



Wintersemester 2007/08

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

Prof. Dr. Günter Rudolph

Fakultät für Informatik

Lehrstuhl für Algorithm Engineering





Kapitel 12: 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!

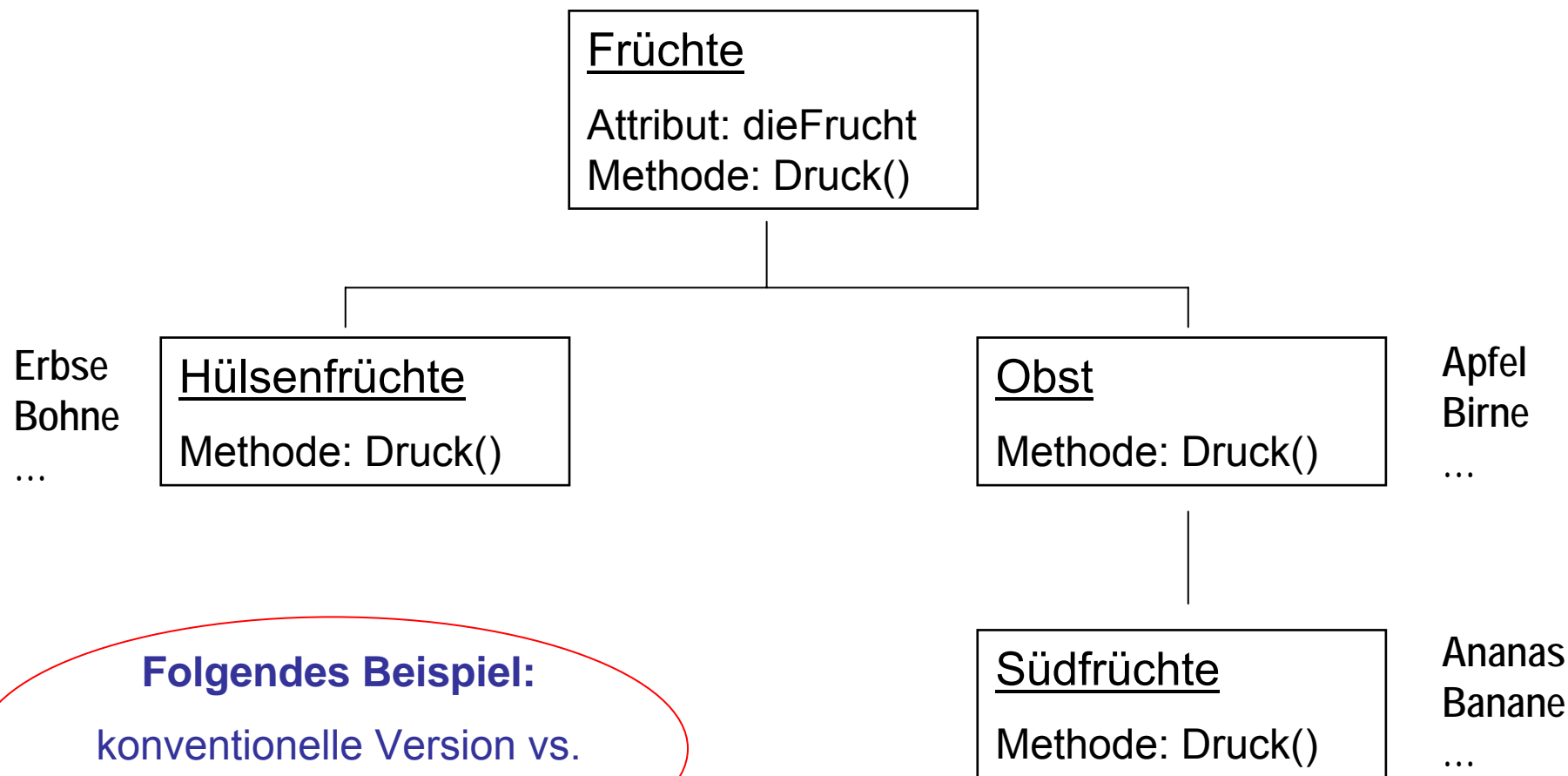
jetzt:

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

→ dynamische Bindung: *Polymorphismus*



Klassenhierarchie



Folgendes Beispiel:
konventionelle Version vs.
Version mit virtuellen Methoden



Kapitel 12: Virtuelle 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



Kapitel 12: Virtuelle Methoden

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**



Kapitel 12: Virtuelle Methoden

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;  
}
```



Kapitel 12: Virtuelle Methoden

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



Kapitel 12: Virtuelle Methoden

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



Kapitel 12: Virtuelle Methoden

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

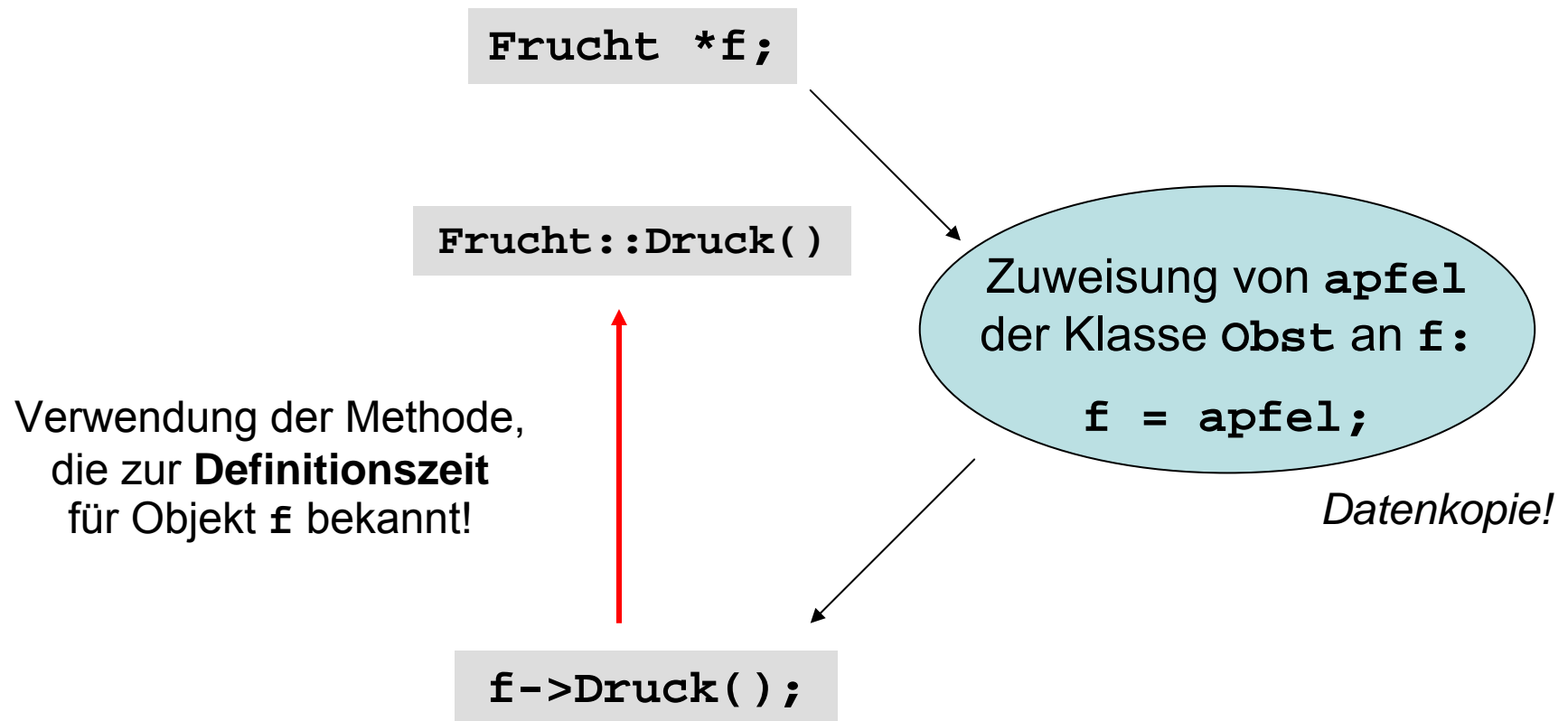


Wenn man das haben möchte, dann müssten die Methoden der Unterklasse **zur Laufzeit** (bei der Zuweisung) an das Objekt **gebunden** werden!

→ dynamische Bindung!

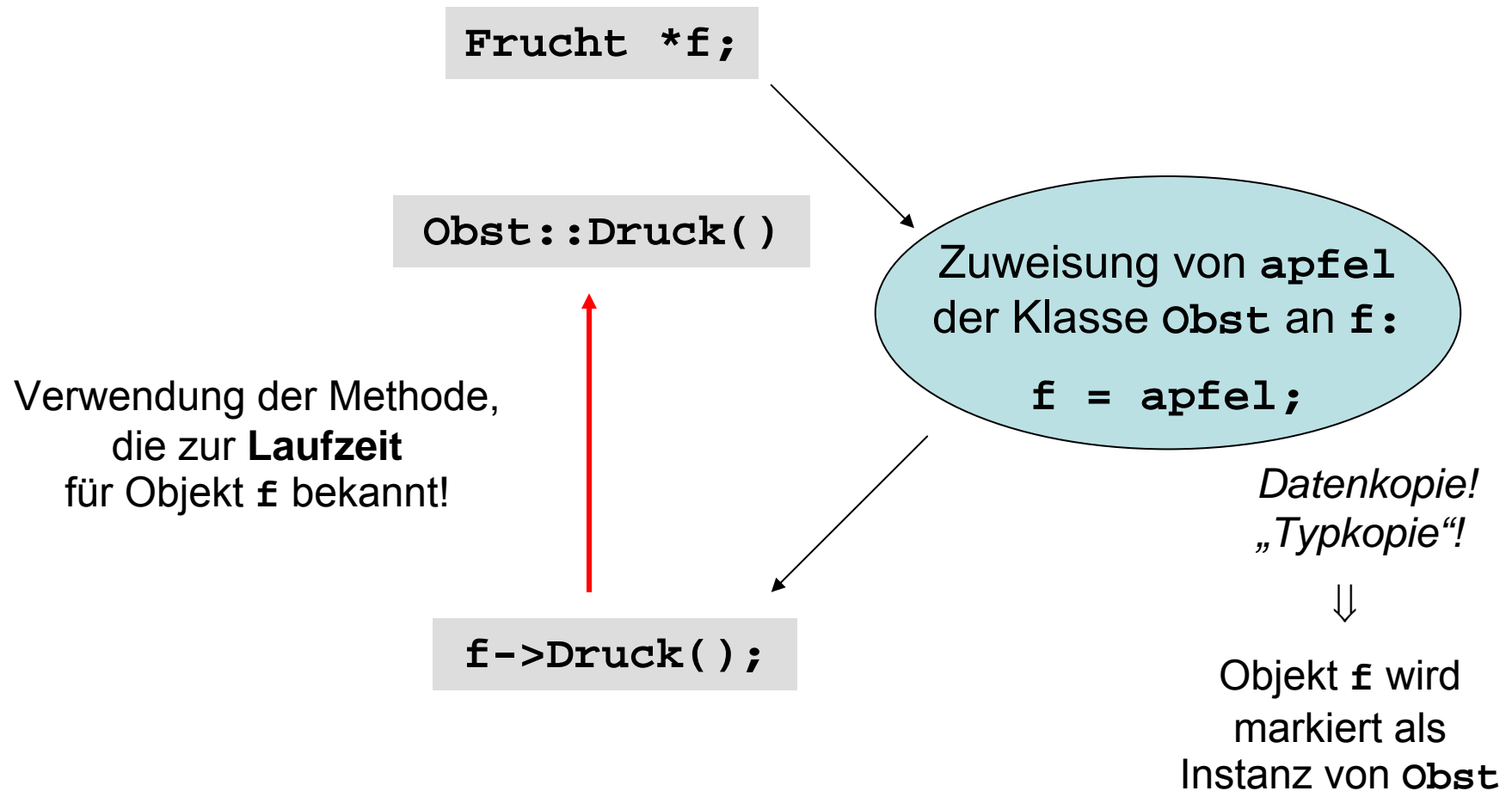


Statische Methodenbindung





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!



Kapitel 12: Virtuelle Methoden

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.



Kapitel 12: Virtuelle Methoden

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**



Kapitel 12: Virtuelle Methoden

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
```

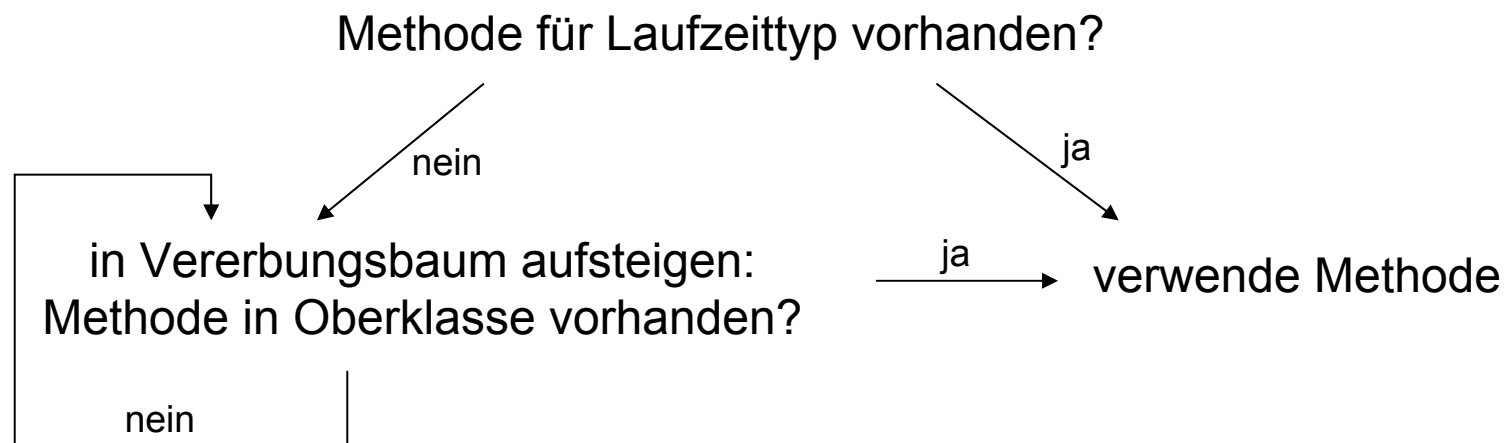
**dynamische Bindung
funktioniert nur
mit Zeigern!**



Kapitel 12: Virtuelle Methoden

Anmerkung:

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





Kapitel 12: Virtuelle Methoden

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!



Kapitel 12: Virtuelle Methoden

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!