

# Einführung in die Programmierung

Wintersemester 2014/15

Prof. Dr. Günter Rudolph

Lehrstuhl für Algorithm Engineering

Fakultät für Informatik

TU Dortmund

## Kapitel 8: Klassen

### Inhalt

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

## Klassen

## Kapitel 8

### 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

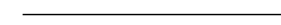
## Klassen

## Kapitel 8

### Schlüsselwort: `class`

- Datentypdefinition / Klassendefinition analog zu `struct`

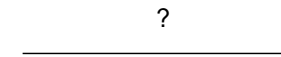
```
struct Punkt {  
    double x, y;  
};
```



```
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`)

- ⇒ Kontrolle über Zugriffsmöglichkeit sollte steuerbar sein!
- ⇒ Man benötigt Mechanismus, um auf Komponenten zugreifen zu können!
- ⇒ sogenannte **Methoden!**

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



Komponenten sind  
privat! (`private`)

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;
};
```



```
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

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



**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();
};

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

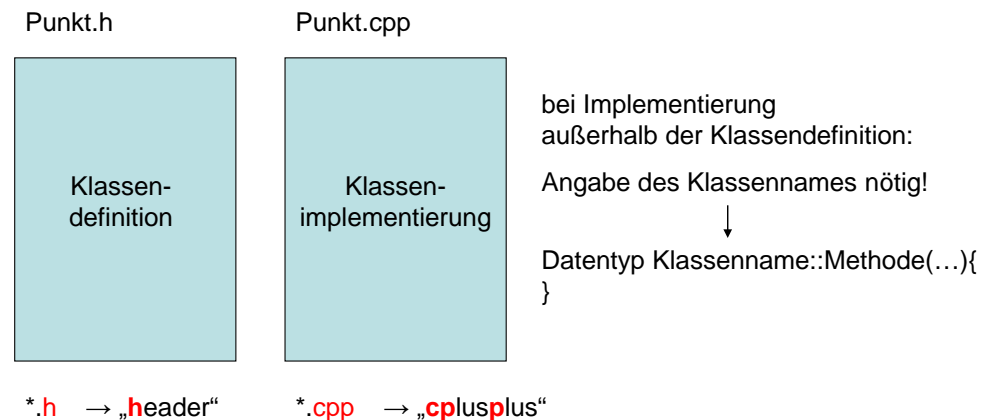
Implementierung: direkt in der Klassendefinition

Implementierung: außerhalb der Klassendefinition

**Prinzip des 'information hiding'**

Trennung von Klassendefinition und Implementierung

⇒ am besten in verschiedenen Dateien!



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) { }
};
```

identisch zu:  
Punkt p1(0,0);

```
!
→
Punkt p1;
Punkt p2(1.3, 2.9);
```

Initialisierer-Liste

**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;
}
```

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;
}
```

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;
}

Punkt g3(-3.0, 0.0);
```

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

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

Punkt.h

Punkt.cpp

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

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

T kann als Typ für

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

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();
};
```

```
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!