

Einführung in die Programmiersprachen C und C++

Prof. Dr. Ulf Rehmann, Fakultät für Mathematik

Übungsblatt 7 (6 Seiten)

Klassen in C++ :

In C gibt es die Möglichkeit, komplexe Typen durch Strukturen auszudrücken:

```
struct punkt { int x; int y; };
```

definiert einen neuen Datentyp namens `struct punkt`, der aus zwei Komponenten `x`, `y` besteht.

Der Datentyp `struct punkt` wird syntaktisch genauso behandelt wie jeder andere Typ. Man kann Variable diesen Typs definieren: Eine Definition `struct punkt u;` definiert dann ein Objekt (eine Variable) `u` vom Typ `struct punkt`, bestehend aus den beiden Komponenten `u.x`, `u.y`, die im vorliegenden Fall vom Typ `int` sind. Eine solche zusammengesetzte Struktur kann beliebig viele Komponenten verschiedener Typen haben, die Komponenten könnten ihrerseits bereits zusammengesetzte Strukturen haben.

Durch `struct punkt *w;` wird eine Zeigervariable `w` vom Typ `struct punkt` definiert; weist man ihr vermöge `w = &u;` die Adresse von `u` zu, so greift man auf die Komponenten zu durch `(*u).x`, `(*u).y` (erst dereferenzieren, dann auf die Komponenten (per `.-Operator`) zugreifen. Synonym hierfür ist die kürzere Schreibweise `u->x`, `u->y`.

Das Klassenkonzept in C++ basiert auf dem Strukturkonzept, erlaubt aber im allgemeinen nur ganz bestimmten sogenannten *Klassenfunktionen* den Zugriff auf die einzelnen Komponenten. Auf diese Weise kann man neue Typen definieren, deren Implementationsdetails (Komponenten usw.) nicht "öffentlich" zugänglich sind (ähnlich wie die Details der Fließkomma-Zahlen dem Programmierer nicht ohne weiteres zugänglich sind, und deren Einzelheiten oft auch gar nicht interessieren). Zusammen mit dem Konzept des Überladens von Funktionen und Operatoren bekommt der Programmierer auf diese Weise die Möglichkeit, neue Typen zu schaffen, die ähnlich unproblematisch zu benutzen sind wie die elementaren, "eingebauten" Typen `char`, `int`, `float`, `double` usw.

```
// punkt.cc, Ein erstes Beispiel fuer eine Klassendefinition
#include <iostream.h>
#include <math.h>

class punkt {
    int x; int y;                // geschuetzte Komponenten
public:                          // Schnittstelle zur "Aussenwelt" :
    punkt();                     // Constructor-Funktion zur Definition
    punkt(int, int);             // Constructor-Funktion zur Initialisierung
    double laenge();             // Eine Member-Funktion
    friend double arg(punkt);     // Eine Friend-Funktion
    friend ostream& operator<<(ostream&, punkt); // Ausgabeoperator
    friend int operator>(punkt, punkt);         // Vergleichsoperator
    friend int operator<(punkt, punkt);         // Vergleichsoperator
};

punkt::punkt() {};
punkt::punkt(int xx, int yy) {
    x = xx; y = yy;
}

double punkt::laenge() {
    return sqrt(x*x+y*y);
}

double arg(punkt z) {
    return atan(z.y/z.x);
}
```

```

    }

    ostream& operator<<(ostream& os, punkt z) {
        return os << '(' << z.x << ', ' << z.y << ')';
    }

    int operator>(punkt u, punkt v) {          // lexikographische Ordnung
        if (u.x == v.x)
            return (u.y > v.y);
        return (u.x > v.x);
    }

    int operator<(punkt u, punkt v) {          // lexikographische Ordnung
        if (u.x == v.x)
            return (u.y < v.y);
        return (u.x < v.x);
    }
    // Ende der Klassendefinition

#include "quicksort.h"          // enthaelt quicksort- und swap-Template

int a[] = { 1, 2, 3, 4, 5 };

int s = sizeof(a)/sizeof(int);    // Anzahl der Elemente im Array a

main() {

    punkt u;                      // Hier arbeitet punkt()

    cout << "Ausgabe: u = " << u << '\n'; // Hier arbeitet operator<< = Ausgabe

    u = punkt(1,2);               // Hier arbeitet punkt(int,int)

    punkt v = punkt(3,4);         // Hier arbeiten beide punkt-Constructoren

    cout << "u = " << u << ", v = " << v << '\n';
    cout << "l(u) = " << u.laenge() << ", l(v) = " << v.laenge() << '\n';
    cout << "arg(u) = " << arg(u) << ", arg(v) = " << arg(v) << '\n';

    if (u < v)
        cout << " u < v \n";      // Test fuer operator< : lexikographische O.
    else
        cout << " ! u < v \n";

    punkt w[s*s];                 // Array wird definiert.

    for (int i=0; i < s; i++)
        for (int j=0; j < s; j++) {
            w[i+j*s] = punkt(a[i],a[j]); // Array wird initialisiert
        }

    for (int i = 0; i < s*s; i++ ) {

```

```

        cout << w[i] << ' ';
        if ( i%s == s-1 )
            cout << '\n';                // Ausgabe des Arrays
    }

    cout << "quicksort arbeitet:\n";

    quicksort(w, s*s-1);

    for (int i = 0; i < s*s; i++ ) { // Ausgabe des geordneten Arrays
        cout << w[i] << ' ';
        if ( i%s == s-1 )
            cout << '\n';
    }
}

```

Erläuterung der Klassendefinition:

Die Klasse `punkt` besteht aus Objekten `z,...` vom Typ `punkt` mit je zwei `int`-Komponenten `z.x`, `z.y`. Auf diese Komponenten können *nur* die speziell im `public`-Teil der Klassendefinition deklarierten (oder definierten) *Klassenfunktionen* zugreifen. Es gibt zwei Arten von Klassenfunktionen:

- *Member-Funktionen*: Member-Funktionen zeichnen sich dadurch aus, dass sie neben den formalen Argumenten noch ein weiteres *implizites* Argument vom Klassentyp haben (in unserem Fall vom Typ `punkt`). Dessen Komponenten werden in der Funktion mit den Komponentennamen der Klasse bezeichnet (in unserem Falle mit `x,y`). Konstruktoren sind immer Member-Funktionen. Der Funktionsaufruf der Konstruktor impliziert die Allokation dieses impliziten Arguments. Der Aufruf des ersten Konstruktors bewirkt also die Definition eines Objektes vom Typ `punkt`. Er erfolgt durch die Anweisung `punkt z`; – sieht also formal genau wie eine Definition einer Variablen `z` aus. Der Aufruf des zweiten Konstruktors erlaubt die Initialisierung einer Variablen `z`. Er erfolgt durch eine Anweisung wie `z = punkt(1,2)`; , wodurch den Komponenten von `z` die Werte `z.x = 1`, `z.y = 2` zugewiesen werden. In der Funktionsdefinition sieht man die Komponenten `x,y` des impliziten Arguments, denen die Werte der formalen Argumente `xx`, `yy` zugewiesen werden.

Member-Funktionen, die nicht Konstruktoren sind, können als “Komponenten” ihrer Klassenobjekte aufgefasst werden: Wird durch `punkt z`; das Objekt (die Variable) `z` vom Typ `punkt` erklärt, so erhält man die `x,y`-Komponenten per `z.x`, `z.y` und analog die zugehörige Member-Funktion `laenge()` durch `z.laenge()`. Diese hat im vorliegenden Fall kein (explizites) formales Argument, kann im allgemeinen aber solche haben. Der Wert des Ausdrucks `z.laenge()` ist die Länge $\sqrt{x^2 + y^2}$ von `z`. Der volle Prototyp lautet `double punkt::laenge()`, vor den Namen ist in der Funktionsdefinition der Klassenname gefolgt von `::` zu setzen. Der Aufruf geschieht immer bezogen auf ein `punkt z`; mit der Syntax `z.laenge()`; , `z` ist dann das implizite Argument, und das Resultat ist der Wert der Funktion für dieses Element.

- *Friend-Funktionen*: Friend-Funktionen tragen das Schlüsselwort `friend` vor ihrer Deklaration innerhalb der Klassendefinition. Im vorliegenden Fall handelt es sich um die Funktion `double arg(punkt)` und um Operator-Funktionen zu den Operatoren `>>`, `<`. Für `punkt z`; liefert `arg(z)`; das Bogenmaß des Winkelargumentes von `z`. Die Auswertung von `>>` für `cout`, `z` geschieht wie gewohnt durch `cout >> z`; ähnlich für `<`.

Alle Klassenfunktionen greifen auf Klassenkomponenten von `punkt z` mittels des Punkt-Operators zu: `z.x`, `z.y`.

Alle Funktionsdefinitionen können auch bereits innerhalb der Klassendefinition gegeben werden. Dies erzwingt dann, dass der Code für diese Funktionen für jeden Aufruf “inline” substituiert wird (ähnlich wie bei Präprozessor-Substitutionen), so dass also kein echter Funktionsaufruf generiert wird, was schnelleren, aber auch längeren Maschinencode erzeugt.

Die “Inline”-Compilation kann auch für Funktionsdefinitionen außerhalb der Klassendefinition erzwungen werden, indem vor die Definition das Schlüsselwort `inline` gesetzt wird.

Aufgabe 7.1: Ändern Sie die Klassendefinition und das Programm so, dass

- i) die Funktion `laenge` als Friend-Funktion implementiert ist,
 - ii) die Funktion `arg` als Member-Funktion implementiert ist,
- bei sonst gleicher Arbeitsweise.

Aufgabe 7.2: Fügen Sie eine Operatordefinition für den Operator `>>` im Zusammenhang mit `istream&` ein, die eine bequeme Eingabe von `punkt`-Objekten erlaubt.

Aufgabe 7.3: Überladen Sie den Operator `+`, so dass für `punkt u, v`; die Summe `u+v` komponentenweise gebildet wird.

Aufgabe 7.4: Überladen Sie den Operator `*` in zweifacher Weise so, dass für `int a; punkt z`; das Produkt `a*z` aus den Komponenten `a*z.x`, `a*z.y` besteht (Prototyp: `punkt operator*(int,punkt)`), und dass für `punkt u, v`; das Produkt `u*v` gleich `u.x*v.x+u.y*v.y` wird (Prototyp: `int operator*(punkt,punkt)`).

Das folgende Beispiel definiert eine Klasse `datum`, die Kalenderdaten enthält. (Siehe auch das entsprechende Beispiel aus dem C-Teil des Kurses.)

Fast alle Funktionen sind diesmal inline geschrieben.

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <iostream.h>
#include "string-class.h"

string tage[] = { "Sonntag", "Montag", "Dienstag",
                  "Mittwoch", "Donnerstag", "Freitag", "Sonnabend" };

struct monat {
    string name; int laenge;
};

struct monat mon[] = {
    {"Januar", 31}, {"Februar", 28}, {"Maerz", 31},
    {"April", 30}, {"Mai", 31}, {"Juni", 30},
    {"Juli", 31}, {"August", 31}, {"September", 30},
    {"Oktober", 31}, {"November", 30}, {"Dezember", 31}
};

void printdatum();
class datum {
    int t; int m; int j;
public:
    datum() {};
    datum(int tag, int monat, int jahr) {
        t = tag; m = monat; j = jahr;
        if ( mon_laenge() == 0 || t < 1 || t > mon_laenge() ) {
            cout << "Das Datum gibt es nicht : " << t << "." << m << "." << j << "\n";
            exit(1);
        }
    }
    int jahr() { return j; }
    int schalt() {
        return ( j % 4 == 0 && j % 100 != 0 || j % 400 == 0 );
    };
    int mon_laenge() {
        if ( m < 1 || m > 12 ) {
            return 0;
        }
    }
};
```

```

    }
    return mon[m-1].laenge + (m==2 && schalt());
}
int jahr_laenge() {
    return 365 + schalt();
}
string mon_name() {
    return mon[m-1].name;
}
int tag_im_jahr() {
    datum d = datum(t,m,j);
    int n = d.t;

    for (d.m=1; d.m < m; d.m++ )
        n += d.mon_laenge();
    return n;
}
friend ostream& operator<<(ostream& os, datum d) {
    os << d.t << ". " << d.mon_name() << ", " << d.j << "\n";
    return os;
}
friend istream& operator>>(istream& is, datum& d) {
    cout << "Bitte Tag Monat Jahr eingeben : ";
    int t, m, j;
    is >> t >> m >> j;
    datum dd = datum(t,m,j);
    return is;
}
/* Liefert das Datum des 1. des Folgejahres */
datum inc_jahr() {
    t = m = 1; j++;
    return *this;
}
/* Liefert das Datum des 1. des Folgemonats. */
datum inc_monat() {
    if (m < 12) { t = 1; m++; }
    else inc_jahr();
    return *this;
}
/* Liefert das Datum des folgenden Tages */
datum operator++() {
    if ( t < mon_laenge() ) t++;
    else inc_monat();
    return *this;
}
/* Berechne u - v */
friend int operator-(datum u, datum v) {
    int n;
    if (u.j < v.j) return v - u;
    n = u.tag_im_jahr();
    for(u.j = u.j - 1; u.j >= v.j; u.j--)
        n += u.jahr_laenge();
    n -= v.tag_im_jahr();
}

```

```
        return n;
    }
    friend datum operator+(datum u, int t) {
        if (t >= 0) {
            while (u.t + t > u.mon_laenge()) {
t -= (u.mon_laenge() - u.t + 1);
u.inc_monat();
            }
            u.t += t;
            return u;
        }
        cout << "Noch nicht implementiert (t negativ) : " << t << "\n" ;
        exit(1);
    }
};

string wochentag(datum d) {
    int t;
    datum e = datum(31,12,2000); /* ist ein Sonntag */
    t = (d-e) % 7;
    if ( t < 0 )
        t += 7;
    return tage[t];
}

main() {
    int t; datum d, dd;
    while(1) {
        cin >> d;
        cout << "Das Datum ist : " << d ;
        cout << "Es ist der " <<
            d.tag_im_jahr() << "-te Tag im Jahr " << d.jahr() << ".\n";
        cout << "Es ist ein " << wochentag(d) << "\n";
        cout << "Der naechste Tag ist : " << ++d;
        cout << "wieviele Tage dazu ? "; cin >> t;
        dd = d + t;
        cout << dd;
        cout << "Unterschied nach diff : " << dd-d << "\n";
    }
}
```