

# Inhalt

## Vorwort zur achten Auflage

V

<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
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 .....	15
1.3.7 Programme .....	16
1.3.8 Bilder und Musikstücke .....	16
1.4 Zahlendarstellungen .....	17
1.4.1 Binärdarstellung .....	17
1.4.2 Das Oktalsystem und das Hexadezimalsystem .....	18
1.4.3 Umwandlung in das Binär-, Oktal- oder Hexadezimalsystem .....	19
1.4.4 Arithmetische Operationen .....	21
1.4.5 Darstellung ganzer Zahlen .....	22
1.4.6 Die Zweierkomplementdarstellung .....	23
1.5 Standardformate für ganze Zahlen .....	25
1.5.1 Gleitpunktzahlen: Reelle Zahlen .....	26
1.5.2 Real-Zahlenbereiche in Programmiersprachen .....	29
1.5.3 Daten – Informationen .....	30
1.5.4 Informationsverarbeitung – Datenverarbeitung .....	31

1.6	Hardware .....	31
1.6.1	PCs, Workstations, Mainframes, Super-Computer .....	31
1.6.2	Aufbau von Computersystemen .....	33
1.6.3	Der Rechner von außen .....	34
1.6.4	Das Innenleben .....	34
1.6.5	Ein Motherboard .....	38
1.6.6	Die Aufgabe der CPU .....	40
1.6.7	Die Organisation des Hauptspeichers .....	42
1.6.8	Speichermedien .....	45
1.6.9	Magnetplatten .....	46
1.6.10	Festplattenlaufwerke .....	47
1.6.11	Optische Laufwerke .....	50
1.6.12	Flash-Speicher .....	51
1.6.13	Vergleich von Speichermedien .....	52
1.6.14	Bildschirme .....	53
1.6.15	Text- und Grafikmodus .....	54
1.7	Von der Hardware zum Betriebssystem .....	54
1.7.1	Schnittstellen und Treiber .....	56
1.7.2	BIOS .....	58
1.7.3	Die Aufgaben des Betriebssystems .....	59
1.7.4	Prozess- und Speicherverwaltung .....	59
1.7.5	Dateiverwaltung .....	59
1.7.6	DOS, Windows und Linux .....	62
1.7.7	Bediensysteme .....	63
1.8	Anwendungsprogramme .....	66
1.8.1	Textverarbeitung .....	66
1.8.2	Zeichen und Schriftarten .....	66
1.8.3	Formatierung .....	67
1.8.4	Desktop Publishing .....	69
1.8.5	Textbeschreibungssprachen .....	69
1.8.6	Tabellenkalkulation: spread sheets .....	73
1.8.7	Vom Fenster zur Welt zur zweiten Welt .....	75
2	<b>Grundlagen der Programmierung</b>	77
2.1	Programmiersprachen .....	78
2.1.1	Vom Programm zur Maschine .....	78
2.1.2	Virtuelle Maschinen .....	79
2.1.3	Interpreter .....	81
2.1.4	Programmieren und Testen .....	81
2.1.5	Programmierumgebungen .....	82
2.1.6	Pascal .....	83
2.1.7	Java .....	84

2.2	Spezifikationen, Algorithmen, Programme .....	84
2.2.1	Spezifikationen .....	85
2.2.2	Algorithmen .....	87
2.2.3	Algorithmen als Lösung von Spezifikationen .....	91
2.2.4	Terminierung .....	92
2.2.5	Elementare Aktionen .....	93
2.2.6	Zuweisungen .....	93
2.2.7	Vom Algorithmus zum Programm .....	94
2.2.8	Ressourcen .....	96
2.3	Daten und Datenstrukturen .....	98
2.3.1	Der Begriff der Datenstruktur .....	98
2.3.2	Boolesche Werte .....	99
2.3.3	Zahlen .....	101
2.3.4	Natürliche Zahlen .....	101
2.3.5	Der Datentyp Integer .....	103
2.3.6	Rationale Zahlen .....	105
2.3.7	Reelle Zahlen .....	105
2.3.8	Mehrsortige Datenstrukturen .....	106
2.3.9	Zeichen .....	108
2.3.10	Zusammengesetzte Datentypen – Strings .....	110
2.3.11	Benutzerdefinierte Datenstrukturen .....	111
2.3.12	Informationsverarbeitung und Datenverarbeitung .....	113
2.4	Speicher, Variablen und Ausdrücke .....	114
2.4.1	Deklarationen .....	115
2.4.2	Initialisierung .....	116
2.4.3	Kontexte .....	116
2.4.4	Ausdrücke, Terme .....	117
2.4.5	Auswertung von Ausdrücken .....	120
2.4.6	Funktionsdefinitionen .....	121
2.4.7	Typfehler .....	123
2.4.8	Seiteneffekte .....	123
2.5	Der Kern imperativer Sprachen .....	124
2.5.1	Zuweisungen .....	124
2.5.2	Kontrollstrukturen .....	126
2.5.3	Drei Kontrollstrukturen genügen .....	126
2.5.4	Die sequentielle Komposition .....	127
2.5.5	Die Alternativanweisung .....	128
2.5.6	Die while-Schleife .....	129
2.5.7	Unterprogramme .....	130
2.5.8	Lauffähige Programme .....	132
2.6	Formale Beschreibung von Programmiersprachen .....	133
2.6.1	Lexikalische Regeln .....	133
2.6.2	Syntaktische Regeln .....	134
2.6.3	Semantische Regeln .....	137

2.7	Erweiterung der Kernsprache .....	137
2.7.1	Bedingte Anweisung .....	138
2.7.2	Fallunterscheidung .....	139
2.7.3	do-Schleife .....	140
2.7.4	Allgemeinere Schleifenkonstrukte .....	142
2.7.5	Die for-Schleife .....	142
2.7.6	Arrays – indizierte Variablen .....	144
2.8	Rekursive Funktionen und Prozeduren .....	145
2.8.1	Rekursive Programme .....	147
2.8.2	Die Türme von Hanoi .....	148
2.8.3	Spielstrategien als rekursive Prädikate – Backtracking .....	149
2.8.4	Wechselseitige Rekursion .....	151
2.8.5	Induktion – Rekursion .....	151
2.8.6	Allgemeine Rekursion .....	152
2.8.7	Endrekursion .....	153
2.8.8	Lineare Rekursion .....	155
2.8.9	Eine Programmtransformation .....	157
2.9	Typen, Module, Klassen und Objekte .....	158
2.9.1	Strukturiertes Programmieren .....	159
2.9.2	Blockstrukturierung .....	160
2.9.3	Strukturierung der Daten .....	160
2.9.4	Objektorientierte Konstruktion neuer Datentypen .....	165
2.9.5	Modulares Programmieren .....	167
2.9.6	Schnittstellen – Interfaces .....	169
2.9.7	Objektorientiertes Programmieren .....	171
2.9.8	Vererbung .....	173
2.9.9	Summentypen in objektorientierten Sprachen .....	175
2.9.10	Datenkapselung .....	177
2.10	Verifikation .....	179
2.10.1	Vermeidung von Fehlern .....	180
2.10.2	Zwischenbehauptungen .....	180
2.10.3	Partielle Korrektheit .....	181
2.10.4	Zerlegung durch Zwischenbehauptungen .....	182
2.10.5	Zuweisungsregel .....	184
2.10.6	Rückwärtsbeweis .....	185
2.10.7	if-else-Regel .....	187
2.10.8	Abschwächungsregel und einarmige Alternative .....	188
2.10.9	Invarianten und while-Regel .....	189
2.10.10	Starke und schwache Invarianten .....	191
2.10.11	Programm-Verifizierer .....	193
2.10.12	do-Schleife .....	195
2.10.13	Terminierung .....	196
2.10.14	Beweis eines Programmschemas .....	196

2.11 Deklarative Sprachen .....	197
2.11.1 Prolog .....	198
2.11.2 Erlang .....	202
2.12 Zusammenfassung .....	206
<b>3 Die Programmiersprache Java</b> .....	<b>207</b>
3.1 Die lexikalischen Elemente von Java .....	209
3.1.1 Kommentare .....	209
3.1.2 Bezeichner .....	210
3.1.3 Schlüsselwörter .....	211
3.1.4 Literale .....	211
3.2 Datentypen und Methoden .....	213
3.2.1 Variablen .....	213
3.2.2 Referenz-Datentypen .....	214
3.2.3 Arrays .....	215
3.2.4 Methoden .....	216
3.2.5 Klassen und Instanzen .....	218
3.2.6 Objekte und Referenzen .....	220
3.2.7 Objekt- und Klassenkomponenten .....	221
3.2.8 Attribute .....	222
3.2.9 Überladung .....	223
3.2.10 Konstruktoren .....	224
3.2.11 Aufzählungstypen .....	225
3.3 Ausführbare Java-Programme .....	226
3.3.1 Java-Dateien – Übersetzungseinheiten .....	228
3.3.2 Programme .....	228
3.3.3 Packages .....	229
3.3.4 Standard-Packages .....	231
3.4 Ausdrücke und Anweisungen .....	232
3.4.1 Arithmetische Operationen .....	232
3.4.2 Vergleichsoperationen .....	233
3.4.3 Boolesche Operationen .....	234
3.4.4 Bitweise Operationen .....	234
3.4.5 Zuweisungsausdrücke .....	234
3.4.6 Anweisungsausdrücke .....	236
3.4.7 Sonstige Operationen .....	236
3.4.8 Präzedenz der Operatoren .....	237
3.4.9 Einfache Anweisungen .....	238
3.4.10 Blöcke .....	239
3.4.11 Alternativ-Anweisungen .....	239
3.4.12 switch-Anweisung .....	240
3.4.13 Schleifen .....	241
3.4.14 Die for-Anweisung .....	242
3.4.15 break- und continue-Anweisungen .....	244

---

<b>3.5 Klassen und Objekte .....</b>	<b>244</b>
3.5.1 Vererbung .....	246
3.5.2 Späte Bindung (Late Binding) .....	251
3.5.3 Finale Komponenten .....	252
3.5.4 Zugriffsrechte von Feldern und Methoden .....	252
3.5.5 Attribute von Klassen .....	253
3.5.6 Abstrakte Klassen .....	253
3.5.7 Rekursiv definierte Klassen .....	255
3.5.8 Schnittstellen (Interfaces) .....	257
3.5.9 Wrapper-Klassen .....	261
3.5.10 Generische Klassen .....	261
3.5.11 Typschranken .....	262
3.5.12 Vererbung generischer Typen .....	263
<b>3.6 Fehler und Ausnahmen .....</b>	<b>263</b>
3.6.1 Exceptions in Java .....	264
3.6.2 Zusicherungen – Assertions .....	267
<b>3.7 Dateien: Ein- und Ausgabe .....</b>	<b>271</b>
3.7.1 Dateidialog .....	272
3.7.2 Schreiben einer Datei .....	272
3.7.3 Lesen einer Datei .....	273
3.7.4 Testen von Dateieigenschaften .....	274
<b>3.8 Threads .....</b>	<b>275</b>
3.8.1 Thread-Erzeugung .....	275
3.8.2 Kontrolle der Threads .....	277
3.8.3 Thread-Synchronisation .....	277
3.8.4 Deadlock .....	279
<b>3.9 Grafische Benutzeroberflächen mit Java (AWT) .....</b>	<b>281</b>
3.9.1 Ein erstes Fenster .....	281
3.9.2 Ereignisse .....	282
3.9.3 Beispiel für eine Ereignisbehandlung .....	284
3.9.4 Buttons .....	285
3.9.5 Grafikausgabe in Fenstern .....	286
3.9.6 Maus-Ereignisse .....	287
3.9.7 Paint .....	291
3.9.8 Weitere Bedienelemente von Programmen und Fenstern .....	292
<b>3.10 Ausblick: Java 7 und dann .....</b>	<b>292</b>
3.10.1 Closures .....	292
3.10.2 Ausblick .....	297
<b>4 Algorithmen und Datenstrukturen .....</b>	<b>299</b>
<b>4.1 Suchalgorithmen .....</b>	<b>301</b>
4.1.1 Lineare Suche .....	301
4.1.2 Exkurs: Runden, Logarithmen und Stellenzahl .....	303

4.1.3	Binäre Suche .....	304
4.1.4	Lineare Suche vs. binäre Suche .....	305
4.1.5	Komplexität von Algorithmen .....	306
4.2	Einfache Sortierverfahren .....	309
4.2.1	Datensätze und Schlüssel .....	309
4.2.2	Invarianten und Assertions .....	312
4.2.3	BubbleSort .....	314
4.2.4	SelectionSort .....	316
4.2.5	InsertionSort .....	318
4.2.6	Laufzeitvergleiche der einfachen Sortieralgorithmen .....	320
4.2.7	ShellSort und CombSort .....	321
4.3	Schnelle Sortieralgorithmen .....	322
4.3.1	Divide and Conquer – teile und herrsche .....	322
4.3.2	QuickSort .....	323
4.3.3	Die Partitionierung .....	324
4.3.4	Korrekttheit von QuickSort .....	326
4.3.5	Komplexität von QuickSort .....	326
4.3.6	MergeSort .....	327
4.3.7	Stabilität und RadixSort .....	329
4.3.8	Optimalität von Sortieralgorithmen .....	330
4.3.9	Distribution Sort .....	330
4.3.10	Wieso und wie gut funktioniert DistributionSort? .....	332
4.3.11	Implementierung von DistributionSort .....	332
4.3.12	Laufzeit der schnellen Sortieralgorithmen .....	334
4.3.13	Externes Sortieren .....	336
4.4	Abstrakte Datenstrukturen .....	337
4.4.1	Datenstruktur = Menge + Operationen .....	337
4.4.2	Die axiomatische Methode .....	338
4.5	Stacks .....	339
4.5.1	Stackoperationen .....	339
4.5.2	Implementierung durch ein Array .....	341
4.5.3	Implementierung durch eine Liste .....	342
4.5.4	Auswertung von Postfix-Ausdrücken .....	344
4.5.5	Entrekursivierung .....	344
4.5.6	Stackpaare .....	345
4.6	Queues, Puffer, Warteschlangen .....	347
4.6.1	Implementierung durch ein „zirkuläres“ Array .....	347
4.6.2	Implementierung durch eine zirkuläre Liste .....	349
4.6.3	DeQues: Queues mit zwei gleichberechtigten Enden .....	349
4.6.4	Anwendung von Puffern .....	350
4.7	Container Datentypen .....	351
4.7.1	Listen .....	353
4.7.2	Einfach verkettete Listen .....	355

---

4.7.3	Listen als Verallgemeinerung von Stacks und Queues .....	359
4.7.4	Array-Listen .....	360
4.7.5	Doppelt verkettete Listen .....	361
4.7.6	Geordnete Listen und Skip-Listen .....	361
4.7.7	Adaptive Listen .....	362
4.8	Bäume .....	363
4.8.1	Beispiele von Bäumen .....	364
4.8.2	Binärbäume .....	365
4.8.3	Implementierung von Binärbäumen .....	366
4.8.4	Traversierungen .....	367
4.8.5	Kenngrößen von Binärbäumen .....	371
4.8.6	Binäre Suchbäume .....	372
4.8.7	Implementierung von binären Suchbäumen .....	372
4.8.8	Balancierte Bäume .....	379
4.8.9	AVL-Bäume .....	380
4.8.10	2-3-4-Bäume .....	382
4.8.11	B-Bäume .....	383
4.8.12	Vollständige Bäume .....	384
4.8.13	Heaps .....	386
4.8.14	HeapSort .....	389
4.8.15	Priority-Queues .....	390
4.8.16	Bäume mit variabler Anzahl von Teilbäumen .....	390
4.9	Graphen .....	391
4.9.1	Wege und Zusammenhang .....	392
4.9.2	Repräsentationen von Graphen .....	393
4.9.3	Traversierungen .....	395
4.9.4	Tiefensuche und Backtracking .....	396
4.9.5	Breitensuche .....	397
4.9.6	Transitive Hülle .....	398
4.9.7	Kürzeste Wege .....	399
4.9.8	Schwere Probleme für Handlungsreisende .....	401
4.9.9	Eine Implementierung des TSP .....	403
4.10	Zeichenketten .....	407
4.10.1	Array-Implementierung .....	407
4.10.2	Nullterminierte Strings .....	407
4.10.3	Stringoperationen .....	408
4.10.4	Suchen in Zeichenketten .....	408
4.10.5	Der Boyer-Moore-Algorithmus .....	409
<b>5</b>	<b>Rechnerarchitektur</b>	<b>411</b>
5.1	Vom Transistor zum Chip .....	411
5.1.1	Chips .....	413
5.1.2	Chipherstellung .....	414
5.1.3	Kleinste Chip-Strukturen .....	415

5.1.4	Chipfläche und Anzahl der Transistoren .....	415
5.1.5	Weitere Chip-Parameter .....	416
5.1.6	Speicherbausteine .....	416
5.1.7	Logikbausteine .....	417
5.1.8	Schaltungsentwurf .....	418
5.2	Boolesche Algebra .....	419
5.2.1	Serien-parallele Schaltungen .....	419
5.2.2	Serien-parallele Schaltglieder .....	420
5.2.3	Schaltoperationen .....	421
5.2.4	Boolesche Terme .....	421
5.2.5	Schaltfunktionen .....	422
5.2.6	Gleichungen .....	422
5.2.7	Dualität .....	423
5.2.8	SP-Schaltungen sind monoton .....	424
5.2.9	Negation .....	424
5.2.10	Boolesche Terme .....	425
5.2.11	Dualitätsprinzip .....	426
5.2.12	Realisierung von Schaltfunktionen .....	426
5.2.13	Konjunktive Normalform .....	427
5.2.14	Algebraische Umwandlung in DNF oder KNF .....	428
5.2.15	Aussagenlogik .....	429
5.2.16	Mengenalgebra .....	430
5.3	Digitale Logik .....	430
5.3.1	Logikgatter .....	430
5.3.2	Entwurf und Vereinfachung boolescher Schaltungen .....	433
5.3.3	KV-Diagramme .....	433
5.3.4	Spezielle Schaltglieder .....	435
5.3.5	Gatter mit mehreren Ausgängen .....	436
5.3.6	Codierer und Decodierer .....	437
5.3.7	Addierer .....	438
5.3.8	Logik-Gitter .....	439
5.3.9	Programmierbare Gitterbausteine .....	441
5.4	CMOS Schaltungen und VLSI Design .....	442
5.4.1	Logikgatter in CMOS-Technik .....	443
5.4.2	CMOS-Entwurf .....	445
5.4.3	Entwurf von CMOS Chips .....	446
5.4.4	VLSI-Werkzeuge .....	447
5.5	Sequentielle Logik .....	448
5.5.1	Gatterlaufzeiten .....	449
5.5.2	Rückgekoppelte Schaltungen .....	450
5.5.3	Einfache Anwendungen von Flip-Flops .....	452
5.5.4	Technische Schwierigkeiten .....	453
5.5.5	Synchrone und asynchrone Schaltungen .....	454
5.5.6	Getaktete Flip-Flops .....	455

5.5.7	Zustandsautomaten .....	456
5.5.8	Entwurf sequentieller Schaltungen .....	457
5.5.9	Eine Fußgängerampel .....	458
5.5.10	Die Konstruktion der Hardwarekomponenten .....	459
5.5.11	Tristate Puffer .....	460
5.5.12	Speicherzellen .....	461
5.5.13	MOS-Implementierung von Speicherzellen .....	462
5.5.14	Register .....	464
5.5.15	Die Arithmetisch-Logische Einheit .....	466
5.6	Von den Schaltgliedern zur CPU .....	470
5.6.1	Busse .....	471
5.6.2	Mikrocodegesteuerte Operationen .....	472
5.6.3	Der Zugang zum Hauptspeicher .....	475
5.6.4	Der Mikrobefehlsspeicher – das ROM .....	477
5.6.5	Sprünge .....	478
5.6.6	Berechnete Sprünge .....	479
5.6.7	Der Adressrechner .....	480
5.6.8	Ein Mikroprogramm .....	481
5.6.9	Maschinenbefehle .....	482
5.6.10	Der Maschinenspracheinterpretierer .....	484
5.6.11	Argumente .....	486
5.7	Assemblerprogrammierung .....	486
5.7.1	Maschinensprache und Assembler .....	487
5.7.2	Register der 80x86-Familie .....	488
5.7.3	Allzweckregister und Spezialregister .....	489
5.7.4	Flag-Register .....	490
5.7.5	Arithmetische Flags .....	491
5.7.6	Größenvergleiche .....	493
5.7.7	Logische Operationen .....	494
5.7.8	Sprünge .....	495
5.7.9	Struktur eines vollständigen Assemblerprogrammes .....	497
5.7.10	Ein Beispielprogramm .....	498
5.7.11	Testen von Assemblerprogrammen .....	499
5.7.12	Speicheradressierung .....	501
5.7.13	Operationen auf Speicherblöcken .....	502
5.7.14	Multiplikation und Division .....	503
5.7.15	Shift-Operationen .....	504
5.7.16	LOOP-Befehle .....	505
5.7.17	Der Stack .....	506
5.7.18	Einfache Unterprogramme .....	507
5.7.19	Parameterübergabe und Stack .....	508
5.7.20	Prozeduren und Funktionen .....	510
5.7.21	Makros .....	510
5.7.22	Assembler unter DOS .....	511
5.7.23	Assembler unter Windows .....	513

5.8	RISC-Architekturen .....	514
5.8.1	CISC .....	515
5.8.2	Von CISC zu RISC .....	516
5.8.3	RISC-Prozessoren .....	516
5.8.4	Pipelining .....	518
5.8.5	Superskalare Architekturen .....	519
5.8.6	Cache-Speicher .....	519
5.8.7	Leistungsvergleich .....	519
5.8.8	Konkrete RISC-Architekturen .....	520
5.9	Architektur der Intel-PC-Mikroprozessorfamilie .....	523
5.9.1	Adressierung .....	527
5.9.2	Die Segmentierungseinheit .....	527
5.9.3	Adressübersetzung .....	529
5.9.4	Datenstrukturen und Befehle des Pentium .....	530
5.9.5	MMX-Befehle .....	530
5.9.6	Betriebsarten des Pentium .....	530
5.9.7	Ausblick .....	531
<b>6</b>	<b>Betriebssysteme</b>	<b>533</b>
6.1	Basis-Software .....	534
6.2	Betriebsarten .....	536
6.2.1	Teilhaberbetrieb .....	536
6.2.2	Client-Server-Systeme .....	536
6.3	Verwaltung der Ressourcen .....	538
6.3.1	Dateisystem .....	539
6.3.2	Dateioperationen .....	540
6.3.3	Prozesse und Threads .....	540
6.3.4	Vom Programm zum Prozess .....	541
6.3.5	Prozessverwaltung .....	542
6.3.6	Prozesskommunikation .....	544
6.3.7	Kritische Abschnitte – wechselseitiger Ausschluss .....	545
6.3.8	Semaphore und Monitore .....	547
6.3.9	Deadlocks .....	549
6.3.10	Speicherverwaltung .....	550
6.3.11	Paging .....	551
6.3.12	Page faults .....	554
6.4	Das Betriebssystem UNIX .....	555
6.4.1	Linux .....	555
6.4.2	Das UNIX-Dateisystem .....	555
6.4.3	Dateinamen .....	557
6.4.4	Dateirechte .....	557
6.4.5	Namen und Pfade .....	558
6.4.6	Special files .....	560

6.4.7	Externe Dateisysteme .....	560
6.4.8	UNIX-Shells .....	560
6.4.9	UNIX-Kommandos .....	561
6.4.10	Optionen .....	562
6.4.11	Datei-Muster .....	562
6.4.12	Standard-Input/Standard-Output .....	563
6.4.13	Dateibearbeitung .....	564
6.4.14	Reguläre Ausdrücke .....	565
6.5	UNIX-Prozesse .....	566
6.5.1	Pipes .....	566
6.5.2	Sind Pipes notwendig? .....	568
6.5.3	Prozess-Steuerung .....	570
6.5.4	Multitasking .....	572
6.5.5	UNIX-Shell-Programmierung .....	573
6.5.6	Die C-Shell .....	574
6.5.7	Kommando-Verknüpfungen .....	574
6.5.8	Variablen .....	575
6.5.9	Shell-Scripts .....	576
6.5.10	Ausführung von Shell-Scripts .....	577
6.5.11	UNIX-Kommandos und Shell-Kommandos .....	577
6.5.12	UNIX als Mehrbenutzersystem .....	578
6.5.13	UNIX-Tools .....	579
6.5.14	Editoren .....	579
6.5.15	C und C++ .....	581
6.5.16	Scanner- und Parsergeneratoren .....	582
6.5.17	Projektbearbeitung .....	583
6.6	X Window System .....	584
6.6.1	Window-Manager und Terminal Emulator .....	585
6.6.2	Grafische Oberflächen .....	586
6.7	MS-DOS und MS-Windows .....	587
6.7.1	Dynamic Link Libraries .....	588
6.7.2	Object Linking and Embedding .....	588
6.7.3	Windows NT, Windows 2000 .....	589
6.7.4	Windows XP .....	590
6.7.5	Windows Vista .....	591
6.8	Alternative PC-Betriebssysteme .....	592
<b>7</b>	<b>Rechnernetze</b>	<b>595</b>
7.1	Rechner-Verbindungen .....	596
7.1.1	Signalübertragung .....	596
7.1.2	Physikalische Verbindung .....	598
7.1.3	Synchronisation .....	600
7.1.4	Bitcodierungen .....	601

---

7.2	Datenübertragung mit Telefonleitungen .....	602
7.2.1	ISDN .....	603
7.2.2	DSL, ADSL und T-DSL .....	604
7.2.3	ADSL2+ .....	606
7.3	Protokolle und Netze .....	606
7.3.1	Das OSI-Modell .....	607
7.3.2	Netze .....	609
7.3.3	Netztopologien .....	610
7.3.4	Netze von Netzen .....	612
7.3.5	Zugriffsverfahren .....	615
7.3.6	Wettkampfverfahren: CSMA-CD .....	615
7.4	Netztechnologien .....	617
7.4.1	Ethernet .....	617
7.4.2	FDDI .....	617
7.4.3	ATM .....	618
7.4.4	SONET/SDH .....	619
7.5	Drahtlose Netze .....	622
7.5.1	Bluetooth .....	622
7.5.2	WLAN .....	623
<b>8</b>	<b>Das Internet</b> .....	<b>629</b>
8.0.1	Bildung von Standards im Internet .....	630
8.1	Die TCP/IP Protokolle .....	632
8.1.1	Die Protokolle TCP und UDP .....	633
8.1.2	Das IP Protokoll .....	635
8.2	IP-Adressen .....	637
8.2.1	Adressklassen .....	638
8.2.2	Adressübersetzung .....	640
8.3	Das System der Domain-Namen .....	643
8.3.1	DNS-lookup in Java .....	646
8.3.2	Programmierung einer TCP-Verbindung .....	648
8.4	Intranets, Firewalls und virtuelle private Netzwerke .....	652
8.5	Die Dienste im Internet .....	654
8.5.1	E-Mail .....	654
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 .....	682
8.7.7	XML .....	684
8.7.8	DOM, Ajax und Web 2.0 .....	693
<b>9</b>	<b>Theoretische Informatik und Compilerbau</b>	<b>695</b>
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	$\epsilon$ -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 ( $\mu$ -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	Unlösbarer 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
<b>10</b>	<b>Datenbanksysteme</b>	<b>781</b>
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	Abbildung eines E/R-Datenmodells in ein relationales 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 .....	798
10.5	Zusammenfassung .....	800
<b>11</b>	<b>Grafikprogrammierung</b>	<b>801</b>
11.1	Hardware .....	801
11.1.1	Auflösungen .....	802
11.1.2	Farben .....	802
11.2	Grafikroutinen für Rastergrafik .....	803
11.2.1	Bresenham Algorithmus .....	805
11.3	Einfache Programmierbeispiele .....	806
11.3.1	Mandelbrot- und Julia-Mengen .....	808
11.3.2	Turtle-Grafik .....	812
11.3.3	L-Systeme .....	815
11.3.4	Ausblick .....	818
11.4	3-D-Grafikprogrammierung .....	819
11.4.1	Sichtbarkeit .....	820
11.4.2	Beleuchtungsmodelle .....	821

11.4.3 Ray-Tracing .....	823
11.4.4 Photon-Mapping .....	824
11.4.5 Die Radiosity Methode .....	825
11.4.6 Ausblick .....	826
<b>12 Software-Entwicklung</b>	<b>827</b>
12.1 Methoden und Werkzeuge für Projekte .....	828
12.2 Vorgehensmodelle .....	830
12.2.1 Code and fix-Verfahren .....	830
12.2.2 Wasserfall-Modelle .....	831
12.2.3 Transformations-Modelle .....	834
12.2.4 Nichtsequentielle Vorgehensmodelle .....	834
12.2.5 Prototyping und Spiralmodelle .....	835
12.2.6 Modelle zur inkrementellen Systementwicklung .....	836
12.2.7 Evolutionäre Entwicklungsmodelle .....	836
12.2.8 Modelle zur objektorientierten Systementwicklung .....	837
12.3 Traditionelle Methoden zur Programmentwicklung .....	839
12.3.1 Strukturierte Programmierung .....	839
12.3.2 Schrittweise Verfeinerung und Top-down-Entwurf .....	839
12.3.3 Geheimnisprinzip, Daten-Abstraktion und Modularisierung .....	840
12.3.4 Strukturierte Analyse- und Entwurfstechniken .....	841
12.3.5 Entity/Relationship-Modellierung .....	842
12.3.6 Systematische Test-, Review- und Inspektionsverfahren .....	843
12.4 Objektorientierte Software-Entwicklungsmethoden .....	843
12.4.1 Prinzipien der Objektorientierung .....	843
12.4.2 Objektorientierter Entwurf .....	844
12.5 Objektorientierte Analyse und Modellierung .....	845
12.5.1 Standardisierung der objektorientierten Modellierung .....	846
12.5.2 Die Modellierungssprache UML .....	846
12.5.3 Software-Architektur .....	850
12.5.4 Entwurfsmuster und Frameworks .....	851
12.5.5 Aspekt-orientierte Entwicklung .....	851
12.5.6 Modell-getriebene Architektur .....	852
12.6 Projekt-Management .....	853
12.6.1 Projektinitialisierung und -planung .....	853
12.6.2 Projektsteuerung und -koordination .....	854
12.6.3 Projektabschluss und -bericht .....	855
12.7 Software-Qualitätssicherung .....	855
12.7.1 Qualitätsnormen und Zertifizierung .....	857
12.8 Werkzeuge und Programmierumgebungen .....	859
12.8.1 Klassifizierung von Werkzeugen .....	859
12.8.2 Werkzeuge zur Analyse und Modellierung .....	860
12.8.3 Werkzeuge für Spezifikation und Entwurf .....	860

12.8.4 Programmier-Werkzeuge .....	861
12.8.5 Test- und Fehlerbehebungs-Werkzeuge .....	861
12.8.6 Tätigkeitsübergreifende Werkzeuge .....	863
12.8.7 Entwicklungs-Umgebungen .....	864
<b>A Literatur</b>	<b>867</b>
A.1 Einführende Bücher .....	867
A.2 Lehrbücher der Informatik .....	867
A.3 Programmieren in Java .....	868
A.4 Algorithmen und Datenstrukturen .....	869
A.5 Rechnerarchitektur .....	869
A.6 Betriebssysteme .....	870
A.7 Rechnernetze .....	871
A.8 Internet .....	871
A.9 Theoretische Informatik und Compilerbau .....	872
A.10 Datenbanken .....	873
A.11 Grafikprogrammierung .....	874
A.12 Software-Entwicklung .....	875
A.13 Mathematischer Hintergrund .....	876
A.14 Sonstiges .....	876
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>877</b>