

# Inhalt

**Vorwort 15**

**Danksagung 16**

## **1 Einige Grundbegriffe 17**

**1.1 Algorithmus 19**

**1.2 Datenstruktur 23**

**1.3 Programm 25**

**1.4 Aufgaben 28**

## **2 Einführung in die Programmierung 31**

**2.1 Die Programmierumgebung 36**

**2.1.1 Der Editor 36**

**2.1.2 Der Compiler 37**

**2.1.3 Der Linker 38**

**2.1.4 Der Debugger 38**

## **3 Ausgewählte Sprachelemente von C 39**

**3.1 Programmrahmen 39**

**3.2 Zahlen 40**

**3.3 Variablen 40**

**3.4 Operationen 42**

**3.4.1 Zuweisungsoperationen 42**

**3.4.2 Rechenoperationen 43**

**3.4.3 Vergleichsoperationen 45**

**3.5 Kommentare 46**

**3.6 Elementare Ein-/Ausgabe 46**

**3.6.1 Bildschirmausgabe 46**

**3.6.2 Tastatureingabe 48**

**3.7 Kontrollfluss 48**

**3.7.1 Bedingte Befehlsausführung 49**

**3.7.2 Wiederholte Befehlsausführung 50**

**3.7.3 Verschachtelung von Kontrollstrukturen 56**

**3.8 Beispiele 57**

**3.8.1 Das erste C-Programm 57**

**3.8.2 Das zweite C-Programm 58**

**3.8.3 Das dritte C-Programm 62**

**3.9 Aufgaben 65**

<b>4</b>	<b>Arithmetik 69</b>
4.1	Folgen 69
4.2	Summen 76
4.3	Produkte 83
4.4	Aufgaben 85
<b>5</b>	<b>Aussagenlogik 93</b>
5.1	Aussagen 93
5.2	Logische Operatoren 94
5.3	Darstellung boolescher Funktionen 102
5.4	Vereinfachung boolescher Ausdrücke 106
5.5	Logische Operatoren in C 115
5.6	Programmierbeispiele 116
5.6.1	Kugelspiel 116
5.6.2	Schaltung 117
5.7	Aufgaben 120
<b>6</b>	<b>Elementare Datentypen und ihre Darstellung 125</b>
6.1	Zahlendarstellungen 125
6.1.1	Dezimaldarstellung 127
6.1.2	Dualdarstellung 127
6.1.3	Oktalдарstellung 129
6.1.4	Hexadezimaldarstellung 130
6.2	Bits und Bytes 132
6.3	Skalare Datentypen in C 136
6.3.1	Ganze Zahlen 137
6.3.2	Aufzählungstypen 138
6.3.3	Gleitkommazahlen 138
6.3.4	Buchstaben 139
6.4	Bit-Operationen 143
6.5	Programmierbeispiele mit Zeichen, Zahlen und Bit-Operationen 146
6.5.1	Zeichensatz 146
6.5.2	Bit-Editor 148
6.6	Arrays und Zeichenketten 151
6.6.1	Arrays 152
6.6.2	Zeichenketten 157
6.7	Programmierbeispiele mit Arrays und Strings 163
6.7.1	Buchstaben zählen 163
6.7.2	Matrixdruck 167
6.8	Aufgaben 169

<b>7</b>	<b>Modularisierung</b>	<b>177</b>
7.1	Funktionen und Unterprogramme	177
7.2	Rekursion	184
7.3	Der Stack	193
7.4	Globale, lokale und statische Variablen	196
7.5	Die C-Runtime-Library	198
7.5.1	Mathematische Funktionen	198
7.5.2	Konvertierungs- und Klassifizierungsroutinen	201
7.5.3	Stringbearbeitung	203
7.5.4	Terminal I/O	205
7.5.5	Dateioperationen	210
7.5.6	Suchen und Sortieren	214
7.5.7	Variable Anzahl von Argumenten	214
7.5.8	Ausnahme- und Fehlerbehandlung	217
7.5.9	Assertions und Programmabbruch	221
7.5.10	Freispeicherverwaltung und Speicherfunktionen	223
7.5.11	Zeit- und Datum-Funktionen	223
7.5.12	Prozess-Steuerung	224
7.6	Beispiele	224
7.6.1	Das Damenproblem	224
7.6.2	Labyrinth	232
7.7	Aufgaben	239
<b>8</b>	<b>Zeiger und Adressen</b>	<b>253</b>
8.1	Zeigerarithmetik	257
8.2	Arrays und Zeiger	259
8.3	Funktionszeiger	262
8.4	Komplexe Variablendeklarationen	266
8.5	Aufgaben	268
<b>9</b>	<b>C-Referenz (Teil 1)</b>	<b>271</b>
9.1	Reservierte Wörter	271
9.2	Identifizier	271
9.3	Numerische Werte	272
9.4	Werte für Zeichen und Zeichenketten	273
9.5	Skalare Datentypen	274
9.6	Variablen	274
9.7	Arrays	279
9.8	Operatoren	279
9.8.1	Arithmetische Operatoren	283
9.8.2	Vergleichsoperatoren	284

9.8.3	Logische Operatoren	285
9.8.4	Bit-Operatoren	286
9.8.5	Zugriffsoperatoren	286
9.8.6	Auswertungsoperatoren	287
9.8.7	Datentyp-Operatoren	288
9.8.8	Ausdrücke und Zuweisungsoperatoren	289
<b>9.9</b>	<b>Funktionen</b>	<b>293</b>
<b>9.10</b>	<b>Kontrollstrukturen</b>	<b>295</b>
9.10.1	Alternativen	295
9.10.2	Sprungleisten	296
9.10.3	Schleifen	299
9.10.4	Sprunganweisungen	301
<b>9.11</b>	<b>Der Preprozessor</b>	<b>303</b>
9.11.1	Includes	303
9.11.2	Symbolische Konstanten	304
9.11.3	Makros	306
9.11.4	Bedingte Compilierung	307
<b>9.12</b>	<b>Der Aufbau von Programmdateien</b>	<b>309</b>
9.12.1	Header-Dateien	310
9.12.2	Quellcode-Dateien	311
<b>9.13</b>	<b>Einige Coding-Standards</b>	<b>312</b>
<b>10</b>	<b>Kombinatorik</b>	<b>315</b>
<b>10.1</b>	<b>Kombinatorische Grundaufgaben</b>	<b>315</b>
10.1.1	Permutationen mit Wiederholungen	316
10.1.2	Permutationen ohne Wiederholungen	317
10.1.3	Kombinationen ohne Wiederholungen	318
10.1.4	Kombinationen mit Wiederholungen	320
10.1.5	Zusammenfassung	321
<b>10.2</b>	<b>Kombinatorische Algorithmen</b>	<b>324</b>
10.2.1	Permutationen mit Wiederholungen	325
10.2.2	Kombinationen mit Wiederholungen	328
10.2.3	Kombinationen ohne Wiederholungen	330
10.2.4	Permutationen ohne Wiederholungen	332
<b>10.3</b>	<b>Beispiele</b>	<b>335</b>
10.3.1	Juwelenraub	336
10.3.2	Geldautomat	341
<b>10.4</b>	<b>Aufgaben</b>	<b>346</b>
<b>11</b>	<b>Grafikprogrammierung</b>	<b>351</b>
<b>11.1</b>	<b>IGEL</b>	<b>351</b>
11.1.1	Koordinaten und Fenstergröße	353
11.1.2	Farben	355
11.1.3	Bildpunkte und Bildschirmbereiche	355

11.1.4	Linien	356
11.1.5	Rechtecke	356
11.1.6	Kreise und Ellipsen	357
11.1.7	Text	358
11.1.8	Ablaufsteuerung	359
11.2	Beispiele	360
11.2.1	Bälle	360
11.2.2	Life	363
11.2.3	Bubblesort	369
11.3	Aufgaben	375
<b>12</b>	<b>Leistungsanalyse und -messung von Algorithmen</b>	<b>381</b>
12.1	Leistungsanalyse	384
12.2	Leistungsmessung	397
12.2.1	Überdeckungsanalyse	399
12.2.2	Performance-Analyse	400
12.3	Mathematische Grundfunktionen	402
12.3.1	Floor und Ceiling	403
12.3.2	Potenzfunktionen	404
12.3.3	Exponentialfunktionen	405
12.3.4	Logarithmen	406
12.4	Laufzeitklassen	409
12.5	Beispiele	416
<b>13</b>	<b>Sortierverfahren</b>	<b>429</b>
13.1	Bubblesort	430
13.2	Selectionsort	432
13.3	Insertionsort	435
13.4	Shellsort	437
13.5	Quicksort	441
13.6	Heapsort	447
13.7	Leistungsanalyse	452
13.7.1	Bubblesort	454
13.7.2	Selectionsort	456
13.7.3	Insertionsort	457
13.7.4	Shellsort	458
13.7.5	Quicksort	460
13.7.6	Heapsort	462
13.8	Vergleich und Bewertung	463
13.9	Grenzen der Optimierung von Sortierverfahren	469
13.10	Aufgaben	474

<b>14</b>	<b>Datenstrukturen 475</b>
14.1	Datensequenz (struct) 476
14.2	Datenalternative (union) 485
14.3	Optimierung von Datenstrukturen 492
14.4	Zeiger und Datenstrukturen 497
14.5	Dynamische Datenstrukturen 500
14.6	Verkettete Datenstrukturen (Listen) 506
14.7	Die Freispeicherverwaltung 510
14.8	Abstrakte Datentypen 513
14.8.1	Der abstrakte Datentyp »Stack« 516
14.8.2	Der abstrakte Datentyp »Queue« 521
14.9	Aufgaben 526
<b>15</b>	<b>C-Referenz (Teil 2) 533</b>
15.1	Einfache Strukturen 533
15.2	Zusammengesetzte Strukturen 536
15.3	Zugriff auf Strukturen 538
15.3.1	Direkter Zugriff 538
15.3.2	Indirekter Zugriff 540
15.4	Unions 541
15.5	Datenstrukturen und Funktionen 543
15.6	Dynamische Datenstrukturen 545
15.7	Zeiger in Datenstrukturen 548
15.8	Typvereinbarungen 552
15.9	Bitfelder 553
<b>16</b>	<b>Ausgewählte Datenstrukturen 557</b>
16.1	Aufgabenstellung 557
16.2	Schnittstellenvereinbarung 559
16.3	Anwendungsprogramm 562
16.4	Listen 567
16.4.1	Grundbegriffe 568
16.4.2	Arrays oder Listen 569
16.4.3	Speicherstruktur 571
16.4.4	Implementierung 575
16.4.5	Test 581
16.5	Bäume 582
16.5.1	Grundbegriffe 582
16.5.2	Traversierung von Bäumen 586
16.5.3	Speicherstruktur 599

16.5.4	Implementierung	602
16.5.5	Test	609
<b>16.6</b>	<b>Ausgeglichene Bäume</b>	<b>611</b>
16.6.1	Grundbegriffe	611
16.6.2	Speicherstruktur	615
16.6.3	Implementierung	618
16.6.4	Test	633
<b>16.7</b>	<b>Hashtabellen</b>	<b>634</b>
16.7.1	Grundbegriffe	635
16.7.2	Speicherstruktur	637
16.7.3	Implementierung	640
16.7.4	Test	643
<b>16.8</b>	<b>Vergleich und Bewertung</b>	<b>647</b>
16.8.1	Speicherkomplexität	648
16.8.2	Laufzeitmessungen	648
<b>16.9</b>	<b>Aufgaben</b>	<b>653</b>
<b>17</b>	<b>Elemente der Graphentheorie</b>	<b>655</b>
17.1	Grundbegriffe	657
17.2	Darstellung von Graphen durch Datenstrukturen	664
17.3	Ausgewählte graphentheoretische Probleme	669
17.3.1	Existenz von Wegen	671
17.3.2	Kürzeste Wege	693
17.3.3	Minimal spannende Bäume	728
17.3.4	Hamiltonsche Wege	735
<b>18</b>	<b>C++-Referenz (Teil 1)</b>	<b>749</b>
18.1	Schlüsselwörter	749
18.2	Operatoren	749
18.3	Kommentare	752
18.4	Datentypen, Datenstrukturen und Variablen	753
18.4.1	Automatische Typisierung von Aufzählungstypen	753
18.4.2	Automatische Typisierung von Strukturen	753
18.4.3	Vorwärtsverweise auf Strukturen	754
18.4.4	Const-Deklarationen	755
18.4.5	Definition von Variablen	756
18.4.6	Referenzen	756
18.5	Funktionen und Operatoren	762
18.5.1	Funktionsdeklarationen und Prototypen	762
18.5.2	Default-Werte	762
18.5.3	Inline-Funktionen	764
18.5.4	Der Scope-Resolution-Operator	765

- 18.5.5 Überladen von Funktionen 766
- 18.5.6 Überladen von Operatoren 769
- 18.5.7 Einbindung von C-Funktionen in C++-Programme 771

## **19      Objektorientierte Programmierung 775**

### **20      Klassen in C++ 791**

- 20.1      **Aufbau von Klassen 791**
  - 20.1.1      Daten-Member 793
  - 20.1.2      Funktions-Member 796
  - 20.1.3      Konstruktoren und Destruktoren 805
- 20.2      **Instantiierung von Klassen 811**
  - 20.2.1      Automatische Instantiierung 813
  - 20.2.2      Statische Instantiierung 814
  - 20.2.3      Dynamische Instantiierung 815
  - 20.2.4      Instantiierung von Arrays 818
- 20.3      **Friends 818**
- 20.4      **Operatoren auf Klassen 823**
- 20.5      **Ein- und Ausgabe in C++ 827**
  - 20.5.1      Bildschirmausgabe 827
  - 20.5.2      Tastatureingabe 832
  - 20.5.3      Dateioperationen 833
- 20.6      **Der this-Pointer 835**
- 20.7      **Beispiele 836**
  - 20.7.1      Menge 836
  - 20.7.2      Bingo 847
  - 20.7.3      Migration des Listen-Moduls 855
- 20.8      **Aufgaben 862**

### **21      Vererbung in C++ 869**

- 21.1      **Geschützte Member 875**
- 21.2      **Einfache Vererbung 878**
- 21.3      **Mehrfache Vererbung 879**
- 21.4      **Instantiierung abgeleiteter Klassen 879**
- 21.5      **Erweiterung abgeleiteter Klassen 882**
- 21.6      **Überladen von Funktionen der Basisklasse 884**
- 21.7      **Virtuelle Member-Funktionen 889**
- 21.8      **Rein virtuelle Member-Funktionen 892**
- 21.9      **Statische Member 893**
- 21.10      **Beispiele 900**
  - 21.10.1      Listen-Modul 900



21.10.2	Würfelspiel	905
21.10.3	Partnervermittlung	928
21.11	Aufgaben	949
<b>22</b>	<b>C++-Referenz (Teil 2)</b>	<b>955</b>
22.1	Klassen und Instanzen	955
22.2	Member	956
22.2.1	Daten-Member	957
22.2.2	Funktions-Member	959
22.2.3	Statische Member	961
22.2.4	Operatoren	963
22.3	Zugriff auf Member	964
22.3.1	Zugriff von außen	965
22.3.2	Zugriff von innen	968
22.3.3	Der this-Pointer	971
22.3.4	Zugriff durch Friends	972
22.4	Vererbung	974
22.4.1	Einfachvererbung	974
22.4.2	Mehrfachvererbung	979
22.4.3	Virtuelle Funktionen	985
22.4.4	Rein virtuelle Funktionen	988
22.5	Zugriffsschutz und Vererbung	989
22.5.1	Geschützte Member	989
22.5.2	Zugriff auf die Basisklasse	990
22.5.3	Modifikation von Zugriffsrechten	995
22.6	Der Lebenszyklus von Objekten	997
22.6.1	Konstruktion von Objekten	1000
22.6.2	Destruktion von Objekten	1003
22.6.3	Kopieren von Objekten	1004
22.6.4	Instantiierung von Objekten	1007
22.6.5	Initialisierung eingelagerter Objekte	1009
22.6.6	Initialisierung von Basisklassen	1012
22.6.7	Initialisierung virtueller Basisklassen	1014
22.6.8	Instantiierungsregeln	1016
22.7	Pointer to Member	1019
22.8	Generische Klassen (Templates)	1023
22.9	Ausnahmefallbehandlung	1029
<b>23</b>	<b>Anhang: Die CD</b>	<b>1037</b>
23.1	Der Compiler	1037
23.2	Installation des Compilers	1037
23.3	Die Beispielprogramme	1039

<b>23.4</b>	<b>Erstellen eigener Programme</b>	<b>1039</b>
<b>23.5</b>	<b>Verwendung von IGEL mit dem Microsoft-Compiler</b>	<b>1040</b>
<b>23.6</b>	<b>Die Dokumentation zum Compiler</b>	<b>1040</b>
<b>23.7</b>	<b>Die Tools</b>	<b>1040</b>
	<b>Index</b>	<b>1041</b>