23. Entwurfsmuster für Teams – Programmierung von fixen Netzen

für die Programmierung der I/O und des Internet

Kommunikation mit Iteratoren, Senken, Kanälen und Konnektoren

Prof. Dr. Uwe Aßmann
Lehrstuhl Softwaretechnologie
Fakultät für Informatik
Technische Universität Dresden
Version 19-1.1, 5/11/19

DRESDEN concept
Exzellenz aus Wissenschaft und Kultur

Betreff: "Softwaretechnologie für Einsteiger" 2. Auflage

- zur Info: o.g. Titel steht zur Verfügung:
  - 50 Exemplare ausleihbar in der Lehrbuchsammlung
  - 1 Präsenz-Exemplar im DrePunct
  - https://katalogbeta.slub-dresden.de/id/0011358900/#detail
- Jeweils unter ST 230 Z96 S68(2).

Be Careful, The Exam Will be Coming!

https://de.wikipedia.org/wiki/A_Londonderry_Air
https://de.wikipedia.org/wiki/Danny_Boy

Oh, Danny boy, the pipes, the pipes are calling
From glen to glen, and down the mountain side
The summer's gone, and all the roses falling
'Tis you, 'tis you must go and I must bide.

But come ye back when summer's in the meadow
Or when the valley's hushed and white with snow
'Tis I'll be there in sunshine or in shadow
Oh, Danny boy, oh Danny boy, I love you so!

And when ye come, and all the flow'rs are dying
If I am dead, as dead I well may be
Ye'll come and find the place where I am lying
And kneel and say an Ave there for me.

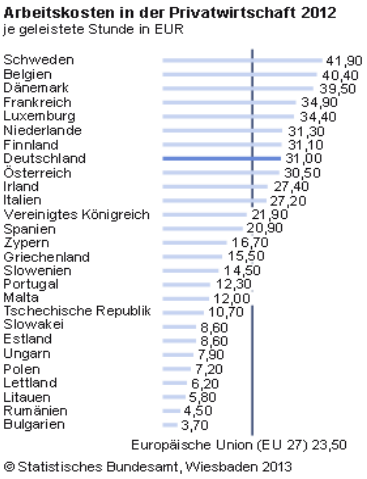
And I shall hear, though soft you tread above me
And all my grave will warmer, sweeter be
For you will bend and tell me that you love me,
And I shall sleep in peace until you come to me.

Frederic Weatherly (1910)
Text aus Wikipedia/McCourt, Danny Boy, S. 87 f.

Dixieland-Festival in Dresden: 24.-26.5.2019

Warum müssen Softwareingenieure fortgeschrittenes Wissen besitzen?

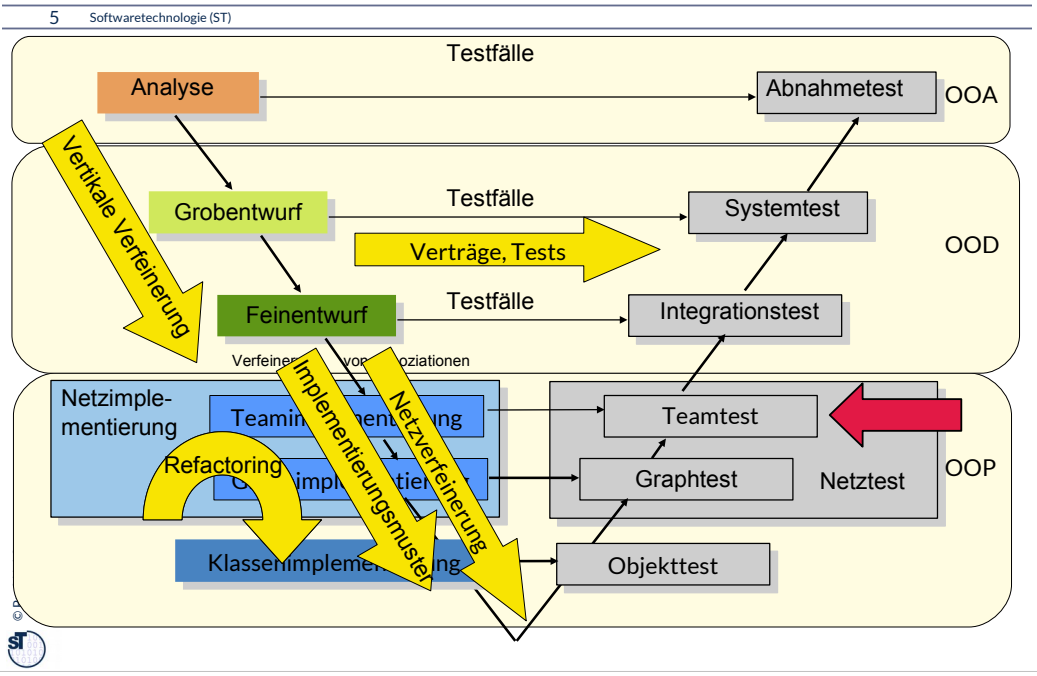
- Die Konkurrenz ist hart: Zu den Kosten der Arbeit:



http://www.heise.de/resale/imgs/17/1/0/0/1/3/4/1/ArbeitskostenEULaenderStart2012-9bb2e8b041f1342e.png

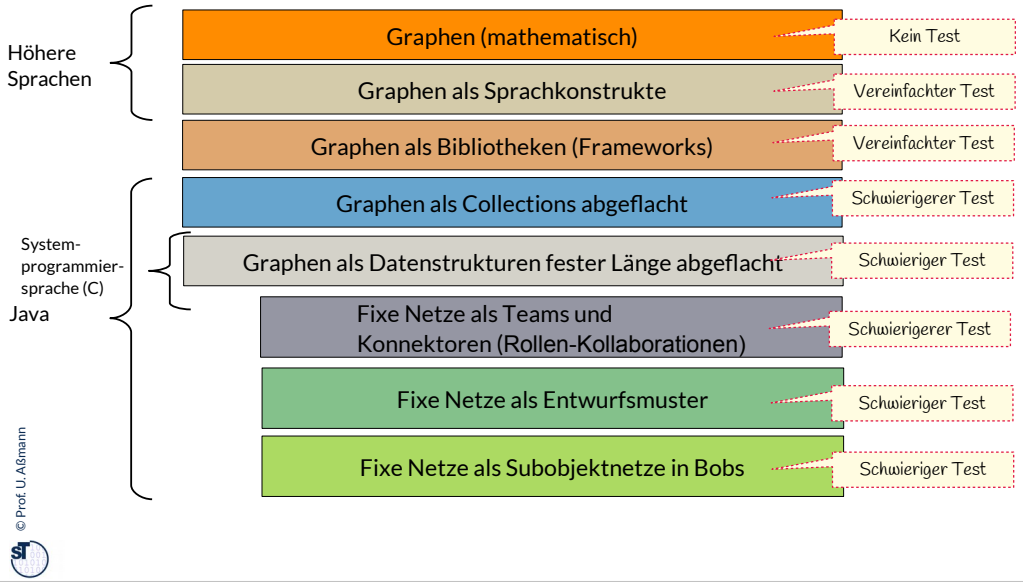
Q4: Softwareentwicklung im V-Modell

[Boehm 1979]



Die stufenweise Verfeinerung von dem Pflichtenheft, dem Ergebnis der Analyse aus, hin zur Implementierung beinhaltet Netzverfeinerung und Teamverfeinerung.

Repräsentation von flexiblen und fixen Objektnetzen als Datenstrukturen (Netzverfeinerung)



Auf Ebene der Anforderungen werden **flexible Objektnetze** als math. Graphen dargestellt. Im Grobentwurf und Feinentwurf werden sie repräsentiert durch (verfeinert zu)

- Graphen als **Sprachkonstrukte** (für Sprachen, die das eingebaut haben)
  - Rapid Application Development (RAD)
- Graphen aus Java-Graph-**Bibliotheken** (jgrapht)
- **Implementierungsmuster** wie **Collections**, nach dem Abflachen/Flachklopfen von bidirektionalen Assoziationen in gerichteten Links
- **maschinennahe Implementierungsmuster** wie **Datenstrukturen** fester Länge (Arrays, Matrizen) (speicher-bewusstes Programmieren)

Wohl dem, der eine gute Testsuite für flexible Objektnetze hat!

- Jgrapht, unser Beispiel-Framework für Graphen, hat Generatoren für Graphen, die die Konstruktion von Testsuiten unterstützen.

Fixe Netze mit statisch festem n, m (z.B. 1:1-Assoziationen) können durch **Teams** (Kollaborationen, Konnektoren) verfeinert werden durch

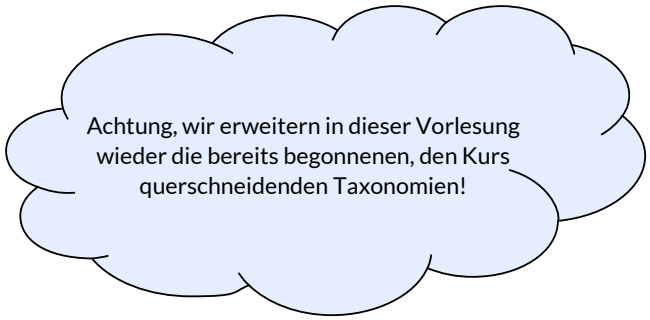
- Konnektorklassen realisieren Assoziationen und tragen Rollentypen als Assoziationsenden
- **Entwurfsmuster** wie Decorator, Chain, Composite
- interne Subobjektnetze großer Objekte (bobs), Endo-Assoziationen

E.23.1 Lernen mit Begriffshierarchien, die die Vorlesung querschneiden

DRESDEN concept
Exzellenz aus Wissenschaft und Kultur

Querschneidende Begriffshierarchien

- Wie lernt man mit Ihnen?
  - Klassen-Taxonomie
  - Methoden-Taxonomie
  - Realisierungen von Graphen



Eine Vorlesung kann nur eine Teilmenge des Stoffes aufbereiten; übergreifende Zusammenhänge von Begriffen müssen oft selbst erarbeitet werden, um die Vorlesungen im Kopf zusammenzusetzen.

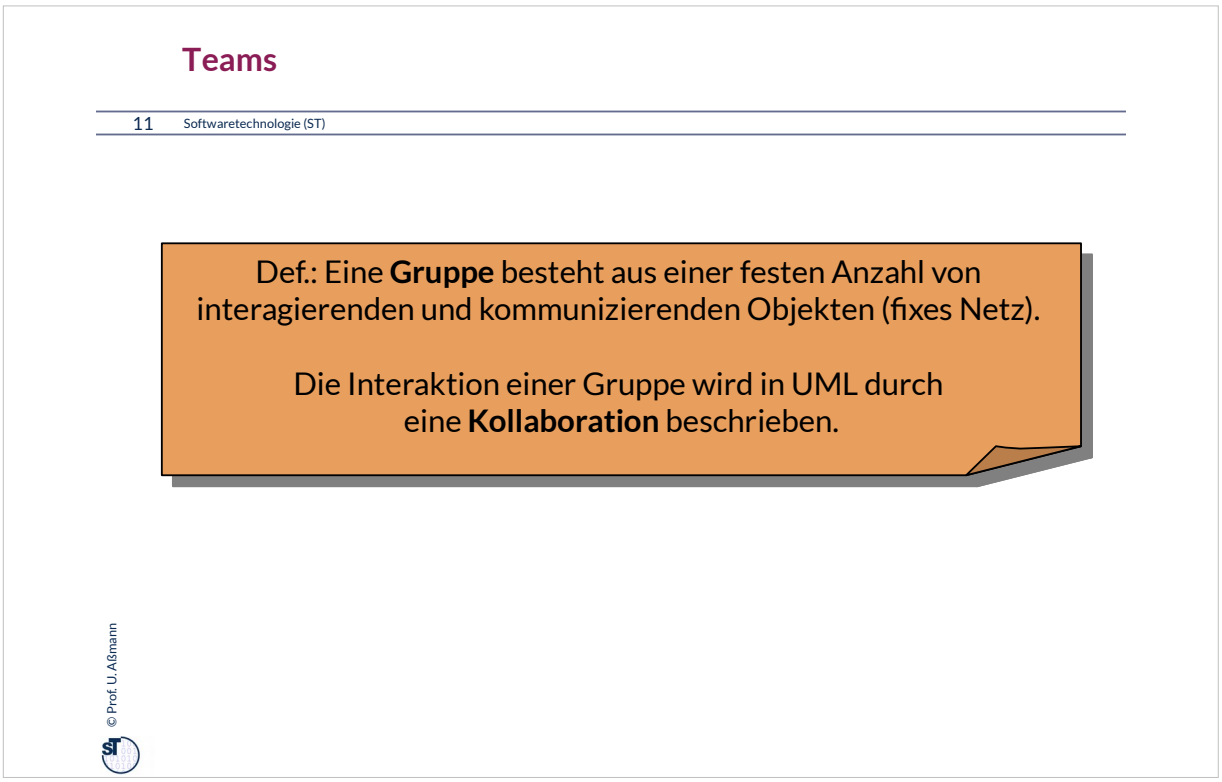
Viele Begriffshierarchien querschneiden mehrere Vorlesungen.

23.1 Teams

- Objekte kommunizieren in Teams (fixen Netzen)
- Teams kommunizieren oft auf kontinuierliche Art, mit wechselnden Partnern, aber in einem fixen Netz
- Auf dem Internet ist das die Regel

Teams (fixe Objektnetze)

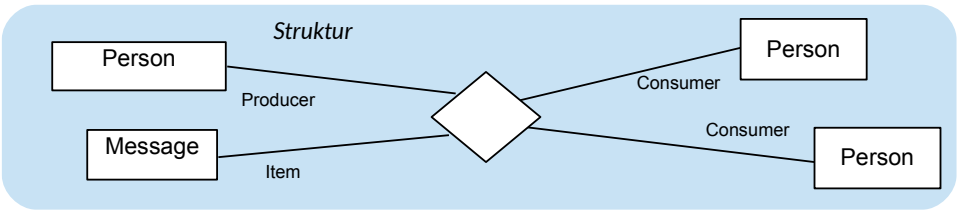
- Das Management von Objekt-Netzen ist eine der schwierigsten und fehleranfälligsten Aufgaben im objektorientierten Programmieren.
- Objektnetz-Programmierung ist sehr wichtig für Softwarequalität
- Neue Sprachen:
  - Java gehört zur 1. Generation von objektorientierten Programmiersprachen.
  - Die 2. Generation verbessert die Beschreibung von Teams, Netzen von Objekten:
    - Object Teams Www.objectteams.org
    - SCROLL https://github.com/max-leuthaeuser/SCROLL
- Wir lernen im diesem Kapitel, wie man mit Bibliotheken und Entwurfsmustern das Programmieren von Objektnetzen auch in Java verbessern kann!

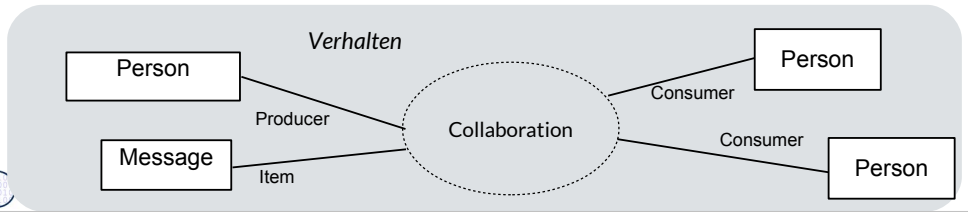


Objektgruppen sind vernetzt, können aber nicht zusammen als Ganzes angesprochen werden – dann spricht man von einem Team.

Kollaborationen kapseln das Verhalten von Netzen

- Die *Struktur* von fixen Netzen wird in UML durch n-stellige Assoziationen dargestellt
- Das *Verhalten* eines fixen Netzes und seine Kommunikation durch Kollaborationen
- Def.: Eine **Kollaboration (collaboration, Kollaborationsklasse)** realisiert die Kommunikation eines fixen Netzes mit einem festen anwendungsspezifischen Protokoll



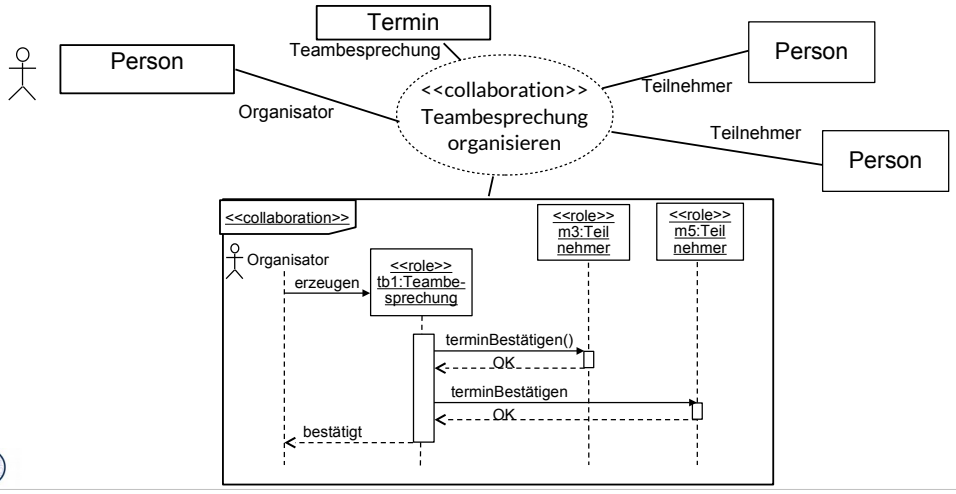


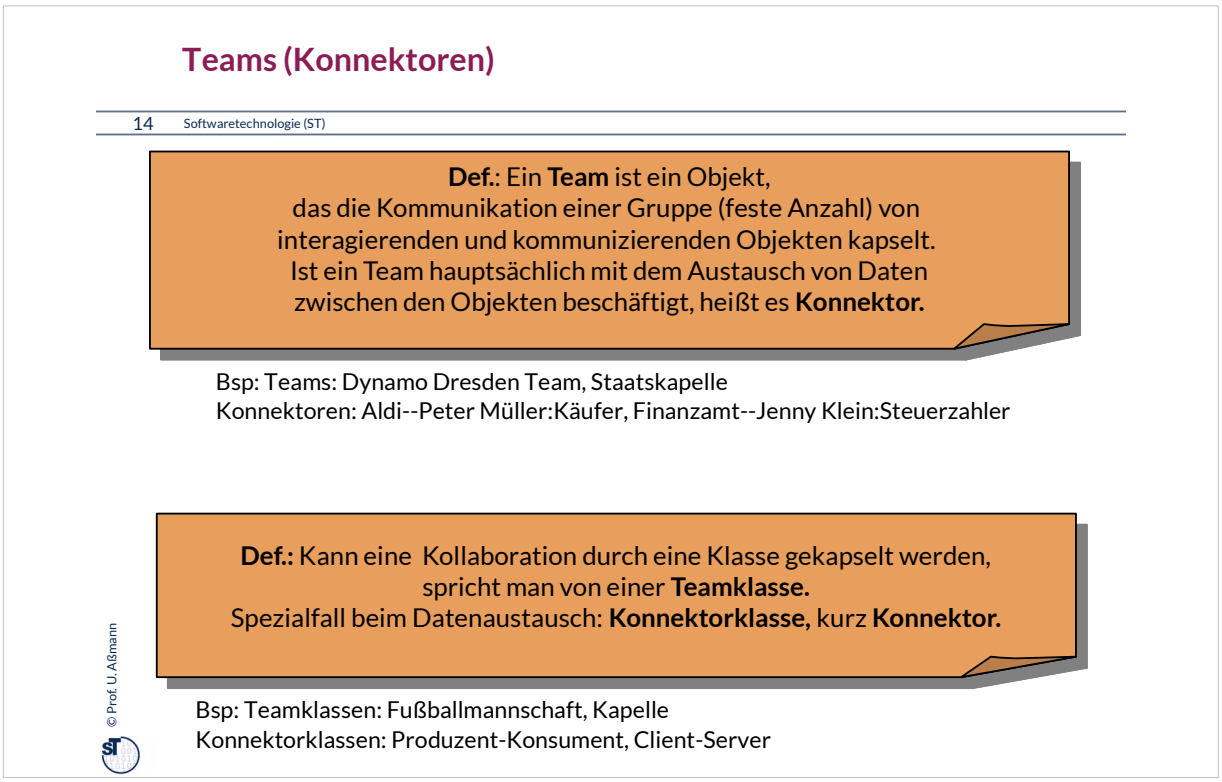
Kollaborationen sind Zusammenarbeitsformen von Objektgruppen, also fixen Objektnetzen.

In UML kann man sie durch Collaboration beschreiben – in Java nicht.

Kollaborationen kapseln Verhalten durch Interaktionsprotokolle

- **Def.:** Eine **Kollaboration** beschreibt die anwendungsspezifische Interaktion, Nebenläufigkeit und Kommunikation einer Menge von beteiligten Objekten.
- Die Kollaboration beschreibt also ein Szenario querschneidend durch die Lebenszyklen mehrerer Objekte

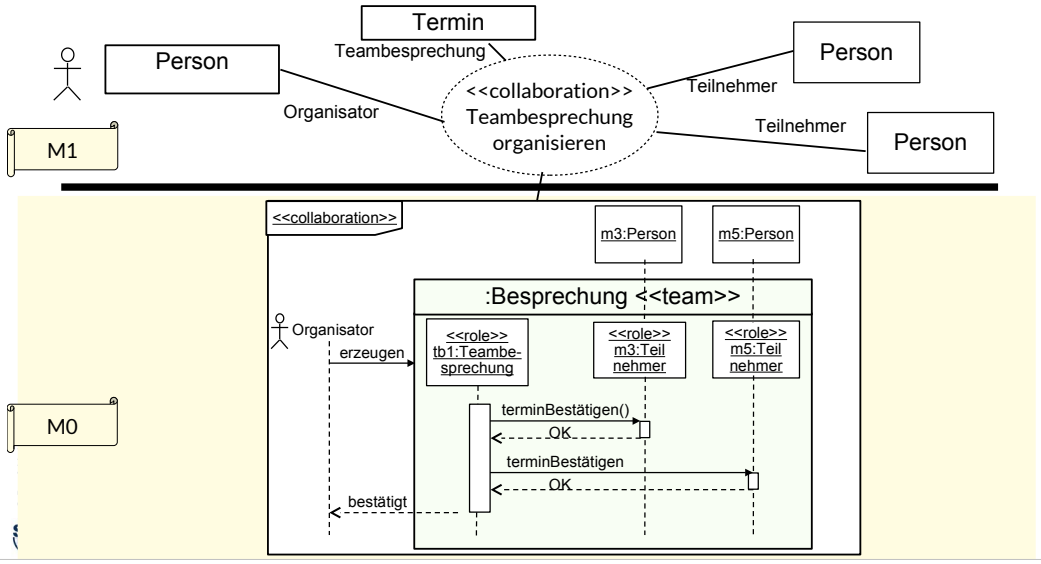




Kollaborationen können in UML, aber nicht in Java beschrieben werden; Teams und Konnektoren schon, denn sie bilden Objekte bzw. Klassen.

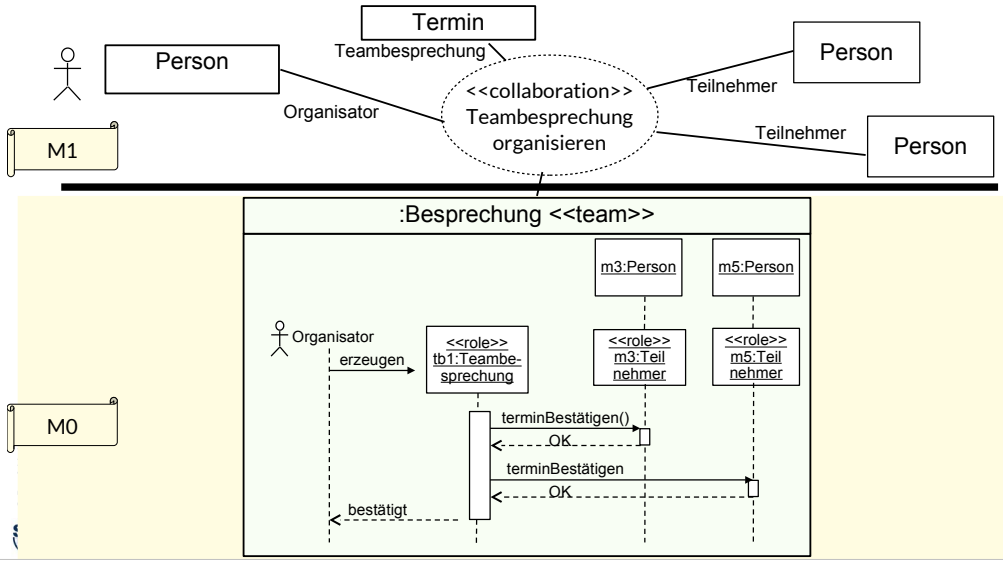
Teamklassen kapseln Verhalten durch Interaktionsprotokolle

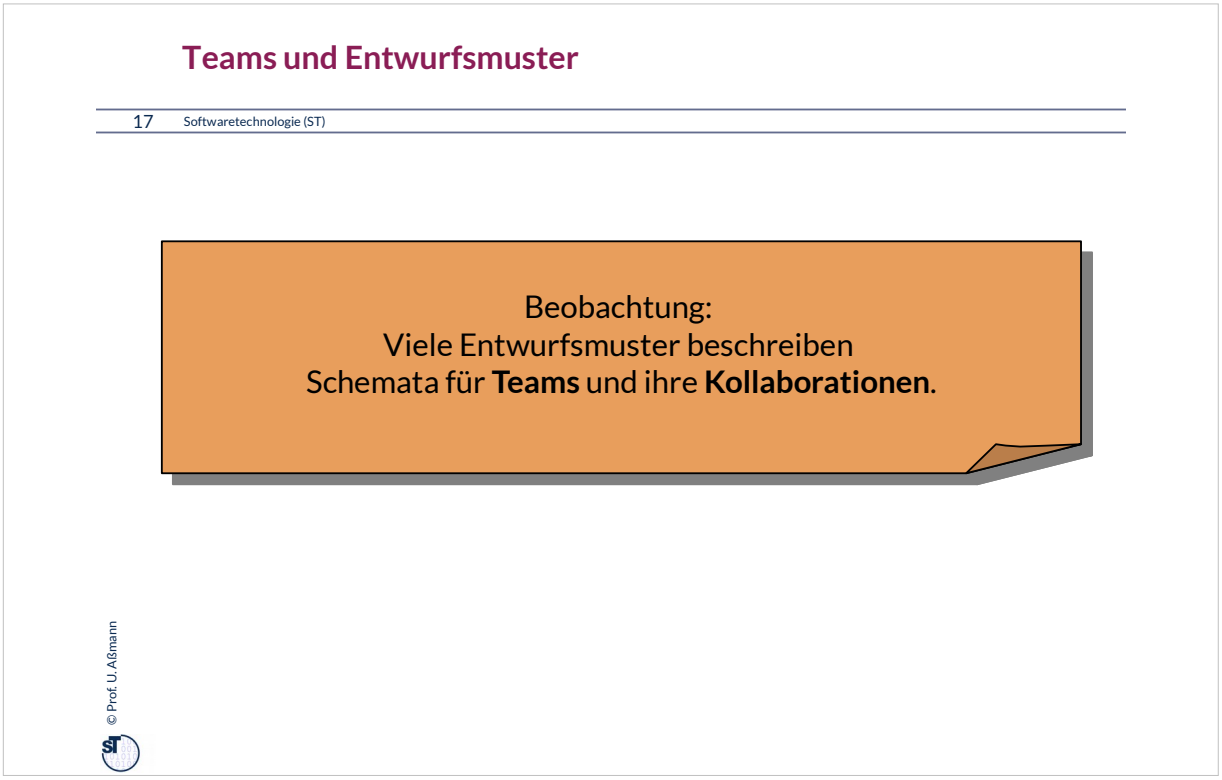
- Def.: Ein **Team (Konnektor)** realisiert eine Kollaboration durch eine Klasse (ein Hauptobjekt)



Kurznotation

- Wir schreiben die Kollaboration in den Konnektor





Die Programmierung von Teams besteht aus:

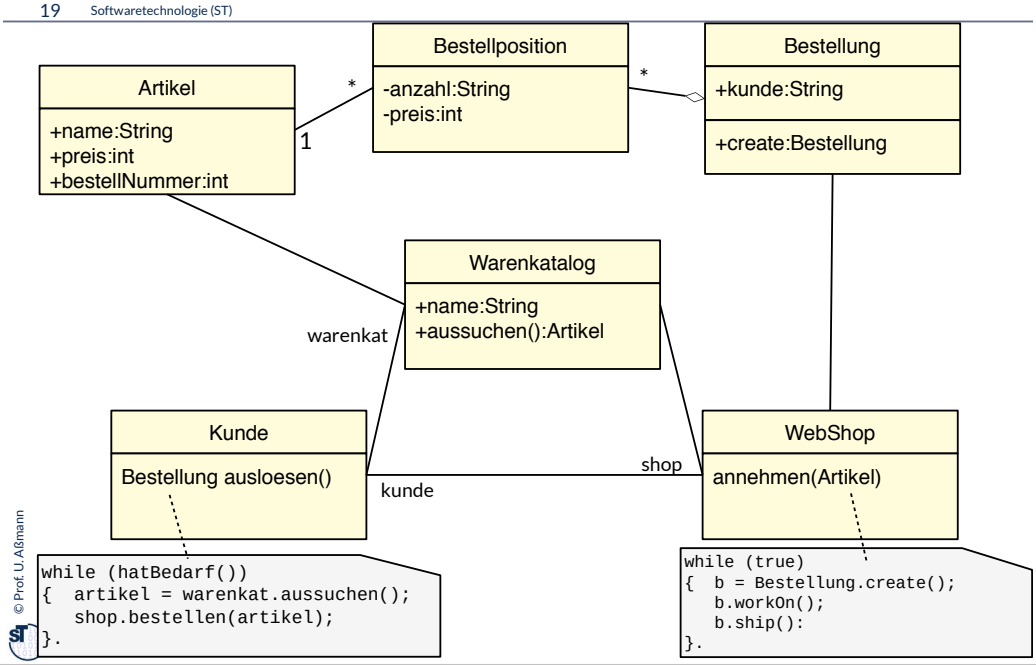
- Verknüpfen des Objektnetzes
- Angabe einer Kollaboration, die bestimmt, wie das Team kommunizieren und kollaborieren soll
- Vernetzung der Objekte des Teams mit dem Teamobjekt (dem “Ganzen”)

In der gleichen Weise bestimmen Entwurfsmuster Teams.

23.2 Känale (Channels): Konnektoren für die Programmierung des Internets

- Kanäle bilden einfach Konnektoren (Teamklassen)
- Web-Objekte kommunizieren oft in Teams auf kontinuierliche Art, mit wechselnden Partnern, aber in einem fixen Netz

Beispiel: Bestellung auf einem Webshop

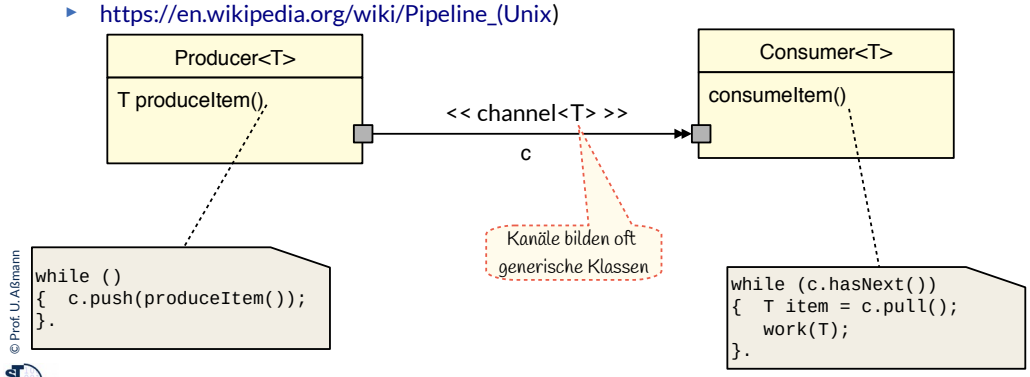


Kanäle sind eines der elementarsten Entwurfsmuster für das Web und das Internet.

Kanäle bilden Netze mit Datenfluss

Def.: Ein **Kanal (channel, pipe, stream)** ist ein Konnektor, der zur Kommunikation von Anwendungsklassen mit *Datenfluss* dient. In den Stream werden Daten gegeben und aus dem Stream werden Daten entnommen

- UML Notation: Andocken eines Kanals an *sockets* (*ports*)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Douglas_McIlroy
- https://en.wikipedia.org/wiki/Pipeline_(Unix)

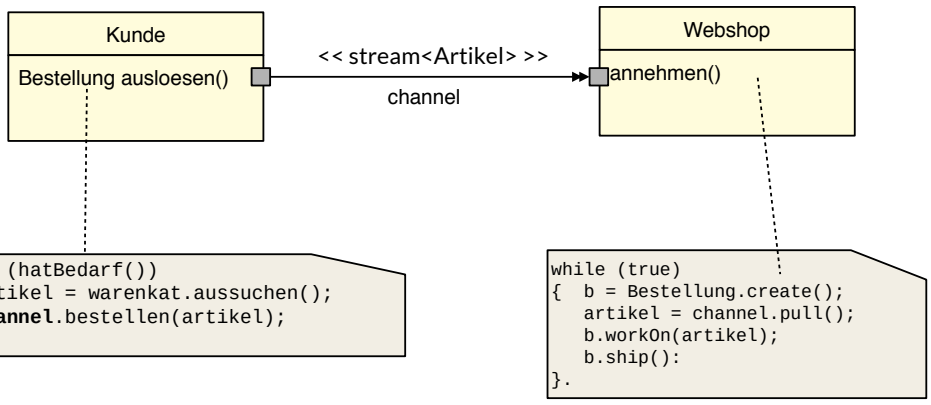


Streams und Kanäle (Pipes) wurden in UNIX erfunden (ca. 1970). Sie sind nicht verschwunden, denn sie bilden eine zweite Art des Verknüpfens von Komponenten:

- Algebraik: Programmieren mit Funktionsaufrufen
- Co-Algebraik: Programmieren mit Streams

Vorteil von Kanälen: Partnerwechselnde Kommunikation

- Webshops dürfen die konkreten Objekte ihrer Kunden nicht kennen
- Kanäle erlauben, die Partner zu wechseln, ohne Kenntnis des Netzes
  - Ideal für fixe Netze mit dynamisch wechselnden Partnern
  - Ideal für Webprogrammierung

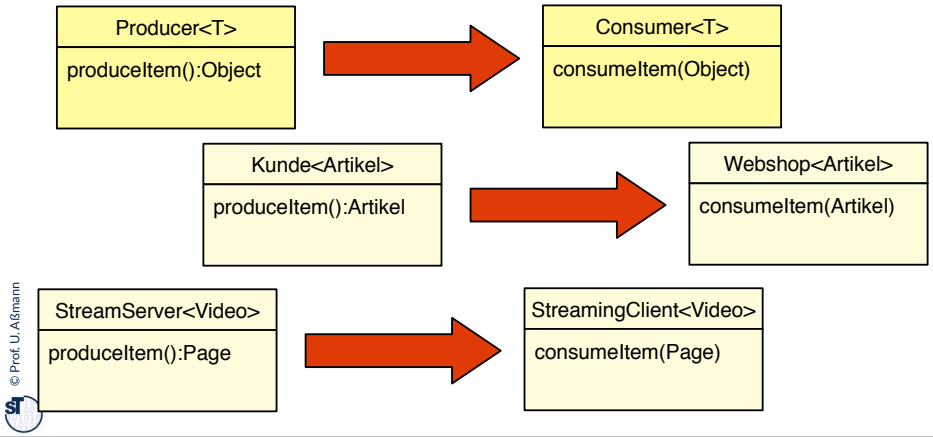


23.3 Entwurfsmuster Channel

- Eines der wesentlichen Entwurfsmuster für Internet- und Webprogrammierung.

Wie organisiere ich die “unendlich lange” Kommunikation zweier Aktoren?

- **Problem**: Über der Zeit laufen in einem Webshop eine Menge von Bestellungen auf
  - Sie sind aber nicht in endlicher Form in Collections zu repräsentieren
- **Frage**: Wie repräsentiert man potentiell unendliche, unbestimmte Collections?
- **Antwort**: mit Kanälen.



Problem: Über der Zeit laufen in einem Webshop eine Menge von Bestellungen auf

- Sie sind aber nicht in endlicher Form in Mengen oder Collections zu repräsentieren

Frage: Wie repräsentiert man potentiell unendliche Collections?

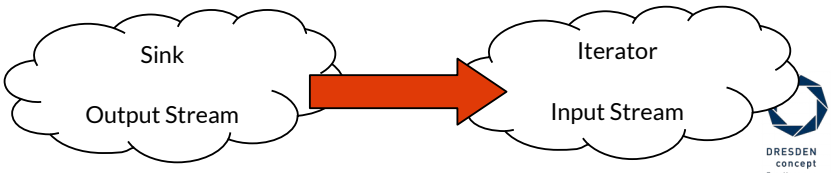
Antwort: mit Kanälen.

Viele Prozesse in Softwaresystemen benötigen den Austausch von unendlichen Mengen von Daten.

Wie repräsentiert man potentiell unendliche Mengen und Collections?

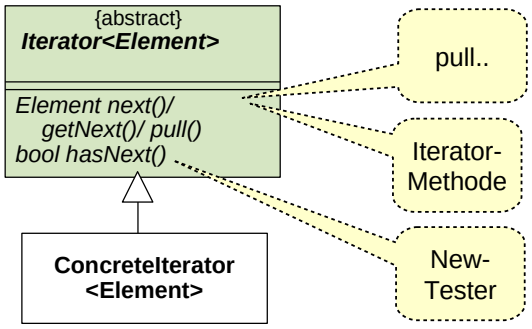
23.3.1 Entwurfsmuster Iterator (Eingabestrom, input stream)

Kanäle bestehen aus mit einander verbundenen Enden, mindestens zweien



Entwurfsmuster Iterator (Input Stream) (Implementierungsmuster)

- Ein **Eingabestrom (input stream, Iterator, iterator)** ist eine potentiell unendliche Folge von Objekten (zeitliche Anordnung einer pot. unendlichen Folge)
- Eingabe in eine Klasse oder Komponente



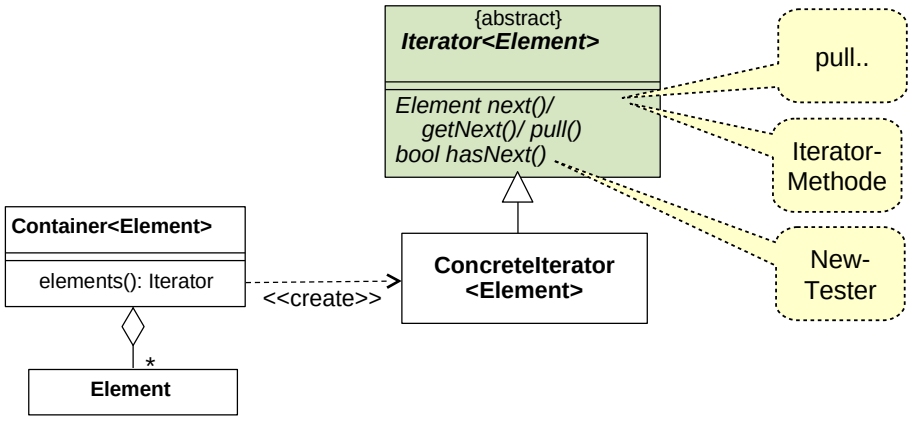
Das Entwurfsmuster Iterator wird benutzt, um potentiell unendliche Folgen von Eingaben in eine Klasse oder Komponente zu realisieren.

Merkmale Entwurfsmuster **Iterator** (auch: **input stream**, Cursor, Enumeration, pull-socket)

- Sequentielles, polymorphes Durchlaufen der Elemente eines strukturieren Objekts oder einer Collection (Navigation). Typisierung des Inhalts (der Elemente)
- Aufzählen der in einem “Behälter” befindlichen Elemente durch *Herausziehen (pull)* mit Hilfe einer *Iteratormethode (next, getNext, pull)*
- Keine Aussage über die Reihenfolge im Container möglich
- Merken des Zustandes der Navigation

Entwurfsmuster Iterator (Input Stream) (Implementierungsmuster)

- Containerklassen haben Iteratoren

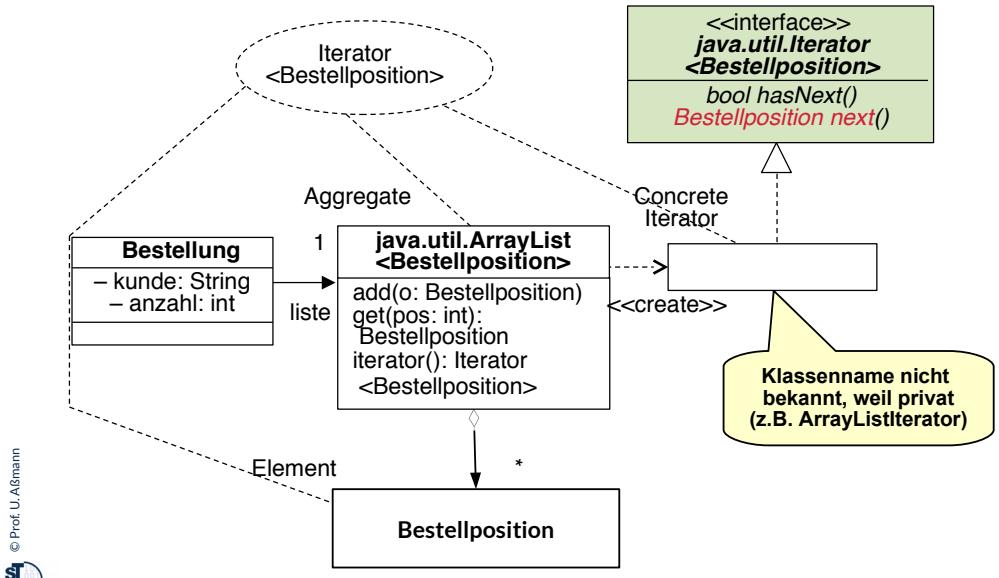


Das Entwurfsmuster Iterator wird benutzt, um potentiell unendliche Folgen von Eingaben in eine Klasse oder Komponente zu realisieren.

Merkmale Entwurfsmuster **Iterator** (auch: **input stream**, Cursor, Enumeration, pull-socket)

- Sequentielles, polymorphes Durchlaufen der Elemente eines strukturieren Objekts oder einer Collection (Navigation). Typisierung des Inhalts (der Elemente)
- Aufzählen der in einem “Behälter” befindlichen Elemente durch *Herausziehen (pull)* mit Hilfe einer *Iteratormethode (next, getNext, pull)*
- Keine Aussage über die Reihenfolge im Container möglich
- Merken des Zustandes der Navigation

Iterator-Beispiel in der JDK (ArrayList)



Collections haben Iteratoren zugeordnet. Man kann mit dem Iterator Stück für Stück aus einer Collection alle Elemente herausholen, sodass transparent bleibt, wie viele Elemente die Collection hat.

Implementierungsmuster Iterator

- Verwendungsbeispiel:

```
T thing;
List<T> list;
..
Iterator<T> i = list.iterator();
while (i.hasNext()) {
      doSomeThing(i.next());
}
```

- Einsatzzwecke:
  - Verbergen der inneren Struktur
  - **bedarfsgesteuerte Berechnungen** auf der Struktur
  - “unendliche” Datenstrukturen

Einsatzzwecke:

- Iteratoren und Iteratormethoden erlauben, die Elemente einer komplexten Datenstruktur nach außen hin bekannt zu geben, aber ihre Struktur zu verbergen (Geheimnisprinzip)
- Sie erlauben **bedarfsgesteuerte Berechnungen (processing on demand, lazy processing),** weil sie nicht alle Objekte der komplexen Datenstruktur herausgeben, sondern nur die, die wirklich benötigt werden
- Iteratoren können “unendliche” Datenstrukturen repräsentieren, z.B. unendliche Mengen wie die natürlichen Zahlen, oder “unendliche” Graphen wie die Karte der Welt in einem Navigator

Anwendungsbeispiel mit Iteratoren


```
import java.util.Iterator;
...

class Bestellung {

  private String kunde;
  private List<Bestellposition> liste;

  ...
  public int auftragssumme() {
    Iterator<Bestellposition> i = liste.iterator();
    int s = 0;
    while (i.hasNext())
      s += i.next().positionspreis();
    return s;
  }
  ...
}
```

Online:
Bestellung2.java

For-Schleifen auf Iterable-Prädikatschnittstellen

- Erbt eine Klasse von `Iterable`, kann sie in einer *vereinfachten for-Schleife* benutzt werden
- Typisches Implementierungsmuster

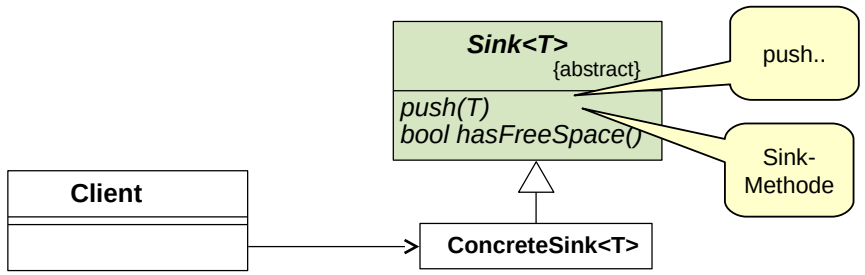
```
class BillItem extends Iterable {
  int price; }
class Bill {
  int sum = 0;
  private List billItems;
  public void sumUp() {
  for (BillItem item: billItems) {
    sum += item.price;
  }
  return sum;
  }
}
```

```
class BillItem { int price; }
class Bill {
  int sum = 0;
  private List billItems;
  public void sumUp() {
  for (Iterator i = billItems.iterator();
       i.hasNext(); ) {
    item = i.next();
    sum += item.price;
  }
  return sum;
  }
}
```

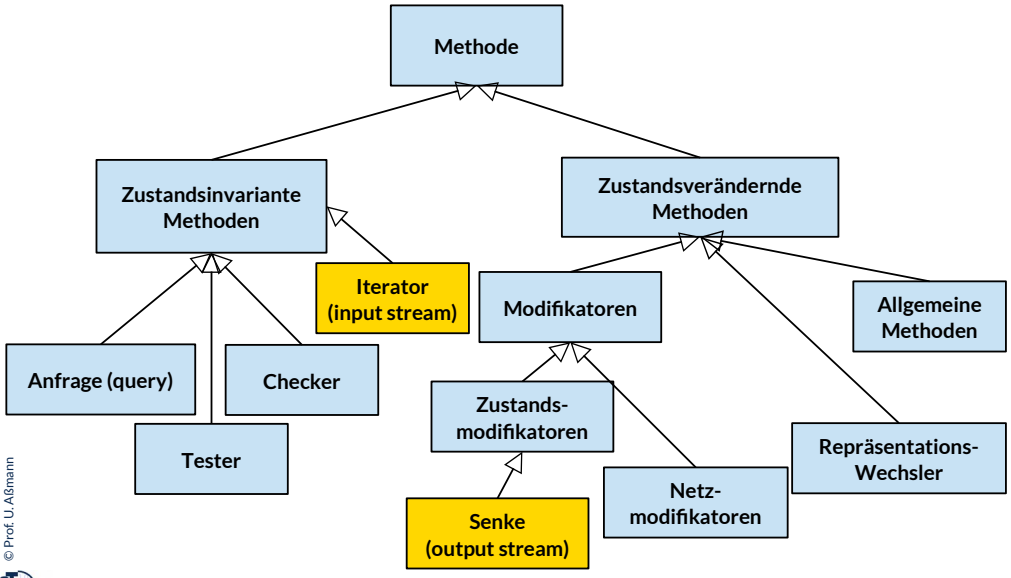
23.3.2 Senken (Sinks, OutputStream)

Entwurfsmuster Senke (Implementierungsmuster)

- Name: **Senke** (auch: Ablage, sink, **output stream**, belt, output-socket)
- Problem: Ablage eines beliebig großen Datenstromes.
  - push
  - ggf. mit Abfrage, ob noch freier Platz in der Ablage vorhanden
- Senken (sockets) organisieren den Datenverkehr zum Internet



Erweiterung: Begriffshierarchie der Methodenarten

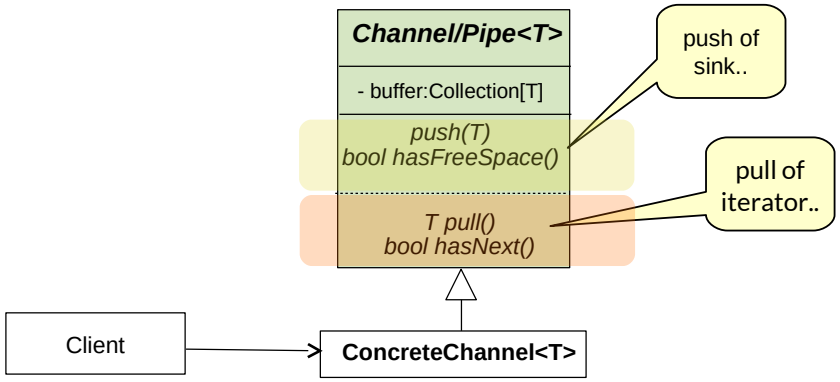


23.3.3 Channels (Pipes)

- Die Kombination aus Senken und Iteratoren, ggf. mit beliebig großem Datenspeicher
- Eine Pipe ist ein einfacher Konnektor

Entwurfsmuster Channel und Pipe (Implementierungsmuster)

- **Name**: Ein **Channel** (Kanal, full stream) ist ein Konnektor, der die gerichtete Kommunikation (Datenfluss) zwischen Produzenten und Konsumenten organisiert. Er kombiniert einen Iterator mit einer Senke.
- **Zweck**: asynchrone Kommunikation mit Hilfe eines internen Puffers buffer
- Wir sprechen von einer **Pipe (Puffer, buffer)**, wenn die Kapazität des Kanals endlich ist, d.h. `hasFreeSpace()` irgendwann false liefert.



Zweck: asynchrone Kommunikation zwischen zwei Komponenten durch Pufferung eines beliebig großen Datenstromes mit Hilfe eines Puffers buffer

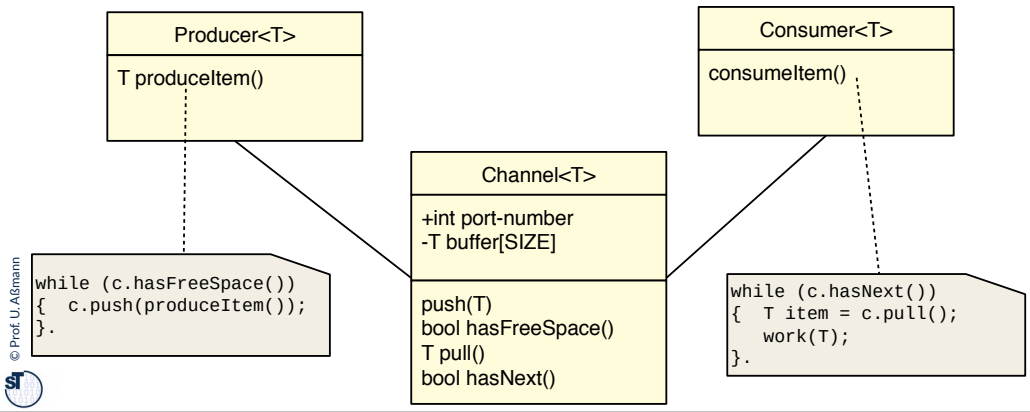
- Kombination von push- und pull-Methoden (Iterator- und Ablagemethoden)
- ggf. mit Abfrage, ob noch freier Platz in der Ablage vorhanden
- ggf. mit Abfrage, ob noch Daten im Kanal vorhanden

Channels in anderen Programmiersprachen

- Channels (pipes) kommen in vielen Sprachen als Konstrukte vor
  - **Shell-Skripte in Linux** (Operator für pipes: "|")
    - `$ ls | wc`
    - `$ cat file.txt | grep "Rechnung"`
    - `$ sed -e "s/Rechung/Bestellung/" < file.txt`
  - **Communicating Sequential Processes** (CSP [Hoare], Ada, Erlang):
    - Operator für pull: "?"
    - Operator für push: "!"
  - **C++**: Eingabe- und Ausgabestream stdin, stdout, stderr
    - Operatoren "<<" (read) und ">>" (write)
  - Architectural Description Languages (ADL, Kurs CBSE)
- Sie sind ein elementares Muster für die Kommunikation von parallelen Prozessen (producer-consumer-Muster)

Wie organisiere ich die Kommunikation zweier Aktoren?

- Einsatzzweck: Ein ***Aktor (Prozess)*** ist ein parallel arbeitendes Objekt. Zwei Aktoren können mit Hilfe eines Kanals kommunizieren und lose gekoppelt arbeiten
- Bsp.: Pipes mit ihren Endpunkten (Sockets) organisieren den Verkehr auf den Internet; sie bilden Kanäle zur Kommunikation zwischen Prozessen (Producer-Consumer-Muster)



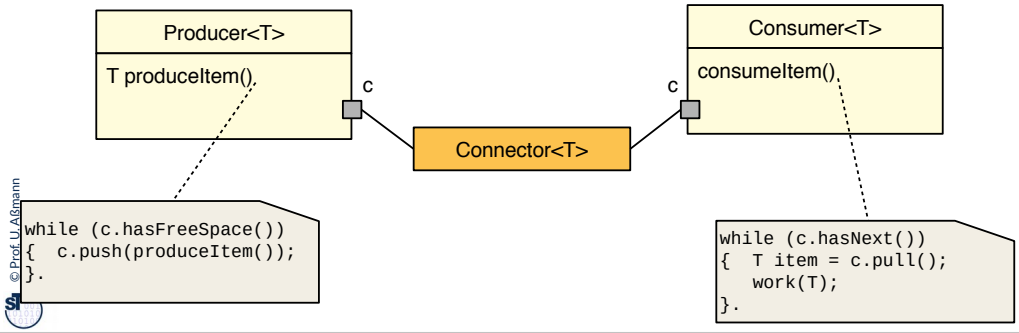
Viele Prozesse in Softwaresystemen benötigen den Austausch von unendlichen Mengen von Daten.

Wie repräsentiert man potentiell unendliche Mengen?

Konnektoren als Verallgemeinerung von Kanälen

Wdh.:
Def.: Eine **Konnektorklasse** ist eine Teamklasse, die zur Kommunikation von Mitgliedern eines Teams dient.

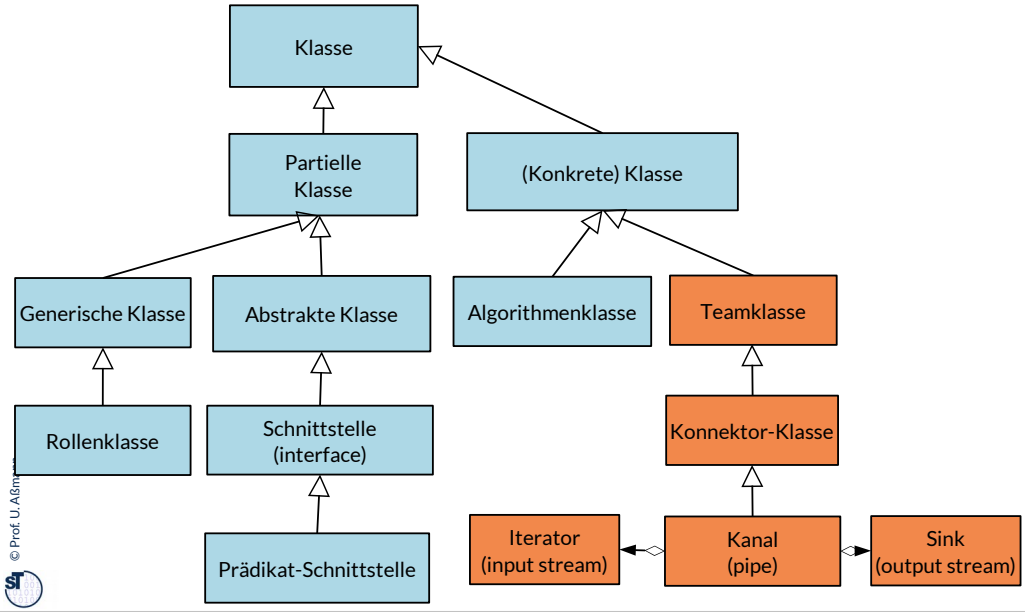
- Konnektoren sind bi- oder multidirektional, sie fassen zwei oder mehrere Kanäle zusammen; Kanäle bilden spezielle *gerichtete Konnektoren*
- Kommunikation über Konnektoren muss nicht gerichtet sein; es können komplexe Protokolle herrschen
- Konnektoren können mehrere Input und Output Streams koppeln




```
while (c.hasFreeSpace())
{  c.push(produceItem());
}.
```

```
while (c.hasNext())
{  T item = c.pull();
   work(T);
}.
```

Q2: Begriffshierarchie von Klassen (Erweiterung)



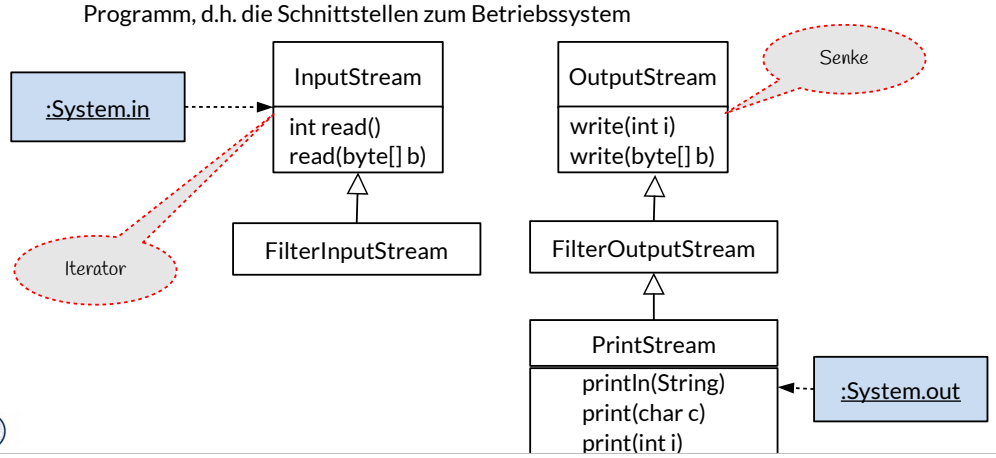
23.4 Channels und Streams sind überall: Strombasierte Ein- und Ausgabe (Input/Output) und persistente Datenhaltung

- In der Regel wird in einer Programmiersprache Ein- und Ausgabe über Ströme bzw. Kanäle realisiert.
- Das JDK nutzt Iteratoren/Streams an verschiedenen Stellen

DRESDEN concept
Exzellenz aus Wissenschaft und Kultur

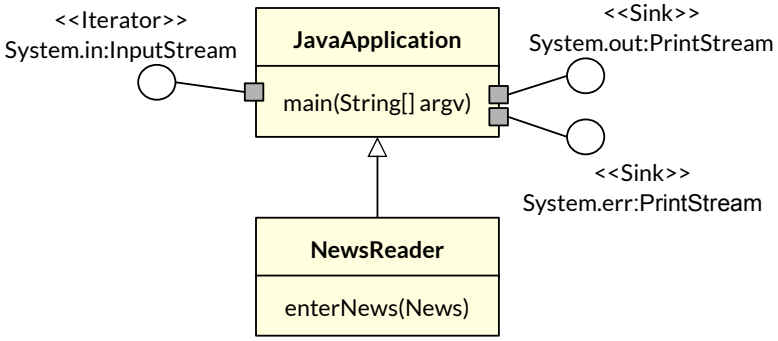
23.4.1 Ein- und Ausgabe in Java mit Strömen und Senken

- Die Klasse **`java.io.InputStream`** stellt einen Iterator/Stream in unserem Sinne dar. Sie enthält Methoden, um Werte einzulesen
- **`java.io.OutputStream`** stellt eine Senke dar. Sie enthält Methoden, um Werte auszugeben
- Die statischen Objekte `in, out, err` bilden die Sinks und Streams in und aus einem Programm, d.h. die Schnittstellen zum Betriebssystem



Java-Anwendungen mit ihren Standard-Ein/Ausgabe-Strömen

- Ein Programm in Java hat 3 Standard-Ströme
  - Entwurfsidee stammt aus dem UNIX/Linux-System
- Notation: UML-Komponenten



23.4.2 Temporäre und persistente Daten mit Streams organisieren

- Daten sind
  - ***temporär***, wenn sie mit Beendigung des Programms verloren gehen, das sie verwaltet;
  - ***persistent***, wenn sie über die Beendigung des verwaltenden Programms hinaus erhalten bleiben.
    - Steuererklärungen, Bestellungen, ...
- Objektorientierte Programme benötigen Mechanismen zur Realisierung der *Persistenz von Objekten*.
  - Einsatz eines Datenbank-Systems
    - Objektorientiertes Datenbank-System
    - Relationales Datenbank-System
      Java: Java Data Base Connectivity (JDBC)
    - Zugriffsschicht auf Datenhaltung
      Java: Java Data Objects (JDO)
  - Speicherung von Objektstrukturen in Dateien mit Senken und Iteratoren
    - Objekt-Serialisierung *(Object Serialization)*
    - Die Dateien werden als Channels benutzt:
    - Zuerst schreiben in eine Sink
    - Dann lesen mit Iterator

Objekt-Serialisierung in Java, eine einfache Form von persistenten Objekten

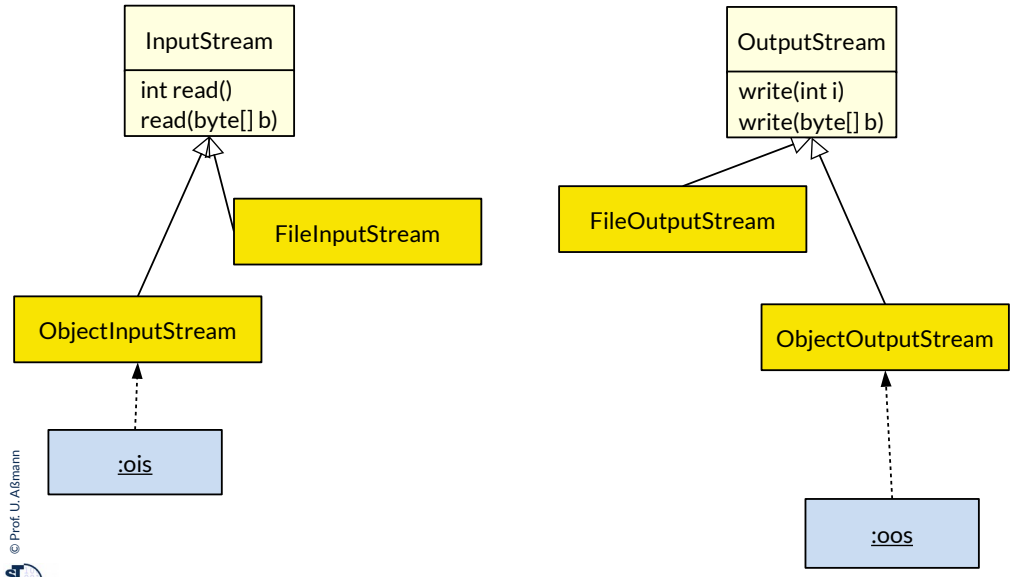
- Die Klasse **`java.io.ObjectOutputStream`** stellt eine Senke dar
  - Methoden, um ein Geflecht von Objekten linear darzustellen (zu *serialisieren*) bzw. aus dieser Darstellung zu rekonstruieren.
  - Ein OutputStream entspricht dem Entwurfsmuster Sink
  - Ein InputStream entspricht dem Entwurfsmuster Iterator
- Eine Klasse, die Serialisierung zulassen will, muß die (leere!) Prädikat-Schnittstelle **`java.io.Serializable`** implementieren.

```
class ObjectOutputStream {
  public ObjectOutputStream (OutputStream out)
     throws IOException;
  // push Method
  public void writeObject (Object obj)
     throws IOException;
}
```

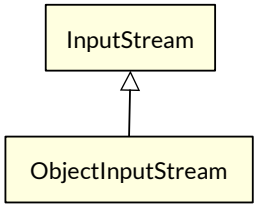
Objekt-Serialisierung: Abspeichern


```
import java.io.*;

class XClass implements Serializable {
  private int x;
  public XClass (int x) {
    this.x = x;
  }
}

...
XClass xobj;
...
FileOutputStream fos = new FileOutputStream("Xfile.dat");
ObjectOutputStream oos = new ObjectOutputStream(fos);

// internally realized as push for all child objects
oos.writeObject(xobj); // push
...
```

Input und Output Streams im JDK



- **`Die Klasse java.io.ObjectInputStream`** stellt einen Iterator/InputStream in unserem Sinne dar
  - Methoden, um ein Geflecht von Objekten linear darzustellen (zu *serialisieren*) bzw. aus dieser Darstellung zu rekonstruieren (zu deseralisieren)
  - Ein OutputStream entspricht dem Entwurfsmuster Sink
  - Ein InputStream entspricht dem Entwurfsmuster Iterator



Objekt-Serialisierung: Einlesen


```
import java.io.*;

class XClass implements Serializable {
  private int x;
  public XClass (int x) {
    this.x = x;
  }
}

...
XClass xobj;
...
FileInputStream fis = new FileInputStream("Xfile.dat");
ObjectInputStream ois = new ObjectInputStream(fis);
// internally realised as pull
xobj = (XClass) ois.readObject(); // pull
```

23.4.3 Ereignisse und Kanäle

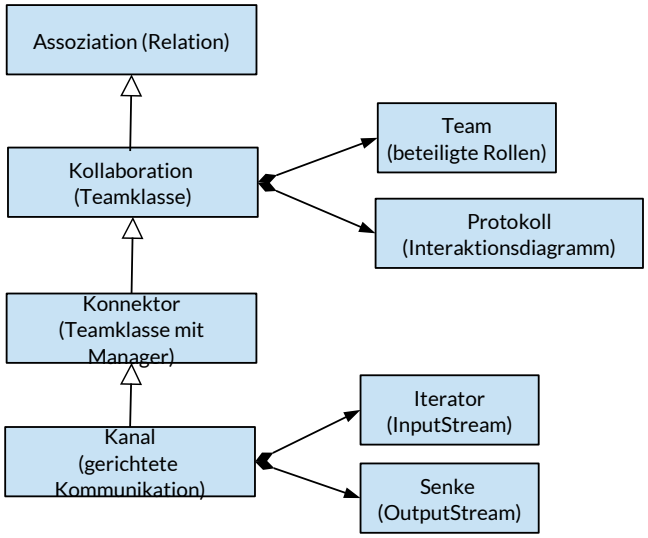
- Kanäle (gerichtete Konnektoren) eignen sich hervorragend zur Kommunikation mit der Außenwelt, da sie die Außenwelt und die Innenwelt eines Softwaresystems **entkoppeln**
- Ereignisse können in der Außenwelt **asynchron** (“losgelöst vom System”) stattfinden und auf einem Kanal in die Anwendung transportiert werden
  - Dann ist der Typ der Daten ein Ereignis-Objekt
  - In Java wird ein externes oder internes Ereignis immer durch ein Objekt repräsentiert

The End

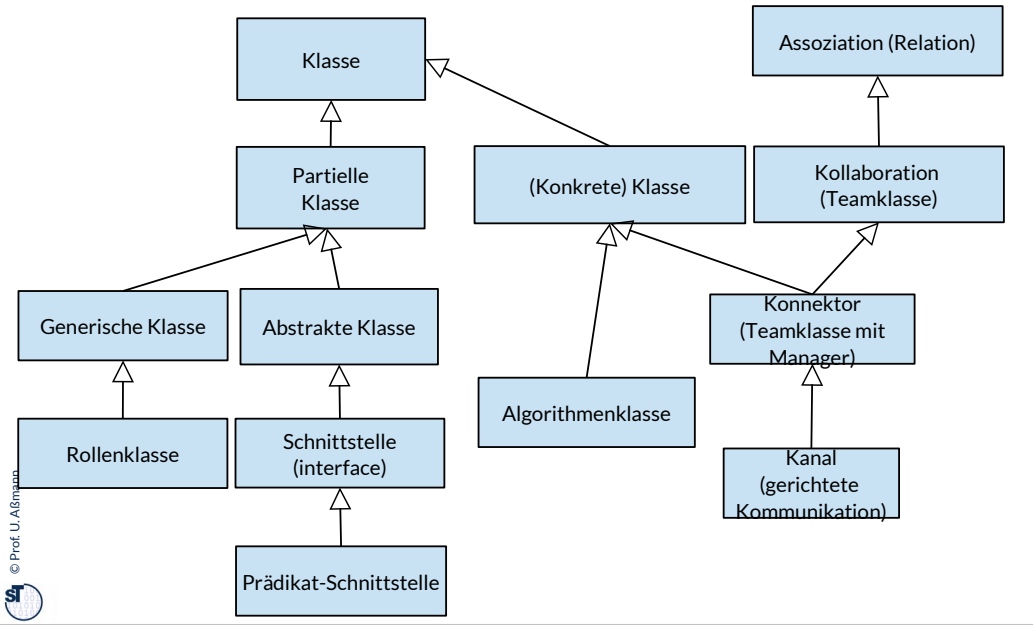
- Was unterscheidet einen Iterator von einer Senke?
- Was ist der Unterschied zwischen einer fixen und einer unbestimmt großen Datenstruktur?
- Warum läuft Ein- und Ausgabe in Programmen immer über Ströme?
- Wie heißen die Java-Stromobjekte für Ein- und Ausgabe?
- Was unterscheidet ein Team von einer Kollaboration?
- Wann macht es Sinn, die Kollaboration eines Teams durch ein Objekt, den Konnektor, zu kapseln?
- Warum ist ein Kanal ein spezieller Konnektor?
- Was ist besonders genial am UNIX/Linux Ein-/Ausgabesystem?
- Einige Folien stammen aus den Vorlesungsfolien zur Vorlesung Softwaretechnologie von © Prof. H. Hussmann. Used by permission.

Anhang

Relationale Klassen (Konnektoren)



Q2: Begriffshierarchie von Klassen (Erweiterung)



“Jetzt geht's rund”:

Was bedeuten alle diese Begriffe?

Achtung: Sie sollten nicht bis zur Klausur warten, die Bedeutung erklären zu können!

Iterator-Implementierungsmuster in modernen Sprachen

- In vielen Programmiersprachen (Sather, Scala, Ada) stehen **Iteratormethoden (stream methods)** als spezielle Prozeduren zur Verfügung, die die Unterobjekte eines Objekts liefern können
  - Die yield-Anweisung gibt aus der Prozedur die Elemente zurück
  - Iterator-Prozedur kann mehrfach aufgerufen werden und damit als input-stream verwendet werden
  - Beim letzten Mal liefert sie null

```
class bigObject {
  private List subObjects;
  public iterator Object deliverThem() {
    while (i in subObjects) {
       yield i;
       // Dieser Punkt im Ablauf wird sich als Zustand gemerkt
       // Beim nächsten Aufruf wird hier fortgesetzt
    }
  }
}
.. BigObject bo = new BigObject(); ...
..  a = bo.deliverThem();
    b = bo.deliverThem();..
```