TECHNISCHE UNIVERSITÄT DORTMUND

Wintersemester 2007/08

Einführung in die Informatik für Naturwissenschaftler und Ingenieure

(alias **Einführung in die Programmierung)**

(Vorlesung)

Prof. Dr. Günter Rudolph

Fakultät für Informatik

Lehrstuhl für Algorithm Engineering

Kapitel 10: Klassen

Inhalt

- Einführung ☑
- Konstruktoren / Destruktoren ☑
- Kopierkonstruktor
- Selbstreferenz
- Überladen von Operatoren
- …

Kapitel 10: Klassen

Noch ein Beispiel ...

```
Punkt::Punkt(double ax, double ay) {
  x = ax; y = ay;
  cout << "K: " << x << " " << y << endl;
}
Punkt::~Punkt() {
  cout << "D: " << x << " " << y << endl;
}
```

```
int main() {
  cout << "Start" << endl;
  Punkt p1(1.0, 0.0);
  Punkt p2(2.0, 0.0);
  cout << "Ende" << endl;
}
```

Ausgabe:

```
Start
K: 1.0 0.0
K: 2.0 0.0
Ende
D: 2.0 0.0
D: 1.0 0.0
```

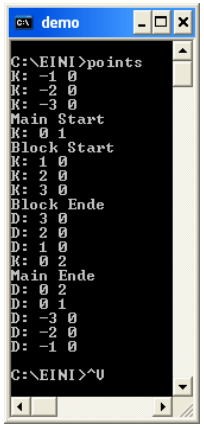
Konstruktoren:
Aufruf in Reihenfolge der Datendefinition

Destruktoren:
Aufruf in umgekehrter Reihenfolge

Kapitel 10: Klassen

Großes Beispiel ...

```
Punkt g1(-1.0, 0.0);
Punkt g2(-2.0, 0.0);
int main() {
  cout << "Main Start" << endl;
  Punkt q1(0.0, 1.0);
  {
    cout << "Block Start" << endl;
    Punkt p1(1.0, 0.0);
    Punkt p2(2.0, 0.0);
    Punkt p3(3.0, 0.0);
    cout << "Block Ende" << endl;
  }
  Punkt q2(0.0, 2.0);
  cout << "Main Ende" << endl;
}
Punkt g3(-3.0, 0.0);
```



```
class Punkt {
private:
  int id;
public:
  Punkt();
  ~Punkt();
};
```

Punkt.h

```
static int cnt = 1;
Punkt::Punkt() : id(cnt++) {
  cout << "K" << id << endl;
}
Punkt::~Punkt() {
  cout << "D" << id << endl;
}
```

Punkt.cpp

„Hack!“

Nur für Demozwecke!

Feld / Array

```
int main() {
  cout << "Start" << endl;
  {
    cout << "Block Start" << endl;
    Punkt menge[3];
    cout << "Block Ende" << endl;
  }
  cout << "Ende" << endl;
  return 0;
}
```

Ausgabe:

```
Start
Block Start
K1
K2
K3
Block Ende
D3
D2
D1
Ende
```


Regeln für die Anwendung für Konstruktoren und Destruktoren

1. **Allgemein**
   Bei mehreren globalen Objekten oder mehreren lokalen Objekten innerhalb eines Blockes werden
   - die Konstruktoren in der Reihenfolge der Datendefinitionen und
   - die Destruktoren in umgekehrter Reihenfolge aufgerufen.
2. **Globale Objekte**
   - Konstruktor wird zu Beginn der Lebensdauer (vor main) aufgerufen;
   - Destruktor wird hinter der schließenden Klammer von main aufgerufen.
3. **Lokale Objekte**
   - Konstruktor wird an der Definitionsstelle des Objekts aufgerufen;
   - Destruktor wird beim Verlassen des definierenden Blocks aufgerufen.

Regeln für die Anwendung für Konstruktoren und Destruktoren

4. **Dynamische Objekte**
   - Konstruktor wird bei **new** aufgerufen;
   - Destruktor wird bei **delete** für zugehörigen Zeiger aufgerufen.
5. **Objekt mit Klassenkomponenten**
   - Konstruktor der Komponenten wird vor dem der umfassenden Klasse aufgerufen;
   - am Ende der Lebensdauer werden Destruktoren in umgekehrter Reihenfolge aufgerufen.
6. **Feld von Objekten**
   - Konstruktor wird bei Datendefinition für jedes Element beginnend mit Index 0 aufgerufen;
   - am Ende der Lebensdauer werden Destruktoren in umgekehrter Reihenfolge aufgerufen.

Kopierkonstruktor (*copy constructor*)

```
class Punkt {
private:
  double x, y;
public:
  Punkt(double ax, double bx);
  Punkt(const Punkt& p);
  ~Punkt();
};
```

Kann wie eine Zuweisung interpretiert werden!

Kopierkonstruktor

```
Punkt::Punkt(const Punkt& p) {
  x = p.x; y = p.y;
}
```

Entstehendes Objekt wird mit einem **bestehenden** Objekt initialisiert!

alternativ:

```
Punkt::Punkt(const Punkt& p) : x(p.x), y(p.y) { }
```

wirkt wie Zuweisung; geht nur bei Klassenelementen

Kopierkonstruktor (*copy constructor*)

Bauplan:

ObjektTyp (**`const`** ObjektTyp & bezeichner)**`;`**

→ Kopierkonstruktor liefert / soll liefern byteweises Speicherabbild des Objektes

Wird **automatisch** aufgerufen, wenn:

1. ein neues Objekt erzeugt und mit einem bestehenden initialisiert wird;
2. ein Objekt per Wertübergabe an eine Funktion gereicht wird;
3. ein Objekt mit **`return`** als Wert zurückgegeben wird.

```
Punkt a(1.2, 3.4); // Neu
Punkt b(a);        // Kopie
Punkt c = b;       // Kopie
b = a;           // Zuweisung!
```

Was passiert, wenn ich keinen Kopierkonstruktor implementiere?

Kopierkonstruktor (*copy constructor*)

Wird für eine Klasse **kein** Kopierkonstruktur implementiert,

dann erzeugt ihn der Compiler **automatisch!**

Achtung!

Es wird dann ein **byteweises Speicherabbild** des Objektes geliefert!

⇒ „flache Kopie“ (engl. *shallow copy*)

Problem:

- Konstruktor fordert dynamischen Speicher an ⟶ nur Kopie des Zeigers
- Konstruktor öffnet exklusive Datei (o.a. Resource) ⟶ nicht teilbar! Crash!

⇒ dann „tiefe Kopie“ (engl. *deep copy*) nötig!
⇒ man **muss** Kopierkonstruktor (und Destruktor) implementieren!

Klassendefinition

```
class CZeit {
private:
  int mStd, mMin, mSek;
public:
  CZeit();                                    // Konstruktor
  CZeit(int std, int min = 0, int sek = 0); // Konstruktor
  CZeit(const CZeit& aZeit);                  // Kopierkonstruktor
  void Anzeigen();
  int Std();
  int Min();
  int Sek();
  static CZeit Jetzt();       // statische Klassenfunktion
};
CZeit addiere(CZeit z1, CZeit z2);     // globale Funktion
```

Default-Werte

Konstruktoren

```
CZeit::CZeit() : mStd(0), mMin(0), mSek(0) { }
CZeit::CZeit(int aStd, int aMin, int aSek) :
  mStd(aStd), mMin(aMin), mSek(aSek) {
  assert(mStd >= 0 && mStd < 24);
  assert(mMin >= 0 && mMin < 60);
  assert(mSek >= 0 && mSek < 60);
}
CZeit::CZeit(const CZeit& aZeit) :
  mStd(aZeit.mStd), mMin(aZeit.mMin), mSek(aZeit.mSek) { }
```

statische Elementfunktion

```
CZeit CZeit::Jetzt() {
  time_t jetzt = time(0);
  struct tm *hms = localtime(&jetzt);
  CZeit z(hms->tm_hour, hms->tm_min, hms->tm_sec);
  return z;
}
```

```
int CZeit::Std() { return mStd; }
int CZeit::Min() { return mMin; }
int CZeit::Sek() { return mSek; }
void CZeit::Anzeigen() {
  cout << mStd << ':' << mMin << ':' << mSek << endl;
}
```

```
CZeit addiere(CZeit z1, CZeit z2) {
  CZeit zeit;
  zeit.mStd = z1.mStd + z2.mStd;
  // usw
}
```

ACHTUNG !

Externer Zugriff auf private Daten! Zugriff gesperrt!

⇒ Funktioniert so nicht!

```
CZeit addiere(CZeit z1, CZeit z2) {
  int std = z1.Std() + z2.Std();
  int min = z1.Min() + z2.Min();
  int sek = z1.Sek() + z2.Sek();
  CZeit zeit(std, min, sek);
  return zeit;
}
```

Hier muss noch dafür gesorgt werden, dass der Konstruktor keine Assertion „wirft!“

„Verschönerung“ der Zeitanzeige

bisher:
`CZeit z(12,5,34); z.Anzeigen();`
liefert Ausgabe: **`12:5:34`**

```
void CZeit::Anzeigen() {
  cout << mStd << ':' << mMin << ':' << mSek << endl;
}
```

wir wollen haben: `12:05:34`

```
void CZeit::Anzeigen() {
      if (mStd < 10) cout << "0";
      cout << mStd << ":";
      if (mMin < 10) cout << "0";
      cout << mMin << ":";
      if (mSek < 10) cout << "0";
      cout << mSek << endl;
}
```

… liefert **`12:05:34`** ☑

Testprogramm

```
#include <iostream>
#include "CZeit.h"

using namespace std;

int main(){
  CZeit z(CZeit::Jetzt());
  z.Anzeigen();
  CZeit a(1,0,0);
  CZeit sum;
  sum = addiere(z, a);
  sum.Anzeigen();
  return 0;
}
```

Ausgabe (z.B.):

14:45:21

15:45:21

schöner wäre ja: **`sum = z + a;`**

Überladen von Operatoren!

(später …)

Normalisierung

```
class CZeit {
private:
  int mStd, mMin, mSek;
  void normalize();

public:
  …
};
```

Private Hilfsfunktion:

kann nur **innerhalb** der Klassenimplementierung aufgerufen werden!

```
void CZeit::normalize() {
  mMin += mSek / 60;
  mSek %= 60;
  mStd += mMin / 60;
  mMin %= 60;
  mStd %= 24;
}
```

setzt beliebige nichtnegative Werte auf „normale“ Werte:

$0 \le$ **`mStd`** < 24
$0 \le$ **`mMin`** < 60
$0 \le$ **`mSek`** < 60

Konstruktor: 2. Version

```
CZeit::CZeit(int aStd, int aMin, int aSek) :
mStd(aStd), mMin(aMin), mSek(aSek) {
  normalize();
}
```

Problem:

negative Eingaben werden via **`normalize()`** nicht „repariert“

Konstruktor: 3. Version

```
CZeit::CZeit(
  unsigned int aStd,
  unsigned int aMin,
  unsigned int aSek
) : mStd(aStd), mMin(aMin), mSek(aSek) {
  normalize();
}
```

Lösung:

nichtnegative Eingaben erzwingen via **`unsigned int`** in Argumentliste des Konstruktors

Selbstreferenz

für 3. Version: **`unsigned int`**

```
class CZeit {
…
  CZeit& addStd(int n);
  CZeit& addMin(int n);
  CZeit& addSek(int n);
}
```

Bsp:

```
CZeit x = CZeit::Jetzt();
CZeit z = x.addStd(1).addMin(21);
```

```
CZeit& addMin(int n) {
  mMin += n;
  normalize();
  return *this;
}
```

Schlüsselwort: `this`

`this` ist Zeiger auf das Objekt, für das die Elementfunktion aufgerufen wurde.

`*this` bezieht sich auf das Objekt selbst.

Überladen von Operatoren

- Operator ist eine Verknüpfungsvorschrift!
- Kann man auffassen als Name einer Funktion:

  Bsp: Addition a + b interpretieren als + (a, b)
- in C++ als: c = **`operator+ (a, b)`**

Funktionsname Argumente

Zweck:
eine Klasse mit Funktionalität ausstatten,
die vergleichbar mit elementarem Datentyp ist!

Vorteil:
Quellcode wir übersichtlicher

Überladen von Operatoren

Welche?

`+`	`^`	`==`	`+=`	`^=`	`!=`	`<<`	`()`
`-`	`&`	`>`	`-=`	`&=`	`&&`	`<<=`	`new`
`*`	`|`	`>=`	`*=`	`|=`	`||`	`>>`	`delete`
`/`	`~`	`<`	`/=`	`++`	`->`	`>>=`	`=`
`%`	`!`	`<=`	`%=`	`--`	`->*`	`[]`	

Wie?

Objekttyp& operator◎(const ObjektTyp& bezeichner)

Objekttyp operator◎ (const ObjektTyp& bezeichner)

Überladen von Operatoren

```
bool operator== (const CZeit& aZeit) {
  if (aZeit.mStd != Std()) return false;
  if (aZeit.mMin != Min()) return false;
  if (aZeit.mSek != Sek()) return false;
  return true;
}
```

Test auf Gleichheit

```
CZeit& operator= (const CZeit& aZeit) {
  mStd = aZeit.mStd;
  mMin = aZeit.mMin;
  mSek = aZeit.mSek;
  return *this;
}
```

Zuweisung

Wenn für eine Klasse der Zuweisungsoperator **nicht** überschrieben wird,
dann macht das der Compiler **automatisch**!

Vorsicht!

Speicher des Objektes wird **byteweise** überschrieben!

Problem:

z.B. wenn Objekt dynamischen Speicher verwendet

⇒ gleiche Problematik wie beim Kopierkonstruktor

Merke:

Wenn die Implementierung eines **Kopierkonstruktors** nötig ist,
dann höchstwahrscheinlich auch **Destruktor** und überschriebene **Zuweisung**!

Unterschied zwischen Kopierkonstruktor und Zuweisung

Kopierkonstruktor:

Initialisierung einer **neu** deklarierten Variable von **existierender** Variable

Zuweisung:

- wirkt zwar wie Kopierkonstruktor (flache Kopie bzw. tiefe Kopie), überschreibt jedoch Speicher der **existierenden** Variable mit dem Speicher der zuweisenden, **existierende**n Variable
- zusätzlich ggf. Aufräumen: Freigabe dynamischer Speicher!
- außerdem: Rückgabe einer Referenz auf sich selbst

Überladen von Operatoren

```
CZeit& CZeit::operator+= (const CZeit& aZeit) {
      mStd += aZeit.mStd;
      mMin += aZeit.mMin;
      mSek += aZeit.mSek;
      normalize();
      return *this;
}
```

Addition mit Zuweisung

```
CZeit CZeit::operator+ (const CZeit& aZeit) {
  CZeit z(*this);
  z += aZeit;       // Normalisierung via +=
  return z;
}
```

Addition

Test

```
int main() {

  CZeit x(0,0,86399);             // 23:59:59
  x.Anzeigen();
  x.addSek(1);                    // 00:00:00
  x.Anzeigen();
  x.addStd(12).addMin(13).addSek(14).Anzeigen(); // 12:13:14

  CZeit z1 = CZeit::Jetzt();      // statische Elementfunktion
  CZeit z2 = z1;   // Zuweisung, nutzt aber Kopierkonstruktor!
  z1.Anzeigen();
  if (z1 == z2)                   // Operator == überladen
    cout << "Gleich!" << endl;

  CZeit a(1), b(0,1), c(0,0,1);   // Nutzung der Defaults
  z1 += a;                        // Operator += überladen
  z1.Anzeigen();
```

Fortsetzung auf nächster Folie … ⟶

Fortsetzung …

```
  CZeit s;           // Konstruktor für 00:00:00
  s.Anzeigen();
  s += a + b + c;    // Operatoren += und + überladen
  s.Anzeigen();

  CZeit t;
  t = a + b + c;     // Operatoren = und + überladen;
                     // Zuweisung nutzt überladenes =
  t.Anzeigen();
}
```