



Wintersemester 2006/07

**Einführung in die Informatik für  
Naturwissenschaftler und Ingenieure  
(alias Einführung in die Programmierung)  
(Vorlesung)**

Prof. Dr. Günter Rudolph

Fachbereich Informatik

Lehrstuhl für Algorithm Engineering





## Ziele von Klassen

### ➤ *Schon besprochen:*

- Kapselung von Attributen (wie `struct` in Programmiersprache C)
- Kapselung von klassenspezifischen Funktionen / Methoden
- Erweiterte Möglichkeiten gegenüber `struct`
  - Konstruktoren / Destruktoren
  - Überladen von Funktionen (Methoden) und Konstruktoren
  - Überladen von Operatoren

### ➤ *Neu:*

- Effiziente Wiederverwendbarkeit
  - dazu: → **Vererbung**



## Modellierung von Objekten mit geringen Unterschieden

**Bisherige Mittel** zum Modellieren von „ähnlichen“ Objekten:

- Sei Klasse A bereits definiert (Beispiel: Sparkonten, Kap. 9).
- Wir wollen jetzt Girokonten modellieren → Klasse B.

**Ansatz:**

- Kopiere Code von Klasse A
- Umbenennung in Klasse B
- Hinzufügen, ändern, entfernen von Attributen und Methoden

**Probleme:**

- Aufwändig bei Änderungen (z.B. zusätzlich Freistellungsbetrag für alle Konten)
- Fehleranfällig ... und langweilig!



## Alternative: Vererbung

Seien **A** und **B** Klassen:

- **A** ist Oberklasse von **B** bzw. **B** ist Unterklasse von **A**
- Wir sagen: **B** erbt Attribute und Methoden von **A**  
d.h. **B** „kennt“ Attribute und Methoden von **A**  
(Grad der Bekanntschaft wird gleich noch detailliert angegeben)
- **B** fügt neue Attribute und Methoden zu denen von **A** hinzu  
→ ggf. werden (alte) Methoden neu definiert
- Jede Instanz von **B** ist auch eine Instanz von **A**



## Beispiel: Klassen `KString` und `KVersalien`

### ➤ Definiere Klasse `KString`

- Attribute

- Zeichenkette
- Länge

- Methoden

- Konstruktor / Destruktor
- SetValue, GetValue, Length, Print

extrem  
„abgespeckte“ Version der  
Klasse `std::string`

### ➤ Betrachte Unterklasse `KVersalien`

⇒ Für Zeichenketten, die Buchstaben nur als Großbuchstaben aufweisen!



## Klasse KString: 1. Versuch

```
class KString {  
private:  
    char* mValue;  
    int mLength;  
public:  
    KString(char *s);  
    bool SetValue(char *s);  
    char *GetValue();  
    int Length();  
    void Print();  
    ~KString();  
};
```

... schon ganz gut, **aber** ...

Zugriffsspezifikation **private**  
wird Probleme machen!

→ siehe später!



## Grundansatz Vererbung

```
class KVersalien : public KString { ... };
```

Name der  
Unterklasse

`public` besagt an dieser Stelle:  
Übernahme der Zugriffsspezifikationen von  
der Oberklasse (hier: von `KString`)

Unterklasse `KVersalien` erbt  
von der Oberklasse `KString`:  
Attribute und Methoden von  
`KString` sind in `KVersalien`  
(bedingt) verfügbar!



öffentliche Attribute / Methoden   
private Attribute / Methoden ???



## Grundansatz Vererbung

```
class KVersalien : public KString {  
public:  
    KVersalien(char *s);           // Eigener Konstruktor  
    bool SetValue(char *s);       // Überschriebene Methode  
    void Print();                 // Überschriebene Methode  
};
```

KVersalien möchte von KString erben:

- Attribute `mValue` und `mLength` → **private!** ❌
- Methoden `GetValue` und `Length` → **public!** ✅
- Destruktor → **public!** ✅



## Verfeinerung des Grundansatzes

### Zwei Arten des Verbergens:

#### 1. Geheimnis (auch) vor Kindern

Klasse möchte Attribute und Methoden exklusiv für sich behalten und nicht **beim Vererben** weitergeben

⇒ Wahl der Zugriffsspezifikation **private**

#### 2. „Familiengeheimnisse“

Attribute und Methoden werden nur den Erben (und deren Erben usw.) bekannt gemacht, nicht aber Außenstehenden

⇒ Wahl der Zugriffsspezifikation **protected**



## Klasse KString: 2. Versuch

```
class KString {  
protected: ←  
    char* mValue;  
    int mLength;  
  
public:  
    KString(char *s);  
  
    bool SetValue(char *s);  
    char *GetValue();  
    int Length();  
    void Print();  
  
    ~KString();  
  
};
```

einzig  
Veränderung



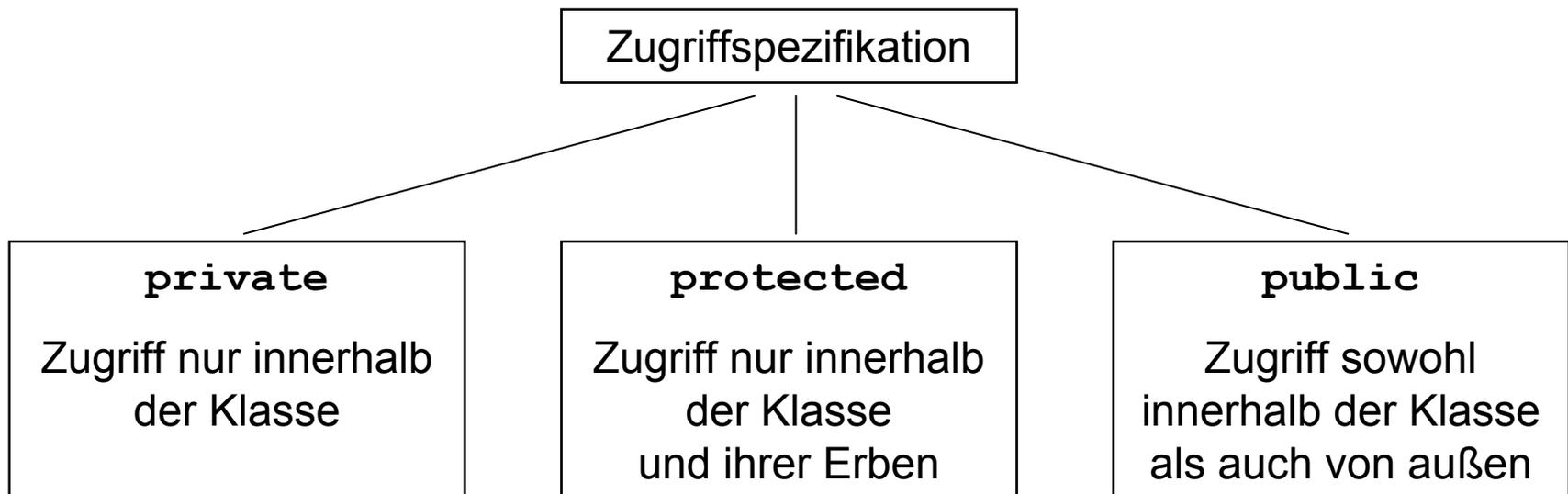
**mValue** und **mLength** sind  
allen Unterklassen von  
**KString** bekannt!

Objekte anderer Klassen  
können nicht darauf zugreifen!



## Erste Zusammenfassung

1. Alle als **public** oder **protected** zugreifbaren Komponenten sind für Erben sichtbar.
2. Die als **private** charakterisierten Komponenten sind in ihrer Sichtbarkeit auf die Klasse selbst beschränkt.





## Sprachliche Regelung:

Der Vorgang des Erzeugens einer Unterklasse aus einer Oberklasse durch Vererbung nennen wir ableiten.

Hier: Klasse `KVersalien` wird von der Klasse `KString` abgeleitet.

sorgt für die soeben zusammengefassten Zugriffsregeln beim Vererben



```
class KVersalien : public KString {
public:
    KVersalien(char *s);           // Eigener Konstruktor
    bool SetValue(char *s);       // Überschriebene Methode
    void Print();                 // Überschriebene Methode
};
```

Man sagt auch: `public`-Ableitung (zur Unterscheidung ...)



## Weitere Formen der Ableitung:

- public-Ableitung

Oberklasse: public

→ Unterklasse: public

Oberklasse: protected

→ Unterklasse: protected

Oberklasse: private

→ Unterklasse: nicht verfügbar

} weiteres Ableiten  
ermöglichen:  
der Normalfall

- protected-Ableitung

Oberklasse: public

→ Unterklasse: **protected**

Oberklasse: protected

→ Unterklasse: protected

Oberklasse: private

→ Unterklasse: nicht verfügbar

} Spezialfall

- private-Ableitung

Oberklasse: public

→ Unterklasse: **private**

Oberklasse: protected

→ Unterklasse: **private**

Oberklasse: private

→ Unterklasse: nicht verfügbar

} weiteres Ableiten  
unterbinden:  
selten



### Implementierung der Klasse KString

```
#include <iostream>
#include <cstring>
#include "KString.h"

using namespace std;

KString::KString(char *s) {
    mLength = strlen(s);           // Länge ohne terminale '\0'
    mValue = new char[mLength+1]; // +1 für '\0'-Zeichen!
    strcpy(mValue, s);           // kopiert auch terminale '\0'
}

KString::~KString() {
    delete[] mValue;
    mLength = -1;
}
```

*Fortsetzung auf nächster Folie ...*



*Fortsetzung ...*

```
int KString::Length() {
    return mLength;
}
void KString::Print() {
    cout << mValue << endl;
}
char *KString::GetValue() {
    return mValue;
}
bool KString::SetValue(char *s) {
    int length = strlen(s);
    if (length > mLength) return false;
    strcpy(mValue, s);
    mLength = length;
    return true;
}
```



## Implementierung der abgeleiteten Klasse `KVersalien`

```
#include <iostream>
#include <ctype.h>
#include "KVersalien.h"

using namespace std;

KVersalien::KVersalien(char *s) : KString(s) {
    for (int i = 0; i < mLength; i++)
        if (islower(mValue[i]))
            mValue[i] = toupper(mValue[i]);
}
```

Zuerst wird der  
Konstruktor der  
Oberklasse  
`KString`  
aufgerufen

Konstruktor  
der Klasse  
`KVersalien`

## Ablauf:

1. Zuerst wird Konstruktor von `KString` aufgerufen, d.h. nach Speicherallokation wird Zeichenkette nach `mValue` kopiert und `mLength` wird gesetzt.
2. Danach wird Code im Konstruktor von `KVersalien` ausgeführt.



## Implementierung der abgeleiteten Klasse `KVersalien` (Fortsetzung)

```
void KVersalien::Print() {
    cout << "KVersalien::Print -> " << endl;
    KString::Print();
}

bool KVersalien::SetValue(char *s) {
    if (!KString::SetValue(s)) return false;
    for (int i = 0; i < mLength; i++)
        if (islower(mValue[i]))
            mValue[i] = toupper(mValue[i]);
    return true;
}
```

expliziter Aufruf  
der Methode der  
Oberklasse

Zeichenkette mit  
Elternmethode  
kopieren, falls  
genug Platz.  
Dann Versalien  
erzeugen.

Methoden `Length()`, `GetValue()` und der Destruktor  
werden von der Eltern- / Oberklasse geerbt !

⇒ Implementierung fertig!



## Testumgebung

```
#include <iostream>
#include "KString.h"
#include "KVersalien.h"

using namespace std;

int main() {
    KString *s = new KString("aBraCaDaBra");
    s->Print();
    KVersalien *v = new KVersalien(s->GetValue());
    v->Print();
    s->SetValue("CU18er");
    s->Print();
    v->SetValue(s->GetValue());
    v->Print();
    delete s;
    delete v;
}
```



Ausgabe:

```
E:\EINI>erben  
aBraCaDaBra  
KVersalien::Print ->  
ABRACADABRA  
CUl8er  
KVersalien::Print ->  
CUL8ER  
  
E:\EINI>_
```



## Sprachregelungen:

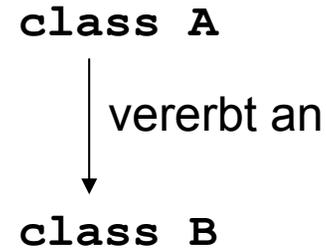
- Oberklassen werden Elternklassen, manchmal auch Vaterklassen genannt.
- Unterklassen sind von Elternklassen abgeleitete Klassen.
- Abgeleitete Klassen werden manchmal auch Tochterklassen genannt.
- Die Methoden aus Elternklassen können in den abgeleiteten Klassen überschrieben oder redefiniert werden.

## Zweite Zusammenfassung

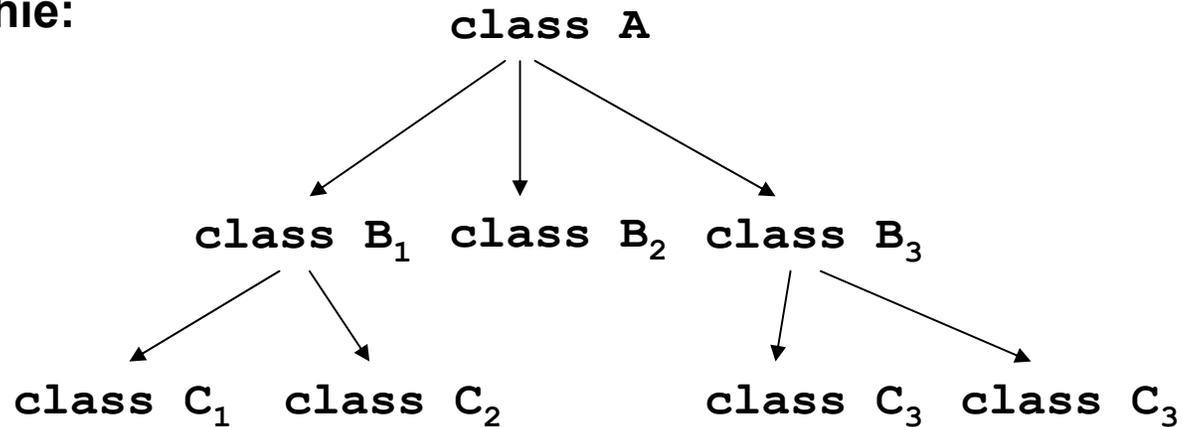
1. Häufigste Form der Ableitung ist die `public`-Ableitung: `class B:public A { }`
2. Methoden der Elternklassen können benutzt oder überschrieben werden, sofern sie in der Elternklasse `public` bzw. `protected` sind.
3. Überschriebene Methoden der Elternklasse können explizit durch Angabe der Elternklasse aufgerufen werden (Bsp: `KString::SetValue`).



Vererbung bisher:



Klassenhierarchie:

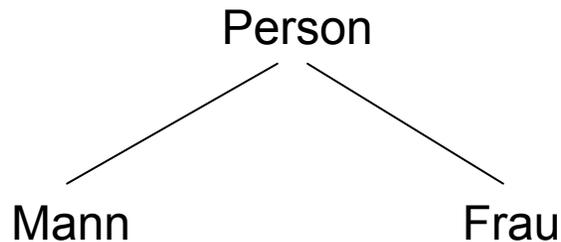


hier: einfache Vererbung (nur eine Oberklasse)



## Beispiel:

Einfache Klassenhierarchie



Klasse `Person` enthält alle Attribute und Methoden, die geschlechtsunspezifisch sind.

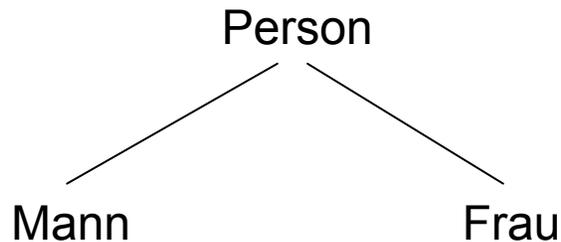
```
class Person {
private:
    KString *Vorname;
    Frau    *Mutter;
    Mann    *Vater;
public:
    Person(char *vorname);
    Person(KString *vorname);

    char *Name();
    void SetzeVater(Mann *m);
    void SetzeMutter(Frau *f);
    void Druck();

    ~Person();
};
```



## Beispiel Klassenhierarchie:



Die abgeleiteten Klassen **Mann** und **Frau** enthalten alle Attribute und Methoden, die geschlechtsspezifisch sind.

```
class Mann : public Person {  
private:  
    Frau *Ehefrau;  
public:  
    Mann(char *vn);  
    Mann(Person *p);  
    void NimmZurFrau(Frau *f);  
    Frau *EhemannVon();  
};
```

```
class Frau : public Person {  
private:  
    Mann *Ehemann;  
public:  
    Frau(char *vn);  
    Frau(Person *p);  
    void NimmZumMann(Mann *m);  
    Mann *EhefrauVon();  
};
```

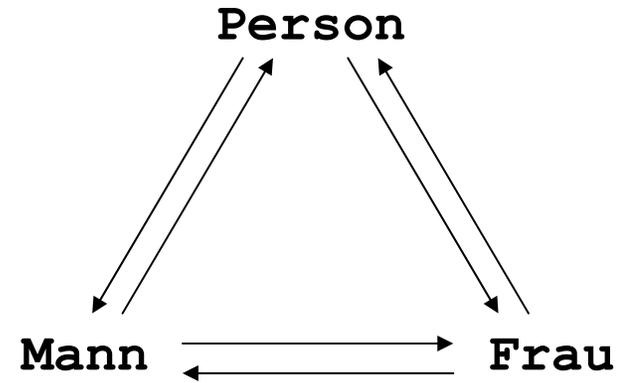


## Problem: Zirkularität

Für Klasse **Mann** müssen die Klassen **Person** und **Frau** bekannt sein!

Für Klasse **Frau** müssen die Klassen **Person** und **Mann** bekannt sein!

Für Klasse **Person** müssen die Klassen **Mann** und **Frau** bekannt sein!



**A** → **B** bedeutet:  
**A** wird von **B** benötigt



### Lösung: Vorwärtsdeklaration (wie bei Funktionen)

- bei Funktionen: z.B. `void Funktionsname(int x);`
- bei Klassen: z.B. `class Klassenname;`

hier:

```
class Mann;  
class Frau;  
  
class Person { ... };  
class Frau: public Person { ... };  
class Mann: public Person { ... };
```



## Zwei Konstruktoren:

```
Person::Person(KString *vn) : Vater(0), Mutter(0) {  
    Vorname = new KString(vn->GetValue());  
}
```

```
Person::Person(char *vn) : Vater(0), Mutter(0) {  
    Vorname = new KString(vn);  
}
```

**Destruktor** notwendig wegen Allokation von dynamischem Speicher

```
Person::~~Person() {  
    delete Vorname;  
}
```



```
char *Person::Name() {  
    return Vorname->GetValue();  
}
```

Vorname ist private!  
Name() ist public!



Von **Person** abgeleitete Klassen dürfen **Name()** nicht überschreiben,  
sonst ist der Zugriff auf Vorname auch für sie verwehrt!

```
void Person::SetzeMutter(Frau *f) {  
    Mutter = f;  
}  
void Person::SetzeVater(Mann *m) {  
    Vater = m;  
}
```



```
void Person::Druck(char *s) {
    cout << s << "Vorname: " << Vorname->GetValue() << endl;
    if (Mutter != 0) {
        cout << s << "Mutter: ";
        Mutter->Druck("");
    }
    if (Vater != 0) {
        cout << s << "Vater : ";
        Vater->Druck("");
    }
}
```

**Von Person geerbte Methode**



```
Mann::Mann(Person *p) : Person(p->Name()), Ehefrau(0) { }  
Mann::Mann(char *vn) : Person(vn), Ehefrau(0) { }
```

```
void Mann::NimmZurFrau(Frau *f) {  
    Ehefrau = f;  
}  
Frau *Mann::EhemannVon() {  
    return Ehefrau;  
}
```

Implementierung der  
Klasse Mann

```
Frau::Frau(Person *p) : Person(p->Name()), Ehemann(0) { }  
Frau::Frau(char *vn) : Person(vn), Ehemann(0) { }
```

```
void Frau::NimmZumMann(Mann *m) {  
    Ehemann = m;  
}  
Mann *Frau::EhefrauVon() {  
    return Ehemann;  
}
```

Implementierung der  
Klasse Frau



## Hilfsroutinen

```
void Verheirate(Mann *m, Frau *f) {
    if (m != 0 && f != 0) {
        m->NimmZurFrau(f);
        f->NimmZumMann(m);
    }
}
```

```
void Scheide(Mann *m, Frau *f) {
    if (m->EhemannVon() == f) {
        m->NimmZurFrau(0);
        f->NimmZumMann(0);
    }
}
```

### Bemerkung:

„Schlampige“ Programmierung, weil man vorher noch testen müsste, ob beide Personen ledig sind!

### Bemerkung:

„Schlampige“ Programmierung, weil ... ja, warum?



## Testprogramm

```
int main() {
    Mann *Anton  = new Mann("Anton");
    Frau *Bertha = new Frau("Bertha");

    Mann *Carl   = new Mann("Carl");
    Carl->SetzeMutter(Bertha); Carl->SetzeVater(Anton);

    Frau *Doris  = new Frau("Doris");
    Doris->SetzeMutter(Bertha); Doris->SetzeVater(Anton);

    Anton->Druck("A: "); Bertha->Druck("B: ");
    Carl->Druck("\tC:"); Doris->Druck("\tD:");

    Verheirate(Anton, Bertha);
    Bertha->EhefrauVon()->Druck("B ist Frau von: ");
    Anton->EhemannVon()->Druck("A ist Mann von: ");

    delete Doris; delete Carl; delete Bertha; delete Anton;
}
```



## Ausgabe:

A: Vorname: Anton

B: Vorname: Bertha

    C:Vorname: Carl

    C:Mutter: Vorname: Bertha

    C:Vater : Vorname: Anton

    D:Vorname: Doris

    D:Mutter: Vorname: Bertha

    D:Vater : Vorname: Anton

B ist Frau von: Vorname: Anton

A ist Mann von: Vorname: Bertha



## Abstrakte Klassen

*„ ... ein paar Bemerkungen vorab ...“*

**hier:**

- Klasse **Person** dient nur als „Behälter“ für Gemeinsamkeiten der abgeleiteten Klassen **Mann** und **Frau**
- Es sollen keine eigenständigen Objekte dieser Klassen instantiiert werden!  
Hier wäre es jedoch möglich: **Person p("Fred") ;**

→ Man kann erzwingen, dass abstrakte Klassen nicht instantiiert werden können!

→ nächstes Kapitel ... (u.a.)