fester Kapazität	151
Implementierung	167
Starke Komponenten	629
Starke Zusammenhangskomponenten	629
Statische Methoden	39
aufrufen	40

Inhaltsverzeichnis

Bibliothek	44
definieren	40
Steque	186
Streng typisierte Programmiersprache	32
Stringindizierung	920
Strings	52
3-Wege-Quicksort	762
Alphabete	741
Anwendungsbereiche	738
automatische Umwandlung	53
Befehlszeilenargumente	53
Datenkomprimierung	851
Huffman-Komprimierung	868
Lauf längencodierung	863
LSD-Sortierverfahren	749
MSD-Sortierverfahren	752
Reguläre Ausdrücke	829
schlüsselindiziertes Zählen	746
Sortierverfahren	745
Speicherbedarf	226
Spielregeln	739
Suffixarrays	920
Teilstrings	226, 740
Teilstringsuche	800
Tries	773
Umwandlung	52
Unveränderlichkeit	739
Verkettung	52, 740
Zahlen	744
Zeichen	739
Zeichenarrays	740
zeichenindizierte Arrays	743
Stringumwandlung	122
Strukturen	163

Inhaltsverzeichnis

s-t-Schnitt 936

Subclassing 121

Subtyping 120

Suchbäume

2-3 453

balancierte 453

binäre 424

Eins-zu-eins-Repräsentation 463

Farben wechseln 468

Farbrepräsentation 463

Rotationen 464

Rot-Schwarz- 461

Tries 775

Suche

binäre 405

erfolglose 777

erfolgreiche 776

Interpolationssuche 420

Kostenmodell 397

selbstorganisierende 420

sequenzielle 402

Suchprobleme 956

Suchtries, ternäre 789

Suffixarrays 918

API 922

Brute-Force-Lösung 919

Implementierung 925

Performance 925

Sortierlösung 920

Stringindizierung 920

Teilstrings 918

Symbolgraphen 589

Symboltabellen

Abrundungsfunktion 395

Inhaltsverzeichnis

API 390, 393
Aufrundungsfunktion 395
Beispielclient 398
Definition 389
Floor/Ceiling 395
Für und Wider von Implementierungen 415
Generics 390
geordnete 393
Gleichheit 396
Kostenmodell 397
Kostenvergleich verschiedener Implementierungen 520
löschen 391
Minimum/Maximum 394
Performance-Client 399
Rang/Auswahl 395
redundante Methoden 396
Systemsortierverfahren (Java) 371

T

Tarjan, R. E. 671
Teilgraphen 554
Teilstrings 740
Teilstringsuche 800
 Boyer-Moore 812
 Brute-Force-Implementierung 801
 Fingerprint-Suche 817
 geschichtlicher Abriss 800
 Knuth-Morris-Pratt 804
 Rabin-Karp 817
 reguläre Ausdrücke 834
 Vorkommensheuristik 813
Ternäre Suchtries 789
 Alphabete 793
 Eigenschaften 792
 hybride 794

Inhaltsverzeichnis

Suchen/Einfügen 791

Suchkosten 792

Verzweigungsgrad 1 794

Tiefensuche 566

Ablauf 569

Ablaufprotokoll 570

Algorithmus 567

Labyrinth 566

Pfade mit einem Startknoten 572

Single-Source-Path (SSP) 572

Traversierung 620

Trémaux Methode 566

Union-Find 587

Zusammenhang feststellen 570

Zusammenhangskomponenten 583

Zweifärbbarkeit 587

Zykluserkennung 587

Tilde-Approximation 199

Tilde-Notation 199

Top-Down

Heaps 342

Mergesort 296, 298

Topologisches Sortieren 618

Totale Ordnung (Sortieren) 270

Transaktionen-Beispiel 364

Transitive Hülle 636

Trémaux-Methode 566

Tries

durchsuchen 776

Eigenschaften 775, 785

Einfügen/Suchen 777, 786

längster Präfix 783

löschen 784

LZW-Komprimierung 883

Inhaltsverzeichnis

Platzhalterübereinstimmung 782

Preorder-Traversierung 877

Repräsentation 777, 869, 883

Speicherbedarf 787

ternäre Suchtries 789

Verzweigungsgrad 1 788

Tschebyschow-Ungleichung 328

Tukey Ninther 331

Turingmaschine 954

Typparameter 141

Typumwandlung 30

U

Umgekehrte Postorder-Knotenreihenfolge 622

Ungerichtete Graphen 553

Adjazenzlisten 559, 560

Adjazenzmatrix 559

azyklische 555

Baum 555

benachbarte Knoten 554

bipartite 556

Brücken 604

dichte 556

dünne 556

Durchmesser 601

euklidische 604

eulersche Zyklen 604

Gelenkpunkt 604

Gittergraphen 605

Hamilton'sche Zyklen 604

Intervallgraphen 605

isomorphe 603

Kanten 553

Kantenzusammenhang 604

Knoten 553

Inhaltsverzeichnis

- kreisfreie 555
- Mittelpunkt 601
- Pfad 554
- Radius 601
- Spannbaum 555
- Tailenweite 602
- Teilgraphen 554
- zusammenhängende 555
- Zusammenhangskomponenten 555
- zweifacher Zusammenhang 604
- Zyklus 554

Union-Find 238

- Tiefensuche 587

Universelle Datenkomprimierung 857

Unveränderlichkeit (final) 126

V

Variablen

- Instanzvariablen 105, 107
- lokale 107
- Parametervariablen 107

Vektoren, dünnbesetzte 537

Verdopplungsverhältnis 212

Vererbung

- Implementierung 121
- Schnittstellen 120

Vergleiche 31

- Sortieralgorithmen 277

Vergleichsoperatoren 31

Verifizierung

- sortieren 269

Verkettete Allokation 176

Verkettete Listen 162

- am Anfang einfügen 164

Inhaltsverzeichnis

- am Ende einfügen 165
- an anderen Position einfügen/ entfernen 166
- erstellen 163
- Speicherbedarf 224
- traversieren 167
- vom Anfang entfernen 165

Verkettung 740

Verzögertes Löschen 391

Vorkommensheuristik 813

Vorrangbedingungen 617

Vorrangwarteschlangen 333

- Algorithmus 345
- API 334
- Arrayrepräsentation (geordnet) 337
- Arrayrepräsentation (ungeordnet) 336
- Client 335
- Comparator 367
- einfache Implementierungen 336
- Größenanpassung 346
- größtes Element entfernen 343
- indizierte 346
- Mehrwege-Mischen 348
- neues Element einfügen 343
- Repräsentation mit verketteten Listen 338
- unveränderliche Schlüssel 346

W

Wachstumshypothesen 202

Wachstumsordnung

- exponentielle 207
- Klassifikation 206
- konstante 206
- kubische 207
- leicht überlinear 206
- lineare 206

Inhaltsverzeichnis

- logarithmische 206
- quadratische 206
- unterer Grenzwert 211
- Verdopplungsverhältnis 212

Wald von Bäumen 248

Warteschlangen 144

- Deque 186
- Implementierung 171
- Steque 186

while-Schleifen 33

Wissenschaftliche Methoden 191, 278

Wörterbuch-Clients 526

Wrapper-Klassen 123

Wrappertypen 123

Z

Zahlen 744

Zeichen 739

Zeichenarrays 740

Zeiger-Sortieren 365

Zeitgesteuerte Simulation 900

Zipf'sches Gesetz 422

Zufallsstring-Modell 759

Zugriffsmodifizierer 105

Zusammenhangskomponenten 555

- API 583
- berechnen 583
- Gelenkpunkt 604
- starke 629
- verwalten 238

Zusicherungen 129

Zuweisungen 32

- abstrakte Datentypen 87

Inhaltsverzeichnis

implizite 34

Zweidimensionale Arrays 38

Zweifärbbarkeit 587

Zyklen

 einfache 554

 einfache in Digraphen 608

 gerichtete 608, 617

 negative 713

 negative Zyklen erkennen 721

Zykluserkennung 587

Copyright

Ins Internet: Weitere Infos zum Buch, Downloads, etc.

Copyright

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als **persönliche Einzelplatz-Lizenz** zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschließlich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs und
- der Veröffentlichung

bedarf der **schriftlichen Genehmigung** des Verlags. Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwortschutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: info@pearson.de

Zusatzdaten

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. **Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.**

Hinweis

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website herunterladen:

<http://ebooks.pearson.de>