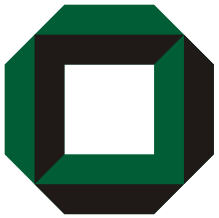


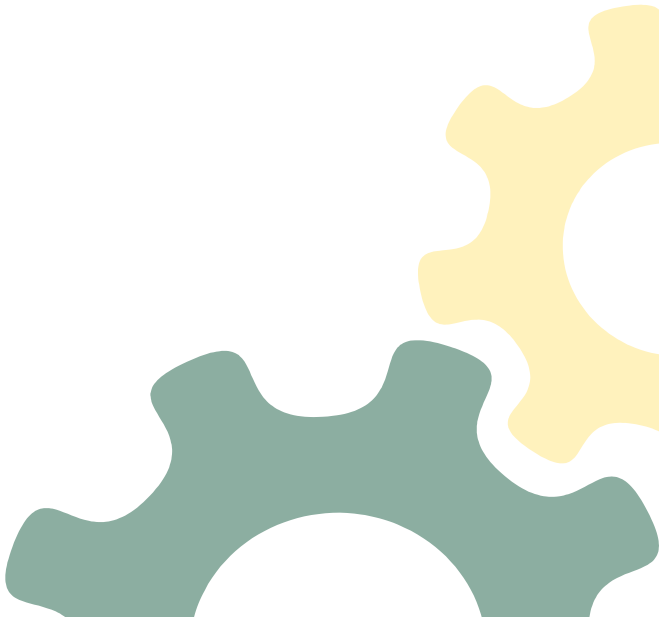
Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

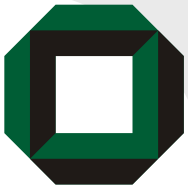
Kapitel 5.2
Abbildung von UML-Modellen auf Code

SWT I – Sommersemester 2009

Prof. Dr. Walter F. Tichy
Dipl.-Inform. Tom Gelhausen
Dipl.-Inform. David J. Meder

Fakultät für **Informatik**
Lehrstuhl für Programmiersysteme



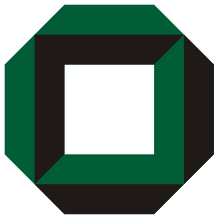


Literatur

- Diese Vorlesung orientiert sich an Abschnitt 10.4.2 aus

  B. Bruegge, A.H. Dutoit, **Object-Oriented Software Engineering: Using UML, Patterns and Java**, Pearson Prentice Hall, 2004.

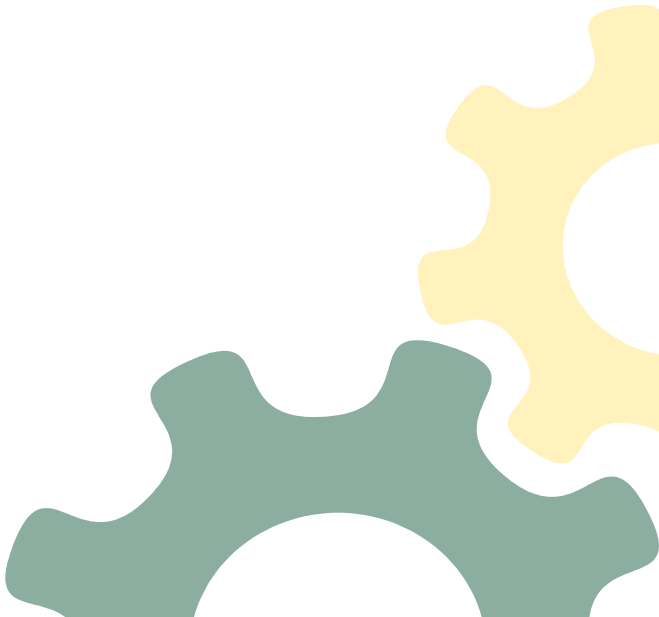
- **Lesen!**



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

Kapitel 5.2.1
Abbildung von Klassendiagrammen

Fakultät für **Informatik**
Lehrstuhl für Programmiersysteme



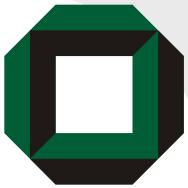


Abbildung von Klassen: oo-Sprachen

- Bei oo-Sprachen wird jede UML-Klasse auf eine Klasse in der Programmiersprache abgebildet (einschließlich Attributen und Methoden).

```
class C {  /* Attribute */
           /* Methoden  */  };
```

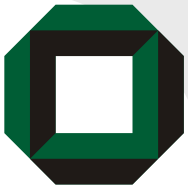


Abbildung von Klassen: nicht oo-Sprachen (1)

- Falls keine oo-Sprache zur Verfügung steht, wird eine Klasse auf einen Verbund (record, structure) abgebildet; dieser enthält aber nur die Attribute. Für die Sprache C:

```
struct C { int a1; /* Attribute */  };
struct C c1, c2, c3; /* Instanzen */
```

- Der Zugriff auf das Attribut `a1` der Instanz `c3` geschieht folgendermaßen:
  `c3.a1`

Abbildung von Klassen: nicht oo-Sprachen (2)

- Alternativ mit Typdefinition in C:

```
typedef struct {int a1; /* Attribute */ } C;
C c1, c2, c3; /* Instanzen */
```

- Alternativ kann der Speicher für eine Instanz auch zur Laufzeit angefordert werden:

```
C * c4;  /* Referenz! */
c4 = (C*)malloc(sizeof(C));
```

- `malloc()` liefert `void` zurück, daher die Typumwandlung (engl. cast) nicht vergessen!

- Bei Referenzen geschieht der Attributzugriff mit Operator ->:
  `c4->a1`

Abbildung von Klassen: nicht oo-Sprachen (3)

- Methoden werden auf Unterprogramme abgebildet, die den Verbundtyp als zusätzlichen Referenz-Parameter enthalten.
  Methode
  ```
  m(parameter) { …attribut… }
  ```
  wird zu freistehender Funktion
  ```
  m(C * objekt, parameter) { …objekt->attribut… }
  ```
- Der Aufruf `c4.m(parameter)`
  wird zu `m(c4,parameter)`

- Vererbung wird simuliert, in dem die Attribute der Oberklasse(n) dem Verbund hinzugefügt werden.
- Polymorphie kann man, falls nötig, über Funktionszeiger und Typumwandlung des ersten Parameters simulieren.

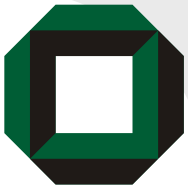


Abbildung von Assoziationen

- Selbst oo-Sprachen bieten keine Assoziationen, nur Referenzen. Leztere benutzt man, um die verschiedenen Arten von Assoziationen (uni-/bidirektional, Kardinalitäten) zu implementieren.

Unidirektionale Eins-zu-Eins-Assoziation

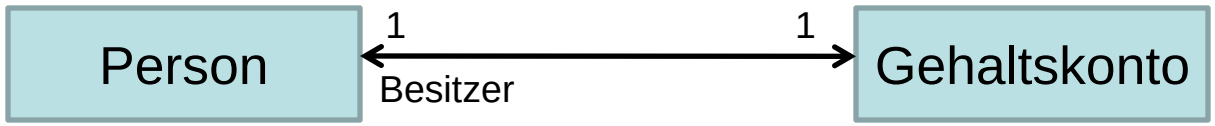
- Benutze in der Klasse, in der zur anderen navigiert wird, eine Instanzvariable, die eine Referenz zur anderen Klasse enthält.


```
class Person {
  private Konto gehaltskonto;
  public Person() {
    gehaltskonto=new Konto();
    }
  public Konto gibGehaltskonto() {
    return gehaltskonto;
  }
}
```

Privatisierung von **gehaltskonto** und zugehörige Zugriffsmethode verhindern versehentliches Ändern der Assoziation.

Bidirektionale Eins-zu-Eins-Assoziation

- Benutze in beiden Klassen eine Instanzvariable, die eine Referenz zur anderen enthält.



- Achtung: echte 1:1-Beziehung bedeutet gegenseitige Abhängigkeit!

Bidirektionale Eins-zu-Eins Assoziation

```
class Person {
  private Konto gehaltskonto;
    public Person() {
      gehaltskonto=new Konto(this);
    }
    public Konto gibGehaltskonto() {
      return gehaltskonto;
  }
}
class Konto {
  private Person besitzer;
  public Konto(Person besitzer) {
    this.besitzer=besitzer;
  }
  public Person gibBesitzer() {
    return besitzer;
  }
}
```

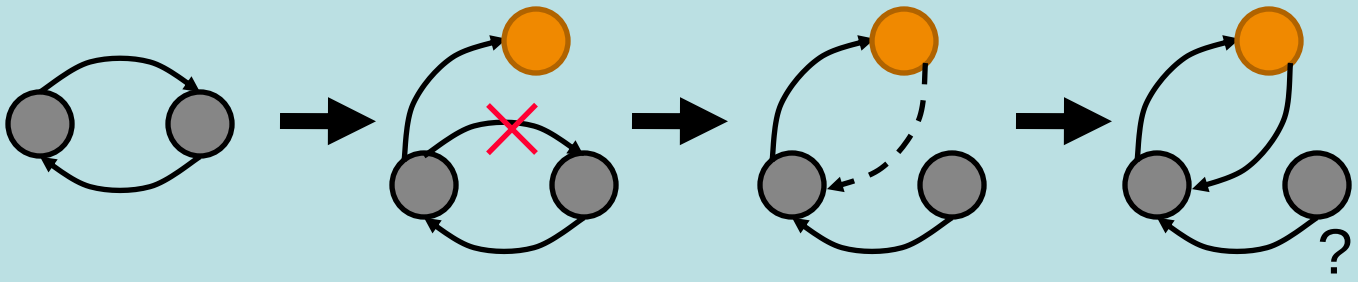
Hier Lösung für initiale Konsistenz: sorge dafür, dass keine `null`-Werte bei der Initialisierung entstehen können

Bidirektionale Eins-zu-Eins Assoziation

```
class Person {
  private Konto gehaltskonto;
    public Person() {
      gehaltskonto=new Konto(this);
    }
    pub
      r
  }
}
class K
  priva
  publ
    th
  }
  publ
    ret
  }
}
```

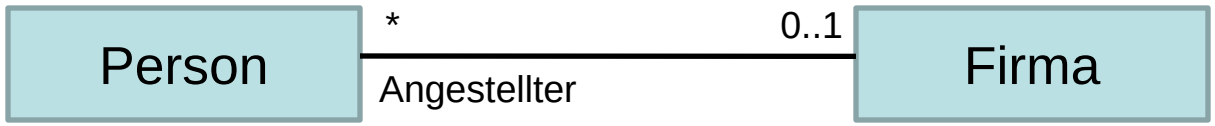
Hier Lösung für initiale Konsistenz: sorge dafür, dass keine `null`-Werte bei der Initialisierung entstehen können

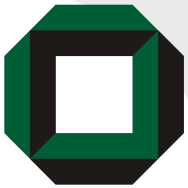
Wenn wir zwar die Zusicherung „1:1“ garantieren aber auch Änderung des Assoziationspartners zulassen wollen, wird der Code komplizierter:



1:N-Assoziationen

- Vielfache Referenzen müssen durch mengenwertige Instanzvariablen ausgedrückt werden.





1:N-Assoziationen

```
class Person {
  private Firma firma;
  public Person() {}
  public void setzeFirma(Firma f) {
    if (f==firma) return;
    firma = f;
    firma.stelleEin(this);
  }
  public Firma gibFirma() { return firma; }
}

class Firma {
  private Collection<Person> angestellte=new ArrayList<Person>();
  public Firma() {}
  public void stelleEin(Person p) {
    if (angestellte.contains(p)) return;
    angestellte.add(p);
    p.setzeFirma(this);
  }
}
```

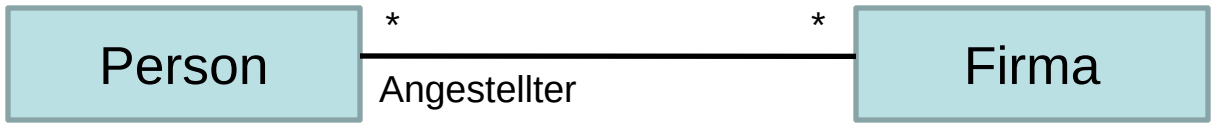
Endlosschleife verhindern

Referenz hinzufügen

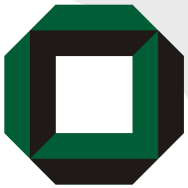
Dieser Code hat noch einen Fehler! Welchen?

M:N-Assoziation

- Bei n:m Assoziationen müssen zwei mengenwertige Attribute verwendet werden.




```
class Person {
  private Collection<Firma> arbeitgeber;
  …
}
class Firma {
  private Collection<Person> angestellte;
  …
}
```



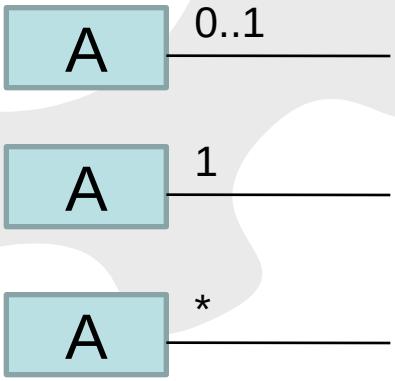
M:N-Assoziation

```
class Person {
  …
  public void hinzufügeArbeitgeber(Firma f) {
    if (arbeitgeber.contains(f)) return;
    arbeitgeber.add(f);
    f.stelleEin(this);
  }
  …
}

class Firma {
      …
  public void stelleEin(Person p) {
    if (angestellte.contains(p)) return;
     angestellte.add(p);
    p.hinzufügeArbeitgeber(this);
  }
  …
}
```

Endlosschleife verhindern

Zusammenfassung



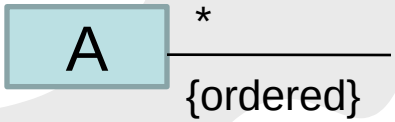
Instanzvariable vom **Typ A** auf der gegenüberliegenden Seite

Instanzvariable vom **Typ A** auf der gegenüberliegenden Seite
+ Code der sicherstellt, dass die Referenz niemals `null` ist

Instanzvariable vom **Typ Vielfachmenge<A>** auf der gegenüberliegenden Seite

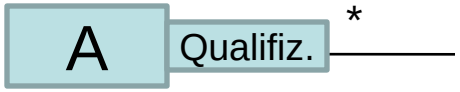
- Grundsätzlich gilt für den Assoziationen manipulierenden Code:
  - Assoziationen als „Ganzes“ betrachten
  - Immer beide Seiten anpassen
  - „Transaktional“ denken
  - Synchronisierung in nebenläufigen Programmen beachten (hier weggelassen!)

Sonderfälle



Instanzvariable vom **Typ Liste<A>** (mit Reihenfolge) auf der Gegenseite, also z.B. ArrayList<A> oder Vector<A>

Instanzvariable vom **Typ Menge<A>** auf der Gegenseite, also z.B. HashSet<A> oder TreeSet<A>



Instanzvariable vom **Typ Abbildung<Objekt, B>** also z.B. HashMap<Object, B>

\+ Methoden für Zugriff über den Qualifizierer

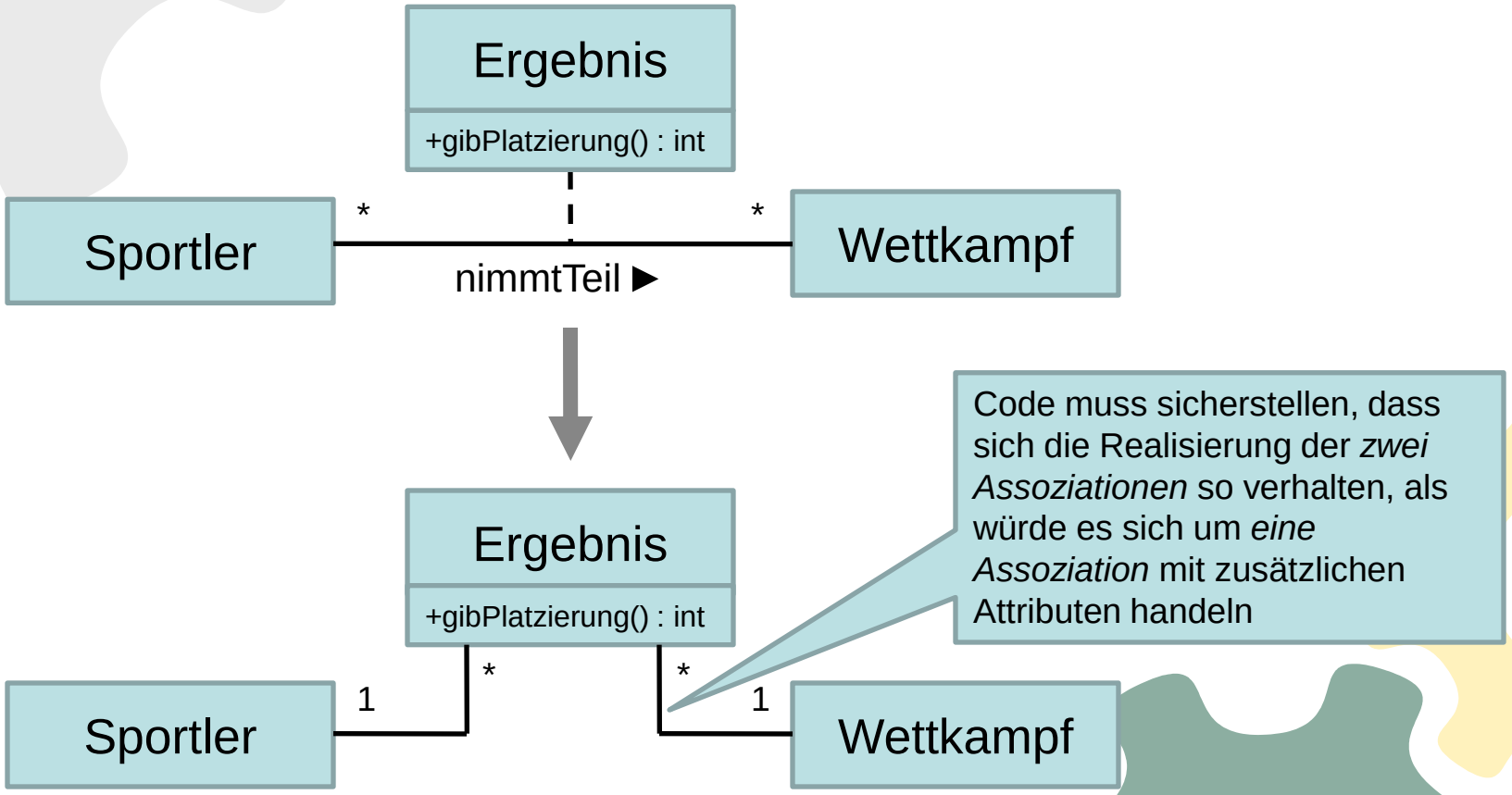
Qualifizierte Assoziation

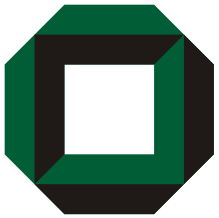

```
class Bibliothek {
private Map<String,Buch> bücher;
public void hinzufügeBuch(String signatur, Buch b) {
  if (!bücher.containsKey(signatur)) {
    bücher.put(signatur,b);
    b.hinzufügeBibliothek(signatur,this);
  }
}
public Buch gibBuch(String signatur) {
  return bücher.get(signatur);
}
…
}
```

Zugriff über Qualifizierer

Assoziationsklassen

- Realisierung durch Modelltransformation:

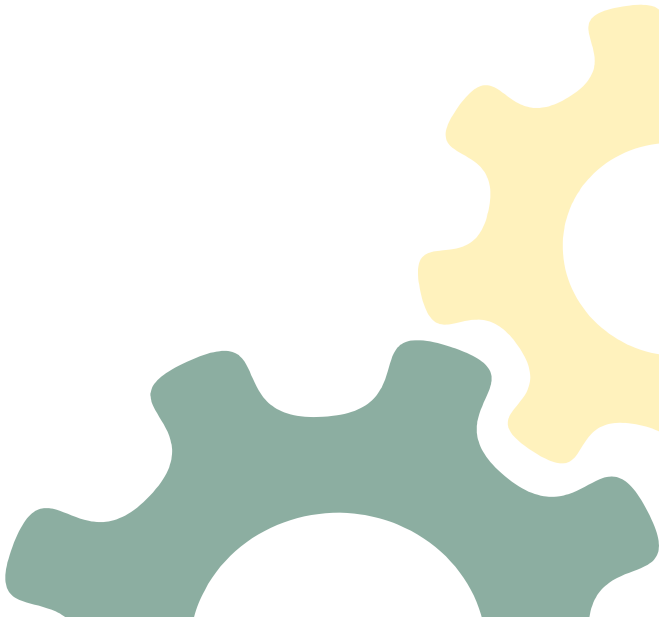


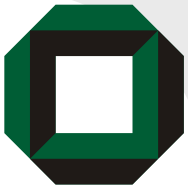


Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität · gegründet 1825

Kapitel 5.2.2
Abbildung und Implementierung von Zustandsautomaten

Fakultät für **Informatik**
Lehrstuhl für Programmiersysteme

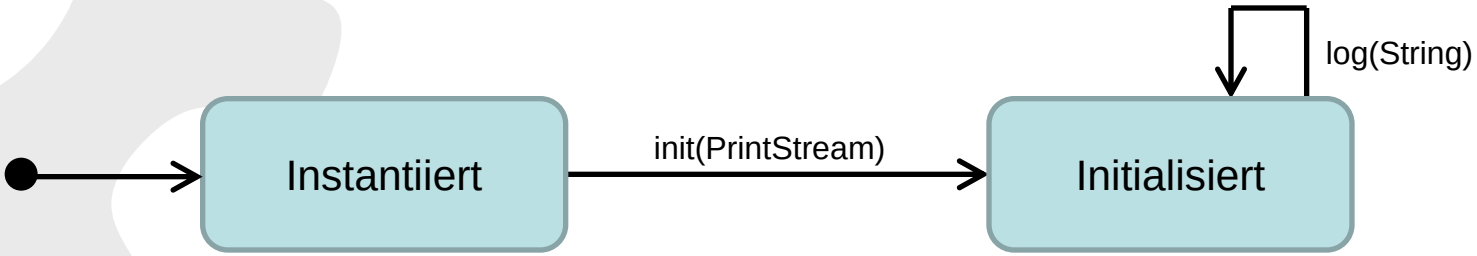




Speicherung des Zustands eines Objektes

- **Implizite** Speicherung
  - Der Zustand des Objektes kann aus den Attributwerten eines Exemplars „berechnet“ werden
  - Keine dedizierten Instanzvariablen nötig, der Zustand muss aber jedes Mal neu berechnet werden
  - Zustandsübergangsfunktion ist ebenfalls implizit
- **Explizite** Speicherung
  - Der Zustand eines Objektes wird in dedizierten Instanzvariablen gespeichert und kann daher einfach gelesen und neu gesetzt werden
  - Die Zustandsübergangsfunktion muss ebenfalls explizit angegeben werden

Beispiel für implizite Speicherung des Zustands

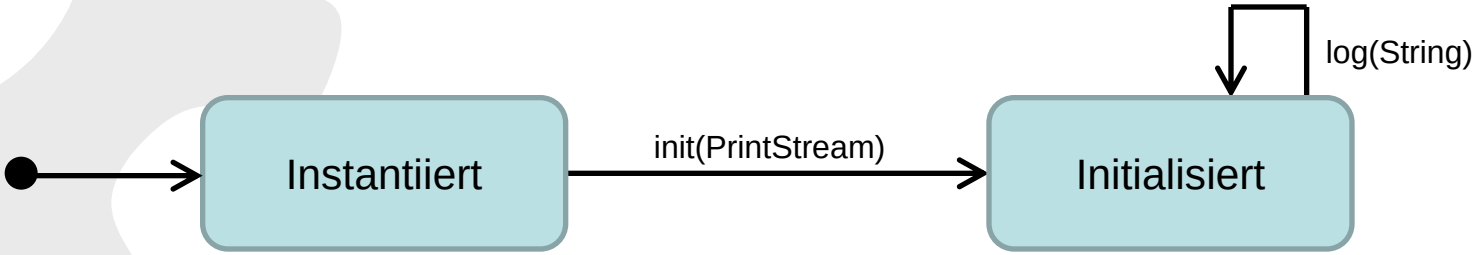



```
public class Logger {
   private PrintStream log;
   public void init(PrintStream dst) {
      log = dst;
   }
   public void log(String msg) {
      if (log==null) throw new IllegalStateException();
      log.append(msg);
   }
}
```

„Berechnung“ des aktuellen Zustands aus den Attributwerten

aus `java.lang`

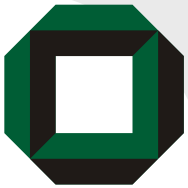
Beispiel für explizite Speicherung des Zustands




```
public class Logger {
   private enum Zustand { instanziiert, initialisiert };
   private Zustand zustand = Zustand.instanziiert;
   private PrintStream log;
   public void init(PrintStream dst) {
      log = dst;
      zustand = Zustand.initialisiert;
   }
   public void log(String msg) {
      if (zustand!=Zustand.initialisiert)
         throw new IllegalStateException();
      log.append(msg);
   }
}
```

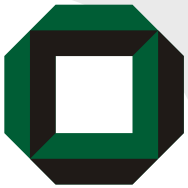
Explizite Speicherung des Zustands

Zustand kann direkt ausgelesen werden



Vergleich implizite/explizite Speicherung des Zustands

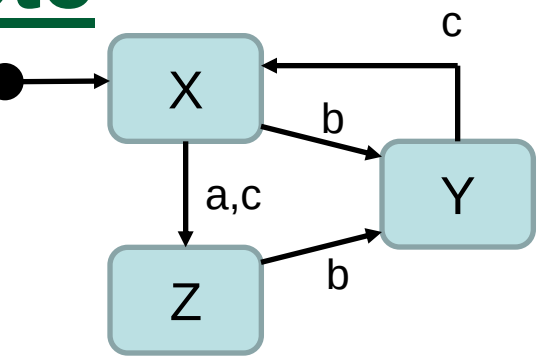
- Die implizite Speicherung spart Speicherplatz, die explizite (potentiell) Rechenzeit.
- Die implizite Speicherung ist potentiell komplizierter (trickreicher), die explizite umfangreicher.
- Die explizite Speicherung ist immer offensichtlich und wird daher bei Änderungen wahrscheinlicher berücksichtigt.
- Die implizite Speicherung ist nicht immer möglich, die explizite schon.



Alternativen der Implementierung expliziter Speicherung der Zustände

- Eingebettet
  - Jede Methode „kennt“ den kompletten Automaten
    - Sie führt ihre Aufgabe kontextsensitiv (=dem aktuellen Zustand entsprechend) durch und
    - Nimmt die Verwaltung der Zustände selbst vor
  - Vorteil: kompakter, schneller
- Ausgelagert
  - Die Methode „fragt“ den aktuellen Zustand, was zu tun ist
  - Der Code zur Verwaltung der Zustände befindet sich in dedizierten (ggf. automatisch erzeugten) Klassen
  - Vorteil: flexibler, bei komplexen Automaten übersichtlicher

Beispiel für eingebettete explizite Speicherung




```
public class XYZ {
    private enum Zustand{ X, Y, Z };
    private Zustand zustand = Zustand.X;
    public void a() {
        if (zustand==Zustand.Y) throw new IllegalStateException();
        if (zustand==Zustand.Z) throw new IllegalStateException();
        // ... mach was ...
        zustand = Zustand.Z;
    }
    public void b() {
        if (zustand==Zustand.Y) throw new IllegalStateException();
        // ... mach was ...
        zustand = Zustand.Y;
    }
    public void c() {
        if (zustand==Zustand.Z) throw new IllegalStateException();
        // ... mach was ...
        if (zustand==Zustand.X) zustand = Zustand.Z;
        if (zustand==Zustand.Y) zustand = Zustand.X;
    }
}
```

Die Methode `a()` darf im Zustand Y und Z nicht aufgerufen werden

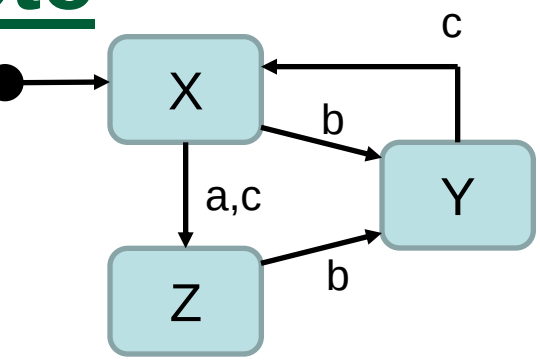
Nächster Zustand: Z

Was ist, wenn hier etwas passieren soll, das vom gegenwärtigen Zustand abhängig ist?

Der „`mach was`“-Teil muss also auch noch in die `if`-Blöcke rein!

Der nächste Zustand ist vom vorhergehenden abhängig

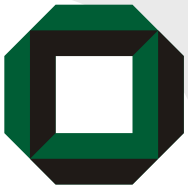
Beispiel für eingebettete explizite Speicherung




```
public void a() {
  if (zustand==Zustand.X) {
    // ... mach was ...
    zustand = Zustand.Z; return;
  }
  if (zustand==Zustand.Y)
    throw new IllegalStateException();
  if (zustand==Zustand.Z)
    throw new IllegalStateException();
}
public void b() {
  if (zustand==Zustand.X) {
    // ... mach was ...
    zustand = Zustand.Y; return;
  }
  if (zustand==Zustand.Y)
    throw new IllegalStateException();
  if (zustand==Zustand.Z) {
    // ... mach was anderes ...
    zustand = Zustand.Y; return;
  }
}
```

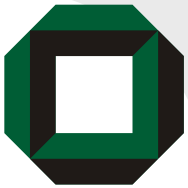
```
public void c() {
    if (zustand==Zustand.X) {
      // ... mach was ...
      Zustand = Zustand.Z; return;
    }
    if (zustand==Zustand.Y) {
      // ... mach was anderes ...
      Zustand = Zustand.X; return;
    }
    if (zustand==Zustand.Z)
      throw new IllegalStateException();
  }
```

… und die **entry**- und **exit**-Aktionen müssen da eigentlich auch noch überall rein!



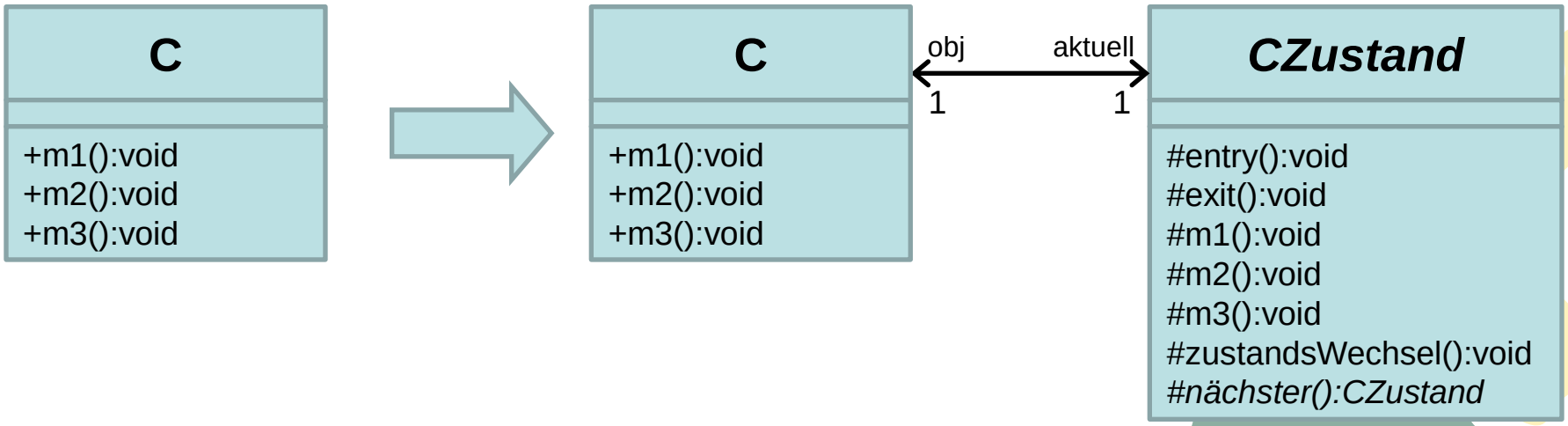
Ausgelagerte explizite Speicherung (state pattern)

- Idee:
  - Das eigentliche Objekt weiß nicht was genau in welchem Zustand zu tun ist.
  - Es kennt nur seinen Zustand
  - Und delegiert das, was zu tun ist, wenn eine Botschaft eintrifft, an den jeweiligen Zustand.
- Vorteil:
  - Die Kontextsensitivität (=Zustandsabhängigkeit) der Methoden braucht nicht mehr explizit verwaltet zu werden, statt dessen wird dynamische Polymorphie verwendet
  - Die Implementierungsarbeit wird auf verschiedene Klassen (=verschiedene Dateien in Java) aufgeteilt
    - Bessere Parallelisierbarkeit der Implementierungsarbeit
    - „separation of concerns“



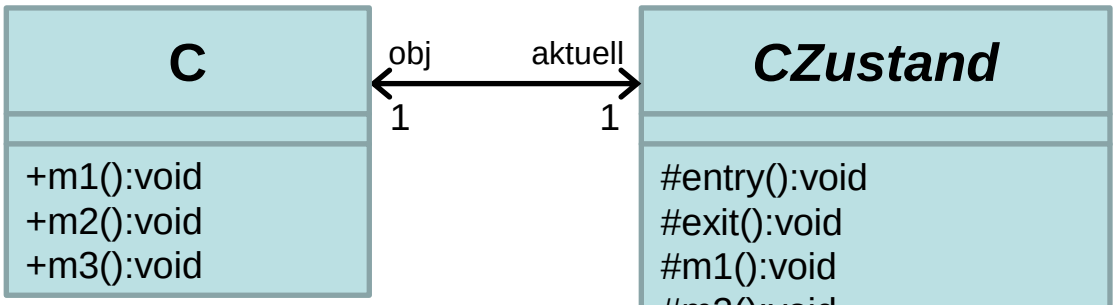
Vorgehensweise

- Zu jeder Klasse `C`, für deren Verhalten ein endlicher Automat implementiert werden soll, erzeuge eine abstrakte Oberklasse `CZustand`, die für alle Zustände von `C` steht:

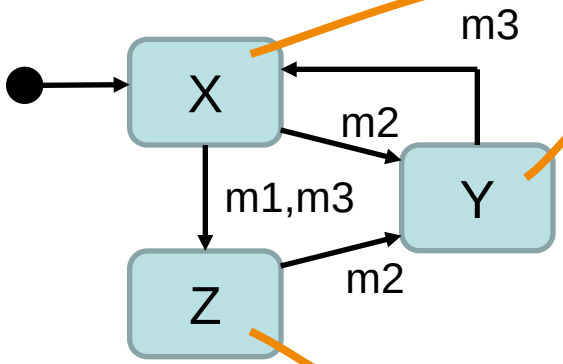


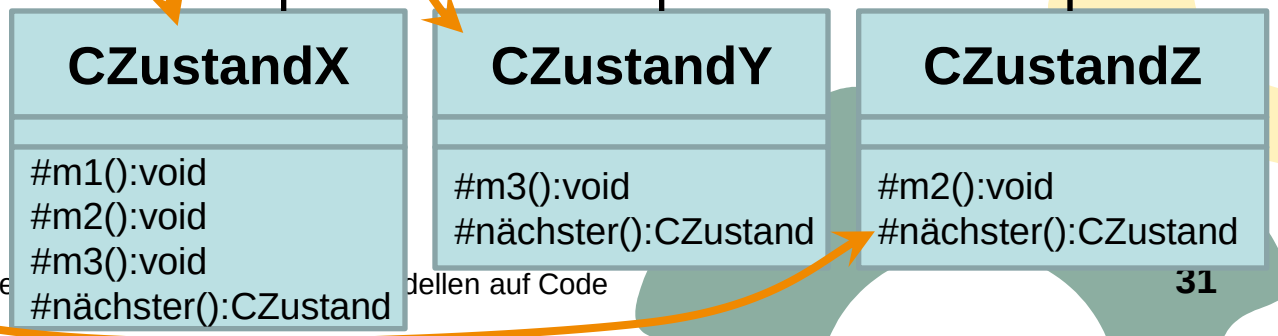
Vorgehensweise

- Jeder Zustand, den die Klasse C einnehmen kann wird durch einen eigenen Typ repräsentiert



Zustandsübergangs-diagramm der Klasse C:

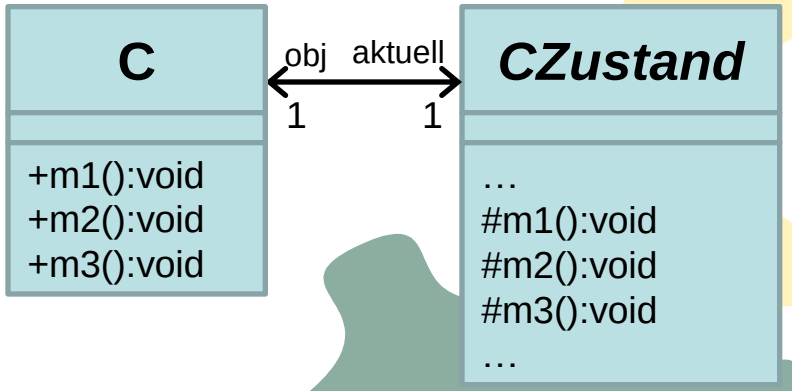


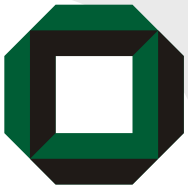


Vorgehensweise: Delegation

- Die Implementierung der Methoden `m1`, `m2` und `m3` in `C` wird delegiert:

```
class C {
   …
   protected CZustand aktuell;
   …
   public void m1() {
      aktuell.m1(); // delegiere
      // Zustandsänderung
      // fehlt noch
   }
   …
}
```

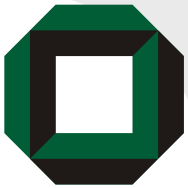




Implementierung der Methoden der abstrakten Klasse `CZustand`

- Standardverhalten: „Tue nichts beim `entry`- und `exit`-Ereignis“ → ein konkreter Zustand braucht nur da Implementierungen angeben, wo er das auch will.

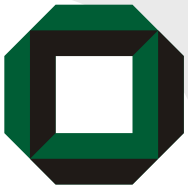
```
protected void entry() { //leer }
protected void exit()  { //leer }
```



Implementierung der Methoden der abstrakten Klasse CZustand

- Standardverhalten: „In diesem Zustand ist das Aufrufen dieser Methode unzulässig“ → ein konkreter Zustand braucht nur da Implementierungen angeben, wo er das auch will.

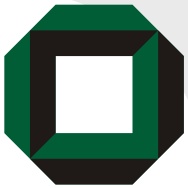
```
protected void m1() {
    throw new IllegalStateException();
}
protected void m2() {
    throw new IllegalStateException();
}
protected void m3() {
    throw new IllegalStateException();
}
```



Implementierung der Methoden der abstrakten Klasse `CZustand`

- Die abstrakte Methode `nächster()` ist eine *Einschubmethode*, die angibt, welcher Zustand der nächste Zustand wäre. Sie nimmt keinen Zustandswechsel vor und wird als Einschubmethode auch nicht von außen aufgerufen!
- Die Methode ist abstrakt, so dass jeder Zustand seine eigene Implementierung angeben muss.

```
protected abstract CZustand nächster();
```

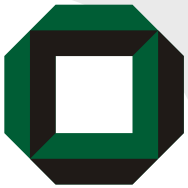


Implementierung der Methoden der abstrakten Klasse `CZustand`

- Die Methode `zustandsWechsel()` ist eine Schablonenmethode, die ggf. einen Zustandswechsel vornimmt. Sie muss nach jedem Aufruf einer Methode von `C` aufgerufen werden:

```
protected void zustandsWechsel() {
      CZustand n = nächster();
      if( n != this ) {
            this.exit();
            n.entry();
            obj.aktuell = n;
      }
}
```

Aufruf der Einschubmethode



Vorgehensweise

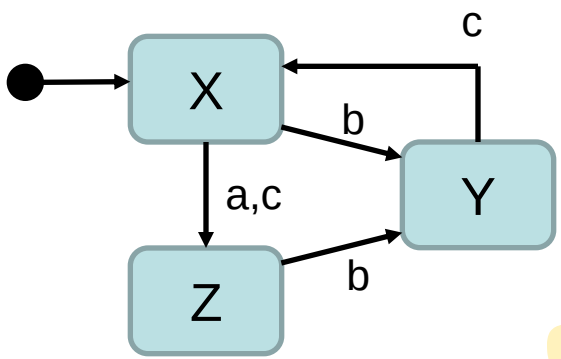
- Die Implementierung der Methoden `m1`, `m2` und `m3` in `C` sieht also folgendermaßen aus:

```
class C {
   …
   protected CZustand aktuell;
   …
   public void m1() {
      aktuell.m1();
      aktuell.zustandsWechsel();
   }
   …
}
```

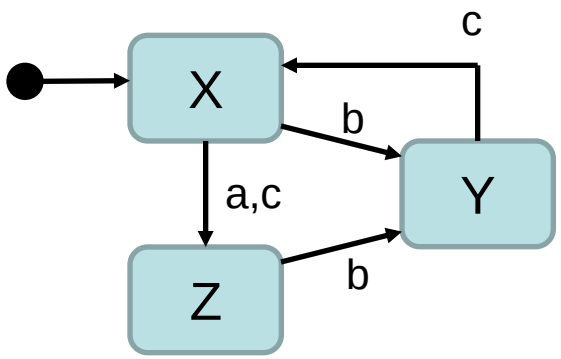
Beispiel

- Sei für die Klasse `M` unten stehender Automat definiert.
- Dann ist

```
class M {
  protected MZustand aktuell = new MZustandX(this);
  public void a() {
    aktuell.a();
    aktuell.zustandsWechsel();
  }
  public void b() {
    aktuell.b();
    aktuell.zustandsWechsel();
  }
  public void c() {
    aktuell.c();
    aktuell.zustandsWechsel();
  }
}
```



Beispiel




```
class MZustand {
  protected M obj;
  protected MZustand(M m) { obj = m; }
  … // wie beschrieben
}
class MZustandX extends MZustand {
  private MZustand z;
  protected MZustandX(M m) { super(m); }
  protected void a() {
     … // mach was
     z = new MZustandZ(obj);
  }
  protected void b() {
     … // mach was
     z = new MZustandY(obj);
  }
  protected void c() {
     … // mach was
     z = new MZustandZ(obj);
  }
  protected CZustand nächster() {
     return z;
  }
}
```

```
class MZustandY extends MZustand {
   prot. MZustandY(M m) { super(m); }
   protected void c() {
      … // mach was
   }
   protected CZustand nächster() {
      return new MZustandX(obj);
   }
}
class MZustandZ extends MZustand {
   prot. MZustandZ(M m) { super(m); }
   protected void b() {
      … // mach was
   }
   protected CZustand nächster() {
      return new MZustandY(obj);
   }
}
```

Hier mit **new**. Es könnten auch Einzelstücke verwendet werden.