

Auf einen Blick

1	Einstieg in C	27
2	Das erste Programm	37
3	Grundlagen	43
4	Formatierte Ein-/Ausgabe mit »scanf()« und »printf()«	55
5	Basisdatentypen	67
6	Operatoren	113
7	Typumwandlung	131
8	Kontrollstrukturen	137
9	Funktionen	177
10	Präprozessor-Direktiven	221
11	Arrays	245
12	Zeiger (Pointer)	299
13	Kommandozeilenargumente	355
14	Dynamische Speicherverwaltung	365
15	Strukturen	399
16	Ein-/Ausgabe-Funktionen	455
17	Attribute von Dateien und das Arbeiten mit Verzeichnissen (nicht ANSI C)	577
18	Arbeiten mit variabel langen Argumentlisten – <stdarg.h>	609
19	Zeitroutinen	623
20	Weitere Headerdateien und ihre Funktionen (ANSI C)	637
21	Dynamische Datenstrukturen	691
22	Algorithmen	765
23	CGI mit C	869
24	MySQL und C	935
25	Netzwerkprogrammierung und Cross-Plattform-Entwicklung	1009
26	Paralleles Rechnen	1071
27	Sicheres Programmieren	1087
28	Wie geht's jetzt weiter?	1113
A	Operatoren	1119
B	Die C-Standard-Bibliothek	1123

Inhalt

Vorwort	23
Vorwort des Gutachters	25

1 Einstieg in C 27

1.1 Übersicht zu C	27
1.2 Der ANSI-C-Standard	28
1.2.1 Welcher C-Standard wird in diesem Buch verwendet?	30
1.2.2 Der Vorteil des ANSI-C-Standards	31
1.3 Der POSIX-Standard	31
1.4 Vor- und Nachteile der Programmiersprache C	32
1.5 C in diesem Buch	33
1.6 Was benötige ich für C?	33
1.6.1 Texteditor	33
1.6.2 Compiler	34
1.6.3 All-in-one – die Entwicklungsumgebung	34
1.7 Welcher Compiler und welches Betriebssystem?	35

2 Das erste Programm 37

2.1 Der beste Lernerfolg	37
2.2 »Hallo Welt« in C	37
2.3 Analyse des Programms	39

3 Grundlagen 43

3.1 Zeichensätze	43
3.1.1 Basic-Zeichensatz	43
3.1.2 Ausführungszeichensatz (Steuerzeichen)	44
3.1.3 Trigraph-Zeichen	46
3.2 Symbole von C	48
3.2.1 Bezeichner	48
3.2.2 Schlüsselwörter	48
3.2.3 Literale	48
3.2.4 Einfache Begrenzer	50
3.2.5 Kommentare	51

4	Formatierte Ein-/Ausgabe mit »scanf()« und »printf()«	55
4.1	Formatierte Eingabe mit »scanf()«	55
4.1.1	Der Adressoperator »&«	57
4.1.2	Probleme und deren Behandlung mit »scanf()«	58
4.1.3	Überprüfen auf das richtige Format	61
4.1.4	Zusammenfassung zu »scanf()«	63
4.2	Formatierte Ausgabe mit »printf()«	63
5	Basisdatentypen	67
5.1	Deklaration und Definition	67
5.2	Der Datentyp »int« (Integer)	69
5.3	Variablen verwenden	70
5.4	Der Datentyp »long«	73
5.5	Der Datentyp »long long«	74
5.6	Der Datentyp »short«	74
5.7	Ganzzahlige Typen mit vorgegebener Breite – <stdint.h>	75
5.7.1	<inttypes.h> (C99)	77
5.8	Die Gleitpunkttypen »float« und »double«	78
5.8.1	Gleitpunkttypen im Detail	80
5.8.2	»float« im Detail	80
5.8.3	»double« im Detail	81
5.8.4	long double	81
5.8.5	Einiges zu n-stelliger Genauigkeit	82
5.9	Numerische Gleitpunktprobleme	83
5.10	Komplexe Gleitpunkttypen – <complex.h>	86
5.11	Der Datentyp »char«	87
5.12	Nationale contra internationale Zeichensätze	92
5.13	Der Breitzeichen-Typ »wchar_t«	94
5.14	Multibyte-Zeichen	95
5.15	Boolescher Wert – <stdbool.h>	96
5.16	Vorzeichenlos und vorzeichenbehaftet	97
5.17	Limits für Ganzzahl- und Gleitpunkttypen	99
5.18	Der Typ »void«	102
5.19	Konstanten	103
5.19.1	Ganzzahlkonstanten	103
5.19.2	Gleitpunkttypenkonstanten	103
5.19.3	Zeichenkonstanten	104
5.19.4	Stringliterale (Stringkonstante)	104
5.20	Umwandlungsvorgaben für formatierte Ein-/Ausgabe	104

6 Operatoren	113
6.1 Exkurs zu Operatoren	113
6.2 Arithmetische Operatoren	114
6.2.1 Dividieren von Ganzzahlen	115
6.3 Erweiterte Darstellung arithmetischer Operatoren	117
6.4 Inkrement- und Dekrement-Operatoren	118
6.5 Bit-Operatoren	119
6.5.1 Bitweises UND	120
6.5.2 Bitweises ODER	122
6.5.3 Bitweises XOR	122
6.5.4 Bitweises Komplement	123
6.5.5 Linksverschiebung	124
6.5.6 Rechtsverschiebung	125
6.5.7 Rezept für Fortgeschrittene	125
6.6 Makros für logische Operatoren und Bit-Operatoren – <iso646.h>	126
6.7 Der »sizeof«-Operator	127
6.7.1 C versus C++	129
7 Typumwandlung	131
7.1 Implizite Datentypumwandlung	131
7.1.1 Implizites »char« nach »int«	131
7.1.2 Implizites »float« nach »double«	132
7.1.3 Implizite Umwandlung in einen komplexen Gleitpunkttyp	132
7.1.4 Übliche arithmetische Datentypumwandlung	132
7.2 Explizite Datentypumwandlung mit dem »cast«-Operator	135
8 Kontrollstrukturen	137
8.1 Verzweigungen mit der »if«-Bedingung	137
8.1.1 Anweisungsblock	138
8.2 Die Verzweigung mit »else if«	141
8.3 Die Verzweigung mit »else«	143
8.4 Der !-Operator (logischer Operator)	147
8.5 Logisches UND (&&) – logisches ODER ()	149
8.6 Der Bedingungsoperator »?:«	151
8.7 Fallunterscheidung: die »switch«-Verzweigung	153
8.7.1 default	156
8.8 Die »while«-Schleife	157
8.8.1 Endlosschleife (»while«)	159
8.8.2 Fehlervermeidung bei »while«-Schleifen	160

8.9	Die »do while«-Schleife	161
8.10	Die »for«-Schleife	165
8.10.1	Einsatzmöglichkeiten der »for«-Schleife	168
8.11	Kontrollierte Sprünge	172
8.11.1	continue	172
8.11.2	break	173
8.12	Direkte Sprünge mit »goto«	174
8.13	Notationsstil	175
8.13.1	K&R-Stil	175
8.13.2	Whitesmith-Stil	175
8.13.3	Allman-Stil	175
8.13.4	GNU EMACS-Stil	176
8.13.5	Der Stil des Autors ;) (K&R-like)	176

9 Funktionen 177

9.1	Was sind Funktionen?	177
9.2	Wozu dienen Funktionen?	177
9.3	Definition von Funktionen	177
9.4	Funktionsaufruf	178
9.5	Funktionsdeklaration	180
9.6	Lokale Variablen	181
9.7	Globale Variablen	184
9.8	Statische Variablen	185
9.9	Schlüsselwörter für Variablen – Speicherklassen	186
9.9.1	auto	187
9.9.2	extern	187
9.9.3	register	187
9.9.4	static	187
9.10	Typ-Qualifizierer	188
9.10.1	volatile	188
9.10.2	const	188
9.11	Geltungsbereich von Variablen	188
9.12	Speicherklassen-Spezifizierer für Funktionen	190
9.12.1	extern	190
9.12.2	static	190
9.12.3	volatile	190
9.13	Datenaustausch zwischen Funktionen	191
9.14	Wertübergabe an Funktionen (call-by-value)	192
9.15	Der Rückgabewert von Funktionen	195
9.16	Die Hauptfunktion »main()«	197

9.17	Rückgabewert beim Beenden eines Programms	199
9.17.1	Programmende auswerten	200
9.18	Funktionen der Laufzeitbibliothek	202
9.19	Getrenntes Kompilieren von Quelldateien	203
9.20	Rekursive Funktionen (Rekursion)	206
9.20.1	Exkurs: Stack	206
9.20.2	Rekursionen und der Stack	206
9.20.3	Fakultät	211
9.20.4	Fibonacci-Zahlen	212
9.20.5	Größter gemeinsamer Teiler (GGT)	213
9.21	»inline«-Funktionen	217

10 Präprozessor-Direktiven 221

10.1	Einkopieren von Dateien mittels »#include«	222
10.2	Makros und Konstanten – »#define«	224
10.2.1	Symbolische Konstanten mit »#define«	225
10.2.2	Makros mit »#define«	229
10.3	Bedingte Kompilierung	233
10.4	Vordefinierte Präprozessor-Direktiven (ANSI C)	238
10.5	Ersetzung eines Makroparameters durch einen String	240
10.6	»#undef« – Makronamen wieder aufheben	241
10.7	Ausgeben von Fehlermeldungen – »#error«	242
10.8	»#pragma«	243

11 Arrays 245

11.1	Arrays deklarieren	245
11.2	Initialisierung und Zugriff auf Arrays	246
11.2.1	Gültigkeitsbereich von Arrays	251
11.3	Arrays vergleichen	253
11.4	Anzahl der Elemente eines Arrays ermitteln	255
11.5	Übergabe von Arrays an Funktionen	256
11.6	Arrays aus Funktionen zurückgeben	258
11.7	Programmbeispiel zu den Arrays	259
11.8	Einlesen von Array-Werten	263
11.9	Mehrdimensionale Arrays	263
11.9.1	Mehrdimensionale Arrays initialisieren	264
11.9.2	Übergabe von zwei- bzw. mehrdimensionalen Arrays an Funktionen	276
11.10	Arrays in Tabellenkalkulation einlesen (*.CSV-Dateien)	278

11.11	Strings/Zeichenketten (»char«-Array)	280
11.11.1	Vom String zur Binärzahl	283
11.12	Einlesen von Strings	286
11.13	Die Standard-Bibliothek <string.h>	288
11.13.1	»strcat()« – Strings aneinanderhängen	288
11.13.2	»strchr()« – ein Zeichen im String suchen	289
11.13.3	»strcmp()« – Strings vergleichen	290
11.13.4	»strcpy()« – einen String kopieren	291
11.13.5	»strcspn()« – einen Teilstring ermitteln	292
11.13.6	»strlen()« – Länge eines Strings ermitteln	292
11.13.7	»strncat()« – String mit n Zeichen aneinanderhängen ...	293
11.13.8	»strncmp()« – n Zeichen von zwei Strings miteinander vergleichen	294
11.13.9	»strncpy()« – String mit n Zeichen kopieren	294
11.13.10	»strpbrk()« – nach dem Auftreten bestimmter Zeichen suchen	295
11.13.11	»strrchr()« – das letzte Auftreten eines bestimmten Zeichens im String suchen	296
11.13.12	»strspn()« – das erste Auftreten eines Zeichens, das nicht vorkommt	296
11.13.13	»strstr()« – einen String nach dem Auftreten eines Teilstrings durchsuchen	297
11.13.14	»strtok()« – einen String anhand bestimmter Zeichen zerlegen	297

12 Zeiger (Pointer) 299

12.1	Zeiger deklarieren	300
12.2	Zeiger initialisieren	301
12.2.1	Speichergröße von Zeigern	312
12.3	Zeigerarithmetik	313
12.4	Zeiger, die auf andere Zeiger verweisen	314
12.4.1	Subtraktion zweier Zeiger	315
12.5	Typensicherung bei der Dereferenzierung	316
12.6	Zeiger als Funktionsparameter (call-by-reference)	317
12.6.1	Zeiger als Rückgabewert	320
12.7	Array und Zeiger	323
12.8	Zeiger auf Strings	330
12.8.1	Zeiger auf konstante Objekte (Read-only-Zeiger)	330
12.9	Zeiger auf Zeiger und Stringtabellen	331
12.9.1	Stringtabellen	333

12.10	Zeiger auf Funktionen	340
12.11	void-Zeiger	346
12.12	Äquivalenz zwischen Zeigern und Arrays	349
12.13	Der »restrict«-Zeiger	351

13 Kommandozeilenargumente 355

13.1	Argumente an die Hauptfunktion übergeben	355
13.2	Optionen (Schalter) aus der Kommandozeile auswerten	361

14 Dynamische Speicherverwaltung 365

14.1	Das Speicherkonzept	366
14.2	Speicherallokation mit »malloc()«	367
14.3	Das NULL-Mysterium	370
14.3.1	NULL für Fortgeschrittene	370
14.3.2	Was jetzt – NULL, 0 oder \0 ... ?	372
14.3.3	Zusammengefasst	373
14.4	Speicherreservierung und ihre Probleme	373
14.5	»free()« – Speicher wieder freigeben	374
14.6	Die Freispeicherverwaltung	377
14.6.1	Prozessinterne Freispeicherverwaltung	379
14.7	Dynamische Arrays	381
14.8	Speicher dynamisch reservieren mit »realloc()« und »calloc()«	385
14.9	Speicher vom Stack anfordern mit »alloca()« (nicht ANSI C)	389
14.10	»free()« – Speicher wieder freigeben	389
14.11	Zweidimensionale dynamische Arrays	390
14.12	Wenn die Speicherallokation fehlschlägt	393
14.12.1	Speicheranforderung reduzieren	394
14.12.2	Speicheranforderungen aufteilen	395
14.12.3	Einen Puffer konstanter Größe verwenden	396
14.12.4	Zwischenspeichern auf Festplatte vor der Allokation ...	397
14.12.5	Nur so viel Speicher anfordern wie nötig	397

15 Strukturen 399

15.1	Struktur deklarieren	399
15.2	Initialisierung und Zugriff auf Strukturen	401
15.3	Strukturen als Wertübergabe an eine Funktion	408
15.4	Strukturen als Rückgabewert einer Funktion	410
15.5	Strukturen vergleichen	412
15.6	Arrays von Strukturen	413

15.7	Strukturen in Strukturen (Nested Structures)	420
15.8	Kurze Zusammenfassung zu den Strukturen	430
15.9	Unions	431
15.10	Der Aufzählungstyp »enum«	436
15.11	Typendefinition mit »typedef«	439
15.12	Attribute von Strukturen verändern (nicht ANSI C)	443
15.13	Bitfelder	446
15.14	Das »offsetof«-Makro	453

16 Ein-/Ausgabe-Funktionen 455

16.1	Was ist eine Datei?	455
16.2	Formatierte und unformatierte Ein-/Ausgabe	455
16.3	Standard-Streams	456
16.4	Höhere Ein-/Ausgabe-Funktionen	456
16.5	Datei (Stream) öffnen – »fopen()«	457
16.5.1	Modus für »fopen()«	460
16.5.2	Maximale Anzahl geöffneter Dateien – »FOPEN_MAX«	463
16.6	Zeichenweise lesen und schreiben – »getchar()« und »putchar()«	464
16.6.1	Ein etwas portableres »getch()«	466
16.7	Zeichenweise lesen und schreiben – »putc()«/»fputc()« und »getc()«/»fgetc()«	468
16.8	Datei (Stream) schließen – »fclose()«	474
16.9	Formatiertes Einlesen/Ausgeben von Streams mit »printf()« und »scanf()«	477
16.10	Standard-Streams in C	482
16.10.1	Standard-Streams umleiten	482
16.11	Fehlerbehandlung von Streams – »feof()«, »ferror()« und »clearerr()«	485
16.12	Gelesenes Zeichen in die Eingabe zurückschieben – »ungetc()« ...	487
16.13	(Tastatur-)Puffer leeren – »fflush()«	489
16.14	Stream positionieren – »fseek()«, »rewind()« und »ftell()«	490
16.15	Stream positionieren – »fsetpos()«, »fgetpos()«	494
16.16	Zeilenweise Ein-/Ausgabe von Streams	496
16.16.1	Zeilenweise lesen mit »gets()«/»fgets()«	496
16.16.2	Zeilenweise schreiben mit »puts()«/»fputs()«	499
16.16.3	Zeilenweise vom Stream einlesen mit »getline()« (nicht ANSI C)	500
16.16.4	Rezepte für zeilenweises Einlesen und Ausgeben	502
16.17	Blockweise lesen und schreiben – »fread()« und »fwrite()«	509

16.17.1	Blockweise lesen – »fread()«	510
16.17.2	Blockweise schreiben – »fwrite()«	512
16.17.3	Big Endian und Little Endian	517
16.18	Datei (Stream) erneut öffnen – »freopen()«	519
16.19	Datei löschen oder umbenennen – »remove()« und »rename()«	521
16.19.1	remove()	521
16.19.2	rename()	522
16.20	Pufferung einstellen – »setbuf()« und »setvbuf()«	523
16.20.1	Die Funktion »setbuf()«	524
16.20.2	Die Funktion »setvbuf()«	528
16.21	Temporäre Dateien erzeugen – »tmpfile()« und »tmpnam()«	530
16.21.1	»mkstemp()« – sichere Alternative für Linux/UNIX (nicht ANSI C)	534
16.22	Fehlerbehandlung	535
16.22.1	Fehlerausgabe mit »perror()«	536
16.22.2	Fehlerausgabe mit »strerror()«	537
16.23	Formatiert in einen String schreiben und formatiert aus einem String lesen – »sscanf()« und »sprintf()«	539
16.24	Byte- und wide-orientierter Stream	542
16.25	Ein fortgeschrittenes Thema	544
16.26	Low-Level-Datei-I/O-Funktionen (nicht ANSI C)	552
16.26.1	Datei öffnen – »open()«	553
16.26.2	Datei schließen – »close()«	559
16.26.3	Datei erzeugen – »creat()«	560
16.26.4	Schreiben und Lesen – »write()« und »read()«	561
16.26.5	File-Deskriptor positionieren – »lseek()«	571
16.26.6	File-Deskriptor von einem Stream – »fileno()«	572
16.26.7	Stream von File-Deskriptor – »fdopen()«	574

17 Attribute von Dateien und das Arbeiten mit Verzeichnissen (nicht ANSI C) 577

17.1	Attribute einer Datei ermitteln – »stat()«	577
17.1.1	»stat()« – »st_mode«	578
17.1.2	»stat()« – »st_size«	583
17.1.3	»stat()« – »st_atime«, »st_mtime« und »st_ctime«	585
17.1.4	»stat()« – »st_gid« und »st_uid«	589
17.1.5	»stat()« – »st_nlink«, »st_ino«	590
17.1.6	»stat()« – »st_dev«, »st_rdev«	590
17.2	Prüfen des Zugriffsrechts – »access()«	593

17.3	Verzeichnisfunktionen	595
17.3.1	Verzeichnis erstellen, löschen und wechseln – »mkdir()«, »rmdir« und »chdir«	596
17.3.2	In das Arbeitsverzeichnis wechseln – »getcwd()«	601
17.3.3	Verzeichnisse öffnen, lesen und schließen – »opendir()«, »readdir()« und »closedir()«	603
18 Arbeiten mit variabel langen Argumentlisten – <stdarg.h> ...		609
18.1	Makros in <stdarg.h> – »va_list«, »va_arg«, »va_start« und »va_end«	609
18.2	Die Argumentliste am Anfang oder Ende kennzeichnen	610
18.3	»vprintf()«, »vsprintf()«, »vfprintf()« und »vsnprintf()«	615
18.4	Variadic Makros – __VA_ARGS__	619
19 Zeitroutinen		623
19.1	Die Headerdatei <time.h>	623
19.1.1	Konstanten in der Headerdatei <time.h>	624
19.1.2	Datums- und Zeitfunktionen in <time.h>	624
19.2	Laufzeitmessung (Profiling)	634
20 Weitere Headerdateien und ihre Funktionen (ANSI C)		637
20.1	<assert.h> – Testmöglichkeiten und Fehlersuche	637
20.2	<ctype.h> – Zeichenklassifizierung und Umwandlung	639
20.3	Mathematische Funktionen – <math.h>, <tgmath.h> und <complex.h>	643
20.3.1	Funktionen für reelle und komplexe Gleitpunkttypen	644
20.3.2	Funktionen nur für reelle Gleitpunkttypen	646
20.3.3	Funktionen nur für komplexe Gleitpunkttypen	647
20.3.4	Typengenerische Makros – <tgmath.h>	649
20.3.5	Gleitpunktwerte klassifizieren	650
20.3.6	Makro zum Vergleichen von reellen Zahlen	651
20.3.7	Zugriff auf die Gleitpunkt-Umgebung – <fenv.h>	652
20.4	<stdlib.h>	655
20.4.1	Programmbeendigung – »exit()«, »_exit()«, »atexit()« und »abort()«	655
20.4.2	Strings in numerische Werte konvertieren	658
20.4.3	Bessere Alternative – Strings in numerische Werte konvertieren	661
20.4.4	Zufallszahlen	666

20.4.5	Absolutwerte, der Quotient und der Rest von Divisionen	667
20.4.6	Suchen und Sortieren – »qsort()« und »bsearch()«	669
20.4.7	system()	671
20.5	<locale.h> – länderspezifische Eigenheiten	673
20.6	Nicht-lokale Sprünge – <setjmp.h>	676
20.7	<signal.h>	680
20.8	<string.h> – die »mem...«-Funktionen zur Speicheranipulation	685
20.8.1	»memchr()« – Suche nach einzelnen Zeichen	686
20.8.2	»memcmp()« – bestimmte Anzahl von Bytes vergleichen	686
20.8.3	»memcpy()« – bestimmte Anzahl von Bytes kopieren	687
20.8.4	»memmove()« – bestimmte Anzahl von Bytes kopieren	687
20.8.5	»memset()« – Speicherbereich mit bestimmten Zeichen auffüllen	688

21 Dynamische Datenstrukturen 691

21.1	Lineare Listen (einfach verkettete Listen)	691
21.1.1	Erstes Element der Liste löschen	698
21.1.2	Ein beliebiges Element in der Liste löschen	700
21.1.3	Elemente der Liste ausgeben	702
21.1.4	Eine vollständige Liste auf einmal löschen	708
21.1.5	Element in die Liste einfügen	710
21.2	Doppelt verkettete Listen	717
21.3	Stacks nach dem LIFO-(Last-in-First-out-)Prinzip	734
21.4	Queues nach dem FIFO-Prinzip	754
21.5	Dynamisches Array mit flexiblen Elementen	762

22 Algorithmen 765

22.1	Was sind Algorithmen?	765
22.2	Wie setze ich Algorithmen ein?	766
22.3	Sortieralgorithmen	766
22.3.1	»Selection Sort« – sortieren durch Auswählen	767
22.3.2	Insertion Sort	769
22.3.3	Bubble Sort	771
22.3.4	Shellsort	772
22.3.5	Quicksort	776
22.3.6	qsort()	782
22.3.7	Zusammenfassung der Sortieralgorithmen	784
22.4	Suchalgorithmen – Grundlage zur Suche	791
22.4.1	Lineare Suche	792
22.4.2	Binäre Suche	794

22.4.3	Binäre (Such-)Bäume	796
22.4.4	Elemente im binären Baum einordnen	799
22.4.5	Binäre Bäume traversieren	804
22.4.6	Löschen eines Elements im binären Baum	805
22.4.7	Ein binärer Suchbaum in der Praxis	808
22.4.8	Binäre Suchbäume mit Eltern-Zeiger und Threads	817
22.4.9	Ausgeglichene Binärbäume	818
22.4.10	Algorithmen für ausgeglichene Bäume – eine Übersicht	818
22.5	Hashing (Zerhacken)	819
22.5.1	Wann wird Hashing verwendet?	820
22.5.2	Was ist für das Hashing erforderlich?	820
22.5.3	Hash-Funktion	824
22.5.4	Hashing mit direkter Adressierung	829
22.5.5	Vergleich von Hashing mit binären Bäumen	829
22.6	String-Matching	830
22.6.1	Brute-Force-Algorithmus	831
22.6.2	Der Algorithmus von Knuth/Morris/Pratt (KMP)	833
22.6.3	Weitere String-Matching-Algorithmen	840
22.7	Pattern Matching (reguläre Ausdrücke)	841
22.8	Backtracking	847
22.8.1	Der Weg durch den Irrgarten	847
22.8.2	Das 8-Dame-Problem	860

23 CGI mit C 869

23.1	Was ist CGI?	869
23.2	Vorteile von CGIs in C	869
23.3	Andere Techniken der Webprogrammierung	870
23.4	Das dreistufige Webanwendungsdesign	871
23.4.1	Darstellungsschicht	871
23.4.2	Verarbeitungsschicht	872
23.4.3	Speicherschicht	872
23.5	Clientseitige Programmierung	873
23.5.1	JavaScript	873
23.5.2	Java-Applets	873
23.6	Serverseitige Programmierung	873
23.7	Der Webserver	874
23.7.1	Das Client/Server-Modell des Internets	874
23.7.2	Serverimplementierung	875
23.7.3	Hosting-Services	876
23.7.4	Schlüsselfertige Lösung	876

23.7.5	Weitere Möglichkeiten	877
23.7.6	Apache	877
23.8	Das HTTP-Protokoll	888
23.8.1	Web-Protokolle	888
23.8.2	Wozu dienen Protokolle?	888
23.8.3	Was ist ein Protokoll?	889
23.8.4	Normen für die Netzwerktechnik	889
23.8.5	Das OSI-Schichtenmodell	889
23.8.6	Die Elemente einer URL	890
23.8.7	Client-Anfrage – HTTP-Request (Browser-Request)	892
23.8.8	Serverantwort (Server-Response)	895
23.8.9	Zusammenfassung	898
23.9	Das Common Gateway Interface (CGI)	898
23.9.1	Filehandles	898
23.9.2	CGI-Umgebungsvariablen	899
23.9.3	CGI-Ausgabe	904
23.10	HTML-Formulare	907
23.10.1	Die Tags und ihre Bedeutung	907
23.11	CGI-Eingabe	913
23.11.1	Die Anfrage des Clients an den Server	913
23.11.2	Eingabe parsen	917
23.12	Ein Gästebuch	922
23.12.1	Das HTML-Formular (»guestbook.html«)	922
23.12.2	Das CGI-Programm (»auswert.cgi«)	924
23.12.3	Das HTML-Gästebuch (»gaeste.html«)	932
23.13	Ausblick	933

24 MySQL und C 935

24.1	Aufbau eines Datenbanksystems	935
24.1.1	Warum wurde ein Datenbanksystem (DBS) entwickelt?	935
24.1.2	Das Datenbank-Management-System (DBMS)	936
24.1.3	Relationale Datenbank	939
24.1.4	Eigene Clients mit C für SQL mithilfe der ODBC-API entwickeln	939
24.2	MySQL installieren	940
24.2.1	Linux	940
24.2.2	Den Client »mysql« starten	941
24.3	Crashkurs (My)SQL	943
24.3.1	Was ist SQL?	944
24.3.2	Die Datentypen von (My)SQL	944

24.3.3	Eine Datenbank erzeugen	946
24.3.4	Eine Datenbank löschen	947
24.3.5	Datenbank wechseln	948
24.3.6	Eine Tabelle erstellen	948
24.3.7	Die Tabelle anzeigen	949
24.3.8	Tabellendefinition überprüfen	949
24.3.9	Tabelle löschen	950
24.3.10	Struktur einer Tabelle ändern	950
24.3.11	Datensätze eingeben	951
24.3.12	Datensätze auswählen	951
24.3.13	Ein fortgeschrittenes Szenario	952
24.3.14	Datensatz löschen	954
24.3.15	Datensatz ändern	954
24.3.16	Zugriffsrechte in MySQL	954
24.3.17	Übersicht über einige SQL-Kommandos	955
24.4	Die MySQL-C-API	957
24.4.1	Grundlagen zur Programmierung eines MySQL-Clients	957
24.4.2	Client-Programm mit dem gcc unter Linux und dem Cygwin-gcc-Compiler unter Windows	958
24.4.3	MySQL Client-Programme mit dem VC++ Compiler und dem Borland Freeware Compiler	959
24.4.4	Troubleshooting	961
24.4.5	Das erste Client-Programm – Verbindung mit dem MySQL-Server herstellen	961
24.4.6	MySQL-Kommandozeilen-Optionen	966
24.4.7	Anfrage an den Server	969
24.5	MySQL und C mit CGI	987
24.5.1	HTML-Eingabeformular	987
24.5.2	Die CGI-Anwendung »add_db.cgi«	988
24.5.3	Die CGI-Anwendung »search_db.cgi«	996
24.6	Funktionsübersicht	1004
24.7	Datentypenübersicht der C-API	1007

25 Netzwerkprogrammierung und Cross-Plattform-Entwicklung 1009

25.1	Begriffe zur Netzwerktechnik	1010
25.1.1	IP-Nummern	1010
25.1.2	Portnummer	1011
25.1.3	Host- und Domainname	1012
25.1.4	Nameserver	1013

25.1.5	Das IP-Protokoll	1013
25.1.6	TCP und UDP	1014
25.1.7	Was sind Sockets?	1014
25.2	Headerdateien zur Socketprogrammierung	1015
25.2.1	Linux/UNIX	1015
25.2.2	Windows	1016
25.3	Client/Server-Prinzip	1018
25.3.1	Loopback-Interface	1019
25.4	Erstellen einer Client-Anwendung	1019
25.4.1	»socket()« – Erzeugen eines Kommunikations- endpunktes	1020
25.4.2	»connect()« – ein Client stellt eine Verbindung zum Server her	1022
25.4.3	Senden und Empfangen von Daten	1027
25.4.4	»close()« und »closesocket()«	1029
25.5	Erstellen einer Server-Anwendung	1030
25.5.1	»bind()« – Festlegen einer Adresse aus dem Namensraum	1030
25.5.2	»listen()« – Warteschlange für eingehende Verbindungen einrichten	1032
25.5.3	»accept()« und die Serverhauptschleife	1033
25.6	(Cross-Plattform-)TCP-Echo-Server	1036
25.6.1	Der Client	1036
25.6.2	Der Server	1039
25.7	Cross-Plattform-Development	1043
25.7.1	Abstraction Layer	1043
25.7.2	Headerdatei für Linux/UNIX	1043
25.7.3	Linux/UNIX-Quellcodedatei	1044
25.7.4	Headerdatei für MS-Windows	1048
25.7.5	Windows-Quellcodedatei	1048
25.7.6	All together – die »main«-Funktionen	1052
25.7.7	Ein UDP-Beispiel	1056
25.7.8	Mehrere Clients gleichzeitig behandeln	1058
25.8	Weitere Anmerkungen zur Netzwerkprogrammierung	1066
25.8.1	Das Datenformat	1066
25.8.2	Der Puffer	1067
25.8.3	Portabilität	1068
25.8.4	Von IPv4 nach IPv6	1068
25.8.5	RFC-Dokumente (Request for Comments)	1070
25.8.6	Sicherheit	1070

26 Paralleles Rechnen	1071
26.1 Parallelität	1071
26.1.1 Single-Prozessorsysteme	1072
26.1.2 Hyperthreading	1072
26.2 Programmier Techniken der Parallelisierung	1073
26.2.1 Automatische Parallelisierung	1073
26.2.2 Halbautomatische Parallelisierung	1074
26.2.3 Echte Parallelisierung	1074
26.3 Vom Prozess zum Thread	1075
26.4 Mit den POSIX-Threads programmieren	1078
26.4.1 Ein serielles Beispiel	1078
26.4.2 Das Grundgerüst für ein Programm mit mehreren Threads	1080
26.4.3 Zusammenfassung	1086
 27 Sicheres Programmieren	 1087
27.1 Buffer-Overflow (Speicherüberlauf)	1088
27.1.1 Speicherverwaltung von Programmen	1090
27.1.2 Der Stack-Frame	1091
27.1.3 Rücksprungadresse manipulieren	1092
27.1.4 Gegenmaßnahmen zum Buffer-Overflow während der Programmerstellung	1098
27.1.5 Gegenmaßnahmen zum Buffer-Overflow, wenn das Programm fertig ist	1101
27.1.6 Programme und Tools zum Buffer-Overflow	1104
27.1.7 Ausblick	1105
27.2 Memory Leaks (Speicherlecks)	1105
27.2.1 Bibliotheken und Tools zu Memory Leaks	1109
27.3 Tipps zu Sicherheitsproblemen	1110
 28 Wie geht's jetzt weiter?	 1113
28.1 GUI-Programmierung – grafische Oberflächen	1114
28.1.1 Low-Level-Grafikprogrammierung	1114
28.1.2 High-Level-Grafikprogrammierung	1115
28.1.3 Multimedia-Grafikprogrammierung	1116

Anhang	1117
A Operatoren	1119
A.1 Rangfolge der Operatoren	1119
A.2 ASCII-Code-Tabelle	1121
A.3 Reservierte Schlüsselwörter in C	1122
A.4 Standard-Headerdateien der ANSI-C-Bibliothek	1122
A.5 Weiterführende Links	1122
B Die C-Standard-Bibliothek	1123
B.1 <assert.h>	1123
B.2 <complex.h> (C99)	1123
B.3 <ctype.h>	1127
B.4 <errno.h>	1128
B.5 <fenv.h> (C99)	1129
B.6 <float.h>	1131
B.7 <inttypes.h> (C99)	1133
B.8 <iso646.h> (NA1)	1135
B.9 <limits.h>	1135
B.10 <locale.h>	1136
B.11 <math.h>	1139
B.12 <setjmp.h>	1145
B.13 <signal.h>	1146
B.14 <stdarg.h>	1147
B.15 <stdbool.h> (C99)	1148
B.16 <stddef.h>	1148
B.17 <stdint.h> (C99)	1149
B.18 <stdio.h>	1150
B.19 <stdlib.h>	1156
B.20 <string.h>	1160
B.21 <tgmath.h> (C99)	1162
B.22 <time.h>	1163
B.23 <wchar.h> (NA1)	1165
B.24 <wctype.h> (NA1)	1172
Index	1175