

# Einführung in die Programmierung

Wintersemester 2018/19

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



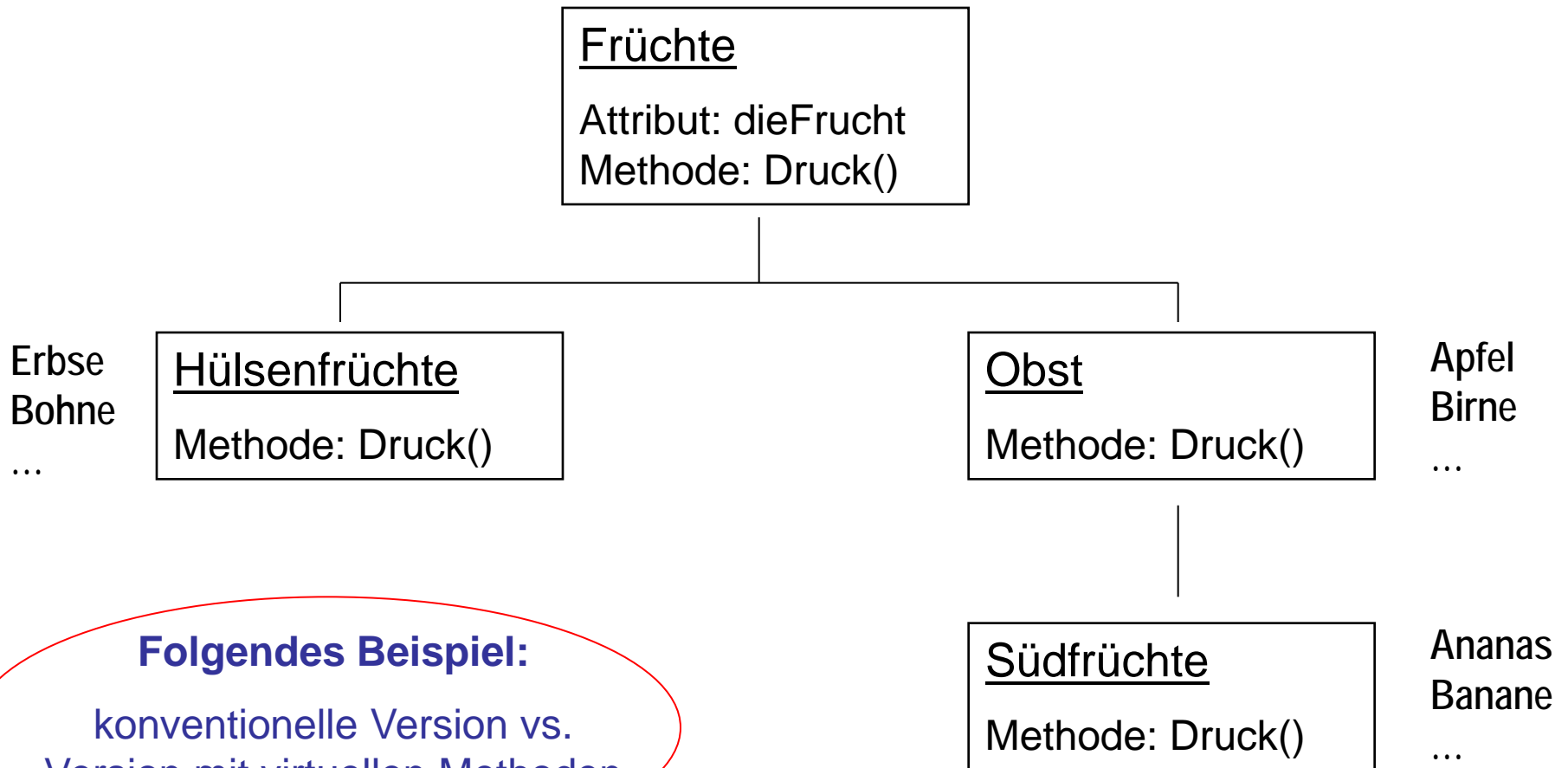
Bindung der Methoden an Objekte  
geschieht zur Übersetzungszeit!

## 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();  
};
```

Unterklasse von **Frucht**

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

Unterklasse von **Frucht**

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

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:**

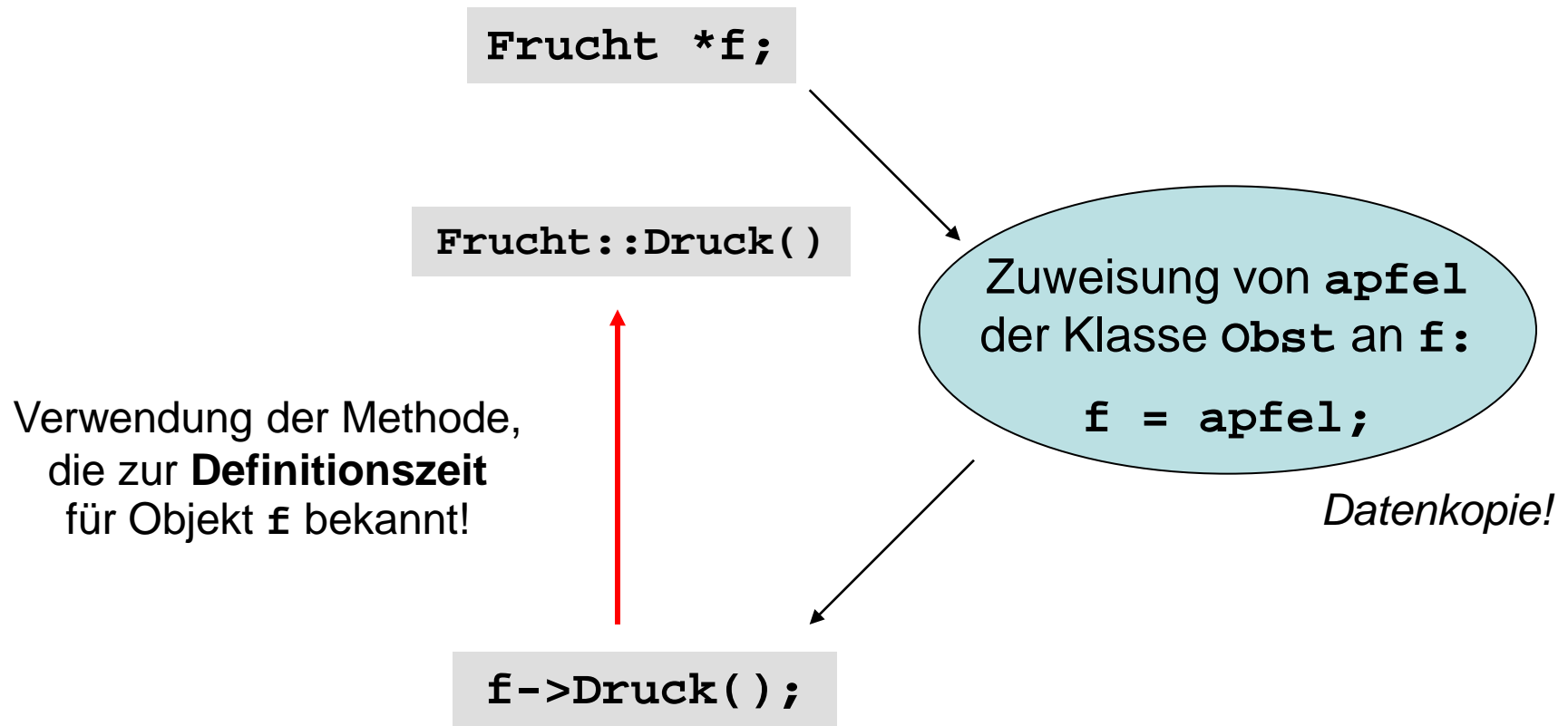
- Zuweisungen sind entlang der Vererbungshierarchie möglich  
→ Objekt kann einem Objekt seiner Oberklasse zugewiesen werden
- Methoden sind (hier) statisch an Objekt gebunden  
→ zur Übersetzungszeit bekannte Methode wird ausgeführt  
→ Zuweisung eines Objekts einer abgeleiteten Klasse führt **nicht** zur Übernahme der überschriebenen Methoden der Unterklasse



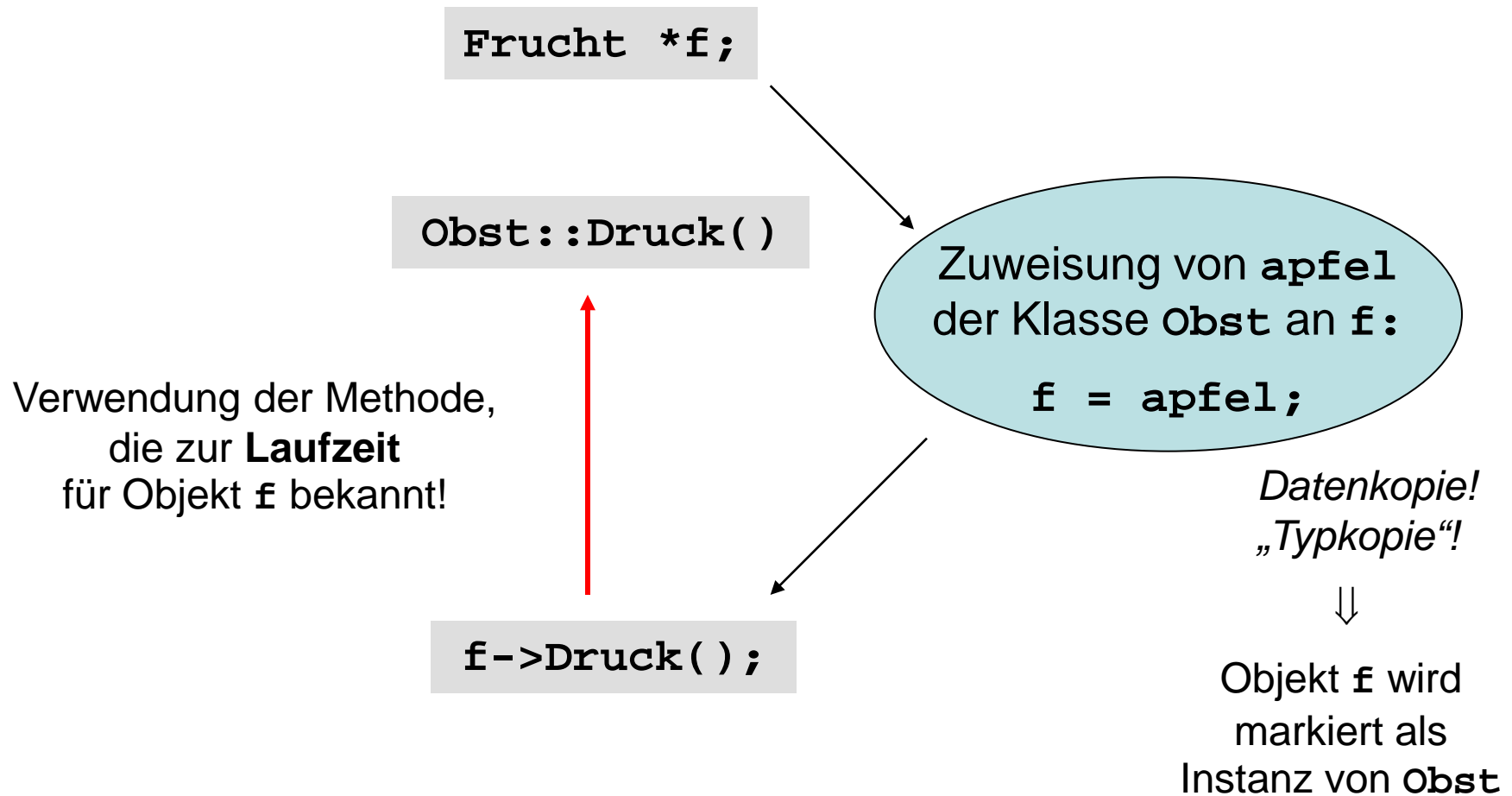
Wenn man das haben möchte, dann müssten die Methoden der Unterklasse **zur Laufzeit** (bei der Zuweisung) an das Objekt **gebunden** werden!

→ dynamische Bindung!

## Statische Methodenbindung



# Dynamische Methodenbindung



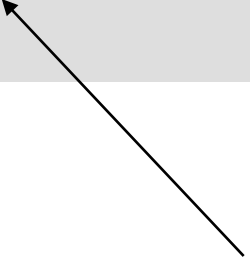
## Virtuelle Methoden

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

Ausgabe: (F) Frucht  
(stat.) (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

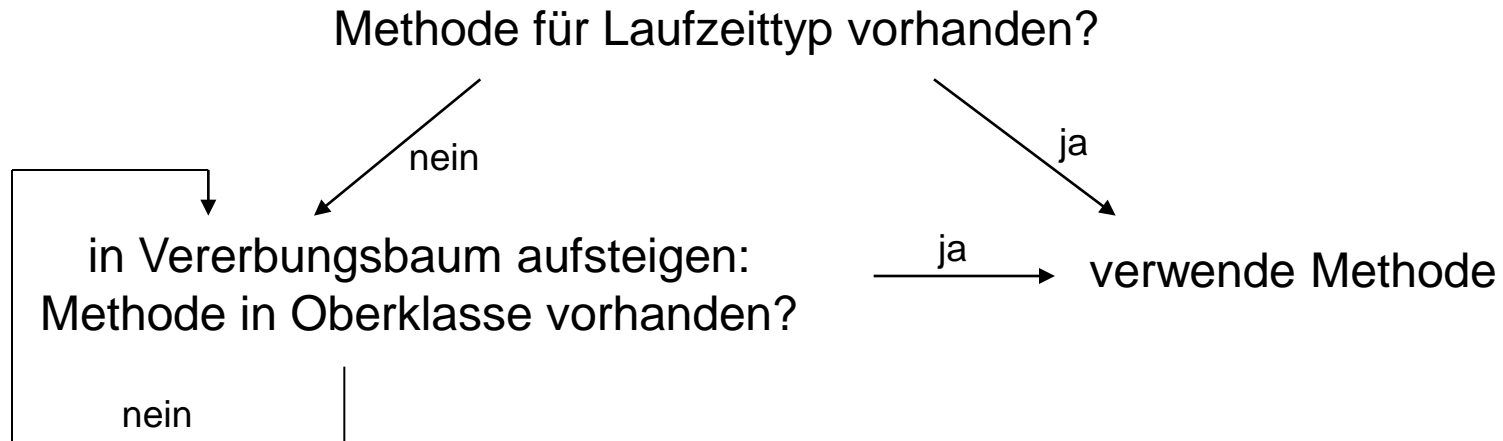
← wie statische Bindung

Ausgabe: (S) kiwi  
(dyn.) (O) Obst statisch  
(O) kiwi

**dynamische Bindung  
funktioniert nur  
mit Zeigern oder Referenzen!**

**Anmerkung:**

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





## Beispiel

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

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

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

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

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

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

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

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

```
void Y::Druck() {  
    cout << "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.  
⇒ 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*.”



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();  
};
```

```
void AusgabeGeraet::Drucke() {  
    if (KannFarben) Farbdruck();  
    else cout << data;  
}
```

← abstrakte  
Klasse

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!

⇒ 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

```



### Klassenhierarchie

#### Renderer

```
virtual VBHandle allocVB(...) = 0;
virtual void bindShader(...) = 0;
virtual void drawStaticGeom(...) = 0;
virtual void initDeviceContext(...) = 0;
```

#### RendererPS3

```
allocVB(...) {...}
...
```

#### RendererDX9

```
allocVB(...) {...}
...
```

#### RendererDX10

```
allocVB(...)
bindShader(...)
drawStaticGeom(...)
initDeviceContext(...)
```

#### RendererXB360

```
initDeviceContext(...)
```

```
Renderer* renderer;
if(gameOptions->useDX9()){
    renderer = new RendererDX9();
} else if(gameOptions->useDX10()){
    renderer = new RendererDX10();
} else if(...
```

### Klassenhierarchie

#### Renderer

```
virtual VBHandle allocVB(...) = 0;
virtual void bindShader(...) = 0;
virtual void drawStaticGeom(...) = 0;
virtual void initDeviceContext(...) = 0;
```

#### RendererPS3

```
allocVB(...) {...}
...
```

#### RendererDX9

```
allocVB(...) {...}
...
```

#### RendererDX10

```
allocVB(...)
bindShader(...)
drawStaticGeom(...)
initDeviceContext(...)
```

#### RendererXB360

```
initDeviceContext(...)
```

```
void GameEngine::init() {
    ...
    renderer->initDeviceContext();
    for(int i=0; i < staticGeom->size(); ++i){
        Object3D* g = staticGeom->get(i);
        VBHandle h = renderer->allocVB(g->getTriangleCount());
    }
}
```

**Wofür machen wir das alles  
(Vererbung, virtuelle Funktionen, Zeiger, Rekursion)?**

*Joel Spolsky – Back to basics:*

<http://www.joelonsoftware.com/articles/fog0000000319.html>

← verified:  
10.01.2019

**If you want to teach somebody something well,  
you have to start at the *very lowest* level.**

**It's like Karate Kid.**

**Wax On, Wax Off. Wax On, Wax Off.**

**Do that for three weeks.**

**Then Knocking The Other Kid's Head off is easy.**