

# Auf einen Blick

1	Einige Grundbegriffe .....	21
2	Einführung in die Programmierung .....	35
3	Ausgewählte Sprachelemente von C .....	45
4	Arithmetik .....	83
5	Aussagenlogik .....	107
6	Elementare Datentypen und ihre Darstellung .....	129
7	Modularisierung .....	181
8	Zeiger und Adressen .....	223
9	Programmgrobstruktur .....	241
10	Die Standard C Library .....	253
11	Kombinatorik .....	273
12	Leistungsanalyse und Leistungsmessung .....	305
13	Sortieren .....	347
14	Datenstrukturen .....	393
15	Ausgewählte Datenstrukturen .....	437
16	Abstrakte Datentypen .....	493
17	Elemente der Graphentheorie .....	507
18	Zusammenfassung und Ergänzung .....	575
19	Einführung in C++ .....	677
20	Objektorientierte Programmierung .....	717
21	Das Zusammenspiel von Objekten .....	775
22	Vererbung .....	805
23	Zusammenfassung und Überblick .....	879
24	Die C++-Standardbibliothek und Ergänzung .....	953
A	Aufgaben und Lösungen .....	1041

# Inhalt

Vorwort .....	19
<b>1 Einige Grundbegriffe</b> .....	<b>21</b>
<b>1.1 Algorithmus</b> .....	<b>24</b>
<b>1.2 Datenstruktur</b> .....	<b>28</b>
<b>1.3 Programm</b> .....	<b>30</b>
<b>1.4 Programmiersprachen</b> .....	<b>31</b>
<b>1.5 Aufgaben</b> .....	<b>33</b>
<b>2 Einführung in die Programmierung</b> .....	<b>35</b>
<b>2.1 Softwareentwicklung</b> .....	<b>35</b>
<b>2.2 Die Programmierumgebung</b> .....	<b>40</b>
2.2.1 Der Editor .....	41
2.2.2 Der Compiler .....	42
2.2.3 Der Linker .....	43
2.2.4 Der Debugger .....	43
2.2.5 Der Profiler .....	43
<b>3 Ausgewählte Sprachelemente von C</b> .....	<b>45</b>
<b>3.1 Programmrahmen</b> .....	<b>45</b>
<b>3.2 Zahlen</b> .....	<b>46</b>
<b>3.3 Variablen</b> .....	<b>46</b>
<b>3.4 Operatoren</b> .....	<b>48</b>
3.4.1 Zuweisungsoperator .....	48
3.4.2 Arithmetische Operatoren .....	49
3.4.3 Typkonvertierungen .....	55
3.4.4 Vergleichsoperationen .....	55

<b>3.5</b>	<b>Kontrollfluss</b> .....	56
3.5.1	Bedingte Befehlsausführung .....	57
3.5.2	Wiederholte Befehlsausführung .....	59
3.5.3	Verschachtelung von Kontrollstrukturen .....	65
<b>3.6</b>	<b>Elementare Ein- und Ausgabe</b> .....	67
3.6.1	Bildschirmausgabe .....	67
3.6.2	Tastatureingabe .....	69
3.6.3	Kommentare und Layout .....	72
<b>3.7</b>	<b>Beispiele</b> .....	73
3.7.1	Das erste Programm .....	73
3.7.2	Das zweite Programm .....	75
3.7.3	Das dritte Programm .....	79
<b>3.8</b>	<b>Aufgaben</b> .....	81
<b>4</b>	<b>Arithmetik</b> .....	83
<hr/>		
<b>4.1</b>	<b>Folgen</b> .....	85
<b>4.2</b>	<b>Summen und Produkte</b> .....	96
<b>4.3</b>	<b>Aufgaben</b> .....	100
<b>5</b>	<b>Aussagenlogik</b> .....	107
<hr/>		
<b>5.1</b>	<b>Aussagen</b> .....	108
<b>5.2</b>	<b>Aussagenlogische Operatoren</b> .....	108
<b>5.3</b>	<b>Boolesche Funktionen</b> .....	116
<b>5.4</b>	<b>Logische Operatoren in C</b> .....	119
<b>5.5</b>	<b>Beispiele</b> .....	120
5.5.1	Kugelspiel .....	120
5.5.2	Schaltung .....	122
<b>5.6</b>	<b>Aufgaben</b> .....	126

## 6 Elementare Datentypen und ihre Darstellung 129

---

<b>6.1</b>	<b>Zahlendarstellungen</b> .....	130
6.1.1	Dualdarstellung .....	134
6.1.2	Oktalдарstellung .....	135
6.1.3	Hexadezimaldarstellung .....	136
<b>6.2</b>	<b>Bits und Bytes</b> .....	137
<b>6.3</b>	<b>Skalare Datentypen in C</b> .....	139
6.3.1	Ganze Zahlen .....	140
6.3.2	Gleitkommazahlen .....	144
<b>6.4</b>	<b>Bitoperationen</b> .....	146
<b>6.5</b>	<b>Programmierbeispiele</b> .....	150
6.5.1	Kartentrick .....	150
6.5.2	Zahlenraten .....	152
6.5.3	Addierwerk .....	154
<b>6.6</b>	<b>Zeichen</b> .....	156
<b>6.7</b>	<b>Arrays</b> .....	159
6.7.1	Eindimensionale Arrays .....	160
6.7.2	Mehrdimensionale Arrays .....	162
<b>6.8</b>	<b>Zeichenketten</b> .....	164
<b>6.9</b>	<b>Programmierbeispiele</b> .....	173
6.9.1	Buchstabenstatistik .....	173
6.9.2	Sudoku .....	175
<b>6.10</b>	<b>Aufgaben</b> .....	178

## 7 Modularisierung 181

---

<b>7.1</b>	<b>Funktionen</b> .....	181
<b>7.2</b>	<b>Arrays als Funktionsparameter</b> .....	186
<b>7.3</b>	<b>Lokale und globale Variablen</b> .....	190
<b>7.4</b>	<b>Rekursion</b> .....	192
<b>7.5</b>	<b>Der Stack</b> .....	198
<b>7.6</b>	<b>Beispiele</b> .....	200
7.6.1	Bruchrechnung .....	200
7.6.2	Das Damenproblem .....	202

7.6.3	Permutationen .....	210
7.6.4	Labyrinth .....	213
<b>7.7</b>	<b>Aufgaben .....</b>	<b>218</b>

## **8 Zeiger und Adressen** 223

---

<b>8.1</b>	<b>Zeigerarithmetik .....</b>	<b>230</b>
<b>8.2</b>	<b>Zeiger und Arrays .....</b>	<b>232</b>
<b>8.3</b>	<b>Funktionszeiger .....</b>	<b>235</b>
<b>8.4</b>	<b>Aufgaben .....</b>	<b>239</b>

## **9 Programmstruktur** 241

---

<b>9.1</b>	<b>Der Präprozessor .....</b>	<b>241</b>
9.1.1	Includes .....	242
9.1.2	Symbolische Konstanten .....	244
9.1.3	Makros .....	245
9.1.4	Bedingte Kompilierung .....	247
<b>9.2</b>	<b>Ein kleines Projekt .....</b>	<b>249</b>

## **10 Die Standard C Library** 253

---

<b>10.1</b>	<b>Mathematische Funktionen .....</b>	<b>254</b>
<b>10.2</b>	<b>Zeichenklassifizierung und -konvertierung .....</b>	<b>256</b>
<b>10.3</b>	<b>Stringoperationen .....</b>	<b>257</b>
<b>10.4</b>	<b>Ein- und Ausgabe .....</b>	<b>260</b>
<b>10.5</b>	<b>Variable Anzahl von Argumenten .....</b>	<b>263</b>
<b>10.6</b>	<b>Freispeicherverwaltung .....</b>	<b>265</b>
<b>10.7</b>	<b>Aufgaben .....</b>	<b>271</b>

<b>11 Kombinatorik</b>	<b>273</b>
<b>11.1 Kombinatorische Grundaufgaben</b>	<b>274</b>
<b>11.2 Permutationen mit Wiederholungen</b>	<b>274</b>
<b>11.3 Permutationen ohne Wiederholungen</b>	<b>275</b>
11.3.1 Kombinationen ohne Wiederholungen	277
11.3.2 Kombinationen mit Wiederholungen	278
11.3.3 Zusammenfassung	280
<b>11.4 Kombinatorische Algorithmen</b>	<b>283</b>
11.4.1 Permutationen mit Wiederholungen	284
11.4.2 Kombinationen mit Wiederholungen	286
11.4.3 Kombinationen ohne Wiederholungen	288
11.4.4 Permutationen ohne Wiederholungen	290
<b>11.5 Beispiele</b>	<b>293</b>
11.5.1 Juwelenraub	293
11.5.2 Geldautomat	298
<b>12 Leistungsanalyse und Leistungsmessung</b>	<b>305</b>
<b>12.1 Leistungsanalyse</b>	<b>308</b>
<b>12.2 Leistungsmessung</b>	<b>320</b>
12.2.1 Überdeckungsanalyse	322
12.2.2 Performance-Analyse	323
<b>12.3 Laufzeitklassen</b>	<b>324</b>
<b>13 Sortieren</b>	<b>347</b>
<b>13.1 Sortierverfahren</b>	<b>347</b>
13.1.1 Bubblesort	349
13.1.2 Selectionsort	351
13.1.3 Insertionsort	353
13.1.4 Shellsort	356
13.1.5 Quicksort	359
13.1.6 Heapsort	370

<b>13.2</b>	<b>Leistungsanalyse der Sortierverfahren</b>	376
13.2.1	Bubblesort	376
13.2.2	Selectionsort	377
13.2.3	Insertionsort	378
13.2.4	Shellsort	379
13.2.5	Quicksort	380
13.2.6	Heapsort	381
<b>13.3</b>	<b>Leistungsmessung der Sortierverfahren</b>	383
<b>13.4</b>	<b>Grenzen der Optimierung von Sortierverfahren</b>	388

## **14 Datenstrukturen** 393

---

<b>14.1</b>	<b>Strukturdeklarationen</b>	395
14.1.1	Variablendefinitionen	398
<b>14.2</b>	<b>Zugriff auf Strukturen</b>	400
14.2.1	Direktzugriff	401
14.2.2	Indirektzugriff	403
<b>14.3</b>	<b>Datenstrukturen und Funktionen</b>	405
<b>14.4</b>	<b>Ein vollständiges Beispiel (Teil 1)</b>	409
<b>14.5</b>	<b>Dynamische Datenstrukturen</b>	415
<b>14.6</b>	<b>Ein vollständiges Beispiel (Teil 2)</b>	421
<b>14.7</b>	<b>Die Freispeicherverwaltung</b>	432
<b>14.8</b>	<b>Aufgaben</b>	435

## **15 Ausgewählte Datenstrukturen** 437

---

<b>15.1</b>	<b>Listen</b>	439
<b>15.2</b>	<b>Bäume</b>	448
15.2.1	Traversierung von Bäumen	451
15.2.2	Aufsteigend sortierte Bäume	461
<b>15.3</b>	<b>Treaps</b>	470
15.3.1	Heaps	471
15.3.2	Der Container als Treap	473

<b>15.4 Hash-Tabellen</b> .....	482
15.4.1 Speicherkomplexität .....	489
15.4.2 Laufzeitkomplexität .....	490

## **16 Abstrakte Datentypen** 493

---

<b>16.1 Der Stack als abstrakter Datentyp</b> .....	495
<b>16.2 Die Queue als abstrakter Datentyp</b> .....	500

## **17 Elemente der Graphentheorie** 507

---

<b>17.1 Graphentheoretische Grundbegriffe</b> .....	510
<b>17.2 Die Adjazenzmatrix</b> .....	511
<b>17.3 Beispielgraph (Autobahnnetz)</b> .....	512
<b>17.4 Traversierung von Graphen</b> .....	514
<b>17.5 Wege in Graphen</b> .....	516
<b>17.6 Der Algorithmus von Warshall</b> .....	518
<b>17.7 Kantentabellen</b> .....	522
<b>17.8 Zusammenhang und Zusammenhangskomponenten</b> .....	523
<b>17.9 Gewichtete Graphen</b> .....	530
<b>17.10 Kürzeste Wege</b> .....	532
<b>17.11 Der Algorithmus von Floyd</b> .....	533
<b>17.12 Der Algorithmus von Dijkstra</b> .....	539
<b>17.13 Erzeugung von Kantentabellen</b> .....	546
<b>17.14 Der Algorithmus von Ford</b> .....	548
<b>17.15 Minimale Spannbäume</b> .....	551
<b>17.16 Der Algorithmus von Kruskal</b> .....	552
<b>17.17 Hamiltonsche Wege</b> .....	557
<b>17.18 Das Travelling-Salesman-Problem</b> .....	562

**18 Zusammenfassung und Ergänzung**

575

**19 Einführung in C++**

677

<b>19.1 Schlüsselwörter</b> .....	677
<b>19.2 Kommentare</b> .....	678
<b>19.3 Datentypen, Datenstrukturen und Variablen</b> .....	679
19.3.1 Automatische Typisierung von Aufzählungstypen .....	679
19.3.2 Automatische Typisierung von Strukturen .....	680
19.3.3 Vorwärtsverweise auf Strukturen .....	680
19.3.4 Der Datentyp bool .....	681
19.3.5 Verwendung von Konstanten .....	682
19.3.6 Definition von Variablen .....	683
19.3.7 Verwendung von Referenzen .....	684
19.3.8 Referenzen als Rückgabewerte .....	688
19.3.9 Referenzen außerhalb von Schnittstellen .....	689
<b>19.4 Funktionen</b> .....	690
19.4.1 Funktionsdeklarationen und Prototypen .....	691
19.4.2 Vorgegebene Werte in der Funktionsschnittstelle (Default-Werte) .....	692
19.4.3 Inline-Funktionen .....	694
19.4.4 Überladen von Funktionen .....	696
19.4.5 Parametersignatur von Funktionen .....	698
19.4.6 Zuordnung der Parametersignaturen und der passenden Funktion .....	699
19.4.7 Verwendung von C-Funktionen in C++-Programmen .....	700
<b>19.5 Operatoren</b> .....	701
19.5.1 Der Globalzugriff .....	702
19.5.2 Alle Operatoren in C++ .....	703
19.5.3 Überladen von Operatoren .....	707
<b>19.6 Auflösung von Namenskonflikten</b> .....	711
19.6.1 Der Standardnamensraum std .....	715

## 20 Objektorientierte Programmierung 717

---

<b>20.1</b>	<b>Ziele der Objektorientierung</b> .....	717
<b>20.2</b>	<b>Objektorientiertes Design</b> .....	719
<b>20.3</b>	<b>Klassen in C++</b> .....	725
<b>20.4</b>	<b>Aufbau von Klassen</b> .....	725
20.4.1	Zugriffsschutz von Klassen .....	726
20.4.2	Datenmember .....	727
20.4.3	Funktionsmember .....	729
20.4.4	Verwendung des Zugriffsschutzes .....	731
20.4.5	Konstruktoren .....	735
20.4.6	Destruktoren .....	739
<b>20.5</b>	<b>Instanziierung von Klassen</b> .....	740
20.5.1	Automatische Variablen in C .....	740
20.5.2	Automatische Instanziierung in C++ .....	741
20.5.3	Statische Variablen in C .....	741
20.5.4	Statische Instanziierung in C++ .....	742
20.5.5	Dynamische Variablen in C .....	743
20.5.6	Dynamische Instanziierung in C++ .....	743
20.5.7	Instanziierung von Arrays in C++ .....	744
<b>20.6</b>	<b>Operatoren auf Klassen</b> .....	745
20.6.1	Friends .....	746
20.6.2	Operator als Methode der Klasse .....	747
<b>20.7</b>	<b>Ein- und Ausgabe in C++</b> .....	748
20.7.1	Überladen des <<-Operators .....	749
20.7.2	Tastatureingabe .....	750
20.7.3	Dateioperationen .....	752
<b>20.8</b>	<b>Der this-Pointer</b> .....	755
<b>20.9</b>	<b>Beispiele</b> .....	756
20.9.1	Menge .....	756
<b>20.10</b>	<b>Aufgaben</b> .....	771

## 21 Das Zusammenspiel von Objekten 775

---

<b>21.1</b>	<b>Modellierung von Beziehungen</b> .....	775
<b>21.2</b>	<b>Komposition eigener Objekte</b> .....	776

21.2.1	Komposition in C++ .....	779
21.2.2	Implementierung der print-Methode für timestamp .....	780
21.2.3	Der Konstruktor von timestamp .....	781
21.2.4	Parametrierter Konstruktor einer komponierten Klasse .....	783
21.2.5	Konstruktionsoptionen der Klasse timestamp .....	785
<b>21.3</b>	<b>Eine Klasse text</b> .....	<b>786</b>
21.3.1	Der Copy-Konstruktor .....	788
21.3.2	Implementierung eines Copy-Konstruktors .....	790
21.3.3	Zuweisung von Objekten .....	791
21.3.4	Implementierung des Zuweisungsoperators .....	793
21.3.5	Erweiterung der Klasse text .....	794
21.3.6	Vorgehen für eigene Objekte .....	796
<b>21.4</b>	<b>Übungen/Beispiel</b> .....	<b>797</b>
21.4.1	Bingo .....	797
<b>21.5</b>	<b>Aufgabe</b> .....	<b>803</b>

---

## **22 Vererbung** **805**

<b>22.1</b>	<b>Darstellung der Vererbung</b> .....	<b>805</b>
22.1.1	Mehrere abgeleitete Klassen .....	806
22.1.2	Wiederholte Vererbung .....	807
22.1.3	Mehrfachvererbung .....	807
<b>22.2</b>	<b>Vererbung in C++</b> .....	<b>808</b>
22.2.1	Ableiten einer Klasse .....	809
22.2.2	Gezieltes Aufrufen des Konstruktors der Basisklasse .....	810
22.2.3	Der geschützte Zugriffsbereich einer Klasse .....	812
22.2.4	Erweiterung abgeleiteter Klassen .....	813
22.2.5	Überschreiben von Funktionen der Basisklasse .....	814
22.2.6	Unterschiedliche Instanzierungen und deren Verwendung .....	817
22.2.7	Virtuelle Memberfunktionen .....	820
22.2.8	Verwendung des Schlüsselwortes virtual .....	821
22.2.9	Mehrfachvererbung .....	822
22.2.10	Zugriff auf die Methoden der Basisklassen .....	824
22.2.11	Statische Member .....	826
22.2.12	Rein virtuelle Funktionen .....	829
<b>22.3</b>	<b>Beispiele</b> .....	<b>831</b>
22.3.1	Würfelspiel .....	831
22.3.2	Partnervermittlung .....	855

<b>23 Zusammenfassung und Überblick</b>	<b>879</b>
<b>23.1 Klassen und Instanzen</b>	<b>879</b>
<b>23.2 Member</b>	<b>881</b>
23.2.1 Datenmember	881
23.2.2 Funktionsmember	882
23.2.3 Konstante Member	885
23.2.4 Statische Member	887
23.2.5 Operatoren	889
23.2.6 Zugriff auf Member	891
23.2.7 Zugriff von außen	891
23.2.8 Zugriff von innen	894
23.2.9 Der this-Pointer	898
23.2.10 Zugriff durch friends	899
<b>23.3 Vererbung</b>	<b>900</b>
23.3.1 Einfachvererbung	900
23.3.2 Mehrfachvererbung	905
23.3.3 Virtuelle Funktionen	911
23.3.4 Virtuelle Destruktoren	914
23.3.5 Rein virtuelle Funktionen	915
<b>23.4 Zugriffsschutz und Vererbung</b>	<b>916</b>
23.4.1 Geschützte Member	917
23.4.2 Zugriff auf die Basisklasse	917
23.4.3 Modifikation von Zugriffsrechten	921
<b>23.5 Der Lebenszyklus von Objekten</b>	<b>922</b>
23.5.1 Konstruktion von Objekten	925
23.5.2 Destruktion von Objekten	928
23.5.3 Kopieren von Objekten	929
23.5.4 Instanziierung von Objekten	934
23.5.5 Explizite und implizite Verwendung von Konstruktoren	937
23.5.6 Initialisierung eingelagerter Objekte	939
23.5.7 Initialisierung von Basisklassen	941
23.5.8 Instanziierungsregeln	943
<b>23.6 Typüberprüfung und Typumwandlung</b>	<b>946</b>
23.6.1 Dynamische Typüberprüfungen	946
<b>23.7 Typumwandlung in C++</b>	<b>948</b>

<b>24 Die C++-Standardbibliothek und Ergänzung</b>	<b>953</b>
<b>24.1 Generische Klassen (Templates)</b> .....	954
<b>24.2 Ausnahmebehandlung (Exceptions)</b> .....	962
<b>24.3 Die C++-Standardbibliothek</b> .....	973
<b>24.4 Iteratoren</b> .....	973
<b>24.5 Strings (string)</b> .....	976
24.5.1 Ein- und Ausgabe .....	977
24.5.2 Zugriff .....	978
24.5.3 Manipulation .....	981
24.5.4 Vergleich .....	986
24.5.5 Suchen .....	987
24.5.6 Speichermanagement .....	988
<b>24.6 Dynamische Arrays (vector)</b> .....	990
24.6.1 Die Beispielklasse klasse .....	990
24.6.2 Einbinden dynamischer Arrays .....	991
24.6.3 Konstruktion .....	991
24.6.4 Zugriff .....	992
24.6.5 Iteratoren .....	993
24.6.6 Manipulation .....	994
24.6.7 Speichermanagement .....	998
<b>24.7 Listen (list)</b> .....	998
24.7.1 Konstruktion .....	998
24.7.2 Zugriff .....	999
24.7.3 Iteratoren .....	1000
24.7.4 Manipulation .....	1002
24.7.5 Speichermanagement .....	1014
<b>24.8 Stacks (stack)</b> .....	1014
<b>24.9 Warteschlangen (queue)</b> .....	1017
<b>24.10 Prioritätswarteschlangen (priority_queue)</b> .....	1019
<b>24.11 Geordnete Paare (pair)</b> .....	1024
<b>24.12 Mengen (set und multiset)</b> .....	1025
24.12.1 Konstruktion .....	1026
24.12.2 Zugriff .....	1027
24.12.3 Manipulation .....	1029
<b>24.13 Relationen (map und multimap)</b> .....	1030
24.13.1 Konstruktion .....	1030

24.13.2 Zugriff .....	1031
24.13.3 Manipulation .....	1032
<b>24.14 Algorithmen der Standardbibliothek .....</b>	<b>1032</b>
24.14.1 Vererbung und virtuelle Funktionen in Containern .....	1037

## **A Aufgaben und Lösungen** 1041

---

<b>Kapitel 1 .....</b>	<b>1042</b>
<b>Kapitel 3 .....</b>	<b>1055</b>
<b>Kapitel 4 .....</b>	<b>1069</b>
<b>Kapitel 5 .....</b>	<b>1090</b>
<b>Kapitel 6 .....</b>	<b>1103</b>
<b>Kapitel 7 .....</b>	<b>1120</b>
<b>Kapitel 8 .....</b>	<b>1144</b>
<b>Kapitel 10 .....</b>	<b>1155</b>
<b>Kapitel 14 .....</b>	<b>1162</b>
<b>Kapitel 20 .....</b>	<b>1186</b>
<b>Kapitel 21 .....</b>	<b>1203</b>
 Index .....	 1209