

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Informatik</b>	<b>23</b>
1.1	<i>Gegenstand</i>	23
1.2	<i>Teilgebiete der Informatik</i>	24
1.2.1	Technische Informatik	24
1.2.2	Praktische Informatik	25
1.2.3	Theoretische Informatik	26
1.2.4	Angewandte Informatik	27
1.2.4.1	Allgemeine Anwendungen	27
1.2.4.2	Spezielle Anwendungen	28
1.3	<i>Historische Entwicklung</i>	28
1.3.1	Erste Rechenhilfen	28
1.3.2	Mechanische Rechenmaschinen	29
1.3.3	Programmgesteuerte Automaten	29
1.3.4	Computer	30
1.3.5	Computergenerationen	31
1.4	<i>Informatik und Gesellschaft</i>	32
1.4.1	Die Informationsgesellschaft	32
1.4.2	Ausbildung	33
1.4.3	Fachverbände	34
1.4.4	Normungsgremien	35
<b>2</b>	<b>Informationsdarstellung</b>	<b>38</b>
2.1	<i>Information</i>	38
2.2	<i>Daten, Zeichen, Maschinenwort</i>	38
2.2.1	Konzept	38
2.2.2	Darstellung und Quantisierung	39
2.2.3	Codierung	41
2.3	<i>Zahlendarstellung</i>	44
2.3.1	Stellenwertsysteme	44
2.3.2	Konvertierungsverfahren	47
2.3.3	Zifferndarstellung im dichten Binärcode	48
2.3.4	Festkommazahlen	48
2.3.5	Gleitkommazahlen	50
2.4	<i>Darstellung von Zeichensätzen</i>	53
2.5	<i>Befehlsdarstellung</i>	55
2.5.1	Struktur von Maschinenbefehlen, Befehlssatz	55
2.5.2	Befehlsformate	57
2.5.3	Adressierungsarten	58
2.6	<i>Datenaustausch</i>	59
2.6.1	Byteordnung	59
2.6.2	Datenkompression	60
2.6.3	Datenaustauschformate	66
<b>3</b>	<b>Computer</b>	<b>73</b>
3.1	<i>Grundbegriffe</i>	73
3.1.1	Beschreibungsniveaus	73
3.1.2	Komponenten/Baugruppen	74

3.2	<i>Logische Schaltungen</i> . . . . .	75
3.2.1	Verknüpfungsglieder . . . . .	75
3.2.2	Schaltnetze . . . . .	78
3.2.3	Speicherglieder . . . . .	84
3.2.4	Schaltwerke . . . . .	88
3.3	<i>VON-NEUMANN-Rechnerkonzept</i> . . . . .	90
3.4	<i>Hauptkomponenten von Computern</i> . . . . .	91
3.4.1	Arithmetisch-logische Einheit (ALU) . . . . .	91
3.4.2	Hauptspeicher und Cache . . . . .	93
3.4.3	Steuerwerk . . . . .	98
3.4.4	Ein-/Ausgabe . . . . .	98
3.4.5	Grafik-Subsystem . . . . .	100
3.4.6	PC-Bushierarchie . . . . .	102
3.4.7	Industrielle Bussysteme . . . . .	106
3.5	<i>Alternative Rechnerkonzepte</i> . . . . .	107
3.5.1	Nutzung von Parallelität . . . . .	107
3.5.2	Datenflussarchitekturen . . . . .	109
3.5.3	SIMD-Architekturen . . . . .	109
3.5.4	MIMD-Architekturen . . . . .	110
3.5.5	Multicore-Architekturen . . . . .	111
3.5.6	Spezialarchitekturen . . . . .	112
3.5.7	Echtzeitsysteme . . . . .	113
3.6	<i>Rechnersysteme</i> . . . . .	113
3.6.1	Supercomputer . . . . .	114
3.6.2	Mainframes . . . . .	114
3.6.3	Workstations . . . . .	115
3.6.4	PC/NC . . . . .	115
3.6.5	Mikrocontroller . . . . .	116
3.6.6	Mobile Computer (Mobile Computing) . . . . .	116
3.6.7	Pervasive/Ubiquitous Computing . . . . .	117
3.6.8	Verlustleistungsbetrachtung . . . . .	117
4	<b>Externe Speicher</b> . . . . .	119
4.1	<i>Grundlagen, Speicherhierarchie und externe Speicher</i> . . . . .	119
4.2	<i>Systematisierung nach dem physikalischen Prinzip</i> . . . . .	121
4.2.1	Mechanische und bedruckte Speichermedien . . . . .	121
4.2.2	Magnetische Speichermedien . . . . .	122
4.2.2.1	Grundprinzip . . . . .	122
4.2.2.2	Disketten . . . . .	123
4.2.2.3	Festplatten . . . . .	123
4.2.2.4	RAID-Systeme . . . . .	125
4.2.2.5	Magnetische Wechselmedien . . . . .	126
4.2.2.6	Magnetbänder . . . . .	127
4.2.3	Optische Speichermedien . . . . .	128
4.2.3.1	CD-Varianten . . . . .	129
4.2.3.2	Magneto-optische Speicher . . . . .	135
4.2.3.3	WORM . . . . .	136
4.2.4	Mikroelektronische (Massen-)Speichermedien . . . . .	136
4.2.4.1	Chipkarten mit Mikroprozessoren . . . . .	136

---

4.2.4.2	Flash-Speicherkarten und Memory-Sticks	136
4.2.4.3	Solid State Drive (SSD)	137
4.2.4.4	RFID (Radio Frequency Identification)	138
4.3	<i>Systematisierung nach der Zugriffs- und Anwendungshierarchie</i>	140
4.4	<i>Speichernetze</i>	141
4.4.1	Network Attached Storage (NAS)	141
4.4.2	Storage Area Network (SAN)	142
<b>5</b>	<b>Periphere Geräte</b>	<b>143</b>
5.1	<i>Zeichen- und Bildeingabe</i>	143
5.1.1	Tastaturen und Grafiktablets	143
5.1.2	Scanner und optische Markierungs- und Schriftenleser	144
5.1.3	Digitale Fotoapparate und Videokameras	147
5.2	<i>Zeigegeräte</i>	149
5.2.1	Maus, Trackball, Touchpad, Joysticks	149
5.2.2	Spezielle multimediale Eingabegeräte	149
5.2.3	Touch-Screens und Lichtgriffel	150
5.3	<i>Optische Ausgaben</i>	151
5.3.1	Monitore	151
5.3.1.1	CRT-Monitor	152
5.3.1.2	Flachdisplay	152
5.3.2	Großdisplays und Projektoren	154
5.3.3	3D-Bildschirme	154
5.3.4	Elektronisches Papier	155
5.4	<i>Druckausgaben</i>	156
5.4.1	Allgemeines	156
5.4.2	Nadeldrucker	157
5.4.3	Laserdrucker	157
5.4.4	Tintenstrahldrucker	159
5.4.5	Thermodrucker	160
5.5	<i>Multifunktionsgeräte</i>	162
5.6	<i>Akustische Ein- und Ausgaben</i>	162
5.6.1	Spracherkennung	162
5.6.2	Erfassung von Audio-Signalen	163
5.6.3	Ausgabe von Audio-Signalen	163
5.7	<i>Virtual Reality, Wearable Computing und Augmented Computing</i>	164
5.7.1	Begriffe	164
5.7.2	Peripherie im Umfeld von VR/AR	166
5.8	<i>Mobile Peripherie</i>	169
<b>6</b>	<b>Algorithmen und Datenstrukturen</b>	<b>171</b>
6.1	<i>Algorithmusbegriff</i>	171
6.1.1	Darstellungsformen für Algorithmen	172
6.1.1.1	Programmablaufplan	172
6.1.1.2	Struktogramm	172
6.1.1.3	Pseudocode	172
6.1.2	Grundelemente der Algorithmenbeschreibung durch Pseudocode	173
6.1.2.1	Variable, Ausdrücke und Zuweisungen	173
6.1.2.2	Kontrollstrukturen	174
6.1.2.3	Prozeduren und Funktionen	176

6.1.2.4	Komplexe Datentypen	176
6.1.2.5	Rekursion	178
6.1.3	Eigenschaften von Algorithmen	178
6.1.3.1	Korrektheit	178
6.1.3.2	Komplexität	179
6.2	<i>Grundlegende Datenstrukturen</i>	179
6.2.1	Sequenzielle Datenstrukturen	180
6.2.1.1	Abstrakte Operationen	180
6.2.1.2	Realisierung sequenzieller Datenstrukturen durch Felder	180
6.2.1.3	Verkettete Liste	181
6.2.1.4	Stapelspeicher	182
6.2.1.5	Warteschlange	183
6.2.2	Nichtsequenzielle Datenstrukturen	183
6.2.2.1	Allgemeine Graphen	183
6.2.2.2	Graphalgorithmen	184
6.2.2.3	Bäume	186
6.3	<i>Suchalgorithmen und assoziativer Speicher</i>	187
6.3.1	Abstrakte Operationen	187
6.3.2	Direkte Implementierung durch sequenzielle Datenstrukturen	187
6.3.3	Streutabellen (Hashing)	188
6.3.4	Binäre Suchbäume	189
6.4	<i>Sortieren auf Feldern</i>	190
6.4.1	Naive Sortierverfahren	191
6.4.2	Effiziente Sortierverfahren	191
6.5	<i>Evolutionäre und genetische Algorithmen</i>	193
<b>7</b>	<b>Programmiersprachen</b>	<b>195</b>
7.1	<i>Grundlagen</i>	195
7.1.1	Syntax und Semantik	195
7.1.2	Verarbeitung von Programmiersprachen	196
7.1.3	Klassifizierung von Programmiersprachen	197
7.2	<i>Prozedurale Programmierung</i>	198
7.2.1	Elementare Datentypen	199
7.2.2	Kontrollstrukturen	199
7.2.3	Komplexe Datentypen	200
7.3	<i>Objektorientierte Programmierung</i>	202
7.3.1	Klassen	203
7.3.2	Vererbung	204
7.3.3	Schnittstellen	205
7.3.4	Klassenbibliotheken	206
7.3.5	Hybride objektorientierte Sprachen	207
7.4	<i>Nichtprozedurale Programmierung</i>	208
7.4.1	Visuelle Programmierung	208
7.4.2	Funktionale Programmierung	208
7.4.3	Logikprogrammierung	210
7.5	<i>Parallele und Echtzeitprogrammierung</i>	211
7.5.1	SIMD-Programmierung	211

---

7.5.2	MIMD-Programmierung . . . . .	212
7.5.3	Echtzeitprogrammierung . . . . .	213
7.6	<i>Anwendungssprachen und Skriptsprachen</i> . . . . .	214
7.6.1	Datenbankprogrammierung . . . . .	215
7.6.2	Betriebswirtschaftliche Programmierung . . . . .	215
7.6.3	Skriptsprachen . . . . .	217
7.6.4	Programmierung von Steuerungssystemen . . . . .	219
<b>8</b>	<b>Software Engineering</b> . . . . .	<b>220</b>
8.1	<i>Überblick und Einordnung</i> . . . . .	220
8.2	<i>Vorgehensmodelle</i> . . . . .	222
8.2.1	Software-Entwicklungsphasen . . . . .	222
8.2.2	Definition Vorgehensmodelle . . . . .	225
8.2.3	Plangetriebene Vorgehensmodelle . . . . .	226
8.2.4	Agile Modelle . . . . .	229
8.2.5	Auswahl und Anpassung der Vorgehensmodelle . . . . .	231
8.3	<i>Objektorientierte Modellierung</i> . . . . .	231
8.3.1	Methodische Einordnung . . . . .	231
8.3.2	Definitionen . . . . .	232
8.3.3	UML als Modellierungssprache . . . . .	233
8.3.4	Objektorientierte Analyse und -design . . . . .	240
8.4	<i>Requirement Engineering</i> . . . . .	242
8.4.1	Begriffsklärung und Einordnung . . . . .	242
8.4.2	Merkmale guter Anforderungen . . . . .	244
8.4.3	Arten der Anforderungsspezifikation . . . . .	245
8.5	<i>Software-Qualitätsmanagement</i> . . . . .	246
8.5.1	Begriffsklärung und Einordnung . . . . .	246
8.5.2	Prozessverbesserung . . . . .	247
8.6	<i>Testen</i> . . . . .	248
8.6.1	Grundlagen . . . . .	248
8.6.2	Testaktivitäten . . . . .	249
8.6.3	Methoden zur Testfallermittlung . . . . .	250
8.6.4	Statischer Test . . . . .	253
8.7	<i>Konfigurations- und Änderungsmanagement</i> . . . . .	253
8.8	<i>Softwaremanagement</i> . . . . .	254
8.8.1	Begriffsbestimmung . . . . .	254
8.8.2	Projekt- und Risikomanagement . . . . .	255
8.8.3	Produktmanagement . . . . .	256
8.9	<i>Tool-Unterstützung</i> . . . . .	257
<b>9</b>	<b>Betriebssysteme</b> . . . . .	<b>258</b>
9.1	<i>Überblick und Einordnung</i> . . . . .	258
9.1.1	Anforderungen und Aufgaben . . . . .	258
9.1.2	Klassifikation . . . . .	259
9.2	<i>Architektur von Betriebssystemen</i> . . . . .	260
9.2.1	Entwurfskriterien . . . . .	260
9.2.2	Hauptkomponenten . . . . .	260
9.2.3	Architekturmodelle . . . . .	261
9.2.4	Schnittstellen . . . . .	263

9.3	<i>Prozesse</i>	264
9.3.1	Prozesskonzept	264
9.3.2	Verwaltung paralleler Prozesse	265
9.3.2.1	Prozesszustände	265
9.3.2.2	Prozessbeschreibung	266
9.3.2.3	Prozesswechsel	267
9.3.2.4	Threads	268
9.3.3	Koordinierung paralleler Prozesse	269
9.3.3.1	Wechselwirkungen zwischen Prozessen	269
9.3.3.2	Konkurrenz zwischen Prozessen	270
9.3.3.3	Kooperation von Prozessen	272
9.4	<i>Betriebsmittel</i>	275
9.4.1	Klassifikation	275
9.4.2	Verwaltung	276
9.4.3	Verklemmungen	277
9.5	<i>Speicherverwaltung</i>	279
9.5.1	Aufgaben	279
9.5.2	Einfache Speicherverwaltung	280
9.5.3	Verfahren bei Speichermangel	280
9.5.3.1	Swapping	281
9.5.3.2	Virtueller Speicher	281
9.6	<i>Ein-/Ausgabe-System</i>	284
9.6.1	Anforderungen und Struktur	284
9.6.2	Physisches Ein-/Ausgabe-System	284
9.6.3	Logisches Eingabe-/Ausgabe-System	285
9.7	<i>Dateiverwaltung</i>	286
9.7.1	Dateikonzept	286
9.7.2	Dateiorganisation	286
9.7.3	Speicherplatzzuordnung und -verwaltung	287
9.7.4	Verzeichnisse	287
9.7.5	Datenträger-Organisation	288
9.7.6	Sicherheit und Zugriffsschutz	289
9.7.7	Leistungsverbesserungen	290
9.7.8	Systemdienste zur Dateiverwaltung	290
9.8	<i>Einsatz von Betriebssystemen</i>	291
9.8.1	Installation und Konfigurierung	291
9.8.2	Boot-Vorgang	291
9.8.3	Administration	292
9.8.4	Leistungsbewertung	292
9.8.5	Schutz und Sicherheit	293
9.8.6	Virtualisierung von Betriebssystemumgebungen	294
9.8.7	Betriebssysteme für spezielle Einsatzgebiete	295
9.8.7.1	Echtzeitbetriebssysteme	295
9.8.7.2	Betriebssysteme für mobile Geräte	297
9.8.7.3	Netzwerk-Betriebssysteme	297
9.8.7.4	Verteilte Systeme	298
9.8.7.5	Betriebssysteme für Parallelrechner	298
9.9	<i>Fallstudien universeller Betriebssysteme</i>	299

---

<b>10 Datenkommunikation . . . . .</b>	<b>302</b>
10.1 <i>OSI-Basisreferenzmodell der ISO</i> . . . . .	302
10.1.1 Hierarchische Mehrschichtenstrukturierung . . . . .	302
10.1.2 Dienstmodell . . . . .	304
10.1.3 Hauptfunktionen der OSI-Schichten . . . . .	305
10.2 <i>Datennetze</i> . . . . .	307
10.2.1 Aufbau von Datennetzen . . . . .	309
10.2.2 Netzstrukturen . . . . .	310
10.2.3 Betriebsverfahren der Datenkommunikation . . . . .	312
10.2.3.1 Belegungsstrategien der Übertragungskanäle . . . . .	312
10.2.3.2 Methoden der richtungsabhängigen Informationsüber- mittlung . . . . .	314
10.2.3.3 Kommunikationsarten . . . . .	315
10.2.3.4 Vermittlung in Datennetzen . . . . .	316
10.2.3.5 Synchronisationsverfahren . . . . .	318
10.2.4 Fehlersicherung in Datennetzen . . . . .	321
10.2.5 Übertragungssteuerung in Datennetzen . . . . .	322
10.2.6 Weitverkehrsnetze (WAN) . . . . .	322
10.2.6.1 Datenpaketnetze . . . . .	323
10.2.6.2 Frame-Relay-Netze . . . . .	326
10.2.6.3 Diensteintegrierende digitale Netze . . . . .	327
10.2.6.4 xDSL-Zugangsnetze . . . . .	331
10.2.7 Lokale Netze (LAN) . . . . .	333
10.2.7.1 Grundlagen . . . . .	333
10.2.7.2 Lokale Netze vom Ethernet-Typ . . . . .	336
10.2.7.3 Drahtlose lokale Netze . . . . .	339
10.2.7.4 Metropolitan Area Networks/Citynetze . . . . .	341
10.2.7.5 Datenfunknetze . . . . .	341
10.3 <i>Vermittlung in Datennetzen</i> . . . . .	344
10.3.1 Grundlagen . . . . .	344
10.3.2 Protokolle der Vermittlungsschicht . . . . .	346
10.3.2.1 Internetprotokolle . . . . .	346
10.3.2.2 Adressierung . . . . .	351
10.3.2.3 ITU-T X.25 . . . . .	354
10.4 <i>Datenkommunikation mit Ende-zu-Ende-Signifikanz</i> . . . . .	355
10.4.1 Transmission Control Protocol TCP . . . . .	356
10.4.2 User Datagram Protocol UDP . . . . .	359
<b>11 Internet und Intranet . . . . .</b>	<b>361</b>
11.1 <i>Einführung</i> . . . . .	361
11.2 <i>Entwicklung und Verwaltung</i> . . . . .	362
11.2.1 Geschichte . . . . .	362
11.2.2 Gremien . . . . .	363
11.2.3 Standardisierung im Internet . . . . .	364
11.3 <i>Technologie</i> . . . . .	364
11.3.1 Netzwerktechnologie . . . . .	364
11.3.2 Internet-Zugang . . . . .	365
11.3.3 Domain Name Service DNS . . . . .	367

11.3.4 Ressourcen im Internet . . . . .	368
11.3.5 Multipurpose Internet Mail Extension MIME . . . . .	368
<b>11.4 Anwendungen im Internet und Intranet . . . . .</b>	<b>370</b>
11.4.1 TELNET . . . . .	370
11.4.2 SSH . . . . .	371
11.4.3 SMTP . . . . .	371
11.4.4 FTP und SFTP . . . . .	372
11.4.5 HTTP . . . . .	373
11.4.6 Voice over IP (VoIP) . . . . .	374
11.4.7 Media Streaming im Internet . . . . .	376
11.4.8 Weitere Anwendungen im Internet . . . . .	377
<b>11.5 Verteilte Anwendungen im Internet . . . . .</b>	<b>379</b>
11.5.1 Verteilte Benutzungsschnittstellen . . . . .	379
11.5.2 Verteilte Datenhaltung . . . . .	380
11.5.3 Grid Computing und Cloud Computing . . . . .	381
11.5.4 E-Learning . . . . .	382
<b>11.6 World Wide Web . . . . .</b>	<b>384</b>
11.6.1 Technologie . . . . .	385
11.6.2 HTML . . . . .	386
11.6.3 XML-Anwendungen . . . . .	388
11.6.4 Suchmaschinen . . . . .	389
11.6.5 Web 2.0 . . . . .	390
11.6.6 Semantic Web . . . . .	392
<b>11.7 Sicherheit im Internet . . . . .</b>	<b>393</b>
11.7.1 Viren, Würmer und Trojaner . . . . .	393
11.7.2 Andere Angriffsszenarien . . . . .	394
11.7.3 Abwehrzzenarien . . . . .	395
<b>11.8 Client-Server-Technologie im Internet . . . . .</b>	<b>397</b>
<b>12 Verteilte Systeme und Entwicklung verteilter Anwendungen . . . . .</b>	<b>400</b>
<b>12.1 Einleitung . . . . .</b>	<b>400</b>
12.1.1 Definition und Abgrenzung . . . . .	400
12.1.2 Nutzung verteilter Systeme . . . . .	400
12.1.3 Transparenz . . . . .	401
<b>12.2 Kommunikation in verteilten Systemen . . . . .</b>	<b>402</b>
12.2.1 Client-Server-Kommunikation . . . . .	402
12.2.2 Kommunikation über Sockets . . . . .	403
12.2.2.1 Kommunikation über UDP . . . . .	403
12.2.2.2 Kommunikation über TCP . . . . .	404
12.2.2.3 Nachteile der Sockets . . . . .	405
12.2.3 Prozedurfernaufaufruf (Remote Procedure Call) . . . . .	406
12.2.4 Methodenfernaufaufruf . . . . .	407
12.2.4.1 RMI . . . . .	408
12.2.4.2 CORBA . . . . .	410
12.2.4.3 Auskunfts- und Verzeichnisdienste . . . . .	411
12.2.5 Asynchrone Kommunikation . . . . .	413
<b>12.3 Entwicklung verteilter Anwendungen . . . . .</b>	<b>414</b>
12.3.1 Mehrschichtige Architekturmodelle . . . . .	414
12.3.1.1 Zweischichtige Architektur . . . . .	415

12.3.1.2 Dreischichtige Architektur . . . . .	415
12.3.1.3 Vierschichtige Architektur . . . . .	415
12.3.2 Enterprise Java Beans (EJB) . . . . .	416
12.3.2.1 Arten von Enterprise Java Beans . . . . .	416
12.3.2.2 Session Beans . . . . .	418
12.3.2.3 Clients von Session Beans . . . . .	420
12.3.2.4 Entities . . . . .	421
12.3.2.5 Funktionen eines EJB-Servers . . . . .	421
12.3.3 Webbasierte Anwendungen mit Servlets, Java Server Pages und Java Server Faces . . . . .	422
12.3.3.1 Java Servlets . . . . .	422
12.3.3.2 Java Server Pages (JSP) . . . . .	425
12.3.3.3 Java Server Faces (JSF) . . . . .	426
12.3.3.4 AJAX . . . . .	427
12.4 <i>Grundlegende Aspekte verteilter Systeme</i> . . . . .	428
12.4.1 Zeit in verteilten Systemen . . . . .	428
12.4.1.1 Uhrensynchronisation . . . . .	428
12.4.1.2 Logische Uhren und logische Zeit . . . . .	428
12.4.2 Globale Zustände . . . . .	430
12.4.3 Gegenseitiger Ausschluss . . . . .	431
12.4.4 Wahl eines Anführers . . . . .	431
12.4.5 Nachrichtenreihenfolgen . . . . .	432
12.4.5.1 Totale Reihenfolge . . . . .	432
12.4.5.2 Kausale Reihenfolge . . . . .	433
12.4.6 Übereinstimmungsprobleme . . . . .	433
12.4.7 Transaktionen . . . . .	434
12.4.7.1 Eigenschaften . . . . .	434
12.4.7.2 Nebenläufigkeitskontrolle . . . . .	435
12.4.7.3 Verteilte Transaktionen . . . . .	435
12.5 <i>Peer-to-Peer-Systeme</i> . . . . .	437
12.5.1 Definition und Einsatzgebiete . . . . .	438
12.5.2 Klassifikation von Peer-to-Peer-Systemen . . . . .	438
12.5.3 Beispiele für Peer-to-Peer-Systeme . . . . .	439
12.5.3.1 Beispiele für unstrukturierte Systeme . . . . .	439
12.5.3.2 Beispiele für strukturierte Systeme . . . . .	440
<b>13 Datenbanken . . . . .</b>	<b>441</b>
13.1 <i>Grundlagen</i> . . . . .	441
13.1.1 Terminologie . . . . .	441
13.1.2 Merkmale eines DBMS . . . . .	442
13.1.3 Architektur eines Datenbanksystems . . . . .	443
13.1.4 Benutzerrollen in einem Datenbanksystem . . . . .	444
13.2 <i>Datenbankentwurf</i> . . . . .	445
13.2.1 Phasenmodell des Datenbankentwurfs . . . . .	445
13.2.2 Entity-Relationship-Modell . . . . .	445
13.2.3 Relationales Datenmodell . . . . .	446
13.2.3.1 Abbildung des ERM auf das Relationenmodell . . . . .	447
13.2.3.2 Entwurfstheorie für relationale Datenbanken . . . . .	448
13.2.3.3 Grundlagen relationaler Sprachen . . . . .	450

13.3	<i>SQL</i>	451
13.3.1	Grundkonzepte	451
13.3.2	SELECT-Anfragen	451
13.3.3	Datenmanipulation (DML)	452
13.3.4	Datendefinition (DDL)	452
13.3.5	Kontrollanweisungen (DCL)	454
13.3.6	Objektrelationale Erweiterungen	454
13.3.7	Datenbankanwendungsprogrammierung	455
13.3.7.1	Embedded SQL	455
13.3.7.2	Aufrufsnittstellen	456
13.3.7.3	Relationale Datenbankprogrammiersprachen	457
13.3.7.4	Objektrelationales Mapping (ORM)	457
13.4	<i>Datenbanken im Web</i>	458
13.4.1	Anbindungstechniken	458
13.4.2	XML und Datenbanken	459
13.4.3	Datenbanken als Service	461
13.5	<i>Implementierungstechniken</i>	462
13.5.1	Speicher- und Zugriffssystem	462
13.5.2	Datenbankpuffer	462
13.5.3	Interne Dateiorganisation	463
13.5.4	Zugriffsstrukturen	463
13.5.4.1	Indexstrukturen	463
13.5.4.2	Balancierte Mehrwegbäume	463
13.5.4.3	Hash-Verfahren	464
13.5.4.4	Strukturen für mehrdimensionale Daten	464
13.5.5	Anfrageverarbeitung und -optimierung	465
13.5.5.1	Phasen	465
13.5.5.2	Kosten und Statistiken	466
13.5.6	Transaktionsverwaltung	467
13.5.6.1	Grundlagen von Transaktionen	467
13.5.6.2	Concurrency-Control-Techniken	468
13.5.7	Recovery	469
13.6	<i>Data Warehousing und Data Mining</i>	471
13.6.1	Data Warehouse	471
13.6.2	OLAP	472
13.6.3	Data Mining	474
13.7	<i>Fortgeschrittene Konzepte</i>	474
13.7.1	Verteilte Datenbanken	474
13.7.2	Multimedia-Datenbanken	475
13.7.3	Geodatenbanken	476
13.7.4	Biologische Datenbanken	477
13.7.5	Aktuelle Entwicklungen	478
<b>14</b>	<b>Datenschutz und Datensicherheit</b>	<b>480</b>
14.1	<i>Grundbegriffe</i>	480
14.1.1	Schutzziele	480
14.1.2	Angreifermodell	481
14.1.3	Sicherheitsmanagement	481

---

14.2	<i>Sicherheit einzelner Rechner</i>	482
14.2.1	Physische Sicherheit	482
14.2.2	Zugangskontrolle und Identifikation von Menschen durch IT-Systeme	483
14.2.3	Zugriffskontrolle und Rechtevergabe	484
14.2.4	Schutz vor Computerviren durch geringstmögliche Privileierung	485
14.3	<i>Sicherheit in verteilten Systemen</i>	486
14.3.1	Kryptographie	486
14.3.1.1	Symmetrisches kryptographisches Konzelationssystem	487
14.3.1.2	Asymmetrisches kryptographisches Konzelationssystem	488
14.3.1.3	Symmetrisches kryptographisches Authentikationssystem	489
14.3.1.4	Asymmetrisches kryptographisches Authentikations- system	489
14.3.1.5	Hybride Kryptosysteme	491
14.3.1.6	Secure Sockets Layer (SSL)	492
14.3.1.7	IPsec und IP Version 6	493
14.3.1.8	RSA	494
14.3.2	Steganographie	496
14.3.2.1	Symmetrisches steganographisches Konzelationssys- tem	496
14.3.2.2	Steganographisches Authentikationssystem	497
14.3.3	Diversität als Verfügbarkeitsmaßnahme	497
14.4	<i>Datenschutzfreundliche Technologien</i>	498
14.4.1	Schutz des Empfängers durch Verteilung (Broadcast)	498
14.4.2	Proxies	499
14.4.3	Das Mix-Netz	500
14.4.4	Das DC-Netz: Schutz des Senders	500
14.4.5	Pseudonymität	501
<b>15</b>	<b>Computer- und Multimedierecht</b>	<b>504</b>
15.1	<i>Einleitung</i>	504
15.1.1	Unsere Rechtsordnung im Überblick	504
15.1.2	Gerichtsbarkeit	505
15.1.3	Wichtige Rechtsgebiete für Informatiker	506
15.1.3.1	Anwendungsspezifische Rechtsvorschriften	506
15.1.3.2	Anwendungsübergreifende Rechtsvorschriften	506
15.2	<i>IT-Vertragsrecht</i>	507
15.2.1	Allgemeines Vertragsrecht	507
15.2.2	Typische IT-Verträge	509
15.3	<i>Schutz des geistigen Eigentums</i>	511
15.3.1	Überblick	511
15.3.2	Schutz von Computerprogrammen	512
15.3.2.1	Entwicklung des Softwareschutzes	512
15.3.2.2	Besondere Regelungen über den Schutz von Compu- terprogrammen	512

15.3.3	Besondere Regelungen über den Schutz von Datensammlungen und Datenbanken . . . . .	513
15.3.4	Anpassung des Urheberrechts an das Internet . . . . .	514
15.3.4.1	Herausforderung des Urheberrechts durch die Digital-technik . . . . .	514
15.3.4.2	Wesentliche Regelungen der Urheberrechtsnovelle 2003 (Korb 1) . . . . .	515
15.3.4.3	Wesentliche Regelungen der Urheberrechtsnovelle 2007 (Korb 2) . . . . .	516
15.4	<i>Datenschutz</i> . . . . .	516
15.4.1	Bundesdatenschutzgesetz . . . . .	516
15.4.2	Telekommunikationsgesetz . . . . .	517
15.4.3	Telemediengesetz . . . . .	517
15.4.4	Sonstige bereichsspezifischen Datenschutzregelungen . . . . .	518
15.5	<i>Multimedia- bzw. Internet-Recht</i> . . . . .	518
<b>16</b>	<b>Mensch-Computer-Interaktion</b> . . . . .	<b>520</b>
16.1	<i>Was ist Mensch-Computer-Interaktion?</i> . . . . .	520
16.2	<i>Kognitive Grundlagen</i> . . . . .	521
16.2.1	Wahrnehmung . . . . .	521
16.2.2	Behalten und Vergessen . . . . .	523
16.2.3	Schlussfolgerndes Denken . . . . .	523
16.2.4	Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Wiedererkennen . . . . .	524
16.3	<i>Entwurf und Spezifikation</i> . . . . .	526
16.3.1	Benutzer- und Benutzungsmodelle . . . . .	526
16.3.2	Prinzipien und Richtlinien . . . . .	527
16.3.2.1	Benutzer- und Aufgabenprofile . . . . .	528
16.3.2.2	Informationsdarstellungen . . . . .	529
16.3.2.3	Informationseingaben . . . . .	530
16.3.3	Interaktionsstile . . . . .	530
16.3.3.1	Kommandos . . . . .	531
16.3.3.2	Menüs . . . . .	531
16.3.3.3	Dialoge und Formulare . . . . .	531
16.3.3.4	Direkte Manipulation . . . . .	532
16.3.4	Formale Spezifikationen . . . . .	532
16.4	<i>Usability Engineering</i> . . . . .	533
16.4.1	Gebrauchstauglichkeit im Nutzungskontext . . . . .	533
16.4.2	Kontext- und Aufgabenszenarien . . . . .	534
16.4.3	Informations- und Interaktionsdesign . . . . .	535
16.4.4	Prototypen und Evaluation . . . . .	535
16.4.5	Usability-Evaluation . . . . .	536
16.4.6	Joy of Use . . . . .	537
16.5	<i>Virtuelle Assistenten</i> . . . . .	538
16.5.1	Agenten . . . . .	538
16.5.2	Avatare . . . . .	538
16.5.3	MCI bei Virtual Reality, Augmented Reality, Wearable Computing . . . . .	539
16.6	<i>Barrierefreiheit (accessibility)</i> . . . . .	540

<b>17 Computergrafik</b> . . . . .	<b>541</b>
17.1 <i>Computergrafik als Teilgebiet der grafischen Datenverarbeitung</i> . . . . .	541
17.2 <i>Datenmodelle für geometrische Objekte</i> . . . . .	542
17.2.1 Darstellung von Kurven . . . . .	543
17.2.2 Darstellung von Flächen . . . . .	544
17.2.3 Fraktale Modelle . . . . .	545
17.2.4 Darstellung von Körpern . . . . .	547
17.2.4.1 Kantenmodell . . . . .	547
17.2.4.2 Flächenmodelle . . . . .	547
17.2.4.3 Translationskörper . . . . .	547
17.2.4.4 Zusammensetzen von Teilkörpern . . . . .	548
17.3 <i>Algorithmen der Computergrafik</i> . . . . .	548
17.3.1 Geometrische Transformationen . . . . .	549
17.3.2 Darstellung von geometrischen Objekten . . . . .	550
17.3.2.1 Rasterkonvertierung und Alias-Effekte . . . . .	550
17.3.2.2 Ermittlung sichtbarer Flächen . . . . .	553
17.3.3 Fotorealistische Darstellungen . . . . .	554
17.3.3.1 Beleuchtungsmodelle . . . . .	555
17.3.3.2 Schattierung von Polygonen . . . . .	556
17.3.4 Modellierung von Oberflächen . . . . .	557
17.4 <i>Programmierung von Grafiksystemen</i> . . . . .	558
17.4.1 Standardisierung der Programmierung . . . . .	559
17.4.2 Datenaustausch zwischen Grafiksystemen . . . . .	560
17.5 <i>Anwendungen der Computergrafik</i> . . . . .	561
17.5.1 Gebrauchsgrafiken . . . . .	561
17.5.2 CAD-Systeme . . . . .	561
17.5.3 Computeranimation . . . . .	562
17.5.4 Computerspiele . . . . .	563
17.5.5 Virtuelle Realität . . . . .	563
<b>18 Bildverarbeitung</b> . . . . .	<b>564</b>
18.1 <i>Grundbegriffe</i> . . . . .	564
18.2 <i>Bildtransformationen für die Bildbearbeitung</i> . . . . .	569
18.2.1 Skalierung im Farbbereich . . . . .	569
18.2.2 Rangordnungsoperatoren . . . . .	570
18.2.3 Faltung . . . . .	571
18.2.4 Diskrete Bildapproximation . . . . .	571
18.2.5 FOURIER-Transformation . . . . .	572
18.2.6 Differenzenoperatoren . . . . .	575
18.2.7 Geometrische Transformationen . . . . .	576
18.3 <i>Bildverbesserung</i> . . . . .	576
18.3.1 Kontrast, Helligkeit . . . . .	577
18.3.2 Glätten . . . . .	578
18.3.3 Kantenverstärkung . . . . .	579
18.4 <i>Bildanalyse</i> . . . . .	580
18.4.1 Regionenorientierte Segmentierung . . . . .	580
18.4.2 Kanten- und Linienextraktion . . . . .	582

---

<b>19</b>	<b>Theoretische Informatik</b>	<b>584</b>
19.1	<i>Formale Sprachen und Automaten</i>	584
19.1.1	Grundlegende Begriffe	584
19.1.2	Endliche Automaten und reguläre Ausdrücke	585
19.1.2.1	Endliche Automaten	585
19.1.2.2	Reguläre Ausdrücke	587
19.1.2.3	Kellerautomaten	587
19.1.3	Formale Sprachen	589
19.1.3.1	Grammatiken für formale Sprachen und Ableitungen	589
19.1.3.2	Normalformen	590
19.1.3.3	Abschluss- und Entscheidbarkeitseigenschaften von Sprachklassen	591
19.2	<i>Modelle der Berechenbarkeit</i>	591
19.2.1	TURING-Maschinen	592
19.2.1.1	TURING-Berechenbarkeit	593
19.2.1.2	Die universelle TURING-Maschine	594
19.2.2	Partiell rekursive Funktionen	595
19.2.3	Unentscheidbare Probleme	596
19.2.3.1	Entscheidbarkeit und Semientscheidbarkeit	596
19.2.3.2	Das Halteproblem	597
19.2.3.3	Weitere unentscheidbare Probleme	597
19.3	<i>Komplexitätstheorie</i>	598
19.3.1	Komplexitätssklassen	598
19.3.1.1	Die $O$ -Notation	599
19.3.1.2	Die Klassen $\mathcal{P}$ und $\mathcal{NP}$	599
19.3.2	NP-Vollständigkeit	600
19.3.3	NP-vollständige Probleme	601
19.4	<i>Logik</i>	602
19.4.1	Aussagenlogik	602
19.4.1.1	Syntax und Semantik	602
19.4.1.2	Äquivalenz und Normalformen	603
19.4.1.3	Folgerung und Resolution	604
19.4.2	Prädikatenlogik	605
19.4.2.1	Syntax und Semantik	605
19.4.2.2	Äquivalenz und Normalformen	607
19.4.2.3	Unifikation und Resolution	607
<b>20</b>	<b>Wissensverarbeitung</b>	<b>609</b>
20.1	<i>Wissensverarbeitung und Künstliche Intelligenz</i>	609
20.2	<i>Heuristische Suche</i>	610
20.2.1	Zustandsraum und Suchbaum	610
20.2.2	Uninformierte Suchverfahren	611
20.2.3	Heuristische Suchverfahren	613
20.2.4	Optimierungsprobleme	614
20.2.4.1	Optimale Suchverfahren	614
20.2.4.2	Der A*-Algorithmus	615
20.3	<i>Wissensverarbeitung mit Logik</i>	615
20.4	<i>Regelsysteme</i>	616
20.4.1	Aufbau eines Regelsystems	616

---

20.4.2 Die Rückwärtsverkettung . . . . .	618
20.4.3 Die Vorwärtsverkettung . . . . .	618
20.4.4 Konfliktlösung . . . . .	619
20.5 Weitere Wissensrepräsentationsformalismen . . . . .	620
20.5.1 Semantische Netze . . . . .	620
20.5.2 Beschreibungslogiken . . . . .	621
20.5.3 Constraint-Netze . . . . .	622
20.6 Unvollständiges Wissen . . . . .	623
20.6.1 Nichtmonotone Logiken . . . . .	623
20.6.2 Begründungsverwaltung . . . . .	624
20.7 Unsicheres Wissen . . . . .	625
20.7.1 Wahrscheinlichkeiten . . . . .	626
20.7.2 BAYES'sche Netze . . . . .	627
20.8 Fuzzy-Logik . . . . .	630
20.8.1 Fuzzy-Menge und Fuzzy-Logik . . . . .	630
20.8.2 Fuzzy Control . . . . .	631
20.9 Künstliche neuronale Netze . . . . .	633
20.9.1 Allgemeines Modell . . . . .	634
20.9.2 Das Perzeptron . . . . .	637
20.9.2.1 Aufbau des Perzeptrons . . . . .	637
20.9.2.2 Die Lernregel für das Perzeptron . . . . .	637
20.9.3 Mehrschicht-Perzeptron . . . . .	638
20.9.3.1 Formales Modell . . . . .	638
20.9.3.2 Lernregel (Backpropagation) . . . . .	639
20.10 Ausblick . . . . .	640
<b>21 Betriebliche Informationssysteme . . . . .</b>	<b>642</b>
21.1 Innerbetriebliche Informationssysteme . . . . .	642
21.1.1 Aufgabenbereiche . . . . .	642
21.1.2 Teilsysteme betrieblicher Informationsverarbeitung . . . . .	643
21.1.3 Spezielle Branchensysteme . . . . .	645
21.1.4 Integration von Informationssystemen . . . . .	647
21.1.5 Beispiele . . . . .	651
21.2 Zwischenbetriebliche Informationssysteme . . . . .	653
21.2.1 Ansatz, Ziele und Risiken . . . . .	653
21.2.2 Electronic Data Interchange (EDI) . . . . .	654
21.2.3 Supply Chain Management . . . . .	655
21.3 Electronic Business . . . . .	656
21.3.1 Begriffe und technologische Grundlagen . . . . .	656
21.3.2 Anwendungen im B2C . . . . .	659
21.3.3 Anwendungen im B2B . . . . .	660
21.4 Management betrieblicher Informationssysteme . . . . .	663
21.4.1 Informationsmanagement . . . . .	663
21.4.2 Projektmanagement . . . . .	666
<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>669</b>
<b>Sachwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>697</b>