technische universität
dortmund

Einführung in die Programmierung

Wintersemester 2010/11

Prof. Dr. Günter Rudolph

Lehrstuhl für Algorithm Engineering

Fakultät für Informatik

TU Dortmund

Vererbung bisher:

- Definition von Klassen basierend auf anderen Klassen
  - Übernahme (erben) von Attributen und Methoden
  - Methoden können überschrieben werden

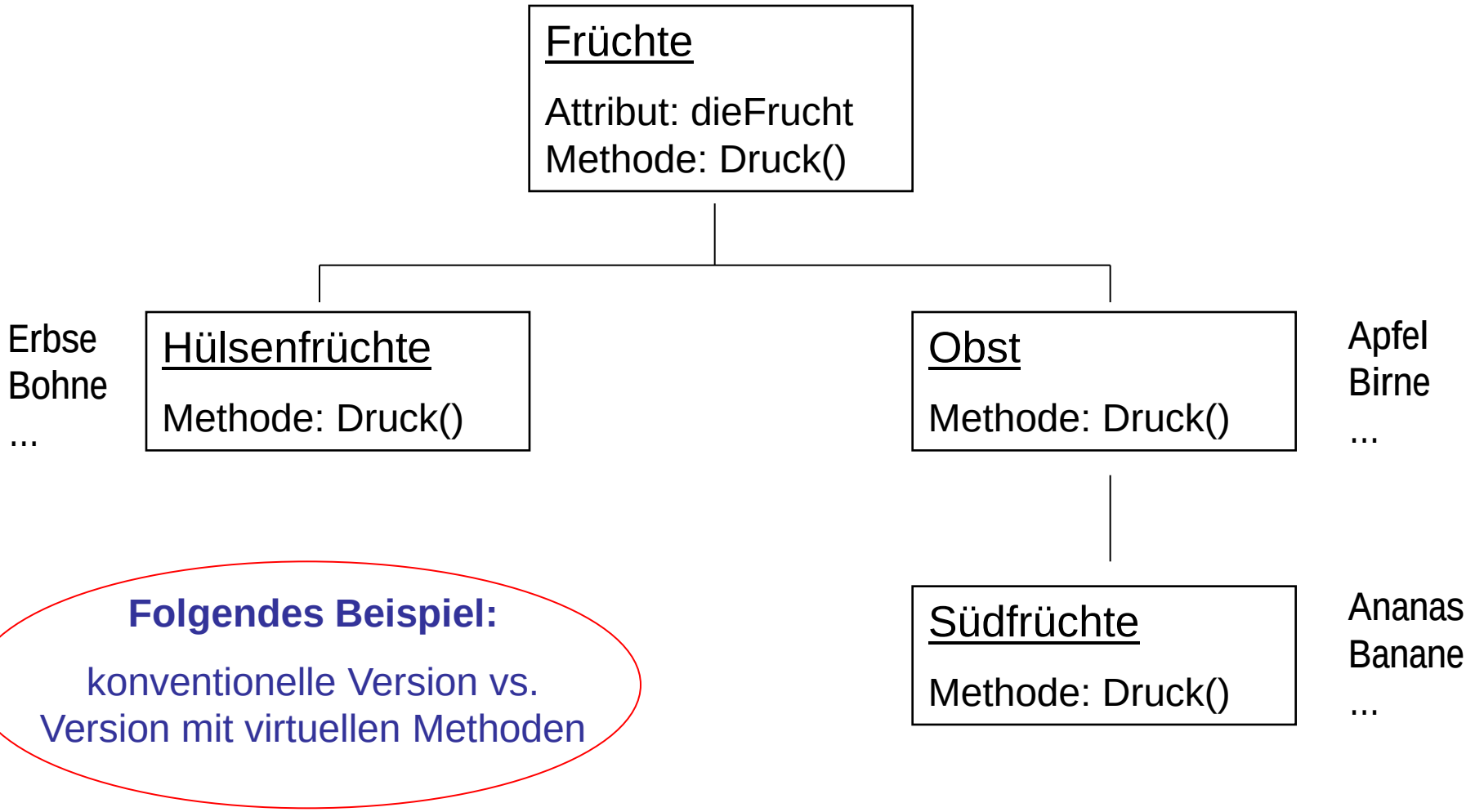
Bindung der Methoden an Objekte geschieht zur Übersetzungszeit!

jetzt:

Technik zur Bindung von Methoden an Objekte **zur Laufzeit**!

→ dynamische Bindung: *Polymorphismus*

Klassenhierarchie



Folgendes Beispiel:

konventionelle Version vs.
Version mit virtuellen Methoden

Konventionelle Version

```
class Frucht {

protected:
  string dieFrucht;

public:
  Frucht(char *name);
  Frucht(string &name);

  void Druck();

};
```

Frucht.h

```
Frucht::Frucht(char *name) :
dieFrucht(name) { }

Frucht::Frucht(string &name) :
dieFrucht(name) { }
```

```
void Frucht::Druck() {
  cout << "(F) "
       << dieFrucht << endl;
}
```

Frucht.cpp

Konventionelle Version

```
class HFrucht : public Frucht {
public:
  HFrucht(char *name);
  void Druck();
};

class Obst : public Frucht {
public:
  Obst(char *name);
  void Druck();
};

class SFrucht : public Obst {
public:
  SFrucht(char *name);
  void Druck();
};
```

Unterklasse von **`Frucht`**

Unterklasse von **`Frucht`**

Unterklasse von **`Obst`**

Konventionelle Version

```
HFrucht::HFrucht(char *name) : Frucht(name) { }

void HFrucht::Druck() {
  cout << "(H) " << dieFrucht << endl;
}
```

```
Obst::Obst(char *name) : Frucht(name) { }

void Obst::Druck() {
  cout << "(O) " << dieFrucht << endl;
}
```

```
SFrucht::SFrucht(char *name) : Obst(name) { }

void SFrucht::Druck() {
  cout << "(S) " << dieFrucht << endl;
}
```

Konventionelle Version: Testprogramm

```
int main() {

  Frucht *ruebe = new Frucht("Ruebe");
  ruebe->Druck();

  HFrucht *erbse = new HFrucht("Erbse");
  erbse->Druck();

  Obst *apfel = new Obst("Apfel");
  apfel->Druck();

  SFrucht *banane = new SFrucht("Banane");
  banane->Druck();
```

1. Teil

Ausgabe:
```
(F) Ruebe
(H) Erbse
(O) Apfel
(S) Banane
```

Konventionelle Version: Testprogramm

```
  Frucht *f = new Frucht("Frucht");
  f->Druck();

  f = apfel;  // jedes Obst ist auch Frucht
  f->Druck();

  Obst *o = new Obst("Obst");
  o->Druck();

  o = banane; // Suedfrucht ist auch Obst
  o->Druck();

}
```

2. Teil

Ausgabe:
```
(F) Frucht
(F) Apfel
(O) Obst
(O) Banane
```

Merke:

- Zuweisungen sind entlang der Vererbungshierarchie möglich

  → Objekt kann einem Objekt seiner Oberklasse zugewiesen werden

- Methoden sind (hier) statisch an Objekt gebunden

  → zur Übersetzungszeit bekannte Methode wird ausgeführt

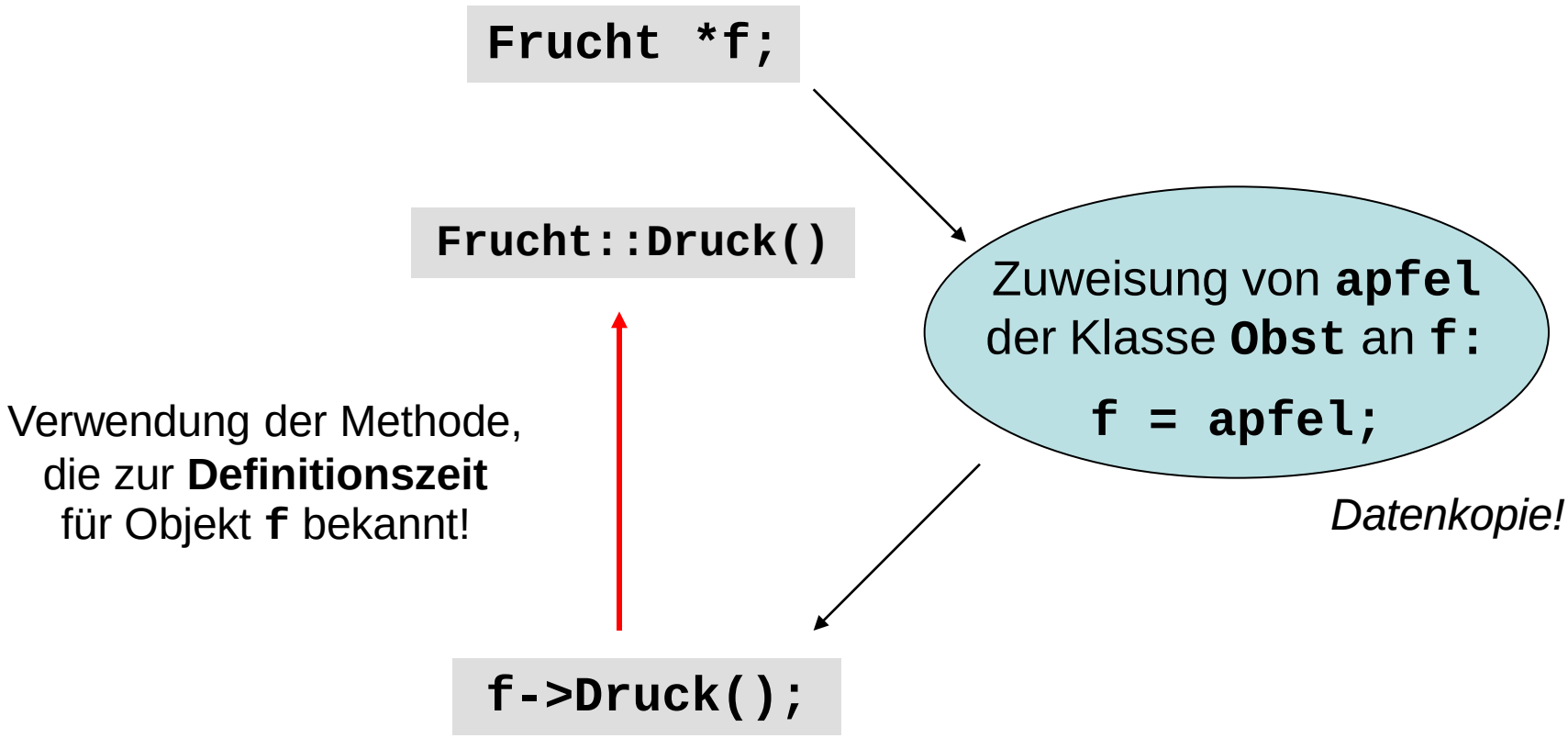
  → Zuweisung eines Objekts einer abgeleiteten Klasse führt **nicht** zur Übernahme der überschriebenen Methoden der Unterklasse

⇓

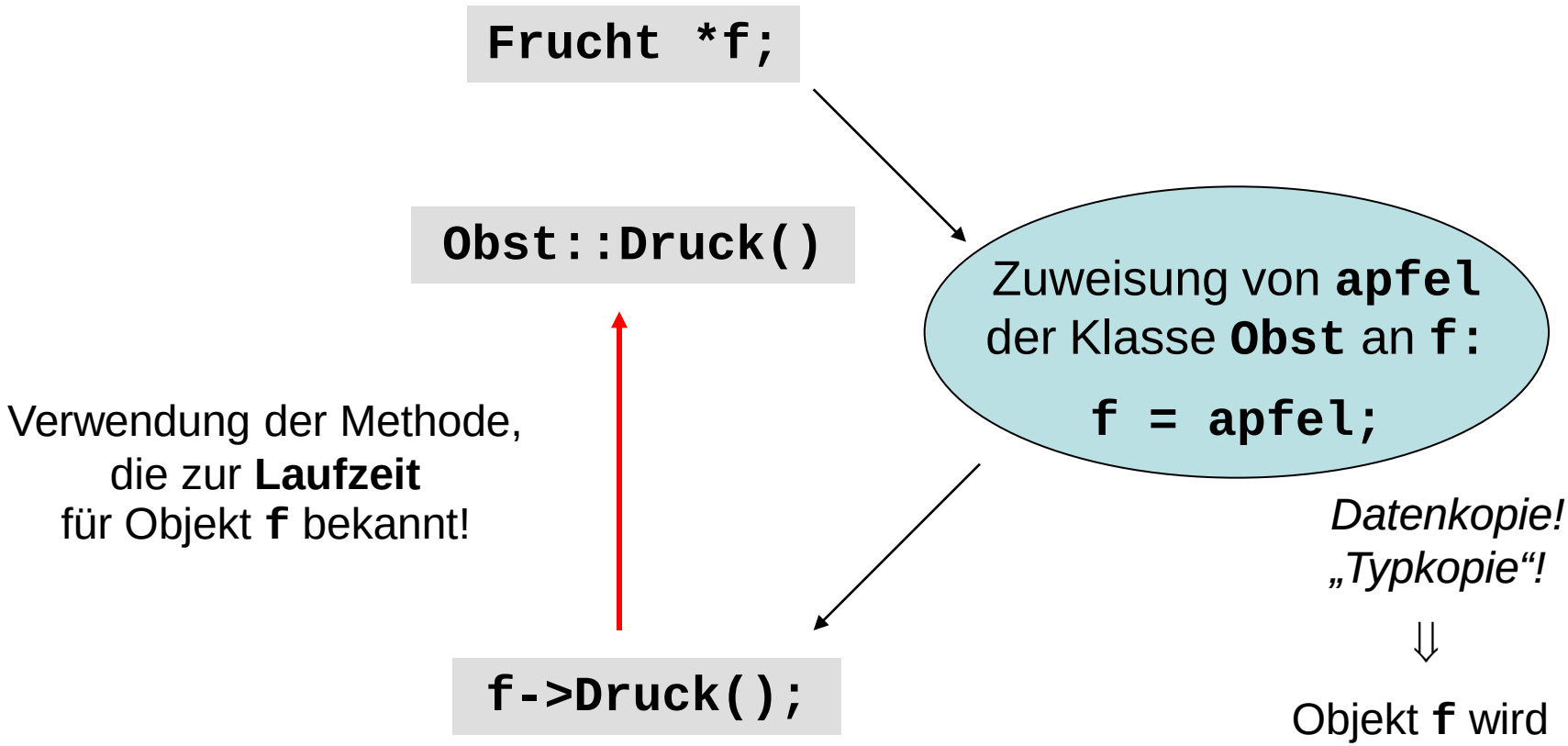
Wenn man das haben möchte, dann müssten die Methoden der Unterklasse **zur Laufzeit** (bei der Zuweisung) an das Objekt **gebunden** werden!

→ dynamische Bindung!

Statische Methodenbindung



Dynamische Methodenbindung



Virtuelle Methoden

- sind Methoden, die zur Laufzeit (also dynamisch) gebunden werden sollen;
- werden in der Oberklasse durch Schlüsselwort **`virtual`** gekennzeichnet.

Wird eine virtuelle Methode in einer abgeleiteten Klasse überschrieben,
so wird die Methode ausgewählt,
die sich aus dem **Typ** des Objekts **zur Laufzeit** ergibt!

Version mit virtuellen Funktionen

```
class Frucht {

protected:
  string dieFrucht;

public:
  Frucht(char *name);
  Frucht(string &name);

  virtual void Druck();
};
```

Ansonsten keine Änderungen im Code der konventionellen Version!

Kennzeichnung als virtuelle Methode:

Instanzen von abgeleiteten Klassen suchen dynamisch die entsprechende Methode aus.

Konsequenzen: Testprogramm mit virtuellen Methoden (nur 2. Teil)

```
  Frucht *f = new Frucht("Frucht");
  f->Druck();

  f = apfel;  // jedes Obst ist auch Frucht
  f->Druck();

  Obst *o = new Obst("Obst");
  o->Druck();

  o = banane; // Suedfrucht ist auch Obst
  o->Druck();

}
```

2. Teil

Ausgabe: (dyn.)
```
(F) Frucht
(O) Apfel
(O) Obst
(S) Banane
```

Ausgabe: (stat.)
```
(F) Frucht
(F) Apfel
(O) Obst
(O) Banane
```

Achtung: Zeiger notwendig!

```
SFrucht *kiwi = new SFrucht("kiwi");
kiwi->Druck();

Obst obst("Obst statisch");
obst.Druck();

obst = *kiwi;
obst.Druck();
```

nur Daten-, keine Typkopie

wie statische Bindung

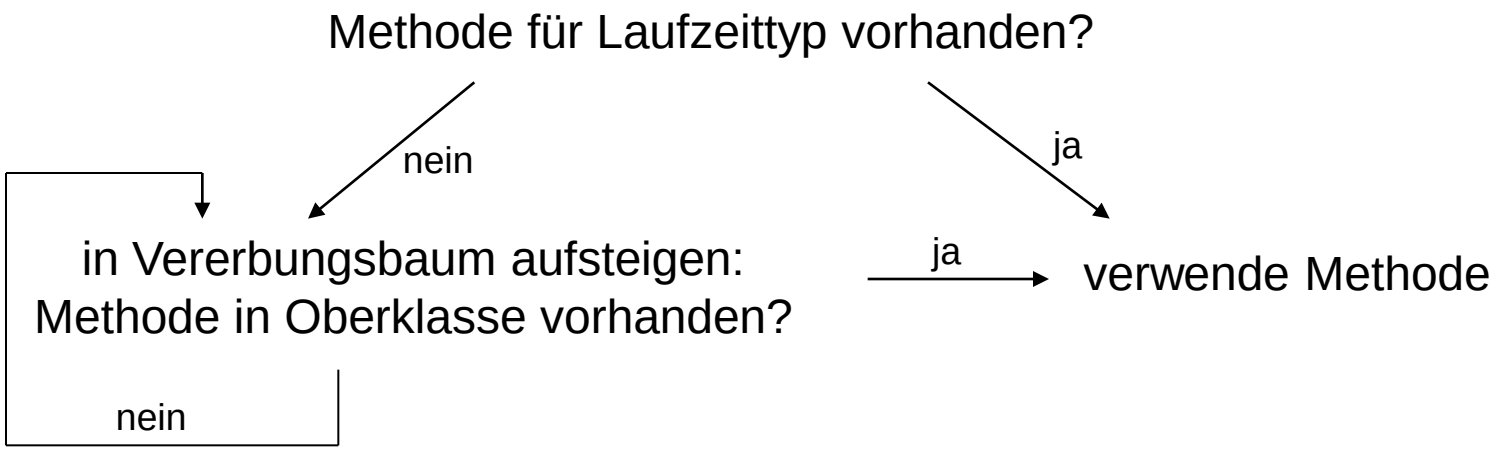
Ausgabe: (dyn.)

```
(S) kiwi
(O) Obst statisch
(O) kiwi
```

dynamische Bindung funktioniert nur mit Zeigern!

Anmerkung:

Als virtuell gekennzeichnete Methode muss nicht in jeder abgeleiteten Klasse redefiniert / überschrieben werden!



Beispiel

```
class X {
public:
  virtual void Druck();
};
```

```
void X::Druck() {
  cout << "X";
}
```

```
class Y : public X {
public:
  void Druck();
};
```

```
void Y::Druck() {
  cout << "Y";
}
```

```
class Z : public Y { };
```

```
int main() {
  X *p[4] = { new X, new Y, new X, new Z };
  for (int i = 0; i < 4; i++) p[i]->Druck();
  return 0;
}
```

Ausgabe:

XYXY

dynamische Bindung!

Beispiel (Fortsetzung)

```
class X {
public:
  virtual void Druck();
};
```

```
void X::Druck() {
  cout << "X";
}
```

```
class Y : public X {
public:
  void Druck();
};
```

```
void Y::Druck() {
  cout << "Y";
}
```

```
class Z : public Y { };
```

```
int main() {
  X *p[4] = { new X, new Y, new X, new Z };
  for (int i = 0; i < 4; i++) p[i]->Druck();
  return 0;
}
```

Ausgabe:

XXXX

statische Bindung!

Rein virtuelle Methoden

Annahme:

Wir wollen **erzwingen**, dass jeder Programmierer,
der von unserer Basisklasse eine neue Klasse ableitet,
eine bestimmte Methode implementiert bzw. bereitstellt!

Realisierung in C++

1. Die Methode wird als virtuell deklariert.
2. Bei der Deklaration wird hinter der Signatur `=0` eingefügt.
3. Die Methode bleibt in dieser Klasse undefiniert.

   $\Rightarrow$ Die Erben müssen die Definition der Methode nachholen!

Rein virtuelle Methoden / abstrakte Klassen

aus dem C++ Standard:

"An *abstract class* is a class that can be used only as a base class of some other class; no objects of an abstract class can be created except as subobjects of a class derived from it. A class is abstract if it has at least one *pure virtual function*."

$\Downarrow$

1. Eine Klasse heißt abstrakt, wenn sie mindestens eine rein virtuelle Funktion hat.
2. Abstrakte Klassen können nicht instantiiert werden.
3. Abstrakte Klassen können als Basisklassen für andere Klassen benutzt werden.

Rein virtuelle Methoden

```
class AusgabeGeraet {

protected:
  bool KannFarben;
  Data data;

public:

  virtual void Farbdruck() = 0;

  void Drucke();

};
```

abstrakte Klasse

```
void AusgabeGeraet::Drucke() {

  if (KannFarben) Farbdruck();
  else cout << data;
}
```

Man kann rein virtuelle Methode verwenden, ohne dass Code vorhanden ist! Warum?

Wird ein Objekt einer abgeleiteten Klasse über einen Verweis / Zeiger auf die Basisklasse frei gegeben, dann muss der **Destruktor in der Basisklasse virtuell** sein!

Warum?

Wenn nicht virtuell, dann Bindung des Destruktors statisch zur Übersetzungszeit!

$\Rightarrow$ Immer Aufruf des Destruktors der Basisklasse!

```
class Familie {
public:
  ~Familie() { cout << “D: Familie“ << endl; }
};

class Sohn : public Familie {
  ~Sohn() { cout << “D: Sohn“ << endl; }
};

class Tochter : public Familie {
  ~Tochter() { cout << “D: Tochter“ << endl; }
};

int main() {
  Familie *fam[3] = { new Familie, new Sohn, new Tochter };
  delete fam[0]; delete fam[1]; delete fam[2];
  return 0;
}
```

Ausgabe:
```
D: Familie
D: Familie
D: Familie
```

```
class Familie {
public:
  virtual ~Familie() { cout << “D: Familie“ << endl; }
};

class Sohn : public Familie {
  ~Sohn() { cout << “D: Sohn“ << endl; }
};

class Tochter : public Familie {
  ~Tochter() { cout << “D: Tochter“ << endl; }
};

int main() {
  Familie *fam[3] = { new Familie, new Sohn, new Tochter };
  delete fam[0]; delete fam[1]; delete fam[2];
  return 0;
}
```

Ausgabe:

```
D: Familie
D: Sohn
D: Familie
D: Tochter
D: Familie
```