2. Einsatz von Vererbung, Übersicht

Vererbung ist ein **Konzept und Mechanismus** in objektorientierten Programmiersprachen (Abschnitt 2.1)

Sie wird eingesetzt für unterschiedliche **Zwecke des konzeptionellen Entwurfs** und für unterschiedliche **Zwecke der Programmentwicklung**.

Welchem Zweck eine Vererbungsrelation dient, ist **schwierig am Programmtext zu erkennen**.

Einsatzzweck Entwurfskonzepte:	**Einsatzzweck Programmentwicklung:**
2.2 Abstraktion	2.6 Inkrementelle Weiterentwicklung
2.3 Spezialisierung	2.7 Komposition statt Vererbung
2.4 Rollen, Eigenschaften	2.8 Weitere Techniken
2.5 Spezifikation	

siehe auch [Antero Taivalsaari: On the Notion of Inheritance, ACM Computing Surveys, Vol. 28, No. 3, September 1996]

2.1 Mechanismen und Konzepte
Mechanismen der Sprache

- **Unterklasse** S zur Oberklasse A bilden: **subclassing**
- transitive Vererbungsrelation bildet **Klassenhierarchie**
- Unterklasse kann **Methoden und Datenattribute** ihrer Oberklassen **erben**
- Unterklasse kann **zusätzliche Methoden und Datenattribute definieren**
- Unterklasse kann **Methoden** ihrer Oberklassen **überschreiben**

- **Schnittstelle für Methoden spezifizieren**: abstrakte Methode
- **Methodenschnittstelle** durch konkrete Methode **implementieren**

- **Schnittstelle für Klassen spezifizieren**: Interface
- **Klasse implementiert** die für sie spezifizierten **Schnittstellen**

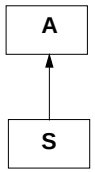
- **polymorphe Variable** haben statischen Typ T und können Objektreferenzen anderer Typen S aufnehmen. S ist Unterklasse von T oder S implementiert die Schnittstelle T

Konzeptionelle Begriffe

Vererbung bewirkt gleichzeitig **Erweiterung** der Funktionalität und **Einschränkung** der Verwendbarkeit

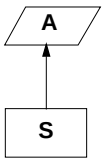
```
class PinBallGame extends Frame { ... }
```

Überschreiben einer Methode mit einer anderen kann dieFunktionalität **verändern**.
Erschwert es, die konzeptionelle Bedeutung der Methode zu verstehen.
Missbrauch ist möglich.



Ersetzbarkeit (substitutability):
Objekte einer Klasse **S** sind in Kontexten verwendbar,
wo Objekte der Klasse **A** benötigt werden.
Abweichungen vom Verhalten, das für **A** definiert ist, sind nicht beobachtbar.

Untertypen (subtyping):
wie Ersetzbarkeit, aber ausgedrückt durch Typen:
Eine Variable vom Typ **A** kann **S**-Werte aufnehmen.
Verhaltensabweichungen sind nicht beobachtbar.



Untertypeigenschaft ist **technisch immer erfüllt** für
Unterklasse **S** zur Oberklasse **A**, Klasse **S** zum Interface **A**

Untertypeigenschaft ist **konzeptionell** in diesen Fällen **nicht immer erfüllt**,
z. B. wenn die Definition von **S** eine Methode aus **A** durch Überschreiben „eliminiert“.

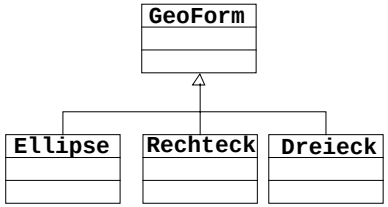
Kriterien zur Anwendung von Vererbung

Nach [Coad, North, Mayfield], rigorose Kriterien **gegen freizügige Vererbung:**

1. **is-a Beziehung** muss gelten: Unterklasse S ist eine besondere Art der Oberklasse A
   führt zum **Paradigma Abstraktion** (siehe 2.2)
   Beispiel: Kaufvertrag, Mietvertrag, Darlehensvertrag sind **Arten von** Verträgen
2. Objekte **gehören der Unterklasse für immer an**, sie wechseln nicht in eine andere Klasse
   Gegenbeispiel: Kaulquappe wird erwachsener Frosch; führt zu Rollen (2.4) statt Unterklassen
3. **Unterklasse erweitert** die Fähigkeiten der Oberklasse, sie **entfernt keine** und **ändert keine**
   Gegenbeispiel: Stack durch Vektor implementiert; besser: Implementierung mit Komposition
4. Die Relation „A spielt eine **Rolle** S“ **nicht** durch Unterklasse S modellieren
   sondern durch Rollen (siehe 2.4)
   Beispiel: Person spielt Rolle Student, oder Rolle Assistent - oder beide!
5. **Nicht** Unterklasse S aus A bilden, nur weil die **Funktionalität von A gut nutzbar** ist
   Beispiel: Stack durch Vektor implementiert
6. **has-a Beziehung nicht** durch Unterklasse implementieren sondern durch **Komposition**
   Beispiel: Auto hat ein Antriebsaggregat
7. **Komposition** bewahrt die **Kapselung** der Klasse, **Vererbung öffnet** sie zur Unterklasse hin

2.2 Abstraktion

Unterklassen modellieren
verschiedene Arten eines abstrakten Konzeptes
(„ist spezielle Art von“, „is-a“)

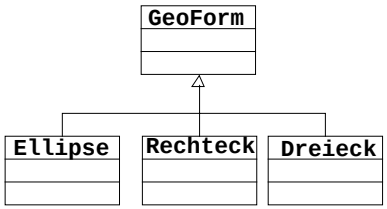


Beispiele:
verschiedene Arten von geometrischen Formen,
verschiedene Arten von Dokumenten,
Strukturbäume in Übersetzern,
Design Pattern **`Composite`**

Einteilung in **disjunkte Objektmengen der Unterklassen**,
kein Objekt ist zugleich in mehreren der Unterklassen
führt zu **Hierarchiebaum.**
Man muss jede Ebene vollständig kennen!
vergleiche: Klassifikation in der biologischen Systematik
Gegenbeispiele:
Fahrzeuge <- Landfahrzeuge, Wasserfahrzeuge <- Amphibienfahrzeuge
Schnabeltier: eierlegendes Säugetier
signalisieren Entwurfsfehler:
nicht durch Mehrfachvererbung lösen, sondern durch Rollen

alle **inneren Klassen der Hierarchie sind konzeptionell abstrakt**,
Objekte nur zu den Blattklassen

Entwurf mit dem Paradigma Abstraktion



1. **Operationen, die allen Arten gemeinsam sind**,
   als Methoden mit ihren Datenattributen in der Oberklasse zusammenfassen,
   z. B. Operationen auf Koordinaten der Formen
2. **Operationen, die konzeptionell Gleiches leisten**,
   aber unterschiedliche Ausprägungen haben,
   als **Methoden-Schnittstellen** (abstrakte Methoden) in die Oberklasse,
   z. B. Flächenberechnung
3. Bei strenger Anwendung des Paradigmas **kommt Überschreiben nicht vor**,
   wohl aber **Implementierung abstrakter Methoden;**
   Ausnahmen z. B. Überschreiben zur Spezialisierung von „Service-Methoden“
4. Beim Entwurf muss **eine Hierarchieebene hinreichend vollständig** bekannt sein;
   sonst müssen die Abstraktionsentscheidungen beim Zufügen neuer Klassen revidiert werden.
   Beispiel: wenn zu den Formen noch Linien hinzukommen, ist Flächenberechnung fragwürdig
5. Entwurf meist **bottom-up, um die Funktionalität zu explorieren**

Achtung: Spezialisierung in **eine** Unterklasse ist ein anderes Paradigma (siehe 2.4)

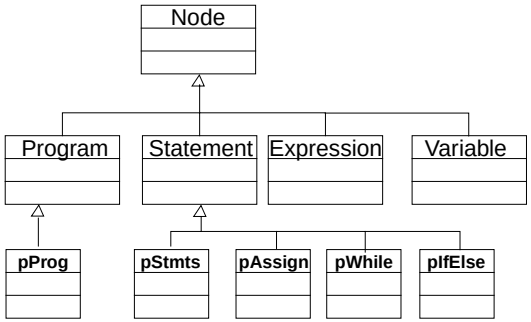
Strukturbäume zu Grammatiken

Kontext-freie Grammatik definiert Baumstrukturen (abstrakte Syntax)
Beispiel:

pProg:	Program	::= Statement
pStmts:	Statement	::= Statement Statement
pAssign:	Statement	::= Variable Expression
pWhile:	Statement	::= Expression Statement
pIfElse:	Statement	::= Expression Statement Statement

2-mal Paradigma Abstraktion:
1. alle Nichtterminalklassen abstrahiert zu Node
2. die alternativen Produktionen eines Nichtterminals N abstrahiert zu N

3-stufige Klassenhierarchie:



allgemeine Knotenklasse
abstrakte Methode zum Baumdurchlauf

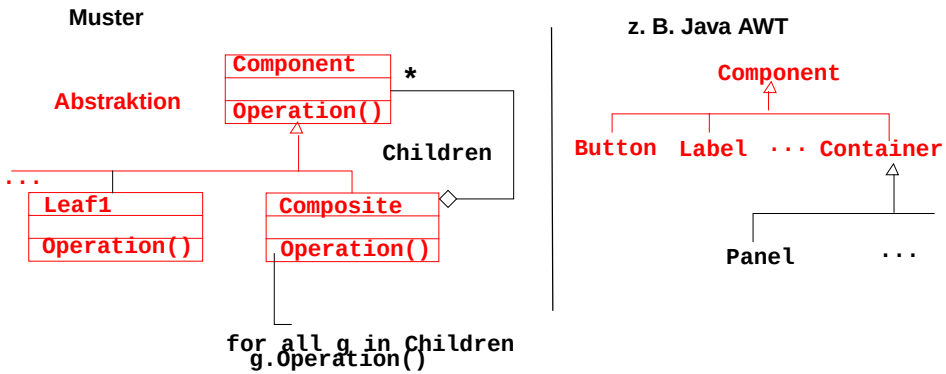
Nichtterminalklassen
Methoden zum Setzen/Lesen spezieller Attribute,
z. B. Typ von Expression

Produktionenklassen
Unterbäume,
Methoden zum Durchlauf,
Attributberechnung

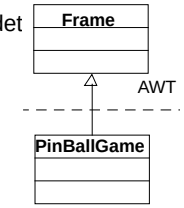
Design Pattern `Composite`

Komposition zusammengesetzter Strukturen
aus einfachen Komponenten unterschiedlicher Art, auch rekursiv.

Abstraktion der Blattklassen und **`Composite`**-Klasse zur Klasse **`Component`**



2.3 Spezialisierung



Zu einer gegebenen Oberklasse wird **eine spezialisierte Unterklasse** gebildet

1. **Echte Erweiterung** der Oberklasse im Sinne der **Ersetzbarkeit**;
   die Unterklasse fügt spezifische Operationen hinzu.
   Die **is-a-Relation gilt**.
2. Die Oberklasse realisiert ein **komplexes Konzept**.
3. Es kommt in **anwendungsspezifischen Ausprägungen** vor.
4. Die Oberklasse liefert umfangreiche Funktionalität

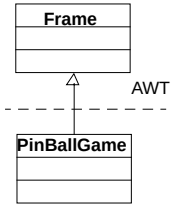
Wiederverwendbarkeit ist sorgfältig **geplant**, sehr **aufwändig**, sehr **wirksam**

5. Balance zwischen **mächtiger Funktionalität und vielfältiger Verwendbarkeit**,
6. vorbereitete **Erweiterungsstellen**: Unterklasse impl. Methoden, Oberklasse ruft sie auf
   Techniken z.B. abstr. Methoden, Reaktion auf Ereignis, Verfahren an Sichnittstelle einsetzen
7. Die Oberklasse ist häufig zusammen mit **verwandten Konzepten** Teil eines
   objektorientierten Programmgerüstes (Framework), z. B. Java's AWT

Abgrenzung:

- zu *Abstraktion*: dort bottom-up, hier top-down; dort ganze Hierarchieebene, hier einzeln
- zu *inkrementeller Weiterentwicklung*: dort nicht Ersetzbarkeit, nicht is-a, Erweiterung ad hoc

`Frame` Beispiel für Spezialisierung



Oberklasse **`Frame`** aus Java's AWT-Framework für Benutzungsoberflächen

Konzept:

1. Bildschirmfenster mit Bedienungsrahmen,
2. Fläche zum Aufnehmen und Anordnen von Bedienungselementen und
3. zum Zeichnen.

Umfangreiche **Funktionalität**:

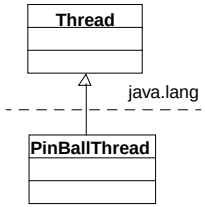
4. Zeichnen von Fenster mit Inhalt,
5. Verändern des Fensters und des Rahmens,
6. Anordnen von Bedienungskomponenten

Erweiterungsstellen:

7. leere Methode **`paint`** zum Zeichnen,
   wird in Unterklasse überschrieben und aus dem Framework aufgerufen,
8. Einstellen der Strategie zur Anordnung der Bedienelemente (**`LayoutManager`**)
9. Ereignisbehandlung ist vorbereitet, ausfüllen mit **`EventListener`**

`Frame` in der AWT-Framework **zusammen mit anderen `Container`-Klassen**
(**`Panel, ScrollPane`**, ...)

`Thread` als Beispiel für Spezialisierung



Oberklasse **`Thread`** im Paket **`java.lang`**

Konzept: parallel ausführbarer, leichtgewichtiger **Prozess**

umfangreiche **Funktionalität**:

- Prozesse starten, anhalten, synchronisieren,
- Prozessverwaltung mit Scheduler und Prozessumschaltung

Erweiterungsstelle:
leere Methode **`run`** für den Prozess-Code,
wird von der Unterklasse überschrieben und vom System aufgerufen.

2.4 Rollen, Eigenschaften
2.4.1 Werkzeug-Material-Paradigma (statisch)

Rolle:
Fähigkeit in bestimmter Weise zu (re)agieren.
Verkäufer: anbieten, liefern, kassieren

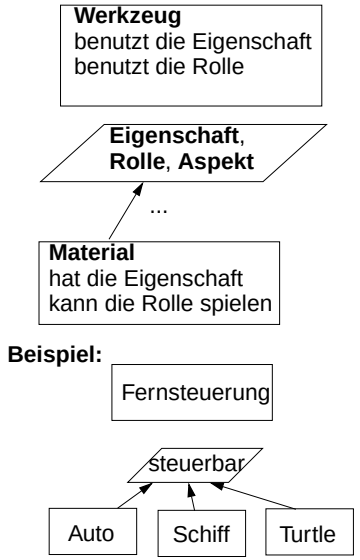
Eigenschaft:
Fähigkeit in bestimmter Weise zu (re)agieren.
Steuerbar: starten, anhalten, wenden

Rollen und Eigenschaften als **Schnittstellen**:

Spezifikation von Rollen oder Eigenschaften
entkoppelt die Entwicklung von Werkzeugen und Material:
Zusammenfassen charakteristischer Fähigkeiten oder Operationen

Werkzeug sieht Objekte nur in Ihrer Rolle

Rollen entkoppeln Software-Module:
Neue Werkzeuge, neues Material können bei der Entwicklung zugefügt werden



Rollen, Eigenschaften spezifiziert durch Interfaces

Die **Fähigkeiten** einer Rolle, einer Eigenschaft werden als **Methodenspezifikationen** in einem **Interface zusammengefasst**:

```
interface Movable
{  boolean start (); void stop (); boolean turn (int degrees); }
```

Material-Klassen haben Eigenschaften, können Rollen spielen;
sie implementieren das Interface und ggf. weitere Interfaces:

```
class Turtle implements Movable
{  public boolean start () {...}
   // Implementierung von stop und turn sowie weiterer Methoden ...
}
class Car implements Movable, Motorized
{ // Implementierung der Methoden aus Movable und Motorized, sowie weiterer ...
}
```

In **Werkzeug-Klassen** werden Interfaces als **Typabstraktion** verwendet und
werden die spezifizierten Fähigkeiten benutzt, z. B. innerhalb der Klasse zur Fernsteuerung:

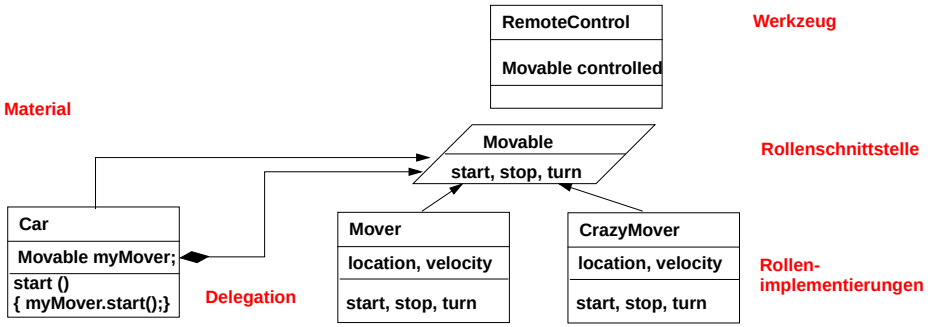
```
Movable vehicle;... vehicle = new Car();... vehicle.turn(20);...

void drive (Movable vehicle, Coordinate from, Coordinate to)
{  vehicle.start (); ... vehicle.turn (45); ... vehicle.stop (); }
```


2.4.2 Delegation an implementierte Rolle (dynamisch)

Manche **Rolle** kann man **implementieren** - unabhängig von den Klassen, die die Rolle spielen.

Delegation vermeidet die wiederholte Implementierung der Rollenschnittstelle in jeder der *Material-Klassen*.

Rollenschnittstelle wird weiterhin für die Werkzeuge benötigt.



Dynamisch wechselnde Rollen sind so realisierbar, z. B.
Nach Zusammenstoß wird das Mover-Objekt durch ein CrazyMover-Objekt ersetzt.
In der Frog-Klasse wird das Kaulquappen-Verhalten durch ein Frosch-Verhalten ersetzt.

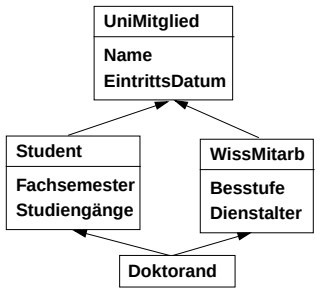
Rollen statt Abstraktion

Häufiger **Entwurfsfehler**: **„hat-Rollen“ als nicht-disjunkte Abstraktion** modelliert

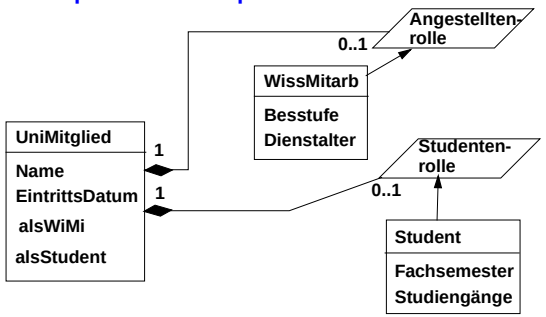
Symptome: „is-a“ gilt nicht; mehrere Rollen können zugleich oder nacheinander gespielt werden

Einsatz von Mehrfachvererbung verschlimmert das Problem

schlecht:
nicht-disjunkte Abstraktion



gut:
Komposition mit implementierten Rollen

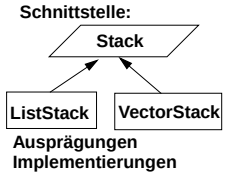


schlecht „Abstraktion für hat-Rollen“:
bei mehreren „Rollen-Klassen“ wird eine große Anzahl von „Kombinationsklassen“ benötigt,
mehrere Rollen sind nicht zugleich möglich,
dynamisch zugeordnete Rollen sind nicht möglich.

2.5 Spezifikation

Ein **abstraktes Konzept wird durch eine Schnittstelle spezifiziert**;
z. B. das Konzept Keller

```
public interface Stack
{  void push (Object x);   void pop();
   Object top ();          boolean isEmpty();
}
```



Konkrete Ausprägungen oder **Implementierungen** des Konzeptes durch Klassen,
die die Schnittstelle implementieren.

Ziel: **Entkopplung** der Entwicklung von Anwendungen und Realisierungen

Gleiches Prinzip:
abstrakte Klasse statt Interface, mit Methodenschnittstellen und implementierten Methoden

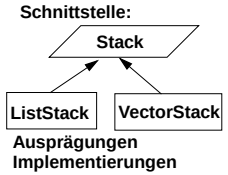
Vergleich zu **Spezialisierung**:
Spezifikation betont die Schnittstelle (keine oder wenige implementierte Methoden),
Spezialisierung betont das Wiederverwenden der Implementierung in der Oberklasse

Abgrenzung gegen **Abstraktion**:
Spezifikation: top-down, Ausprägungen werden **einzeln** entwickelt

Abgrenzung gegen **Rollen**:
Spezifikation: eine konkrete Ausprägung gehört zu nur **einem** abstrakten Konzept
Rollen: eine Materialklasse kann **mehrere** Rollen spielen

Beispiele für Spezifikation

1. **Spezifikation einer Datenstruktur** (z. B. Stack),
   um ihre Implementierungen zu entkoppeln



2. **Ereignisbehandlung** in der AWT-Bibliothek für
   Benutzungsoberflächen:

```
interface ActionListener
{ void ActionPerformed (ActionEvent e); }
```

   Bei komplexeren Schnittstellen (z. B. **`MouseListener`**) auch
   abstrakte Klasse (**`MouseAdapter`**) mit Default-Implementierungen der Methoden.

3. **Abstraktes Konzept „arithmetische Typen“**
   mit arithmetischen Operationen +, -, *, /, zero, one, ..:

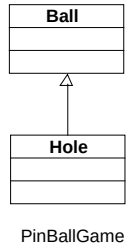
   Einige konkrete Ausprägungen:
   `Integer, Long, Float, Double, Polynom, Matrix, ...`

   `Number` in der Bibliothek java.lang könnte so definiert sein.

   Grenzfall zum Paradigma „Abstraktion“

2.6 Inkrementelle Weiterentwicklung

Die **Funktionalität** einer Oberklasse wird **genutzt**, um sie zu einer neuen Unterklasse **weiterzuentwickeln**.



PinBallGame

Mit **geringem Entwicklungsaufwand** wird etwas Neues geschaffen.

Die **Anforderungen der Spezialisierung** (2.3) brauchen
nicht alle erfüllt zu werden:

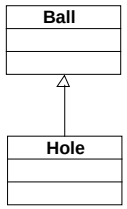
1. Das **Konzept** der Oberklasse (sie ist meist konkret)
   braucht für die Unterklasse nicht mehr zu gelten.
2. Die i**s-a-Relation** braucht nicht zu gelten.
3. Konzeptionell braucht „**subtyping**“ nicht erfüllt zu sein.
4. Die Unterklasse braucht sich **nicht auf Erweiterungen zu beschränken**;
   durch Überschreiben können **Methoden konzeptionell verändert oder gelöscht** werden.
5. Diese **Wiederverwendung** der Oberklasse ist **so nicht geplant** worden.

Meist zeigt die inkrementelle Weiterentwicklung **Probleme wegen unpassender**
Konzepte, Methoden, Methodennamen, Methodensignaturen, Implementierungen, ...

Meist ist die bessere Lösung **Komposition statt Vererbung**:
Ein Objekt der neuen Klasse nutzt ein Objekt der gegebenen Klasse
zur Implementierung seiner Funktionalität.

Beispiel für inkrementelle Weiterentwicklung

Die Klasse **`Ball`** in den Fallstudien des Buches von Budd realisiert das
Konzept von Bällen, die sich in der Ebene bewegen.
Sie hat Methoden, die Eigenschaften (Ort, Farbe, Geschwindigkeitsvektor)
lesen und schreiben und den Ball zeichnen.



PinBallGame

Im **`PinBallGame`** werden **Löcher als Hindernisse** benötigt.
Man kann sie einfach aus der Klasse **`Ball`** **durch Vererbung entwickeln**:

```
class Hole extends Ball implements PinBallTarget
{   public Hole (int x, int y)
    {   super (x, y, 12); setColor (Color.Black); }

    public boolean intersects (Ball aBall)
    {   return location.intersects (aBall.location); }

    public void hitBy (Ball aBall)
    {   aBall.moveTo (0, PinBallGame.FrameHeight+30);
        aBall.setMotion (0, 0);
    }
}
```

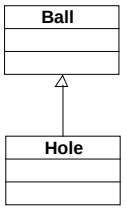
Die Implementierung ist **beeindruckend kurz und einfach**.
Sie erbt **`move`**, **`paint`**, Zugriffsmethoden, ...

Das **Konzept** „Loch“ unterscheidet sich vom Konzept „beweglicher Ball“;
is-a gilt nicht, **subtyping** gilt nicht konzeptionell.

Es wird **nur erweitert**; die **unnötige „Beweglichkeit** von Löchern“ wird in Kauf genommen.

T. Budd: *Inheritance for Construction*

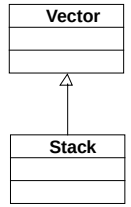
T. Budd: Understanding Object-Oriented Programming with Java;updated ed; Addison Wesley,2000
pp. 129, 130, 164ff



PinBallGame

„A class can often **inherit almost all of its desired functionality** from a parent class, perhaps changing only the names of the methods used to interface to the class, or modifying the arguments. This may be true even if **the new class and the parent class fail to share any relationship as abstract concepts**.

An example of subclassification for construction ocurred in the pinball game application described in Chapter 7. In that program, the class **`Hole`** was declared as a subclass of **`Ball`**. There is **no logical relationship between the concepts of a `Ball` and a `Hole`**, but from a practical point of view much of the behavior needed for the **`Hole`** abstraction matches the the behavior of the class **`Ball`**. Thus using inheritance in this situation **reduces the amount of work** necessary to develop the class **`Hole`**.“



`java.util`

Similar explanations are given on p.130 for class **`Stack`** derived from **`Vector`**.

In Sect. 10.2, 10.3 (pp. 164) Budd discusses composition versus inheritance:

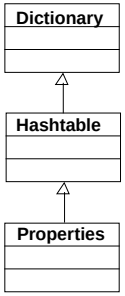
„But **composition** makes no explicit or implicit claims about substitutability. When formed in this fashion, the data types **`Stack`** and **`Vector`** are entirely distinct and neither can be substituted in situations where the other is required.“

Schlechte inkrementelle Weiterentwicklung

`java.util.Dictionary` spezifiziert das **abstrakte Konzept** einer als **Abbildung** organisierten **Menge von Paaren** (Key, Element).
Key und Element sind **beliebige Objekte**. Signatur zweier Methoden:

```
Object put (Object key, Object elem);
Object get (Object key);
```

`Hashtable` implementiert das abstrakte Konzept **`Dictionary`**.



java.util

`Properties` ist eine **inkrementelle Weiterentwicklung** aus **`Hashtable`**; realisiert dasselbe Konzept wie **`Dictionary`**,
aber - Key und Element sind beide **`String`-Objekte**,
- hat **zusätzliches Konzept**: vielstufige Suche in Default-**`Properties`**

Probleme:

1. Mit **`Hashtable`**-**`put`** können auch nicht **`String`**-Paare eingefügt werden; in Java 1.2 wird eine **`Properties`**-Methode **`setProperty`** für **`String`**-Paare nachgeliefert.
2. Ergebnisse von **`Hashtable`**-**`get`** sind nicht notwendig Strings; deshalb gibt es eine **`Properties`**-Methode **`getProperty`** für **`String`**-Paare, seit Java 1.2 zeigt sie auch nicht-**`String`**-Paare nicht an.
3. **`getProperty`** sucht ggf. auch in der Default-Menge, **`get`** tut das nicht.
4. **Geerbte Methoden passen nicht**. **Chaos!!** Bei **Komposition statt Vererbung** könnte man sie anpassen!

Eigene und geerbte Methoden von Properties

Method Summary	
String	**getProperty**(String key) Searches for the property with the specified key in this property list.
String	**getProperty**(String key, String defaultValue) Searches for the property with the specified key in this property list.
void	**list**(PrintStream out) Prints this property list out to the specified output stream.
void	**list**(PrintWriter out) Prints this property list out to the specified output stream.
void	**load**(InputStream inStream) Reads a property list (key and element pairs) from the input stream.
Enumeration	**propertyNames**() Returns an enumeration of all the keys in this property list, including the keys in the default property list.
void	**save**(OutputStream out, String header) **Deprecated.** *This method does not throw an IOException if an I/O error occurs while saving the property list. As of JDK 1.2, the preferred way to save a properties list is via the `store(OutputStream out, String header)` method.*
Object	**setProperty**(String key, String value) Calls the hashtable method `put`.
void	**store**(OutputStream out, String header) Writes this property list (key and element pairs) in this `Properties` table to the output stream in a format suitable for loading into a `Properties` table using the `load` method.

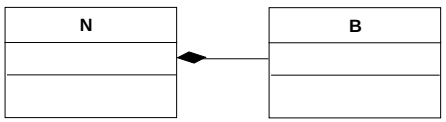
Methods inherited from class java.util.Hashtable
clear, clone, contains, containsKey, containsValue, elements, entrySet, equals, get, hashCode, isEmpty, keys, keySet, put, putAll, rehash, remove, size, toString, values

aus Version 1.2 of Java Platform API Specification, Copyright 1993-1998 Sun Microsystems

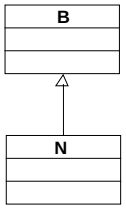
2.7 Komposition statt Vererbung

Gründe für die Bildung einer **neuen Klasse N** aus einer **bestehenden Klasse B** durch **Komposition** statt durch Vererbung:

1. Objekt der Klasse N **enthält** Objekt(e) der Klasse B; has-a-Relation statt is-a-Relation
2. N-Objekte **spielen B-Rollen**.
3. N realisiert ein **anderes Konzept** als B (kein subtyping).
4. Einige **Methoden aus B passen schlecht** für N („entfernen“, kein subtyping)
5. Die **Implementierung** von N durch B soll **nicht öffentlich** gemacht werden.
6. **Delegation** von Methoden der Klasse N an B-Objekte **entkoppelt** die Implementierungen.



Komposition



Vererbung

Vergleich: Stack als Unterklasse von Vector

Beide Klassen sind im Package **`java.util`** deklariert:

```
class Vector
{  public boolean isEmpty () { ... }
   public int size () { ... }
   public void addElement (Object value) { ... }
   public Object lastElement () { ... }
   public Object removeElementAt (int index) { ... }
   ...  viele weitere Methoden (-> OOP-2.23a)
}

class Stack extends Vector
{  public Object push (Object item)
   {addElement(item); return item;}

   public Object peek ()
   { return elementAt (size() - 1); }

   public Object pop ()
   {  Object obj = peek ();
      removeElementAt (size () - 1);
      return obj;
   }
}
```

Stack erbt viele Methoden von Vector

Fields inherited from class java.util.Vector
capacityIncrement, elementCount, elementData

protected

Fields inherited from class java.util.AbstractList
modCount

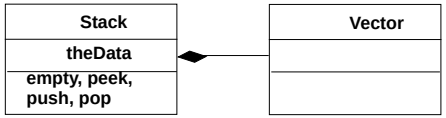
Method Summary	
boolean	**empty**() Tests if this stack is empty.
Object	**peek**() Looks at the object at the top of this stack without removing it from the stack.
Object	**pop**() Removes the object at the top of this stack and returns that object as the value of this function.
Object	**push**(Object item) Pushes an item onto the top of this stack.
int	**search**(Object o) Returns the 1-based position where an object is on this stack.

Methods inherited from class java.util.Vector
add, add, addAll, addAll, addElement, capacity, clear, clone, contains, containsAll, copyInto, elementAt, elements, ensureCapacity, equals, firstElement, get, hashCode, indexOf, indexOf, insertElementAt, isEmpty, lastElement, lastIndexOf, lastIndexOf, remove, remove, removeAll, removeAllElements, removeElement, removeElementAt, removeRange, retainAll, set, setElementAt, setSize, size, subList, toArray, toArray, toString, trimToSize

public!!

Vergleich: Stack implementiert mit Vektor-Objekt

```
class Stack
{  private Vector theData;

   public Stack ()
   { theData = new Vector (); }

   public boolean empty ()
   { theData.isEmpty (); }

   public Object push (Object item)
   {theData.addElement(item); return item;}

   public Object peek ()
   { return theData.lastElement (); }

   public Object pop ()
   {  Object result = theData.lastElement ();
      theData.removeElementAt (theData.size () - 1);
      return result;
   }
}
```



Komposition

Vergleich: Stack - Vector Vererbung - Komposition

1. Stack und Vector sind **unterschiedliche Konzepte**; Vererbung verursacht subtyping-Problem
2. Die **Komposition**slösung ist **einfacher**.
   Vollständige Definition, knapp und **zusammenhängend** an einer Stelle.
3. Die **Vererbung**slösung ist **schwerer zu durchschauen**; auf zwei Klassen verteilt; man muss hin- und herblättern.
   Viele **unnötige und unpassende Methoden** in der Klasse Vektor.
4. Die **Vererbung**slösung ist **kürzer**.
5. In der **Vererbung**slösung wird nicht verhindert, dass **ungeeignete Vector-Methoden** auf Stack-Objekte angewandt werden, z. B. **`insertElementAt`**.
   Die **Schnittstelle** der Stack-Klasse ist **viel zu groß**.
6. Die **Komposition**slösung **verbirgt die Implementierung**stechnik.
   Wir könnten sie ändern (z. B. lineare Liste statt Vector), ohne dass Anwendungen davon betroffen wären.
7. Die Vererbungslösung hat **Zugriff auf `protected` Attribute** der Vector-Klasse (**`elementData, elementCount, capacityIncrement`**) und gibt den Zugriff an Unterklassen weiter. Komposition nutzt nur **`public`**-Zugriff.
8. Die Vererbungsimplementierung ist etwas schneller.

2.8 Weitere Techniken, Varianten in mehreren Dimensionen

Beispiel **`java.io.InputStream`**:

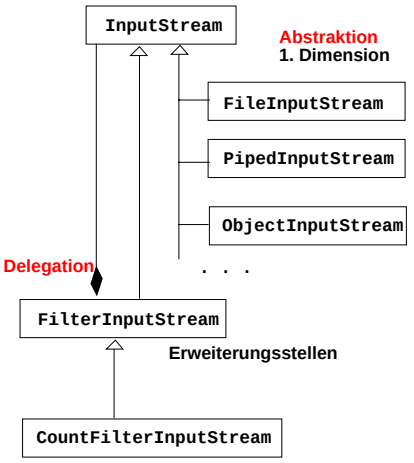
`InputStream` ist ein **abstraktes Konzept** zu verschiedenen Arten von Eingabequellen;
Abstraktion zur 1.Varianten-Dimension

`FilterInputStream` bereitet **Erweiterungsstellen** für die 2. Dimension von Varianten vor:
Delegation an ein **`InputStream`**-Objekt,
Unterklasse von **`InputStream`**
wegen **Spezialisierung**

Spezialisierung zu Varianten der 2. Dimension: Spezielle Filter;
Wiederverwendung der delegierten Methoden

Bei Generierung eines **`CountFilterInputStream`**-Objektes wird ein **Delegationsobjekt übergeben**, das die Eingabequelle festlegt (1. Dimension):

```
new CountFilterInputStream
   (new FileInputStream ("myFile"))
```



Eingebettete Objekte als Agenten

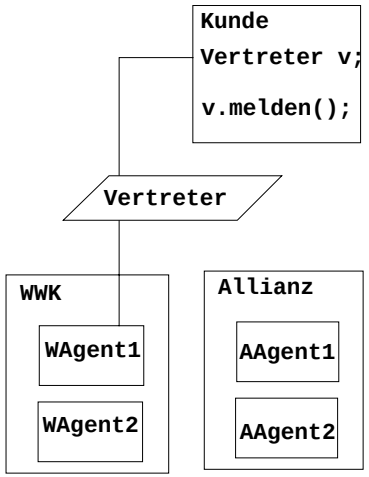
Schema:
Ein **Agent** handelt für ein Institut;
er ist untrennbar **an sein Institut gebunden**;
Kunden **sehen nur den Agenten** - nicht das Institut
Institut - Agent - Kunde
Beispiel: Versicherung - Vertreter - Kunde

Technik: **eingebettete Klassen**

```
interface Vertreter
   { void abschließen(); void melden();}

class Versicherung
{  void regulieren() {...}

   class Agent implements Vertreter
   {  void abschließen () { ... }
      void melden ()
      {... regulieren() ... }
   }
}
```

Schachtelung der Klassen: enge Einbettung der Objekte
Innere Objekte erfüllen global sichtbare Schnittstelle,
sind also außerhalb ihrer Umgebung verwendbar.

Objektbild:

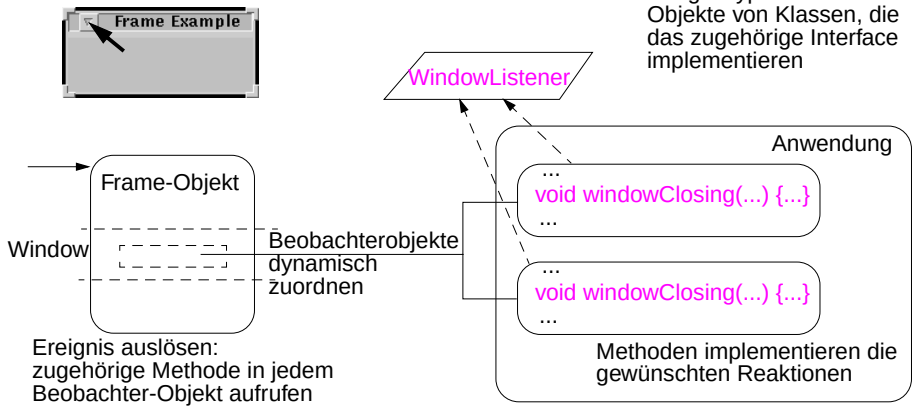


Beispiel: Listener der Ereignisbehandlung

An AWT-Komponenten werden Ereignisse ausgelöst, z. B. ein WindowEvent an einem Frame-Objekt:

„eingebettete Agenten“

Beobachter für bestimmte Ereignistypen:
Objekte von Klassen, die das zugehörige Interface implementieren



Entwurfsmuster „Observer“: Unabhängigkeit zwischen den Beobachtern und dem Gegenstand wegen Interface und dynamischem Zufügen von Beobachtern.