# Vererbung

Prof. Dr. Christian Böhm

in Zusammenarbeit mit
Gefei Zhang

http://www.dbs.ifi.lmu.de/Lehre/NFInfoSW

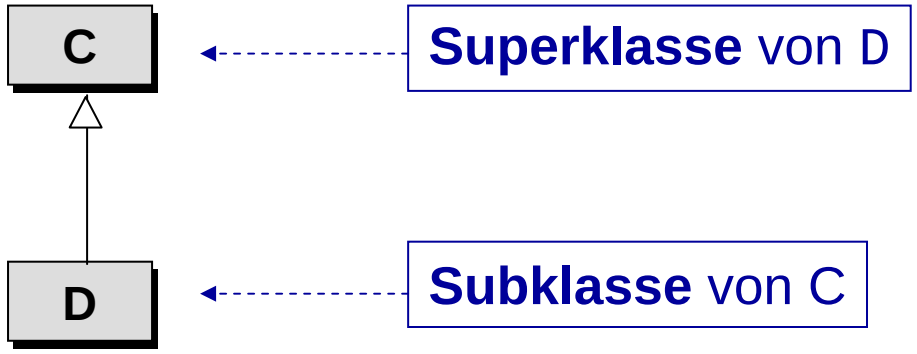
# Ziele

- Den Begriff der einfachen Vererbung verstehen
- Vererbung und Redefinition von Oberklassenmethoden verstehen
- Vererbungspolymorphie verstehen
- Die Klasse `Object` kennenlernen

# Vererbung

Klasse D ist **Erbe** einer Klasse C, falls D alle Attribute und Methoden von C erbt,

- in UML:

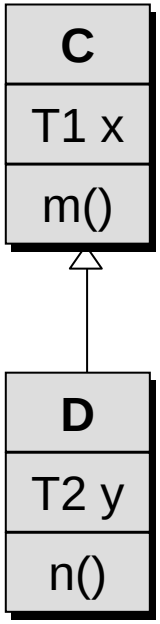



- in Java: `class D extends C`

d.h D besitzt alle Methoden und Attribute von C und von allen Oberklassen von C.

Man nennt `C` auch allgemeiner als `D` bzw. `D` spezieller als `C` .

# Vererbung



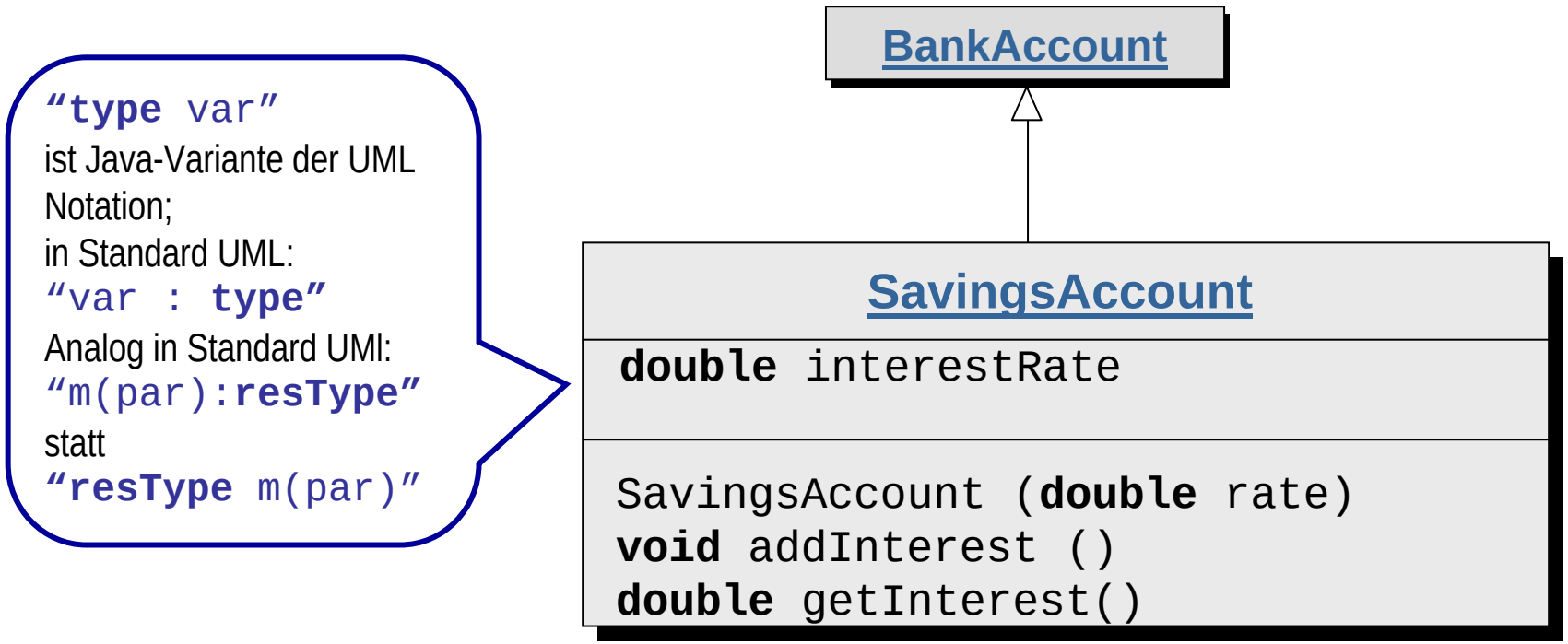

- Attribute von D = {y} ∪ Attribute von C
- Methoden von D = {n()} ∪ Methoden von C

- Folgerung: Die Vererbungsbeziehung ist transitiv: Wenn C von B erbt, dann besitzt D auch alle Attribute und Methoden von B

# Vererbung

**Beispiel:** Sparkonto

Ein Sparkonto ist ein Bankkonto, bei dem Zinsen gezahlt werden:

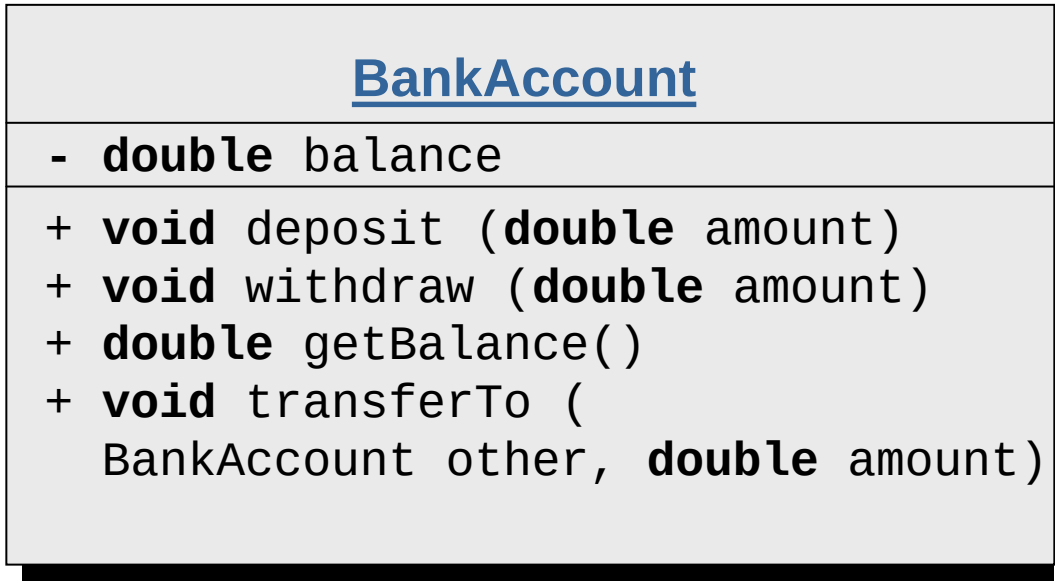


# BankAccount in Java

```
public class BankAccount
{  private double balance;

   public BankAccount()
   {  balance = 0.0;
   }
   public BankAccount(
            double initialBalance)
   {  balance = initialBalance;
   }

   public void deposit(double amount)
   {  balance = balance + amount;
      }
   public void withdraw(double amount)
   {  balance = balance - amount;
   }
   public double getBalance()
   { return balance;
   }
   public void transferTo(BankAccount other,double amount)
   {  withdraw(amount);
      other.deposit(amount);
   }
}
```



# Implementierung in Java

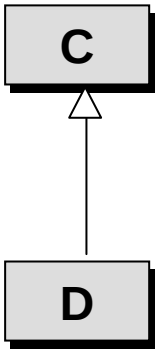
```
public class SavingsAccount extends BankAccount
{       private double interestRate;

        public SavingsAccount(double rate)
        {       super(0.0);
                interestRate = rate;
        }

        public void addInterest()
        {       double interest =
                        getBalance() * interestRate/100;
                                // auf das Attribut balance kann hier
                                //nicht zugegriffen werden
                deposit(interest);          // geerbte Methode
        }
}
```

Zugriff auf Konstruktor der Oberklasse siehe später

# Vererbung




Ist D ist **Erbe** von C, so gilt:

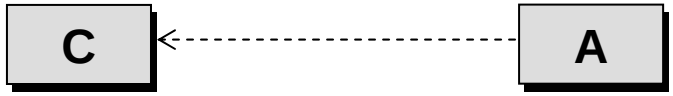
- Man kann von D aus **nicht direkt auf die privaten Attribute** von C zugreifen, sondern nur mittels nichtprivater (geerbter) Zugriffsmethoden von C.
- Eine Variable der Klasse D kann jede nicht-private Methode von C aufrufen.
- Einer Variablen der Klasse C kann man ein Objekt eines Nachfahren zuweisen.

  Beispiel: D d = ...; C c = d;
- Umgekehrt kann man einer Variablen vom Typ D **KEIN** Objekt einer Vorfahren-klasse zuweisen. Beispiel: D d1 = c; //falsch!

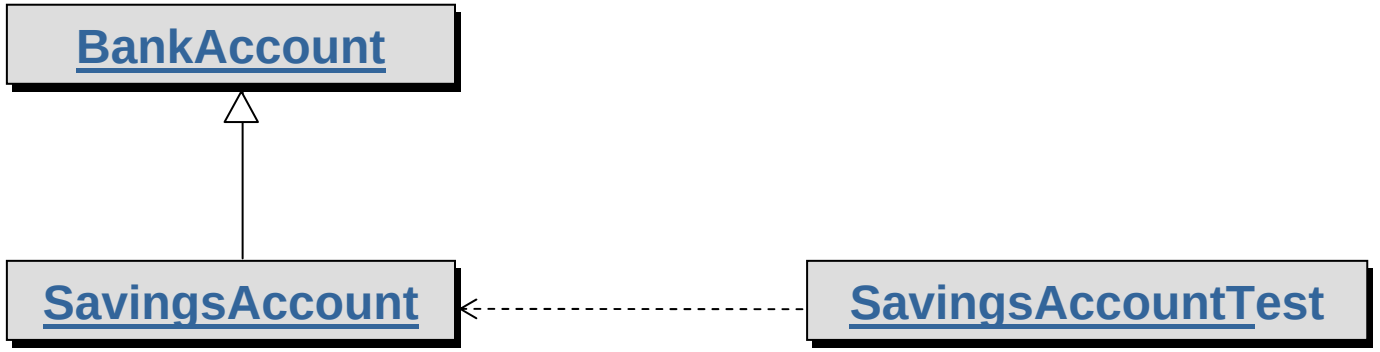
# Abhängigkeitsrelation (Verwendungsrelation, engl. dependency)

Die Klasse **A ist abhängig von der Klasse C**,
wenn A Elemente der Klasse C (i.a. Methoden) benützt,

UML




**Beispiel:** In unserem Beispiel erhalten wir



# SavingsAccountTest in Java

**Beispiel:**

```
public class SavingsAccountTest
{
   public static void main(String)[] args)
   {
     SavingsAccount sparKonto = new SavingsAccount(5);
     BankAccount konto1 = sparKonto;          //ok Sparkonto vom
                                              //spezielleren Typ
     konto1.deposit(1000);                    // ok
  // konto1.addInterest();                    // nicht ok, da konto1
                                              // nicht den Typ einer
                                              // Subklasse hat
     (SavingsAccount)konto1.addInterest();    // ok, wegen Typcast
     sparKonto.getBalance();                  // ok, geerbte Methode
     konto1.getBalance();                     // ok
   }
}
```

# Redefinition von Methoden

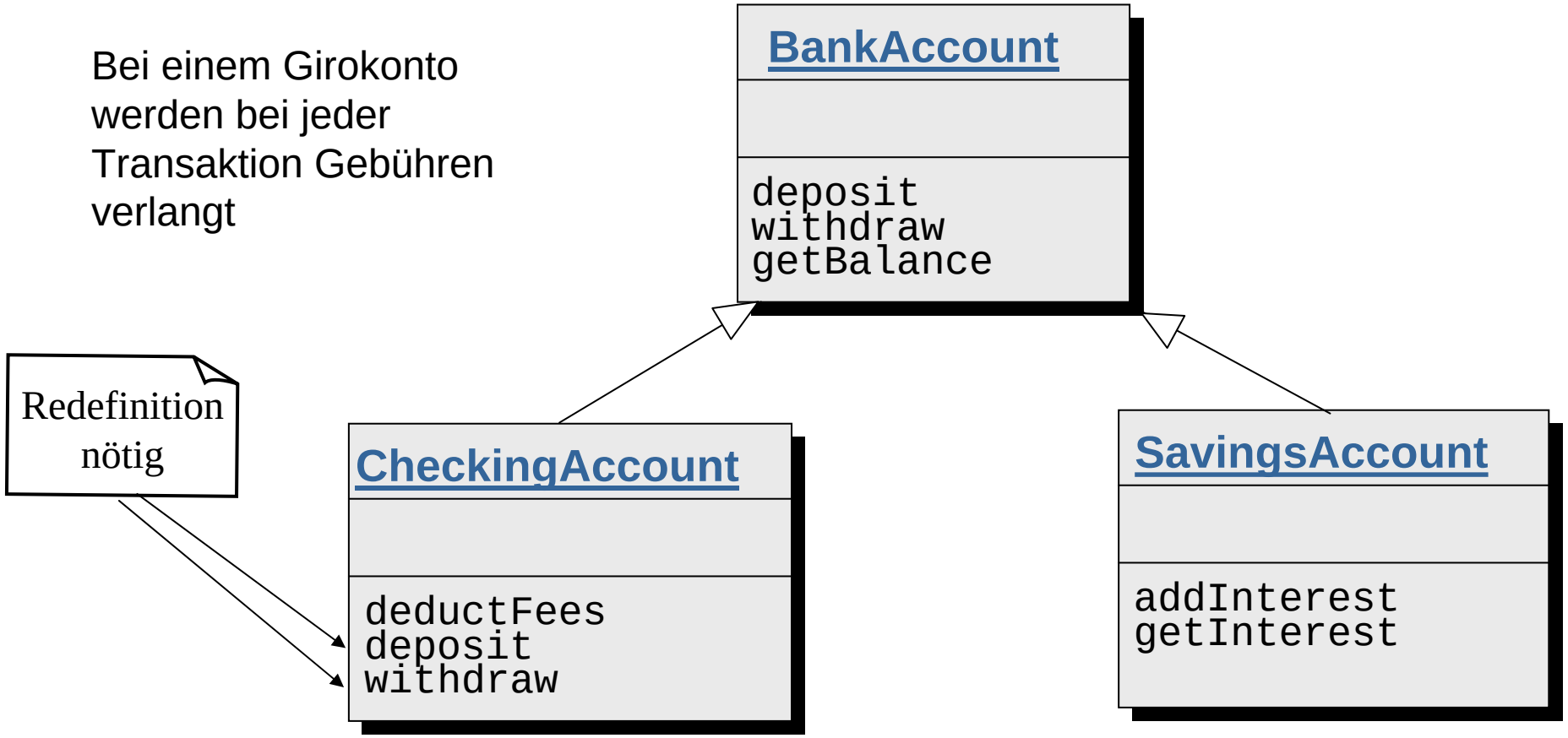
- In vielen Fällen kann man die Implementierung einer Methode m nicht direkt von der Superklasse übernehmen, da z.B. die neuen Attribute in der Superklasse nicht berücksichtigt werden (können). Dann ist es nötig, für die Erbenklasse eine neue Implementierung von `m` anzugeben.
- Redefinition von `m`
  - in UML: Methodenkopf von m wird in der Erbenklasse noch einmal angegeben;
  - Java: neue Implementierung für m im Erben

**Bemerkung:** Bei der Redefinition wird die alte Methode nicht überschrieben; man kann auf sie mit der speziellen Variable **„`super`“** zugreifen. Genauer gesagt, greift man mit **`super`**`.m()` auf die nächste Methodenimplementierung von `m` in der Vererbungshierarchie zu.

# Redefinition von Methoden und Konstruktoren

**Beispiel:** Girokonto

Bei einem Girokonto werden bei jeder Transaktion Gebühren verlangt



# Redefinition von Methoden

Statische Konstanten, die für jede Instanz von CheckingAccount gelten.

```
public class CheckingAccount extends BankAccount
{       private int transactionCount;
        public static final int FREE_TRANSACTIONS = 3;
        public static final double TRANSACTIONS_FEE = 0.3;

        public void deposit(double d)
        {       super.deposit(d);   // Aufruf von BankAccount::deposit
                transactionCount++;
        }
        public void withdraw(double d)
        {       super.withdraw(d);   // Aufruf von BankAccount::withdraw
                transactionCount++;
        }
```

# Redefinition von Methoden

Fortsetzung

```
        public void deductFees()
        {       if (transactionCount > FREE_TRANSACTIONS)
                {       double fees = TRANSACTIONS_FEE *
                        (transactionCount - FREE_TRANSACTIONS);
                        super.withdraw(fees);
                }
                transactionCount = 0;
        }
}
```

# Redefinition von Konstruktoren

Zugriff auf einen Konstruktor einer Superklasse:

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

bzw.

```
super(p1,...,pn);  // Konstruktor mit n Parametern
```

**Bemerkung**: Dieser Aufruf **muss** die erste Anweisung des Subklassenkonstruktors sein.

# Redefinition von Konstruktoren

**Beispiel**: CheckingAccount

```
public CheckingAccount(double initialBalance)
{  super(initialBalance);      // muss 1. Anweisung sein
   transactionCount = 0;
}
```

Äquivalent dazu könnte man die Methode deposit verwenden:

```
public CheckingAccount(double initialBalance)
{ //     super();      Standardkonstruktor wird automatisch
  //       aufgerufen, wenn 1. Anweisung kein Konstruktor ist.
       transactionCount = 0;
       super.deposit(initialBalance);    // super.m() kann
                                          // überall im Rumpf
                                          // vorkommen
```

# Falscher Zugriff auf super

Man kann mit **`super`**`(...)` nur auf den Konstruktor der direkten Oberklasse zugreifen, aber nicht transitiv auf Konstruktoren weiter oben liegender Klasse. Die Compilerausgabe für diesen, im folgenden Beispiel zu findenden Fehler lautet:

```
>javaC C.java
C.java:17: cannot resolve symbol
symbol  : constructor B  (int,int)
location: class B
        super(a, b);
        ^
1 error
```

# Redefinition von Methoden und Konstruktoren

```
class A
{       A(int a, int b)
        {       System.out.println(a);
                System.out.println(b);
        }
        A(){}
}

class B extends A
{       B(int a, int b, int c)
        {       super(a, b);
        }
}

class C extends B
{       C(int a, int b, int c, int d)
        {       super(a, b);
        }
public static void main(String args[])
        {       C c = new C(1, 2, 3, 4);
        }
}
```

# Vererbungspolymorphie und dynamisches Binden

**Vererbungspolymorphie**

Man spricht von **Vererbungspolymorphie,** wenn eine Methode von Objekten von Subklassen aufgerufen werden kann.

**Dynamisches Binden**

Falls eine Methode $T\ m(T_1\ x_1, ..., T_n\ x_n)$ mehrere Implementierungen besitzt (die im Vererbungsbaum übereinander liegen), so wird bei einem Aufruf

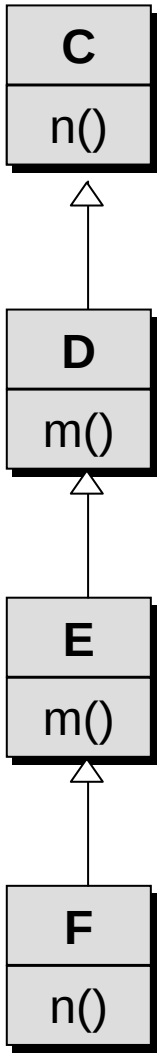
$o.m(a_1, ..., a_n)$ die „richtige“ Implementierung dynamisch

bestimmt und zwar sucht man ausgehend von der Klasse des **dynamischen Typs** von o die speziellste Methodendeklaration, auf die der Methodenaufruf anwendbar ist (genauer siehe übernächste Folie).

Man nennt dies auch **dynamische Bindung**, da der Methodenrumpf erst **zur Laufzeit** ausgewählt wird.

Dagegen wird bei **statischer Bindung** (nicht in Java) der Methodenrumpf zur Übersetzungszeit bestimmt.

# Beispiel für Dynamische Bindung




```
D d = exp1;          //exp1 sei vom Typ D
d.n();               //Aufruf von n in C
F f = exp2;          //exp2 sei vom Typ F
d = f;               //Wert von d ist Instanz von F
d.m();               //Aufruf von m in E
d.n();               //Aufruf von n in F
```

# Vererbungspolymorphie und dynamisches Binden

- **Dynamisches Binden**

  Methodenaufruf in Java von `o.m(`$a_1$`,...,`$a_n$`)` mit `o` vom Typ `D` und $a_1,...,a_n$ vom Typ $T_1,...,T_n$.

  - Ein Methodenkopf `R m(`$P_1$`,...,`$P_n$`)` der Klasse C heißt **anwendbar** auf `o.m(`$a_1$`,...,`$a_n$`)`, wenn `C` gleich `D` oder allgemeiner als `D` ist und wenn jedes $P_i$ gleich $T_i$ oder allgemeiner als $T_i$ ist (für i=1,...,n).

  - Für den Aufruf einer Methode wird zunächst zur **Übersetzungszeit** der *speziellste* Methodenkopf `R m(`$P_1$`,...,`$P_n$`)` bestimmt, der auf `o.m(`$a_1$`,...,`$a_n$`)` anwendbar ist.

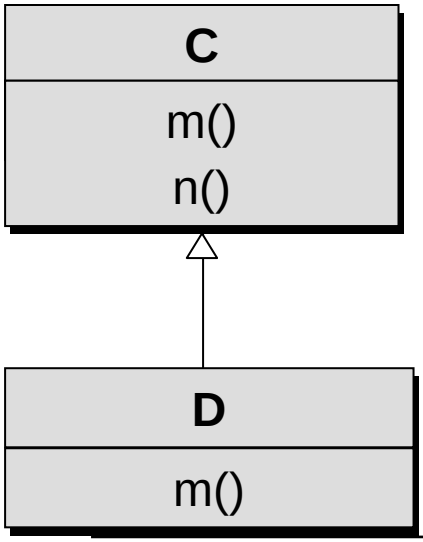
  - Zur **Laufzeit** suche die speziellste Klasse `C` mit einer Methoden**deklaration** mit Namen `m` und Parametertypen $P_1,...,P_n$, so daß `C` allgemeiner oder gleich `D` ist. Wähle diese **Methodendeklaration** für den Aufruf.

# Vererbungspolymorphie und dynamisches Binden

- **Dynamisches Binden**

  Methodenaufruf in Java von $o.m(a_1,...,a_n)$ mit $o$ vom statischen Typ $D$ und $a_1,...,a_n$ vom Typ $T_1,...,T_n$.

  - Ein Methodenkopf $R\ m(P_1,...,P_n)$ der Klasse C heißt **anwendbar** auf $o.m(a_1,...,a_n)$, wenn $C$ gleich $D$ oder allgemeiner als $D$ ist und wenn jedes $P_i$ gleich $T_i$ oder allgemeiner als $T_i$ ist (für i=1,...,n).



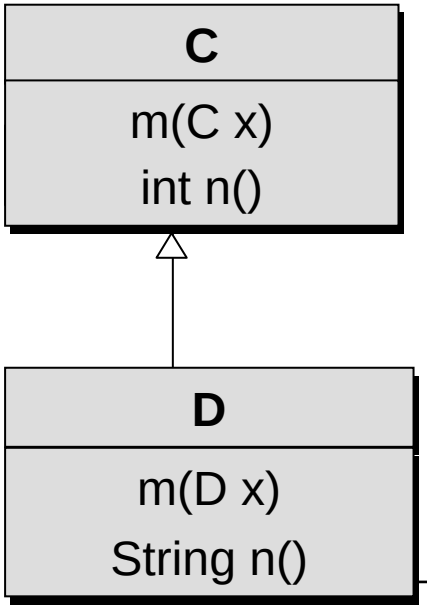

```
C c = exp1; D d = exp2;
c.m();          //m in C anwendbar auf c.m()
                // aber m in D nicht anwendbar auf c.m()
d.n();          //n in C anwendbar auf d.n()
d.m();          //m in C und D beide anwendbar auf d.m()
                //m(D x) ist spezieller als m(C x)
```

# Vererbungspolymorphie und dynamisches Binden

- **Dynamisches Binden**

  Methodenaufruf in Java von `o.m(`$a_1$`,...,`$a_n$`)` mit `o` vom statischen Typ `D` und $a_1,...,a_n$ vom Typ $T_1,...,T_n$.

  - Ein Methodenkopf `R m(`$P_1$`,...,`$P_n$`)` der Klasse C heißt **anwendbar** auf `o.m(`$a_1$`,...,`$a_n$`)`, wenn `C` gleich `D` oder allgemeiner als `D` ist und wenn jedes $P_i$ gleich $T_i$ oder allgemeiner als $T_i$ ist (für i=1,...,n).

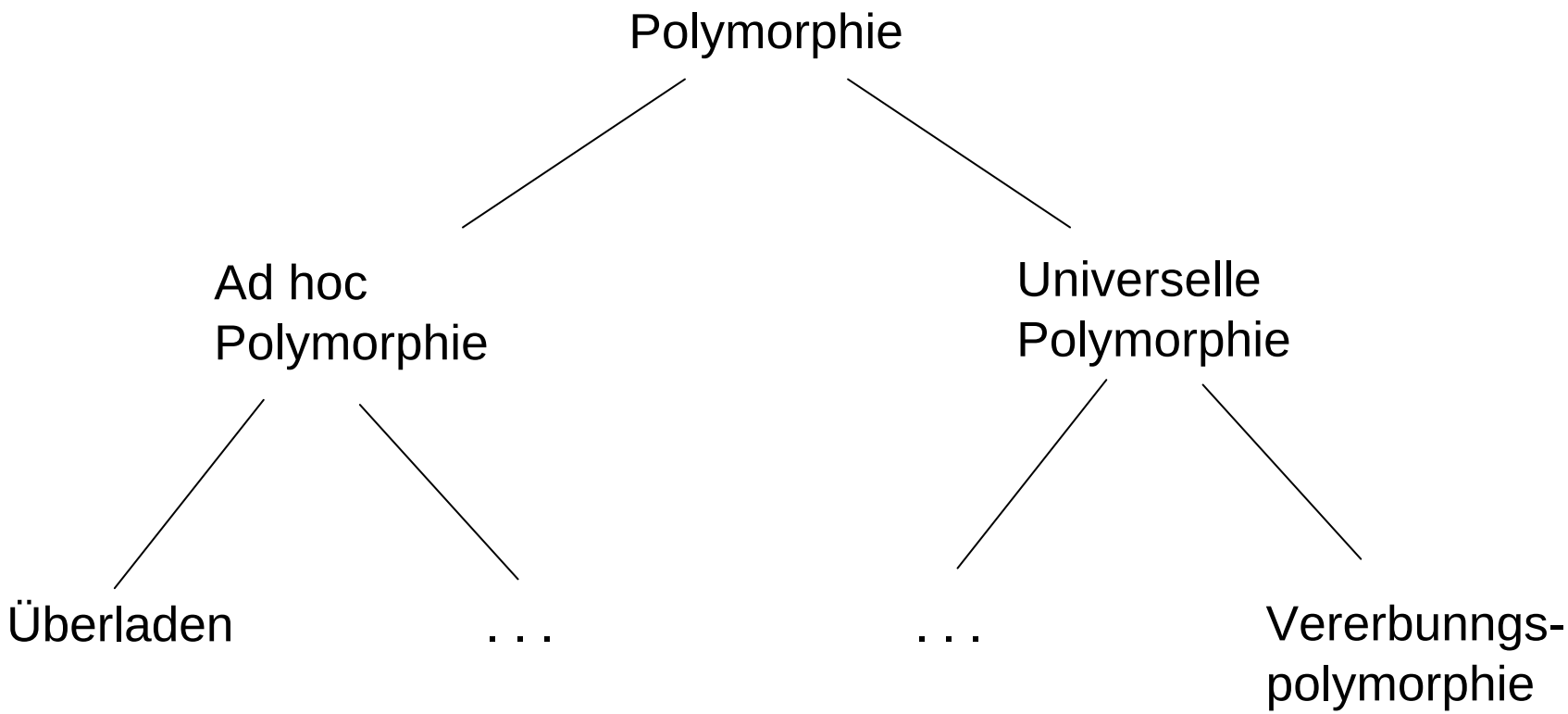



```
C c = exp1;
D d = exp2;
d.m(c);          //m(C x) in C anwendbar auf d.m(c), aber nicht m(D x) in D
int a = d.n();   // int n() in C anwendbar aber nicht String n()
d.m(d);          //beide m (in C und D) anwendbar auf d.m(d)
```

# Vererbungspolymorphie und dynamisches Binden

- **Dynamisches Binden**
  - Zur **Übersetzungszeit** wird zunächst der *speziellste* Methodenkopf `R m(Q1,..., Qn)` bestimmt, der auf `o.m(a1,...,an)` anwendbar ist.
  - Zur **Laufzeit**
    - bestimme den dynamischen Typ `D1` von `o;`
    - wenn `D1` eine Methodendeklaration `R m(Q1,..., Qn)` enthält, wende diese Methode an;
    - andernfalls suche
      - die speziellste Klasse `C` mit Methoden**deklaration** `R m(Q1,..., Qn)`, so daß `C` allgemeiner oder gleich `D1` ist und
      - wähle diese **Methodendeklaration** für den Aufruf.

# Formen der Polymorphie



# Formen der Polymorphie

- **Polymorphie**: aus dem Griechischen: „vielgestaltig“
- **Überladen**

  2 oder mehrere Operationen mit demselben Namen, aber verschiedener Implementierung und Semantik

  **Beispiel:** Addition auf ganzen Zahlen und Gleitpunktzahlen
- **Vererbungspolymorphie**:

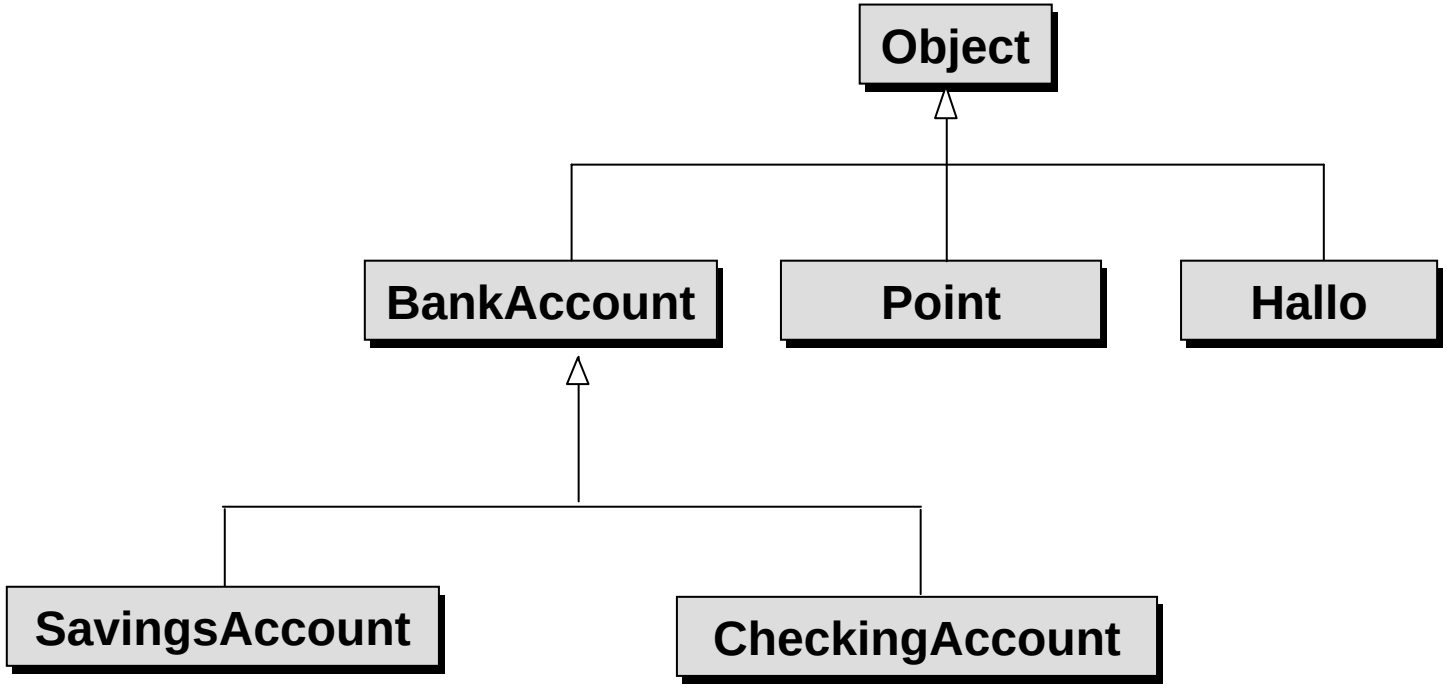
  Eine Methode der Klasse `C` kann auch von Objekten eines Subtyps von `C` aufgerufen werden.

  **Beispiel:** deposit von `BankAccount` kann auch von Instanzen von `SavingsAccount` aufgerufen werden.

# Die Klasse `Object`

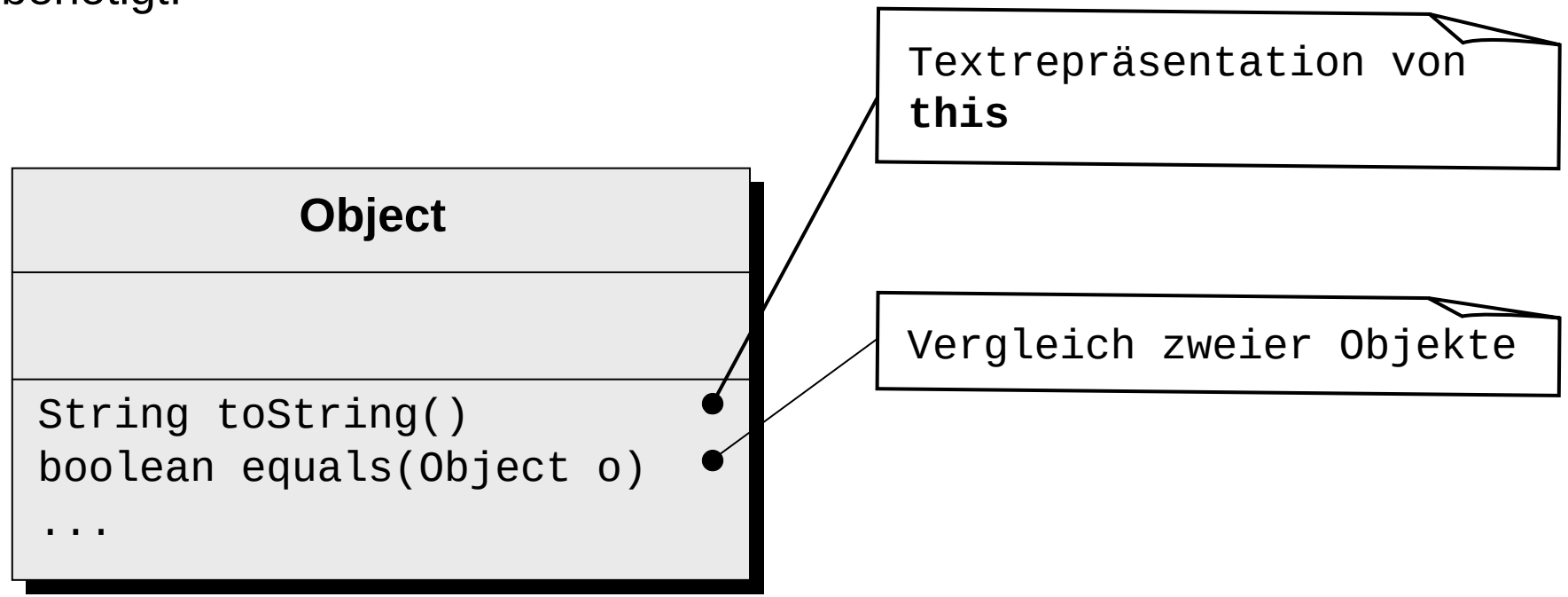
`Object` ist die allgemeinste Klasse in Java. Alle Klassen sind Erben von `Object`.

**Beispiel**



# Die Klasse `Object`

Die Klasse `Object` besitzt u.a. die folgenden Methoden, die man häufig benötigt:



# Die Klasse `Object`

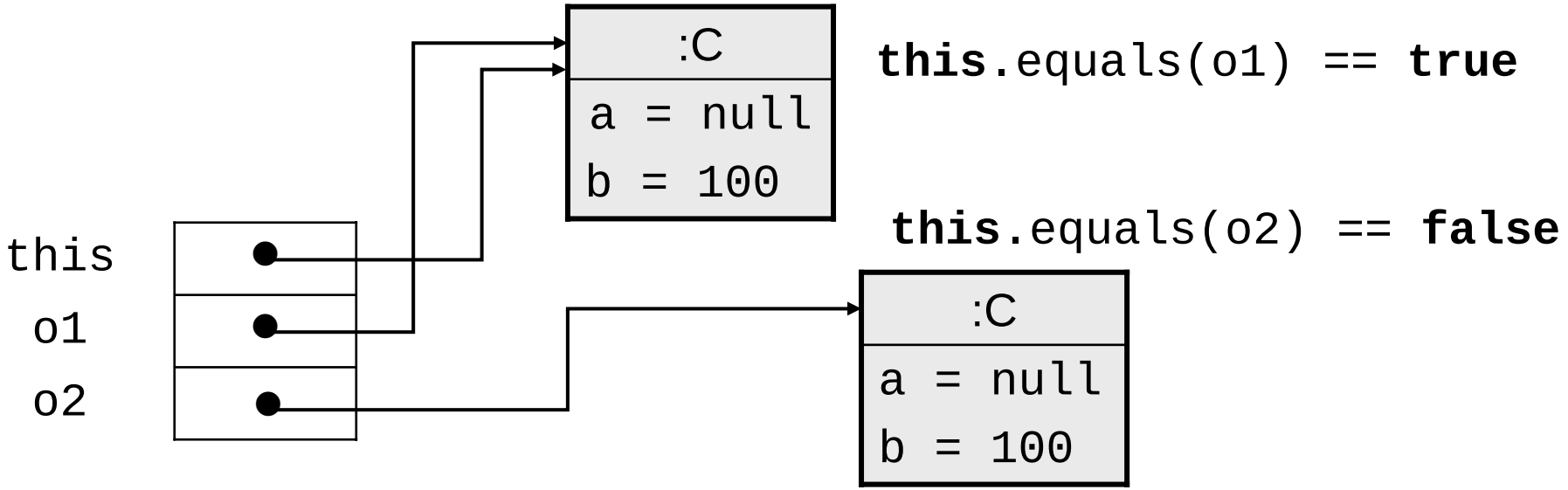
- `String toString()`: Die `toString`-Methode erzeugt eine Textrepräsentation einer Klasse. Im Allgemeinen ist es nötig, für selbstdefinierte Klassen eine `toString`-Methode zu definieren.

**Beispiel:** `BankAccount`

```
String toString()
{
  return „BankAccount[balance is „ + balance + „]“;
}
```

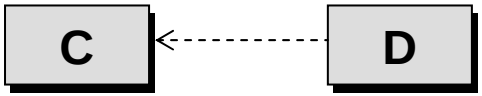
# Die Klasse `Object`

- **`boolean`** `equals(Object o):` `equals` vergleicht die Objektreferenzen von **`this`** und o. Im Allgemeinen ist es nötig, für selbstdefinierte Klassen eine `equals`-Methode zu definieren, wenn die Attributwerte und nicht Objektreferenzen verglichen werden sollen.

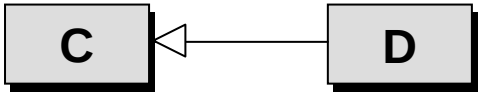


# Zusammenfassung (I)

- Die Abhängigkeitsbeziehung gibt an, dass `D` Symbole der Klasse `C` verwendet.




- Die Vererbungsbeziehung hat folgende Eigenschaften:



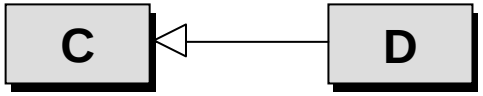

Für Variablen gilt:

a) Jedes Attribut von `C` ist automatisch Attribut von `D`. Möglicherweise kann man aber auch von `D` nicht direkt darauf zugreifen!

b) Ein neu definiertes Attribut von `D` ist nicht Attribut von `C`.

c) Einer lokalen Variablen oder einem Parameter der Klasse `C` kann ein Objekt der Klasse `D` zugewiesen werden (aber nicht umgekehrt, dazu ist ein gültiger Cast nötig!)

# Zusammenfassung (II)




Für Methoden gilt:

a) Jede Methode von `C` ist automatisch eine Methode von `D` und kann daher mit Objekten von `D` aufgerufen werden (Vererbungspolymorphie). Eine Methode von `D` kann aber nicht von einer lokalen Variablen vom Typ `C` aufgerufen werden.

b) Soll in einem Methodenrumpf auf die Methode der Superklasse zugegriffen werden, verwendet man spezielle Variable **`super`**.

c) In der Subklasse `D` können Methoden redefiniert werden. Solche Methoden müssen im UML-Diagramm der Klasse `D` explizit genannt werden.

d) Beim Methodenaufruf wird die passende Methodenimplementierung zur Laufzeit ausgewählt (dynamisches Binden) .