

Inhalt

Vorwort zur neunten Auflage	V
1 Einführung	1
1.1 Was ist „Informatik“?	1
1.1.1 Technische Informatik	1
1.1.2 Praktische Informatik	2
1.1.3 Theoretische Informatik	2
1.1.4 Angewandte Informatik	3
1.2 Information und Daten	4
1.2.1 Bits	5
1.2.2 Bitfolgen	6
1.2.3 Hexziffern	7
1.2.4 Bytes und Worte	8
1.2.5 Dateien	8
1.2.6 Datei- und Speichergrößen	9
1.2.7 Längen- und Zeiteinheiten	10
1.3 Informationsdarstellung	11
1.3.1 Text	11
1.3.2 ASCII-Code	11
1.3.3 ASCII-Erweiterungen	12
1.3.4 Unicode, UCS und UTF-8	13
1.3.5 Zeichenketten	15
1.3.6 Logische Werte und logische Verknüpfungen	16
1.3.7 Programme	16
1.3.8 Bilder und Musikstücke	17
1.4 Zahlendarstellungen	17
1.4.1 Binärdarstellung	18
1.4.2 Das Oktalsystem und das Hexadezimalsystem	18
1.4.3 Umwandlung in das Dezimalsystem	20
1.4.4 Umwandlung in das Binär-, Oktal- oder Hexadezimalsystem	20
1.4.5 Arithmetische Operationen	22
1.4.6 Darstellung ganzer Zahlen	23
1.4.7 Die Zweierkomplementdarstellung	24

1.4.8	Standardformate ganzer Zahlen	27
1.4.9	Gleitpunktzahlen: Reelle Zahlen	28
1.4.10	Binäre Gleitkommazahlen	30
1.4.11	Real-Zahlenbereiche in Programmiersprachen	33
1.4.12	Daten – Informationen	34
1.4.13	Informationsverarbeitung – Datenverarbeitung	35
1.5	Hardware	35
1.5.1	PCs, Workstations, Mainframes, Super-Computer	35
1.5.2	Aufbau von Computersystemen	37
1.5.3	Der Rechner von außen	38
1.5.4	Das Innenleben	38
1.5.5	Motherboard, Controller und Busse	40
1.5.6	Ein konkretes Motherboard	42
1.5.7	Die Aufgabe der CPU	44
1.5.8	Programmausführung	45
1.5.9	Die Organisation des Hauptspeichers	46
1.5.10	Speichermedien	49
1.5.11	Magnetplatten	50
1.5.12	Festplattenlaufwerke	51
1.5.13	Optische Laufwerke	53
1.5.14	Flash-Speicher	55
1.5.15	Vergleich von Speichermedien	56
1.5.16	Bildschirme	56
1.5.17	Text- und Grafikmodus	57
1.6	Von der Hardware zum Betriebssystem	58
1.6.1	Schnittstellen und Treiber	59
1.6.2	BIOS	61
1.6.3	Die Aufgaben des Betriebssystems	62
1.6.4	Prozess- und Speicherverwaltung	62
1.6.5	Dateiverwaltung	63
1.6.6	DOS, Windows und Linux	65
1.6.7	Bediensysteme	67
1.7	Anwendungsprogramme	69
1.7.1	Textverarbeitung	69
1.7.2	Zeichen und Schriftarten	70
1.7.3	Formatierung	71
1.7.4	Desktop Publishing	72
1.7.5	Textbeschreibungssprachen	73
1.7.6	Tabellenkalkulation: spread sheets	77
1.7.7	Vom Fenster zur Welt zur zweiten Welt	79
2	Grundlagen der Programmierung	81
2.1	Programmiersprachen	82
2.1.1	Vom Programm zur Maschine	82

2.1.2	Virtuelle Maschinen	83
2.1.3	Interpreter	85
2.1.4	Programmieren und Testen	85
2.1.5	Programmierumgebungen	86
2.1.6	Pascal	87
2.1.7	Java	88
2.2	Spezifikationen, Algorithmen, Programme	88
2.2.1	Spezifikationen	89
2.2.2	Algorithmen	91
2.2.3	Kontrollstrukturen	94
2.2.4	Algorithmen als Lösung von Spezifikationen	95
2.2.5	Terminierung	96
2.2.6	Elementare Aktionen	97
2.2.7	Zuweisungen	97
2.2.8	Vom Algorithmus zum Programm	98
2.2.9	Ressourcen	101
2.3	Daten und Datenstrukturen	102
2.3.1	Der Begriff der Datenstruktur	102
2.3.2	Boolesche Werte	103
2.3.3	Zahlen	105
2.3.4	Natürliche Zahlen	105
2.3.5	Der Datentyp Integer	107
2.3.6	Rationale Zahlen	109
2.3.7	Reelle Zahlen	109
2.3.8	Mehrsortige Datenstrukturen	110
2.3.9	Zeichen	112
2.3.10	Zusammengesetzte Datentypen – Strings	114
2.3.11	Benutzerdefinierte Datenstrukturen	115
2.3.12	Informationsverarbeitung und Datenverarbeitung	117
2.4	Speicher, Variablen und Ausdrücke	118
2.4.1	Deklarationen	119
2.4.2	Initialisierung	120
2.4.3	Kontexte	120
2.4.4	Ausdrücke, Terme	121
2.4.5	Auswertung von Ausdrücken	124
2.4.6	Funktionsdefinitionen	125
2.4.7	Typfehler	127
2.4.8	Seiteneffekte	127
2.5	Der Kern imperativer Sprachen	128
2.5.1	Zuweisungen	128
2.5.2	Kontrollstrukturen	130
2.5.3	Drei Kontrollstrukturen genügen	130
2.5.4	Die sequentielle Komposition	130
2.5.5	Die Alternativanweisung	132

2.5.6	Die while-Schleife	133
2.5.7	Unterprogramme	134
2.5.8	Lauffähige Programme	135
2.6	Formale Beschreibung von Programmiersprachen	136
2.6.1	Lexikalische Regeln	136
2.6.2	Syntaktische Regeln	138
2.6.3	Semantische Regeln	140
2.7	Erweiterung der Kernsprache	141
2.7.1	Bedingte Anweisung	141
2.7.2	Fallunterscheidung	143
2.7.3	do-Schleife	144
2.7.4	Allgemeinere Schleifenkonstrukte	145
2.7.5	Die for-Schleife	146
2.7.6	Arrays – indizierte Variablen	148
2.8	Rekursive Funktionen und Prozeduren	149
2.8.1	Rekursive Programme	151
2.8.2	Die Türme von Hanoi	152
2.8.3	Spielstrategien als rekursive Prädikate – Backtracking	153
2.8.4	Wechselseitige Rekursion	154
2.8.5	Induktion – Rekursion	155
2.8.6	Allgemeine Rekursion	156
2.8.7	Endrekursion	157
2.8.8	Lineare Rekursion	158
2.8.9	Eine Programmtransformation	160
2.9	Typen, Module, Klassen und Objekte	162
2.9.1	Strukturiertes Programmieren	163
2.9.2	Blockstrukturierung	164
2.9.3	Strukturierung der Daten	164
2.9.4	Objektorientierte Konstruktion neuer Datentypen	169
2.9.5	Modulares Programmieren	171
2.9.6	Schnittstellen – Interfaces	173
2.9.7	Objektorientiertes Programmieren	175
2.9.8	Vererbung	177
2.9.9	Summentypen in objektorientierten Sprachen	179
2.9.10	Datenkapselung	181
2.10	Verifikation	183
2.10.1	Vermeidung von Fehlern	184
2.10.2	Zwischenbehauptungen	184
2.10.3	Partielle Korrektheit	185
2.10.4	Zerlegung durch Zwischenbehauptungen	186
2.10.5	Zuweisungsregel	188
2.10.6	Rückwärtsbeweise	189
2.10.7	if-else-Regel	191

2.10.8	Abschwächungsregel und einarmige Alternative	191
2.10.9	Invarianten und while-Regel	192
2.10.10	Starke und schwache Invarianten	194
2.10.11	Programm-Verifizierer	196
2.10.12	do-Schleife	198
2.10.13	Terminierung	199
2.10.14	Beweis eines Programmschemas	200
2.11	Deklarative Sprachen	201
2.11.1	Prolog	201
2.11.2	Erlang	206
2.12	Zusammenfassung	210
3	Die Programmiersprache Java	211
3.1	Die lexikalischen Elemente von Java	213
3.1.1	Kommentare	213
3.1.2	Bezeichner	214
3.1.3	Schlüsselwörter	215
3.1.4	Literale	215
3.2	Datentypen und Methoden	217
3.2.1	Variablen	217
3.2.2	Referenz-Datentypen	218
3.2.3	Arrays	219
3.2.4	Methoden	220
3.2.5	Klassen und Instanzen	222
3.2.6	Objekte und Referenzen	224
3.2.7	Objekt- und Klassenkomponenten	225
3.2.8	Attribute	226
3.2.9	Überladung	227
3.2.10	Konstruktoren	228
3.2.11	Aufzählungstypen	229
3.3	Ausführbare Java-Programme	230
3.3.1	Java-Dateien – Übersetzungseinheiten	232
3.3.2	Programme	232
3.3.3	Packages	233
3.3.4	Standard-Packages	235
3.4	Ausdrücke und Anweisungen	236
3.4.1	Arithmetische Operationen	236
3.4.2	Vergleichsoperationen	237
3.4.3	Boolesche Operationen	237
3.4.4	Bitweise Operationen	238
3.4.5	Zuweisungsausdrücke	238
3.4.6	Anweisungsausdrücke	240
3.4.7	Sonstige Operationen	240

3.4.8	Präzedenz der Operatoren	241
3.4.9	Einfache Anweisungen	242
3.4.10	Blöcke	243
3.4.11	Alternativ-Anweisungen	243
3.4.12	switch-Anweisung	244
3.4.13	Schleifen	245
3.4.14	Die for-Anweisung	246
3.4.15	break- und continue-Anweisungen	247
3.5	Klassen und Objekte	248
3.5.1	Vererbung	250
3.5.2	Späte Bindung (Late Binding)	255
3.5.3	Finale Komponenten	255
3.5.4	Zugriffsrechte von Feldern und Methoden	256
3.5.5	Attribute von Klassen	256
3.5.6	Abstrakte Klassen	256
3.5.7	Rekursiv definierte Klassen	258
3.5.8	Schnittstellen (Interfaces)	260
3.5.9	Wrapper-Klassen	264
3.5.10	Generische Klassen	264
3.5.11	Vererbung generischer Typen	265
3.5.12	Typschränken	266
3.6	Fehler und Ausnahmen	267
3.6.1	Exceptions in Java	267
3.6.2	Zusicherungen – Assertions	270
3.7	Dateien: Ein- und Ausgabe	274
3.7.1	Öffnen und Schließen von Dateien	274
3.7.2	Schreiben einer Datei	275
3.7.3	Lesen einer Datei	276
3.7.4	Dateidialog	276
3.8	Threads	277
3.8.1	Thread-Erzeugung	277
3.8.2	Kontrolle der Threads	279
3.8.3	Thread-Synchronisation	280
3.8.4	Deadlock	282
3.9	Grafische Benutzeroberflächen mit Java (AWT)	283
3.9.1	Ein erstes Fenster	284
3.9.2	Ereignisse	284
3.9.3	Adapterklassen und anonyme Klassen	286
3.9.4	Beispiel für eine Ereignisbehandlung	287
3.9.5	Buttons	288
3.9.6	Grafikausgabe in Fenstern	289
3.9.7	Maus-Ereignisse	290
3.9.8	Paint	294
3.9.9	Weitere Bedienelemente von Programmen und Fenstern	294

3.10	Ausblick: Java 7 und dann ...	295
3.10.1	Closures	295
3.10.2	Ausblick	299
4	Algorithmen und Datenstrukturen	303
4.1	Suchalgorithmen	305
4.1.1	Lineare Suche	305
4.1.2	Exkurs: Runden, Logarithmen und Stellenzahl	307
4.1.3	Binäre Suche	308
4.1.4	Lineare Suche vs. binäre Suche	309
4.1.5	Komplexität von Algorithmen	310
4.2	Einfache Sortierverfahren	313
4.2.1	Datensätze und Schlüssel	313
4.2.2	Invarianten und Assertions	316
4.2.3	BubbleSort	318
4.2.4	SelectionSort	320
4.2.5	InsertionSort	322
4.2.6	Laufzeitvergleiche der einfachen Sortieralgorithmen	324
4.2.7	ShellSort und CombSort	325
4.3	Schnelle Sortieralgorithmen	326
4.3.1	Divide and Conquer – teile und herrsche	326
4.3.2	QuickSort	327
4.3.3	Die Partitionierung	328
4.3.4	Korrektheit von QuickSort	330
4.3.5	Komplexität von QuickSort	330
4.3.6	MergeSort	331
4.3.7	Stabilität und RadixSort	333
4.3.8	Optimalität von Sortieralgorithmen	334
4.3.9	Distribution Sort	335
4.3.10	Laufzeit der schnellen Sortieralgorithmen	338
4.3.11	Externes Sortieren	340
4.4	Abstrakte Datenstrukturen	341
4.4.1	Datenstruktur = Menge + Operationen	341
4.4.2	Die axiomatische Methode	342
4.5	Stacks	343
4.5.1	Stackoperationen	343
4.5.2	Implementierung durch ein Array	345
4.5.3	Implementierung durch eine Liste	346
4.5.4	Auswertung von Postfix-Ausdrücken	347
4.5.5	Entrekursivierung	348
4.5.6	Stackpaare	349
4.6	Queues, Puffer, Warteschlangen	350
4.6.1	Implementierung durch ein „zirkuläres“ Array	351

4.6.2	Implementierung durch eine zirkuläre Liste	352
4.6.3	DeQueues: Queues mit zwei gleichberechtigten Enden	353
4.6.4	Anwendung von Puffern	353
4.7	Container Datentypen	354
4.7.1	Listen	357
4.7.2	Einfach verkettete Listen	358
4.7.3	Listen als Verallgemeinerung von Stacks und Queues	363
4.7.4	Array-Listen	363
4.7.5	Doppelt verkettete Listen	364
4.7.6	Geordnete Listen und Skip-Listen	365
4.7.7	Adaptive Listen	366
4.8	Bäume	366
4.8.1	Beispiele von Bäumen	367
4.8.2	Binärbäume	368
4.8.3	Implementierung von Binärbäumen	369
4.8.4	Traversierungen	371
4.8.5	Kenngrößen von Binärbäumen	374
4.8.6	Binäre Suchbäume	375
4.8.7	Implementierung von binären Suchbäumen	376
4.8.8	Balancierte Bäume	382
4.8.9	AVL-Bäume	383
4.8.10	2-3-4-Bäume	385
4.8.11	B-Bäume	387
4.8.12	Vollständige Bäume	388
4.8.13	Heaps	389
4.8.14	HeapSort	392
4.8.15	Priority-Queues	393
4.8.16	Bäume mit variabler Anzahl von Teilbäumen	393
4.9	Graphen	394
4.9.1	Wege und Zusammenhang	396
4.9.2	Repräsentationen von Graphen	396
4.9.3	Traversierungen	399
4.9.4	Tiefensuche und Backtracking	399
4.9.5	Breitensuche	400
4.9.6	Transitive Hülle	401
4.9.7	Kürzeste Wege	402
4.9.8	Schwere Probleme für Handlungsreisende	405
4.9.9	Eine Implementierung des TSP	406
4.10	Zeichenketten	410
4.10.1	Array-Implementierung	410
4.10.2	Nullterminierte Strings	410
4.10.3	Stringoperationen	411
4.10.4	Suchen in Zeichenketten	411
4.10.5	Der Boyer-Moore-Algorithmus	412

5 Rechnerarchitektur	415
5.1 Vom Transistor zum Chip	415
5.1.1 Chips	417
5.1.2 Chipherstellung	418
5.1.3 Kleinste Chip-Strukturen	419
5.1.4 Chipfläche und Anzahl der Transistoren	419
5.1.5 Weitere Chip-Parameter	420
5.1.6 Speicherbausteine	420
5.1.7 Logikbausteine	422
5.1.8 Schaltungsentwurf	423
5.2 Boolesche Algebra	424
5.2.1 Serien-parallele Schaltungen	424
5.2.2 Serien-parallele Schaltglieder	425
5.2.3 Schaltoperationen	426
5.2.4 Boolesche Terme	426
5.2.5 Schaltfunktionen	427
5.2.6 Gleichungen	427
5.2.7 Dualität	428
5.2.8 SP-Schaltungen sind monoton	429
5.2.9 Negation	429
5.2.10 Boolesche Terme	430
5.2.11 Dualitätsprinzip	431
5.2.12 Realisierung von Schaltfunktionen	431
5.2.13 Konjunktive Normalform	432
5.2.14 Algebraische Umwandlung in DNF oder KNF	433
5.2.15 Aussagenlogik	434
5.2.16 Mengenalgebra	435
5.3 Digitale Logik	435
5.3.1 Logikgatter	435
5.3.2 Entwurf und Vereinfachung boolescher Schaltungen	437
5.3.3 KV-Diagramme	438
5.3.4 Spezielle Schaltglieder	440
5.3.5 Gatter mit mehreren Ausgängen	441
5.3.6 Codierer und Decodierer	442
5.3.7 Addierer	443
5.3.8 Logik-Gitter	445
5.3.9 Programmierbare Gitterbausteine	446
5.4 CMOS Schaltungen und VLSI Design	447
5.4.1 Logikgatter in CMOS-Technik	448
5.4.2 CMOS-Entwurf	450
5.4.3 Entwurf von CMOS Chips	451
5.4.4 VLSI-Werkzeuge	452

5.5	Sequentielle Logik	454
5.5.1	Gatterlaufzeiten	454
5.5.2	Rückgekoppelte Schaltungen	455
5.5.3	Einfache Anwendungen von Flip-Flops	457
5.5.4	Technische Schwierigkeiten	458
5.5.5	Synchrone und asynchrone Schaltungen	459
5.5.6	Getaktete Flip-Flops	460
5.5.7	Zustandsautomaten	461
5.5.8	Entwurf sequentieller Schaltungen	462
5.5.9	Eine Fußgängerampel	463
5.5.10	Die Konstruktion der Hardwarekomponenten	465
5.5.11	Tristate Puffer	465
5.5.12	Speicherzellen	466
5.5.13	MOS-Implementierung von Speicherzellen	467
5.5.14	Register und adressierbarer Speicher	469
5.5.15	Die Arithmetisch-Logische Einheit	471
5.6	Von den Schaltgliedern zur CPU	476
5.6.1	Busse	477
5.6.2	Mikrocodegesteuerte Operationen	478
5.6.3	Der Zugang zum Hauptspeicher	480
5.6.4	Der Mikrobefehlsspeicher – das ROM	483
5.6.5	Sprünge	483
5.6.6	Berechnete Sprünge	484
5.6.7	Der Adressrechner	486
5.6.8	Ein Mikroprogramm	486
5.6.9	Maschinenbefehle	488
5.6.10	Der Maschinenspracheinterpretierer	489
5.6.11	Argumente	491
5.7	Assemblerprogrammierung	491
5.7.1	Maschinensprache und Assembler	492
5.7.2	Register der 80x86-Familie	493
5.7.3	Assemblerbefehle	494
5.7.4	Mehrzweckregister und Spezialregister	495
5.7.5	Flag-Register	496
5.7.6	Arithmetische Flags	497
5.7.7	Größenvergleiche	498
5.7.8	Logische Operationen	500
5.7.9	Sprünge	501
5.7.10	Struktur eines vollständigen Assemblerprogrammes	502
5.7.11	Ein Beispielprogramm	503
5.7.12	Testen von Assemblerprogrammen	505
5.7.13	Speicheradressierung	506
5.7.14	Operationen auf Speicherblöcken	507
5.7.15	Multiplikation und Division	508

5.7.16	Shift-Operationen	509
5.7.17	LOOP-Befehle	510
5.7.18	Der Stack	511
5.7.19	Einfache Unterprogramme	512
5.7.20	Parameterübergabe und Stack	514
5.7.21	Prozeduren und Funktionen	515
5.7.22	Makros	516
5.8	RISC-Architekturen	517
5.8.1	CISC	517
5.8.2	Von CISC zu RISC	518
5.8.3	RISC-Prozessoren	519
5.8.4	Pipelining	520
5.8.5	Superskalare Architekturen	521
5.8.6	Cache-Speicher	522
5.8.7	Leistungsvergleiche	522
5.8.8	Konkrete RISC-Architekturen	523
5.9	Architektur der Intel-PC-Mikroprozessorfamilie	526
5.9.1	Datenstrukturen und Befehle des Pentium	527
5.9.2	MMX- und SSE-Befehle	528
5.9.3	Adressierung	529
5.9.4	Die Segmentierungseinheit	529
5.9.5	Adressübersetzung	531
5.9.6	Betriebsarten des Pentium	531
6	Betriebssysteme	537
6.1	Basis-Software	538
6.2	Betriebsarten	540
6.2.1	Teilhaberbetrieb	540
6.2.2	Client-Server-Systeme	541
6.3	Verwaltung der Ressourcen	542
6.3.1	Dateisystem	543
6.3.2	Dateioperationen	544
6.3.3	Prozesse und Threads	545
6.3.4	Vom Programm zum Prozess	545
6.3.5	Prozessverwaltung	546
6.3.6	Prozesskommunikation	549
6.3.7	Kritische Abschnitte – wechselseitiger Ausschluss	550
6.3.8	Semaphore und Monitore	552
6.3.9	Deadlocks	553
6.3.10	Speicherverwaltung	554
6.3.11	Paging	555
6.3.12	Page faults	558

6.4	Das Betriebssystem UNIX	559
6.4.1	Linux	559
6.4.2	Das UNIX-Dateisystem	560
6.4.3	Dateinamen	561
6.4.4	Dateirechte	561
6.4.5	Namen und Pfade	563
6.4.6	Special files	564
6.4.7	Externe Dateisysteme	564
6.4.8	UNIX-Shells	564
6.4.9	UNIX-Kommandos	565
6.4.10	Optionen	566
6.4.11	Datei-Muster	566
6.4.12	Standard-Input/Standard-Output	567
6.4.13	Dateibearbeitung	568
6.4.14	Reguläre Ausdrücke	569
6.5	UNIX-Prozesse	570
6.5.1	Pipes	570
6.5.2	Sind Pipes notwendig?	572
6.5.3	Prozess-Steuerung	574
6.5.4	Multitasking	576
6.5.5	UNIX-Shell-Programmierung	577
6.5.6	Die C-Shell	578
6.5.7	Kommando-Verknüpfungen	578
6.5.8	Variablen	579
6.5.9	Shell-Scripts	580
6.5.10	Ausführung von Shell-Scripts	581
6.5.11	UNIX-Kommandos und Shell-Kommandos	581
6.5.12	UNIX als Mehrbenutzersystem	582
6.5.13	UNIX-Tools	583
6.5.14	Editoren	583
6.5.15	C und C++	585
6.5.16	Scanner- und Parsergeneratoren	586
6.5.17	Projektbearbeitung	587
6.6	X Window System	588
6.6.1	Window-Manager und Terminal Emulator	589
6.6.2	Grafische Oberflächen	590
6.7	MS-DOS und MS-Windows	591
6.7.1	Dynamic Link Libraries	592
6.7.2	Object Linking and Embedding	592
6.7.3	Windows NT, Windows 2000	593
6.7.4	Windows XP	594
6.7.5	Windows Vista und Windows 7	595
6.8	Alternative PC-Betriebssysteme	596

7 Rechnernetze	599
7.1 Rechner-Verbindungen	600
7.1.1 Signalübertragung	600
7.1.2 Physikalische Verbindung	602
7.1.3 Synchronisation	604
7.1.4 Bitcodierungen	604
7.2 Datenübertragung mit Telefonleitungen	606
7.2.1 ISDN	606
7.2.2 DSL, ADSL und T-DSL	608
7.3 Protokolle und Netze	609
7.3.1 Das OSI-Modell	610
7.3.2 Netze	612
7.3.3 Netztopologien	613
7.3.4 Netze von Netzen	615
7.3.5 Zugriffsverfahren	618
7.3.6 Wettkampfverfahren: CSMA-CD	618
7.4 Netztechnologien	620
7.4.1 Ethernet	620
7.4.2 FDDI	621
7.4.3 ATM	621
7.4.4 SONET/SDH	623
7.5 Drahtlose Netze	625
7.5.1 Bluetooth	625
7.5.2 WLAN Standards	626
7.5.3 Access Points	627
8 Das Internet	631
8.0.1 Bildung von Standards im Internet	632
8.1 Die TCP/IP Protokolle	634
8.1.1 Die Protokolle TCP und UDP	635
8.1.2 Das IP Protokoll	637
8.2 IP-Adressen	639
8.2.1 Adressklassen	639
8.2.2 Adressübersetzung	641
8.3 Das System der Domain-Namen	645
8.3.1 DNS-lookup in Java	647
8.3.2 Programmierung einer TCP-Verbindung	649
8.4 Intranet, Firewall und virtuelle private Netzwerke	653
8.5 Die Dienste im Internet	655
8.5.1 E-Mail	655
8.5.2 News	659
8.5.3 FTP	660

8.5.4	Secure Shell	661
8.5.5	Gopher	661
8.6	Das World Wide Web	662
8.6.1	HTTP	664
8.6.2	HTML	665
8.6.3	Die Struktur eines HTML-Dokumentes	668
8.6.4	Querverweise: Links	669
8.6.5	Tabellen und Frames	670
8.6.6	Formulare	672
8.6.7	Style Sheets	673
8.6.8	Weitere Möglichkeiten von HTML	674
8.7	Web-Programmierung	674
8.7.1	JavaScript	674
8.7.2	Applets	677
8.7.3	Die Struktur eines Applets	678
8.7.4	Der Lebenszyklus eines Applets	679
8.7.5	Interaktionen	679
8.7.6	PHP	681
8.7.7	XML	684
8.7.8	DOM, Ajax und Web 2.0	692
9	Theoretische Informatik und Compilerbau	695
9.1	Analyse von Programmtexten	695
9.1.1	Lexikalische Analyse	696
9.1.2	Syntaxanalyse	697
9.2	Reguläre Sprachen	698
9.2.1	Reguläre Ausdrücke	699
9.2.2	Automaten und ihre Sprachen	701
9.2.3	Implementierung endlicher Automaten	703
9.2.4	ε -Transitionen und nichtdeterministische Automaten	704
9.2.5	Automaten für reguläre Sprachen	704
9.2.6	Von nichtdeterministischen zu deterministischen Automaten	705
9.2.7	Anwendung: flex	706
9.3	Kontextfreie Sprachen	707
9.3.1	Kontextfreie Grammatiken	708
9.3.2	Ableitungen	709
9.3.3	Stackautomaten (Kellerautomaten)	710
9.3.4	Stackautomaten für beliebige kontextfreie Sprachen	712
9.3.5	Nichtdeterministische Algorithmen und Backtracking	712
9.3.6	Inhärent nichtdeterministische Sprachen	715
9.3.7	Ableitungsbaum, Syntaxbaum	715
9.3.8	Abstrakte Syntaxbäume	716

9.4	Grundlagen des Compilerbaus	717
9.4.1	Parsen durch rekursiven Abstieg (recursive descent)	718
9.4.2	LL(1)-Grammatiken	719
9.4.3	Äquivalente Grammatiken	721
9.4.4	Top-down und bottom-up	723
9.4.5	Shift-Reduce Parser	724
9.4.6	Die Arbeitsweise von Shift-Reduce-Parsern	725
9.4.7	Bottom-up Parsing	726
9.4.8	Konflikte	727
9.4.9	Ein nichtdeterministischer Automat mit Stack	727
9.4.10	Übergang zum deterministischen Automaten	730
9.4.11	Präzedenz	732
9.4.12	LR(1) und LALR(1)	733
9.4.13	Parsergeneratoren	734
9.4.14	lex/flex & yacc/bison	736
9.4.15	Grammatische Aktionen	737
9.4.16	Fehlererkennung	739
9.4.17	Synthetisierte Werte	739
9.4.18	Symboltabellen	740
9.4.19	Codeoptimierung	741
9.5	Berechenbarkeit	742
9.5.1	Berechenbare Funktionen	742
9.5.2	Beispiele berechenbarer Funktionen	743
9.5.3	Diagonalisierung	745
9.5.4	Nicht berechenbare Funktionen	746
9.5.5	Algorithmenbegriff und Churchsche These	746
9.5.6	Turingmaschinen	747
9.5.7	Turing-Post Programme	750
9.5.8	Turing-berechenbare Funktionen	751
9.5.9	Registermaschinen	751
9.5.10	GOTO-Programme	752
9.5.11	While-Programme	753
9.5.12	For-Programme (Loop-Programme)	755
9.5.13	Effiziente Algorithmen als For-Programme	755
9.5.14	Elementare (primitive) Rekursion	757
9.5.15	Allgemeine Rekursion (μ -Rekursion)	758
9.5.16	Die Ackermannfunktion	759
9.5.17	Berechenbare Funktionen – Churchsche These	760
9.5.18	Gödelisierung	761
9.5.19	Aufzählbarkeit und Entscheidbarkeit	762
9.5.20	Unlösbare Aufgaben	762
9.5.21	Semantische Probleme sind unentscheidbar	763
9.6	Komplexitätstheorie	765
9.6.1	Rückführung auf ja/nein-Probleme	766

9.6.2	Entscheidungsprobleme und Sprachen	766
9.6.3	Maschinenmodelle und Komplexitätsmaße	767
9.6.4	Sprachen und ihre Komplexität	768
9.6.5	Effiziente parallele Lösungen	768
9.6.6	Nichtdeterminismus	770
9.6.7	Die Klasse NP	771
9.6.8	Reduzierbarkeit	772
9.6.9	Der Satz von Cook	774
9.6.10	NP-Vollständigkeit	776
9.6.11	CLIQUE ist NP-vollständig	776
9.6.12	Praktische Anwendung von SAT-Problemen	777
9.6.13	$P = NP$?	780
10	Datenbanksysteme	781
10.1	Datenbanken und Datenbanksysteme	781
10.2	Datenmodelle	783
10.2.1	Entity/Relationship-Modell	783
10.2.2	Das Relationale Datenbankmodell	785
10.2.3	Relationen	786
10.2.4	Die relationale Algebra	787
10.2.5	Erweiterungen des relationalen Datenmodells	788
10.2.6	Vom E/R-Datenmodell zu einem relationalen Modell	788
10.3	Die Anfragesprache SQL	789
10.3.1	Datendefinition	789
10.3.2	Einfache Anfragen	791
10.3.3	Gruppierung und Aggregate	792
10.3.4	Verknüpfung verschiedener Relationen	793
10.3.5	Einfügen, Ändern und Löschen von Datensätzen	793
10.3.6	Mehrbenutzerbetrieb	794
10.4	Anwendungsprogrammierung in Java	796
10.4.1	Das SQL-Paket in Java	797
10.4.2	Aufbau einer Verbindung	798
10.4.3	Anfragen	799
10.5	Zusammenfassung	800
11	Grafikprogrammierung	801
11.1	Hardware	801
11.1.1	Auflösungen	802
11.1.2	Farben	802
11.2	Rastergrafik und Vektorgrafik	803
11.2.1	Umrechnung in Rastergrafik	804
11.2.2	Bresenham Algorithmus	805
11.2.3	Quadtrees und Octrees	806

11.3	Einfache Programmierbeispiele	807
11.3.1	Mandelbrot- und Julia-Mengen	810
11.3.2	Turtle-Grafik	813
11.3.3	L-Systeme	814
11.3.4	Ausblick	818
11.4	3-D-Grafikprogrammierung	818
11.4.1	Sichtbarkeit	819
11.4.2	Beleuchtungsmodelle	820
11.4.3	Ray-Tracing	822
11.4.4	Photon-Mapping	823
11.4.5	Die Radiosity Methode	825
11.4.6	Ausblick	825
12	Softwareentwicklung	827
12.1	Herausforderungen an die Softwareentwicklung	828
12.2	Softwareentwicklungsprozesse	830
12.2.1	Wasserfallmodelle	830
12.2.2	Nichtsequentielle Vorgehensmodelle	833
12.2.3	Modelle zur inkrementellen Softwareentwicklung	834
12.3	Anforderungsanalyse	837
12.4	Objektorientierte Softwareentwicklungsmethoden	838
12.4.1	Prinzipien der Objektorientierung	839
12.4.2	Standardisierung der objektorientierten Modellierung	839
12.4.3	Die Modellierungssprache UML	840
12.5	Grundprinzipien des Softwareentwurfs	844
12.5.1	Strukturierte Programmierung	844
12.5.2	Schrittweise Verfeinerung und Top-Down-Entwurf	844
12.5.3	Geheimnisprinzip, Datenabstraktion und Modularisierung	845
12.5.4	Softwarearchitektur	846
12.5.5	Entwurfsmuster	847
12.5.6	Frameworks und Bibliotheken	847
12.6	Qualitätssicherung von Softwaresystemen	848
12.6.1	Testen von Softwaresystemen	850
12.6.2	Qualitätsnormen und Zertifizierung	852
12.7	Projektmanagement	853
12.7.1	Projektinitialisierung und -planung	854
12.7.2	Projektsteuerung und -koordination	854
12.7.3	Projektabschluss und -bericht	855
12.8	Versionsverwaltung von Softwareprojekten	855
12.9	Softwarewartung und -evolution	856

A Literatur	857
A.1 Einführende Bücher	857
A.2 Lehrbücher der Informatik	857
A.3 Programmieren in Java und anderen Sprachen	858
A.4 Algorithmen und Datenstrukturen	859
A.5 Rechnerarchitektur	859
A.6 Betriebssysteme	860
A.7 Rechnernetze	861
A.8 Internet	861
A.9 Theoretische Informatik und Compilerbau	862
A.10 Datenbanken	863
A.11 Grafikprogrammierung	864
A.12 Software-Entwicklung	864
A.13 Mathematischer Hintergrund	866
Stichwortverzeichnis	867