Informatik für IM II

Prof. Dr. Steffen Staab
Dr. Manfred Jackel

Klausur / Klausurvoraussetzungen

- **Klausur: 1. August 2006, 10.00 Uhr**
- **Zulassungsvoraussetzung: 60% der Punkte in den Übungszetteln**
- Jede Woche wird montags nach der Vorlesung ein Übungszettel ausgegeben. Dieser ist bis zum darauf folgenden Montag zu bearbeiten und abzugeben. Die Abgabe erfolgt per E-Mail an inf4ima@uni-koblenz.de und inf4imb@uni-koblenz.de für die Gruppe B, jeweils bis Mo 10h. Die Übungszettel werden dann in den nächsten Übungen am Mittwoch und Donnerstag zurückgegeben und besprochen.
- Der 1. Übungszettel erscheint am 1. Mai, auch wenn die Vorlesung dann ausfällt.

Organisatorisches

- Vorlesung: Mo 10-12, Raum E 113
  Begin: Mo 24.4.2006
- Übungsgruppe A: Mi 14-16, Raum B 017
  Beginn: Mi 26.4.2006
- Übungsgruppe B: Do 10-12, Raum B 013
  Beginn: Do 27.4.2006
- Anmeldung zu den Übungen über MeToo

Organisatorisches

- Literatur:
  W. Küchlin, A. Weber.
  Einführung in die Informatik. Springer
  (identisch mit dem Buch zur Informatik für IM I)
- Sprechstunde: Di 14.30-16.00
- Fragen Sie! Vor allem in der Vorlesung!

Fahrplan für das Sommersemester

- Objektorientierte Programmierung mit Java
  (~ Kap 8)
- Algorithmen und weiterführende Datenstrukturen
  (½ Teil3)
- Technische Informatik
  (~Kap 2)

Kurzwiederholung: Klassen und höhere Datentypen

Objekte, Felder, Methoden, Reihungen, Listen

Klassen

- Eine Klassendeklaration spezifiziert die Bestandteile (**Mitglieder**, *members*), im Wesentlichen Variablen, in Java Felder (*fields*) genannt, und Methoden (*methods*)
  - die **Instanzvariablen** (*instance variables, non-static fields*)
    - aus denen sich Objekte des Typs zusammensetzen
    - Auch Attribute genannt
  - die **Konstruktoren** (*constructors*), mit denen neue Objekte des Typs initialisiert werden
  - die **Instanzmethoden** (*instance methods, non-static methods*) des Datentyps
    - die auf den Objekten operieren
    - Auch Mitgliedsfunktionen (*member functions*) genannt
  - die **Klassenvariablen** (*static fields*)
  - die **Klassenmethoden** (*static methods*)

Objekte, Felder und Methoden

- Ein **Objekt** (*object*) ist eine **Instanz** (*instance*) einer Klasse
- Bei der Erzeugung eines Objekts (mit new) wird auf der Halde (*heap*) ein passendes Stück Speicher angelegt (*allocate*), auf dem neue Inkarnationen der Felder eingerichtet werden
  - Jedes Objekt hat also eigene Werte für die in der Klasse spezifizierten Datenfelder
- Als Methoden hat es die Instanzmethoden seiner Klasse
  - Diese werden jeweils beim Aufruf an ein Objekt gebunden und operieren auf diesem Objekt
  - Wenn sie ein Feld einer Klasse erwähnen, dann ist für die Dauer des Aufrufs die Inkarnation des Feldes im gebundenen Objekt gemeint
    - Die eben beschriebenen Felder und Methoden heißen deshalb auch **Instanzvariablen** (*instance variables*) und **Instanzmethoden** (*instance methods*)
- Daneben gibt es auch **Klassenvariablen** (*class variables*) und **Klassenmethoden** (*class methods*), die nicht an Objekte gebunden sind
  - Im Normalfall meinen wir mit Feldern und Methoden immer Instanzvariablen und Instanzmethoden

Klassendeklaration: Beispiele (1)

1. Wir deklarieren eine Klasse `Messwert2D`, die zwei ganzzahlige Koordinatenwerte mit einem Gleitkommawert verbindet.

```
class Messwert2D {
    int x;      // x-Koordinate
    int y;      // y-Koordinate
    double wert; // Messwert
}
```

`Messwert2D` ist ein reiner Verbundtyp mit Feldern aber ohne Operationen. Die Objekte fungieren als Container, die die Beziehung zwischen Koordinaten und Meßwert ausdrücken, indem sie die Felder verbinden.

Klassenvariable und Klassenmethoden

- Ist ein Feld als static deklariert, so sprechen wir von einer **Klassenvariable** (*class variable*) und dieses Feld ist nur ein einziges Mal in der Klasse repräsentiert
  - Egal wie viele Objekte dieser Klasse instanziiert wurden
- Ist eine Methode als static deklariert, so sprechen wir von einer **Klassenmethode** (*class method*)

Überladen von Methoden

- Objektorientierte Programmiersprachen erlauben üblicherweise das **Überladen** (*overloading*) von Methodennamen
  - Ein Methodenname ist in einer Klasse überladen, falls es in der Klasse mehrere Methoden mit dem gleichen Namen (aber unterschiedlicher Signatur) gibt
  - Dies ist eine Übertragung eines Konzepts, das wir von Funktionen schon kennen
- Gibt es zu einem Aufruf mehrere passende Methodendeklarationen, so wird davon die speziellste ausgewählt
  - Ist diese nicht eindeutig bestimmt, ist der Aufruf unzulässig

Kapselung und Zugriffskontrolle

- Der Sichtbarkeitsbereich eines Mitglieds wird durch einen der folgenden **Moderatoren** (*access modifiers*) angegeben:
  - public (öffentlich, global), in UML: +
  - protected (geschützt), in UML: #
    - Zugriff von abgeleiteten Klassen aus
  - private (eigene Klasse), in UML: -
  - Ist nichts angegeben, gilt der **Standard-Sichtbarkeitsbereich** (default scope) „Paket“

Kontrakt und Aufrufschnittstelle

- **Beispiel:**

```
public class Date { // the class name is public
 private int day; // private field
 private int month; // private field
 private int year; // private field
 public void m1() { // public method
  // ...
 }
 void m2() { // package method
  // ...
 }
 private boolean m3() { // private method
  // ...
 }
}
```


Kontrakt und Aufrufschnittstelle

- Die zugänglichen Daten und Methoden einer Klasse bilden die **(Aufruf-)Schnittstelle** (*call interface*) der Klasse nach außen
  - Auf dieser Sichtbarkeitsstufe (z. B. im Paket oder global)
  - Interne Daten und Methoden bleiben verborgen und können geändert werden, ohne dass extern davon etwas zu merken ist
  - Dies ist das wichtige **Geheimnisprinzip** (*principle of information hiding*)

Kontrakt und Aufrufschnittstelle

- Syntax und Semantik der Aufrufschnittstelle bilden den **Kontrakt** (*contract*) zwischen den Programmierern der Klasse und ihren Nutzern
- Solange der Kontrakt beachtet wird, funktioniert die Zusammenarbeit zwischen den Nutzern der Klasse und dem Code der Klasse selbst
- Die Art und Weise, wie die Klasse ihre Seite des Kontrakts erfüllt, ist unerheblich und kann wechselnden Erfordernissen angepasst werden

Beispiel eines Datentyps: komplexe Zahlen

```
/**
 * Klasse zur Darstellung komplexer Zahlen.
 */
public class Complex
{
  // Datenteil
  private double Re;  // Realteil
  private double Im;  // Imaginärteil
  // Konstruktoren
  public Complex(double x, double i){ Re = x; Im = i; }
  public Complex(double x){ Re = x; Im = 0.0; }
// Methoden
// Selektoren
public double getReal() { return Re; }
public void setReal(double r) {
  Re = r;
}
public void setImag(double i) {
  Im = i;
}
public double getImag() { return Im; }
```

Beispiel eines Datentyps: komplexe Zahlen

```
/**
 * Komplexe Addition. Rückgabewert
 * ist Summe von a und this.
 */
Complex addComplex(Complex a)
{
  return new Complex(Re + a.Re,
                     Im + a.Im);
}

/**
 * Komplexe Multiplikation. Rückgabewert
 * ist Produkt von a und this.
 */
Complex multComplex(Complex a)
{
  return new Complex( Re * a.Re - Im * a.Im,
                      Re * a.Im + Im * a.Re);
}

 public String toString() { return Re + "+" + Im + "*i";}
}
```

Zugriffskontrolle auf Klassenebene; daher Zugriff auf privates Re eines anderes Objekts der Klasse Complex möglich

Beispiel eines Datentyps: komplexe Zahlen

- Testprogramm

```
public static void main(String[] args) {
  Complex a, b, c;
  a = new Complex(4.32,-3.1);
  b = new Complex(1.0,1.0);

  c=a.addComplex(b);
  System.out.print(a.toString() + " + ");
  // toString() wird automatisch auch vom
  // Compiler angefügt, und muss deshalb
  // nicht geschrieben werden
  System.out.print(b + " = ");
  System.out.println(c);

  c=a.multComplex(b);
  System.out.print(a + " * ");
  System.out.print(b + " = ");
  System.out.println(c);
}
```

Da in Java jede Klasse eine main-Methode haben kann, kann ein Testprogramm für eine Klasse immer dort mitgeliefert werden

Reihungen

Reihungen (arrays)

- Reihungen sind in Java Objekte
  - Mit zusätzlicher Spezialsyntax
- Reihungsobjekte beginnen in Java immer mit Index 0
  - Index-Untergrenze also 0
- Enthalten Feld length, das Länge der Reihung anzeigt
  - Index-Obergrenze also length - 1

```
int[] a = new int[3];
```

```
int[] a = {1, 5, 3, 6, 2, 3, 8};
int[] a = new int[] {1, 5, 3, 6, 2, 3, 8};
```

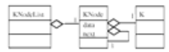
Beispiel für Container-Klasse:Vektor

[illegible]

Listen

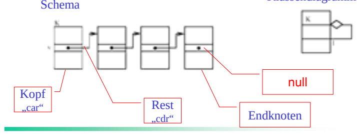
Listenknoten

- Listenzelle (*list cell*) minimaler Knoten
  - Enthält nur zwei Felder
    - Ein **Datenfeld** mit einer Referenz auf den **Inhalt** der Zelle (hier ein Objekt vom Typ K)
    - Eine Referenz auf den nächsten Knoten



Listen (linked lists)

- Falls Objekte vom Typ einer Objektklasse K eine Referenzvariable vom selben Typ K als Feld enthalten, so kann man K-Objekte über diese Referenzen zu einer **primitiven Liste** verknüpfen



Implementierung von Listen in Java

Listenzelle

```
public class TNode {
  T data;       // Datenelement
  TNode next;   // nächste Listenzelle

   // Selektoren
   public T getData() {
     return data; }

   public TNode getNext() {
     return next;}
   void setData(T nd) {
     data=nd;}
   void setNext(TNode nn) {
     next=nn;}

   // Konstruktoren
   public TNode(T a) {
      data = a; next = null; }
   public TNode(T a, TNode n) {
      data = a; next = n; }
  }
```

Container-Klasse

```
public class TList {
  private TNode head; // Kopf der Liste
  // Konstruktoren
  public TList() {
  head = null;
    // null repräsentiert leere Liste
  }
  // weitere Methoden siehe unten
}
```


Höhere objektorientierte Konzepte

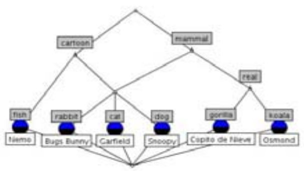
Vererbung, dynamisches Binden, abstrakte Basisklassen, Interfaces, generisches Programmieren, Aktionsobjekte

Beispiel für Vererbung

(adapted from Uta Priss, in preparation)

	real	cartoon	cat	dog	rabbit	fish	gorilla	koala	mammal
Garfield		X	X						X
Snoopy		X		X					X
Bugs Bunny		X			X				X
Nemo		X				X			
Copito	X						X		X
Osmond	X							X	X

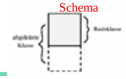
Vererbung im Verband



Vererbung und abgeleitete Klassen

- **Vererbung** (*inheritance*) ist ein Mechanismus, mit dem die **„ist-ein“** (*is-a*)-Beziehung zwischen Datentypen ausgenützt werden kann
- Sei der Datentyp A ein **Untertyp** (*subtype*) eines **Obertyps** (*supertype*) B
  - Jedes a aus A ist (auch) ein B
  - Die Klasse A ist eine Erweiterung der Klasse B
  - Die Klasse A hat alle Eigenschaften von B und eventuell noch weitere zusätzliche
- Methoden von B können in A wiederverwendet werden
  - **Reale Vererbung:** A verwendet tatsächlich die Implementierung einer Methode aus B wieder
  - **Virtuelle Vererbung:** A verwendet die Methoden-Schnittstelle wieder, überschreibt aber die Implementierung. Dies gibt mehr Flexibilität

Schema

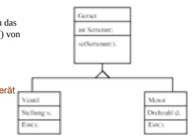


Vererbung und abgeleitete Klassen

- Beispiel A:

Die Klasse Ventil und die Klasse Motor erben das Feld seriennr und die Funktion setSeriennr() von der Basisklasse Geraet; Ventil und Motor sind abgeleitete Klassen

```
Ventil v = new Ventil();
v.setSeriennr(1508); // ein Ventil ist ein Gerät
Geraet g = new Ventil();
  // ein Ventil ist ein Gerät
```

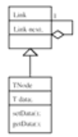


Klassendiagramm

Vererbung und abgeleitete Klassen

- Beispiel B: Extraktion von Gemeinsamkeiten aus TNode

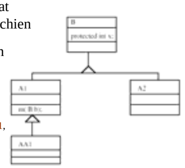
```
class Link {
 Link next;
}
class TNode extends Link {
  T data;
  public void setData(T d){
    data = d;
  }
  public T getData() {
    return data;
  }
}
```



Klassendiagramm

Zugriffsschutz protected in Klassenhierarchien

- Zugriffsschutz protected hat Bedeutung in Klassenhierarchien
- Zugriff nur von abgeleiteten Klassen aus (In Java: innerhalb des Pakets sowieso voller Zugriff)
  - m kann auf x (= this.x) zugreifen
  - Zugriff b.x in m nur gültig, wenn aktueller Typ von b mindestens A1, also nur durch ((A1) b).x oder ((AA1) b).x)
  - Zugriff ungültig, falls b vom Typ A2, oder nur genau vom Typ B

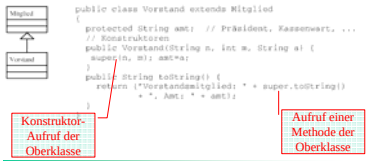


Konstruktoren in Klassen-Hierarchien

- In einer abgeleiteten Klasse A wird der no-arg Konstruktor der Basisklasse B mit super() bezeichnet
  - Ein Konstruktor mit einem Argument arg als super(arg) usf.
- Eine Methode der übergeordneten Klasse kann von der abgeleiteten Klasse aus mithilfe des Schlüsselworts super aufgerufen werden
  - wie z. B. in super.m()
  - Explizite Konstruktor-Aufrufe wie super(arg) oder this(arg), immer nur als erste Anweisung im Konstruktor möglich.

Vererbung und abgeleitete Klassen

- Abgeleitete Klasse Vorstand



Beispiel: Hierarchie in einem Schachclub

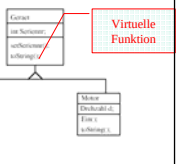
- Basisklasse

```
public class Mitglied {
  protected String name; // Mitgliedsname
  protected int number;  // Mitgliedsnummer
  // Konstruktoren
  public Mitglied(String a, int n) {
    name=a;
    number=n;
  }
  // Selektoren
  public int getNumber() { return number;}
  public String getName() { return name;}
  // Methoden
  public String toString() {
  return "Name: " + name + ", Number: " + number;
  }
}
```


Virtuelle Funktionen und dynamisches Binden

```
Ventil v = new Ventil();
String s = v.toString();
   // ein Ventil ist ein Gerät
```

.



Virtuelle Funktionen und dynamisches Binden

- Wird in A eine Methode vm() überschrieben, so ändert sich damit die Bedeutung eines *jeden* Aufrufs von vm(), der auf einem Objekt vom (genauen) Typ A stattfindet
  - I. a. ändern auch andere Methoden in A durch das Überschreiben von vm() implizit ihre Bedeutung (Semantik), falls sie Aufrufe von vm() enthalten
  - Gilt auch für solche Methoden, die A völlig unverändert von B geerbt hat und die evtl. schon implementiert wurden lange bevor das neue vm() geschrieben wurde
    - Ein solcher Aufruf ist immer problematisch, da er nicht in der Methodenschnittstelle sichtbar ist
    - *Fragile Base Class* Problem

Virtuelle Funktionen und dynamisches Binden

- Die Auswahl der tatsächlich ausgeführten Funktion xb.vm() erfolgt erst zur Laufzeit des Programms *dynamisch* anhand des *aktuellen Typs* des an xb zugewiesenen Objekts
  - und nicht schon zur Übersetzungszeit *statisch* anhand des *deklarierten Typs* von xb
    - der ein Basistyp (Obertyp) des aktuellen Typs sein kann
- Anders formuliert wird der Code von vm() nicht zur Übersetzungszeit (statisch) an den Namen vm gebunden, sondern erst zur Laufzeit (dynamisch)
  - Deshalb spricht man auch von **dynamischem Binden** oder **spätem Binden** (*dynamic binding, late binding*)

Virtuelle Funktionen und dynamisches Binden

- Da Objekte polymorph sein können, kann ein Objekt vom tatsächlichen abgeleiteten Typ A auch als solches vom Basistyp B fungieren
- Eine Objektreferenz xb vom Typ B kann auf Objekte beider Typen zeigen
- Im Falle einer virtuellen Methode vm() hat ein Aufruf xb.vm() je nachdem eine andere Bedeutung
  - Es wird immer der Code ausgeführt, der dem tatsächlichen Typ des Objektes entspricht, auf das xb verweist
  - Zeigt xb momentan auf ein Objekt vom Typ A, so wird diejenige Variante von vm() ausgeführt, mit der vm() in A überschrieben wurde

Virtuelle Funktionen und dynamisches Binden: Beispiel

- Auswahl der Methode zur Laufzeit

```
Mitglied[] member = new Mitglied[3];
member[0] = new Mitglied("Udo", 1245);
member[1] = new Mitglied("Klaus", 1246);
member[2] = new Vorstand("Eva", 726, "Präsidentin");

for (int i=0; i<member.length; i++) {
  System.out.println(member[i].toString());
}
```

- Welcher Code ausgeführt wird, kann erst zur Laufzeit bestimmt werden
- Bei jedem Aufruf kann das verschiedener Code sein

Abstrakte Methoden

- Virtuelle Methoden haben üblicherweise eine Standardimplementierung in der Basisklasse, die bei Bedarf in der abgeleiteten Klasse abgeändert wird
  - Fehlt die Standardimplementierung, so spricht man von einer **abstrakten Methode** (*abstract method*) und von einer **abstrakten Basisklasse** (*abstract base class*)
  - Eine abstrakte Basisklasse kann nur als Ableitungsbasis und nicht als Typ von Objekten auftreten, da sie nicht voll implementiert ist
- Eine abstrakte Methode wird in Java durch das Schlüsselwort abstract gekennzeichnet

Virtuelle Funktionen und Finale Methoden

- Soll von einer Klasse F insgesamt nicht mehr abgeleitet werden können, so deklariert man F durch Angabe des Schlüsselworts final als **finale Klasse** (*final class*)
  - Die vorliegende Implementierung von F ist damit endgültig
    - Es wird kein Objekt vom Typ F geben, das einige Methoden anders definiert oder zusätzliche Attribute oder Methoden hat
    - Alle Methoden einer finalen Klasse sind damit implizit schon final
  - Eine abstrakte Klasse kann nicht final sein, da ihre Implementierung sonst nie ergänzt werden könnte

Typanpassungen in Klassenhierarchien

- Hat man z. B. eine gemischte Liste von Objekten der Klassen B und A, so benutzt man zum Listendurchlauf eine Referenzvariable xb vom Typ B, denn jedes Objekt kann an xb zugewiesen werden
- Manchmal will man sich aber nicht auf Methodenaufrufe des Kontraktes von B beschränken, sondern man will spezielle Methoden, die nur in A nicht aber in B zur Verfügung stehen, aufrufen, falls xb tatsächlich auf ein Objekt der Klasse A zeigt
- In diesem Fall kann man durch eine **Typanpassung** (*type cast*) den Typ von xb zu A **verengen** (*narrowing*)
  - Die Java-Syntax ist dabei dieselbe wie für die Typanpassung bei Elementartypen

Typanpassungen in Klassenhierarchien

- Die Typanpassung „nach oben“ in der Klassenhierarchie ist also immer korrekt
  - Wir sprechen auch von **Ausweitung** (*widening*), **Aufwärtsanpassung** (*up casting*) oder **sicherer Anpassung** (*safe casting*)
- Die Typanpassung einer Referenzvariable „nach unten“ in der Klassenhierarchie ist nur dann korrekt, wenn die Variable auf ein Objekt der entsprechenden Klasse (oder einer Unterklasse davon) zeigt
  - Wir sprechen auch von **Verengung** (*narrowing*), **Abwärtsanpassung** (*down casting*) oder **unsicherer Anpassung** (*unsafe casting*)
  - Falls eine unzulässige Verengung versucht wird, wird eine (ungeprüfte) Ausnahme vom Typ ClassCastException ausgeworfen
  - Dies kann durch eine vorherige Prüfung
    `if (xb instanceof A) ((A) xb).method();`
    mit dem Operator instanceof verhindert werden

Virtuelle Funktionen und Finale Methoden

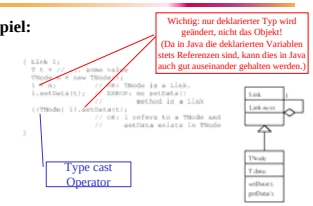
- In Java ist jede Instanzmethode, die nicht weiter gekennzeichnet ist, eine potentiell überschreibbare Funktion
- Es gibt aber auch Instanzmethoden, die nicht überschreibbar sein sollen, z.B. aus Sicherheitsgründen
  - Zugriff kann auch etwas effizienter erfolgen
- Solche Instanzmethoden heißen **endgültig** oder **final** (*final*)
  - Sie werden mittels des Schlüsselworts final gekennzeichnet
  - Finale Methoden können von abgeleiteten Klassen nur noch real geerbt aber nicht mehr überschrieben werden
  - Die mit final gekennzeichnete Implementierung ist von da abwärts die letzte Implementierung der Methode in der Klassenhierarchie
    - Im Gegensatz zu static-Methoden, die ja auch nicht überschrieben werden können, sind jedoch als final deklarierte Methoden nach wie vor Instanzmethoden, werden beim Aufruf an ein Objekt gebunden und können daher auch auf die Felder dieses Objekts zugreifen

Typanpassungen in Klassenhierarchien

- Ähnlich wie bei Elementartypen gibt es auch für Variable von Klassentypen die Möglichkeit der **Typanpassung** oder **Typerzwingung** (*type coercion*)
- Jedes Objekt einer abgeleiteten (Unter-)Klasse A kann auch als Objekt jeder Oberklasse B angesehen werden (Polymorphie)
  - Deswegen ist die Zuweisung
    `B b = new A();`
    uneingeschränkt gültig
- Umgekehrt gilt dies natürlich nicht, denn nicht jedes Objekt der Klasse B ist auch ein Objekt der Klasse A
  - Nicht jedes Gerät ist ein Ventil

Typanpassungen in Klassenhierarchien

- **Beispiel:**



Typanpassungen in Klassenhierarchien

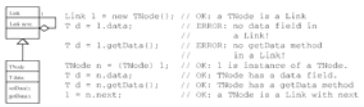
- **Bemerkung:**
  - Von Reihungen kann man nicht ableiten
  - Ein Reihungstyp ist dann ein Obertyp eines anderen Reihungstyps, wenn dies für die Typen der Komponenten gilt
    - Ist B Oberklasse von A, dann ist
      B[] Oberklasse von A[],
      und `B[] xb = new A[n];` ist eine gültige Zuweisung

Überschreiben und Verdecken

- Wegen der Polymorphie muss bei Ausdrücken für den Zugriff auf Mitglieder (Felder oder Methoden) geregelt werden, welche Felder oder Methoden in der Klassenhierarchie jeweils gemeint sind
  - Es gibt
    - Klassenvariablen, Klassenmethoden
    - Instanzvariablen, Instanzmethoden
- Ein Zugriff auf ein Mitglied kann nur durch einen in der entsprechenden Klasse gültigen Namen erfolgen
- Die Angabe der Klasse geschieht bei Klassenvariablen und Klassenmethoden entweder über eine Referenzvariable vom Typ der entsprechenden Klasse
  - in der Art
    x.name
  - oder über einen **qualifizierten Namen** (*qualified name*), bei dem man die zugehörige Klasse in der Art
    Klasse.name
    vor dem Namen angibt

Überschreiben und Verdecken

- **Beispiel:** Der folgende Code illustriert die Gültigkeit von Mitgliedsnamen



```
Link l = new TNode(); // OK: a TNode is a Link
T d = l.data;         // ERROR: no data field in
                      //        a Link!
T d = l.getData();    // ERROR: no getData method
                      //        in a Link!
TNode n = (TNode) l;  // OK: l is instance of a TNode.
T d = n.data;         // OK: TNode has a data field.
T d = n.getData();    // OK: TNode has a getData method
l = n.next;           // OK: a TNode is a Link with next
```


Überschreiben und Verdecken

- Der Zugriff auf Instanzvariablen und Instanzmethoden geschieht dagegen immer über eine Objektreferenz
  - da für einen Zugriff ja ein konkretes Objekt vorliegen muss
- Beim Zugriff über eine Objektreferenz gibt dabei der *deklarierte Typ* der Objektreferenz an, in welcher Klasse der Name gültig sein muss
- Bei einem Zugriff auf ein Mitglied sind daher zwei Fragen zu lösen:
  1. Ist der Name in der angegebenen Klasse gültig?
  2. Welches von gegebenenfalls mehreren Mitgliedern gleichen Namens in der Klassenhierarchie wird bei dem Zugriff ausgewählt?

Überschreiben und Verdecken

- Bezüglich der Deklaration von Mitgliedern gleichen Namens sind folgende Regeln zu beachten
  - Die Deklaration eines Feldes in einer Klasse **verdeckt** oder **verbirgt** (*hide*) jedes Feld gleichen Namens in einer Oberklasse
    - und zwar auch dann, wenn die Variablen verschiedenen Typ haben
  - Sowohl Klassenvariablen als auch Instanzvariablen können verdeckt werden
  - Über Referenzvariablen vom entsprechenden Typ kann man auf verdeckte Felder f zugreifen (siehe zwei Folien weiter)

Überschreiben und Verdecken

- Die Definition einer Instanzmethode **überschreibt** (*override*) alle Instanzmethoden mit gleicher Signatur in Oberklassen, sofern sie aus der abgeleiteten Klasse zugänglich sind
  - private Methoden der Oberklasse werden in diesem Sinne nicht überschrieben
- Man spricht von **implementieren** statt von überschreiben, wenn die Methode der Oberklasse abstrakt ist, die der abgeleiteten Klasse aber nicht
- Es ist aber in Java nicht erlaubt, Klassenmethoden oder als final deklarierte Instanzmethoden zu überschreiben
  - dies führt zu einem Fehler bei der Übersetzung
- Eine Definition einer Klassenmethode **verdeckt** oder **verbirgt** (*hide*) alle Methoden gleicher Signatur in Oberklassen, falls sie zugänglich waren
  - private Methoden der Oberklasse werden in diesem Sinne nicht verborgen
- Es ist aber nicht erlaubt, dass eine Klassenmethode eine Instanzmethode verbirgt
  - wohingegen eine Klassenvariable eine Instanzvariable verdecken darf

Überschreiben und Verdecken

- Für den Zugriff gilt in Java grundsätzlich:
  - Beim Zugriff auf ein Feld ist der *deklarierte Typ* der Objektreferenz entscheidend
    - Er legt im Zweifelsfall fest, welches von mehreren Feldern mit gleichen Bezeichnern in der Klassenhierarchie gemeint ist
    - Eine explizite Typkonversion beim Zugriff gilt als lokale (Re-)Deklaration des Typs
  - Beim Aufruf einer Instanzmethode bestimmt der *aktuelle Typ* des Objekts die zugehörige Variante der Methode, die auf dem Objekt aktiviert wird
  - Auf verborgene Klassenvariablen und Klassenmethoden kann man immer mit einem qualifizierten Namen zugreifen
    - Alternativ kann man über eine Referenzvariable zugreifen, die mit genau dem Typ der Klasse deklariert (oder zu dem Typ konvertiert) wurde, in der das Feld oder die Klassenmethode deklariert sind

Beispiel

- a=((B) this).f;
  identisch mit
  a=super.f;

  Feld wird gemäß deklariertem Objekttyp ausgewählt
- Aber:
  a=((B) this).m();
  nicht identisch mit
  a=super.m();

  Method wird gemäß tatsächlichem Objekttyp ausgewählt

Überschreiben und Verdecken

- **Bemerkung:**
  - Die Zugriffsregeln sind also ein weiterer Sachverhalt, der in die Entwurfsentscheidung einfließen muss, ob ein Feld
    - direkt
    - oder über Selektoren
    zugänglich gemacht wird
    - Felder und Methoden werden hier verschieden behandelt
  - Verschiedene Felder gleichen Namens sind (deshalb) zugelassen, damit die Basisklasse weiterentwickelt werden kann unabhängig davon, in welchen abgeleiteten Klassen sie schon verwendet wurde
    - Das Hinzufügen weiterer Felder und Methoden zu B verletzt den ursprünglichen Kontrakt ja nicht, auf den sich A verlassen hatte und muss deshalb erlaubt sein

Überschreiben und Verdecken : *Beispielszenario*

- Die Entwickler von TNode brauchen einen TDNode und fügen deshalb eine Referenz Link prev; zu dem TNode hinzu
- Gleichzeitig fügen die Entwickler von Link ebenfalls eine Referenz Link prev; zur Klasse Link hinzu, da dies allgemein gewünscht wurde
  - Hierdurch soll der mühselig entwickelte neue TDNode aber nicht unbrauchbar werden
  - Außerdem haben die Entwickler von TDNode gleichzeitig die Methode setData() aus TNode überschrieben
    - Sie zählt jetzt die Zugriffe in einer Klassenvariable counter

```
class Link {
  Link next;
  Link prev;
}

class TDNode extends TNode {
  static int counter = 0;
  Link prev;
  void setData(T d) {
    counter++;
    data = d;
  }
}
```


Überschreiben und Verdecken

- Als wichtigste Regeln können wir uns merken:
  1. Es kann nur auf solche Attribute und Methoden zugegriffen werden, deren Namen aufgrund der Typdeklaration gültig sind
  2. Instanzmethoden überschreiben, Klassenmethoden verbergen
  3. Es werden immer die dem tatsächlichen Objekt zugehörigen Varianten von Instanzmethoden auf diesem ausgeführt
  4. Statische und finale Methoden dürfen nicht überschrieben werden
  5. Auf verborgene Felder und (Klassen-)Methoden kann man über qualifizierte Namen oder über Referenzvariablen vom passenden Typ zugreifen

Überschreiben und Verdecken

- Im obigen Beispiel hätten wir setData in TDNode auch wie folgt implementieren können:

```
class TDNode extends TNode {
  static int counter = 0;
  Link prev;
  void setData(T d) {
    super.setData(d);
    counter++;
  }
}
```


Abstrakte Klassen

- Beispiel:

Beispiel 8.4.1. Jedes Gerät besitzt eine Seriennummer und eine Methode `ein()` zum Einschalten. Diese Methode ist in jedem konkreten Gerät vorhanden, aber immer verschieden implementiert. Eine allgemeine Implementierung in der Basisklasse `Geraet` ist nicht möglich. Diese Methode muß also in der Basisklasse abstrakt sein und daher auch die Basisklasse `Geraet`. Diese Klasse können wir auch nicht als Schnittstelle definieren, da wir das Attribut `seriennummer` in unserer Basisklasse definieren wollen (vgl. Abschnitt 8.4.2).

```
abstract class Geraet {
  int seriennummer;
  abstract void ein();
}
```


Überschreiben und Verdecken : *Beispiel*

- Die aktuellen Zugriffe im folgenden Programmfragment sind dann die jeweils im Kommentar angegebenen:

```
{
  T d = new T();
  Link l = new TDNode();

  l.prev = new Link();      // prev in Link
  ((TNode) l).prev=null;    // prev in Link (inherited)
  ((TDNode) l).prev=null;   // prev in TDNode
  TNode n = (TNode) l;
  n.setData(d);             // setData name exists in TNode
                            // setData() from TDNode is
                            // executed on object l
                            // (counter is incremented)
  TDNode.counter = 0;       // qualified access to counter
  ((TDNode) n).counter=0;   // access to counter via object
                            // reference of type TDNode
}
```


Überschreiben und Verdecken

- Auf die bisher beschriebene Art kann eine überschriebene Instanzmethode auf einem Objekt von außen nicht mehr aufgerufen werden
  - da ja ausschließlich der Objekttyp selbst die Methodenauswahl bestimmt
  - Im Beispiel ruft auch n.setData() die Methode aus TDNode auf, denn dies ist die Klasse des Objekts, auf das n verweist
  - Auch ein qualifizierter Aufruf TNode.setData() ist nicht möglich, denn hier fehlt ein Objekt
- In den Instanzmethoden der abgeleiteten Klasse selbst (und überall, wo die Verwendung von this erlaubt ist) kann aber das Schlüsselwort super benutzt werden, um auf Felder oder Methoden in der unmittelbaren Oberklasse zuzugreifen
  - Beim Zugriff auf ein Feld name in einer Methode von A ist super.name einfach eine Abkürzung für ((B) this).name
    - Wenn B die unmittelbare Oberklasse ist

Abstrakte Klassen

- Eine Klasse, welche mindestens eine abstrakte Funktion besitzt, ist eine **abstrakte Klasse** (*abstract class*)
  - Das heißt, es kann keine Objekte von diesem Typ geben
- Solche abstrakten Klassendefinitionen dienen der Vereinbarung von gemeinsamen Daten und Funktionsschnittstellen von bestimmten Klassen
- Abgeleitete Klassen, die nicht alle der abstrakten Funktionen realisieren, sind selbst wieder abstrakte Klassen
- Abstrakte Klassen können (definitionsgemäß) nicht final sein, da einige virtuelle Funktionen noch nicht endgültig feststehen
- In Klassendiagrammen kennzeichnen wir abstrakte Klassen, in dem wir ihren Namen *kursiv* setzen
- In Java werden abstrakte Klassen durch das Schlüsselwort abstract gekennzeichnet

Interfaces

- Eine **Schnittstelle** (*interface*) kann als eine spezielle abstrakte Klasse aufgefasst werden, bei der
  - *alle* Methoden abstrakt sind
  - und die keine Attribute besitzt
    - außer solchen, die zur Klasse selbst gehören und konstant sind
      - Implizit ist jedes Feld eines Interfaces als public, static und final deklariert
- In Java beginnen Definitionen von Interface-Klassen mit dem Schlüsselwort interface
- Das Schlüsselwort abstract braucht nicht benutzt zu werden, um die Methoden des Interfaces als abstrakt zu kennzeichnen, da dies bei allen Methoden eines Interface (implizit) der Fall ist

Interfaces

- **Beispiel:** Die Deklaration des im Paket java.util enthaltenen Interface Enumeration ist von folgender Form:

```
package java.util;
public interface Enumeration {
  public boolean hasMoreElements();
  public Object nextElement()
    throws NoSuchElementException;
}
```


Interfaces

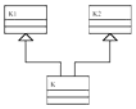
- Auch wenn es keine Objekte geben kann, die einer abstrakten Klasse oder einem Interface entsprechen, so können Variable oder Parameter von Funktionen mit dem Typ eines Interface's deklariert werden
  - Ein Interface oder eine abstrakte Klasse ist also in Java ein legaler **Referenztyp** (*reference type*)
- Will man generisch programmieren (siehe später), so ist es oftmals vorteilhaft, etwa einen Parameter mit dem Referenztyp eines Interface benutzen zu können
  - Aufgerufen wird eine solche Funktion dann mit einem Parameter, der eine nicht-abstrakte Klasse als Typ besitzt, die das Interface implementiert, also seine Schnittstelle „erbt"

Interfaces

- Wenn eine Klasse die abstrakten Methoden eines Interface „erben" (und realisieren) soll, so wird das Schlüsselwort implements benutzt
- Im Gegensatz zu der Vererbung von Klassen, bei der in Java nur Einfach-Vererbung zulässig ist, können auch mehrere Interfaces mittels der implements-Klausel aufgeführt und realisiert werden
- Eine Klasse, die ein Interface realisiert, muss *alle* der im Interface genannten Methoden implementieren

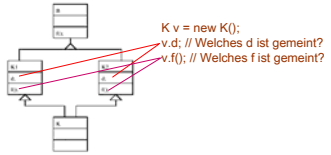
Mehrfachvererbung

- Ein Beispieldiagramm zu Mehrfachvererbung



Mehrfachvererbung

- Eines der Probleme bei Mehrfachvererbung



Mehrfachvererbung

- Java erlaubt Mehrfachvererbung nur von Interfaces, sonst ist nur Einfachvererbung erlaubt
  - Die Einschränkung in Java verhindert die problematischen Fälle, dass nicht-konstante Attribute von mehreren Klassen geerbt werden, oder virtuelle Funktionen wieder verwendet werden können, die nicht neu implementiert (überschrieben) werden müssen

Generische Datentypen

- In Java ist jede Klasse automatisch eine Unterklasse der Klasse Object
  - ohne dass dies eigens mit dem Schlüsselwort extends gekennzeichnet werden muss
- Datentypen wie Listen, Stacks, etc., die über Elementen vom Typ Object definiert sind, heißen **generisch** (*generic*) (bezüglich der Elementtypen)
  - Zum Beispiel lassen sich aus einer Liste über Object nun Listen über allen Klassentypen generieren, da die Zuweisung Object data = d; für jedes d eines Klassentyps gültig ist und die Objekte zur Laufzeit wieder zu ihrer Objekt-Klasse spezialisiert werden können
  - Da es für jeden elementaren Datentyp auch eine Hüll-Klasse (*wrapper class*) gibt, können solche Datentypen als allgemein generisch in Java betrachtet werden

Generische Datentypen

- Beispiel:

  Wir erhalten eine generische Klasse List (mit der generischen Knotenklasse Node) wenn wir in unseren Klassen TList und TNode aus den Typ T durch Object ersetzen.

```
public class ObjectNode {
  Object data; // Datenelement
  Node next; // Zeiger auf Listenzelle
  // ...
}
public class List {
  private ObjectNode head; // Kopf der Liste
  // ...
}
```


Generisches Programmieren

- Mit dem Konzept des generischen Programmierens möchte man ein und denselben Code für Daten verschiedener Typen verwenden
  - Man macht damit die Gemeinsamkeit verschiedener Datentypen deutlich, also z. B. von Stacks über Integer und Stacks über Float
- Man generiert gewissermaßen Code für Stacks über Integer und Float automatisch mit dem Code für Stacks über Object
- Dieses Konzept kann als Verallgemeinerung des Konzepts der Prozedurparameter angesehen werden, da dort ein und derselbe Code für verschiedene Werte eines Typs verwendet wird und hier für verschiedene Typen

Generische Methoden

- Wegen seiner großen Bedeutung heben wir dieses Programmierprinzip hier nochmals hervor

  Die folgende Funktion scan implementiert den generischen Listen-durchlauf.

```
public class List {
  private Node head; // Kopf der Liste
  // ...
  void scan () {
    for (Node cursor=head; cursor!=null;  cursor=cursor.next) {
      // Aktion (zur Zeit leer)
      //etwa
      System.out.println(cursor.data.toString());
    }
  }
}
```

Virtuelle Funktion toString generische Methode

  Diese Methode scan funktioniert offensichtlich völlig gleich, egal von welchem aktuellen Typ die Datenelemente der Knoten sind.

Generische Methoden

- Zu generischen Datentypen gehören auch generische Methoden
  - Diese arbeiten auf allen Spezialisierungen des generischen Typs, müssen aber dazu evtl. zur Laufzeit oder Übersetzungszeit spezialisiert werden
- Für die Anpassung zur Laufzeit haben wir schon virtuelle Funktionen mit dynamischem Binden kennen gelernt
  - Das Programmieren mit virtuellen Funktionen stellt also schon eine erste Art des generischen Programmierens dar

Generische Vergleiche

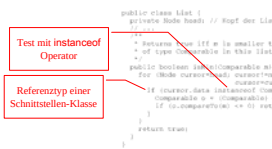
- Viele Algorithmen zum Suchen und Sortieren können als generische Algorithmen implementiert werden, die durch einen Vergleichsoperator parametrisiert sind
- In Java wird dazu ein Interface Comparable im Paket java.lang zur Verfügung gestellt, in dem eine Vergleichsmethode compareTo wie folgt spezifiziert ist:
  - compareTo liefert eine Zahl kleiner als 0, gleich 0, oder größer als 0 zurück, je nachdem, ob das Objekt, auf dem compareTo läuft, kleiner, gleich, oder größer als das Argument-Objekt ist
    - „3-wertiger Vergleich"
    - Vgl. String-Klasse
  - Wenn das Objekt, mit dem verglichen wird, nicht den gleichen Typ besitzt, dann wird ein Ausnahmeobjekt geworfen
    - D.h. dies ist die Spezifikation im Interface; eine Implementierung hat diese Spezifikation zu erfüllen

Generische Vergleiche

- Beispiel

Test mit instanceof Operator

Referenztyp einer Schnittstellen-Klasse



Template classes

- In C++ gibt es keine gemeinsame Urklasse wie Object
- Im Gegensatz zu Java unterstützt C++ generisches Programmieren durch das Konzept der **Klassen-Muster** (*template classes*)
  - Auch Klassen-Schablonen genannt
  - Dies sind Klassen, die mit einem Typ parametrisiert sind
- Templates werden in Java 1.5 eingeführt

Template classes

- Folgendes ist das Fragment einer generischen Knotenklasse in C++ (**kein** Java-Code)

```
template<class T> class Node { //C++ Code !
  T data; // generic data field
  Node* next; // pointer to next Node
  public:
  T get_data() { return(data); }
  set_data (T d) { data = d; }
  // ...
}
```

Instantisierung zu Knoten über int:

```
Node<int> n; // C++
```


Template classes

- Verwendung von Template-Klassen findet zunehmend Verwendung in C++
  - Etwa in der Standard Template Library (STL)
    - Generische Listen, Stacks, etc.
- Zur Übersetzzeit werden die verschiedene Instanzen des „generischen Programms" vom Compiler generiert
  - Vorteil: Keine Indirektion über Virtual Function Table notwendig
    - Gerade bei relativ einfachen Operationen etwa auf Listen kann Indirektion zu einer wesentlichen Erhöhung der Laufzeit führen
      - Als „Hausnummer": Verdoppelung der Laufzeit
  - Nachteil: Übersetzer erzeugt (i.A.) separaten Code für jede Typ-Instanz
    - Aufblähung des übersetzten Codes (code bloat)

Vergleich generisches Programmieren in Java und C++

- In Java generisches Programmieren via Ableitung von einer Basisklasse Object und virtuelle Funktionen
- Vorteile
  - Kein neues Sprachkonzept notwendig
  - Keine Duplizierung des Codes
    - Auch nicht nach Übersetzung
- Nachteile
  - Etwas langsamer zur Laufzeit, da immer bei Methodenaufruf eine Indirektion über Virtual Function Table notwendig
  - Keine klare Kennzeichnung als generische Methoden
    - In Java 1.5 sprachliche Kennzeichnung vorgesehen
      - Als „syntaktischer Zucker" (syntactic sugar)
- In C++ generisches Programmieren via Template classes
  - Java Methode eingeschränkt möglich, wenn eigene Basisklasse definiert werden kann
- Vorteile von Template Classes
  - Keine Indirektion über Virtual Function Table notwendig bei Methodenaufruf
  - Klare Kennzeichnung von generischen Programmen
- Nachteile von Template Classes
  - Übersetzter Code wird i.A. dupliziert für verschiedene Typen
    - Code bloat
      - Source Code aber nur einmal „generisch" vorhanden
  - Zusätzliches Sprachkonzept
    - Interaktion von Template Klassen (die auch verschachtelt sein können) und virtuellen Funktionen kann sehr kompliziert werden

Funktionen höherer Stufe

- In funktionalen Sprachen:
  - Konzept Funktionen höherer Stufe direkt unterstützt
- In C, C++:
  - Zeiger auf Code von Funktionen kann als Parameter übergeben werden
    - Typüberprüfung kann in gewissem Rahmen vorgenommen werden, aber nicht vollständig sicher
- Java kennt diese beiden Konzepte nicht direkt
  - Sondern nur Konzept von Referenztypen
    - Etwa auf eine Schnittstellen Klasse
      - Hiermit können Funktionen höherer Stufe simuliert werden!
    - Aktionsobjekte

Generische Funktionsparameter

- Ziel: Erweiterung der generischen Listen um Funktionsparameter
  - Kann bei anderen generischen Datentypen analog erfolgen
- Bei scan soll etwa eine Funktion auf alle Listenelemente angewendet werden
  - Etwa bei Listen über Ganzzahldatentypen die Nachfolgerfunktion succ: x |--> x+1
  - Diese Funktion soll ein „Parameter" von scan werden
  - Die Funktion scan ist dann Funktion höherer Stufe
    - Funktion erster Stufe: Parameter enthalten keine Funktionen
    - Funktion (*n+1*)-ter Stufe: Enthält als Parameter Funktion *n*-ter-Stufe

Generische Funktionsparameter

- Statt eines Funktionsparameters benutzen wir in Java ein **Aktionsobjekt** (*action object*) als Parameter von scan
- Verschiedene Aktionen brauchen dann verschiedene Aktionsobjekte verschiedener Klassen
- Allen Objekten muss aber die Aufrufschnittstelle (Signatur) der Aktionsfunktion gemeinsam sein
  - Da diese ja beim generischen Durchlauf aufgerufen werden muss
  - Diese Gemeinsamkeit spezifizieren wir in einem Interface, das von allen Aktionsklassen implementiert werden muss

Generische Funktionsparameter

- Diskurs: Alternative Implementierung bei nur lesendem Zugriff

```
interface ObjectActionInterface {
  /**
   * Abstract function whose realizations
   * operate on data.
   */
  public void oAction(Object d);
}
```

Object statt Node; (problematische) Idee: greife direkt auf data zu

Eine entsprechende Implementierung von action wäre dann aber nicht mehr möglich:

```
// Beispiel, das das Problem mit schreibenden
// Aktionen zeigt:
// Beim Funktionsaufruf wird eine Kopie
// des Referenzparameters hergestellt
public void oAction(Object d) {
  if (d instanceof Integer) {
  Integer tmp = (Integer) d;
  d = new Integer(tmp.intValue()+1);
    // d zeigt auf neues Objekt,
    // aber nicht die Referenzvariable,
    // deren Wert beim Aufruf an d zugewiesen
    // wird.
  }}
```


Generische Funktionsparameter

- Weiteres Beispiel: Summe der Listenfelder

```
public class SumAction
  implements MapCarInterface {
  int sum=0; // accumulates the int values
  /**
   * Addiert den Wert des data Feldes zu
   * sum hinzu, falls data vom Typ Integer ist.
   */
  public void action(Node n) {
    if (n.data instanceof Integer) { // check type
      // cast to actual type
      Integer tmp = (Integer) n.data;
      // accumulate value in sum
      sum += tmp.intValue();
    }
  }
}
```

Das folgende Programmstück gibt die Summe der Elemente einer Liste l von Integer-Werten auf System.out aus.

```
List l = // ... some list of Integer
SumAction s = new SumAction();
l.mapcar(s);
System.out.println(s.sum);
```

Bemerkung: Im funktionalen Programmieren spricht man hier allgemein von einem fold-Operator, da das Ergebnis eine auf einen Skalar-Wert zusammengefaltete Liste ist. Der Akkumulator (im Beispiel sum) wird zu Beginn mit dem neutralen Element der fold-Operation initialisiert (im Beispiel ist 0 das neutrale Element von +).

Generische Funktionsparameter

- Da auch abstrakte Klassen und Interfaces einen Referenztyp definieren, können wir einen Parameter definieren, der etwa folgendes Interface als Typ besitzt

```
interface MapCarInterface {
  /**
   * Abstract function whose realizations
   * operate on list nodes.
   */
  public void action(Node n);
}
```

Name nach Funktion mapcar in LISP gewählt, die entsprechendes leistet

Wenn p ein formaler Parameter vom Typ MapCarInterface ist und n eine Variable vom Typ Node, dann können wir in den Methoden zum Listendurchlauf Anweisungen der Form

```
p.action(n);
```

verwenden.

Generische Funktionsparameter

- Implementierung der Funktion höherer Stufe mapcar dann als Methode in generischer Listenklasse wie folgt möglich

```
public class List {
  private Node head; // Kopf der Liste
  // ...
  /**
   * Wendet p.action auf jedes
   * Datenfeld der Liste an.
   */
  public void mapcar(MapCarInterface p) {
    // go over list
    for(Node curaux=head;
        curaux!=null;
        curaux=curaux.next)
    // apply function that works on the data (can be
    // part of the node
    p.action(curaux);
  }
}
```

Formaler Parameter vom Typ MapCarInterface wird bei Aufruf durch abgeleiteten Klassentyp instantiiert, der action implementiert

mapcar ist eine Realisierung von scan, in der die Aktion genommen wird, die in MapCarInterface spezifiziert ist

Generische Funktionsparameter

- Beispiel: Aktueller Typ sei folgender (PrintAction genannt)

```
public class PrintAction
  implements MapCarInterface {
  // ...
  /**
   * Print action on nodes.
   */
  public void action(Node n) {
    System.out.print(n.data.toString());
  }
}
```

Dann gibt das folgende Programmstück die Liste l auf System.out aus.

```
List l = // ... some list
PrintAction p = new PrintAction();
l.mapcar(p);
```


Generische Funktionsparameter

- Weiteres Beispiel
  - Änderung des Knoteninhalts

```
public class SuccessorAction
  implements MapCarInterface {
  /**
   * Changes a data field which is of
   * type Integer to its successor.
   */
  public void action(Node n) {
    if (n.data instanceof Integer) { // check type
      // cast to actual type
      Integer tmp = (Integer) n.data;
      // assign successor to data
      n.data = new Integer(tmp.intValue()+1);
    }
  }
}
```