2. Objektorientierung: grundlegende Fallbeispiele und weitere Konzepte

Java-Beispiele:

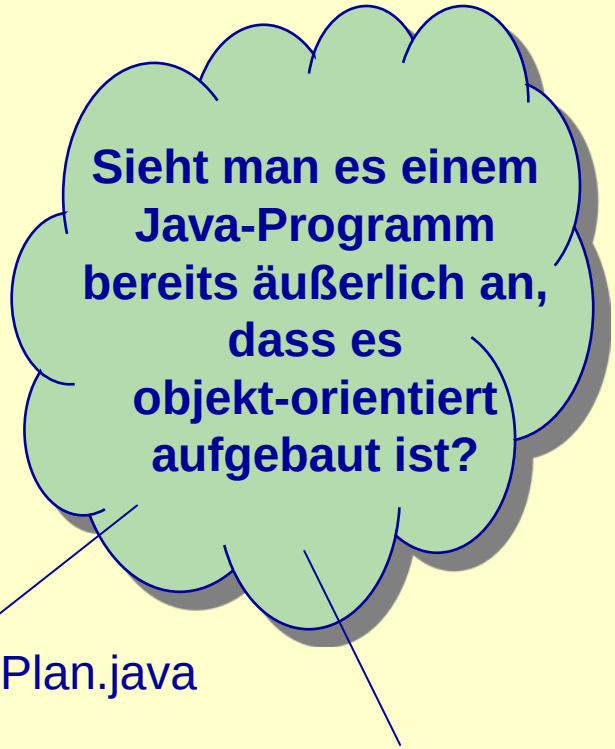
KlammerStruktur.java
Time.java
Schedule.java

Schwerpunkte

- **Wiederverwendbarkeit** von ADT (Klassen):
  - Überprüfung von Klammerstrukturen mit einem Stack
  - Auflösung von Rekursion mit einem Stack
- **Vergleich** eines imperativen mit einem oo Programm:
  ZeitPlan.java, Time.java, Schedule.java
- **Neue Konzepte der OO**:
  Überladen (Overloading),
  this – das aktuelle Objekt,
  private Methoden, public Variablen,
  Alias-Problem,
  Gleichheit und Identität, Kopie von Objekten,
  lexikographische Ordnung
- ADT als *Java-API*-Klassen: ***String***
- **Datenklassen**: Pascal-Records, C++-Struct

Äußere Merkmale objektorientierter Programme in Java

Wodurch unterscheiden sich in Java oo- und imperativ strukturierte Programme?



Imperatives Programm

Objektorientiertes Programm

Objektorientiert

Stack.java

```
class Stack {

    private char[] stackElements;

    private int top;  // zeigt auf oberstes Ele

    public Stack(int n) {
        stackElements = new  char [n];
        top = -1;
    }

    public boolean isempty() {
        return top == -1;
    }

    public void push(char x) {
        top++; stackElements[top] = x;
    }

    public char top() {
        if (isempty()) {
          System.out.println("St
          return ' ';
        }
        else
          return stackElement
    }

    public void pop() {
        if (isempty())
          System.out.println("
        else
          top--;
    }
}
```

Imperativ

ZeitPlan.java

```
class ZeitPlan {

   private static int hour, minute;

   private static void addMinutes (int m)
   private static int timeInMinutes ()
   private static void printTime ()
   private static void printTimeInMinutes
   private static void includeNewEntry
           (int intervalInMinutes)

   static void main
           (String[] args) {
..
cludeNewEntry(90, "V PI1");
cludeNewEntry(15, "Pause");
cludeNewEntry(90, "V ThI1");
..
```

Sieht man es einem Java-Programm bereits äußerlich an, dass es objekt-orientiert aufgebaut ist?

Wodurch unterscheiden sich in Java oo- und imperativ strukturierte Programme?

Sieht man es einem Java-Programm bereits äußerlich an, dass es objekt-orientiert aufgebaut ist?

ZeitPlan.java

Stack.java
Umkehrung.java

Ja: Schlüsselwörter!

Objektorientierte Struktur:
Programm mit Klassen, die ADT realisieren

ADT = Einheit aus versteckten Daten
und Interface-Operationen

```
class Stack {
  private char[] stackElements;

  public void push (char x) { ... }
}
```

1

2 Variablen und Methoden **nicht ‚static'**
→ Instanzen erzeugen:
Instanzmethoden, -Variablen

Objektorientierte Komponente

Stack.java

```
class Stack {

    private char[] stackElements;

    private int top;  // zeigt auf oberstes Element

    public Stack(int n) {
        stackElements = new  char [n];
        top = -1;
    }

    public boolean isempty() {
        return top == -1;
    }

    public void push(char x) {
        top++; stackElements[top] = x;
    }

    public char top() {
        if (isempty()) {
          System.out.println("Stack leer");
          return ' ';
        }
        else
          return stackElements [top];
    }

    public void pop() {
        if (isempty())
          System.out.println("Stack leer");
        else
          top--;
    }
}
```

1

2

ADT = Einheit aus versteckten Daten und Interface-Operationen

Variablen und Methoden **nicht ‚static'**
→ Instanzen erzeugen:
Instanzmethoden, -Variablen

imperativ

```
class ZeitPlan {

   private static int hour, minute;

   private static void addMinutes (i
   private static int timeInMinutes
   private static void printTime ()
   private static void printTimeInMi
   private static void includeNewEnt
           (int intervalInMinutes)

   public static void main
                (String[] args) {
```

Wiederverwendbarkeit

KlammerStruktur.java

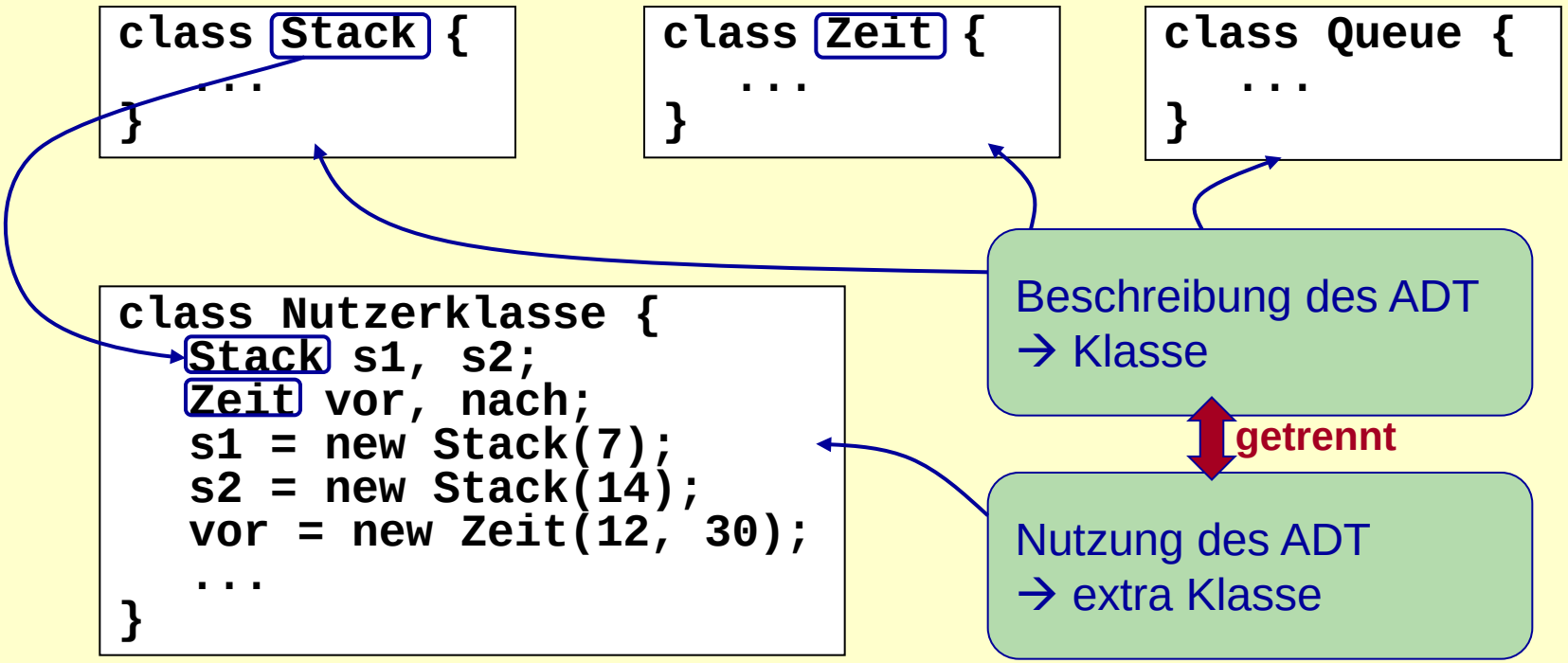
Wesentliches Qualitätsmerkmal von Software

Besonders durch OO unterstützt

OO: Zwang zur Komponentenbildung

Klasse: neuer (nutzerdefinierter, abstrakter) Typ

je Typ/ADT – eine Klasse
→ Zwang zur Komponentenbildung



Imperatives Programm: als Einkomponentenprogramm möglich

```
PROGRAM pascalcompiler;

CONST c1 ...          (100 LOC)

TYPE t1 ...           (500 LOC)

VAR v1, v2 ...        (500 LOC)

PROCEDURE P1 ...
PROCEDURE P2 ...      (9000 LOC)

BEGIN
   ...                (30 LOC)
END.
```

Pascal

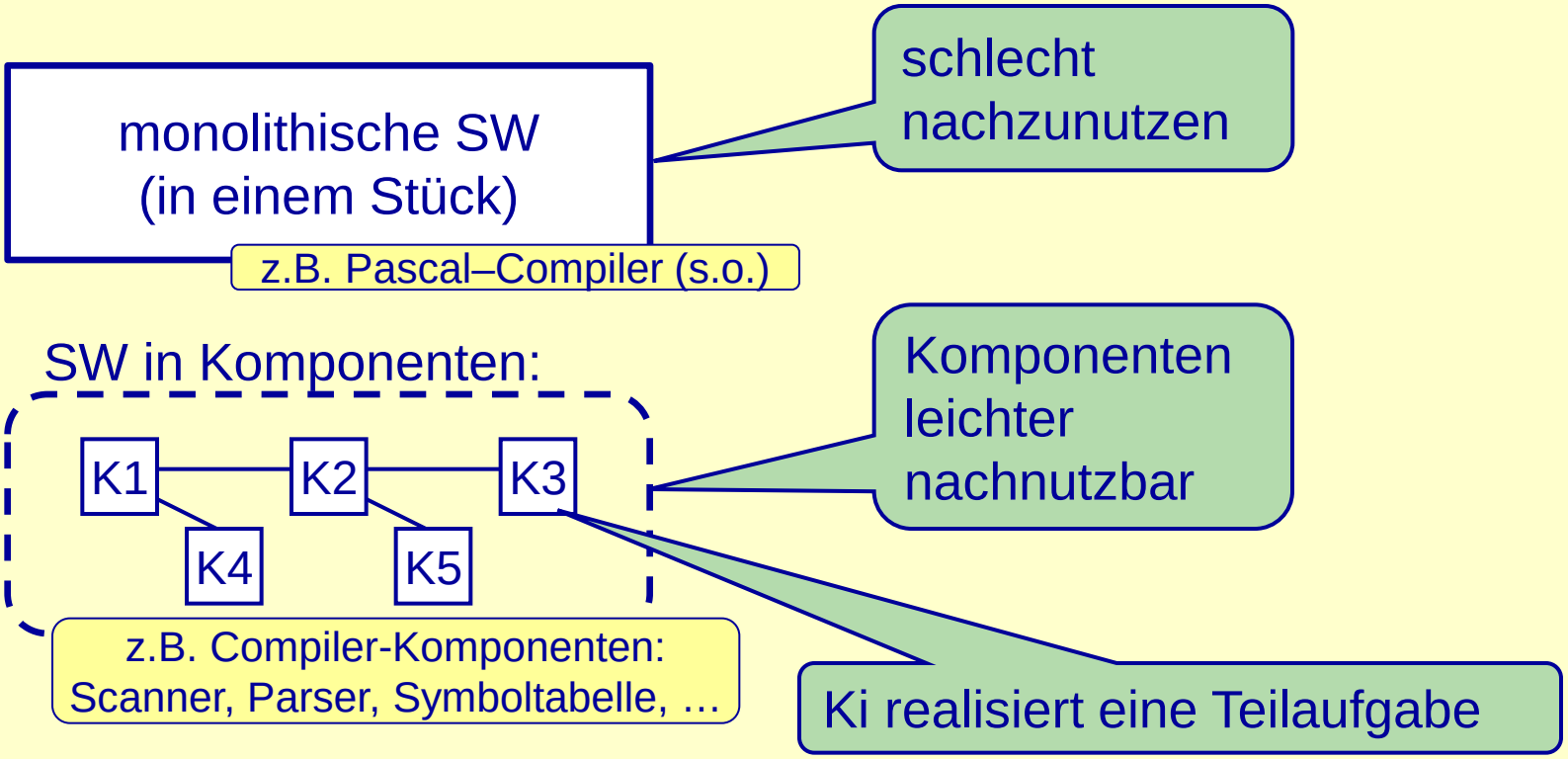
LOC = Lines Of Code

Java

```
class pascalcompiler {
    final static int c1 ...

    static char[] v1, v2;

    static int p1(...) {...}
    static void p2 ...

    main(...) {
        ...
    }
}
```

Wiederverwendung von Programmteilen schwierig

Wiederverwendbarkeit von Software: eines der wichtigsten Qualitätskriterien



ADT-Klassen: Komponenten mit besonders guter Wiederverwendbarkeit (semantische und syntaktische Einheit)

Programmieraufgaben

1. Einlesen einer Folge von Daten (int/char) und Ausgabe in umgekehrter Reihenfolge

```
Eingabe: a z d f g k
Ausgabe: k g f d z a
```

2. Überprüfung der Klammerstruktur eines Programms (paarweises Auftreten, ohne weitere Syntaxanalyse)

```
( a + ( x [ ( i + j ) ] % 12 ) {
      z [ i ] ++ ;
} ...
```

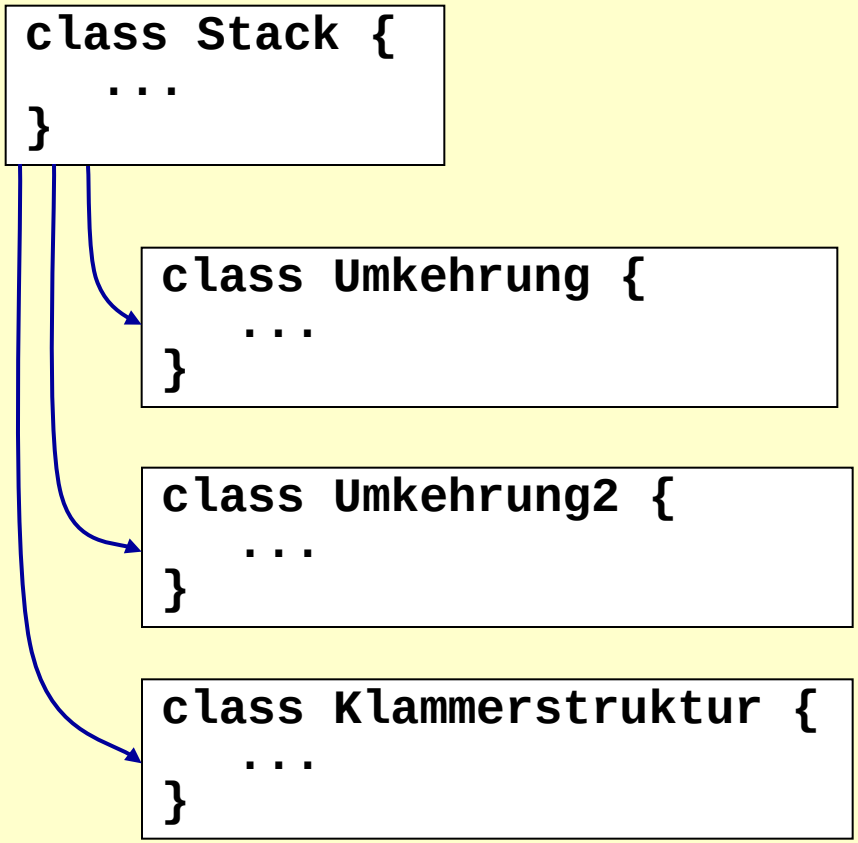
3. Überführung von Ausdrücken in Postfixform

```
  a + b * c -> a b c * +
(a + b) * c -> a b + c *
```

4. Auflösung der Rekursivität in Iteration

Neue Anwendung des Stack: Klammerstruktur überprüfen

Klassen (unabhängige Komponenten):
→ sehr gute Wiederverwendbarkeit (vgl. SW-Qualität)



Dieselbe Komponente wiederverwendet in drei verschiedenen Programmen

```
class Stack {

    private char[] stackEleme

    private int top;  // zeig

    public Stack(int n) {
        stackElements = new
        top = -1;
    }

    public boolean isempty()
        return top == -1;
    }

    public void push(char x)
        top++; stackElements[
    }

    public char top() {
        if (isempty()) {
          System.out.println(
          return ' ';
        }
        else
          return stackElement
    }

    public void pop() {
        if (isempty())
          System.out.println(
        else
          top--;
    }
}
```

KlammerStruktur.java

```
class KlammerStruktur {

  public static void main(String[] argv) {

    final int N = 100;
    char [] eingabe = new char [N];       // Eingabe
    int j = 0;            // gefuellt bis zur der Laenge j-1
    int i = 0;            // Index: durchlaeuft das Eingabeprogramm
    boolean ok = true;    // zu Beginn: kein Fehler
    Stack s = new Stack(20);              // Klammerstack

    System.out.println("Ausdruck mit Klammern eingeben: {}, [], () (Ende: .):");
    do {
      eingabe[j] = Keyboard.readChar(); j++;
    }
    while ( eingabe[j-1] != '.'); // Eingabe endet mit '.'

    while ((i < j) && (ok)) {   // solange noch Eingabezeichen vorhanden und kein
                                // Fehler aufgetreten ist
      switch (eingabe[i]) {
        case '(':               // oeffnende Klammern: abspeichern
        case '{':
        case '[': s.push(eingabe[i]); break;
        case ')': if (!s.isempty() && s.top() == '(')
                      s.pop();
                  else ok = false; break;
        case '}': if (!s.isempty() && s.top() == '{')
                      s.pop();
                  else ok = false; break;
        case ']': if (!s.isempty() && (s.top()) == '[')
                      s.pop();
                  else ok = false; break;
        default:  break;       // keine Klammer
      }
      i++;
    }
          // Ende-Test: alle Zeichen der Eingabe erfasst und ...
    if ((i==j) && ok && s.isempty())
         System.out.println("Klammerstruktur ok!");
    else System.out.println("Klammerstruktur falsch!");
  }
}
```

Klammerstruktur überprüfen

- **Aufgabe:**

  In einem Programm treten Paare von Klammern () – [] – {} auf, die auch ineinander verschachtelt sein können. Man überprüfe die Klammerstruktur (ohne Syntaxanalyse).

- **korrekte Strukturen:**

```
(a + b[i] * (c – d))
{ a = arr[i] – (c + d) }
```

- **fehlerhafte Strukturen:**

```
((a && b) – c))    (Anzahl)
((a[i+)])          (falsche Paare)
```

Algorithmus (Klammerstruktur)

- Verarbeite Eingabe zeichenweise (Zyklus):
  - Zeichen ist öffnende Klammer:
    → abspeichern
  - Zeichen ist schließende Klammer:
    - Test: ist die zuletzt abgespeicherte Klammer die zugehörige öffnende Klammer?
      - ja: ok + streiche öffnende Klammer
      - nein: Fehler → stop
  - Sonstige Zeichen: ignorieren/überlesen

- Ende:
  positiv:
  - Gesamte Eingabe fehlerfrei verarbeitet **und**
  - Keine abgespeicherten Klammern mehr (keine öffnende Klammer zu viel)

  negativ: sonst

```
(a + b[i] * (c – d))
```

Wieso ist ein Stack hilfreich - Was deutet im Algorithmus auf einen Stack hin?

Algorithmus benötigt Stack

- Verarbeite Eingabe zeichenweise (Zyklus):
  - Zeichen ist öffnende Klammer:
    → abspeichern
  - Zeichen ist schließende Klammer:
    - Test: ist die zuletzt abgespeicherte Klammer die zugehörige öffnende Klammer?
      - ja: ok + streiche öffnende Klammer
      - nein: Fehler → stop
  - Sonstige Zeichen: ignorieren/überle

- Ende:
  positiv:
  - Gesamte Eingabe fehlerfrei verarbeitet **und**
  - Keine abgespeicherten Klammern mehr (keine öffnende Klammer zu viel)

  negativ: sonst

push

top

Stack

pop

isempty

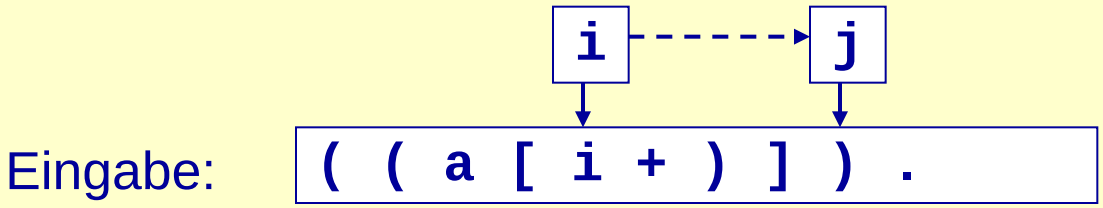
Implementation: Klammertest

aktuelles Zeichen

KlammerStruktur.java

```
switch (eingabe[i]) {
   case '(':          // öffnende Klammern
   case '{':
   case '[': s.push(eingabe[i]);
             break;
   case ')': if (!s.isempty() &&
                 s.top() == '(')
              s.pop();
             else ok = false;
             break;
      ...
   default: break;   // keine Klammer
}
```

Implementation: Ende-Test




```
// Ende-Test positiv:
// - alle Zeichen der Eingabe erfasst
// - keine Fehler entdeckt
// - keine oeffnende Klammer zu viel
if ((i == j) && ok && s.isempty())
   System.out.println("Klammerstruktur ok!");
else
   System.out.println("Klammerstruktur falsch!");
```

Auflösung von Rekursivität mit Stacks

Weitere Nachnutzung des Stack

Programmieraufgaben

1. Einlesen einer Folge von Daten (int/char) und Ausgabe in umgekehrter Reihenfolge

```
Eingabe: a z d f g k
Ausgabe: k g f d z a
```

2. Überprüfung der Klammerstruktur eines Programms (paarweises Auftreten, ohne weitere Syntaxanalyse)

```
( a + ( x [ ( i + j ) ] % 12 ) {
      z [ i ] ++ ;
} ...
```

3. Überführung von Ausdrücken in Postfixform

```
  a + b * c -> a b c * +
(a + b) * c -> a b + c *
```

4. Auflösung der Rekursivität in Iteration (Effizienz; nicht: Übersichtlichkeit)

Übungsblatt 5

Hanoi-Programm

```
static void bewege (
   int n,
   char start,
   char hilfe,
   char ziel) {

   if (n == 1)
      System.out.println
         (" von " + start + " nach " + ziel);
   else {
      bewege(n-1, start, ziel, hilfe);
      System.out.println
         (" von " + start + " nach " + ziel);
      bewege(n-1, hilfe, start, ziel);
   }
}
```

Ohne Rekursion möglich (verbesserte Effizienz)

→ mit Stack

1 Problem → 3 Teilprobleme (mit 2 rekursiven Aufrufen)

Hanoi: rekursiv → iterativ (mit Stack)

Grundprinzip:

- in einem (Zyklus-)Schritt:
  - löse immer **das** aktuelle Problem und merke die später zu lösenden Probleme (in einem **Stack**)
- ein Problem:
  - bewege n Scheiben von 'start' über 'hilfe' nach 'ziel'
- im Stack:
  - das aktuelle Problem ist 'oben' gespeichert
- Algorithmus:

```
while (!isempty(problemStack)) {
   bearbeite das oberste Problem
}
```

n = 1 → drucken

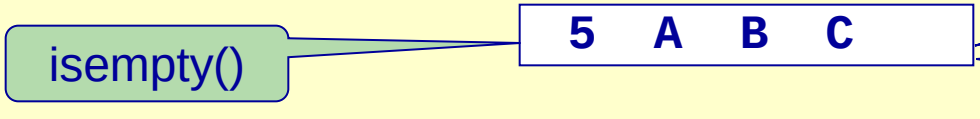
n > 1 → speichere drei neue Probleme

Beispiel: 'Problem-Stack'

bewege(5, 'A', 'B', 'C')

Stackentwicklung

Anfang:



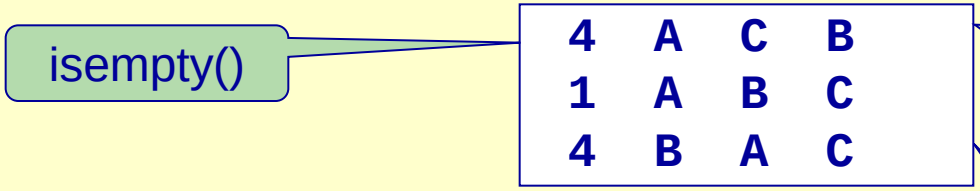
isempty()

push()

top()

Dynamische Aufrufreihenfolge von Stack-Operationen:

1. Zyklusschritt:



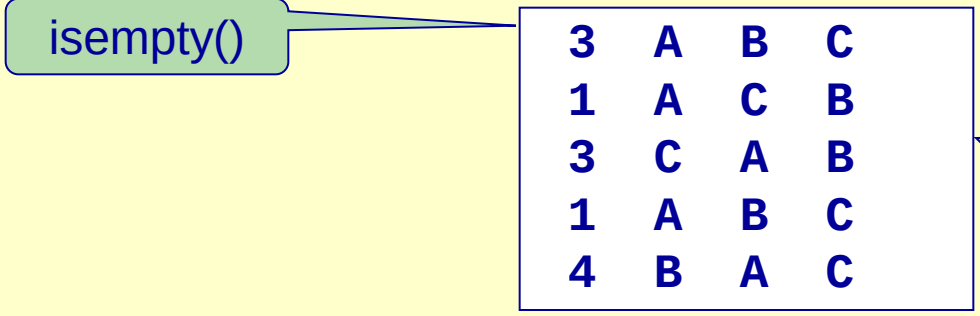
isempty()

pop()

push()
push()
push()

top()

2. Zyklusschritt:



isempty()

pop()

push()
push()
push()

4 Stacks oder ein Stack mit Basistyp „Record/Struct“

Vergleich:

imperatives – objektorientiertes Programm

Objektorientierte Variante eines existierenden imperativen Programms

OO-Variante des imperativen Programms ZeitPlan.java entwickeln – was heißt das?

Teil II: ZeitPlan.java (→ Quellcode)

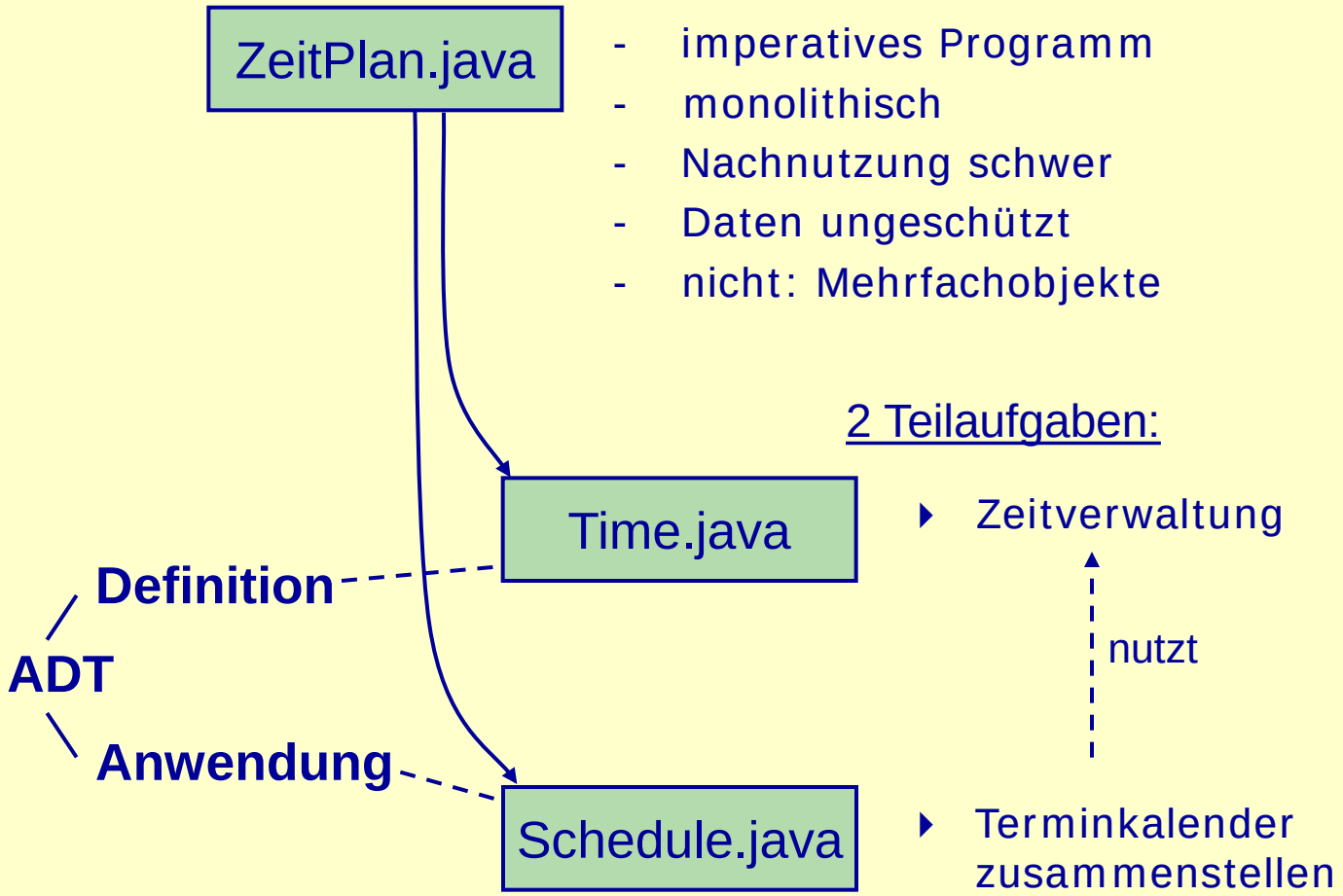
Jetzt:
- Time.java
- Schedule.java

illustriert auch neue Konzepte:

Overloading, Alias,
Gleichheit und Identität u.a.

Vergleich: imperatives und objektorientiertes Programm

Terminkalender-Programm



Beispielanwendung

```
% java ZeitPlan
Terminkalender: Zeitangabe + Text
--------------------------------
8:30AM            V PI1
10:00AM           Pause
10:15AM           V ThI1
11:45AM           Pause
12:15PM           U PI1
letzte (aktuelle) Tageszeit in Minuten:
1:45PM = 825. Minute des Tages
```

Implementation:

Imperatives Programm Zeitplan.java

Idee

→ **Verwaltung der aktuellen Zeit:**

2 *globale* Variablen (hour, minute)

→ **Methoden (Algorithmen) für Teilaufgaben:**

- die aktuelle Zeit erhöhen (addMinutes)
- die Uhrzeit in Minuten umrechnen (timeInMinutes)
- Druck der Uhrzeit nach den englischen Konventionen (printTime)
- Druck der Uhrzeit und der entsprechenden Minutenzahl (printTimeInMinutes)
- Verarbeitung eines neuen Eintrags (includeNewEntry)
- Hauptalgorithmus (main)

Imperative Programmstruktur:

eine Klasse – zwei Aufgaben

```
class Zeitplan {
   private static int hour, minute;

   private static void addMinutes(int m) {
      ...
      hour = totalMinutes/60;
      ...
   }
   private static void printTime() {
      if ((hour == 0) ...
   }

   private static void includeNewEntry(...) {
      ...
   }
   public static void main (...) {
      hour = 8; minute = 30;
      addMinutes(30); printTime(); ...
   }
}
```

Zeitverwaltung

Ziel: Klasse Time
→ separate Klasse
→nachnutzbar,
nicht nur bei Zeitplanerstellung
→ mehrere Terminkalender, mehrere Zeitobjekte

Terminkalender zusammenstellen (Zeitverwaltung genutzt)

Imperative Programmstruktur: Nachteile

Programm Zeitplan.java

Einkomponentenprogramm:

- nicht möglich:
  Nachnutzung der Zeitverwaltung
  (ADT 'Time') in anderer Anwendung
  (z. B. Simulationsaufgabe)
- nicht möglich:
  mehrere Zeitobjekte
  (z. B. für mehrere Terminkalender)
- Daten **nicht** geschützt (versteckt):
  in main() möglich: minute = 65;

Zeitplan: imperativ → objektorientiert

Time.java
Schedule.java

```
class Zeitplan {
   ...
}
```

eine **imperative** Komponente

```
class Time {
   private int hour, minute;
   public Time() ...
   public addMinutes ...
   public printTime ...
   public timeInMinutes ...
   public printTimeInMinutes ...
}
```

ADT 'Time'

```
class Schedule {
   public static includeNewEntry ...
   public static main ... {
     Time t1, t2, t3, t4;
     ...
   }
}
```

Anwendung von 'Time':
4 Terminkalender zusammenstellen
→ 4 Zeitobjekte benötigt

Aufruf der Terminplanung

```
% java Schedule
erster Plan:
8:30AM      PI1
10:00AM     Pause
10:15AM     TI1
11:45AM     Pause
noon        Ma1
1:40PM      Pause
1:55PM      Ma2
letzte (aktuelle) Tageszeit in Minuten:
2:15PM   = 855. Minute des Tages

zweiter Plan:
midnight    Nebenfach
1:40AM      Proseminar
letzte (aktuelle) Tageszeit in Minuten:
3:10AM   = 190. Minute des Tages

dritter Plan:
2:15PM      Sport
3:55PM      Freizeit
letzte (aktuelle) Tageszeit in Minuten:
7:15PM   = 1155. Minute des Tages

vierter Plan:
noon        zweites Nebenfach
1:40PM      frei
letzte (aktuelle) Tageszeit in Minuten:
5:00PM   = 1020. Minute des Tages
```

4 Pläne –
4 Zeitobjekte

Konzepte:

Overloading

this

Alias-Problem

Kopie von Objekten

Gleichheit und Identität

am Beispiel von
Time.java, Schedule.java

Überladen von Methoden (Overloading)

Time.java

```
class Time {

   private int hour, minute;
      // die aktuelle Zeit

   public Time(int h, int m)  {
      hour = h; minute = m;
   }

   public Time() {
      hour = 0; minute = 0;
   }
   ...
}
```

Overloading (Überladen):

- Derselbe Name für unterschiedliche Methoden
- Unterschiedliche Anzahl von Parametern
  oder unterschiedliche Parametertypen

→ Beim Aufruf klar: Welche Methode ist gemeint.

Methoden mit zwei Objekten derselben Klasse

Time.java

Vergleich: Liegt ein Time-Objekt vor einem anderen ?

das aktuelle Objekt, zu dem die Methode gehört

```
public boolean before (Time t) {
   return ((hour < t.hour) ||
      ((hour == t.hour) &&
      (minute < t.minute)));
}
```

Variable des aktuellen Objekts

Variable des Parameterobjekts

aktuelles Objekt

Parameter-Objekt

Aufruf:

```
t4.before(t1);
```

this: das aktuelle Objekt

Time.java

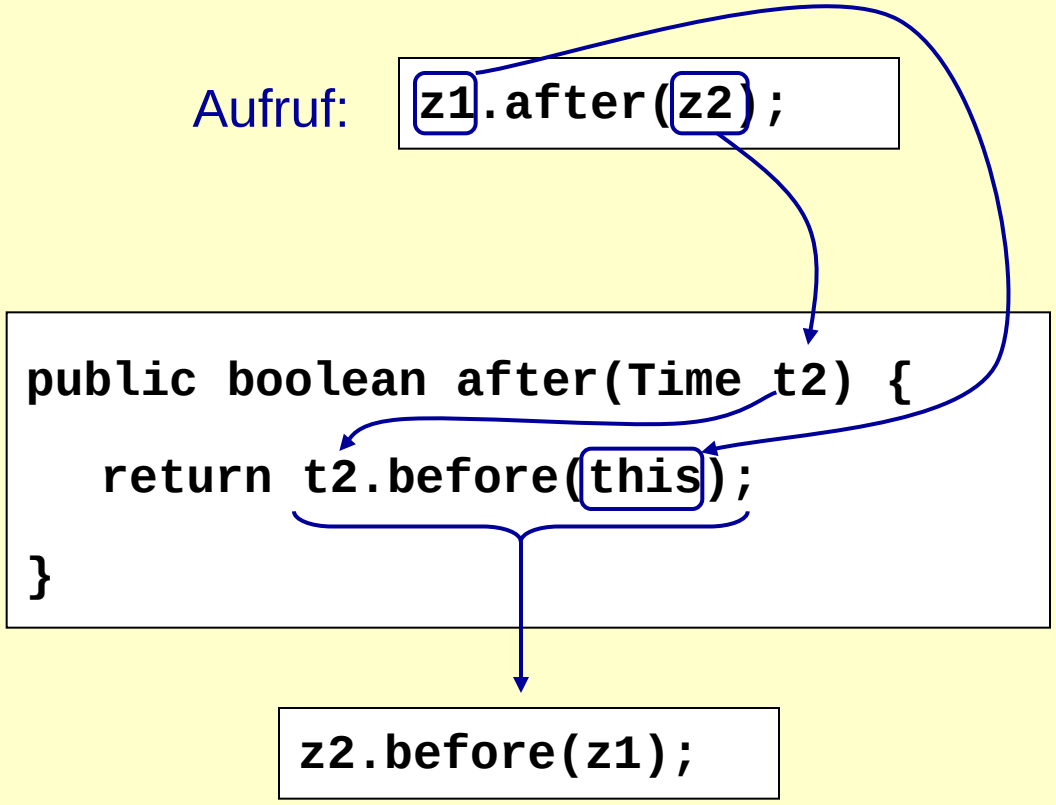
Methode after():
Das aktuelle Zeitobjekt liegt nach dem anderen Zeitobjekt t2, wenn t2 vor dem aktuellen Zeitobjekt liegt.

```
public boolean after(Time t2) {
   return t2.before( this );
}
```

Das aktuelle Objekt

Problem:
das aktuelle Objekt muss als Parameter übergeben werden, hat aber keinen Namen

this: Aufrufbeispiel



Alias-Problem: zwei Namen für dasselbe Objekt

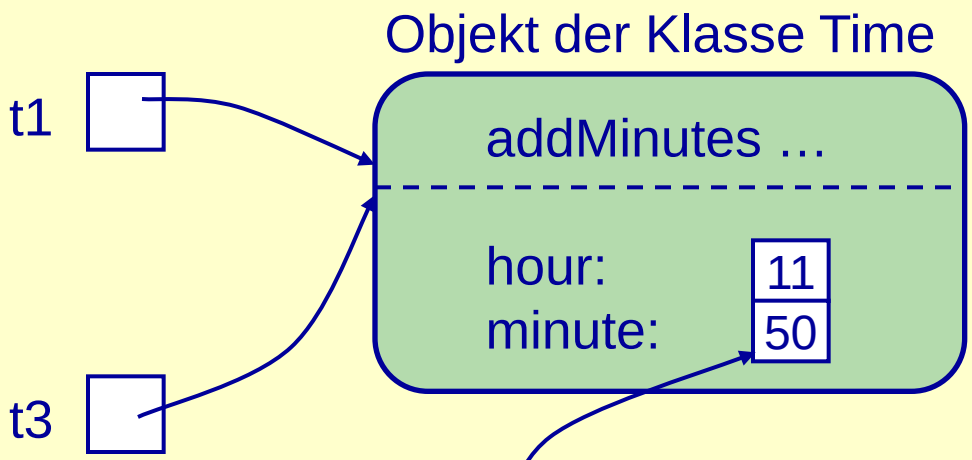
Schedule.java

in Schedule.java

```
Time t1, t2, t3, t4;
...
t3 = t1;
```

Kopie der Referenz auf das Objekt:

Keine Kopie des Objekts:
Änderungen von t1
→ auch in t3 geändert!
(kann zu Fehlern führen)




```
t1.addMinutes(2);
t3.addMinutes(5);
```

2x dasselbe Objekt geändert

Aufruf der Terminplanung

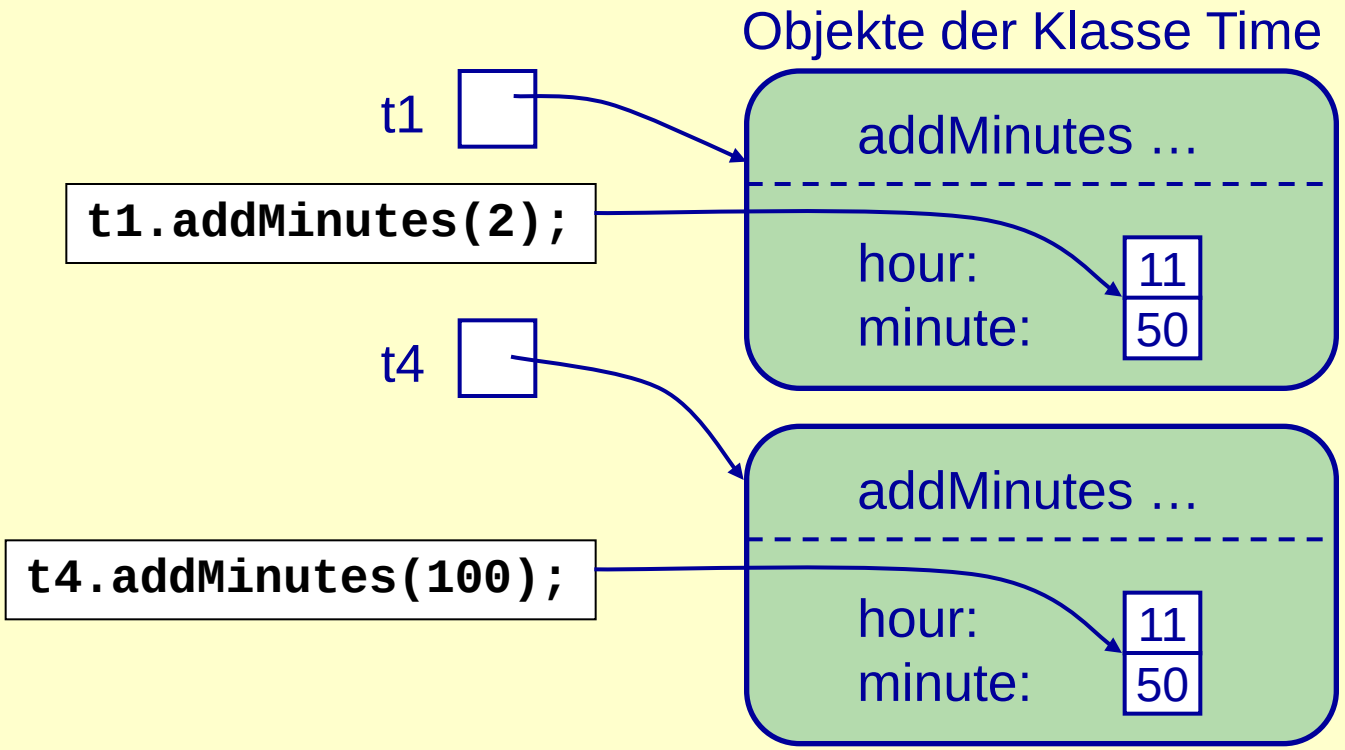
```
% java Schedule
erster Plan:                    t1
8:30AM      PI1
10:00AM     Pause
10:15AM     TI1
11:45AM     Pause
noon        Ma1      ->  t3 = t1  //noon
1:40PM      Pause        t4 = t1.copy()
1:55PM      Ma2
letzte (aktuelle) Tageszeit in Minuten:
2:15PM   = 855. Minute des Tages

zweiter Plan:
midnight    Nebenfach
1:40AM      Proseminar
letzte (aktuelle) Tageszeit in Minuten:
3:10AM   = 190. Minute des Tages

dritter Plan:   t3
2:15PM      Sport
3:55PM      Freizeit
letzte (aktuelle) Tageszeit in Minuten:
7:15PM   = 1155. Minute des Tages

vierter Plan:   t4
noon        zweites Nebenfach
1:40PM      frei
letzte (aktuelle) Tageszeit in Minuten:
5:00PM   = 1020. Minute des Tages
```

Explizite Kopien von Objekten

in Schedule.java

```
Time t1, t2, t3, t4;
t4 = t1.copy();
```

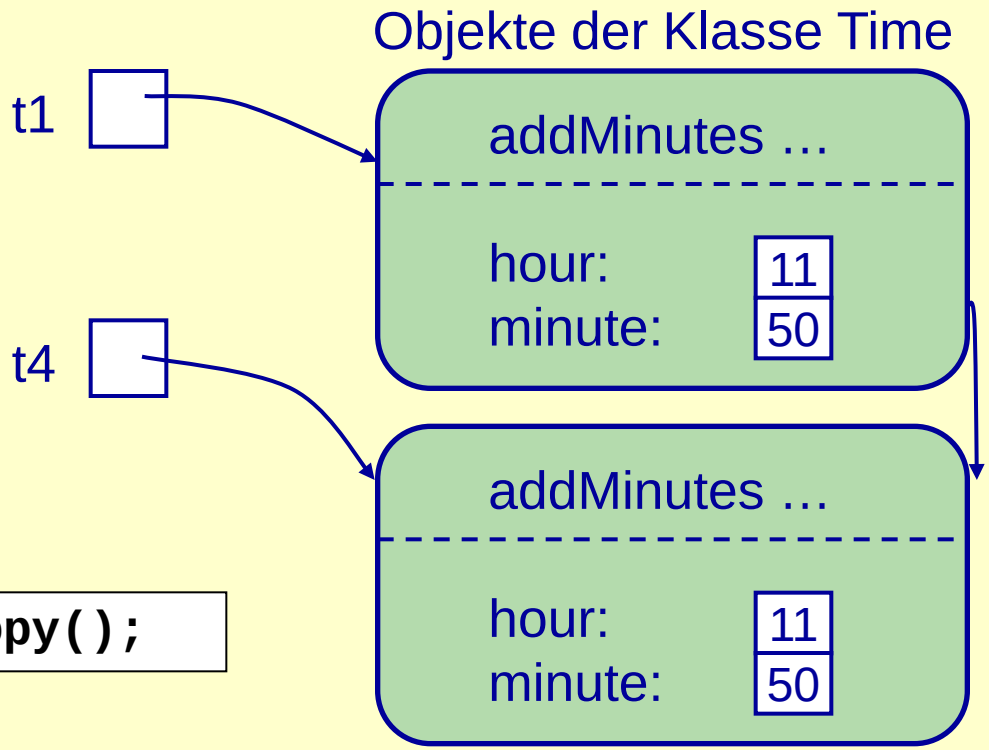
aus Time.java



Kopie von Objekten: Implementation

in Time.java:

```
public Time copy () {
  return new Time(hour,minute);
}
```



in Schedule.java:

```
t4 = t1.copy();
```

Gleichheit von Objekten

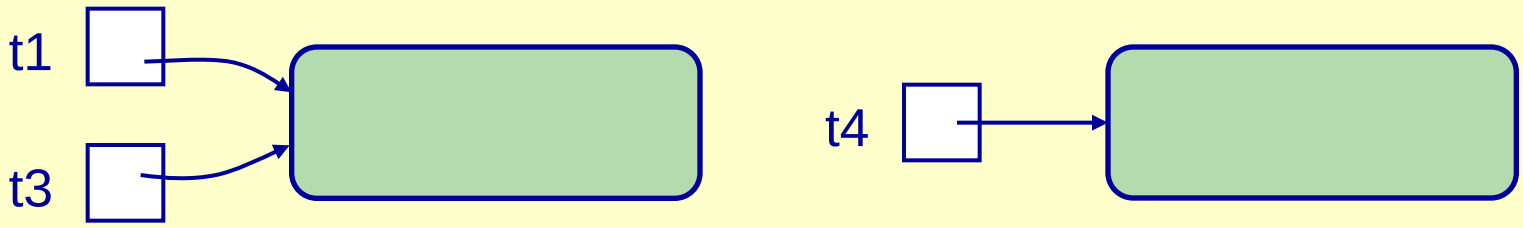
in Schedule.java

```
t3 = t1;
t4 = t1.copy();

if (t1 == t3) ...

if (t1 == t4) ...
```

true

false

== testet auf Identität der Objekte



public-Variablen, private-Methoden

ADT in Java (Grundform):
- private Variablen
- public Methoden

- **public-Variablen**: sichtbar für die Außenwelt
  → bequemerer Zugriff (Vorsicht!)
- **private-Methoden**: Hilfsfunktionen (unsichtbar …)
  → korrekter Gebrauch (keine Gefahr)

```
public int hour;
private int timeInMinutes() {
   int totalMinutes = (60*hour + minutes) % (24*60);
   ...
}
```

in Klasse Schedule:

```
h1 = t2.hour;
```

Nur zur Demonstration – hier nicht gerechtfertigt!

Datenklassen:

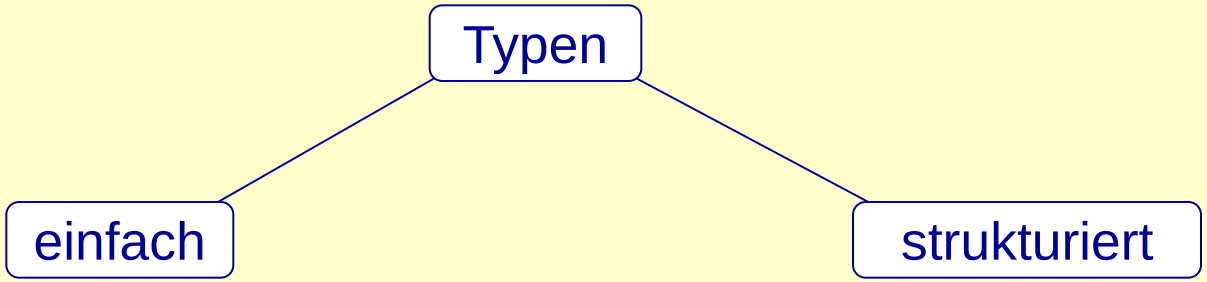
Pascal-Records

C-struct

Array: Sammlung von Elementen desselben Typs

Record/Struktur: Sammlung von Elementen beliebiger / unterschiedlicher Typen

Klassifikation von Typen in Programmiersprachen



einfach - elementar	zusammengesetzt aus anderen Typen
• Ganze Zahlen (byte, short, int, long) • Reelle Zahlen (float, double) • Boolean • Zeichen	• Arrays (Felder) 1) • Records (Strukturen) 2) • Mengen 3) • Zeiger (Pointer) 2)

1) in Java direkt als Typ
2) in Java: über Klassen
3) in Java:
- selbst implementieren
- oder: API-Klasse Set

Datenklassen: Klassen als Sammlung von Daten

Beispiel:

- Punkte im dreidimensionalen Raum bestehen aus drei Werten:
  x-, y- und z-Koordinaten

```
class Punkt3D {
   public double x, y, z;
}
```

Spezialfall eines ADT:

- nur (sichtbare) Daten – keine Operationen

→ sinnlos:

```
private double x, y, z;
```

Punkt3D-Beispiel

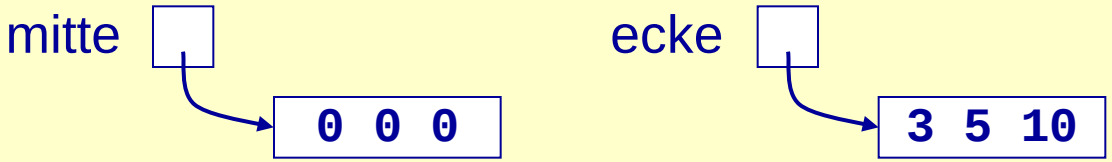
Klassendeklaration

```
class Punkt3D {
   public double x, y, z;
}
```

Nutzung der Klasse: Variablen deklarieren

impliziter Konstruktor

```
Punkt3D mitte = new Punkt3D();
Punkt3D ecke = new Punkt3D();
mitte.x = 0; mitte.y = 0; mitte.z = 0;
ecke.x = 3; ecke.y = 5; ecke.z = 10;
```



Records (Pascal) und Struct-Type (C++) in Java als Datenklassen

Pascal

```
TYPE Punkt3D =
   RECORD
      x, y, z: REAL
   END;
VAR mitte: Punkt3D;

... mitte.x := 0;
```

C / C++

```
typedef struct {
   double x, y, z;
} Punkt3D;

Punkt3D mitte;
mitte.x = 0;
```

Anwendung: Hanoi-Programm

Problem-Stack:

4 Einzelstacks mit Basistypen int, char, char, char

Ein Einzelstack mit Basistyp ‘Problem’:

```
class Problem {
   public int n;
   public char start, hilfe, ziel;
}

class ProblemStack {
   private Problem[] stackelements;
   private int top;
   // Problemstack(),
   // push(), pop(), top(), isempty()
}
```

Bedeutung der Klasse ?

```
class C1   {

   private int a, b;

   public C1(...)   {
        ...
   }
   // weitere Methoden
}
```

Datenrepräsentation (int a, b) könnte bedeuten:

- komplexe Zahlen a + bi
- rationale Zahlen a / b
- Tageszeit: a – Stunden
  b – Minuten
- Datum: Tag a / Monat b
- Punkt (a, b) der Ebene

Entscheidend ist nicht, welche Daten in der Klasse zusammengefasst sind, sondern das, was mit den Daten passieren soll:

Die Operationen bestimmen die Semantik der Klasse.

API-Klasse

java.lang.String

Java-API: Vielzahl klassischer ADT

ADT = Einheit versteckter Daten + Zugriffsoperationen

- String: Zeichenketten
- Hashtable: offene Hashtechnik
- Applet-Klasse (Java-Programme in Webseiten)
- Grafik-Programmierung: Graphics
- GUI (graphic user interface): Label, TextField, Button, Checkbox, ...
- Ein- und Ausgabe: FileInputStream, FileOutputStream, ...
- ...

Klasse java.lang.*String*

Erzeugung:

```
String s1 = "Temperatur in C";
String s2 = new String("Tabelle");
char[] cArr = {'S','t','r','i','n','g'};
byte[] bArr = {83,116,114,105,110,103};
String s3 = new String(cArr);
String s4 = new String(bArr);
```

Besonderheit: Erzeugung ohne Konstruktor

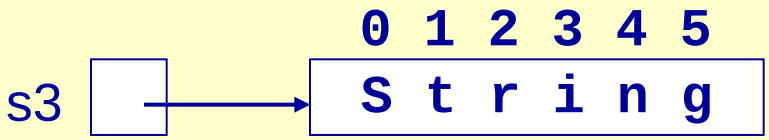
ASCII

(ca. 10 überladene Konstruktoren)

das ist ein String-Objekt

String: Methoden (1)

- Keine Methoden zur Veränderung von Strings

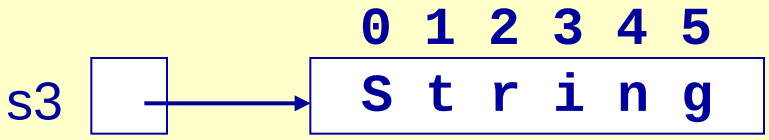


- Abfrage des String-Inhalts

		return-Wert
`s3.charAt(4)`	->	`'n'`
`s3.substring(3)`	->	`"ing"`
`s3.substring(3,5)`	->	`"in"`
`s3.length()`	->	`6`
`s3.indexOf('n')`	->	`4`
`s3.startsWith("St")`	->	`true`
`s3.endsWith("inge")`	->	`false`

halboffenes Intervall [3,5)

String: Methoden (2)



- Vergleich: **lexikographische Ordnung**

```
int compareTo(String s)
```

	return-Wert
`s3.compareTo("String")`	`0`
`s3.compareTo("Ttring")`	`< 0`
`s3.compareTo("Aaaaaa")`	`> 0`
`s3.compareTo("String1")`	`< 0`
`s3.compareTo("S")`	`> 0`

```
"String" = "String"
"String" < "Ttring"
"String" > "Aaaaaa"
"String" < "String1"
"String" > "S"
```

```
c0 c1 c2 c3 ...
d0 d1 d2 d3 ...
```

Vergleichsrichtung: Unicode-Werte
(erster verschiedener Wert)

String: Methoden (3)

- viele weitere Methoden

  z.B. Erzeugung neuer Strings (return-Typ)

  - Umwandlung in Großbuchstaben
  - neue Kopie erzeugen (+ Ersetzung an bestimmten Stellen)
  - ...

  → API-Dokumentation

- vgl. auch Klasse 'StringBuffer'

  wie String + Änderungsoperationen