LMU LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Einführung in die Informatik:
Programmierung und Softwareentwicklung
Wintersemester 2018/19

Kapitel 7: Das Vererbungsprinzip

Prof. Dr. David Sabel

Lehr- und Forschungseinheit für Theoretische Informatik

Institut für Informatik, LMU München

WS 2018/19

Stand der Folien: 9. Januar 2019

Die Inhalte dieser Folien basieren – mit freundlicher Genehmigung – tlw. auf Folien von Prof. Dr. Rolf Hennicker aus dem WS 2017/18 und auf Folien von PD Dr. Ulrich Schöpp aus dem WS 2010/11

Ziele

- Das **Vererbungsprinzip** der objektorientierten Programmierung verstehen
- Das Vererbungsprinzip in Java umsetzen können
- Folgende Begriffe kennenlernen und anwenden können:
  - Ober- und Unterklassen
  - Subtyping
  - Überschreiben von Methoden
  - Dynamische Bindung
- Die Klasse `Object` kennenlernen
- Abstrakte Klassen und Interface kennenlernen

Beispiel: Klasse für Bankkonten

```
public class BankKonto {

  protected double kontoStand;

  public BankKonto(double anfangsBetrag) {
     this.kontoStand = anfangsBetrag;
  }

  public double getKontoStand() {
     return this.kontoStand;
  }

  public void einzahlen (double x) {
     this.kontoStand += x;
  }

  public void abheben(double x) {
     this.kontoStand -= x;
  }
}
```


Beispiel: Klasse für Bankkonten (2)

```
public class BankKonto {

  protected double kontoStand;

  public BankKonto(double anfan
     this.kontoStand = anfangsB
  }

  public double getKontoStand()
     return this.kontoStand;
  }

  public void einzahlen (double
     this.kontoStand += x;
  }

  public void abheben(double x)
     this.kontoStand -= x;
  }
}
```

Grafische Darstellung in UML

(Unified Modeling Language)

BankKonto
#double kontoStand
+BankKonto(double anfangsBetrag) +double getKontoStand() +void einzahlen(double x) +void abheben(double x)

Vererbung

Vererbung ist ein Mechanismus zur Implementierung von Klassen durch Erweiterung existierender Klassen

Beispiel:

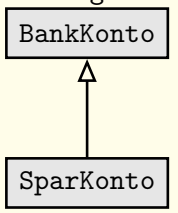
- Die Klasse `BankKonto` stellt die Grundfunktionalität eines Bankkontos bereit.
- Möchte man verschiedene spezielle Arten von Bankkonten implementieren, so kann die Klasse `BankKonto` durch **Vererbung** erweitern:
  - `SparKonto`: hat zusätzlich einen Zinssatz, Zinsen können gut geschrieben werden
  - `GiroKonto`: bei jeder Transaktion werden Gebühren berechnet

Sparkonto in Java

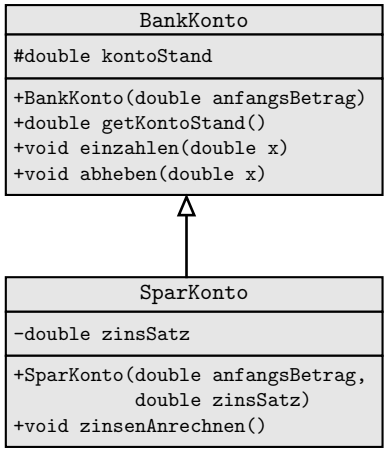
```
public class SparKonto extends BankKonto {
 private double zinsSatz;

 public SparKonto(double anfangsBetrag, double zinsSatz) {
  super(anfangsBetrag);
  this.zinsSatz = zinsSatz;
 }

 public void zinsenAnrechnen() {
  double zinsen = this.kontoStand * this.zinsSatz / 100.0;
  this.kontoStand += zinsen;
 }
}
```

- Ein `SparKonto` **erbt** alle Attribute und Methoden eines `BankKonto`s und fügt eigene hinzu.

Darstellung in UML



Grafische Darstellung der Vererbung in UML



Vererbung und Konstruktoren

- Im Gegensatz zu Attributen und Methoden werden **Konstruktoren nicht vererbt**
- Die Konstruktoren der Oberklasse können jedoch in neu definierten Konstruktoren der Unterklasse aufgerufen werden:

  Aufruf des Konstruktors der Oberklasse:

  ```
  super();          // parameterloser Konstruktor
  ```

  bzw.

  ```
  super(a1,...,an); //Konstruktor mit Parametern
  ```

  Dieser Aufruf **muss die erste Anweisung** des Konstruktors in der Unterklasse sein.

Falsche Aufrufe des Oberklassen-Konstruktors (1)

```
1  public class SparKontoFalsch extends BankKonto {
2   private double zinsSatz;
3
4   public SparKontoFalsch(double anfangsBetrag, double zinsSatz) {
5    super(anfangsBetrag);
6    this.zinsSatz = zinsSatz;
7    super(anfangsBetrag);
8   }
9
10  public void zinsenAnrechnen() {
11   double zinsen = this.kontoStand * this.zinsSatz / 100.0;
12   this.kontoStand += zinsen;
13  }
14 }
```

Kompilieren:

```
> javac SparKontoFalsch.java
SparKontoFalsch.java:7: error: call to super must be first
                          statement in constructor
  super(anfangsBetrag);
        ^
1 error
```


Falsche Aufrufe des Oberklassen-Konstruktors (2)

```
1  public class SparKontoFalsch2 extends BankKonto {
2   private double zinsSatz;
3
4   public SparKontoFalsch2(double anfangsBetrag, double zinsSatz) {
5    this.zinsSatz = zinsSatz;
6   }
7   ...
```

Kompilieren:

```
> javac SparKontoFalsch2.java
SparKontoFalsch2.java:4: error: constructor BankKonto in class BankKonto cannot
                                be applied to given types;

 public SparKontoFalsch2(double anfangsBetrag, double zinsSatz) {
                                                               ^
  required: double
  found: no arguments
  reason: actual and formal argument lists differ in length
1 error
```

Java fügt **automatisch** `super()` hinzu,
aber es gibt keinen nullstelligen Konstruktor für `BankKonto`!

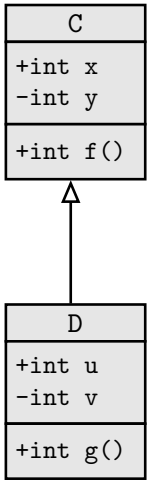
Beispiel: Benutzung von SparKonto

```
public class SparKontoTest {
 public static void main(String[] arg){
  SparKonto sk = new SparKonto(450.0,1.2); //450 EUR, 1.2%
      Zinsen
  sk.einzahlen(50.0); //geerbte Methode
  sk.zinsenAnrechnen(); //neue Methode
  System.out.println(sk.getKontoStand());
             //geerbte Methode getKontoStand()
 }
}
```

Kompilieren und Ausführen:

```
> javac SparKontoTest.java
> java SparKontoTest
506.0
```

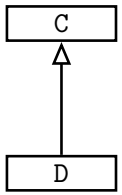

Vererbung von Attributen



- Attribute von `C`: `x` und `y`
- Attribute von `D`: `u`, `v`, `x` und `y` (`x` und `y` sind geerbt)
- Methoden von `C`: `f`
- Methoden von `D`: `g` und `f` (`f` ist geerbt)
- Wenn `C` Subklasse einer anderen Klasse `B` ist, dann besitzen `C` und `D` auch noch alle Attribute und Methoden von `B`.
- Man kann von `D` aus **nicht direkt auf die privaten Attribute** von `C` zugreifen (hier `y`), sondern nur mittels nicht privater (geerbter) getter-Methoden von `C`.
- Auf geschützte (`protected`) Attribute kann man in Subklassen schon zugreifen.

Subtyping

1. Verberbung drückt eine „**is-a**“-Beziehung aus.
2. Die Objekte der Klasse `D` können wie Objekte der Klasse `C` benutzt werden.
3. Eine Referenz auf ein Objekt der Unterklasse `D` kann überall dort eingesetzt werden, wo eine Referenz auf ein Objekt der Oberklasse `C` erwartet wird.



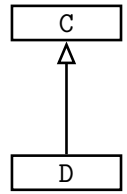
Wir sagen: Der Klassentyp `D` ist ein **Subtyp** von `C`
(`D` „passt zu“ `C`)

Subtyping: Beispiel

Weise der Variablen `c` mit Typ `C` einen Ausdruck des Subtyps `D` zu:

```
C c = new D();
```

Die Variable `c` verweist dann auf ein Objekt der Klasse `D` (und damit auf ein Objekt von `C`).



Umgekehrt: Zuweisung eines Objekts der Oberklasse `C` zu einer Variablen vom Typ `D` ist **nicht möglich**, d.h.

```
D d = new C();
```

ist verboten

Beispiel: BankKonto und SparKonto

```
1  public class SparKontoTest2 {
2   public static void main(String[] args) {
3      SparKonto sparkonto = new SparKonto(450.0, 1.2);
4      BankKonto konto = sparkonto;
5      konto.einzahlen(50);
6      konto.zinsenAnrechnen();
7      System.out.println(konto.getKontoStand());
8      System.out.println(sparkonto.getKontoStand());
9   }
10 }
```

Fehler, da `zinsenAnrechnen()` nur für `SparKonto` definiert ist:

```
> javac SparKontoTest2.java
SparKontoTest2.java:6: error: cannot find symbol
    konto.zinsenAnrechnen();
         ^
  symbol:   method zinsenAnrechnen()
  location: variable konto of type BankKonto
1 error
```


Beispiel: BankKonto und SparKonto (2)

```
1  public class SparKontoTest3 {
2   public static void main(String[] args) {
3      SparKonto sparkonto = new SparKonto(450.0, 1.2);
4      BankKonto konto = sparkonto;
5      konto.einzahlen(50);
6      SparKonto nocheinsparkonto = konto;
7      System.out.println(konto.getKontoStand());
8      System.out.println(sparkonto.getKontoStand());
9   }
10 }
```

Fehler, da `konto` nicht unbedingt ein `SparKonto` ist:

```
> javac SparKontoTest3.java
SparKontoTest3.java:6: error: incompatible types:
   BankKonto cannot be converted to SparKonto
    SparKonto nocheinsparkonto = konto;
                                 ^
1 error
```

Typkonversion durch Einengung

- In den beiden Beispielen wussten **wir** zwar, dass `konto` auf ein `SparKonto` verweist, aber der Java-Compiler weiß es nicht.
- In **solchen Situationen** kann man den Typ ausdrücklich konvertieren:

```
Sparkonto nocheinsparkonto = (SparkKonto) konto;
nocheinsparkonto.zinsenAnrechnen();
```

- Bei der Auswertung einer Typkonversion `(D)e` wird **geprüft**, ob das Objekt auf das e im aktuellen Zustand verweist, tatsächlich Instanz von `D` oder einer Subklasse von `D` ist.

  Ist dies nicht der Fall, so kommt es zu einem Laufzeitfehler (`ClassCastException`)
- Hinweis: Typkonversionen zwischen Klassentypen sollten möglichst vermieden werden.

Beispiel mit Type Casting

```
public class SparKontoTest4 {
 public static void main(String[] args) {
    SparKonto sparkonto = new SparKonto(450.0, 1.2);
    BankKonto konto = sparkonto;
    konto.einzahlen(50);
    SparKonto nocheinsparkonto = (SparKonto)konto;
       // mit Type Casting
    nocheinsparkonto.zinsenAnrechnen();
    System.out.println(konto.getKontoStand());
    System.out.println(sparkonto.getKontoStand());
    System.out.println(nocheinsparkonto.getKontoStand());
 }
}
```

Kompilieren und Ausführen:

```
> javac SparKontoTest4.java
> java SparKontoTest4
506.0
506.0
506.0
```


Beispiel mit Type Casting und ClassCastException

```
public class SparKontoTest5  {
 public static void main(String[] args) {
    SparKonto sparkonto = new SparKonto(450.0, 1.2);
    BankKonto konto = new BankKonto(50);
    SparKonto nocheinsparkonto = (SparKonto)konto;
       // mit Type Casting und Laufzeitfehler
    System.out.println(konto.getKontoStand());
    System.out.println(sparkonto.getKontoStand());
    System.out.println(nocheinsparkonto.getKontoStand());
 }
}
```

Kompilieren und Ausführen:

```
> javac SparKontoTest5.java
> java SparKontoTest5
Exception in thread "main" java.lang.ClassCastException:
        BankKonto cannot be cast to SparKonto
        at SparKontoTest5.main(SparKontoTest5.java:5)
```


Überschreiben von Methoden

- In vielen Fällen möchte man die Implementierung von Methoden in der Unterklasse abändern.
  Beispiel: Beim Girokonto soll bei jeder Ein- und Auszahlung eine Gebühr vom Kontostand abgezogen werden.
- Deshalb: Man darf in der Unterklasse Methoden der Oberklasse neu implementieren. Das nennt man **überschreiben**.
- Eine überschriebene Methode muss in der Unterklasse denselben Namen und dieselben Parameter (in Anzahl und Typ) wie die Methode der Oberklasse haben. Die Sichtbarkeit darf nicht eingeschränkt werden. Der Ergebnistyp (falls vorhanden) muss zum bisherigen Ergebnistyp passen.
- Überschreiben in UML-Diagrammen: Die überschriebene Methode wird in der Unterklasse nochmal aufgeführt.

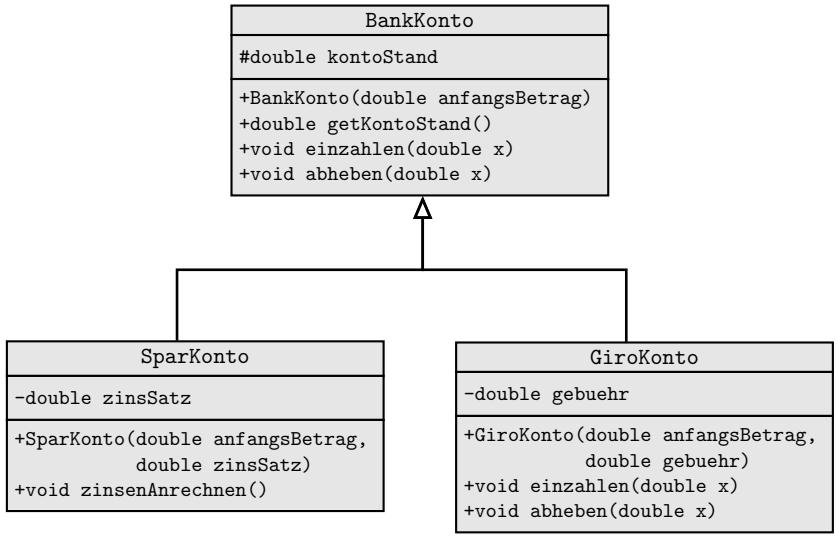
Beispiel: GiroKonto

```
public class GiroKonto extends BankKonto {
 private double gebuehr;

 public GiroKonto(double anfangsBetrag, double gebuehr) {
  super(anfangsBetrag);
  this.gebuehr = gebuehr;
 }

 public void abheben(double x) {
  this.kontoStand -= x+this.gebuehr;
 }

 public void einzahlen(double x) {
 this.kontoStand += x-this.gebuehr;
 }
}
```


Beispiel: GiroKonto verwenden

```
public class GiroKontoTest  {
 public static void main(String[] args) {
  BankKonto sparkonto = new SparKonto(100, 1.2);
  BankKonto girokonto = new GiroKonto(100.0, 0.02);
                        // 2 Cent Transaktionsgebuehr
  sparkonto.einzahlen(100.0);
  sparkonto.abheben(100.0);
  girokonto.einzahlen(100.0);
  girokonto.abheben(100.0);
  System.out.println("SPARKONTO:" +
      sparkonto.getKontoStand());
  System.out.println("GIROKONTO:" +
      girokonto.getKontoStand());
 }
}
```


UML-Diagramm zu den Konten-Klassen



Polymorphie

Eine Variable o vom Typ C kann auf Instanzen verschiedener Klassen verweisen:

> Objekte der Klasse C, Objekte einer Unterklasse D von C, Objekte einer Unterklasse E von D, ...

Beim Aufruf einer Methode o.m() muss eine Implementierung der Methode m ausgewählt werden. Durch Überschreiben kann es mehrere geben!
Die Auswahl der auszuführenden Methode richtet sich nach der Klasse des Objekts, auf welches o zeigt, und nicht nach dem Typ von o.
Man spricht in diesem Zusammenhang von **Polymorphie** (Vielgestaltigkeit).

Beispiel: Dynamische Bindung

```
public class GiroKontoTest2  {
 public static void main(String[] args) {
  BankKonto konto = new GiroKonto(100.0, 0.02); // 2 Cent Gebuehr
  konto.einzahlen(100.0);
  System.out.println(konto.getKontoStand());
  konto = new BankKonto(100.0);
  konto.einzahlen(100.0);
  System.out.println(konto.getKontoStand());
 }
}
```

Ausführung:

```
java GiroKontoTest2
199.98000000000002
200.0
```

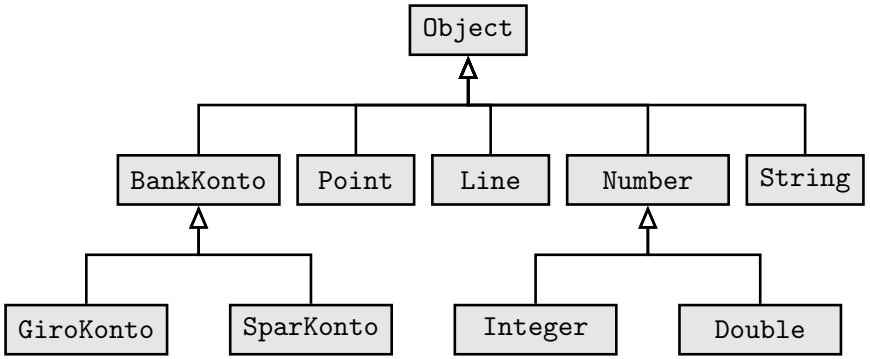
Die **dynamische Bindung** bewirkt, dass beim ersten Aufruf von `konto.einzahlen(100.0)` der Rumpf von `einzahlen` der Klasse `GiroKonto` und beim zweiten Aufruf von `konto.einzahlen(100.0)` der Rumpf der Klasse `BankKonto` verwendet wird.

Dynamische Bindung

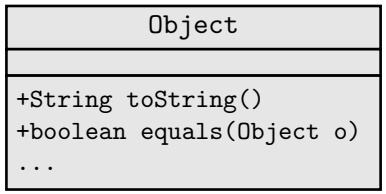
- Bei einem Methodenaufruf $e.m(a_1,\ldots,a_n)$ muss eine Implementierung der Methode `m` ausgewählt und ausgeführt werden.
- Die Auswahl der Implementierung richtet sich nach der Klasse `C` des Objekts, auf welches `e` im aktuellen Zustand zeigt und **nicht** nach dem Klassentyp des Ausdrucks `e`.
- Ist die Methode `m` in der Klasse `C` definiert, so wird diese Implementierung ausgeführt. Ansonsten wird nach der **kleinsten Oberklasse von** `C` gesucht, in der die Methode definiert ist und diese Implementierung wird dann ausgeführt.
- Die Entscheidung, welche Implementierung der Methode benutzt wird, wird dynamisch (d.h. erst zur Laufzeit) getroffen. Man spricht von dynamischer Bindung (des Methodennamens an die auszuführende Implementierung).

Javas Klassenhierarchie – die Klasse Object

- In Java gibt es eine **oberste Klasse** namens `Object`
- Jede Klasse ist implizit auch eine (nicht notwendigerweise direkte) Unterklasse von `Object`



Die Klasse `Object`



- Methode `toString` liefert eine `String`-Repräsentation des Objekts.
- Methode `equals` zum Vergleich von Objekten.
- Die Unterklassen überschreiben beide Methoden meistens.
- `equals` wird meist so überschrieben, dass es auf Gleichheit von Objektzuständen und nicht auf Gleichheit von Objektreferenzen testet

Beispiel: Überschreiben von equals für Point

```
public class Point {
 ...
 @Override
 public boolean equals(Object o) {
 if ( o == null ) return false;
 if ( o == this ) return true;
 // teste ob o zur aktuellen Klasse geh"ort:
 if (! o.getClass().equals(getClass()) )
   return false; // nein, dann false
 else {
   Point that = (Point) o; // ansonsten: sicheres type casting
   return this.getX() == that.getX()
          && this.getY() == that.getY();}
 }
}
```

Bemerkung zu `@Override`:

- Die Annotation `@Override` kennzeichnet, dass eine Methode überschrieben wird. Der Compiler prüft, dass die Oberklasse diese Methode enthält und gibt anderenfalls einen Fehler aus.
- Nicht notwendig, aber hilft bei der Fehlervermeidung!

Beispiel: Überschreiben von equals für Point (2)

Beachte: Die Dokumentation verlangt:
"...to maintain the general contract for the hashCode method, which states that equal objects must have equal hash codes."
D.h. wenn `equals` überschrieben wird muss man i.a. auch `hashCode` überschreiben.

```
import java.util.Objects;

public class Point {
...
        @Override
        public int hashCode() {
         // Verwendung einer Default-Methode zum Hashen mehrerer
             Werte
         int hash = Objects.hash(this.getX(),this.getY());
         return hash;
        }
}
```


Überladung

In Java ist es möglich, Methoden zu **überladen**:

- Der selbe Methodennamen wird für unterschiedliche Argumentanzahlen und -typen verwendet.
- Das geht auch bei Konstruktoren.
- Java entscheidet sich für die am besten passende Methode

Beispiel zur Überladung

```
public class SparKonto extends BankKonto {
 private double zinsSatz;

 // Ueberladener Konstruktor
 public SparKonto(double anfangsBetrag, double zinsSatz) {
  super(anfangsBetrag);
  this.zinsSatz = zinsSatz;
 }
 public SparKonto(double anfangsBetrag) {
  super(anfangsBetrag);
  this.zinsSatz = 0.0;
 }

 // Ueberladene Methode
 public void zinsenAnrechnen() {
  double zinsen = this.kontoStand * this.zinsSatz / 100.0;
  this.kontoStand += zinsen;
 }
 public void zinsenAnrechnen(double neuerZinsSatz) {
  this.zinsSatz = neuerZinsSatz;
  zinsenAnrechnen();
 }
}
```

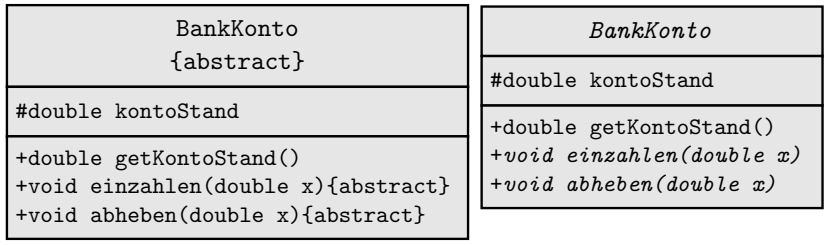
Abstrakte Klassen und abstrakte Methoden

- Beschreibung von abstrakten Begriffen, deren Realisierungen nur in speziellen Ausprägungen sinnvoll sind.
  Z.B. Bankkonten treten nur in einer spezielleren Form auf (Girokonto, Sparkonto), d.h. „Bankkonto“ ist eigentlich ein abstrakter Begriff
- **Abstrakte Klassen** sind Klassen, für die keine Objekte direkt erzeugt werden können, die also nicht direkt „instanziierbar“ sind. Instanzen können dann für konkrete Subklassen einer abstrakten Klasse erzeugt werden.
- **Abstrakte Methoden** sind Methoden, die in einer (abstrakten) Klasse keine Implementierung haben.
- Jede Klasse, die eine abstrakte Methode hat, muss abstrakt sein (jedoch nicht umgekehrt: Abstrakte Klassen können auch nicht-abstrakte Methoden haben).
- Implementierungen von abstrakten Methoden werden in Unterklassen angegeben.

Beispiel

```
public abstract class BankKonto {
  protected double kontoStand;
  public double getKontoStand() {
     return this.kontoStand;
  }
  public abstract void einzahlen (double x);
  public abstract void abheben(double x);
}
```

Darstellung in UML: Mit {abstract} und/oder in kursiver Schrift:



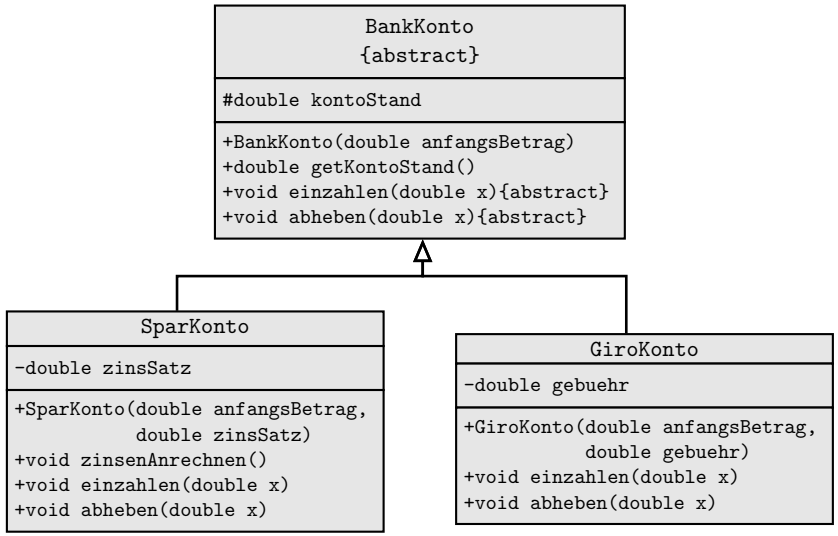
Beispiel: Implementierung in der Unterklasse SparKonto

```
public class SparKonto extends BankKonto {
  private double zinsSatz;
  public SparKonto(double anfangsBetrag, double zinsSatz) {
    this.kontoStand = anfangsBetrag;  // neu, da kein Konstruktor
        fuer die Oberklasse
    this.zinsSatz = zinsSatz;
  }
  public void zinsenAnrechnen() {
    double zinsen = this.kontoStand * this.zinsSatz / 100.0;
    this.kontoStand +=  zinsen;
  }
  public void einzahlen(double betrag) {
    this.kontoStand +=  betrag;
  }
  public void abheben(double betrag) {
    this.kontoStand -= betrag;
  }
}
```


Beispiel: Implementierung in der Unterklasse GiroKonto

```
public class GiroKonto extends BankKonto {
 private double gebuehr;

 public GiroKonto(double anfangsBetrag, double gebuehr) {
  this.kontoStand = anfangsBetrag;
  this.gebuehr = gebuehr;
 }

 public void abheben(double betrag) {
  this.kontoStand -= betrag+this.gebuehr;
 }

 public void einzahlen(double betrag) {
 this.kontoStand += betrag-this.gebuehr;
 }
}
```

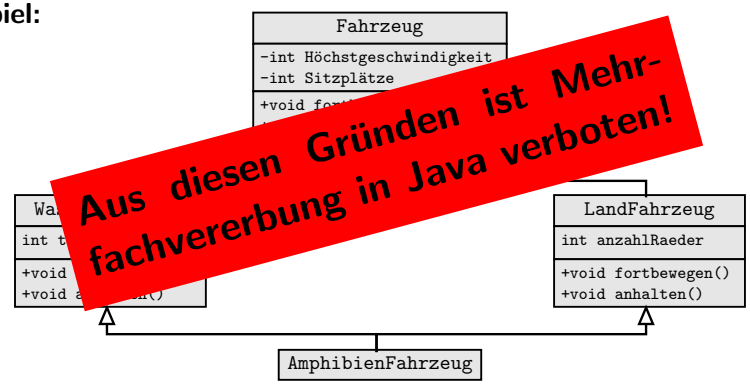
Abstrakte und konkrete Klassen



Mehrfachvererbung

Man spricht beim objektorientierten Programmieren von **Mehrfachvererbung**, wenn eine Klasse **mehr als eine Oberklasse** besitzt.

Beispiel:



Probleme: Welche Attribute besitzt `AmphibienFahrzeug`? Welche Implementierung von `fortbewegen()` / `anhalten()` wird für `AmphibienFahrzeuge` verwendet?

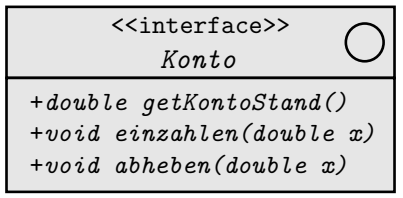
Interfaces (Schnittstellen)

- Interfaces (Schnittstellen) sind ein Hilfsmittel zur Aufteilung von Systemen in einzelne Komponenten (bzw. zur Entkopplung der starren Klassenhierarchie)
- Interfaces bieten Dienste (in Form von Methoden) an, die von bestimmten Klassen implementiert und von anderen Klassen benutzt werden können.
- Interfaces haben **nur öffentliche, abstrakte Methoden** und **keine** Objektattribute
- Mit jeder Interface-Deklaration wird ein **Interfacetyp** definert, der wie ein Klassentyp verwendet werden kann.
- Klassen können **mehrere** Interfaces implementieren
  Daher erlauben Interfaces eine eingeschränkte Form der Mehrfachvererbung.

Beispiel und Darstellung in UML

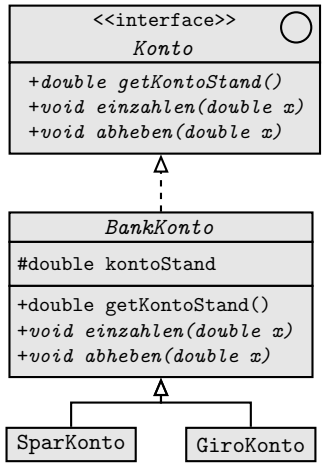
```
public interface Konto {
  public double getKontoStand();
  public void einzahlen(double x);
  public void abheben(double x);
```

Darstellung in UML: alles kursiv, Schlüsselwort `<<interface>>`, Kreis als Icon, nur abstrakte Methoden



Beispiel: Implementierung von Interfaces

```
public interface Konto{
 ...
 }

public abstract BankKonto
          implements Konto {
 ...
}

public GiroKonto extends BankKonto{
 ...
}

public  SparKonto extends BankKonto{
 ...
}
```



Erweiterte Grammatik für Klassendeklarationen in Java

ClassDecl = ["public"] ["abstract"] "class" [Super] [Interfaces] Identifier ClassBody

Super = "extends" ClassType

Interfaces = "implements" InterfaceType { "," InterfaceType }

InterfaceType = Identifier

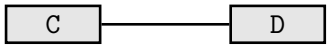
ClassBody = ...

Ab ClassBody wie vorher (vgl. Kap. 5) aber mit abstrakten Methoden.

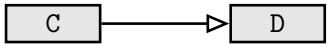
Beachte:

- In Java kann eine Klasse **höchstens eine** Oberklasse erweitern, eine Klasse kann aber **mehrere** Interfaces implementieren.
- `D implements C` induziert (genauso wie `D extends C`) eine Subtypbeziehung: `D` ist Subtyp von `C`.

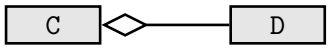
Einige Beziehungen zwischen Klassen in UML



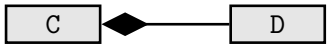
Assoziation: Die Klassen `C` und `D` stehen in Beziehung



Vererbung (Generalisierung): `C` ist Unterklasse von `D`

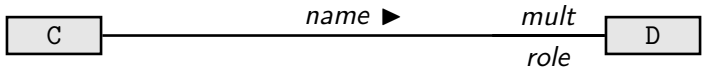


Aggregation: Jedes Objekt von `C` enthält Objekte von `D`



Komposition (starke Aggregation): Objekte von `D` existieren **ausschließlich** innerhalb von `C`

Assoziation mit Namen, Rollen, Multiplizitäten



- Das Diagramm illustriert, dass jedes Objekt o der Klasse `C` mit „*mult*“ vielen Objekten der Klasse `D` in Beziehung stehen, welche für o die Rolle *role* spielen.
- *name* gibt den Namen der Assoziation an, ▶ zeigt die Leserichtung.
- Rolle *role* ist ein Name.
- Multiplizität *mult* ist
  - eine natürliche Zahl n,
  - ein Stern $*$ (repräsentiert beliebig viele Objekte) oder
  - ein Intervall der Form $n..m$ oder $n..*$

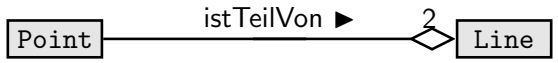
Beispiel:

Rollen und Multiplizitäten können an beiden Enden existieren

Beispiel Aggregation und Komposition

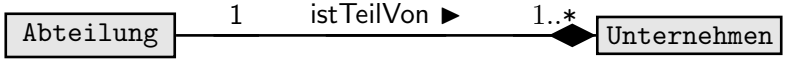
Beispiel Aggregation

- Eine Linie besteht aus genau zwei Punkten.
- Punkte können jedoch auch unabhängig von Linien existieren

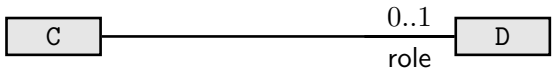


Beispiel Komposition

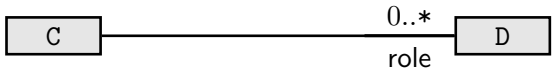
- Ein Unternehmen besteht aus mindestens einer Abteilung
- Eine Abteilung existiert nicht ohne ein Unternehmen.
- Eine Abteilung ist Teil genau eines Unternehmens.



Umsetzung der Assoziation in Java



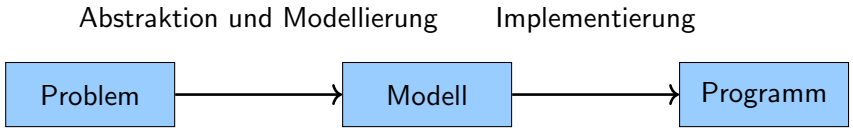

```
public class C {
   private D role;
}
```




```
public class C {
   private D[] role; // oder andere Container-Klassen
                     // (siehe Kapitel 9)
}
```


Beispiel: Objektorientierer Entwurf

Prozess der Modellierung und Problemlösung:



Einige Prinzipien beim Entwurf

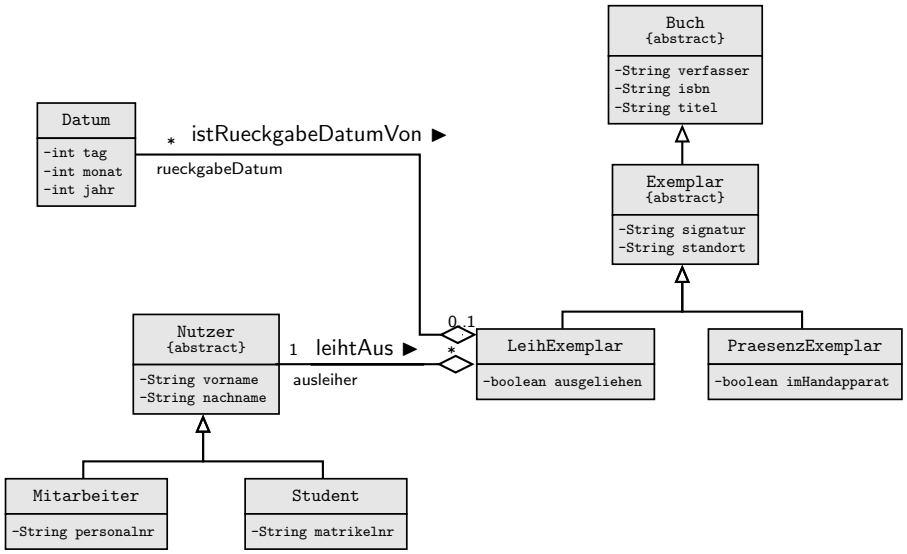
- Substantive der Problembeschreibung werden oft durch Klassen abgebildet.
- Verben der Problembeschreibung werden oft zu Methoden im Modell.
- Klassen sollten nicht zu sehr gekoppelt sein, d.h. sich möglichst nicht gegenseitig benutzen.
- Klassen nicht zu groß machen, sondern in Teile zerlegen

Beispiel: Bibliotheksystem

Problembeschreibung:

- Ein Bibliotheksystem dient zur Verwaltung der Bücher, der Nutzer und der Entleihvorgänge.
- Ein Buch hat eine ISBN, einen oder mehrere Verfasser und einen Titel.
- Von ein und demselben Buch kann es mehrere Exemplare geben. Jedes Exemplar hat eine eindeutige Signatur und einen Standort.
- Es gibt Präsenzexemplare, die nicht ausleihbar sind, und ausleihbare Exemplare. Ein Präsenzexemplar kann im Handapparat eines Lehrstuhls stehen. Ein ausleihbares Buch kann ausgeliehen sein oder nicht.
- Nutzer der Bibliothek sind Studierende und Mitarbeiter.
- Nutzer haben eine Vor- und einen Nachnamen.
- Studierenden ist eine Matrikelnummer zugeordnet, Mitarbeitern ist eine Personalnummer zugeordnet.
- Ein Kunde kann mehrere Bücher ausleihen. Für jedes entliehene Buch, gibt es ein Rückgabedatum.

Mögliche Modellierung



Mögliche Implementierung (Auszüge)

```
public abstract class Buch {
 private String verfasser,isbn titel;
 public Buch(String verfasser, String isbn,String titel) {
  this.verfasser = verfasser;
  this.isbn = isbn;
  this.titel = titel;
 }
}

public abstract class Exemplar extends Buch {
 private String signatur, standort;
 public Exemplar(String verfasser, String isbn, String titel,String signatur,
       String standort){
  super(verfasser,isbn,titel);
  this.signatur = signatur;
  this.standort = standort;
 }
}

public class PraesenzExemplar extends Exemplar {
 private boolean imHandapparat;
 public PraesenzExemplar(String verfasser, String isbn,String titel,String
       signatur, String standort, boolean imHandapparat) {
  super(verfasser,isbn,titel,signatur,standort);
  this.imHandapparat = imHandapparat;
 }
}
```


Mögliche Implementierung (Auszüge) (2)

```
public class LeihExemplar extends Exemplar {
 private boolean ausgeliehen;
 private Nutzer ausleiher;
 private Datum rueckgabeDatum;
 public LeihExemplar(String verfasser, String isbn, String titel,String
       signatur, String standort) {
  super(verfasser,isbn,titel,signatur,standort);
  this.ausgeliehen = false;
  this.ausleiher = null;
  this.rueckgabeDatum = null;
 }
 public void leiheAus(Nutzer ausleiher,Datum rueckgabeDatum) {
  if (this.ausgeliehen) {
   System.out.println("Buch ist schon ausgeliehen!");
   System.out.println("Das Buch wird am " + this.rueckgabeDatum.toString() + "
         zurueckgegeben");
   // besser waere ein Fehler (siehe spaeter...)
  }
  else {
   this.ausleiher = ausleiher;
   this.rueckgabeDatum = rueckgabeDatum;
   ausgeliehen = true;}
 }
 public void rueckgabe() {
  if (this.ausgeliehen) {
   this.ausgeliehen = false;
   this.ausleiher = null;
   this.rueckgabeDatum = null;
  }
 }
}
```


Mögliche Implementierung (Auszüge) (3)

```
public abstract class Nutzer {
 private String vorname, nachname;
 public Nutzer(String vorname, String nachname) {
  this.vorname = vorname;
  this.nachname = nachname;
 }
}

public class Student extends Nutzer {
 private final String matrikelnr; // aendern der Matrikelnummer nicht erlaubt
 public Student(String vorname,String nachname,String matrikelnr) {
  super(vorname,nachname);
  this.matrikelnr = matrikelnr;
 }
}

public class Mitarbeiter extends Nutzer {
 private String personalnr;
 public Mitarbeiter(String vorname,String nachname,String personalnr) {
  super(vorname,nachname);
  this.personalnr = personalnr;
 }
}
```

Mögliche Implementierung (Auszüge) (4)

```
public class Datum {
 private int tag,monat,jahr;
 public Datum(int tag, int monat, int jahr) {
  if (tag < 1 || tag > 31) {
   System.out.println("Tag nicht im Intervall [1..31]");
   System.out.println("Setze Tag auf 1");
   this.tag=1;
  }
  else {this.tag=tag;}
  if (monat < 1 || monat > 12) {
   System.out.println("Monat nicht im Intervall [1..12]");
   System.out.println("Setze Monat auf 1");
   this.monat=1;
  }
  else {this.monat=monat;}
  this.jahr = jahr;
}
  @Override
  public String toString() {
   return (this.tag + "." + this.monat + "." + this.jahr);
  }
}
```


Mögliche Implementierung (Auszüge) (5)

```
public class Main {
 public static void main(String[] args) {
   LeihExemplar b1 = new LeihExemplar("Peter Gumm, Manfred
        Sommer","978-3486706413","Einfuehrung in die Informatik","0001/8
        10-7752","Zentralbibliothek");
   Nutzer n1 = new Mitarbeiter("David","Sabel","12345678");
   Nutzer n2 = new Student("Niko","Laus","08154711");
   Datum d1 = new Datum(28,11,2018);
   b1.leiheAus(n1,d1);
   b1.leiheAus(n2,d1);
   b1.rueckgabe();
   b1.leiheAus(n2,d1);
   }
}
```


Zusammenfassung

- Vererbung als Strukturierungsprinzip, Vererbung stellt eine „is-aBeziehung dar.
- Ober- und Unterklassen, `super`
- Überschreiben von Methoden
- Überladung
- Abstrakte Klassen und Methoden
- Mehrfachvererbung (gibt es nicht in Java)
- Interfaces
- Syntax in Java
- UML: Assoziation, Aggregation, Komposition, Generalisierung