

| | | |
|-----------|--|------------|
| 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].