

Einführung in die Programmiersprachen C und C++

Prof. Dr. Ulf Rehmann, Fakultät für Mathematik

Übungsblatt 6 (8 Seiten)

Die Sprache C++ ist im Wesentlichen eine Erweiterung der Sprache C.

Wie bei C besteht ein C++-Programm aus Ausdrücken und Anweisungen, die elementaren Hilfsmittel zur Programmsteuerung wie `if-else`-, `while`-, `for`-Konstrukte usw. sind mit denen in C identisch.

Für die Ein- und Ausgabe können die C-Funktionen wie `printf`, `scanf`, `putchar`, `getchar` verwendet werden; es gibt aber auch C++-spezifische Implementationen.

Etliche der im folgenden betrachteten Programme sind analog zu denen auf Blatt 1, jedoch mit den C++-spezifischen Ein- und Ausgaberoutinen.

In C++ gibt es das Konzept des Datenstroms. Z. B. bezeichnet `cout` den Strom der Standard-Ausgabe, auf den mit `cout << "Hallo\n";` ein String geschickt werden kann. Das Programm

```
#include <iostream.h>
main() {
    cout << "Hallo\n";
}
```

schickt dann diesen String auf den Bildschirm (die Standard-Ausgabe).

Dies Programm wird übersetzt mit dem Befehl `g++ welt.cc`. Hierbei ist `g++` der Name des C++-Compilers (ggf. ersetzen!). Man beachte die `#include`-Anweisung mit der gegenüber C-Programmen geänderten Header-Datei.

Dabei wird das Zeichen `<<` als binärer Operator aufgefasst. Die beiden Operanden sind der Ausgabestrom `cout` und der auszugebende String `"Hallo"`. Das Resultat ist wieder der Ausgabestrom `cout`. Das bedeutet, dass man den Operator `<<` auf das Resultat und auf einen weiteren String anwenden kann:

```
cout << "Hallo\n" << " Welt\n";
```

ist gleichbedeutend mit:

```
cout << "Hallo\n Welt\n";
```

Auf der rechten Seite des Operators `<<` dürfen nicht nur Strings stehen, sondern irgendwelche Objekte, die ausgegeben sind, z. B. Zahlentypen wie `int`, `float`, `double`.

In Analogie hierzu gibt es den Eingabestrom `cin`, der den von der Tastatur oder der Standard-Eingaben kommenden Datenstrom in das Programm "einliest". Z. B. schreibt nach der Deklaration `float x; char ch;` die Anweisung

```
cin >> x >> ch;
```

eine zunächst eingegebene Fließkommazahl nach x und einen im Anschluss eingegebenen Buchstaben nach ch.

Aufgabe 6.1: Welche Ausdrücke und Anweisungen enthält das folgende Programm?

Erscheinen in einer Programmzeile eines C++-Programms die Zeichen //, so sind diese und der Rest der Zeile ein *Kommentar*.

Einige C++ -Programme (vgl. Blatt 1):

```
// euro.cc, Umwandlung von Euro in DM und umgekehrt
#include <iostream.h>
// Präprozessor-Anweisung
main() {
    const float faktor = 1.95583;
    float x, Euro, DM;
    char ch;
    // Deklaration u. Initialisierung
    // Deklaration
    // Deklaration
    cout << "Bitte e (EURO) oder d (DM) gefolgt von Betrag eingeben: ";
    while ( (cin >> ch >> x) == 0 ) { // Solange Eingabe fehlerhaft
        cin.clear();
        cout << "Fehlerhafte Eingabe: e (EURO) oder d (DM) gefolgt von Betrag: ";
    }
    if (ch == 'e') {
        Euro = x;
        // Falls ch gleich dem Buchst. e
        // kopiere x nach Euro
        DM = x*faktor;
        // mult. x mit faktor, Erg. nach DM
    }
    else {
        Euro = x/faktor;
        // andernfalls (ch ungleich e)
        // teile x durch faktor, Erg. n. Euro
        DM = x;
        // kopiere x nach DM
    }
    cout << Euro << " EURO = " << DM << " DM\n"; // Ausgabe ...
}
```

Aufgabe 6.2: Verändern Sie das Programm `euro.cc` derart, dass die Umrechnung weiterer Währungen abgeführt werden kann (wie in Blatt 1, aber auch so, dass Währungen aus Nicht-Euroland berechnet werden können - hier ist dann natürlich die Eingabe des Umrechnungs-Faktors vorzusehen).

Das folgende Programm benutzt ein **while**-Konstrukt, um eine Tabelle von Geschwindigkeiten (m/sec km/std) zu erstellen.

```
// ms-kmh.cc
// rechnet Geschwindigkeiten um
//
#include <iostream.h>
#include <omanip.h> // erforderlich fuer setw(i), setzt die naechste
// Eingabe rechtbuendig in ein Feld der Breite i

main() {
    float msec, kmh;
    msec = 0;
    while ( msec <= 120 ) {
        kmh = msec*3.6;
        cout << setw(3) << msec << " m/sec << " km/h\n";
        msec = msec + 20;
    }
}
```

Hier modifiziert die Funktion `setw(3)` den Ausgabestrom so, dass er für die nächste Ausgabe ein Feld der Breite 3 vorsieht. Mit `setprecision(int)` kann ähnlich die Zahl der ausgegebenen Dezimalen festgesetzt werden; erproben Sie dies.

Aufgabe 6.3: Formulieren Sie das vorangegangene Programm so um, dass eine **for-Schleife** verwendet wird.

Weiteres Beispiel für ein `while`-Konstrukt mit äquivalenter `for`-Version:

```
// io.cc, for-Version
// liest die Eingabe zeichenweise,
// u. gibt sie auf den Bildschirm aus.
#include <iostream.h>

main() {
    char c;
    while ( cin.get(c) )
        cout.put(c);
}

main() {
    char c;
    for ( ; cin.get(c); )
        cout.put(c);
}

cin.get(c) versucht, ein Zeichen von der Tastatur ("Standard-Eingabe ") zu lesen. Gelingt dies, wird dies
Zeichen nach c kopiert, und der Wert des Ausdrucks cin.get(c) ist  $\neq 0$ . Wird kein Zeichen mehr gelesen, ist
der Ausdruck = 0. cout.put(c) schreibt das Zeichen auf den Bildschirm ("Standard-Ausgabe "). Die Funk-
tionen cin.get(), cout.put() entsprechen also den C-Funktionen getchar(), putchar. Unterschiede:
getchar() nimmt kein Argument auf, cin.get() jedoch sehr wohl, es modifiziert sein Argument c sogar.
Der Rückgabe-Typ ist im Gegensatz zu getchar ein Objekt vom Typ istream (Eingabestrom), also wie
cin. Wenn der Rückgabewert Null ist, ist das Ende des Eingabestroms erreicht.
```

Funktionen in C++:

Die Deklaration einer Funktion geschieht durch einen sogenannten Funktions-*Prototyp*. Z. B. ist
`int get(int, int)`
der Prototyp einer Funktion namens `get`, die zwei Argumente vom Typ `int` aufnimmt und einen Wert vom
Typ `int` zurückgibt. Im folgenden Beispiel berechnet eine solche Funktion den größten gemeinsamen Teiler
zweier ganzer Zahlen.

```
// get.cc
// Groesster gemeinsamer Teiler get zweier Zahlen
#include <iostream.h>

int get(int x, int y) {
    int c;
    if ( x < 0 ) x = -x;
    if ( y < 0 ) y = -y;
    while ( y != 0 ) {
        c = x % y; x = y; y = c;
    }
    return x;
}

// Dies ist der get.
```

```
main() {
    int a,b;
    while (1) {
        cout << "Gib zwei ganze Zahlen ein: ";
        if ( (cin >> a >> b) == 0 ) {
            cout << "Eingabefehler\n";
            break;
        }
        cout << "get(" << a << ", " << b << ") = " << get(a,b) << "\n";
    }
}
```

Erklärungen: 1. Die Funktionsdefinition von `get` enthält zwei "formale Variable" `int x`, `int y`, deren
Wert erst bei "Aufruf" der Funktion (in `main` durch den Ausdruck `get(a,b)`) feststeht. Die aktuellen Werte
von `a`, `b` werden an die Funktion `get` übergeben, die Funktion berechnet dann den Rückgabewert, indem
sie den Funktionscode so ausführt, als hätten `x,y` den Wert von `a,b`. Der Wert des Ausdrucks `get(a,b)`
im Funktionsaufruf ist der Wert, den die Funktion mit `return` zurückgibt.

2. In `main` wird geprüft, ob der Ausdruck `cin >> a >> b` den Wert 0 hat. Dies ist der Fall, wenn das
Einlesen der beiden Werte für `a,b` fehlerhaft war, z. B. weil versehentlich ein Buchstabe statt einer Zahl
eingegeben wurde. Die `break`-Anweisung steht für diesen Fall den Abbruch des Programms vor.

Aufgabe 6.5: Schreiben Sie eine rekursive Variante des vorangegangenen Programms.

Hier finden wir wieder Modifikatoren der Ein-/Ausgabeströme: `oct`, `hex`, `dec` veranlassen `oktale`, `hexadez-`
`imale` oder dezimale Interpretation des jeweils nächsten Ein-/Ausgabe-Zeichens.

*Aufgabe 6.4: Ändern Sie das Programm `odh.cc` so ab, daß es als Prüfer nicht nur `o,d,h`, sondern auch
`0,D,H` akzeptiert und sinngemäß arbeitet.*

```
// odh.cc, wandelt Zahlendarstellungen um: oktal, dezimal, hex
#include <iostream.h>

main() {
    int a; char c;
    while (1) {
        cout << "Bitte Zahl eingeben mit vorangestelltem o,d oder h: ";
        cin >> c;
        switch (c) {
            case 'o': cin >> oct >> a; break;
            case 'h': cin >> hex >> a; break;
            default: cin >> dec >> a; break;
        }
        cout << "Oktal: " << oct << a;
        cout << "Dezimal: " << dec << a;
        cout << "Hex: " << hex << a << "\n";
        if (a == 0)
            break;
        // Mit einer break-Anweisung kann man eine Schleife
        // verlassen.
    }
}
```

*Aufgabe 6.4: Ändern Sie das Programm `odh.cc` so ab, daß es als Prüfer nicht nur `o,d,h`, sondern auch
`0,D,H` akzeptiert und sinngemäß arbeitet.*

Funktionen in C++:

Die Deklaration einer Funktion geschieht durch einen sogenannten Funktions-*Prototyp*. Z. B. ist
`int get(int, int)`
der Prototyp einer Funktion namens `get`, die zwei Argumente vom Typ `int` aufnimmt und einen Wert vom
Typ `int` zurückgibt. Im folgenden Beispiel berechnet eine solche Funktion den größten gemeinsamen Teiler
zweier ganzer Zahlen.

```
// get.cc
// Groesster gemeinsamer Teiler get zweier Zahlen
#include <iostream.h>

int get(int x, int y) {
    int c;
    if ( x < 0 ) x = -x;
    if ( y < 0 ) y = -y;
    while ( y != 0 ) {
        c = x % y; x = y; y = c;
    }
    return x;
}

// Dies ist der get.
```

```
main() {
    int a,b;
    while (1) {
        cout << "Gib zwei ganze Zahlen ein: ";
        if ( (cin >> a >> b) == 0 ) {
            cout << "Eingabefehler\n";
            break;
        }
        cout << "get(" << a << ", " << b << ") = " << get(a,b) << "\n";
    }
}
```

Erklärungen: 1. Die Funktionsdefinition von `get` enthält zwei "formale Variable" `int x`, `int y`, deren
Wert erst bei "Aufruf" der Funktion (in `main` durch den Ausdruck `get(a,b)`) feststeht. Die aktuellen Werte
von `a`, `b` werden an die Funktion `get` übergeben, die Funktion berechnet dann den Rückgabewert, indem
sie den Funktionscode so ausführt, als hätten `x,y` den Wert von `a,b`. Der Wert des Ausdrucks `get(a,b)`
im Funktionsaufruf ist der Wert, den die Funktion mit `return` zurückgibt.

2. In `main` wird geprüft, ob der Ausdruck `cin >> a >> b` den Wert 0 hat. Dies ist der Fall, wenn das
Einlesen der beiden Werte für `a,b` fehlerhaft war, z. B. weil versehentlich ein Buchstabe statt einer Zahl
eingegeben wurde. Die `break`-Anweisung steht für diesen Fall den Abbruch des Programms vor.

Aufgabe 6.5: Schreiben Sie eine rekursive Variante des vorangegangenen Programms.

*Aufgabe 6.6: Machen Sie in allen Programmen dieses Übungsblattes die Eingaben "robust" mittels
`cin.fail()`, `cin.clear()`, `cin.ignore()` wie im Beispiel `euro.cc`.*

Überladen von Funktionen:

Hat man eine Funktion `funct` mit dem Prototyp `typ1 funct(typ2, typ3)` definiert, so darf man in
C++ Funktionen gleichen Namens zu anderen Typen definieren, etwa `typ4 funct(typ5, typ6)`, wobei
die Typen `typ4`, `typ5`, `typ6` von den Typen `typ1`, `typ2`, `typ3` verschieden sind, so daß also der Name
`funct` in verschiedenen Zusammenhängen unterschiedliche Bedeutung hat.

Beispiel: Es gibt eine Funktion `double pow(double, double)`, die mit der C++-Bibliothek bereits im Rechner vorhanden ist, mit der Eigenschaft, dass `pow(x, y)` den Wert x^y berechnet. Diese Funktion wird im folgenden Beispiel durch eine selbstdefinierte Funktion `double pow(double, int)` überladen. Gründe für diese Möglichkeit: Es könnte sein, dass eine Funktion für gewisse Typen (int statt double) schneller ist.

Ein anderer Grund: In C++ kann man eigene Typen definieren, und man will vorhandene Funktionen auf diese Typen "fortsetzen". Etwa kann man einen komplexen Typ implementieren (wir werden das in diesem Kurs tun), und dann will man z. B. `pow` konsistent anwenden können.

```
// ueberl.cc
// Ueberlaedt die Bib-Fkt double pow(double, double)
// durch double pow(double, int)
// Zu uebersetzen mit: g++ ueberl.cc -o ueberl -lm
#include <iostream.h>
#include <math.h>
double pow(double f, int i) {
    cout << " (Integer Exponent)\n";
    if (i == 0) return 1;
    if (i < 0) {
        i = -i; f = 1/f;
    }
    if (i == 1) return f;
    double res = f;
    while (i-- > 1)
        res *= f;
    return res;
}

main() {
    double f = 1.234, e = 2.718;
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
        // int i hier: C++-spezifisch !
        cout << f << " hoch " << i << " = " << pow(f, i) << '\n';
        cout << f << " hoch " << i << " = " << pow(f, (double)i) << '\n';
        cout << f << " hoch " << e+i << " = " << pow(f, e+i) << '\n';
    }
}

/* Ausgabe fuer den Exponenten i=2:
(Integer Exponent)
1.234 hoch 2 = 1.52276
1.234 hoch 2 = 1.52276
1.234 hoch 4.718 = 2.69665 */
```

Aufgabe 6.7: Überladen Sie die Funktionen `pow` durch eine Version vom Prototyp `int pow(int, int)`. Dabei soll `pow(x, y)` für $y < 0$ eine Fehlerausgabe liefern.

Funktionen und Referenzen in C++

In C++ gibt es für Funktionen neben dem von C gewohnten Aufruf durch "Call by value" auch den "Call by reference". Typischer Einsatz: Die Funktion soll eine oder mehrere Größen verändern, die unabhängig von ihr definiert sind.

Standardbeispiel: `int a; scanf("%d", &a)`; In die Variable `a` soll durch die Funktion ein neuer Wert eingelesen werden. Um diesen Effekt zu erreichen, muss man in C explizit eine Adresse (hier `&a`) übergeben. In C++ kann man dies durch eine geeignete Deklaration vermeiden. Beispiel:

```
// refs.cc Beispiel fuer Funktion mit Referenzuebergabe
// swap_ soll die Werte zweier Variablen vertauschen
```

```
//
#include <iostream.h>
// FALSCHER Variante:
void swap0(int x, int y) { // lokale Kopien der Werte
    int tmp = x;
    x = y; y = tmp;
} // diese lokal (!) vertauscht
// bleibt ausserhalb ohne Effekt
// Zeiger-Variante, in C ueblich, in C++ moeglich
void swap1(int* x, int* y) { // lokale Kopien von Zeigern auf Variable
    int tmp = *x; // die Inhalte der Variablen, auf die
    *x = *y; *y = tmp; // die Zeiger weisen, werden vertauscht.
}

// Referenzen-Variante, gleiche Semantik wie swap1, in C++ moeglich
void swap2(int& x, int& y) { // "Referenzen" = Adressen werden uebergeben
    int tmp = x; // Wert einer Referenz ist der Inhalt der
    x = y; y = tmp; // Speicherstelle, auf die die Referenz zeigt.
} // code- und aufrufgleich mit swap0, abgesehen von der Deklaration von x, y
void main() {
    int a, b;
    cout << "Eingabe a b "; cin >> a >> b;
    cout << "a = " << a << ", b = " << b << '\n';
    swap0(a, b); // Werte uebergeben
    cout << "a = " << a << ", b = " << b << '\n';
    swap1(&a, &b); // Adressen uebergeben
    cout << "a = " << a << ", b = " << b << '\n';
    swap2(a, b); // Referenzen uebergeben
    cout << "a = " << a << ", b = " << b << '\n';
}

/* Ein-/Ausgabe:
Eingabe a b 3 5
a = 3, b = 5
a = 3, b = 5
a = 5, b = 3
a = 3, b = 5
swap0 hat nicht vertauscht
swap1 hat vertauscht
swap2 hat vertauscht */
```

Aufgabe 6.8: Schreiben Sie eine Funktion, die die Werte von drei Variablen gleichen Typs zyklisch vertauscht. Verwenden Sie Referenzen.

Aufgabe 6.9: Schreiben Sie eine Funktion `twice()`, die als Argument ein `int` nimmt, und als Rückgabewert ebenfalls ein `int` liefert, so dass der Aufruf `c = twice(a)` folgendes leistet: Der Wert von `a` nach dem Aufruf ist das Doppelte des Wertes von `a` vor dem Aufruf, und `c` hat nach dem Aufruf den Wert von `a` vor dem Aufruf.

Templates ("Schablonen") von Funktionen:

Manche Funktionen können für ganze Serien von Typen definiert werden. Beispiel: `max(a,b)` kann so für alle Zahltypen und sogar für alle Typen definiert werden, für die die Operation `a > b` sinnvoll ist (z. B. für Strings). C++ steht hierfür *Templates* vor:

```
// templ.cc
#include <iostream.h>
#include "string-class.h"
template <class T>
T max(T x, T y) {
    return ( x > y ) ? x : y;
}

void main() {
    int    x = 1, y = 2; float  u = 1.0, v = 0.4;
    double e = 2.7182818, pi = 3.14159265;
    string s = "qwerty", t = "uiop";
    cout << "max("<<x<<","<<y<<") = "<<max(x,y)<<'\n';
    cout << "max("<<u<<","<<v<<") = "<<max(u,v)<<'\n';
    cout << "max("<<e<<","<<pi<<") = "<<max(e,pi)<<'\n';
    cout << "max("<<s<<","<<t<<") = "<<max(s,t)<<'\n';
} /* Typische Ausgabe:
    max(1,2) = 2 ... usw. ...
    max(qwerty,uiop) = uiop
    */
```

Aufgabe 6.10: Schreiben Sie Templates für die Funktionen min, abs (Berechnung des Minimums von 2 (oder mehr?) Zahlen bzw. des Absolutbetrages von Zahlen).

Ein weiteres Beispiel: Die Swap-Funktion (Vertauschen der Werte zweier Variablen) hätte man sicher gern für jeden Typ, auch für Typen, die man erst noch entwickeln will.

Um die Ausgabeanweisungen im nächsten Beispiel abzukürzen, wird gleich ein weiteres Template entwickelt. Der Typ von `cout` ist `ostream`, also eine Referenz auf einen Typ namens `ostream`. Daher schreiben wir eine Ausgabe-funktion mit diesem Rückgabety, die nach der Ausgabe das Objekt `cout` zurückgibt. Auf diese Weise können wir den `<<`-Operator verwenden, um weitere Ausgaben anzuhängen. Mit dem Schlüsselwort `inline` wird der Compiler veranlasst, den Code für Swap nicht als Funktionsaufruf zu generieren, sondern direkt in die aufrufende Funktion einzubetten. Die liefert kürzere Laufzeiten.

```
// swap-template.cc
#include <iostream.h>
template <class T>
inline void swap(T& x, T& y) {
    T tmp = x;
    x = y; y = tmp;
}

template <class S>
ostream& out(char* xx, S x, char *yy, S y) {
    return cout<<xx<<" = "<<x<<","<<y<<"" = "<<y;
}

void main() {
    int    x = 1, y = 2; float  u = 1.0, v = 0.4;
    double e = 2.7182818, pi = 3.14159265;
    out("x",x,"y",y)<<'\n';
    out("u",u,"v",v)<<'\n';
    out("e",e,"pi",pi)<<'\n';
    swap(e,pi); out("e",e,"pi",pi)<<'\n';
}
```

```
/* Ausgabe:
    x = 1, y = 2
    x = 2, y = 1
    u = 1, v = 0.4
    u = 0.4, v = 1
    e = 2.71828, pi = 3.14159
    e = 3.14159, pi = 2.71828
    */
```

Ein Quicksort-Template als Anwendung von swap:

```
// quicksort.cc Template-Version
#include <iostream.h>
#include "string-class.h" //Diese Datei muss im aktuellen Verzeichnis sein.
static int scount=0; // Zaehler fuer die Aufrufe von swap
template <class T>
inline void swap(T& x, T& y) {
    T tmp = x;
    x = y; y = tmp;
    scount++;
}

template <class T> // Ausgabe-Template
ostream& out(T v[], int size) {
    for (int i=0; i<size; i++)
        cout << v[i] << ' ';
    return cout;
}

template <class T> // Quicksort-Template
void quicksort(T v[], int n) {
    if(n <= 1) return;
    int last = 0;
    for (int i = 1; i < n; i++)
        if (v[i] > v[i])
            swap(v[i++last], v[i]);
    swap(v[0],v[last]);
    quicksort(v, last); quicksort(v+last+1, n-last-1);
}

#define size(A) (sizeof(A))/sizeof(A)[0])
// Diese Arrays werden sortiert:
int a[]={3, 1, 4, 1, 5, 9, 2, 6, 3, 1, 4, 1, 5, 9, 2, 6};
float b[]={3.1, 4.1, 5.9, 2.6, 5.3, 5.8, 9.7, 9.3,j};
string s={"Sonntag","Montag","Dienstag","Mittwoch","Donnerstag","Freitag","Sonabend"};
main() {
    scount=0;
    quicksort(a,size(a)); out(a,size(a))<<'\n';
    cout<<scount<<'\n';scount=0;
    quicksort(b,size(b)); out(b,size(b))<<'\n';
    cout<<scount<<'\n';scount=0;
    quicksort(s,size(s)); out(s,size(s))<<'\n';
    cout<<scount<<'\n';scount=0;
}
```

Aufgabe 6.11: Kann man für die Berechnung von size(a) und size(b) ein Template formulieren?