

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Was heißt Programmieren? . . . . .	1
1.2 Algorithmen und Spezifikationen . . . . .	2
1.2.1 Problemlösen durch Algorithmen . . . . .	2
1.2.2 Spezifikationen . . . . .	3
1.2.3 Algorithmen . . . . .	6
1.2.4 Verifikation von Algorithmen . . . . .	6
<b>2 Grafische Darstellungsmittel</b>	<b>9</b>
2.1 Struktogramme . . . . .	9
2.2 Datenflussdiagramme . . . . .	11
2.3 Programmablaufpläne . . . . .	15
<b>3 Die Entwicklungsumgebung</b>	<b>19</b>
3.1 Projekte . . . . .	19
3.2 Erstellen eines Projekts . . . . .	20
3.3 Compiler oder Interpreter? . . . . .	21
3.4 Übersetzen von Programmen . . . . .	22
3.5 Compiler-Optionen . . . . .	24
3.6 Beheben von Fehlern . . . . .	25
3.7 Der Präprozessor . . . . .	25
3.7.1 Die <code>#include</code> – Anweisung . . . . .	26
3.7.2 Die <code>#define</code> – Anweisung . . . . .	27
3.7.3 Makros . . . . .	27
3.7.4 Vordefinierte Präprozessorkonstanten . . . . .	29
3.7.5 Die <code>#if</code> – Anweisung . . . . .	30
3.7.6 Die Anweisungen <code>#ifdef</code> und <code>#ifndef</code> . . . . .	31
<b>4 Erste Schritte</b>	<b>33</b>
4.1 Grundlegendes . . . . .	33
4.2 Was ist C? . . . . .	33

4.3	Geschichte von C . . . . .	34
4.4	Warum C? . . . . .	35
4.5	Programmtextdateien . . . . .	35
4.5.1	Der Programmtext . . . . .	35
4.5.2	Die Header-Dateien . . . . .	35
4.6	Kommentare . . . . .	36
4.7	Die Funktion <code>main</code> . . . . .	37
4.8	Hallo Welt . . . . .	38
4.9	Beispiele . . . . .	39
4.9.1	Reklameschrift . . . . .	39
4.9.2	Leerzeilen . . . . .	39
4.9.3	Quelltext temporär ausschneiden . . . . .	40
<b>5</b>	<b>Variablen, Konstanten</b> . . . . .	<b>41</b>
5.1	Eigenschaften von Variablen und Konstanten . . . . .	41
5.2	Variablen . . . . .	41
5.2.1	Definition von Variablen . . . . .	42
5.2.2	Namen von Variablen . . . . .	42
5.2.3	Initialisierung von Variablen . . . . .	43
5.3	Konstanten . . . . .	44
5.4	Arbeiten mit Variablen und Konstanten . . . . .	44
5.5	Beispiele . . . . .	45
5.5.1	Berechnung der Fläche und des Umfanges eines Rechtecks . . . . .	45
5.5.2	Versuch einer zirkularen Zuweisung . . . . .	45
5.5.3	Dreiecktausch . . . . .	45
<b>6</b>	<b>Numerische Datentypen</b> . . . . .	<b>47</b>
6.1	Ganze Zahlen . . . . .	47
6.1.1	Qualifizierer . . . . .	47
6.1.2	Literale . . . . .	48
6.1.3	Zahlensysteme . . . . .	48
6.1.3.1	Zweierkomplement . . . . .	49
6.1.3.2	Zahlensysteme in C . . . . .	51
6.1.3.3	Umwandlung von Binär-, Oktal- und Hexadezimalzahlen . . . . .	52
6.1.3.4	Umwandlung einer Binärzahl ins Dezimalsystem . . . . .	52
6.1.3.5	Umwandlung einer Dezimalzahl ins Binärsystem . . . . .	53
6.1.4	Operatoren . . . . .	53
6.2	Punktzahlen . . . . .	54
6.2.1	Gleitpunkt-Zahlensysteme in C . . . . .	56

6.2.2	Literale . . . . .	56
6.2.3	Operatoren . . . . .	57
6.2.4	Mathematische Funktionen . . . . .	57
6.3	Zeichen . . . . .	58
6.3.1	Literale . . . . .	59
6.3.2	Der ASCII-Code . . . . .	59
6.3.3	Operatoren . . . . .	61
6.3.4	Funktionen für Zeichen . . . . .	61
6.4	Wahrheitswerte . . . . .	62
6.5	void . . . . .	62
6.6	Typumwandlung . . . . .	62
6.7	sizeof . . . . .	64
6.8	Beispiele . . . . .	64
6.8.1	Umfang und Fläche eines Kreises . . . . .	64
6.8.2	Lösen quadratischer Gleichungen . . . . .	65
<b>7</b>	<b>Eingabe – Ausgabe</b> . . . . .	<b>67</b>
7.1	Ausgabefunktionen . . . . .	67
7.1.1	Ausgabe einer ganzen Zahl . . . . .	68
7.1.2	Ausgabe einer Gleitpunkt-Zahl . . . . .	69
7.1.3	Ausgabe von Adressen . . . . .	70
7.1.4	Ausgabe eines Zeichens . . . . .	70
7.1.5	Ausgabe einer Zeichenkette . . . . .	71
7.1.6	Weitere Formatierungsmöglichkeiten . . . . .	71
7.1.7	Probleme mit printf . . . . .	72
7.1.8	Die Platzhalter von printf . . . . .	72
7.2	Eingabefunktionen . . . . .	72
7.2.1	Eingabe einer ganzen Zahl . . . . .	73
7.2.2	Eingabe einer Gleitpunkt-Zahl . . . . .	73
7.2.3	Eingabe eines Zeichens . . . . .	73
7.2.4	Eingabe einer Zeichenkette . . . . .	74
7.2.5	Probleme mit scanf . . . . .	74
7.2.6	Die Platzhalter von scanf . . . . .	75
7.3	Ein- und Ausgabe von Zeichen . . . . .	76
7.4	Beispiele . . . . .	76
7.4.1	Umfang und Fläche eines Kreises . . . . .	76
7.4.2	Fehlersuche . . . . .	76

<b>8 Ausdrücke</b>	<b>77</b>
8.1 Allgemeines . . . . .	77
8.2 Reihenfolge der Auswertung . . . . .	78
8.2.1 Prioritäten . . . . .	78
8.2.2 Assoziativitäten . . . . .	80
8.3 Operatoren . . . . .	81
8.3.1 Arithmetische Operatoren . . . . .	81
8.3.2 Die Zuweisung . . . . .	82
8.3.2.1 Inkrement und Dekrement . . . . .	83
8.3.2.2 Abkürzungen . . . . .	87
8.3.3 Logische Operatoren . . . . .	87
8.3.3.1 Vergleichsoperatoren . . . . .	88
8.3.3.2 Der Operator && . . . . .	90
8.3.3.3 Der Operator    . . . . .	92
8.3.3.4 Der Operator ! . . . . .	93
8.3.4 Bit-Operatoren . . . . .	94
8.3.4.1 Der Operator & . . . . .	94
8.3.4.2 Der Operator   . . . . .	95
8.3.4.3 Der Operator ^ . . . . .	95
8.3.4.4 Der Operator ~ . . . . .	96
8.3.4.5 Der Operator << . . . . .	96
8.3.4.6 Der Operator >> . . . . .	97
8.3.5 Der Operator , . . . . .	98
8.3.6 Der Operator ? : . . . . .	99
8.4 Abstände . . . . .	99
8.5 Beispiele . . . . .	100
8.5.1 Teilbarkeit einer Zahl . . . . .	100
8.5.2 Übungen zu logischen Ausdrücken . . . . .	100
8.5.3 Berechnung der Signum-Funktion . . . . .	102
8.5.4 Berechnung des Schaltjahres . . . . .	102
<b>9 Selektionen</b>	<b>103</b>
9.1 Die if - Anweisung . . . . .	103
9.2 Die switch - Anweisung . . . . .	107
9.3 Beispiele . . . . .	108
9.3.1 Lösen quadratischer Gleichungen . . . . .	108
9.3.2 Berechnung der Einkommensteuer . . . . .	109
9.3.3 Ein Menü . . . . .	111
9.3.4 Osterregel nach Gauß . . . . .	111

---

<b>10 Iterationen</b>	<b>113</b>
10.1 Die <code>for</code> - Anweisung . . . . .	113
10.2 Die <code>while</code> - Anweisung . . . . .	115
10.3 Die <code>do-while</code> - Anweisung . . . . .	116
10.4 Besonderheiten der <code>for</code> - Anweisung . . . . .	117
10.4.1 Weglassen von Ausdrücken . . . . .	117
10.4.2 Mehrere Zähler . . . . .	119
10.5 Die <code>break</code> - Anweisung . . . . .	119
10.6 Die <code>continue</code> - Anweisung . . . . .	120
10.7 Schachteln von Schleifen . . . . .	121
10.8 Beispiele . . . . .	122
10.8.1 Ein Kalender . . . . .	122
10.8.2 Der Euklidische Algorithmus . . . . .	125
10.8.3 Die ASCII-Tabelle . . . . .	126
10.8.4 Gerade und ungerade Zahlen . . . . .	127
10.8.5 Der Weihnachtsbaum . . . . .	127
10.8.6 Ein Menü . . . . .	131
10.8.7 Ein Zahlenratespiel . . . . .	132
<b>11 Funktionen</b>	<b>135</b>
11.1 Definition einer Funktion . . . . .	135
11.1.1 Namen von Funktionen . . . . .	135
11.1.2 Parameter . . . . .	136
11.1.3 Rückgabewerte . . . . .	137
11.1.4 Der Rückgabewert der Funktion <code>main</code> . . . . .	138
11.1.5 Ablauf eines Funktionsaufrufes . . . . .	139
11.2 Deklaration einer Funktion . . . . .	141
11.2.1 Externe Funktionen . . . . .	144
11.2.2 Statische Funktionen . . . . .	144
11.3 Beispiele . . . . .	144
11.3.1 Leeren des Eingabepuffers . . . . .	144
11.3.2 Kalender für ein Jahr . . . . .	145
11.3.3 Einfacher Taschenrechner . . . . .	152
<b>12 Speicherklassen</b>	<b>155</b>
12.1 Lokale Variablen . . . . .	155
12.1.1 Die Blockstruktur von C . . . . .	155
12.1.2 Variablen der Speicherklasse <code>auto</code> . . . . .	157
12.1.3 Variablen der Speicherklasse <code>register</code> . . . . .	157

---

12.1.4 Variablen der Speicherklasse <code>static</code> . . . . .	158
12.2 Globale Variablen . . . . .	158
12.2.1 Variablen der Speicherklasse <code>extern</code> . . . . .	159
12.2.2 Variablen der Speicherklasse <code>static</code> . . . . .	160
12.3 Übersicht über alle Speicherklassen in C . . . . .	160
<b>13 Felder</b> . . . . .	<b>163</b>
13.1 Eindimensionale Felder . . . . .	163
13.2 Mehrdimensionale Felder . . . . .	165
13.3 Initialisierung von Feldern . . . . .	167
13.4 Konstante Felder . . . . .	169
13.5 Felder als Parameter . . . . .	169
13.6 Einfache Sortierverfahren . . . . .	170
13.6.1 Minimum-Suche . . . . .	170
13.6.2 Bubble Sort . . . . .	172
13.7 Einfache Suchverfahren . . . . .	173
13.7.1 Sequenzielles Suchen . . . . .	173
13.7.2 Binäres Suchen . . . . .	174
13.8 Beispiele . . . . .	175
13.8.1 Multiplikation von Matrizen . . . . .	175
13.8.2 Berechnung der Einkommensteuer – verbesserte Variante . . . . .	177
13.8.3 Kopieren von Feldern . . . . .	178
<b>14 Zeiger</b> . . . . .	<b>179</b>
14.1 Allgemeines . . . . .	179
14.2 Zeiger als Parameter . . . . .	183
14.3 Die „Dualität“ von Zeigern und Feldern . . . . .	184
14.4 Zeigerarithmetik . . . . .	186
14.5 Komplexere Fälle: Felder von Zeigern, Zeiger auf Zeiger . . . . .	187
14.6 Konstante Zeiger . . . . .	191
14.7 Zeiger auf Funktionen . . . . .	192
14.7.1 Adressen von Funktionen . . . . .	192
14.7.2 Definition . . . . .	192
14.7.3 Verwendung . . . . .	193
14.7.4 Typdefinitionen mit <code>typedef</code> . . . . .	194
14.8 Beispiele . . . . .	195
14.8.1 Inkrement-Funktion . . . . .	195
14.8.2 Lösen quadratischer Gleichungen – verbesserte Variante . . . . .	196

<b>15 Zeichenketten</b>	<b>199</b>
15.1 Literale . . . . .	199
15.2 Zeichenketten in C . . . . .	200
15.3 Datentyp . . . . .	201
15.4 Initialisierung von Zeichenketten . . . . .	202
15.5 Elementare Funktionen für Zeichenketten . . . . .	203
15.6 Felder von Zeigern auf Zeichenketten . . . . .	205
15.7 Argumente der Funktion <code>main</code> . . . . .	207
15.8 Beispiele . . . . .	208
15.8.1 Vorzeitiges Ende einer Zeichenkette . . . . .	208
15.8.2 Die Funktion <code>strcpy</code> . . . . .	208
15.8.3 Die Funktion <code>strlen</code> . . . . .	210
15.8.4 Die Funktion <code>strcmp</code> . . . . .	210
15.8.5 Die Funktion <code>atol</code> . . . . .	211
15.8.6 Kalender für ein Jahr – verbesserte Variante . . . . .	212
15.8.7 Sortieren von Zeichenketten . . . . .	213
15.8.8 Einfaches Verschlüsseln nach Julius Cäsar . . . . .	214
<b>16 Abgeleitete Datentypen</b>	<b>215</b>
16.1 Richtlinien . . . . .	215
16.2 Strukturen . . . . .	216
16.2.1 Einfache Strukturen . . . . .	217
16.2.2 Funktionen und Strukturen . . . . .	220
16.2.3 Zeiger auf Strukturen . . . . .	221
16.2.4 Felder von Strukturen . . . . .	222
16.2.5 Bitfelder . . . . .	225
16.3 Aufzählungen . . . . .	226
16.4 Variante Strukturen . . . . .	228
16.5 Rekursive Strukturen . . . . .	232
16.6 Deklaration von abgeleiteten Datentypen . . . . .	232
16.7 Typdefinition mit <code>typedef</code> . . . . .	234
16.8 Beispiele . . . . .	235
16.8.1 Ein Menü . . . . .	235
16.8.2 Eine Adressverwaltung . . . . .	237

<b>17 Dateien</b>	<b>243</b>
17.1 Datenströme . . . . .	243
17.2 Öffnen und Schließen von Datenströmen . . . . .	244
17.3 Ein- und Ausgabe . . . . .	246
17.4 Beispiele . . . . .	249
17.4.1 Kopieren von Dateien . . . . .	249
17.4.2 Ausgeben von Dateien . . . . .	250
17.4.3 Eine Adressverwaltung – verbesserte Variante . . . . .	250
<b>18 Rekursive Funktionen</b>	<b>257</b>
18.1 Rekursive Algorithmen . . . . .	257
18.2 Rekursive Funktionen in C . . . . .	258
18.3 Beispiele . . . . .	260
18.3.1 Binäres Suchen . . . . .	260
18.3.2 Quicksort . . . . .	261
<b>19 Datenstrukturen</b>	<b>265</b>
19.1 Datenstrukturen und abstrakte Datenstrukturen . . . . .	265
19.2 Listen . . . . .	266
19.2.1 Eigenschaften und Terminologie . . . . .	266
19.2.2 Methoden und Implementierung . . . . .	267
19.2.2.1 Einfügen eines neuen Elementes . . . . .	269
19.2.2.2 Entfernen eines Elementes . . . . .	271
19.2.3 Weitere Arten von Listen . . . . .	273
19.3 Stapel und Schlangen . . . . .	274
19.3.1 Stapel . . . . .	274
19.3.2 Schlangen . . . . .	275
19.3.3 Zirkularpuffer . . . . .	275
19.4 Baum-Strukturen . . . . .	276
19.4.1 Eigenschaften und Terminologie . . . . .	276
19.4.2 Binäre Bäume . . . . .	278
19.4.3 Binäre Suchbäume . . . . .	280
19.4.4 Methoden . . . . .	281
19.4.4.1 Traversieren von Bäumen . . . . .	281
19.4.4.2 Suchen eines Elementes in einem binären Suchbaum . . . . .	282
19.4.4.3 Einfügen eines neuen Elementes in einen binären Suchbaum . . . . .	283
19.4.4.4 Löschen eines Elementes in einem binären Suchbaum . . . . .	283
19.5 Heap-Strukturen . . . . .	287
19.5.1 Eigenschaften . . . . .	287

19.5.2 Methoden . . . . .	288
19.5.2.1 Die Methode <i>UpHeap</i> . . . . .	288
19.5.2.2 Die Methode <i>DownHeap</i> . . . . .	289
19.5.2.3 Entfernen von Elementen . . . . .	290
19.5.2.4 Aufbau eines Heaps durch Einfügen von Elementen . . . . .	291
19.5.2.5 Aufbau eines Heaps in einem Feld . . . . .	291
19.5.2.6 Sortieren mit Heaps . . . . .	291
19.6 Hash-Strukturen . . . . .	293
19.6.1 Hash-Funktion . . . . .	297
19.6.2 Getrennte Verkettung . . . . .	298
19.6.3 Eigenschaften . . . . .	300
19.7 Vergleich der Datenstrukturen . . . . .	300
<b>20 Dynamischer Speicher</b>	<b>303</b>
20.1 Aufgaben der Speicherverwaltung . . . . .	303
20.2 Anfordern von Speicher . . . . .	304
20.3 Verändern der Größe von Speicherblöcken . . . . .	307
20.4 Freigeben von Speicher . . . . .	308
20.5 Typische Fehler . . . . .	308
20.5.1 Kein Speicher mehr frei . . . . .	309
20.5.2 Freigabe mit einer falschen Adresse . . . . .	309
20.5.3 Freigabe eines bereits freigegebenen Speichers . . . . .	309
20.5.4 Freigabe eines Feldes . . . . .	310
20.5.5 Freigabe einer Variable . . . . .	310
20.5.6 Freigabe eines nicht initialisierten Zeigers . . . . .	310
20.5.7 Zugriff auf einen ungültigen Speicher . . . . .	310
20.5.8 Zugriff auf bereits freigegebenen Speicher . . . . .	311
20.5.9 Zugriff mit falschen Indizes . . . . .	311
20.5.10 Zugriff auf nicht initialisierten Speicher . . . . .	311
20.5.11 Verlust des Speichers durch Überschreiben des Zeigers . . . . .	312
20.5.12 Verlust des Speichers durch Verlust des Zeigers . . . . .	312
20.5.13 Verlust des Speichers durch Rücksprung . . . . .	313
20.5.14 Verlust des Speichers bei Rückgabe . . . . .	313
20.5.15 Zu große Speicherblöcke . . . . .	314
<b>21 Numerik</b>	<b>315</b>
21.1 Fehlerarten . . . . .	315
21.1.1 Modellfehler . . . . .	315
21.1.2 Datenfehler . . . . .	315

21.1.3 Verfahrensfehler . . . . .	316
21.1.4 Rundungsfehler . . . . .	316
<b>21.2 Mathematische Grundbegriffe . . . . .</b>	<b>316</b>
21.2.1 Relativer Fehler . . . . .	317
21.2.2 Kondition . . . . .	317
<b>21.3 Sehr kleine und sehr große Zahlen . . . . .</b>	<b>319</b>
21.3.1 Ganze Zahlen . . . . .	319
21.3.2 Punktzahlen . . . . .	319
21.3.3 Summation von Punktzahlen . . . . .	320
<b>21.4 Auslöschung . . . . .</b>	<b>322</b>
<b>22 Fehlerbehandlung . . . . .</b>	<b>323</b>
22.1 Behandlung von Fehlern im Programm . . . . .	326
22.1.1 Fehlercodes . . . . .	326
22.1.2 Fehlerweitergabe . . . . .	328
22.2 Fehlerbehandlung mit Funktionen der Standard-Bibliothek . . . . .	329
22.2.1 Die Fehlervariable <code>errno</code> . . . . .	329
22.2.2 Fehlerausgabe . . . . .	330
22.2.3 Programmende mit <code>exit</code> . . . . .	331
22.2.4 Die Funktion <code>atexit</code> . . . . .	331
22.2.5 Die Funktion <code>assert</code> . . . . .	331
22.3 Signalbehandlung . . . . .	332
22.3.1 Definition von Signalbehandlungsfunktionen . . . . .	333
22.3.2 Abbruch mit <code>abort</code> . . . . .	334
<b>23 Ein exemplarisches Software-Projekt . . . . .</b>	<b>335</b>
23.1 Die Spezifikation . . . . .	335
23.2 Präzisierung der Spezifikation . . . . .	336
23.3 Bibliotheken . . . . .	337
23.3.1 Wahl der Bibliothek . . . . .	338
23.3.2 Verwendung von Bibliotheken . . . . .	338
23.4 Realisierungsmöglichkeiten . . . . .	339
23.4.1 Ansatz mit rekursiven Funktionen . . . . .	340
23.4.2 Der Syntaxbaum . . . . .	341
23.4.3 Der Auswertungsstapel . . . . .	342
23.5 Entwurf . . . . .	343
23.5.1 Beschreibung der Funktionen . . . . .	343
23.5.2 Fehlerbehandlung . . . . .	344

---

23.6 Implementierung des virtuellen Taschenrechners für den Textmodus . . . . .	344
23.6.1 Das Modul <code>main.o</code> . . . . .	345
23.6.2 Das Modul <code>berechnung.o</code> . . . . .	347
23.6.3 Das Modul <code>stapel.o</code> . . . . .	350
23.6.4 Das Modul <code>eingabe.o</code> . . . . .	353
23.6.5 Die grafische Benutzeroberfläche . . . . .	355
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>357</b>
<b>Index</b>	<b>359</b>