technische universität dortmund

Einführung in die Programmierung

Wintersemester 2017/18

Prof. Dr. Günter Rudolph

Lehrstuhl für Algorithm Engineering

Fakultät für Informatik

TU Dortmund

Inhalt

- Einführung in das Klassenkonzept
- Attribute / Methoden
- Konstruktoren / Destruktoren
- Schablonen

Ziele von Klassen

- Kapselung von Attributen (wie **`struct`** in Programmiersprache C)
- Kapselung von klassenspezifischen Funktionen / Methoden
- Effiziente Wiederverwendbarkeit
  - Vererbung → Kapitel 10
  - Virtuelle Methoden → Kapitel 11
- Grundlage für Designkonzept für Software

Schlüsselwort: `class`

- Datentypdefinition / Klassendefinition analog zu **`struct`**

```
struct Punkt {
  double x, y;
};
```

→

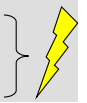
```
class Punkt {
  double x, y;
};
```

Unterschied:

```
Punkt p;
p.x = 1.1;
p.y = 2.0;
```

→ ?

```
Punkt p;
p.x = 1.1;
p.y = 2.0;
```



Zugriff gesperrt!

Schlüsselwort: `class`

- Datentypdefinition / Klassendefinition analog zu **`struct`**

```
struct Punkt {
  double x, y;
};
```

Komponenten sind öffentlich! (**`public`**)

```
class Punkt {
  double x, y;
};
```

Komponenten sind privat! (**`private`**)

⇒ Kontrolle über Zugriffsmöglichkeit sollte steuerbar sein!

⇒ Man benötigt Mechanismus, um auf Komponenten zugreifen zu können!

⇒ sogenannte Methoden!

prozedural

```
struct Punkt {
  double x, y;
};
void SetzeX(Punkt &p, double w);
void SetzeY(Punkt &p, double w);
double LeseX(Punkt const &p);
double LeseY(Punkt const &p);
```

objekt-orientiert

```
class Punkt {
  double x, y;
public:
  void SetzeX(double w);
  void SetzeY(double w);
  double LeseX();
  double LeseY();
};
```

⇒ Schlüsselwort **`public`** : alles Nachfolgende ist öffentlich zugänglich!


```
struct Punkt {
  double x, y;
};
```

```
void Verschiebe(Punkt &p,
                double dx, double dy);
bool Gleich(Punkt &a, Punkt& b);
double Norm(Punkt &a);
```

```
class Punkt {
private:
  double x, y;
public:
  void   SetzeX(double w);
  void   SetzeY(double w);
  double LeseX();
  double LeseY();
  void   Verschiebe(double dx, double dy);
  bool   Gleich(Punkt const &p);
  double Norm();
};
```

Methoden

Klasse = Beschreibung von **Eigenschaften** und **Operationen**

⇒ Eine Klasse ist also die Beschreibung des Bauplans (Konstruktionsvorschrift) für konkrete (mit Werten belegte) Objekte

⇒ Eine Klasse ist **nicht** das Objekt selbst

⇒ Ein Objekt ist eine **Instanz** / Ausprägung einer Klasse

Zusammenfassung von Daten / Eigenschaften und Operationen …

Zugriff auf Daten nur über Operationen der Klasse;
man sagt auch: dem Objekt wird eine Nachricht geschickt:

Objektname.Nachricht(Daten)

Methode = Operation, die sich auf einem Objekt einer Klasse anwenden lassen

(Synonyme: Element- oder Klassenfunktion)

- **Klasse:**
  Beschreibung einer Menge von Objekten mit gemeinsamen Eigenschaften und Verhalten.
  Ist ein Datentyp!

- **Objekt:**
  Eine konkrete Ausprägung, eine Instanz, ein Exemplar der Klasse.
  Belegt Speicher!
  Besitzt Identität!
  Objekte tun etwas; sie werden als Handelnde aufgefasst!

- **Methode / Klassenfunktion:**
  Beschreibt das Verhalten eines Objektes.
  Kann als spezielle Nachricht an das Objekt aufgefasst werden.

Anwendungsproblem:

⇒ Modellierung ⇒ Reduzierung auf das „Wesentliche“

„wesentlich“ im Sinne unserer Sicht auf die Dinge bei diesem Problem

→ es gibt verschiedene Sichten auf dieselben Objekte!

⇒ schon bei der Problemanalyse denken im Sinne von
Objekten und ihren Eigenschaften und Beziehungen untereinander

Objektorientierte Programmierung (OOP):

- Formulierung eines Modells in Konzepten & Begriffen der realen Welt
- nicht in computertechnischen Konstrukten wie Haupt- und Unterprogramm


```
class Punkt {

private:
  double x, y;

public:

  void   SetzeX(double w) { x = w; }
  void   SetzeY(double w) { y = w; }
  double LeseX() { return x; }
  double LeseY() { return y; }
  void   Verschiebe(double dx, double dy);
  bool   Gleich(Punkt const &p);
  double Norm();
};
```

Implementierung: direkt in der Klassendefinition

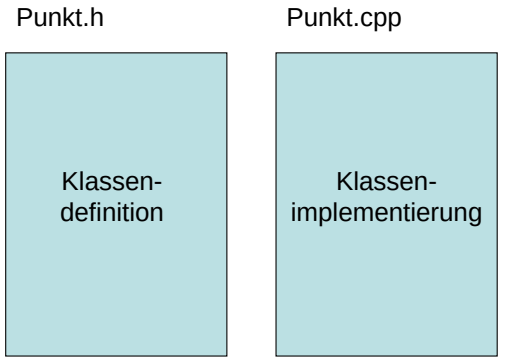
```
void Punkt::Verschiebe(double dx, double dy) {
  x += dx;
  y += dy;
}
```

Implementierung: außerhalb der Klassendefinition

Prinzip des *‘information hiding‘*

Trennung von Klassendefinition und Implementierung

⇒ am besten in verschiedenen Dateien!



bei Implementierung außerhalb der Klassendefinition:

Angabe des Klassennames nötig!

↓

Datentyp Klassenname::Methode(…){
}

*.h → „**h**eader“ *.cpp → „**cp**lus**p**lus“

Datei: Punkt.h

```
class Punkt {

private:
  double x, y;

public:

  void   SetzeX(double w);
  void   SetzeY(double w);
  double LeseX();
  double LeseY();
  void   Verschiebe(double dx, double dy);
  bool   Gleich(Punkt const &p);
  double Norm();
};
```

Die **Klassendefinition** wird nach außen (d.h. **öffentlich**) **bekannt** gemacht!

Die **Implementierung** der Methoden wird nach außen hin **verborgen**!

Datei: Punkt.cpp

```
#include <cmath>
#include "Punkt.h"

void Punkt::SetzeX(double w) { x = w; }
void Punkt::SetzeY(double w) { y = w; }
double Punkt::LeseX() { return x; }
double Punkt::LeseY() { return y; }

void Punkt::Verschiebe(double dx, double dy) {
  x += dx;
  y += dy;
}

bool Punkt::Gleich(Punkt const &p) {
  return x == p.LeseX() && y == p.LeseY() ? true : false;
}

double Punkt::Norm() {
  return sqrt(x * x + y * y);
}
```


Überladen von Methoden

```
class Punkt {

private:
  double x, y;

public:

  bool Gleich(Punkt const &p);
  bool Gleich(double ax, double ay) {
    return (x == ax && y == ay) ? true : false;
};
```

mehrere Methoden mit **gleichem Namen**

wie unterscheidbar? → durch ihre verschiedenen Signaturen / Argumentlisten!

```
Punkt p1, p2;
// …
if (p1.Gleich(p2) || p1.Gleich(1.0, 2.0)) return;
```


Initialisierung umständlich:

```
Punkt p;
p.SetzeX(1.3);
p.SetzeY(2.9);
```

? → vor C++11: nein!

wie bei **`struct Punkt`** ?

```
Punkt p = { 1.3, 2.9 };
```

⇒ **Konstruktoren**

```
class Punkt {
private:
  double x, y;
public:
  Punkt() : x(0.0), y(0.0) { }
  Punkt(double ax, double ay) :  x(ax), y(ay) {
  }
};
```

Initialisierer-Liste

!

identisch zu:

```
Punkt p1(0,0);
```

```
Punkt p1;

Punkt p2(1.3, 2.9);
```

Aufgaben eines Konstruktors:

- Saubere Initialisierung eines Objekts
  → man kann erzwingen, dass nur initialisierte Instanzen erzeugt werden
- ggf. Bereitstellung von dynamischen Speicherplatz
- ggf. Benachrichtigung eines anderen Objekts über Erzeugung (Registrierung)
- durch Überladen: bequeme Möglichkeiten zur Initialisierung
  Bsp: Default-Werte

```
Punkt();                          z.B. wie Punkt(0.0, 0.0)
Punkt(double x);                  z.B. wie Punkt(x, 0.0);
Punkt(double x, double y);
```

- was immer gerade nötig ist …

Delegation / Delegierung von Konstruktoren (C++ 11)

- Bei überladenen Konstruktoren: Ein Konstruktor ruft einen Anderen auf
- Die Arbeit wird also delegiert (*delegating constructors*)
- Vermeidet duplizierten Code bei aufwendigen Konstruktoren

```
Punkt::Punkt():Punkt(0.0, 0.0){}
```

Aufruf des anderen Konstruktors in Initialisierer-Liste

```
Punkt::Punkt(double ax, double ay) {
  x = ax; y = ay;
}
```


Merke:

- **Konstruktoren** heißen exakt wie die Klasse, zu der sie gehören!
- Wenn eine Instanz einer Klasse angelegt wird
  → **automatischer Aufruf** des Konstruktors!
- Da nur Instanz angelegt wird (Speicherallokation und Initialisierung)
  wird **kein Wert zurückgegeben**
- **kein Rückgabewert** (auch nicht **`void`**)
- Konstruktoren können **überladen** werden
- bei **mehreren Konstruktoren** wird der ausgewählt,
  der am besten zur Signatur / Argumentliste passt → eindeutig!
- Konstruktoren können Aufgaben an überladene Konstruktoren **delegieren** (C++11)

Instanzen von Klassen können auch **dynamisch erzeugt** werden:

```
Punkt *p1 = new Punkt(2.1, 3.3);
Punkt *p2 = new Punkt();
Punkt *p3 = new Punkt;
```

} gleichwertig!

Achtung!

Das Löschen nicht vergessen! Speicherplatzfreigabe!

```
delete p1;
```

etc.

Destruktoren

- dual zu Konstruktoren
- **automatischer Aufruf**, wenn Instanz Gültigkeitsbereich verlässt
- heißen exakt wie die Name der Klasse, zu der sie gehören
  Unterscheidung von Konstruktoren bzw. Kennzeichnung als Destruktor durch vorangestellte Tilde ~
  Bsp: **`~Punkt();`**
- Destruktoren haben **niemals** Parameter
- **Zweck:** Aufräumarbeiten
  - z.B. Schließen von Dateien
  - z.B. Abmeldung bei anderen Objekten (Deregistrierung)
  - z.B. **Freigabe von dynamischen Speicher**, falls vorher angefordert
  - … und was immer gerade nötig ist

Illustration:

```
Punkt::Punkt(double ax, double ay) {
  x = ax; y = ay;
  cout << “Konstruktor aufgerufen!“ << endl;
}
Punkt::~Punkt() {
  cout << “Destruktor aufgerufen!“ << endl;
}
```

```
int main() {
  cout << “Start“ << endl;
  {
    Punkt p(1.0, 2.0);
  }
  cout << “Ende“ << endl;

  return 0;
}
```

Ausgabe:

```
Start
Konstruktor aufgerufen!
Destruktor aufgerufen!
Ende
```


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;

  return 0;
}
```

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

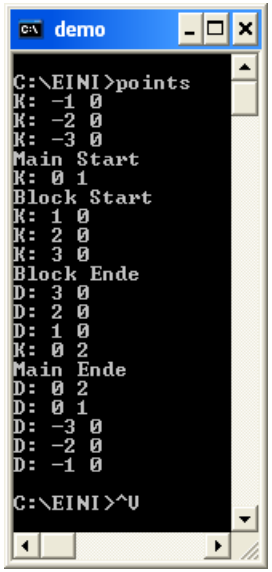
Destruktoren:
Aufruf in umgekehrter Reihenfolge

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;
  return 0;
}
Punkt g3(-3.0, 0.0);
```



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

Punkt.h

```
Punkt::Punkt() {
  static int cnt = 0;
  id = ++cnt;
  cout << "K" << id << endl;
}
Punkt::~Punkt() {
  cout << "D" << id << endl;
}
```

Punkt.cpp

statische lokale Var.

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.

Klassen Schablonen / Templates

Zur Erinnerung:

- Wir kennen schon Funktionsschablonen:

```
template<typename T>
void sort(unsigned int const size, T[] data);
```

- Damit lassen sich Datentypen als Parameter an Funktionen übergeben.

→ führt zu allgemeineren Funktionen & bessere Wiederverwendbarkeit

→ Das geht auch mit Klassen!

Klassen Schablonen / Templates

Normale Klasse

```
class Punkt {
  double x, y;
public:
  Punkt(double x, double y);
  void SetzeX(double w);
  void SetzeY(double w);
  double LeseX();
  double LeseY();
};
```

Klassen Schablone / Template

```
template<typename T>
class Punkt {
  T x, y;
public:
  Punkt(T x, T y);
  void SetzeX(T w);
  void SetzeY(T w);
  T LeseX();
  T LeseY();
};
```


Klassen Schablonen / Templates

Klassen Schablone / Template

```
template<typename T>
class Punkt {
  T x, y;
public:
  Punkt(T x, T y);
  void SetzeX(T w);
  void SetzeY(T w);
  T LeseX();
  T LeseY();
};
```

Bedeutung: Nachfolgende Klasse hat Datentyp **T** als Parameter!

T kann als Typ für

- Attribute
- Konstruktor-/Methodenparameter
- Rückgabewerte
- lokale Variablen innerhalb von Methoden verwendet werden.


```
template<typename T>
class Punkt {
  T x, y;
public:
  Punkt(T v, T w):x(v), y(w){}
  void SetzeX(T w){ x = w;}
  void SetzeY(T w){ y = w;}
  T LeseX(){ return x; }
  T LeseY();
};
```

Implementierung in der Schablonendefinition – wie bei Klassen

```
template<typename T>
T Punkt<T>::LeseY(){
  return y;
}
```

Implementierung außerhalb der Schablonendefinition

Verwendung

```
Punkt<int> p1(0,0);
p1.SetzeX(13);
Punkt<double> p2(-0.1, 231.1);
Punkt<int> * ptr = new Punkt<int>(23, 19);
delete ptr;
```

Klassen Schablonen / Templates

- Genau wie Funktionsschablonen können auch Klassenschablonen mehr als einen Typparameter haben
- Statt `template<typename T>…` findet man manchmal noch die äquivalente, alte Schreibweise `template<class T>…`
- Schablonen sind besonders nützlich für Datenstrukturen, die beliebige Typen speichern sollen → nächstes Kapitel
- Bei der Verwendung einer Klassenschablone erzeugt der Compiler automatisch die konkrete Klasse

→ Dafür muss der Compiler Zugriff auf die komplette Definition haben!

→ Implementierung komplett im Header, keine Trennung in .h und .cpp Dateien!