

12.1.5	Primitiv rekursive und μ -rekursive Funktionen	512
12.2	Komplexität	517
12.2.1	Die Ordnung der Komplexität: \mathcal{O} -Notation	518
12.2.2	Analyse von Algorithmen	522
12.2.3	Die Komplexitätsklassen P und NP	526
12.2.4	NP-vollständige Probleme	527
12.2.5	Weitere Komplexitätsklassen	532
12.3	Probabilistische Algorithmen	534
12.3.1	Pseudo-Zufallszahlen	534
12.3.2	Monte-Carlo-Methoden	538
12.3.3	Probabilistischer Primzahltest	542
12.4	Rekursion	545
12.4.1	Definition und einführende Beispiele	545
12.4.2	Rekursive Programmierung und Iteration	546
12.4.3	Backtracking	548
Literatur	551
13	Suchen und Sortieren	555
13.1	Einfache Suchverfahren	555
13.1.1	Sequentielle Suche	555
13.1.2	Binäre Suche	556
13.1.3	Interpolationssuche	557
13.1.4	Radix-Suche	559
13.2	Suchen von Mustern in Zeichenketten	560
13.2.1	Musterabgleich durch sequentielles Vergleichen	560
13.2.2	Musterabgleich durch Automaten	561
13.2.3	Die Verfahren von Boyer-Moore und Knuth-Morris-Pratt	562
13.2.4	Ähnlichkeit von Mustern und Levenshtein-Distanz	564
13.3	Gestreute Speicherung (Hashing)	566
13.3.1	Hash-Funktionen	566
13.3.2	Kollisionsbehandlung	568
13.3.3	Komplexitätsberechnung	573
13.4	Direkte Sortierverfahren	575
13.4.1	Vorbemerkungen	575
13.4.2	Sortieren durch direktes Einfügen (Insertion Sort)	578
13.4.3	Sortieren durch direktes Auswählen (Selection Sort)	580
13.4.4	Sortieren durch direktes Austauschen (Bubblesort)	582
13.5	Höhere Sortierverfahren	585
13.5.1	Shellsort	585
13.5.2	Quicksort	586
13.5.3	Vergleich der Sortierverfahren	590
13.6	Sortieren externer Dateien	592
13.6.1	Grundprinzipien des sequentiellen Datenzugriffs	592
13.6.2	Sequentielle Speicherorganisation	595
13.6.3	Direktes Mischen (Direct Merge, Mergesort)	599
13.6.4	Natürliches Mischen (Natural Merge)	602

13.6.5	n-Band-Mischen	604
	Literatur	607
14	Datenstrukturen, Bäume und Graphen	609
14.1	Sequentielle Datenstrukturen	610
14.1.1	Lineare Listen	610
14.1.2	Stapel, Schlangen und Ringpuffer	614
14.2	Binärbäume	617
14.2.1	Speichern und Durchsuchen von Binärbäumen	619
14.2.2	Binäre Suchbäume	624
14.2.3	Ausgleichen von Bäumen und AVL-Bäume	631
14.2.4	Heaps und Heapsort	635
14.3	Vielwegbäume	642
14.3.1	Rückführung auf Binärbäume	642
14.3.2	Definition von (a, b) -Bäumen und B-Bäumen	643
14.3.3	Operationen auf B-Bäumen	646
14.4	Graphen	654
14.4.1	Definitionen und einführende Beispiele	654
14.4.2	Speicherung von Graphen	658
14.4.3	Suchen, Einfügen und Löschen von Knoten und Kanten	663
14.4.4	Durchsuchen von Graphen	666
14.4.5	Halbordnung und topologisches Sortieren	679
14.4.6	Minimal spannende Bäume	680
14.4.7	Union-Find Algorithmen	682
	Literatur	689
15	Software-Engineering	691
15.1	Überblick	691
15.1.1	Was ist Software?	691
15.1.2	Was bedeutet Engineering?	692
15.1.3	Warum ist Software-Engineering schwierig?	693
15.2	Tätigkeiten im Software-Lebenszyklus	694
15.2.1	Anforderungsanalyse und Spezifikation	694
15.2.2	Architekturentwurf	696
15.2.3	Implementierung	696
15.2.4	Test und Integration	696
15.2.5	Inbetriebnahme	697
15.2.6	Wartung und Weiterentwicklung	697
15.3	Querschnittsdisziplinen	697
15.3.1	Projektmanagement	697
15.3.2	Qualitätsmanagement	699
15.3.3	Konfigurationsmanagement	700
15.4	Vorgehensmodelle	701
15.4.1	Basismodelle	702
15.4.2	V-Modell XT als plangetriebenes Vorgehensmodell	704
15.4.3	Scrum als agiles Vorgehensmodell (-Framework)	706

15.5 Modelle im Software-Engineering	708
15.5.1 Vom Problem zur Lösung	708
15.5.2 Die Unified Modeling Language	709
15.5.3 Ausgewählte Diagramme der UML im Detail	712
15.6 Hilfsmittel für den Entwurf von Algorithmen	719
15.6.1 Pseudocode	719
15.6.2 Flussdiagramme	719
15.6.3 Struktogramme nach Nassi-Shneiderman	720
15.6.4 Entscheidungstabellen	723
Literatur	726
16 Datenbanken	729
16.1 Einführung und Definition	729
16.2 Relationale Datenbankmanagement-Systeme	733
16.2.1 Relationen	733
16.2.2 Schlüssel	734
16.2.3 Beziehungen (Relationships)	735
16.3 Relationale Algebra	735
16.4 Die Datenbanksprache SQL	739
16.4.1 SQL als deklarative Sprache	740
16.4.2 Definition des Datenbankschemas	740
16.4.3 Einfügen, Ändern und Löschen von Daten	742
16.4.4 Suchen mit SELECT	742
16.4.5 Programmiersprachen und SQL	744
16.5 NoSQL	745
16.6 Transaktionen, OLTP und ACID	747
16.7 OLAP, Data Warehousing und Data-Mining	748
16.8 Semi-Strukturierte Daten mit XML	751
16.8.1 Der Aufbau von XML-Dokumenten	752
16.8.2 Wohlgeformtheit und Validität	753
16.8.3 XML-Schema	754
16.8.4 XPath	755
16.8.5 XSL: Extended Style Sheet Language	756
Literatur	758
17 Anwendungsprogrammierung im Internet	759
17.1 Client-Server-Systeme	759
17.2 Grundlegende Technologien	760
17.2.1 HTML	760
17.2.2 DOM: Document Object Model	766
17.2.3 CSS: Cascading Style Sheets	767
17.3 Webanwendungen	771
17.3.1 HTML Formulare	771
17.3.2 Auswertung von Formularen	773
17.4 JavaScript	775
17.4.1 Grundlegende Eigenschaften	775

- 17.4.2 Funktionen 778
- 17.4.3 Objekte und Prototypen 780
- 17.4.4 Klassen seit ES6 783
- 17.4.5 JSON: JavaScript Object Notation 783
- 17.4.6 JavaScript und DOM 784
- 17.4.7 Ereignisgesteuerte Programmierung mit JavaScript 786
- 17.4.8 AJAX: Asynchronous JavaScript And XML 787
- 17.5 Serverseitige Skripte mit PHP 788
 - 17.5.1 Grundlegende Eigenschaften 788
 - 17.5.2 Arrays 791
 - 17.5.3 Funktionen 792
 - 17.5.4 Objektorientierte Programmierung in PHP 794
 - 17.5.5 Datenübergabe von HTML-Formularen an PHP-Skripte 795
 - 17.5.6 Sitzungsdaten: Session und Cookie 796
 - 17.5.7 Datenbankzugriff mit PHP 797
- Literatur 799

18 Maschinelles Lernen: Deep Learning mit neuronalen Netzen 801

- 18.1 Klassifikation und Regression 802
- 18.2 Neuronale Netze 804
 - 18.2.1 Das Perzeptron-Neuronenmodell 804
 - 18.2.2 Aktivierungsfunktionen 806
 - 18.2.3 Mehrschichtperzeptron 808
- 18.3 Bilderkennung: Neuronale Faltungsnetze (CNN) 815
- 18.4 Normalisierung und Regularisierung 823
- 18.5 Bewertung von Klassifikatoren 826
- 18.6 Ausblick 829
- Literatur 831

Index 835

Die Autoren 861



Kapitel 1

Einführung

1.1 Was ist eigentlich Informatik?

Begriffsklärung

Der Begriff *Informatik* stammt ursprünglich aus einer Veröffentlichung von Karl Steinbuch aus dem Jahr 1957 [Ste57]. In der deutschen Sprache verbreitet hat er sich erst seit 1968 auf Vorschlag des damaligen Forschungsministers Gerhard Stoltenberg, in Anlehnung an den 1962 von dem französischen Ingenieur Philippe Dreyfus geprägten Begriff *informatique*. Im englischen Sprachraum spricht man meist von *Computer Science*, also „Computer-Wissenschaft“. Der Begriff *Informatics* ist ebenfalls geläufig, wird aber gewöhnlich etwas umfassender verwendet, beispielsweise auch für die Informationsverarbeitung in biologischen oder sozialen Systemen. Das Wort Informatik vereinigt die Begriffe *Information* und *Automation*, bedeutet also in etwa automatische Informationsverarbeitung. In einem Lexikon-Eintrag heißt es [Cla06]:

Informatik (*Computer Science*): Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Informationen, besonders der automatischen Verarbeitung mithilfe von Digitalrechnern.

Die Hilfsmittel einer solchen automatischen Informationsverarbeitung sind Rechenmaschinen (Computer) oder allgemeiner (elektronische) Datenverarbeitungsanlagen. Deren prinzipieller Aufbau wird unter Verzicht auf technische Details in Kap. 3 und 5 beschrieben. Was unter Information zu verstehen ist, davon hat jeder Mensch eine intuitive Vorstellung. Für professionelle Anwendungen ist jedoch eine Präzisierung erforderlich (siehe Kap. 2).

Wurzeln der Informatik

Möchte man eine klarere Vorstellung vom Wesen der Informatik erlangen, so ist es sinnvoll, nach den Wurzeln zu fragen. Historisch gesehen ist die Informatik aus der Mathematik und dem Elektroingenieurwesen hervorgegangen. Eine wichtige Rolle hat anfangs bei der Konstruktion von Rechenmaschinen auch die Mechanik gespielt. Im Vergleich mit anderen Wissenschaften steht die Informatik der Mathematik auch heute noch am nächsten, ist jedoch in wesentlich höherem Maße praxisorientiert. Von den Naturwissenschaften ist die Informatik durch ihre Beschäftigung mit idealen Sachverhalten und künstlichen Systemen abgegrenzt und von den Ingenieurwissenschaften durch ihren teilweise immateriellen Arbeitsgegenstand. Mit all diesen Nachbardisziplinen besteht aber eine starke Wechselbeziehung. Man könnte die Informatik am ehesten unter dem umfassenderen Begriff der Wissenschaft von Strukturen und Systemen einordnen. Schlagwortartig, aber in gewissem Sinne auf den Punkt gebracht, kann man Informatik als „Intelligenzformalisierungstechnik“ einstufen [Bra96, Har02].