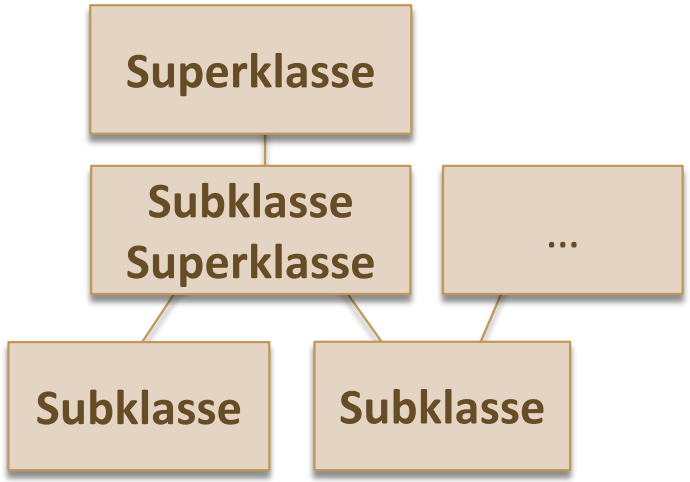
K06

Vererbung & Polymorphie in C++

1. **Grundlegende Eigenschaften**
2. Redefinition
3. Polymorphie
4. Mehrfachvererbung

Vererbung in C++: Grundlagen



- Analog zu Java unterstützt C++ das Konzept der Vererbung:
  - Superklasse vererbt Zustand (Attribute) und Verhalten (Methoden) an Subklasse.
  - Die Begriffe Super-/Subklasse sind transitive Relationen.
- Objektidentität durch Speicheradresse definiert.
- Objektgleichheit kann durch Überladen von == definiert werden.
- Wesentliche Unterschiede zu Java:
  - Es gibt keine allgemeine Klasse von der alle Klassen (transitiv) erben.
  - Mehrfachvererbung: Klasse kann von mehr als einer Superklasse abgeleitet sein (nicht im Sinne von Interfaces in Java).
  - Late Binding: in Java immer; in C++ steuerbar durch Programmierer.

Definition einer Vererbungsbeziehung

```
                private                              // analog auch für
class Sub :     public      Sup, Sup1 { … };         // Strukturen
                protected                            // möglich
```

- Neben der Vererbung werden dabei Rechte definiert, unter denen alle Member der Superklasse in der abgeleiteten Klasse sichtbar sein sollen (engl. access specifier):
  - **`public`**: alle Member von **Sup** behalten ihre Sichtbarkeit in **Sub**
  - **`protected`**: öffentliche Member von **Sup** werden zu **`protected`** Membern von **Sub**; private Member bleiben privat
  - **`private`**: alle Member von **Sup** werden zu privaten Membern von **Sub**
  - Als Default – wenn ein Spezifizierer nicht angegeben ist (siehe **Sup1**) – wird **`private`** bei **`class`** und **`public`** bei **`struct`** verwendet.
- Java besitzt diese Rechte-Spezifikation nicht. Dort wird quasi immer mit **`public`** vererbt.

Redefinition von Attributen/Methoden

Was passiert wenn identische Bezeichner für Member in Super- und Subklasse verwendet werden?

- Bezeichner b (Attribut bzw. Methode) einer Klasse A ist redefiniert in Subklasse B gdw. b in A und B vorkommt.
  - Ein redefinierter Member in B verdeckt Member in A
  - Bei Methoden (egal ob virtuell oder nicht) ...
    - dürfen Parameter und Rückgabewert voneinander abweichen,
    - ist Kombination mit Überladen möglich → eine Methode von A kann in B mehrfach redefiniert sein (da in B überladen).

Beachte: Die *Redefinition* ist nicht zu verwechseln mit dem *Überladen* von Bezeichnern!

Beispiel: Verdeckung in Kombination mit Überladen (i)

```
class Parent {
   public:
      void test() { cout << "test()" << endl; }
};
class Child : public Parent {
   public:
      void test(int i) { cout << "test(int)" << endl; }
};
int main() {
   Child c;  c.test(1);  c.test();
}
```

Völlig unerwartet wenn man das, was Vererbung sagt, annimmt.

Das Kompilieren mit g++ resultiert in folgender Ausgabe:

```
In function 'int main()':
error: no matching function for call to `Child::test()`
error: candidates are: void Child::test(int)
```

Beispiel: Verdeckung in Kombination mit Überladen (ii)

- Grund: C++ Compiler/Linker geht bei der Namensauflösung wie folgt vor:
  1. Suche die erste Klasse, beginnend mit der eigenen Klasse, in welcher der Bezeichner der aufgerufenen Methode vorkommt
     - Im Beispiel: **`test`** wird in der Klasse **`Child`** gefunden
  2. Suche die Methode mit exakt gleicher Signatur innerhalb dieser Klasse
     - Im Bespiel: **`Child`** kennt **`test(int)`**, nicht aber **`test()`** → Kompilierfehler
- Abhilfe: Jede in Subklassen überladene Methode sollte dort neu definiert werden; üblicherweise unter Verwendung der Methode der Superklasse.

```
class Child : public Parent {
   public:
      void test() { Parent::test(); }
      void test(int i) { cout << "test(int)" << endl; }
};
```

K06

Vererbung & Polymorphie in C++

1. Grundlegende Eigenschaften
2. Redefinition
3. **Polymorphie**
4. Mehrfachvererbung

Wiederholung: Polymorphie

- Polymorphie (griechisch „Vielgestaltigkeit“)
  - Einer Variable vom Typ eine Superklasse kann irgend ein Objekt vom Typ einer Subklasse zugewiesen sein.
  - Es ist zwischen dem statischen und dynamischen Typ einer Variablen zu unterscheiden:
    - Statischer Typ: wie deklariert
    - Dynamischer Typ: Typ des Objektes, das der Variable gerade zugewiesen ist
  - Polymorphie: Verhalten je nach dynamischen Typ.

```
LightBulb lb; NeonLight nl;
Lamp *l = NULL; // statischer Typ: Lamp
l = &lb;        // dyn. Typ: LightBulb
l = &nl;        // dyn. Typ: NeonLight
```

`sizeof(*l)` liefert Wert des statischen Typs. ☹

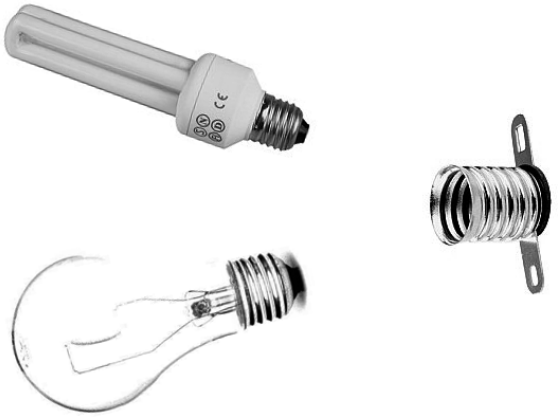
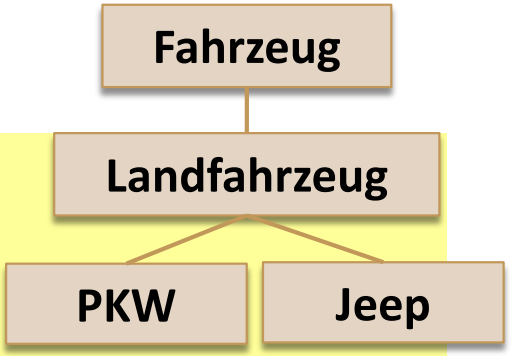


Bild aus: B. Lahres, G. Rayman: Objektorientierte Programmierung.

Beispiel zur Polymorphie




```
class Fahrzeug {
   public:
      virtual void mag() = 0;
};
class Landfahrzeug : public Fahrzeug {
   public:
      virtual void mag() {cout << "festen Boden" << endl;}
      void allrad() {cout << "mal so, mal so" << endl;}
};
class PKW : public Landfahrzeug {
   public:
      virtual void mag() {cout << "Strassen" << endl;}
};
class Jeep : public Landfahrzeug {
   public:
      virtual void mag() {cout << "offroad" << endl;}
      void allrad() {cout << "ja" << endl;}
};
```

Rein virtuelle Methode

Redefinierte Methode

Polymorphie in C++ (i)

- Bei Methodenzugriff über „Standard“-Variable wird immer die Methode des statischen Typs verwendet.
  - In diesem Fall kein polymorphes Verhalten!

```
Jeep j;
j.mag();                    // offroad
j.allrad();                 // ja
Landfahrzeug lf = j;
lf.mag();                   // festen Boden
lf.allrad();                // mal so, mal so
```

Polymorphie in C++ (ii)

- Bei Methodenzugriff über Zeiger oder Referenzen wird:
  - die Methode des dynamischen Typs verwendet, insofern die entsprechende Methode als **`virtual`** definiert wurde;
  - andernfalls wird die Methode des statischen Typs verwendet.

```
Jeep j;
j.mag();                    // offroad
j.allrad();                 // ja
Landfahrzeug* lf = &j;
lf->mag();                  // offroad
lf->allrad();               // mal so, mal so
```

Ergo: man kann gleiches Verhalten zu Java durch virtuelle Methoden und Verwendung von Zeigern bzw. Zeiger-Referenzen erreichen.

Early Binding versus Late Binding

- Early binding a.k.a. static dispatch (statisches Binden):
  Es ist bereits zum Kompilierzeitpunkt bekannt, welche Methode ausgeführt wird (statischer Typ): **`lf.mag();`**
- Late binding a.k.a. dynamic dispatch (dynamisches Binden):
  Es ist erst zur Laufzeit bekannt (über den dynamischen Typ), welche Methode aufgerufen wird: **`lf->mag();`**
  - Wird intern durch indirekte Adressierung implementiert: Zeiger auf (Hash-)Tabelle, die die Einsprungadresse aller überschreibbaren Methoden enthält. Durch notwendigen Lookup in Tabelle besteht ein geringer Overhead beim Aufruf virtueller Methoden.

Virtuelle Methoden & abstrakte Klassen

Regeln zu virtuellen Methoden:

- Ist eine Methode in einer Superklasse nicht virtuell, dann kann man sie in Subklasse nicht virtuell machen.
- Eine einmal als virtuell deklarierte Methode bleibt immer virtuell, auch wenn in Subklassen das Schlüsselwort **`virtual`** nicht nochmals angegeben wird.

Abstrakte Klassen in C++:

- Können nicht instanziiert werden.
- Kriterium: mindestens eine rein virtuelle Methode, d.h. eine Methode die mit **`virtual=0`** gekennzeichnet ist; rein virtuelle Methoden haben keinen Body; (siehe **`mag()`** auf Folie 9).

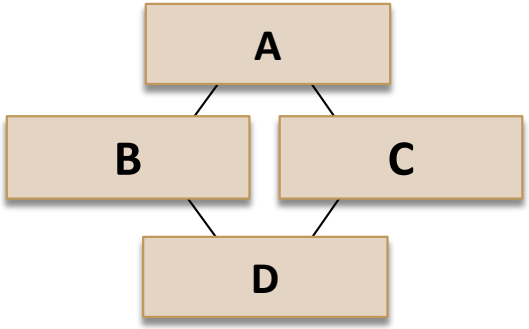
K06

Vererbung & Polymorphie in C++

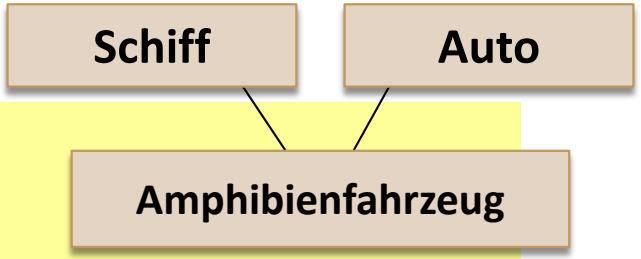
1. Grundlegende Eigenschaften
2. Redefinition
3. Polymorphie
4. **Mehrfachvererbung**

Mehrfachvererbung

- Die Subklasse erbt die Eigenschaften **aller** Superklassen
- Prinzipiell ist Mehrfachvererbung problemlos, es sei denn:
  - Zwei oder mehr Superklassen haben eine Methode mit identischer Signatur oder ein Attribut mit dem selben Name
  - Zwei oder mehr Superklassen haben die selbe Superklasse



Beispiel: identische Methoden (i)

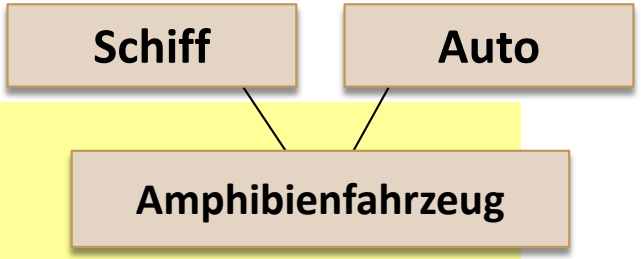



```
class Auto {
   public:
     void leistung() {cout << "90 PS" << endl;}
};
class Schiff {
   public:
     void tiefgang() {cout << "> 0.5m" << endl;}

};
class Amphibienfahrzeug: public Auto, public Schiff {};
int main() {
   Amphibienfahrzeug amph;
   amph.leistung();    // 90 PS
   amph.tiefgang();    // > 0.5m

}
```

Beispiel: identische Methoden (ii)




```
class Auto {
   public:
     void leistung() {cout << "90 PS" << endl;}
};
class Schiff {
   public:
     void tiefgang() {cout << "> 0.5m" << endl;}
     void leistung() {cout << "500 PS" << endl;}
};
class Amphibienfahrzeug: public Auto, public Schiff {};
int main() {
   Amphibienfahrzeug amph;
   amph.leistung();          // Kompiler-
   amph.Auto::leistung();    // 90 PS
   amph.Schiff::leistung(); // 500 PS
}
```

Werden mehrere Methoden (oder Attribute) mit der gleichen Signatur geerbt, so muss die Methode beim Aufruf eindeutig spezifiziert werden, also: **`Klasse::`**

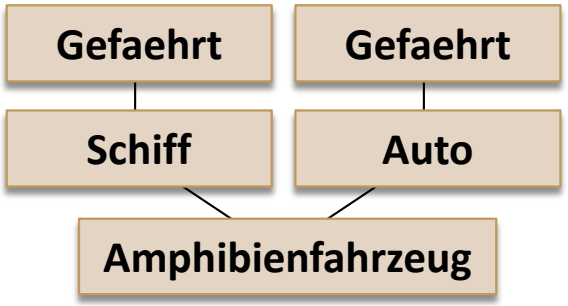
Beispiel: 2x selbe Superklasse

```
class Gefaehrt {
protected:
  int i; // Anzahl der Inhaber
public:
  Gefaehrt() : i(0) {};
  void verkaufen() {i++};
};

class Auto : public Gefaehrt {
};

class Schiff: public Gefaehrt {
};

class Amphibienfahrzeug :
   public Auto, public Schiff {};
```




```
int main() {
  Amphibienfahrzeug af;
  af.verkaufen(); // Kompilerfehler!
  af.Auto::verkaufen();
  af.Schiff::verkaufen();

  Gefaehrt* gf = &af;   // K'fehler!
  Gefaehrt* at =
    static_cast<Auto*>(&af);   // OK
}
```

Auch hier gilt: es muss eindeutig spezifiziert werden!

Virtuelle Mehrfachvererbung

- Bewirkt, dass eine gemeinsame Superklasse nur einmal vererbt wird.
- Dazu wird das Keyword **`virtual`** verwendet
  (bei der Vererbungsdeklaration, nicht bei einer Methode!).
- Qualifizierte Bezeichnung der verwendeten Methoden und Attribute der gemeinsamen Superklasse(n) nicht mehr nötig
  (in unserem Beispiel: **`Gefaehrt`**).
- Auf Einfachvererbung oder Mehrfachvererbung ohne gemeinsame Basisklasse hat das Keyword **`virtual`** keinen Einfluss.

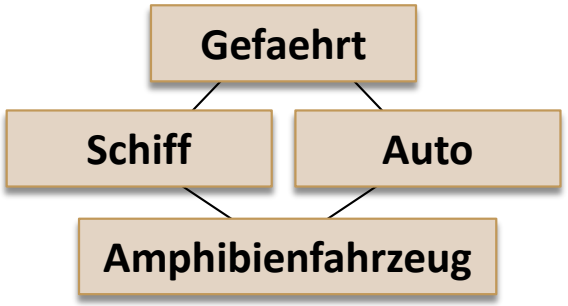
Beispiel: Virtuelle Mehrfachvererbung

```
class Gefaehrt {
protected:
  int i; // Anzahl der Inhaber
public:
  Gefaehrt() : i(0) {};
  void verkaufen() {i++;}
};

class Auto : public virtual Gefaehrt {
};

class Schiff: public virtual Gefaehrt {
};

class Amphibienfahrzeug :
    public Auto, public Schiff{};
```



Eine virtuelle Superklasse

- wirkt sich erst bei Mehrfachvererbung aus
- bleibt auch bei weiteren Ableitungen virtuell

```
int main() {
  Amphibienfahrzeug af;
  af.verkaufen(); // jetzt möglich
}
```