

# Einführung in die Programmierung

Wintersemester 2017/18

Prof. Dr. Günter Rudolph  
 Lehrstuhl für Algorithm Engineering  
 Fakultät für Informatik  
 TU Dortmund

## Kapitel 11: Virtuelle Methoden

### 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:

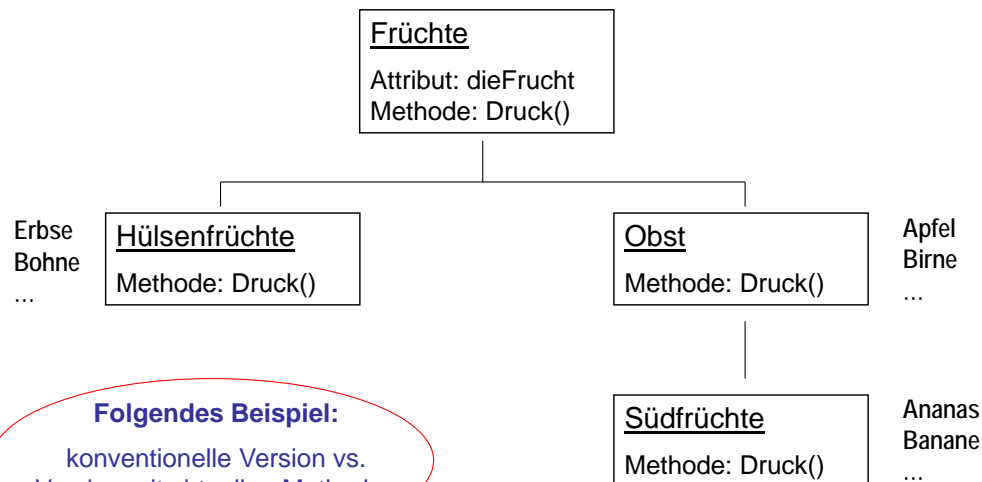
Technik zur Bindung von Methoden an Objekte **zur Laufzeit!**

→ dynamische Bindung: *Polymorphismus*

## Virtuelle Methoden

## Kapitel 11

### Klassenhierarchie



**Folgendes Beispiel:**  
 konventionelle Version vs.  
 Version mit virtuellen Methoden

## Virtuelle Methoden

## Kapitel 11

### 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:**

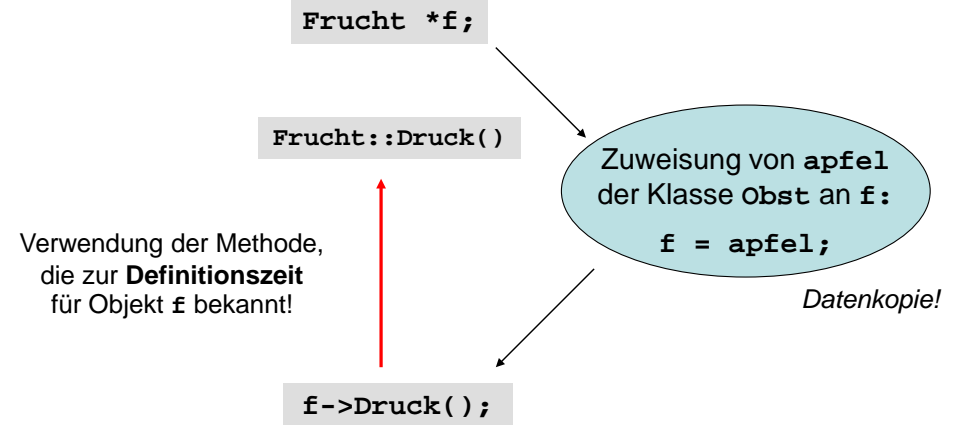
- Zuweisungen sind entlang der Vererbungshierarchie möglich  
→ Objekt kann einem Objekt seiner Oberklasse zugewiesen werden
- Methoden sind (hier) statisch an Objekt gebunden  
→ zur Übersetzungszeit bekannte Methode wird ausgeführt  
→ Zuweisung eines Objekts einer abgeleiteten Klasse führt **nicht**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



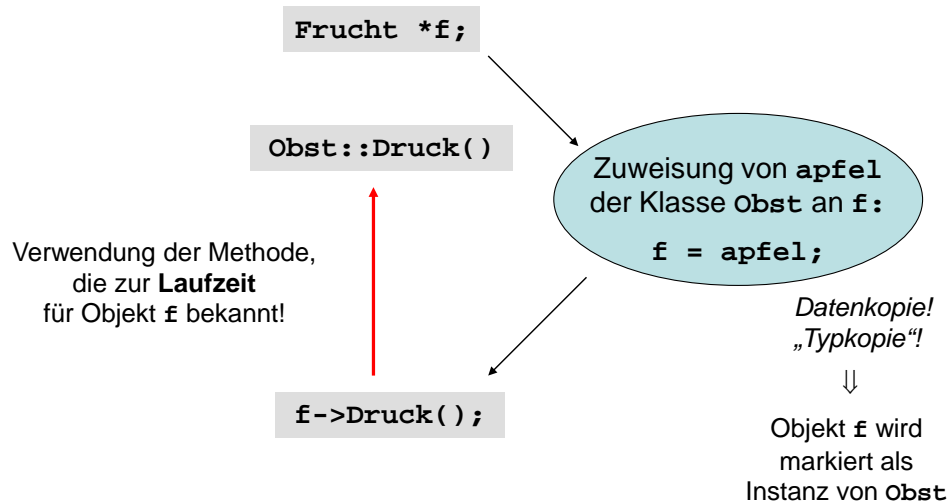
Wenn man das haben möchte, dann müssten die Methoden der Unterklasse **zur Laufzeit** (bei der Zuweisung) an das Objekt **gebunden** werden!

→ 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();
```

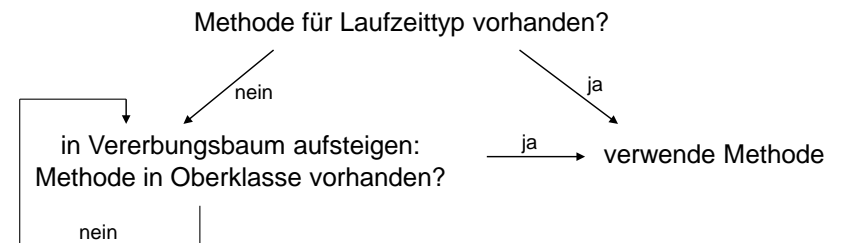
nur Daten-, keine Typkopie  
wie statische Bindung

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();
};
```

```
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.  
⇒ 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();
};
```

← 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!  
 ⇒ 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:  
03.01.2018

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.