

C++ für IT-Berufe

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    cout << "Informationsteil:" << endl;

    cout << " - Strukturierte Programmierung  
mit C++" << endl;

    cout << " - Objektorientierte Programmierung  
mit C++" << endl;

    cout << " - Windows-Dektop-Programmierung  
mit C++" << endl;

    cout << endl;
    cout << "Aufgabenpool" << endl;
    cout << endl;
    cout << "Lernsituationen" << endl;
    cout << endl;
    cout << endl;
    return 0;
}
```

3. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorf Str. 23 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 85498

Verfasser:

Dirk Hardy, 46049 Oberhausen

3. Auflage 2018

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-8545-0

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Reemers Publishing Services GmbH, Krefeld

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: matttilda-fotolia.com, Gina Sanders-fotolia.com

Druck: Medienhaus Plump, 53619 Rheinbreitbach

Vorwort

Die Entwicklung von Anwendungen geht heutzutage weit über das reine Programmieren hinaus. Die Anforderungen an den Fachinformatiker bzw. Informatiker mit der Fachrichtung Anwendungsentwicklung sind sehr komplex geworden. Es reicht nicht mehr aus, mit einer speziellen Programmiersprache zu arbeiten. Vielmehr sind umfangreiche Kenntnisse in mehreren Programmiersprachen, in Datenbankmanagementsystemen und weiteren Gebieten wie der Client-Server-Programmierung, Web-Programmierung oder auch App-Programmierung nötig. Das Gemeinsame dieser verschiedenen Aspekte ist die Objektorientierung. Die modernen Programmiersprachen sind objektorientiert, die Datenbankmanagementsysteme werden in Zukunft verstärkt objektorientiert sein. Mischformen wie objekturelationale Datenbanken sind schon länger im Einsatz. Eine gute Grundlage für diese Anforderungen ist die Erlernung der Sprache C++. Die Sprache ist plattformunabhängig und objektorientiert. Sie ist schwerer zu erlernen als andere Sprachen, bietet allerdings dafür einige Vorteile:

- Geschwindigkeit
- Weite Verbreitung
- Sehr viele Tools und Bibliotheken
- Compiler und Entwicklungswerkzeuge auf verschiedensten Plattformen
- Grundlage vieler weiterer Sprachen wie Java, Javascript, Perl oder auch PHP und C#

Die letzte ISO-Standardisierung der Sprache C++ war 2017. Damit verfügt C++ über viele neue Konzepte, die in anderen modernen Programmiersprachen (wie C#) bereits umgesetzt worden sind. Die vorliegende dritte Auflage dieses Buches nimmt diese Neuerungen in einem eigenen Kapitel auf und geht dann auch intensiver auf die STL (Standard Template Library) ein, die mit den Standards C++11, C++14 und C++17 weiter ausgebaut wurde.

Den Lesern dieses Buches bleibt viel Erfolg bei der Erlernung von C++ zu wünschen und mit einem Zitat des Erfinders von C++ (Bjarne Stroustrup) zu schließen: „Die Frage *Wie schreibt man ein gutes C++ -Programm?* hat sehr viel Ähnlichkeit mit der Frage *Wie schreibt man gute englische Prosa?* Darauf gibt es zwei Antworten: Wisse, was Du sagen willst und übe. Halte Dich an gute Vorbilder. Beide Antworten gelten für C++ ebenso wie für Englisch – und sind ebenso schwer zu befolgen.“

Für Anregungen und Kritik zu diesem Buch sind wir Ihnen dankbar (gerne auch per E-Mail).

Dirk Hardy
E-Mail: Hardy@DirkHardy.de

Im Oktober 2018

Verlag Europa-Lehrmittel
E-Mail: Info@Europa-Lehrmittel.de

Aufbau des Buches

Das vorliegende Buch möchte die Sprache C++ möglichst anschaulich, praxis- und unterrichtsnah vermitteln. Damit verfolgt dieses Buch einen **praktischen Ansatz**. Es ist die Ansicht des Autors, dass gerade in der schulischen Ausbildung der Zugang zu den komplexen Themen der Programmierung verstärkt durch anschauliche und praktische Umsetzung vorbereitet werden muss. Anschließend können allgemeine und komplexe Aspekte der Programmierung oder auch der Softwareentwicklung besser verstanden und umgesetzt werden.

Das Buch ist in **fünf Teile** getrennt. Die ersten drei Teile des Buches dienen als **Informationsteil** und bieten eine systematische Einführung in die **strukturierte Programmierung als auch in die objektorientierte Programmierung mit C++**. Abgerundet wird diese Einführung mit einem **Einstieg in die klassische Windows-Programmierung**, die eine hervorragende Grundlage für alle GUI-Programmierungen bietet.

Der vierte Teil des Buches ist eine **Sammlung von Übungsaufgaben**. Nach der Erarbeitung der entsprechenden Kenntnisse aus dem Informationsteil können die Aufgaben aus diesem Teil zur weiteren Auseinandersetzung mit den Themen dienen und durch verschiedene Schwierigkeitsgrade auch die Differenzierung im Unterricht ermöglichen.

Der **fünfte Teil** des Buches beinhaltet **Lernsituationen** basierend auf dem Lernfeld Entwickeln und Bereitstellen von Anwendungssystemen aus dem Rahmenlehrplan für die IT-Berufe (speziell Fachinformatiker-Anwendungsentwicklung). Lernsituationen konkretisieren sich aus den Lernfeldern und sollen im Idealfall vollständige Handlungen darstellen (Planen, Durchführen, Kontrollieren). Aus diesem Grund werden die Lernsituationen so angelegt, dass neben einer Planungsphase nicht nur die Durchführung (Implementation des Programms) im Blickpunkt steht, sondern auch geeignete Testverfahren zur Kontrolle des Programms bzw. des Entwicklungsprozesses in die Betrachtung einbezogen werden. Die Lernsituationen können aber auch als **Projektideen** verstanden werden.

Das Buch ist für alle berufsbezogenen Ausbildungsgänge im IT-Bereich konzipiert. Durch die differenzierten Aufgabenstellungen kann es in allen IT-Berufen (speziell Fachinformatiker), aber auch von den informationstechnischen Assistenten genutzt werden.

Als Entwicklungswerkzeug wird in diesem Buch die **Community- Edition Visual Studio 2017** von Microsoft genutzt. Diese Entwicklungsumgebung ist kostenfrei als Download im Internet verfügbar.

Vorwort	3
Aufbau des Buches.....	4
Teil 1 Strukturierte Programmierung mit C++	11
1 Einführung in C++	13
1.1 Historische Entwicklung der Sprache C++.....	13
1.1.1 Von C zu C++.....	13
1.1.2 Prozedurale, strukturierte und objektorientierte Programmierung.....	13
1.1.3 Kleiner Stammbaum der Programmiersprachen	15
1.2 Bestandteile eines C++-Programms	15
1.2.1 Was ist ein Programm?.....	15
1.2.2 C++-Quellcode.....	15
1.2.3 Grundsätzlicher Aufbau eines C++-Programmes	16
1.3 Compiler, Linker und Bibliotheken.....	17
1.3.1 Der Compiler	17
1.3.2 Der Linker	17
1.3.3 Bibliotheken	18
1.3.4 Schematischer Ablauf einer Programmerstellung.....	18
2 Das erste C++-Programm.....	20
2.1 Ausgabe auf dem Bildschirm	20
2.1.1 Ein C++-Projekt in Visual Studio anlegen.....	20
2.1.3 Das erste Programm.....	23
2.1.4 Erste Ausgabe auf dem Bildschirm.....	23
2.2 Grundlegende Konventionen in C++	24
2.2.1 Schlüsselworte in C++	24
2.2.2 Bezeichner (Namen) in C++	25
2.2.3 Trennzeichen.....	25
2.2.4 Kommentare.....	25
2.3 Datentypen und Variablen.....	26
2.3.1 Variablen in C++.....	26
2.3.2 Elementare Datentypen.....	27
2.3.3 Operationen auf den elementaren Datentypen.....	29
2.3.4 Anwendungsbeispiel von Variablen	30
3 Ein- und Ausgabe in C++	32
3.1 Ausgabe mit cout.....	32
3.1.1 Das Objekt cout	32
3.1.2 Ausgabe von Sonderzeichen.....	33
3.1.3 Manipulatoren	34
3.2 Eingabe mit cin	35
3.2.1 Das Objekt cin	35
3.2.2 Der Streamstatus.....	36
4 Operatoren in C++	38
4.1 Arithmetische Operatoren	38
4.1.1 Elementare Datentypen und ihre arithmetischen Operatoren	38
4.1.2 Der Modulo-Operator	39
4.1.3 Inkrement- und Dekrementoperatoren.....	39
4.2 Relationale und logische Operatoren.....	40
4.2.1 Relationale Operatoren.....	40
4.2.2 Logische Operatoren.....	41
4.3 Bit-Operatoren und weitere Operatoren.....	42
4.3.1 Bit-Operatoren	42
4.3.2 Die Bit-Schiebeoperatoren << und >>.....	43
4.3.3 Typumwandlung mit cast-Operatoren.....	44
4.3.4 Der sizeof-Operator.....	44
4.3.5 Zuweisung und gekoppelte Zuweisung.....	45
4.4 Prioritäten von Operatoren	45
4.4.1 Rang von Operatoren.....	45

5	Selektion und Iteration	48
5.1	Die Selektion.....	48
5.1.1	Darstellung der Selektion mit einem Programmablaufplan	48
5.1.2	Die einseitige Selektion mit der if-Anweisung	49
5.1.3	Die zweiseitige Selektion mit der if-else-Anweisung	49
5.1.4	Verschachtelte Selektionen mit if und if-else	50
5.1.5	Mehrfachselektion mit switch.....	51
5.2	Kopf-, fuß- und zählergesteuerte Iterationen	53
5.2.1	Die do-while-Schleife.....	54
5.2.2	Die while-Schleife.....	55
5.2.3	Die for-Schleife.....	55
5.2.4	Abbruch und Sprung in einer Schleife	57
6	Funktionen in C++	58
6.1	Entwicklung des Funktionsbegriffs.....	58
6.1.1	Wiederkehrende Programmabschnitte.....	58
6.1.2	Übergabe von Werten	59
6.1.3	Rückgabe eines Wertes.....	60
6.1.4	Funktionen in Funktionen aufrufen.....	61
6.1.5	Zusammenfassung der Aspekte aus 6.1	62
6.2	Aufbau der Funktionen in C++	62
6.2.1	Deklaration einer Funktion	62
6.2.2	Definition einer Funktion.....	63
6.2.3	Lokale und globale Variablen.....	65
6.2.4	Call by value	66
6.2.5	Überladen von Funktionen	67
6.2.6	Default-Argumente für Funktionen	68
6.2.7	Rekursive Funktionen.....	68
6.3	Modularer Programmaufbau	70
6.3.1	Schnittstelle und Implementation.....	71
6.3.2	Umsetzung in C++	71
6.3.3	Namensräume	72
6.3.4	Der Präprozessor	74
6.3.5	Regeln zur modularen Programmgestaltung	76
7	Arrays	77
7.1	Ein- und mehrdimensionale Arrays	78
7.1.1	Eindimensionale Arrays.....	78
7.1.2	Mehrdimensionale Arrays.....	80
7.1.3	Übergabe von Arrays an Funktionen.....	81
7.2	Zeichenketten in C++	83
7.2.1	Arrays vom Typ char	84
7.2.2	Funktionen zur Zeichenkettenbearbeitung	85
7.3	Sortieren von Arrays	86
7.3.1	Sortieren durch Auswahl	87
7.3.2	Der Bubblesort.....	89
8	Zeiger	92
8.1	Zeigervariablen	92
8.1.1	Deklaration eines Zeigers.....	92
8.1.2	Der Adressoperator	92
8.1.3	Der Dereferenzierungsoperator	93
8.2	Anwendungen von Zeigervariablen.....	94
8.2.1	Der call by reference	94
8.2.2	Zeiger und Arrays.....	95
8.2.3	Zeigerarithmetik.....	96
8.2.4	Zeiger auf Funktionen	98
8.2.5	Arrays von Zeigern	100
8.2.6	Dynamische Speicherreservierung	100
8.3	Die Referenz.....	104
8.3.1	Der Referenzoperator	104
8.3.2	Anwendung des Referenzoperators	105

9	Strukturen	106
9.1	Die Struktur in C++	106
9.1.1	Deklaration einer Struktur	106
9.1.2	Zugriff mit Operatoren.....	107
9.1.3	Strukturen in Strukturen.....	108
9.1.4	Arrays von Strukturen	109
9.2	Höhere Datenstrukturen.....	110
9.2.1	Die doppelt verkettete Liste	111
9.2.2	Der Binärbaum.....	113
Teil 2 Objektorientierte Programmierung mit C++		116
10	Das Klassenkonzept in C++	117
10.1	Die Klasse in C++	119
10.1.1	Aufbau einer Klasse in C++	119
10.1.2	Die Konstruktoren einer Klasse	121
10.1.3	Der Destruktor einer Klasse.....	124
10.1.4	Get- und Set-Methoden	125
10.2	Dynamische Speicherreservierung in Klassen	127
10.2.1	Die Klasse CKette	127
10.2.2	Call by value und der Copy-Konstruktor	129
10.3	Weitere Elemente einer Klasse	131
10.3.1	Der this-Zeiger	131
10.3.2	Statische Klassenelemente.....	132
10.4	Deklaration und Implementation bei Klassen.....	133
10.4.1	Header- und cpp-Datei.....	133
11	Dateioperationen	134
11.1	Ein- und Ausgabeströme	135
11.1.1	Eine Datei im Textmodus öffnen.....	135
11.1.2	Fehler bei Dateioperationen	137
11.1.3	Methoden der FileStream-Klassen.....	138
11.1.4	Eine Datei im Binärmodus öffnen	141
11.2	Wahlfreier Zugriff in Dateien	142
11.2.1	Positionieren des Dateizeigers	142
11.2.2	Lesen der Dateizeiger-Position.....	144
12	Das Überladen von Operatoren	145
12.1	Globale überladene Operator-Funktion	145
12.1.1	Die globale Operator-Funktion	145
12.1.2	Addition von Zeichenketten	146
12.1.3	Weitere Beispiele für globale Operator-Funktionen	148
12.2	Überladene Operatorfunktion als Methode	149
12.2.1	Überladener Operator als Methode	149
12.2.2	Addition von Zeichenketten	150
12.2.3	Weitere Beispiele für überladene Operatoren als Methoden.....	150
12.3	Überladen der Ein- und Ausgabeoperatoren	151
12.3.1	Überladene Operatoren der iostream-Klassen	151
12.3.2	Überladen des Eingabeoperators für eigene Klassen	152
12.3.3	Überladen des Ausgabeoperators für eigene Klassen.....	153
13	Vererbungskonzept in C++	154
13.1	Die einfache Vererbung	154
13.1.1	Umsetzung einer einfachen Vererbung in C++.....	155
13.1.2	Attribute als protected deklarieren.....	156
13.1.3	Aufruf der Basisklassenkonstruktoren	156
13.1.4	Weitere Formen der Vererbung	157
13.2	Die Mehrfachvererbung	159
13.2.1	Umsetzung der Mehrfachvererbung in C++.....	159
13.2.2	Virtuelle Vererbung	160
13.2.3	Aufruf der Basisklassenkonstruktoren	160

14	Polymorphismus und virtuelle Methoden	161
14.1	Zuweisungen innerhalb einer Vererbungshierarchie.....	161
14.1.1	Zuweisung von Objekten	161
14.1.2	Zeiger auf Basisklassen	162
14.2	Polymorphismus	162
14.2.1	Virtuelle Methoden	163
14.2.2	Regeln im Umgang mit virtuellen Methoden.....	164
14.2.3	Arrays von Basisklassenzigern.....	164
14.2.4	Abstrakte Basisklassen.....	165
15	Fortgeschrittene Programmierung in C++	166
15.1	Templates	166
15.1.1	Funktionen-Templates	166
15.1.2	Klassen-Templates	167
15.2	Ausnahmen – Exceptions.....	168
15.2.1	Versuchen und Werfen – try und throw	169
15.2.2	Auffangen – catch	169
15.3	Die C++-Standardbibliothek	172
15.3.1	Die Klasse string	172
15.3.2	Intelligente Zeiger.....	175
15.3.3	Containerklassen	177
15.3.4	Algorithmen.....	179
15.3.5	Lambda-Ausdrücke.....	181
15.4	Nützliche Zusatzfunktionalitäten	183
15.4.1	Gelöschte Funktionen / Methoden	183
15.4.2	Methoden mit override und final kennzeichnen	183
15.4.3	Methoden mit const kennzeichnen	184
Teil 3	Windows-Desktop-Programmierung mit C++	186
16	Grundlagen der Windows-Desktop-Programmierung.....	187
16.1	Grundlagen der Windows-Programmierung	187
16.1.1	Grundkonzept der GUI-Programmierung.....	187
16.1.2	Aufbau einer Windows-Desktop-Anwendung und Nachrichtbearbeitung.....	188
16.1.3	Eine Windows-Desktopanwendung anlegen	188
16.1.4	Die Quellcode-Dateien der Windows-Desktopanwendung.....	189
16.1.5	Die erste Windows-Desktopanwendung	192
16.2	Nachrichtbearbeitung	197
16.2.1	Die Nachricht WM_PAINT	197
16.2.2	Die Nachrichten WM_CREATE und WM_SIZE	199
16.2.3	Tastatur- und Maus-Nachrichten	200
16.2.4	Die Nachricht WM_COMMAND	202
16.3	Text- und Grafikausgabe	202
16.3.1	Einfache Textausgabe mit DrawText	202
16.3.2	Texte positionieren mit TextOut	204
16.3.3	Punkte und Linien zeichnen	205
16.3.4	Rechtecke und Ellipsen zeichnen	206
17	Fortgeschrittene Windows-Desktop-Programmierung	207
17.1	Textausgabe und Bildlaufleisten	207
17.1.1	Schriftarten und Textausgabe.....	207
17.1.2	Bildlaufleisten programmieren.....	208
17.2	Windows-Standarddialoge und Menüs.....	211
17.2.1	Datei-Öffnen- und Datei-Speichern-Dialog	211
17.2.2	Schriftwahl-Dialog.....	213
17.2.3	Menübefehle ergänzen	215
Teil 4	Aufgabenpool	217
1	Aufgaben zum Umfeld der Sprache C++	218
2	Aufgaben zum ersten Programm in C++.....	218
3	Aufgaben zur Ein- und Ausgabe	219

4	Aufgaben zu Operatoren.....	220
5	Aufgaben zur Selektion und Iteration	222
6	Aufgaben zu Funktionen in C++	226
7	Aufgaben zu Arrays in C++	228
8	Aufgaben zu Zeigern.....	231
9	Aufgaben zu Strukturen	234
10	Aufgaben zu Klassen in C++	237
11	Aufgaben zu Dateioperationen mit C++	240
12	Aufgaben zur Überladung von Operatoren.....	242
13	Aufgaben zur Vererbung in C++	246
14	Aufgaben zu virtuellen Methoden	248
15	Aufgaben zur fortgeschrittenen Programmierung.....	249
16	Aufgaben zur Windows-Desktop-Programmierung	252
17	Aufgaben zur fortgeschrittenen Windows-Desktop-Programmierung.....	253

Teil 5 Lernsituationen..... 255

Lernsituation 1:	Erstellen einer Präsentation mit Hintergrundinformationen zu der Sprache C++ (in Deutsch oder Englisch)	256
Lernsituation 2:	Anfertigen einer Kundendokumentation für den Einsatz einer Entwicklungsumgebung in C++ (in Deutsch oder Englisch)	257
Lernsituation 3:	Entwicklung eines Verschlüsselungsverfahrens für ein internes Memo-System der Support-Abteilung einer Netzwerk-Firma.....	259
Lernsituation 4:	Entwicklung eines Informationstools für die Anzeige von Umgebungsvariablen.....	260
Lernsituation 5:	Planung, Implementierung und Auswertung eines elektronischen Fragebogens.....	262
Lernsituation 6:	Realisierung einer Klasse zur Speicherung von Messwerten	265
Lernsituation 7:	Implementierung einer Klasse zur Simulation der echten Bruchrechnung.....	267
Lernsituation 8:	Entwicklung eines einfachen Readers	269

Anhang A: Strukturierte Dokumentationstechniken..... 271

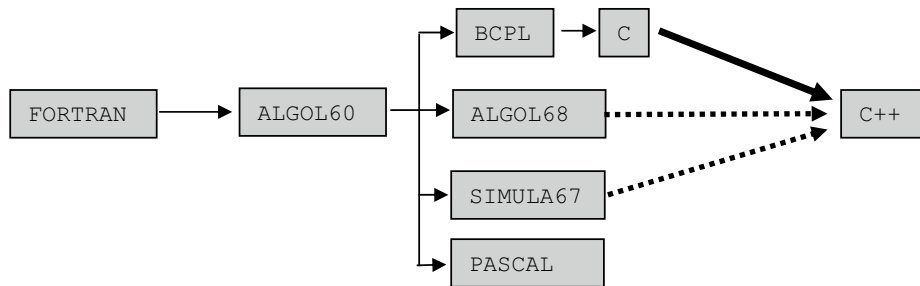
Der Programmablaufplan (PAP):	271
Beispiel eines Programmablaufplanes:.....	272
Das Struktogramm (auch Nassi-Shneiderman-Diagramm):	273
Beispiel eines Struktogrammes:.....	274

Anhang B: Index275

B: Index.....275

1.1.3 Kleiner Stammbaum der Programmiersprachen

1950.....1960.....1970.....1980



C++ im Überblick:

- ▶ Entwickelt von Bjarne Stroustrup in den 80er-Jahren.
- ▶ Basiert auf der Sprache C und hat Konzepte der Sprachen SIMULA67 und ALGOL68 übernommen.
- ▶ C++ ist eine objektorientierte Sprache.
- ▶ Sie ist plattformunabhängig, systemnah und sehr schnell.
- ▶ Viele Betriebssysteme wurden in C++ programmiert.
- ▶ Die Sprache ist sehr weit verbreitet und kommt in technischen, kaufmännischen und wissenschaftlichen Anwendungen zum Einsatz.

1.2 Bestandteile eines C++-Programms

1.2.1 Was ist ein Programm?

Ein Programm besteht aus einer Folge von Anweisungen an den Computer. Diese Anweisungen (Befehle) werden in einer bestimmten Form gegeben – und zwar in einer speziellen Sprache (Programmiersprache).

Diese Programmiersprache wird vom Computer nicht direkt verstanden, sondern muss erst „übersetzt“ werden, und zwar in eine für den Computer verständliche Sprache, den **Maschinencode**.

Nach der Übersetzung kann das Programm gestartet werden.

```

Anweisung 1;
Anweisung 2;
Anweisung 3;
Anweisung 4;
Anweisung 5;
:
:
:
Anweisung N;
  
```

Eine endliche Folge von eindeutigen Anweisungen an den Computer nennt man **Algorithmus**.

1.2.2 C++-Quellcode

Die Anweisungen an den Computer in der Sprache C++ werden in Dateien gespeichert. Der Inhalt dieser Dateien wird als **Quellcode** bezeichnet.

Normalerweise haben C++-Quellcode-Dateien die Endungen

- ▶ `cpp` für Cplusplus
- ▶ `h` bzw. `hpp` für Header bzw. Header-plusplus.

2 Das erste C++-Programm

2.1 Ausgabe auf dem Bildschirm

Für die Ausgabe auf dem Bildschirm sind einige Vorbereitungen zu treffen.

Neben dem Kennenlernen der Entwicklungsumgebung, damit überhaupt ein Programm geschrieben werden kann, müssen noch weitere Punkte geklärt werden:

- Wie werden ein C++-Projekt und eine Quellcode-Datei angelegt?
- Welche Bibliothek muss für die Ausgabe auf dem Bildschirm eingebunden sein?
- Wie sieht das „Hauptprogramm“ aus?
- Mit welcher Anweisung wird eine Bildschirmausgabe erreicht?

Die folgenden Kapitel geben Aufschluss über diese Punkte.

2.1.1 Ein C++-Projekt in Visual Studio anlegen

Die integrierte Entwicklungsumgebung *Visual Studio 2017* ist eine komfortable Umgebung, um C++-Programme zu entwickeln. Besonders erfreulich ist der Umstand, dass die Umgebung kostenfrei als *Community-Edition* im Internet bereit steht. Ein C++-Programm besteht aus einer oder mehreren Quellcodedateien. Diese Dateien werden in einem Projekt organisiert.

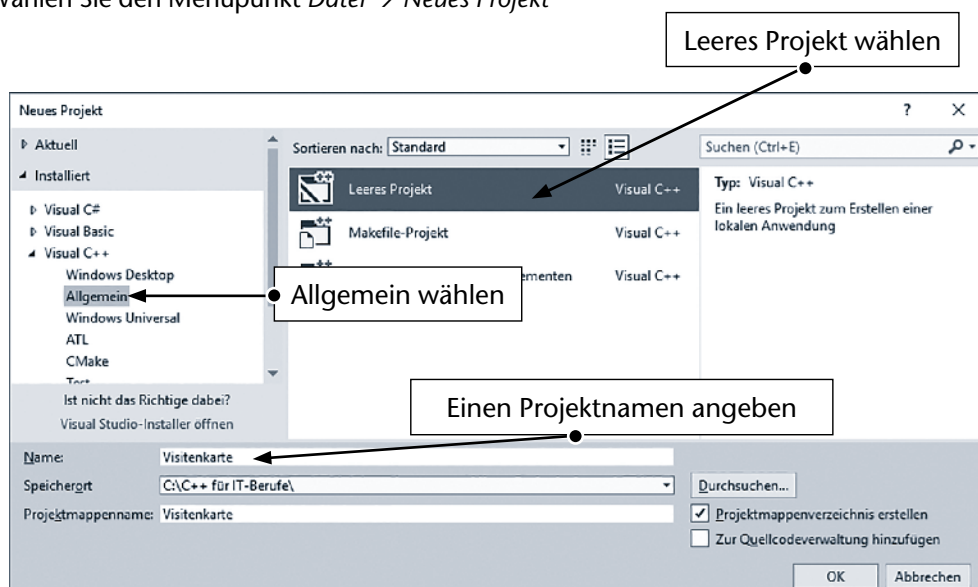
Visual C++ unterscheidet im Prinzip folgende Projektarten:

- Windows-Desktopanwendungen (eine Windows-Anwendung)
- **Windows-Konsolenanwendung / leere Anwendung (ähnlich einem DOS-Programm)**
- Universal Windows Platform – Anwendungen (Apps)
- Dynamic Link Library (Bibliotheksanwendung)

In diesem Buch ist hauptsächlich eine Projektform von Bedeutung: **die Windows-Konsolenanwendung bzw. die leere Anwendung**. Diese Form ist ausreichend, um die Programme in C++ auf dem Bildschirm darzustellen. Die Konsolenanwendung ist natürlich nicht so ansprechend wie ein Windows-Programm oder eine App, aber, um die Sprache C++ zu lernen, völlig ausreichend. Zum Abschluss des Buches wird die Windows-Desktopanwendung eingeführt, mit der klassische Windows-Programme realisiert werden können.

Anlegen eines neuen Projektes:

- Starten Sie *Visual Studio 2017*
- Wählen Sie den Menüpunkt *Datei* → *Neues Projekt*



5 Selektion und Iteration

Die Selektion (Auswahl) und die Iteration (Wiederholung) sind zwei sehr wichtige Konstrukte in einer Programmiersprache. In den vorherigen Kapiteln sind schon einige Probleme ohne diese Konstrukte gelöst worden, aber große und immer komplexer werdende Programme können ohne Selektion und Iteration nicht auskommen.

5.1 Die Selektion

5.1.1 Darstellung der Selektion mit einem Programmablaufplan

Problemstellung:

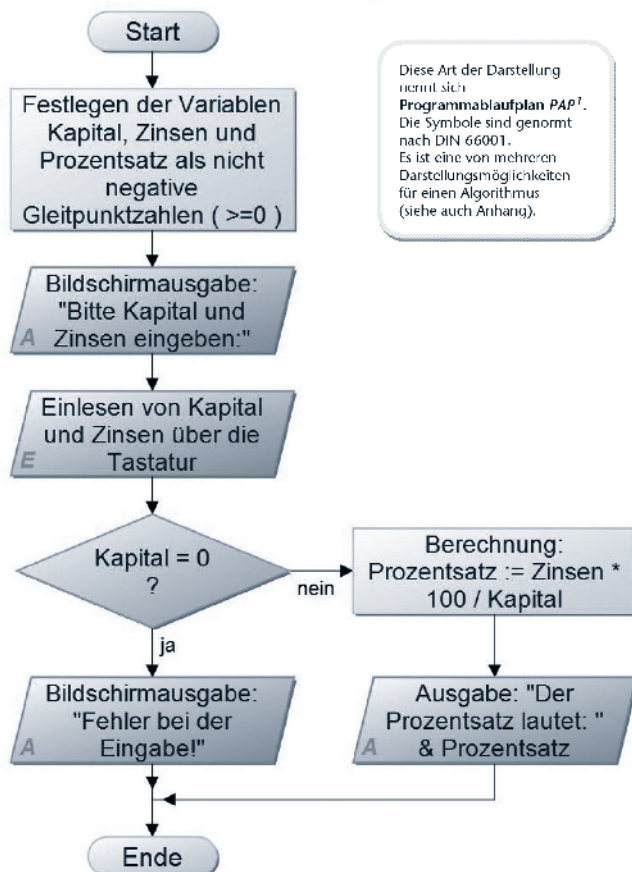
Es soll eine Berechnung des Prozentsatzes bei gegebenem Kapital und Zinsen durchgeführt werden.

$$\text{Formel: } p = \frac{Z * 100}{K}$$

Das Programm kann einen Fehler verursachen, wenn für das Kapital der Wert Null eingegeben wird (die Division durch Null ist verboten).

Lösungsmöglichkeit:

Das Programm erkennt, ob eine Null eingegeben wurde, und führt dann keine Berechnung durch. Das Problem wird durch eine Dokumentationstechnik, den Programmablaufplan, zuerst schematisch erfasst. Anschließend wird dann auf die Umsetzung in C++ eingegangen.



¹ Der Programmablaufplan wurde mit dem Programm PapDesigner erstellt. Diese Software wurde speziell für die Ausbildung im IT-Bereich entwickelt und steht kostenfrei im Internet zum Download bereit.

Beispiel:

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int Werte[5] = { 3, 4, 7, 2, 10 };
    for ( auto wert : Werte)
    {
        cout << wert<< endl;
    }
    return 0;
}
```

Das Array wird vom ersten bis zum letzten Element durchlaufen- Die Variable `wert` erhält automatisch den korrekten Datentyp. Auf die Variable ist allerdings nur lesend zugreifbar.

Bildschirmausgabe des Programmlaufs:

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
3
4
7
2
10
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```

7.1.2 Mehrdimensionale Arrays

Die Vorstellung von mehrdimensionalen Arrays ist gerade am Anfang relativ schwer. Deshalb ist es sinnvoll, zuerst eine Vorstellung von einem zweidimensionalen bzw. dreidimensionalen Array zu bekommen.

Die Vorstellung eines zweidimensionalen Arrays entspricht einer Tabelle. Tabellen sind allgemein bekannt: Sie bestehen aus Zeilen und Spalten, die den entsprechenden Index des Arrays widerspiegeln.

Beispiel:

Es wird ein zweidimensionales Array angelegt.

```
float Tab [ 3 ] [ 4 ];
```

entspricht der Anzahl der Spalten

entspricht der Anzahl der Zeilen

	Spalte 0	Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3
Zeile 0	1.5	7	12.33	77.5
Zeile 1	124	99.99	453	67.89
Zeile 2	12	90.2	2727.5	22

```
Tab [ 1 ] [ 2 ] == 453
```

Spaltenangabe

Zeilenangabe

Dreidimensionale Arrays kann man sich als eine Sammlung von Tabellenblättern vorstellen, die hintereinander angeordnet sind.

```

        cin >> Knoten->Rechts->Inhalt;
        Knoten->Rechts->Links = NULL;
        Knoten->Rechts->Rechts = NULL;
    }
    break;
}
}while (wahl != 3);

```

4. Die Funktion menu:

Je nachdem, ob es bereits einen Eintrag bei Vater bzw. Mutter gibt, wird die Bildschirmausgabe gestaltet.

```

int menu(TKnoten * Aktuell)
{
    cout << "\t\t" << Aktuell->Inhalt;
    cout << endl;
    if (Aktuell->Links != NULL)
        cout << "\t" << Aktuell->Links->Inhalt;
    else cout << "\t Vater?";
    if (Aktuell->Rechts != NULL)
        cout << "\t\t" << Aktuell->Rechts->Inhalt;
    else cout << "\t\t Mutter?";
    cout << endl;
    cout << "<0> Zur Wurzel gehen" << endl;
    if (Aktuell->Links != NULL)
        cout << "<1> Weitergehen zum Vater" << endl;
    else cout << "<1> Eingabe des Vaters" << endl;
    if (Aktuell->Rechts != NULL)
        cout << "<2> Weitergehen zur Mutter" << endl;
    else cout << "<2> Eingabe der Mutter" << endl;
    cout << "<3> Ende" << endl;
    cout << "Ihre Eingabe bitte: " << endl;
    int wahl;
    cin >> wahl;
    return wahl;
}

```

Hinweis:

Die höheren Datenstrukturen wie Liste und Baum haben Vorteile bezüglich der beliebigen Speicherung von Daten. Das Einfügen und Löschen ist bei der Liste besonders einfach. Das Suchen hingegen aufwändig, da die Liste immer sequenziell durchlaufen werden muss. Bei einem Baum erfolgt die Suche nach einem Element schneller, allerdings muss der Baum dann auch weiteren Bedingungen genügen – das führt schnell zu komplexeren Theorien wie dem AVL-Baum, auf die hier nicht weiter eingegangen wird.

Bevor man in einem Programm eine Liste oder einen Baum implementiert, sollte man prüfen, ob nicht ein gewöhnliches Array mit dynamischer Speicherverwaltung ausreicht, um die Daten zu speichern. Der Zugriff ist jedenfalls deutlich schneller und die Handhabung über den Indexoperator weniger mühsam.

Mithilfe des Indexoperators und der Methode `substr()` wird der String in den beiden `for`-Schleifen zeichenweise ausgegeben.

Die Methode `c_str()` liefert einen Zeiger vom Typ `char`. Damit können dann alle C-Zeichenkettenfunktionen benutzt werden.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Hallo
Hallo
2
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```

15.3.2 Intelligente Zeiger

Die dynamische Speicherreservierung liegt in den Händen des Entwicklers, da C++ kein verwalteter Code ist und deshalb auch kein *garbage-collector* wie in Java oder C# für die Aufräumarbeiten sorgt. Dementsprechend ist die Speicherreservierung immer eine Quelle von Fehlern. Die intelligenten Zeiger sorgen dafür, dass dieses Problem entschärft wird. Dazu werden neue Arten von Zeigern zu Verfügung gestellt: `unique_ptr` und `shared_ptr`.

Der `unique_ptr`:

Der `unique_ptr` sorgt dafür, dass ein Zeiger immer nur auf ein dynamisches Objekt verweisen kann. Damit ist ausgeschlossen, dass es zusätzliche Verweise auf ein Objekt im Speicher gibt. Das folgende Beispiel zeigt die Verwendung eines solchen Zeigers:

Beispiel:

```
#include <memory>
#include <iostream>

using namespace std;

void Test()
{
```

Einbinden der Header-Datei `<memory>`!

Ein `unique_ptr` erhält ein dynamisch erstelltes Objekt vom Typ `double`. Wenn die Funktion beendet wird, wird auch der lokale `unique_ptr` gelöscht und damit automatisch auch das `double`-Objekt.

```
    unique_ptr<double> zeiger (new double(1.5));
}
```

```
int main()
{
    unique_ptr<int> zeiger_1 (new int(10));
    unique_ptr<int> zeiger_2;
```

Zwei `unique_ptr` werden angelegt. Der erste Zeiger erhält ein dynamisch erstelltes Objekt vom Typ `int`.

```
    //zeiger_2 = zeiger_1;
```

FEHLER: Der Compiler verhindert die Zuweisung eines `unique_ptr` auf einen anderen `unique_ptr`.

```
    if (zeiger_1) cout << "Zeiger_1 ist gueltig!" << endl;
    else cout << "Zeiger_1 ist nicht gueltig!" << endl;
    cout << "Inhalt von Zeiger_1: " << *zeiger_1 << endl;
```

Wie gewohnt mit dem Inhaltsoperator arbeiten.

```
    zeiger_1.reset();
```

Den Speicher explizit freigeben!

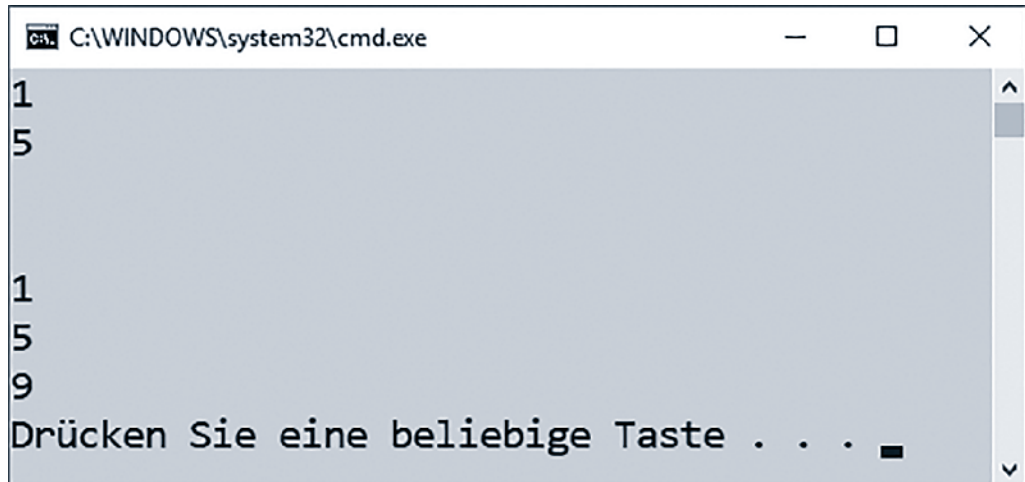
```

        for (int i = 0; i < intContainer.capacity(); i++)
            cout << intContainer[i] << endl;

        return 0;
    }

```

Nach dem Starten erscheint die folgende Ausgabe:



```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
1
5
9
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .

```

Der `vector` speichert zuerst zwei Werte, danach wird der Platz erhöht und ein weiterer Wert wird zugewiesen.

Das folgende Beispiel zeigt die Verwendung der `map`-Klasse:

Beispiel:

```

#include <map>
#include <iostream>
#include <string>

using namespace std;

int main()
{
    map < string, string > testMap;

    testMap["Deutschland"] = "Berlin";
    testMap["Italien"] = "Rom";
    testMap["Frankreich"] = "Paris";

    cout << testMap["Deutschland"] << endl;

    return 0;
}

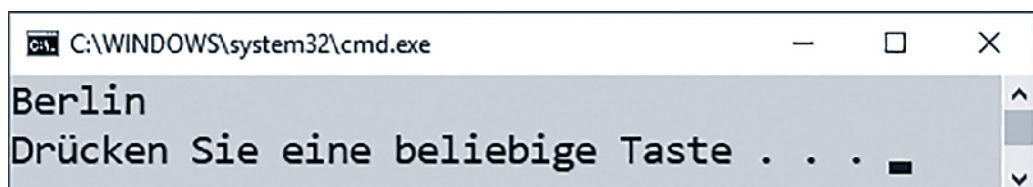
```

Header einbinden

Es wird eine Instanz der Template-Klasse `map` gebildet. Schlüssel und Element sind beide vom Typ `string`.

Einfügen von Elementen mit entsprechenden Schlüsseln.

Nach dem Starten erscheint die folgende Ausgabe:



```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Berlin
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .

```

Das Beispiel zeigt die Verwendung eines assoziativen Arrays. Die Hauptstädte sind die `string`-Elemente, die über einen Schlüssel (Land) abrufbar sind.


```
ShowWindow(hWnd, nCmdShow);
UpdateWindow(hWnd);
```

Ansonsten bringt **ShowWindow** das Fenster auf den Bildschirm und **UpdateWindow** sorgt für die erste Aktualisierung.

```
return TRUE;
```

```
}
```

Die Fensterprozedur – das Herz der Anwendung:
hier werden alle Ereignisse (Benutzeraktionen, Systemnachrichten) verarbeitet und der Inhalt des Fensters entsprechend dargestellt.

```
LRESULT CALLBACK WndProc(HWND hWnd, UINT message, WPARAM
                          wParam, LPARAM lParam)
```

```
{
```

```
switch (message)
```

```
{
```

Der Kern der Funktion ist eine große **switch**-Anweisung, die auf die Nachrichten in den entsprechenden **case**-Blöcken reagiert.

Die Variable **message** enthält Nachrichten vom Typ **WM...** (= Windows Message ...). Die **WM_COMMAND**-Nachricht zeigt eine Benutzereingabe an (z.B. Auswahl eines Menüpunktes).

```
case WM_COMMAND:
```

```
{
```

```
int wmId = LOWORD(wParam);
```

```
switch (wmId)
```

```
{
```

Der Benutzer hat die Infobox aus dem Menü gewählt. Mit der Funktion **DialogBox** wird sie angezeigt.

```
case IDM_ABOUT:
```

```
DialogBox(hInst, MAKEINTRESOURCE(IDD_ABOUTBOX), hWnd,
          About);
```

```
break;
```

Der Benutzer hat die „Beenden“ aus dem Menü gewählt. Mit Hilfe der Funktion **DestroyWindow** wird die Nachricht **WM_DESTROY** an das Betriebssystem gesendet. Das Betriebssystem reißt die Nachricht in die Nachrichtenschlange ein.

```
case IDM_EXIT:
```

```
DestroyWindow(hWnd);
```

```
break;
```

Die Funktion **About** zeigt die „Infobox“ an. So wie in der Fensterprozedur werden auch hier Nachrichten ausgewertet.

```

INT_PTR CALLBACK About (HWND hDlg, UINT message, WPARAM
                        wParam, LPARAM lParam)
{
    UNREFERENCED_PARAMETER(lParam);
    switch (message)
    {
        case WM_INITDIALOG:
            return (INT_PTR) TRUE;

        case WM_COMMAND:
            if (LOWORD(wParam) == IDOK || LOWORD(wParam) == IDCANCEL)
            {
                EndDialog(hDlg, LOWORD(wParam));
                return (INT_PTR) TRUE;
            }
            break;
    }
    return (INT_PTR) FALSE;
}

```

16.2 Nachrichtenbearbeitung

16.2.1 Die Nachricht **WM_PAINT**

Die Nachricht **WM_PAINT** wurde bereits in der Darstellung des ersten Programms erläutert. Diese Nachricht ist aber so wichtig, dass noch einmal speziell darauf eingegangen werden muss: Wenn ein Fenster in irgendeiner Form verdeckt bzw. überdeckt wird, so wird genau dann die Nachricht **WM_PAINT** gesendet, wenn das Fenster erneut den Focus erhält. Ebenso wird die **WM_PAINT** gesendet, wenn das Fenster in seiner Größe geändert wird. **Dadurch wird sichergestellt, dass der Inhalt eines Fensters immer auf dem aktuellen Stand gehalten wird.** Im Gegensatz zu Konsolen-Applikationen ist es also sehr wichtig, dass das Programm jederzeit den gültigen Fensterinhalt ausgeben kann – und zwar angepasst an mögliche Veränderungen wie eine Größenänderung.

Das folgende Beispiel zeigt, wie oft diese Nachricht ausgesendet wird, indem jeder Aufruf der Nachricht gezählt wird und auf dem Bildschirm angezeigt wird. Dazu kann eine API-Funktion verwendet werden, die eine Art Meldungsfenster (*MessageBox*) anzeigt:

```

LRESULT CALLBACK WndProc (HWND hWnd, UINT message,
                          WPARAM wParam, LPARAM lParam)
{
    static int counter = 1;
    :
    :
    :
    :
    case WM_PAINT:
    {
        PAINTSTRUCT ps;
        HDC hdc = BeginPaint(hWnd, &ps);

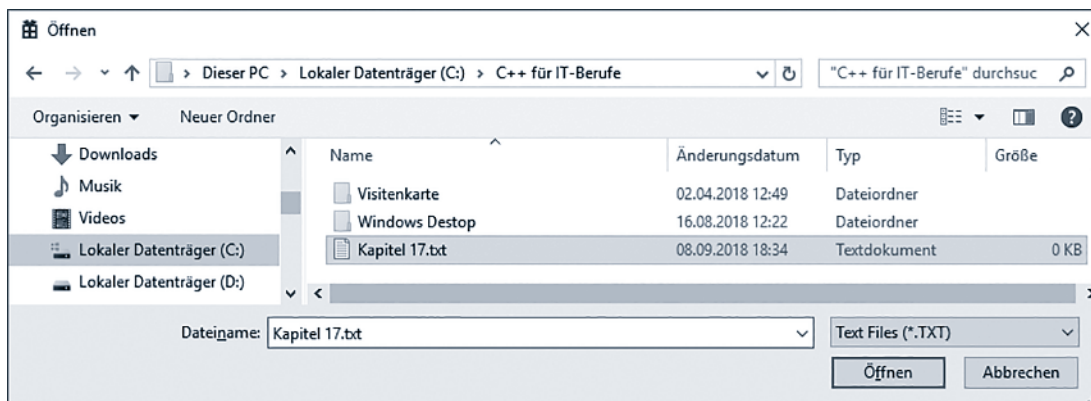
        WCHAR Text[100+1];

```

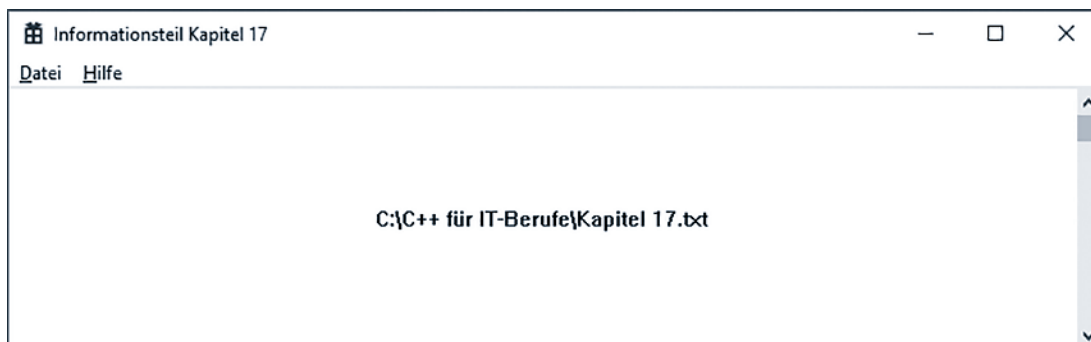
Statt einer globalen Variablen für einen Zähler, kann eine lokale Variable als *static* deklariert werden. Damit ist die Sichtbarkeit lokal, aber die Variable behält ihren Wert über die Funktionsaufrufe hinweg.

Ein statisches Zeichenketten-Array vom Typ **WCHAR** (Unicode).

Nach dem Starten öffnet sich sofort der Datei-Öffnen-Dialog:



Nach der Auswahl einer Textdatei wird der Name (incl. Pfad) im Clientbereich angezeigt:



17.2.2 Schriftwahl-Dialog

Mit dem `ChooseFont`-Dialog kann eine der installierten Schriftarten unter Windows ausgewählt werden. Dazu muss eine Struktur vom Typ `CHOOSEFONT` mit Werten gefüllt werden und an den Dialog übergeben werden. Der Dialog füllt anschließend diese Strukturvariable mit den Werten der gewählten Schriftart. Die API-Funktion `ChooseFont` ist wie folgt deklariert:

```
BOOL ChooseFont (LPCHOOSEFONT lpcf) ;
```

Die Funktion liefert ein `TRUE` zurück, wenn der Benutzer eine Schriftart gewählt und den OK-Button geklickt hat.

Das Füllen der `CHOOSEFONT`-Struktur ist etwas aufwändiger. Deshalb ist es sinnvoll die Struktur in einer eigenen Header-Datei etwas zu modifizieren. In der `CHOOSEFONT`-Struktur muss auch eine `LOGFONT`-Struktur angegeben werden, die ebenfalls durch den Aufruf der Funktion gefüllt wird. Anschließend kann diese Struktur-Variablen dann für das Einsetzen der eigentlichen Schrift in den Geräte-Kontext genutzt werden.

Die folgende Header-Datei (`FontDlg.h`) zeigt diese Modifizierung:

```
#include <commdlg.h>
#include "stdafx.h"
CHOOSEFONT cf;
LOGFONT lf;

void DialogInit (HWND hwnd)
{
    cf.lStructSize = sizeof (CHOOSEFONT) ;
    cf.hwndOwner   = hwnd;
    cf.hDC         = NULL;
    cf.lpLogFont   = &lf;
    cf.iPointSize  = 0;
    cf.Flags       = CF_INITTOLOGFONTSTRUCT |
                    CF_SCREENFONTS | CF_EFFECTS;
    cf.rgbColors   = 0;
    cf.lCustData   = 0;
    cf.lpfnHook    = NULL;
}
```

Header-Datei für die Dialoge einbinden.

Globale Variablen (der Einfachheit halber) für die Schriftart-Daten.

Strukturvariable für die Schriftart angeben!

Ihre Wahl: 3

Verkauf eines Power-PCs:

Bitte geben Sie die Modembezeichnung ein: *Fritz 1.5*

Bitte geben Sie die Grafikkarte ein: *Hercules 6*

Bitte geben Sie den Speicher ein: *512 MB*

Bitte geben Sie den Prozessor ein: *Intel 2.2 GHz*

Bitte geben Sie die Kundennummer ein: *4443*

Ihre Wahl: 4

Verkauf eines Server-PCs:

Wie viele Netzwerkkarten?: *2*

Bitte geben Sie die 1. Karte ein: *MAXCOM 1*

Bitte geben Sie die 2. Karte ein: *MAXCOM 2*

Bitte geben Sie den Speicher ein: *1024 MB*

Bitte geben Sie den Prozessor ein: *Intel 3.2 GHz*

Bitte geben Sie die Kundennummer ein: *3337*

Ihre Wahl: 5

Liste der verkauften PC-Systeme:

1. Multimedia-PC an Kunde: 1737

2. Internet-PC an Kunde: 3428

3. Power-PC an Kunde: 4443

4. Server-PC an Kunde: 3337

Aufgabe 14.2

Finden Sie drei sinnvolle verschiedene Beispiele für Vererbungshierarchien, die eine abstrakte Basisklasse haben.

15 Aufgaben zur fortgeschrittenen Programmierung

Aufgabe 15.1

Entwickeln Sie eine Klasse `CList`, die ein Container für verschiedene Datentypen sein soll. Nutzen Sie dazu die Klassen-Templates unter C++.

Beispiel eines möglichen Hauptprogrammes:

```
int main()
{
    CList <float> FloatListe;
    FloatListe.Einfuegen(10.5);
    FloatListe.Einfuegen(22.44);
    FloatListe.Einfuegen(12.12);

    for ( int i = 0 ; i < FloatListe.Anzahl() ; i++)
        cout << FloatListe[i];

    return 0;
}
```

Hinweise:

- Das Speichern der Elemente soll in Form einer verketteten Liste erfolgen.
- Benutzen Sie die Ausnahmebehandlung, um Speicherfehler und andere Fehler professionell abzufangen.
- Überladen Sie den Indexoperator, so dass ein Zugriff wie bei gewöhnlichen Arrays möglich ist.
- Implementieren Sie weitere sinnvolle Methoden und Operatoren wie beispielsweise eine Methode `Loeschen()`, um Elemente zu löschen.

Beispiel: DAS IST EIN TEST

Verschlüsselung: 32 15 44 62 22 44 45 62 23 22 24 62 45 23 44 45

Die Realisierung der Verschlüsselung setzt eine eingehende Auseinandersetzung mit den ein- und mehrdimensionalen Arrays aus dem Informationsteil voraus.

Durchführung:

Implementieren Sie ein Modul mit geeigneten Funktionen, die die o. a. Verschlüsselung durchführen können. Die verschlüsselten Zeichenketten sollen dabei in Arrays vom Datentyp `int` gespeichert werden. Das Modul soll für beliebige Schlüsselworte sowohl verschlüsseln als auch entschlüsseln. Beachten Sie bei der Umsetzung die Regeln der modularen Programmgestaltung. Trennen Sie Schnittstelle und Implementation.

Kontrolle:

Jedes Entwicklerteam stellt handschriftlich eine Verschlüsselungsmatrix mit einem selbst gewählten Schlüsselwort auf. Diese Matrizen dienen dann als Testgrundlage für die Kontrolle der korrekten Ver- und Entschlüsselung.

Testen Sie das Modul unter den Bedingungen des Auftrages. Verschlüsseln und entschlüsseln Sie sehr lange Zeichenketten, die vom Umfang her einem Memotext entsprechen. Das könnten ca. 300 Worte oder ca. 2000 Zeichen sein.

Lernziele:

- ▶ Sie lernen eine interessante Anwendung der Programmierung kennen – die Verschlüsselungstechnik.
- ▶ Sie erarbeiten die nötigen Kenntnisse über ein- und mehrdimensionale Arrays in C++.
- ▶ Sie erkennen die Besonderheiten der Zeichenkettenverarbeitung in C++.

Lernsituation 4:

Entwicklung eines Informationstools für die Anzeige von Umgebungsvariablen

Ausgangssituation:

Die Entwickler der Firma **ProSource** arbeiten oft mit den sogenannten Umgebungsvariablen, die das Betriebssystem (Windows oder UNIX) anbietet. In diesen Umgebungsvariablen stehen relevante Daten wie der aktuelle Username, der am System angemeldet ist, oder freigegebene Pfadangaben.

Bisher müssen die Entwickler die Informationen über einen Aufruf der Konsole und den entsprechenden Befehl (z.B.: SET unter Windows) abfragen. Diese Vorgehensweise ist mühsam und zeitaufwändig.

Aus diesem Grund hat das Entwicklerteam den Wunsch geäußert, dass die Firma ein Tool zur Verfügung stellt, das das Auslesen der Variablen angenehmer und schneller gestaltet.

Als Auszubildender der Firma **ProSource** erhalten Sie den Auftrag, dieses Tool zu programmieren. Das Tool sollte menügesteuert sein und verschiedene Filter für die Anzeige der Umgebungsvariablen anbieten.

- Instanz 120
 int 27, 38
 Integrierte Entwicklungsumgebungen 18
 iomanip 34
 iostream 22
 Ist-Beziehung 154
 Iterationen 53
- K**
- Klasse 117
 Klassen-Schablone 168
 Klassentemplates 167
 Knoten 110, 114
 Kommentare 25
 Kommentarkopf 26
 Komprimierungstool 241
 kopfgesteuert 55
- L**
- LIFO 239
 lineare Gleichungen 220
 Linker 17
 Links-Wert 45
 LISP 218
 Listen 110
 Lochkarten 134
 Logische Operatoren 41
 logische Zustände 41
 lokale Variablen 65
 long 27
 long double 28, 38
 long int 38
- M**
- Magnetband 134
 main() 23
 Manipulatoren 34, 219
 Maschinencode 15, 218
 Median 229
 Mehrdimensionale Arrays 80
 Mehrfachselektion 51
 Mehrfachvererbung 154, 159
 Methoden 117
 Mittlere Abweichung 229
 Modularer Programmaufbau 70
 Module 71
 Modulo-Operator 39
 Multiplikationsmatrix 230
- N**
- Namensraum 24, 72
 namespace 73
 NEGATION 41
 new 100
 NULL 110
 Nullterminierung 84
- O**
- Oberklasse 154
 Objekt 117
 objektbasierte Programmiersprache 161
 ODER 41
 ofstream 135
 open() 136
- P**
- Palindrom 230
 Parameter 66
 Parameterkonstruktoren 122
 Pfeiloperator „->“ 107
 PL/I 218
 Polymorphismus 161
 Positionieren des Dateizeigers 142
 Postfix-Notation 40
 Präprozessor 74
 private 119, 155
 private-Vererbung 158
 Programmablaufplan 48
 protected 119, 155, 156
 protected-Vererbung 158
 public 119, 155
 public-Vererbung 157
 Punktoperator „.“ 107
- Q**
- qsort 98, 233
 Quellcode 15
- R**
- Rang von Operatoren 45
 read 141
 Rechts-Wert 45
 Records 106
 Referenz 104
 Referenzoperator & 104
 Referenzparameter 95
 Referenzübergabe 95
 reinterpret_cast 44
 rein virtuelle Methode 165
 Rekursive Funktionen 68
 Relationale Operatoren 40
 return 63
 Rückgabedatentyp 63
 Rumpf der Funktion 63
- S**
- Schaltjahr 222
 Schlange 236
 Schnittstelle 71
 Scope-Operator :: 66
 seekg() 142
 seekp() 142
 Selektion 48
- sequenzielle Organisation 134
 short 27
 SIMULA67 15, 218
 sizeof-Operator 44
 SMALLTALK 218
 Sonderzeichen 33
 Sortieren 86
 Sortieren durch Auswahl 87
 Spannweite 229
 Spezialisierung 154
 STACK 68, 239
 Standardausgabe 32
 Standardkonstruktor 122
 static_cast 44
 Statische Klassenelemente 132
 statisches Klassenattribut 132
 statisches Linken 18
 strcpy 111, 123
 Stream-Objekte 134, 135
 Streamstatus 36
 struct 106
 Strukturen 106
 Strukturen in Strukturen 108
 switch 51
- T**
- tellg() 144
 tellp() 144
 Templates 166
 Textmodus 135
 this-Zeiger 131
 throw 169
 Trennzeichen 25
 true 29
 try 169
 type 240
 Typumwandlung 44
- U**
- Überladen des Ausgabeoperators 153
 Überladen des Eingabeoperators 152
 Überladen des Indexoperators 151
 Überladen des Zuweisungsoperators 150
 Überladener Operator als Methode 149
 Überladen von Funktionen 67
 Überladen von Operatoren 145
 Umdrehen 230
 Umgebungsvariablen 260, 261
 UND 41
 unsigned 27
 Unterklasse 154