technische universität
dortmund

Einführung in die Programmierung

Wintersemester 2020/21

Kapitel 10: Vererbung

M.Sc. Roman Kalkreuth
Lehrstuhl für Algorithm Engineering (LS11)
Fakultät für Informatik

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).
- 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 bzw. Erben

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 const *s);
  bool setValue(char const *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 const *s);     // eigener Konstruktor
  bool setValue(char const *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.) **bekanntgemacht**, nicht aber Außenstehenden

   ⇒ Wahl der Zugriffsspezifikation **`protected`**

Klasse `KString`: 2. Versuch

```
class KString {
protected:
  char *mValue;
  int mLength;
public:
  KString(char const *s);
  bool setValue(char const *s);
  char *getValue();
  int  length();
  void print();
  ~KString();
};
```

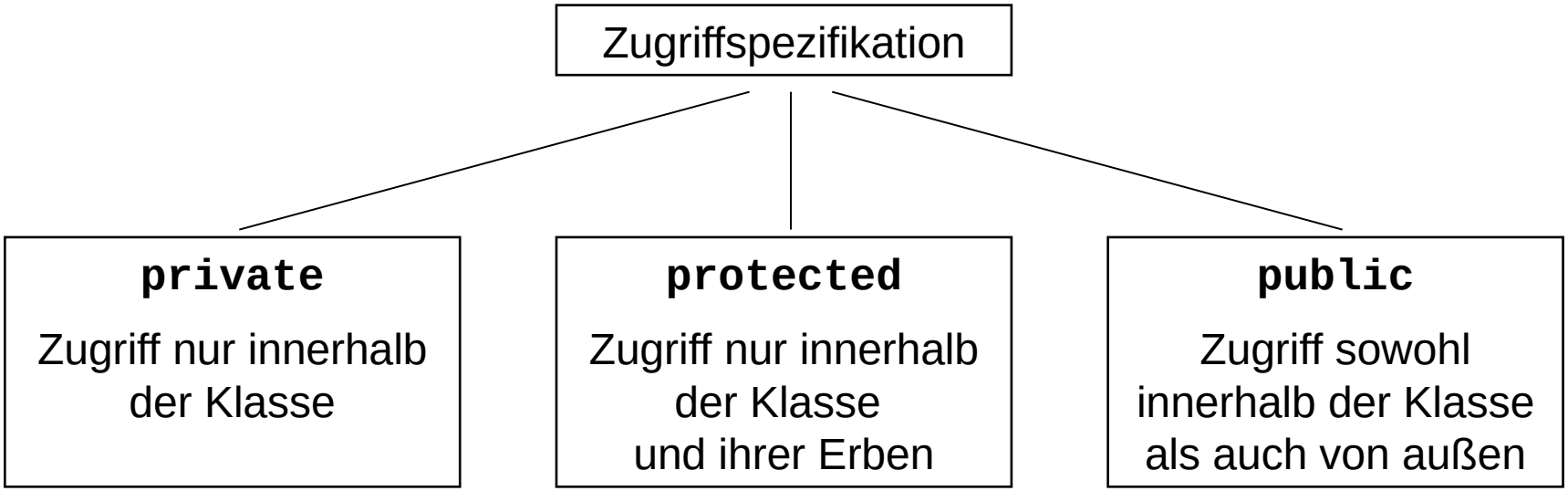
⇓

`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.

Dieses **`public`** sorgt für die soeben zusammengefassten Zugriffsregeln beim Vererben:

```
class KVersalien : public KString {
public:
  KVersalien(char const *s);     // eigener Konstruktor
  bool setValue(char const *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 const *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;
}
```

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 const *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 <cctype>
#include "KVersalien.h"

using namespace std;

KVersalien::KVersalien(char const *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 const *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.

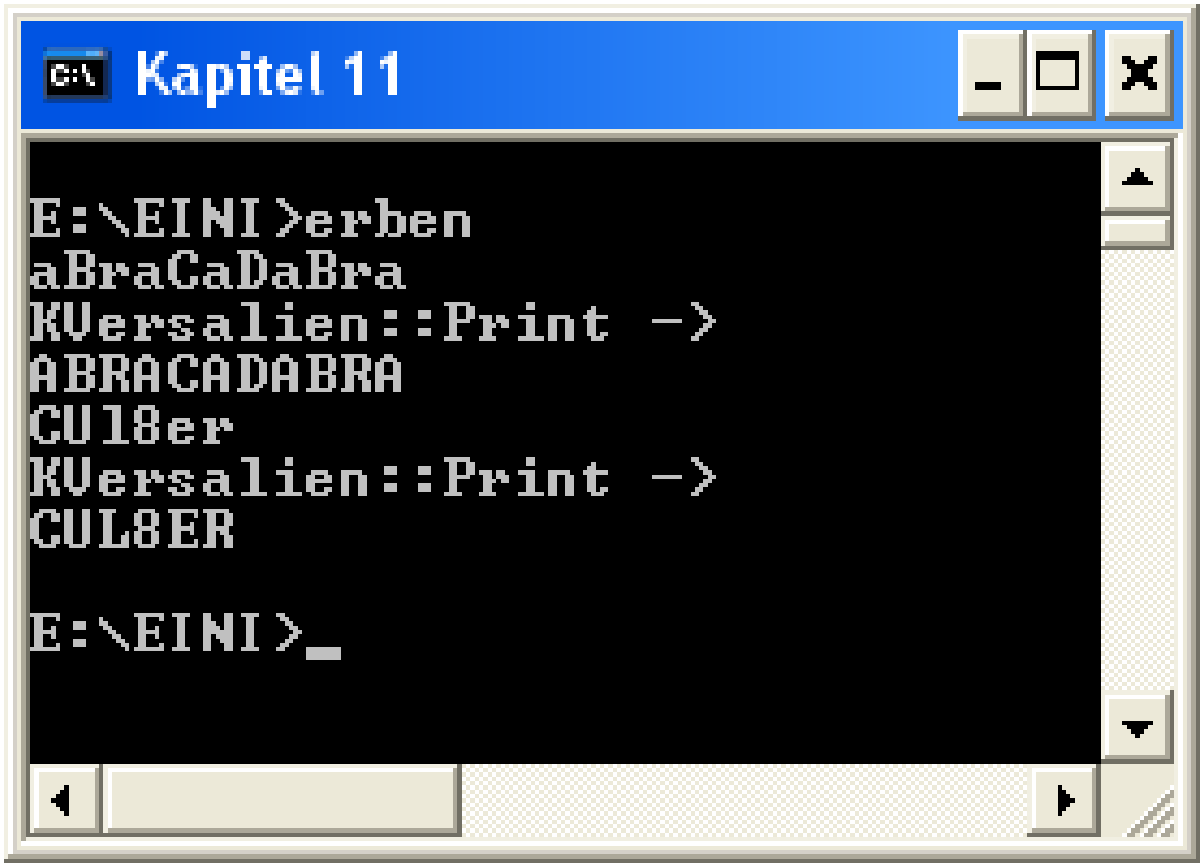
⇒ Implementierung fertig!

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("CUl8er");
    s->print();
    v->setValue(s->getValue());
    v->print();
    delete s;
    delete v;
}
```

Ausgabe:


Kapitel 11
E:\EINI>erben
aBraCaDaBra
KVersalien::Print ->
ABRACADABRA
CUl8er
KVersalien::Print ->
CUL8ER
E:\EINI>_

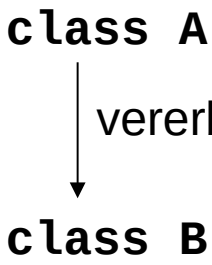
Sprachregelungen:

- 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

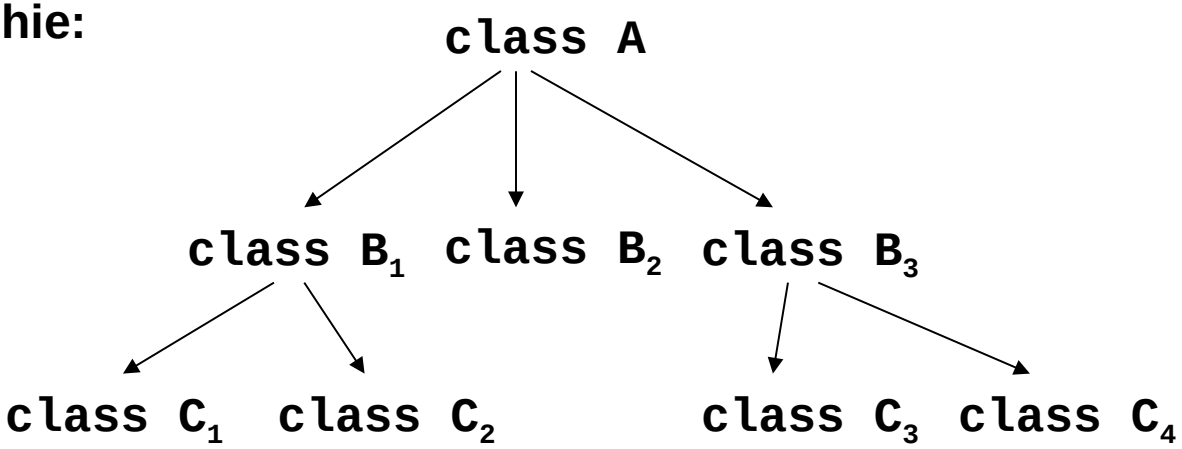
1. Die **häufigste Form** ist die **`public`**-Ableitung: **`class B : public A {}`**
2. Methoden der Elternklassen können **benutzt oder überschrieben** werden, sofern sie in der Elternklasse **`public`** oder **`protected`** sind.
3. Überschriebene Methoden der Elternklasse können explizit durch **Angabe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

Vererbung bisher:



(bzw. B erbt von A)

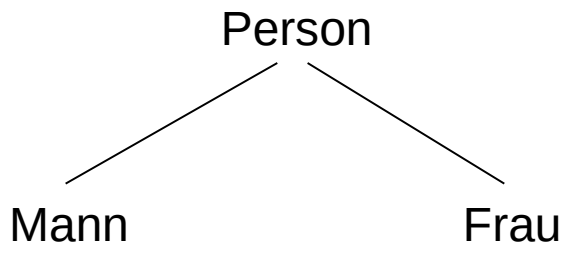
Klassenhierarchie:



hier: einfaches Erben (nur **eine** Oberklasse)

Beispiel:

Einfache Klassenhierarchie



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

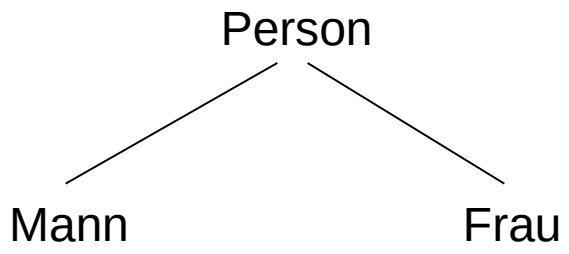
```
class Person {
private:
  KString *Vorname;
  Frau    *Mutter;
  Mann    *Vater;
public:
  Person(char const *vorname);
  Person(KString *vorname);

  char *Name();
  void SetzeVater(Mann *m);
  void SetzeMutter(Frau *f);
  void Druck(char const *s);
  ~Person();
};
```

Annahme: Rechtslage in Deutschland vor Oktober 2017 ⇒

- keine „Ehe für alle“
- kein 3. Geschlecht

Beispiel Klassenhierachie:



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

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

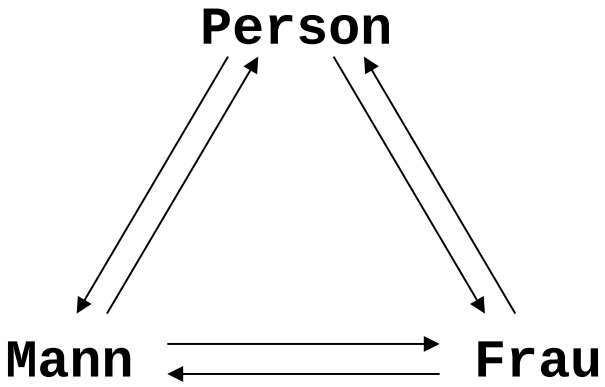
```
class Frau : public Person {
private:
  Mann *Ehemann;
public:
  Frau(char const *vn);
  Frau(Person *p);
  void NimmZumMann(Mann *m);
  Mann *EhefrauVon();
};
```

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(nullptr), Mutter(nullptr) {
  Vorname = new KString(vn->getValue());
}

Person::Person(char const *vn) : Vater(nullptr),Mutter(nullptr)
{
  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 für sie verwehrt!

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

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

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

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

Implementierung der Klasse **Mann**

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

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 != nullptr && f != nullptr){          // Existenz?
    if (m->EhemannVon() != nullptr) return;   // ledig?
    if (f->EhefrauVon() != nullptr) return;   // ledig?
    m->NimmZurFrau(f);
    f->NimmZumMann(m);
  }
}
```

```
void Scheide(Mann *m, Frau *f) {
  if (m != nullptr && f != nullptr){          // Existenz?
    if (m->EhemannVon() == f) {               // verheiratet?
      m->NimmZurFrau(nullptr);
      f->NimmZumMann(nullptr);
    }
  }
}
```

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 instanziiert werden! Hier wäre es jedoch möglich: **`Person p("Fred");`**

→ Man kann auf Sprachebene **verbieten**, dass abstrakte Klassen instanziiert werden können.

→ nächstes Kapitel … (u.a.)