

Hartmut Ernst

Grundlagen und Konzepte der Informatik

Eine Einführung in die Informatik
ausgehend von den fundamentalen Grundlagen



Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Was ist eigentlich Informatik?	1
1.2 Zur Geschichte der Informatik	3
1.2.1 Frühe Zähl- und Rechensysteme	3
1.2.2 Die Entwicklung von Rechenmaschinen	5
1.2.3 Die Computer-Generationen	8
1.3 Prinzipieller Aufbau von digitalen Rechenanlagen	11
1.3.1 Das EVA-Prinzip	11
1.3.2 Zentraleinheit und Busstruktur	12
1.3.3 System-Komponenten	14
1.4 Zahlensysteme und binäre Arithmetik	16
1.4.1 Darstellung von Zahlen	16
1.4.2 Umwandlung von Zahlen in verschiedene Darstellungssysteme	17
1.4.3 Binäre Arithmetik	21
2 Nachricht, Information und Codierung	31
2.1 Abgrenzung der Begriffe Nachricht und Information	31
2.2 Biologische Aspekte	33
2.2.1 Sinnesorgane	33
2.2.2 Datenverarbeitung im Gehirn	34
2.2.3 Der genetische Code	35
2.3 Diskretisierung von Nachrichten	37
2.3.1 Rasterung	37
2.3.2 Quantelung	38
2.4 Wahrscheinlichkeit und Kombinatorik	41
2.4.1 Die relative Häufigkeit	41
2.4.2 Die mathematische Wahrscheinlichkeit	42
2.4.3 Totale Wahrscheinlichkeit und Bayes-Formel	45
2.4.4 Statistische Kenngrößen	48
2.4.5 Fakultät und Binomialkoeffizienten	49
2.4.6 Kombinatorik	51
2.5 Information und Wahrscheinlichkeit	54
2.5.1 Der Informationsgehalt einer Nachricht	54
2.5.2 Die Entropie einer Nachricht	56
2.5.3 Zusammenhang mit der physikalischen Entropie	59
2.6 Wortlänge und Redundanz	61
2.6.1 Definition des Begriffs Codierung	61
2.6.2 Die mittlere Wortlänge	62
2.6.3 Die Code-Redundanz	62
2.6.4 Beispiele für Codes	63
2.7 Code-Erzeugung	66
2.7.1 Code-Bäume	66
2.7.2 Der Huffman-Algorithmus	68
2.7.3 Der Fano-Algorithmus	69
2.8 Code-Sicherung	71

2.8.1 Die Hamming-Distanz	71
2.8.2 m-aus-n-Codes	73
2.8.3 Codes mit Paritäts-Bits	73
2.8.4 Fehlertolerante Codes	76
2.8.5 Lineare Codes	79
2.9 Datenkompression	89
2.9.1 Vorbemerkungen und statistische Datenkompression	89
2.9.2 Lauflängen-Codierung	90
2.9.3 Differenz-Codierung	91
2.9.4 Arithmetische Codierung	94
2.9.5 Der LZW-Algorithmus	99
2.9.6 Datenreduktion durch unitäre Transformationen	104
2.10 Verschlüsselung	110
2.10.1 Vorbemerkungen	110
2.10.2 Substitutions-Chiffren	112
2.10.3 Produkt-Chiffren und Enigma	114
2.10.4 Der Data Encryption Standard (DES)	118
2.10.5 Public-Key Verschlüsselung	121
3 Schaltalgebra und digitale Grundsaltungen	129
3.1 Aussagenlogik	129
3.1.1 Der Wahrheitswert von Aussagen	129
3.1.2 Verknüpfungen von Aussagen	129
3.1.3 Die Axiome der Aussagenlogik	131
3.2 Boole'sche Algebra	132
3.2.1 Der Boole'sche Verband	132
3.2.2 Schaltfunktionen	133
3.2.3 Das Boole'sche Normalform-Theorem	134
3.3 Schaltnetze	137
3.3.1 Logische Gatter	137
3.3.2 Beispiele für Schaltnetze	138
3.4 Schaltwerke und digitale Grundsaltungen	140
3.4.1 Verzögerung und Rückkopplung	140
3.4.2 Addierwerke	140
3.4.3 Flip-Flops	141
3.5 Analog- und Hybridrechner	144
3.5.1 Grundkonzepte und Anwendungsgebiete	144
3.5.2 Komponenten von Analogrechnern	145
4 Rechnerarchitekturen und Betriebssysteme	150
4.1 Grundprinzipien und Klassifikationen	150
4.1.1 Ordnungsschemata	151
4.1.2 Die Klassifikation nach Flynn	153
4.2 Die Von-Neumann-Architektur	156
4.2.1 Hardware-Struktur	156
4.2.2 Operationsprinzip	158
4.3 Betriebssysteme	160
4.3.1 Grundfunktionen von Betriebssystemen	160
4.3.2 Klassifizierung von Betriebssystemen	161

4.3.3 MS-DOS als Beispiel für ein einfaches Betriebssystem	162
4.3.4 Das Multitasking-Konzept	164
4.3.5 MS-Windows	166
4.3.6 Unix	167
4.4 Parallel-Strukturen	171
4.4.1 Motivation	171
4.4.2 Verbindungsstrukturen	171
4.4.3 Multitasking und Parallelverarbeitung	176
4.4.4 Vektorrechner und Pipelines	180
4.4.5 Feldrechner	183
4.4.6 Betriebssysteme für Parallel-Rechner	185
5 Maschinenorientierte Programmiersprachen	190
5.1 Die interne Organisation eines Mikroprozessors	190
5.1.1 Maschinensprache und Assemblersprache	190
5.1.2 Der Aufbau einer CPU am Beispiel des M68000	191
5.1.3 Der Stapelspeicher	195
5.1.4 Das Status-Register	195
5.1.5 User-Mode und Supervisor-Mode	197
5.1.6 Funktions-Code	198
5.1.7 Asynchrone Bussteuerung	198
5.1.8 Synchrone Bussteuerung	199
5.1.9 Unterbrechungen (Interrupts)	200
5.1.10 Direct Memory Access (DMA)	201
5.1.11 Starten, Halten und Busfehler	202
5.2 Befehlsformate und Befehlsausführung	203
5.2.1 Befehlsformate	203
5.2.2 Befehlsausführung	205
5.3 Adressierungsarten	209
5.3.1 Prinzipielle Adressierungsmöglichkeiten	209
5.3.2 Die Adressierungsarten des M68000	211
5.4 Der Befehlssatz des M68000	216
5.4.1 Datenübertragungsbefehle	216
5.4.2 Arithmetische Operationen	218
5.4.3 Schiebe- und Rotierbefehle	222
5.4.4 Bit-Manipulationsbefehle	225
5.4.5 BCD-Arithmetik	226
5.4.6 Logische Befehle	227
5.4.7 Steuerbefehle	228
5.4.8 Programmbeispiele	232
6 Höhere Programmiersprachen	235
6.1 Zur Struktur höherer Programmiersprachen	235
6.1.1 Überblick über einige höhere Programmiersprachen	235
6.1.2 Die Ebenen des Informationsbegriffs in der Sprache	240
6.1.3 Systeme und Strukturen	241
6.2 Methoden der Syntaxbeschreibung	245
6.2.1 Die Backus-Naur-Form	245
6.2.2 Syntax-Graphen	247

6.2.3 Eine einfache Sprache als Beispiel: C~	248
6.3 Eine moderne Programmiersprache: C	252
6.3.1 Einführung	252
6.3.2 Überblick über den Aufbau eines C-Programms	253
6.3.3 Datentypen	257
6.3.4 Operatoren und Ausdrücke	262
6.3.5 Anweisungen	265
6.3.6 Funktionen	269
6.3.7 Speicherklassen und Module	272
6.3.8 Ein/Ausgabe-Funktionen	274
6.3.9 Verarbeitung von Zeichenketten	277
6.3.10 Das Zeigerkonzept in C	280
6.4 Die objektorientierte Erweiterung von C: C++	290
6.4.1 Das Konzept der objektorientierten Programmierung	290
6.4.2 Einfache Spracherweiterungen	291
6.4.3 Klassen und Objekte	297
6.4.4 Vererbung	302
6.4.5 Polymorphismus und Überladen	303
7 Methodik der Software-Entwicklung und DV-Organisation	306
7.1 Stufen der Software-Entwicklung	306
7.1.1 Was ist eigentlich Software?	306
7.1.2 Qualitätsmerkmale von Software	307
7.1.3 Systemanalyse und Systemspezifikation	309
7.1.4 Algorithmen-Entwurf	310
7.1.5 Programmierung	312
7.1.6 Programm-Test	312
7.1.7 Dokumentation	314
7.1.8 Installation	315
7.1.9 Software-Entwicklung als iterativer und evolutiver Prozess	315
7.2 Hilfsmittel für den Entwurf von Algorithmen	317
7.2.1 Pseudo-Code	317
7.2.2 Ablauf- oder Flussdiagramme	318
7.2.3 Struktogramme nach Nassi-Shneiderman	320
7.2.4 Entscheidungstabellen	322
7.3 Datenverarbeitungs-Organisation	326
7.3.1 Definition des Begriffs Organisation	326
7.3.2 Organisation und Systemtheorie	327
7.3.3 Die Einbindung der DV in die betriebliche Organisation	329
7.3.4 Organisation von DV-Projekten in Projektgruppen	331
7.3.5 Der Ablauf von DV-Projekten	336
7.3.6 Planung und Kontrolle der Organisationsarbeit	339
7.4 Aufgaben und Aufbau von Rechenzentren	343
7.4.1 Geschichtliche Entwicklung von Rechenzentren	343
7.4.2 Aufgaben und Arten von Rechenzentren	344
7.4.3 Verteilung der Aufgaben in Rechenzentren	347
7.4.4 Planung und Einrichtung von Rechenzentren	351
7.5 Datenschutz und Datensicherheit	354

7.5.1	Datenschutz	354
7.5.2	Datensicherheit	357
8	Automatentheorie und formale Sprachen	361
8.1	Grundbegriffe der Automatentheorie	361
8.1.1	Definition von Automaten	361
8.1.2	Darstellung von Automaten	363
8.1.3	Der akzeptierte Sprachschatz eines Automaten	366
8.1.4	Beispiele für Automaten	368
8.1.5	Halbgruppen	370
8.1.6	Die freie Halbgruppe	372
8.1.7	Die induzierte Halbgruppe	374
8.1.8	Kellerautomaten	379
8.2	Turing-Maschinen	381
8.2.1	Definition von Turing-Maschinen	381
8.2.2	Beispiele für Turing-Maschinen	385
8.2.3	Realisierung einer Turing-Maschine als C-Programm	387
8.3	Einführung in die Theorie der formalen Sprachen	391
8.3.1	Definition von formalen Sprachen	391
8.3.2	Die Chomsky-Hierarchie	392
8.3.3	Das Pumping-Theorem	397
8.3.4	Die Analyse von Wörtern	399
8.4	Compiler	403
8.4.1	Einführung	403
8.4.2	Beispiel: Simulation eines Taschenrechners	405
9	Algorithmen	410
9.1	Berechenbarkeit	410
9.1.1	Eine erste Begriffsklärung	410
9.1.2	Entscheidungsproblem und Church-Turing-These	412
9.1.3	Das Halteproblem	413
9.1.4	Primitiv rekursive Funktionen	416
9.1.5	u-rekursive Funktionen und die Ackermann-Funktion	419
9.1.6	Die bb-Funktion	420
9.2	Komplexität	424
9.2.1	Einführung	424
9.2.2	Polynomiale und exponentielle Algorithmen	425
9.2.3	NP-Vollständigkeit	430
9.3	Optimierung von Algorithmen	433
9.3.1	Minimierung der Anzahl von Operationen	433
9.3.2	Teile und Herrsche	435
9.3.3	Näherungsweise Problemlösung durch Greedy-Strategien	437
9.4	Genetische Algorithmen	441
9.4.1	Evolutionsstrategien	441
9.4.2	Beispiel für einen genetischen Algorithmus	442
9.5	Probabilistische Algorithmen	447
9.5.1	Zufallszahlen	447
9.5.2	Monte-Carlo-Methoden	450
9.5.3	Probabilistischer Primzahltest	453

9.5.4 Der heuristische Ansatz	459
9.6 Rekursion	460
9.6.1 Definition und einfache Beispiele	460
9.6.2 Rekursive Programmierung und Iteration	462
9.6.3 Backtracking	467
10 Datenstrukturen	469
10.1 Einfache Datenstrukturen	470
10.1.1 Einfache Datentypen	470
10.1.2 Lineare strukturierte homogene Datentypen	474
10.1.3 Verbünde	486
10.2 Sequentielle Datenstrukturen	491
10.2.1 Sequenzen und Files	491
10.2.2 Strings und Texte	495
10.2.3 Verkettete lineare Listen	510
10.2.4 Stapel und Schlangen	522
10.2.5 Sequentielle Speicherorganisation	526
10.3 Suchverfahren	532
10.3.1 Einfache Suchverfahren	532
10.3.2 Gestreute Speicherung (Hashing)	538
10.4 Direkte Sortierverfahren	550
10.4.1 Vorbemerkungen	550
10.4.2 Sortieren durch direktes Einfügen	553
10.4.3 Sortieren durch direktes Auswählen	556
10.4.4 Sortieren durch direktes Austauschen (Bubble-Sort)	558
10.5 Höhere Sortierverfahren	562
10.5.1 Shell-Sort	562
10.5.2 Quick-Sort	563
10.5.3 Eine generische Sortierfunktion	569
10.5.4 Vergleich der Sortierverfahren	570
10.6 Sortieren externer Files	573
10.6.1 Direktes Mischen	573
10.6.2 Natürliches Mischen	577
10.6.3 n-Weg-Mischen	583
10.7 Bäume	585
10.7.1 Definitionen	585
10.7.2 Operationen auf Binärbäumen	588
10.7.3 Ausgleichen von Bäumen und AVL-Bäume	604
10.7.4 Heaps und Heap-Sort	607
10.7.5 Vielwegbäume	614
10.8 Graphen	626
10.8.1 Definitionen und einführende Beispiele	627
10.8.2 Adjazenzmatrix und Erreichbarkeitsmatrix	630
10.8.3 Verkettete Speicherung von Graphen	633
10.8.4 Suchen, Einfügen und Löschen	634
10.8.5 Durchsuchen von Graphen	637
10.8.6 Halbordnung und topologisches Sortieren	652
10.8.7 Minimal spannende Bäume	654

10.8.8 Union-Find-Algorithmen	657
11 Kommunikations-und Informationstechnik	662
11.1 Informationsübertragung und Datenkommunikation	662
11.1.1 Einführung	662
11.1.2 Technische Grundlagen der Datenübertragung	665
11.1.3 Strukturen und Operationsprinzipien von Netzen	669
11.1.4 Das OSI-Schichtenmodell der Datenkommunikation	673
11.1.5 Beispiele für Schnittstellen und Netze	676
11.1.6 Lokale Rechnernetze	679
11.2 Datenbanken	682
11.2.1 Einführung und Definitionen	682
11.2.2 Relationale Datenbanken	684
11.2.3 Die Datenbanksprache SQL	691
11.3 Multimedia-Anwendungen	694
11.3.1 Einführung und Definitionen	694
11.3.2 Licht und Farbe	696
11.3.3 Die Bearbeitung digitaler Bilder	702
11.3.4 Die Einbindung von Komponenten in ein Dokument	712
11.4 Das Internet	718
11.4.1 Überblick über das Internet	718
11.4.2 Die Seitenbeschreibungssprache HTML	723
11.4.3 JavaScript	735
11.5 Die Programmiersprache Java	738
11.5.1 Einführung	738
11.5.2 Aufbau einer Java-Applikation	741
11.5.3 Klassen	743
11.5.4 Ein/Ausgabe-Funktionen	748
11.5.5 Applets	752
11.5.6 Threads	759
Literaturverzeichnis	767
Sachwortverzeichnis	778