5. Softwareentwurf

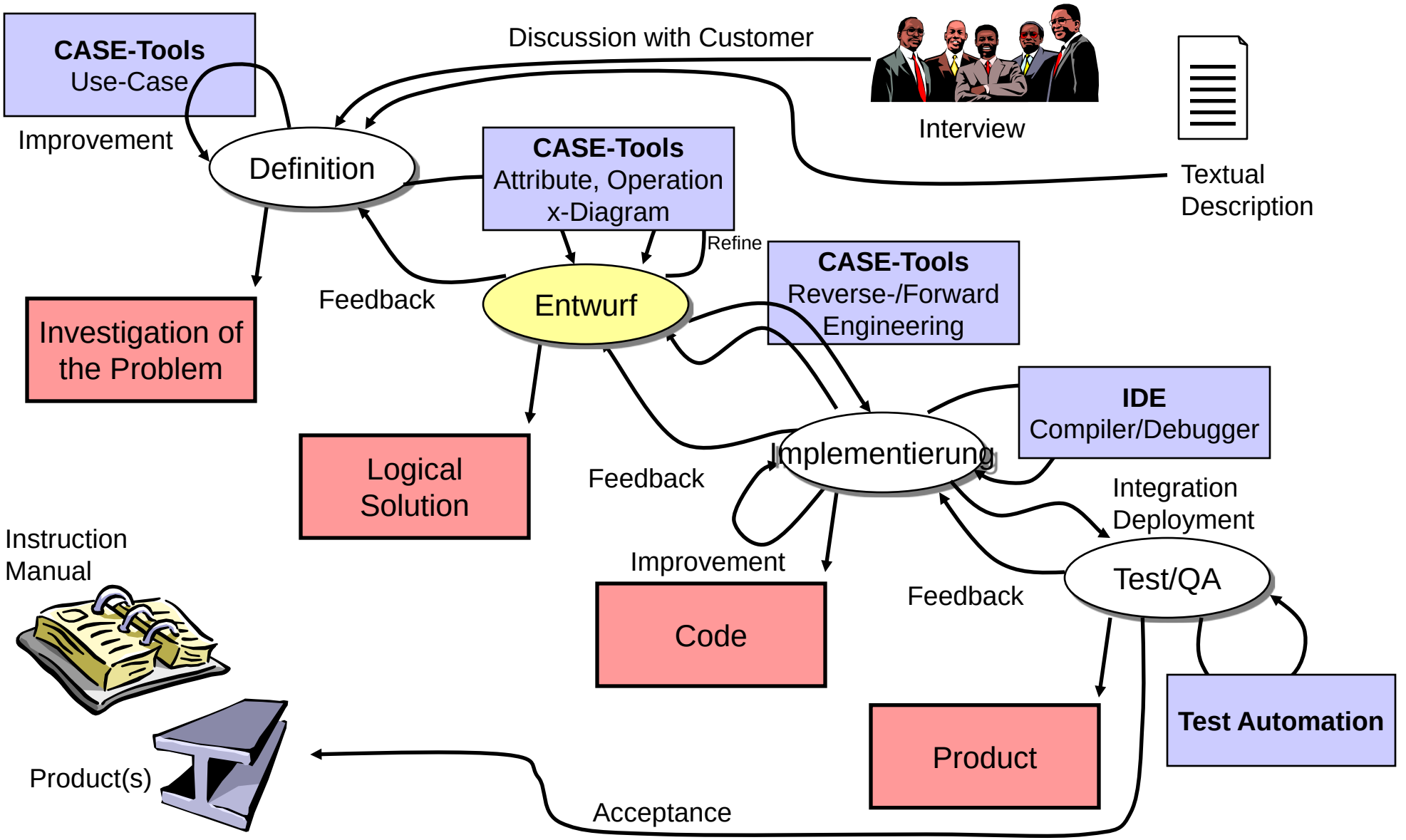
Dr.-Ing. Clemens Reichmann

Clemens.Reichmann@vector.com,
Tel. 0721-91430-200

Institut für Technik der Informationsverarbeitung
Fakultät für Elektrotechnik & Informationstechnik
Universität Karlsruhe (TH)

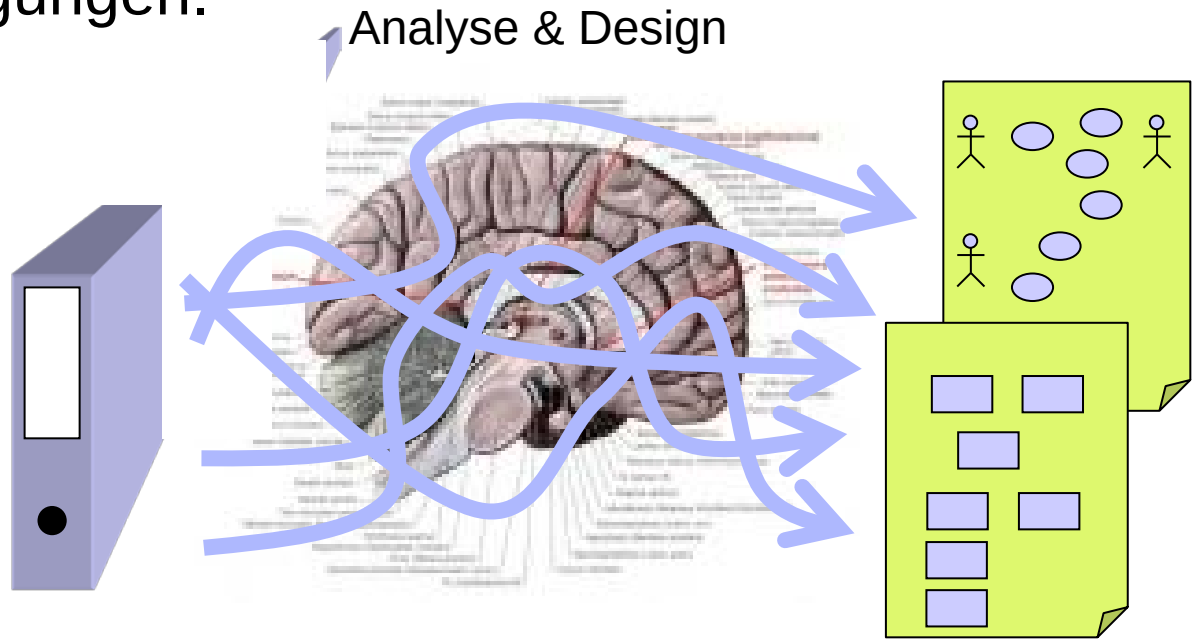
Inhalt 5. Softwareentwurf

5.1 Einordung: Wasserfall-Modell



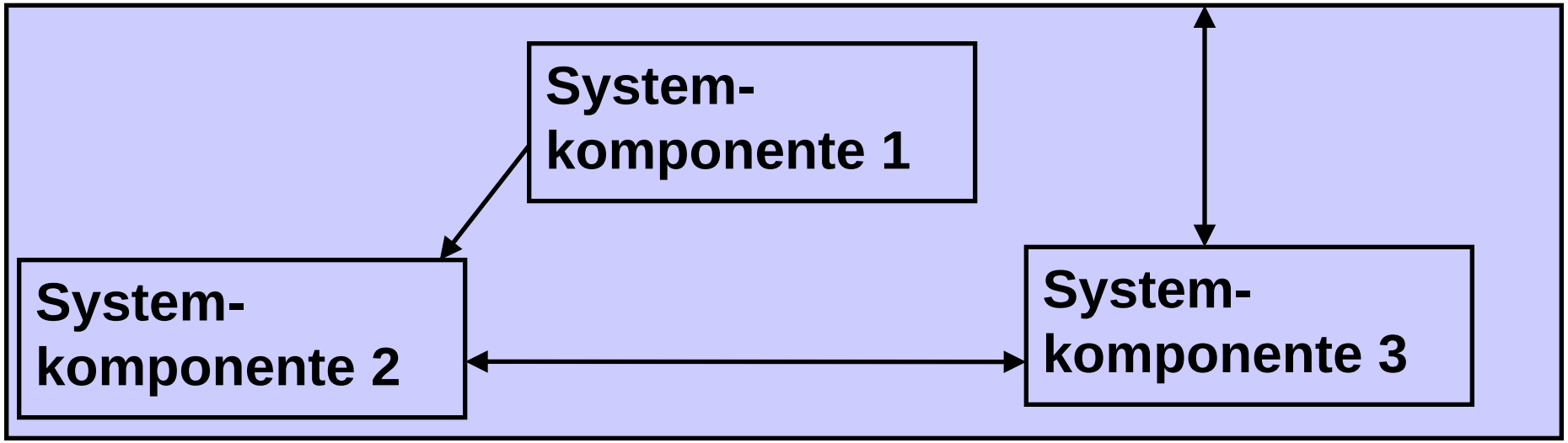
- Aufgabe des Entwerfens
  - Aus den gegebenen Anforderungen an ein Software-Produkt eine software-technische Lösung im Sinne einer Softwarearchitektur entwickeln
  - Softwarearchitektur:
    - Gliederung eines Softwaresystems in **Subsysteme und Module** (Aufstellung der Bestandshierarchie),
    - Beschreibung der **Funktion** und **Schnittstellen** der Komponenten,
    - Beschreibung der **Beziehungen** zwischen diesen Komponenten (Benutzt-Relation)
  - Entwerfen wird auch »Programmieren im Großen« genannt
  - Ausgangspunkt:
    - Ergebnisse der Definitionsphase

- Vor den Entwurfsaktivitäten Einflussfaktoren klären:
  - Einsatzbedingungen
  - Umgebung/Randbedingungen
  - Nichtfunktionale Produkt- und Qualitätsanforderungen
- Nach dem „*Was bauen wir?*“ der Definitionsphase folgt nun das „*Wie strukturieren wir es?*“ unter Berücksichtigung der Randbedingungen.



Ziele des Softwareentwurfs

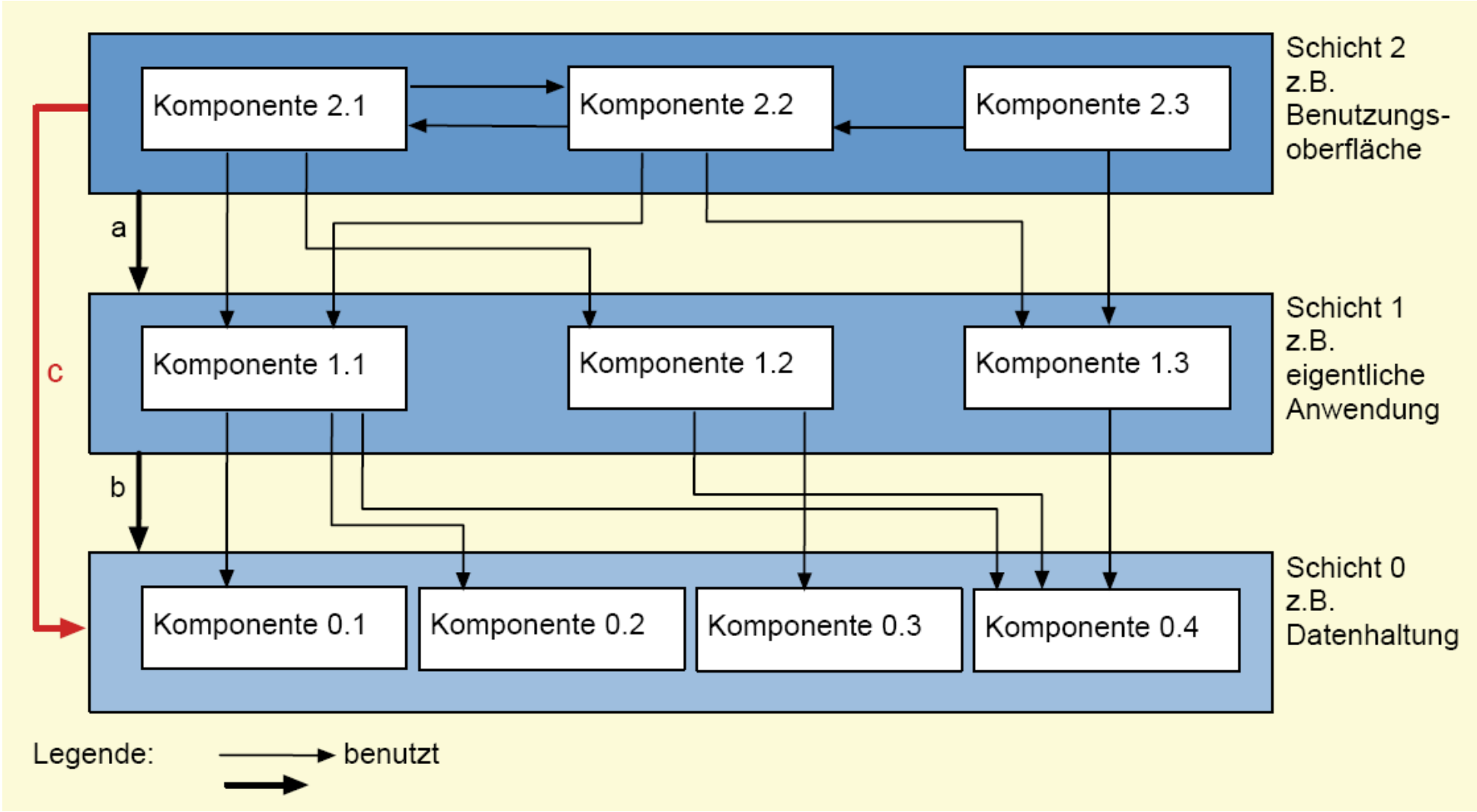
- Ziel des Softwareentwurfs ist es, für das zu entwerfende Produkt eine **Software-Architektur** zu erstellen, die funktionale und nicht funktionale *Produktanforderungen* sowie allgemeine und produktspezifische *Qualitätsanforderungen* erfüllt und die Schnittstellen zur Umgebung versorgt.
- Eine **Software-Architektur** beschreibt die Struktur des Softwaresystems durch Systemkomponenten und ihre Beziehungen untereinander.



5.2 Strukturierungsformen

- Schichten mit linearer Ordnung
- Schichten mit strikter Ordnung
- Schichten mit baumartiger Ordnung.

Beispiel für eine Drei-Schichten-Architektur



Schichtenarchitektur

- Anwendungsbereich einer Schichtenarchitektur
  - Wenn die Dienstleistungen einer Schicht sich auf demselben Abstraktionsniveau befinden und
  - die Schichten entsprechend ihrem Abstraktionsniveau geordnet sind, so dass eine Schicht nur die Dienstleistungen der tieferen Schichten benötigt
- Es muss ein natürliches Abstraktionskriterium geben
  - Eine Benutzt-Beziehung allein reicht nicht aus
  - Es muss eine geeignete Granularität für die Schichten gefunden werden.

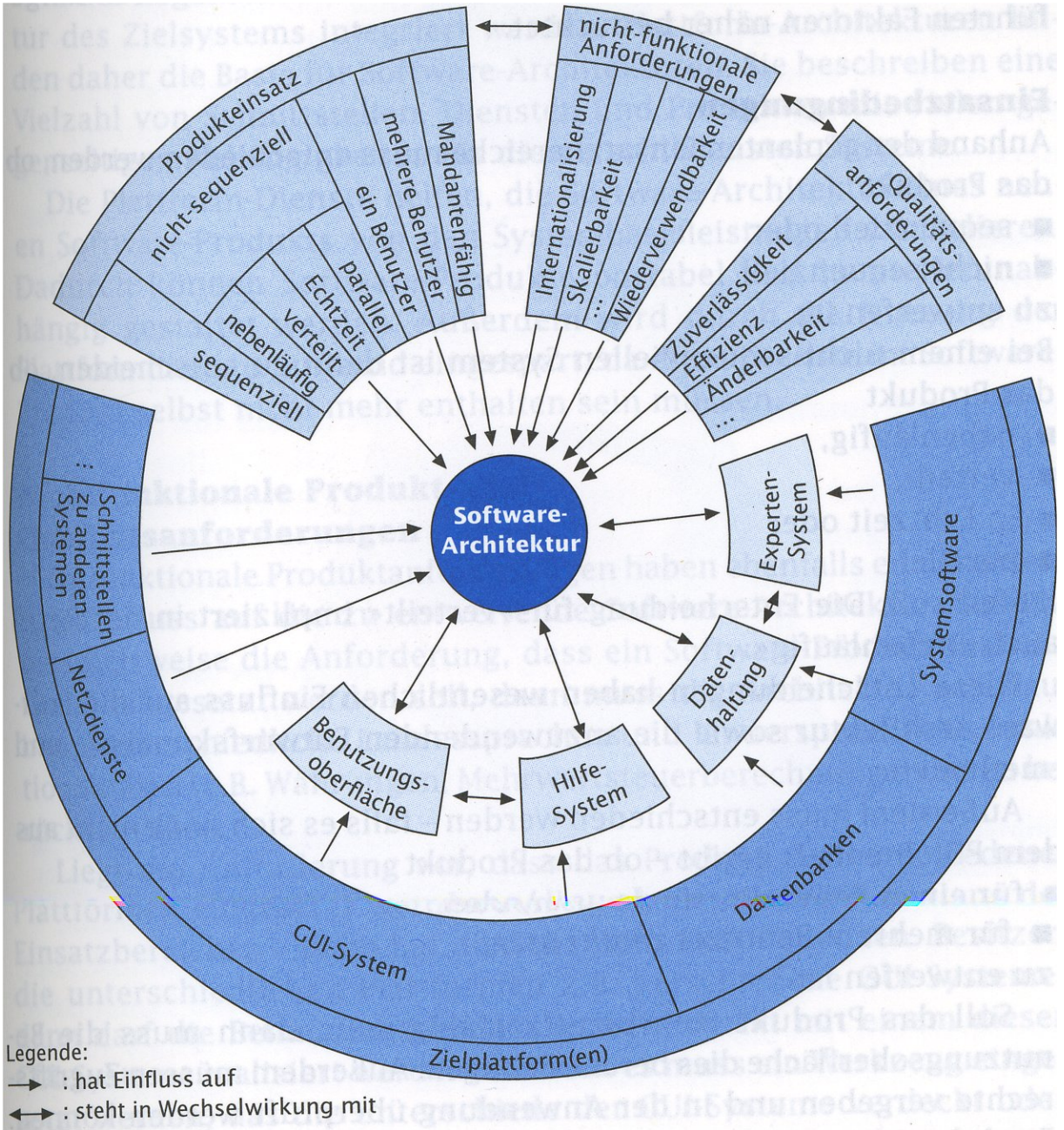
Schichtenarchitektur pros

- Schichtenarchitektur
  + Übersichtliche Strukturierung in Abstraktionsebenen oder virtuelle Maschinen
  + Keine zu starke Einschränkung des Entwerfers, da er neben einer strengen Hierarchie noch eine liberale Strukturierungsmöglichkeit innerhalb der Schichten besitzt
  + Es werden die Wiederverwendbarkeit, die Änderbarkeit, die Wartbarkeit, die Portabilität und die Testbarkeit unterstützt. (Schichten können ausgetauscht, hinzugefügt, verbessert und wiederverwendet werden; Testen von unten oder von oben her).

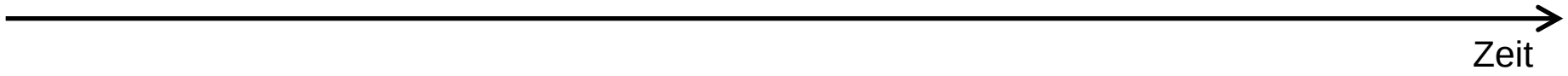
Schichtenarchitektur cons

- Schichtenarchitektur
  - Effizienzverlust, da alle Daten über verschiedene Schichten transportiert werden müssen (bei linearer Ordnung). Dies gilt auch für Fehlermeldungen.
  - Eindeutig voneinander abgrenzbare Abstraktionsschichten lassen sich nicht immer definieren.
  - Innerhalb einer Schicht kann Chaos herrschen.

Einflussfaktoren



5.3 Evolution der Entwurfskonzepte-/methoden



→ Diagramme siehe Vorlesung: SSE

keine Abstraktion
SK: -
M/K:-
S: Basic, Assembler

funktionale Abstraktion
SK: Funktionen Prozeduren
M/K: SD
S: Pascal, C, Cobol85, Fortran

Daten Abstraktion
SK: abstrakte Datenobjekte
M/K: SD nach Buhr
S: Modula-2

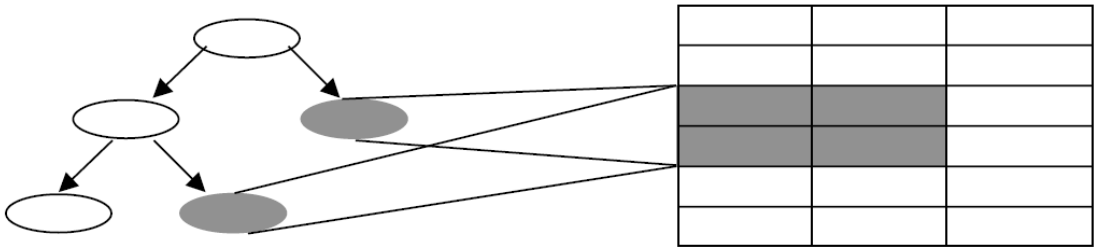
Daten Abstraktion
SK: ADT (abstrakter Datentyp
M/K: Booch, OOSD
S: Ada

Objekt-orientierter Entwurf
SK: Klassen
M/K: UML
S: JAVA C++

SK: Systemkomponente; **M/K**: Methode/Konzept; **S**: Programmiersprache

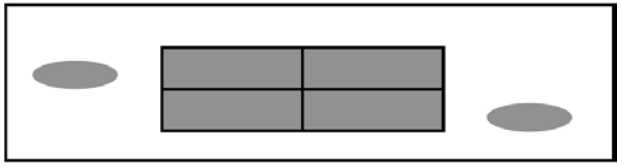
Vergleich bezüglich „Funktionen und Daten“

- ***Strukturierter Ansatz (SD): Separation*** von Funktionen und Daten



Funktionshierarchie Externe Datenbasis oder interner Variablenkeller

- ***Objektorientierter Ansatz (OO): Integration*** von Funktionen und Daten
  - **Objekt** = (kleine) Dateneinheit + lokale Funktionen

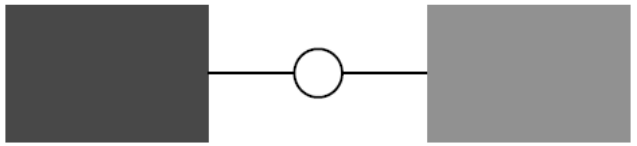


- ***Modularer Ansatz (MD)*** dazwischen:
  - **Modul** = (große) Funktionsgruppe + lokale Daten

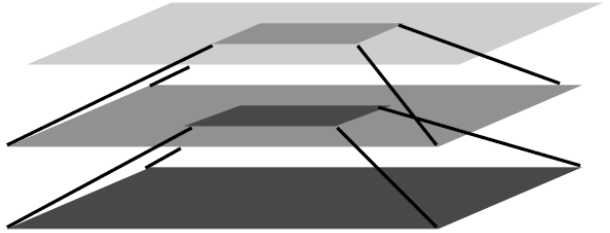
Ziel: Komplexität beherrschbar machen durch

- Zerlegung in Teilsysteme (Verantwortungsbereiche)

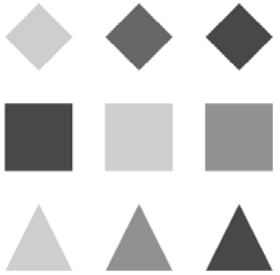
- Klare Schnittstellen zwischen Teilsystemen (Protokolle)



- Verschiedene Abstraktionsebenen (Spezialisierungshierarchie)



- Vorgefertigte Teile – Wiederverwendung (Baukastenprinzip)

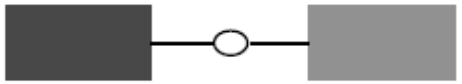


Prinzipielle Vorteile von Objektorientierung

- Lokale Kombination von Daten und Operationen, ***gekapselter Zustand***

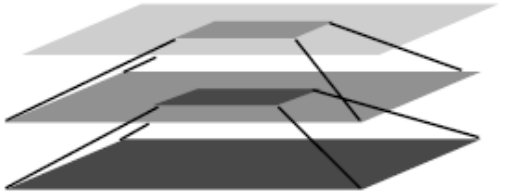
Zuständigkeitsbereiche

- Definiertes ***Protokoll***, Nachrichten zwischen Objekten



Klare Schnittstellen

- ***Vererbung*** und ***Polymorphie*** (Spezialisierung, Generalisierung)



Hierarchie

- Benutzung vorgefertigter ***Klassenbibliotheken***, Anpassung durch Vererbung mit ***Ergänzung*** und ***Redefinition***

Baukastenprinzip

→ Systemarchitektur beim modularen Entwurf:

1. Modulführer
(Grobentwurf, module guide, software architecture):

- Beschreibung der Funktion jedes Moduls und der Gliederung in Subsysteme;
- benutzt Entwurfsmuster, z.B. Schichtenarchitektur oder Fließbandarchitektur.

2. Modulschnittstellen (*module interfaces*):

- Genaue Beschreibung der von jedem Modul zur Verfügung gestellten Komponenten (Typen, Variablen, Unterprogramme etc.), informell oder formal.
- für Module mit Ein-/Ausgabe auch genaue Beschreibung der entsprechenden Formate.

3. Benutztrelation (*Uses relation*):

- Beschreibt, wie sich Module und Subsysteme untereinander benutzen (azyklischer, gerichteter Graph).

4. Feinentwurf (*detailed design*):

- Beschreibung der modul-internen Datenstrukturen und Algorithmen;
- bei Implementierung in Assembler auch vollständige Programmierung der Module in Pseudocode.
- Der Pseudocode ist in einer höheren, meist hypothetischen Programmiersprache abgefasst und wird in der Implementierungsphase von Hand in Assembler umgesetzt.

Modul / Geheimnisprinzip

- **Modul** (abstraktes Datenobjekt, *module*):
  - Ein Modul ist eine Menge von Programmkomponenten, die nach dem *Geheimnisprinzip* gemeinsam entworfen und geändert werden.
- Programmkomponenten sind Typen, Klassen, Konstanten, Variablen, Datenstrukturen, Prozeduren, Funktionen, Prozesse (Fäden), Prozess-Eingänge, Makros etc.
- **Geheimnisprinzip** (*information hiding*):
  - Jedes Modul verbirgt eine wichtige Entwurfsentscheidung hinter einer wohldefinierten Schnittstelle, die sich bei einer Änderung der Entscheidung nicht mitändert. (David Parnas)
  - Grund: Nur was verborgen und unbenutzt ist, kann ohne Risiko geändert werden.

- Im objektorientierten Entwurf behalten die Prinzipien des modularen Entwurfs (Flexibilisierung der Software durch das Geheimnisprinzip) ihre Gültigkeit.
- Schnittstellen verbergen Entwurfsentscheidungen, die veränderbar bleiben sollen.
- Die Analoga zum Modul sind die Klasse und das Paket
- Im Paket werden mehrere Klassen, die gemeinsame Entwurfsentscheidungen kapseln, zusammengefasst
- Eine allein stehende Klasse kann auch ein ganzes Modul verwirklichen; i.d.R braucht man aber mehrere Klassen pro Modul

MD → OO

- Allerdings ergeben sich im OO-Entwurf zusätzliche Möglichkeiten, die im modularen Entwurf schwieriger darzustellen sind.
  - Mehrfach-Instanziierung von Klassen,
  - Vererbung und Polymorphie,
  - Variantenbildung in einem Programm durch Mehrfachimplementierung einer Schnittstelle.

Begriffe (werden im Folgenden …)

- Klasse
- Objekt
- Vererbung
- Spezialisierung
- Methode
- Attribut
- Zustand eines Objekts
- Overriding
- Overloading
- Polymorphismus
- Binding

Paradigmen

- Modulares / Prozedurales Programmieren
  - Allgemein: Software schrittweise verfeinern
- Top Down
  - Gesamtprogramm im Mittelpunkt
    - Funktionen werden implementiert
    - Funktionen werden verfeinert
  - Problem
    - Untere Stufen sequentiell zu erarbeiten, sonst Applikation nicht lauffähig
    - Benötigte Funktionen müssen bekannt sein

Paradigmen

- Bottom Up
  - Modulare Sichtweise
    - Komponenten auf unteren Stufen erarbeiten
    - Nach oben abstrahieren (Module)
  - Problem
    - Eigenständige Lauffähigkeit der unteren Stufen
- Hybridmodelle
  - Mischung aus Top Down / Bottom Up

Paradigmen

- Frage nach effizienter Entwicklung leistungsfähiger und wartbarer Software
- Motivation zum Übergang zu OO
  - Daten stehen im Vordergrund
  - Funktionen sind kurzlebiger als Daten
  - Software ist Änderungen unterworfen
- Folgen
  - In **Objekten** denken !
  - **Funktionen** kapseln !
  - Schwerpunkt auf Gesamtdesign, statt Einzelfunktionen

Konzepte

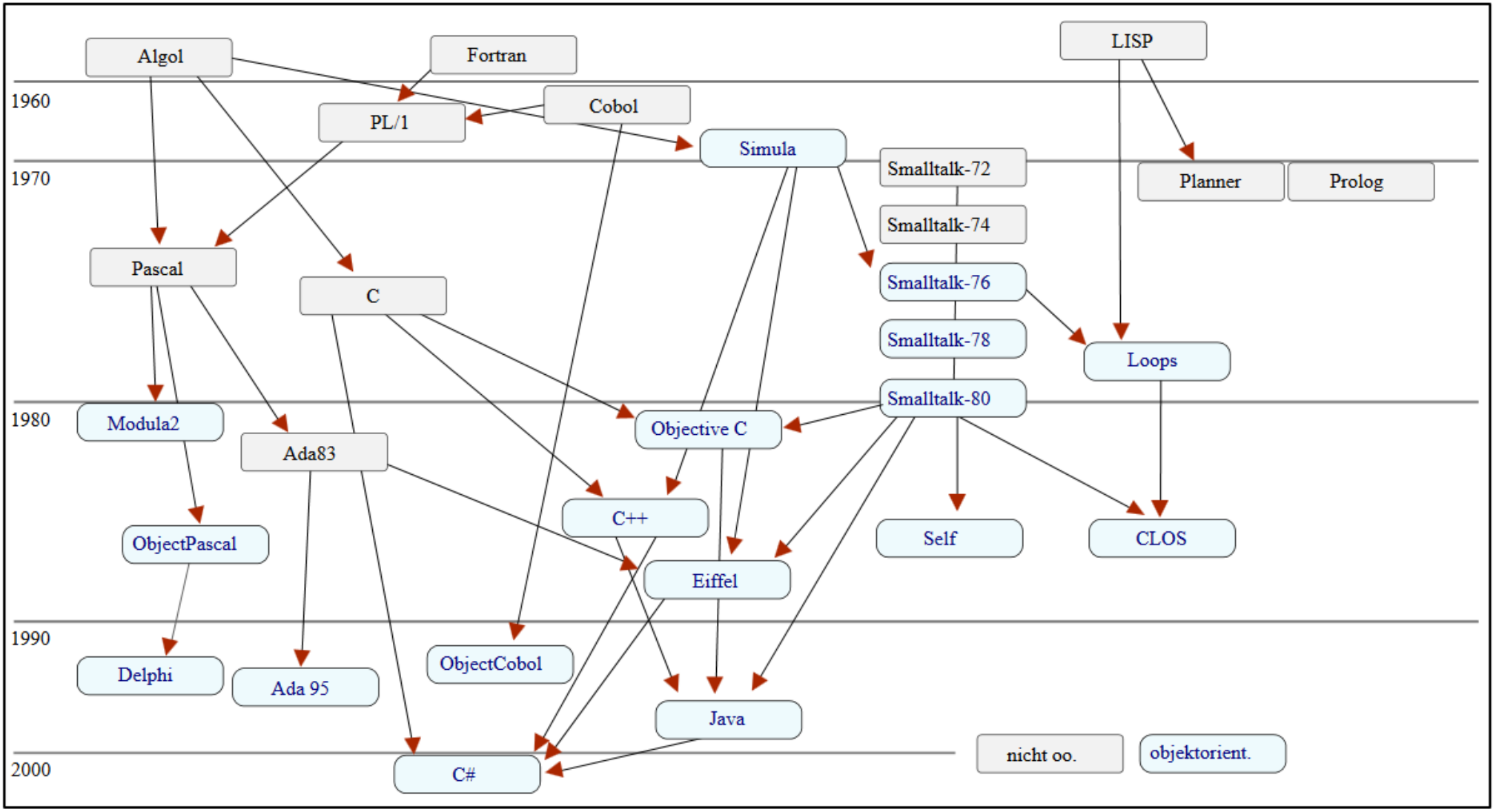
- Modularität
  - Kooperierende Bausteine
  - Schnittstellen
  - Ersetzen / Verbessern / Verfeinern
- Wiederverwertbarkeit
  - Vorhandene Klassen nutzen
  - Eigene Klassen integrieren

Bemerkungen

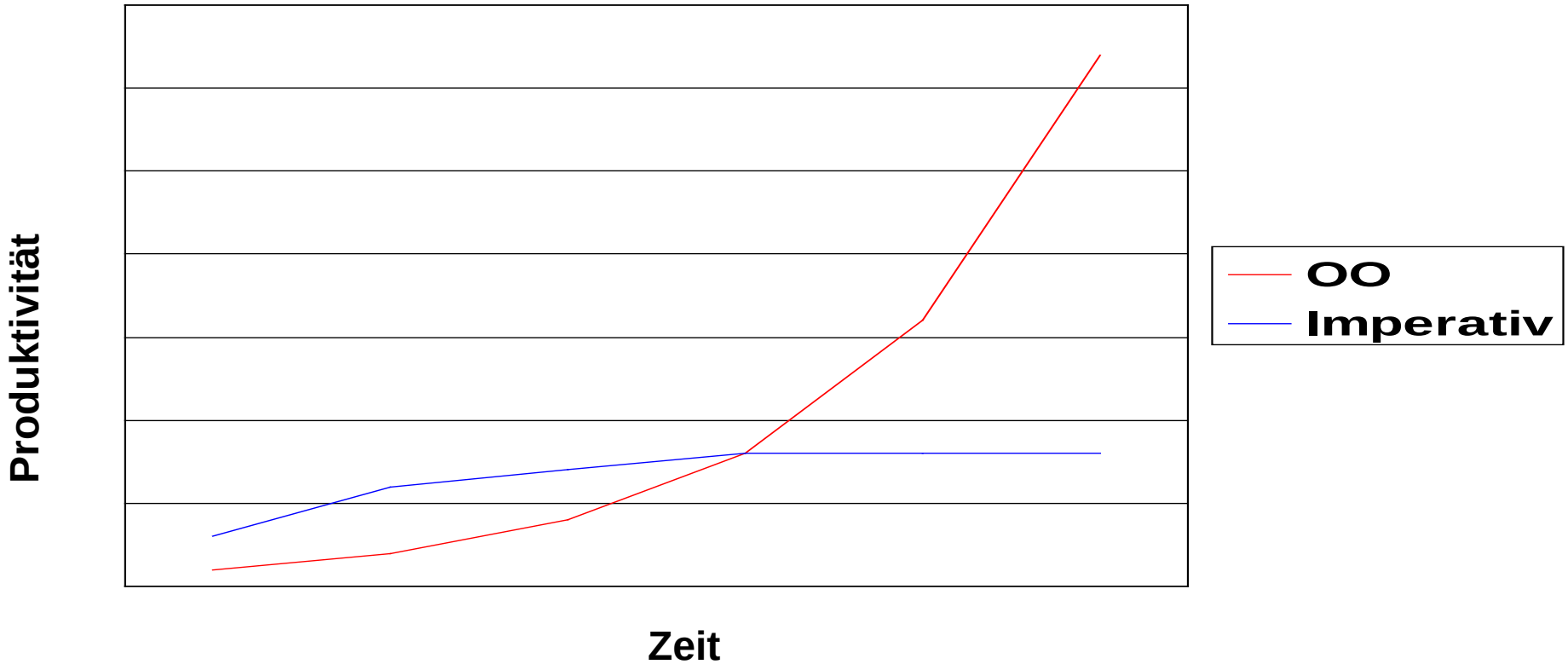
- Francois Rochefoucauld (1613–1680):
  „**Wer sich zu viel mit dem Kleinen abgibt, wird unfähig für Großes**“

- Bjarne Stroustrup (Schöpfer von C++), sagte treffend über den Vergleich von C und C++:
  »**C makes it easy to shoot yourself in the foot, C++ makes it harder, but when you do, it blows away your whole leg**.«

Geschichte der Programmiersprache



- Zeit-Produktivität



Programmiersprachen

- imperative Sprachen
  - Ada, ALGOL, BASIC, C, COBOL, FORTRAN, Modula-2, PL/1, Pascal, Simula, Snobol
- funktionale und applikative Sprachen
  - Lisp, Logo
- prädikative Sprachen
  - Prolog
- objektorientierte Sprachen
  - Smalltalk, Eiffel, Oberon, Java, Turbo-Pascal, C++, Fortran2000

- ein Programm besteht aus einer Menge von Befehlen

BASIC:

```
10   let n=...
20   gosub 50
30   nf=nfak
40   end
50   let nfak=1
60   for i=1 to n
70     nfak=nfak*i
80   next i
90   return
```

- prozedurale Sprachen gruppieren Befehle in Unterprogrammen

C:

```
int fac(int n) {
  if (n==0) return 1;
  return n*fac(n-1);
}
...
nf=fac(n);
```

funktionale und applikative Sp.

- ein Programm besteht aus einer Menge von Funktionen und deren Anwendung

Lisp:

```
(fac (n)
  (cond
    ((equal n 0) 1)
    (times n (fac
               (difference n 1)
             )
    )
  )
)
...
(fac n)
```

prädikative Sprachen

- in prädikativen Sprachen wird eine Menge von Fakten und Regeln vorgegeben

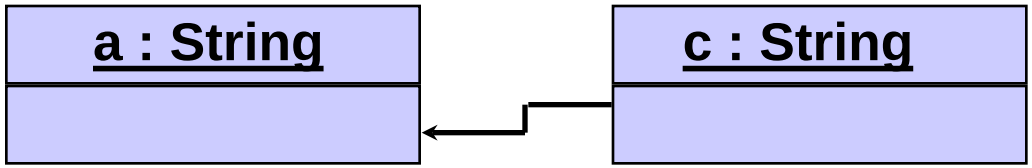
Prolog:

```
fac(0,1).
fac(n,f) -> fac(n-1,f/n).
```

- alle zum Lösen eines Problems nötigen Informationen werden als *Objekte* aufgefasst
- Objekte empfangen und versenden Nachrichten

JAVA:

```
String a = „eins“;
String b = „zwei“;
String c;
c = a   +   b;  // „einszwei“
c = a.subString(0,2); // „ei“
```



abstrakter Datentyp (ADT) 1

- das Basiskonzept der objektorientierten Programmierung bildet der abstrakte Datentyp (ADT)
- ein ADT wird definiert durch:
  - seinen Wertebereich (Sorte)
  - die über dem Wertebereich erklärten Operationen
  - eine Menge von Vorbedingungen
  - eine Menge von Axiomen

abstrakter Datentyp (ADT) 2

- eine Sorte kann formal als Struktur dargestellt werden

- Beispiel:

```
koord=sort
        Integer x;
        Integer y;
      end;
```

Komponenten

bzw.

koord= x:Integer + y:Integer

abstrakter Datentyp (ADT) 3

- einem ADT werden Operationen (die nicht notwendig nur Operanden vom Sortentyp enthalten) zugeordnet

- Beispiel:

```
vec=ADT(koord)
        SetX:(vec,Integer);
        +:(vec,vec)->vec;
        norm:(vec)->Integer;
    end;
```

abstrakter Datentyp (ADT) 4

- zur vollständigen Beschreibung eines ADT's gehören zusätzlich
  - die Vorbedingungen

```
pre: x=0; y=0;
```

  - eine Menge von Axiomen (Spezifikationen), die das Verhalten der Operationen festlegen

```
(vec a,vec b) =(x=a.x+b.x, y=a.y+b.y)
```

abstrakter Datentyp (ADT) 5

- abstrakte Datentypen werden als *Klassen* implementiert
- Beispiel:

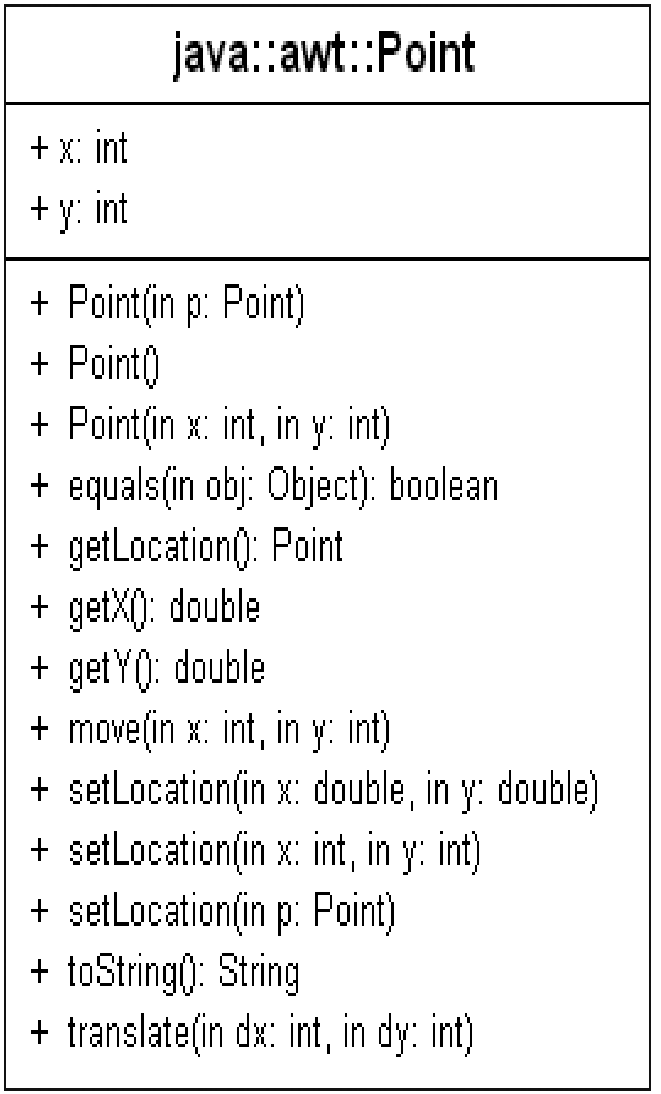
```
class vec {
  private Integer x,y;

  public vec(Integer theA, Integer theB) {
    x = theA; y = theB;
  }

  public vec add(vec a, vec b) {
    return new vec(a.x+b.x, a.y+b.y);
  }
}
```

Begriffe: Klasse und Objekt

- Ich-Ansatz für Analyse / Design
  - **Ich bin**
    - Klasse xy
  - **Ich habe**
    - Folgende Eigenschaften (Attribute)
  - **Ich kann**
    - Folgende Operationen

Begriffe: Klasse und Objekt

- Beispiel **Point**
  - **Ich bin ein Punkt.**
  - **Ich habe x,y-Koordinaten**
  - **Ich kann**
    - **Mich verschieben**
    - **Meine Position festlegen**
- Übliche Darstellung
  - Unified Modeling Language (UML)
  - Sichtbarkeit:
    + public,
    - private,
    # protected



→ **UML: siehe Vorlesung SSE**

Begriffe: Klasse und Objekt

- Klasse
  - Beschreibt das Verhalten der Gesamtheit der Objekte
  - Hat keine Identität und keinen Zustand
  - Muster für ein Objekt
    - Attribute, Operationen, innere Klassen
- eine *Instanz* ist die konkrete Realisierung eines Objektes einer Klasse
  - eine Instanz ist genau ein Objekt
  - Instanzen haben einen Gültigkeitsbereich (Lebensbereich)
  - Instanzen werden durch einen *Konstruktor* erzeugt und einen *Destruktor* zerstört
    - Konstruktoraufruf: new
    - Destruktoraufruf: delete

Begriffe: Klasse und Objekt

```
Point p = new Point();
p.x = 12;
p.y = 45;
p.setLocation( –3, 2 );
```

```
Point p = new Point();
p.
```

- x int - Point
- y int - Point
- clone() Object - Point2D
- distance(double arg0, double arg1) double -
- distance(Point2D arg0) double - Point2D
- distanceSq(double arg0, double arg1) doubl
- distanceSq(Point2D arg0) double - Point2D
- equals(Object arg0) boolean - Point
- getClass() Class - Object
- getLocation() Point - Point

```
Point p = new Point();
p.setLocation();
```

- setLocation(double x, double y) void - Point
- setLocation(int x, int y) void - Point
- setLocation(Point p) void - Point
- setLocation(Point2D p) void - Point2D

Changes the point to have the specificed location.
This method is included for completeness, to parallel the setLocation method of Component. Its behavior is identical with move(int, int).

Parameters:

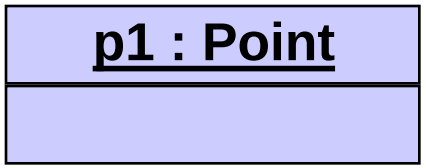
x the x coordinate of the new location.
y the y coordinate of the new location.

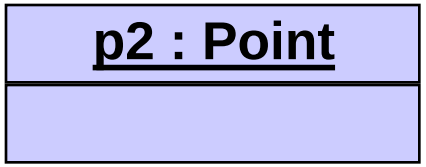
See Also:

java.awt.Component.setLocation(int, int)
java.awt.Point.getLocation
java.awt.Point.move(int, int)

Begriffe: Objekt

```
Point p1 = new Point();
p1.x = 12;
p1.y = 45;
p1.setLocation( –3, 2 );
Point p2 = new Point();
p2.x = 12;
p2.y = 45;
p2.setLocation( –3, 2 );
if (p1==p2) { return 10; } // Objektidentität
if (p1.equals(p2)) { return 12; } // Inhaltliche Identität
```





→ obwohl p1 und p2 die **gleichen** Attributwerte haben, sind es voneinander **verschiedene Objekte**

Konstruktor (Objektinitiatlisierung)

- Argumente der Konstruktormethode werden bei Objekterzeugung durch
  `new Klassenname(Argument1, Argument2, ...)`
  an den Konstruktor übergeben.
- Anweisungen im Konstruktor werden auf neu allokiertem Speicher ausgeführt.
- Ohne Angabe eines Konstruktors ist nur der leere Konstruktor ohne Argumente definiert.
- Ist ein (nicht leerer) Konstruktor definiert, muss der leere Konstruktor explizit definiert werden, um noch benutzt werden zu dürfen.

Freigabe/Zerstörung von Objekten

- Freigabe/Zerstörung von Objekten
  - In vielen Sprachen durch explizite Statements im Programm
    - free- oder delete-Methoden
  - Funktioniert, ist aber häufige Fehlerquelle, z. B.:
    - x, y verweisen auf ein Objekt,
    - free(x) gibt Speicher frei,
    - y wird zu späterem Zeitpunkt verwendet.
  - Problem: Speicheradresse existiert, Speicherinhalt kann beliebig sein
- Alternative in Java: Garbage Collection
  - Ist die letzte Referenz auf ein Objekt verschwunden, da
    - die Referenzen den Gültigkeitsbereich verlassen haben, oder da
    - null-Referenzen zugewiesen wurden,
  - wird das Objekt der Garbage Collection zugeführt
  - → Es sind keine free- oder delete-Methoden nötig.
  - Funktioniert auch bei zyklischen Referenzen der Objekte untereinander
  - Mit `System.gc();` wird eine Empfehlung an die Garbage Collection ausgegeben, aktiv zu werden; in der Regel ist dies aber nicht nötig.

Begriffe: Klasse und Objekt

- Packages / Pakete
  - Gruppe von thematisch zusammengehörigen Klassen und Interfaces
- Varianten
  - Absolute Qualifizierung (CLASSPATH)
    - java.awt.Point p = new java.awt.Point();
  - Relative Qualifizierung (CLASSPATH+Importpfad)
    - import java.awt.Point;
    - Point p = new Point();

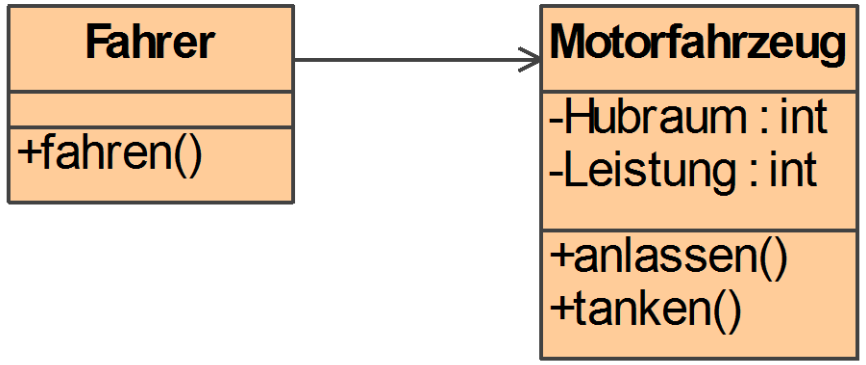
Begriffe: Klasse und Objekt

```
class Fahrzeug {
  public String Hersteller;
  private int Breite;
  private int Laenge;
  public void fahren();
  public void anhalten();
}
...
{
  Fahrzeug meinFahrzeug = new Fahrzeug();
  meinFahrzeug.Hersteller = “Mercedes“;
  Fahrzeug meinZweitfahrzeug = new Fahrzeug();
  meinZweitfahrzeug.Hersteller = “VW“;
}
```

Assoziation

- Klassen, die zusammenarbeiten.
- Gerichtet und ungerichtet.
- Benutzen das Interface der anderen Klasse

```
class Fahrer {
   public void Fahren(Motorfahrzeug m) {
      m.anlassen();
      m.tanken();
   }
}
```

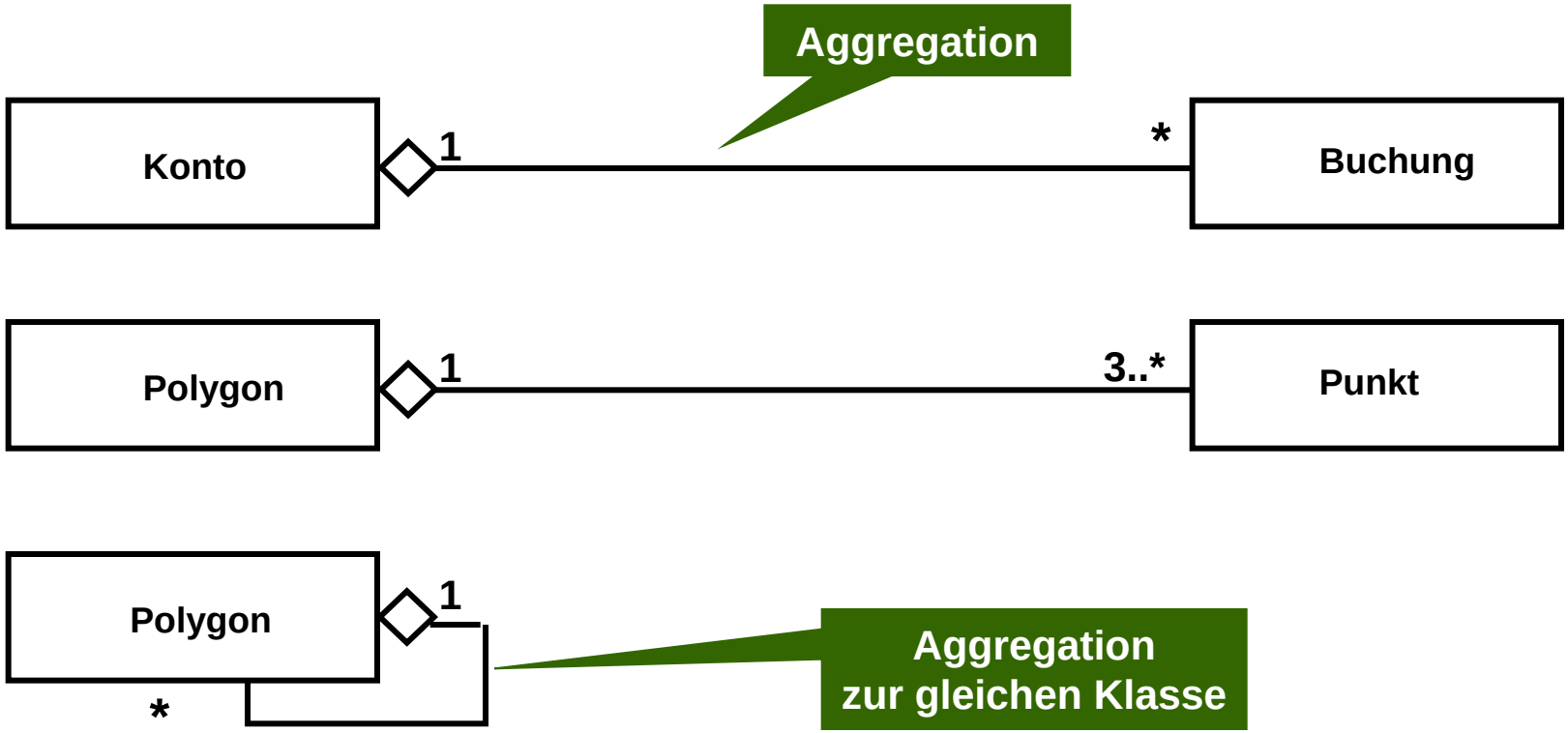


Aggregation

- Aggregation
  - = Beziehung, bei der Komponenten(-Objekte) als Teile des Aggregat(-Objektes) aufgefasst werden.
  - Das Aggregat vertritt die Komponenten und kontrolliert sie, die Komponenten sind dem Aggregat untergeordnet.
  - Sprechweise:
    - Das Aggregat enthält seine Komponenten.
    - Die Komponente ist Teil des Aggregats.
  - Aggregation ist Spezialfall der Assoziation, aber
    - asymmetrisch (nur eine der Klassen ist Aggregat)
    - die Beziehung ist als „enthält“ bzw. „ist-Teil-von“ vordefiniert

Aggregation

Beispiele:



Komposition

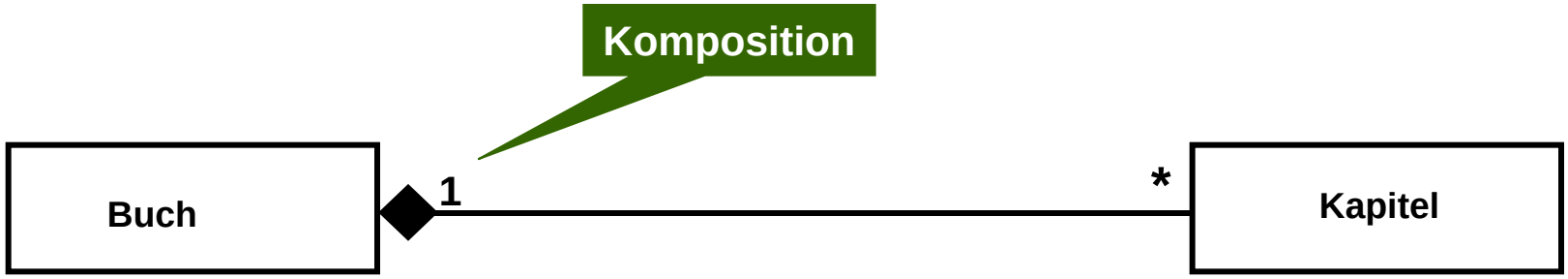
- Komposition

  = Aggregation, bei der die Existenz der Komponenten an die Existenz des Aggregats gekoppelt ist.

  – Das Aggregat delegiert Aufgaben an die Komponenten.

  – Eine Komponente darf nur zu genau einem Aggregat gehören.

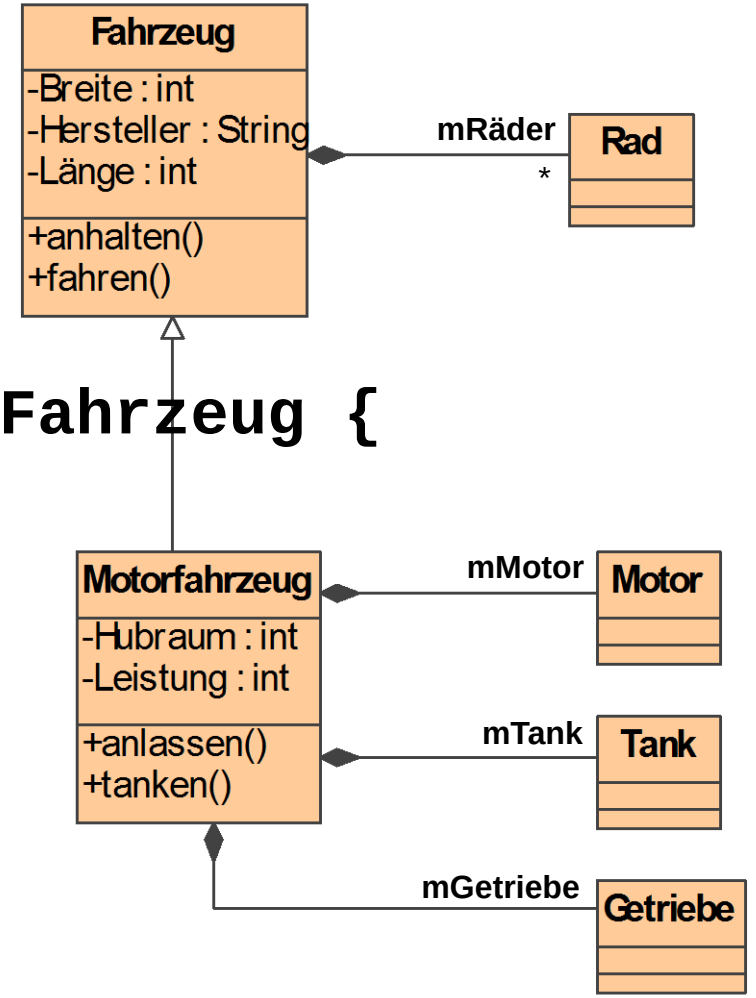
- Beispiel:



Kompositions-Assoziation

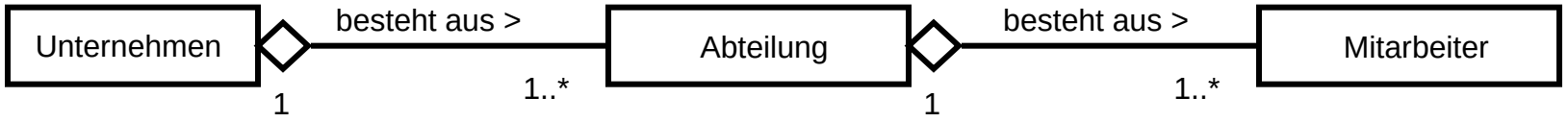
- „Ist-Teil-Von“- oder „Besteht-Aus“-Beziehung

```
class Fahrzeug {
   RadList mRäder;
}
class Motorfahrzeug extends Fahrzeug {
   Motor mMotor;
   Tank mTank;
   Getriebe mGetriebe;
}
```

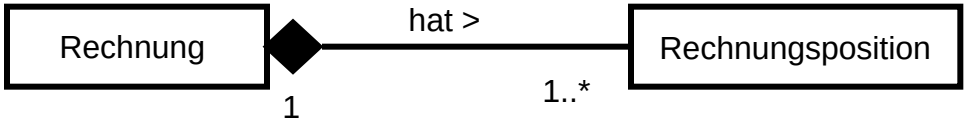


Beispiele Aggregation / Komposition

Normale Aggregation



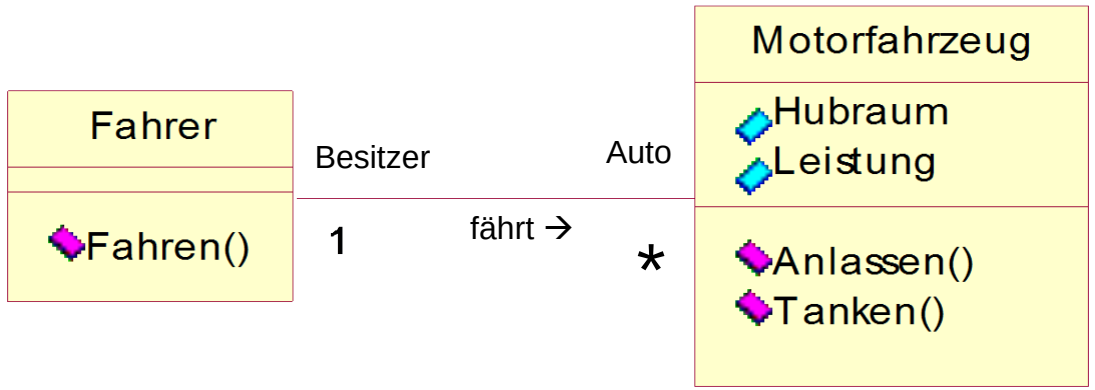
Komposition (Einzelteile sind vom Aggregat existenzabhängig d.h. sie können ohne das Aggregat nicht existieren).



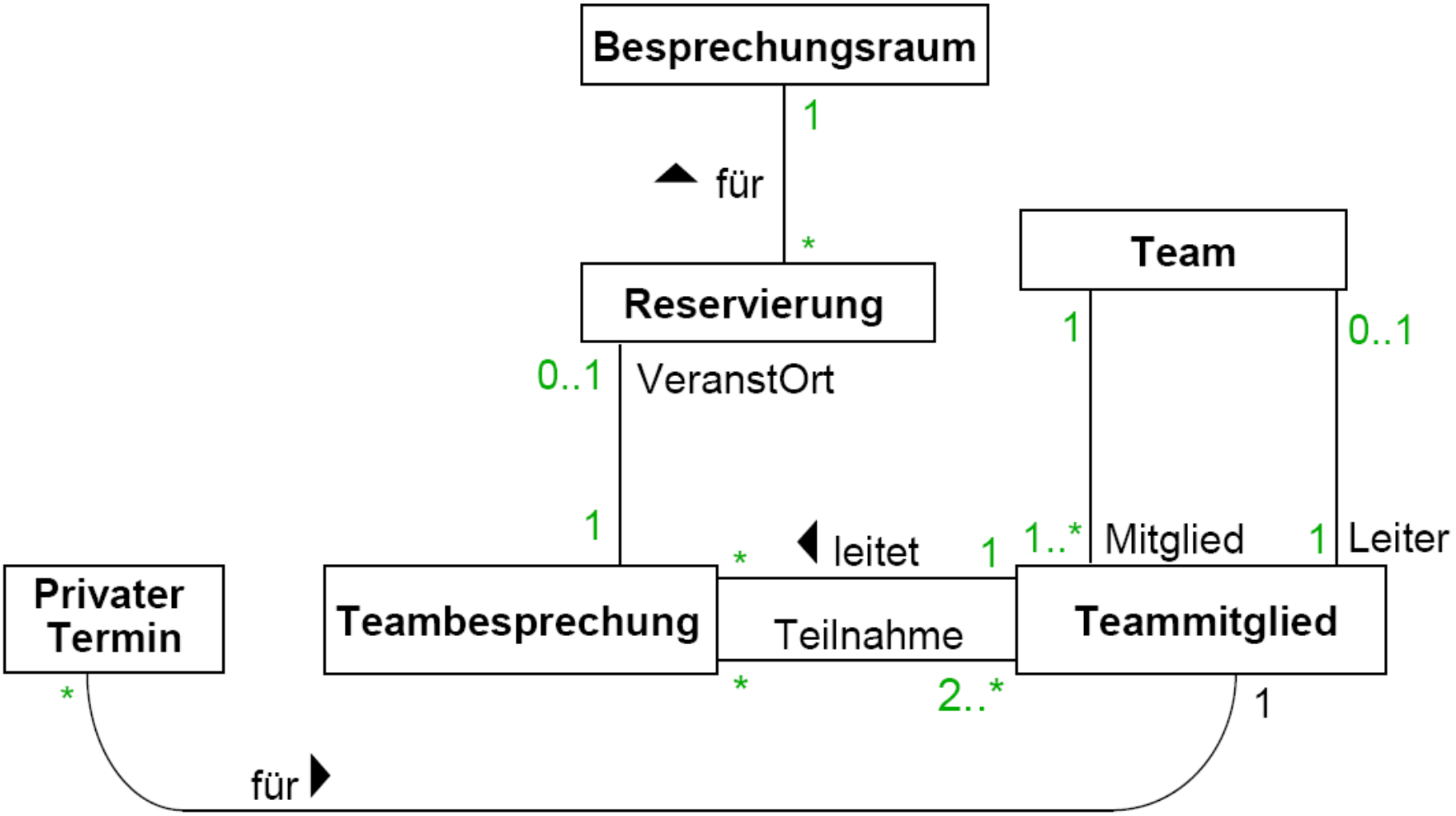
Hinweis: Bei Komposition auf der Aggregatseite immer 1.

Kardinalität (Multiplizitäten)

- Anzahl der beteiligten Objekte an Assoziation und Aggregation
- Beispiele:
  - Ein Objekt der Klasse Auto hat 4 Räder. Jedes Rad gehört zu einem Auto.
  - Ein Fahrer kann beliebig viele Autos fahren, jedes Motorfahrzeug hat einen Besitzer.
- Notationen:
  - 1..n
  - *
  - 1..4
  - 1
  - 0..n
  - +

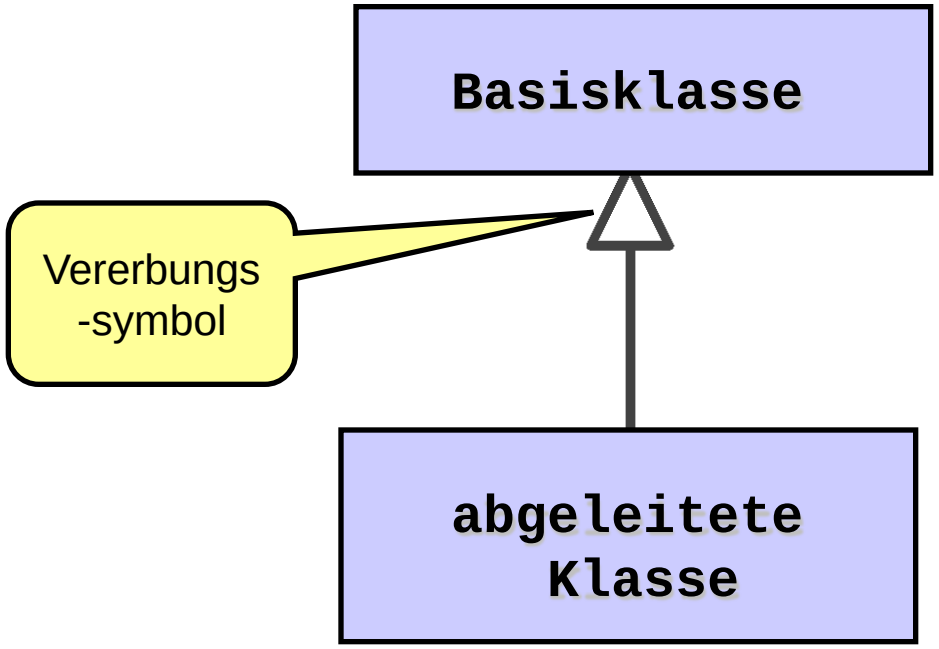


Beispiel: Multiplizitäten



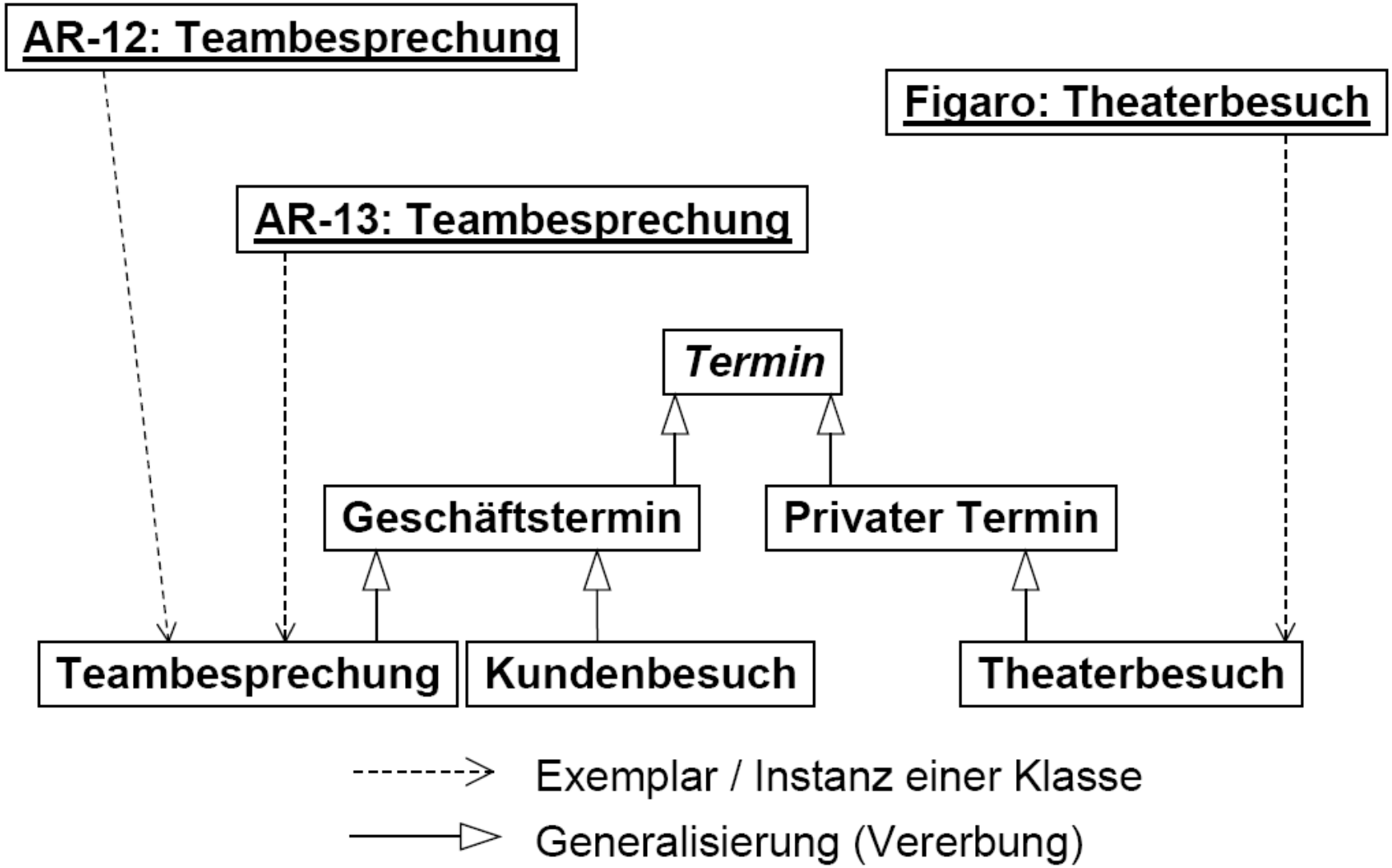
Vererbung

- Notation:



- Auto erbt von Motorfahrzeug
- Auto ist ein Motorfahrzeug
- Motorfahrzeug ist ein Vorfahr von Auto und Motorrad

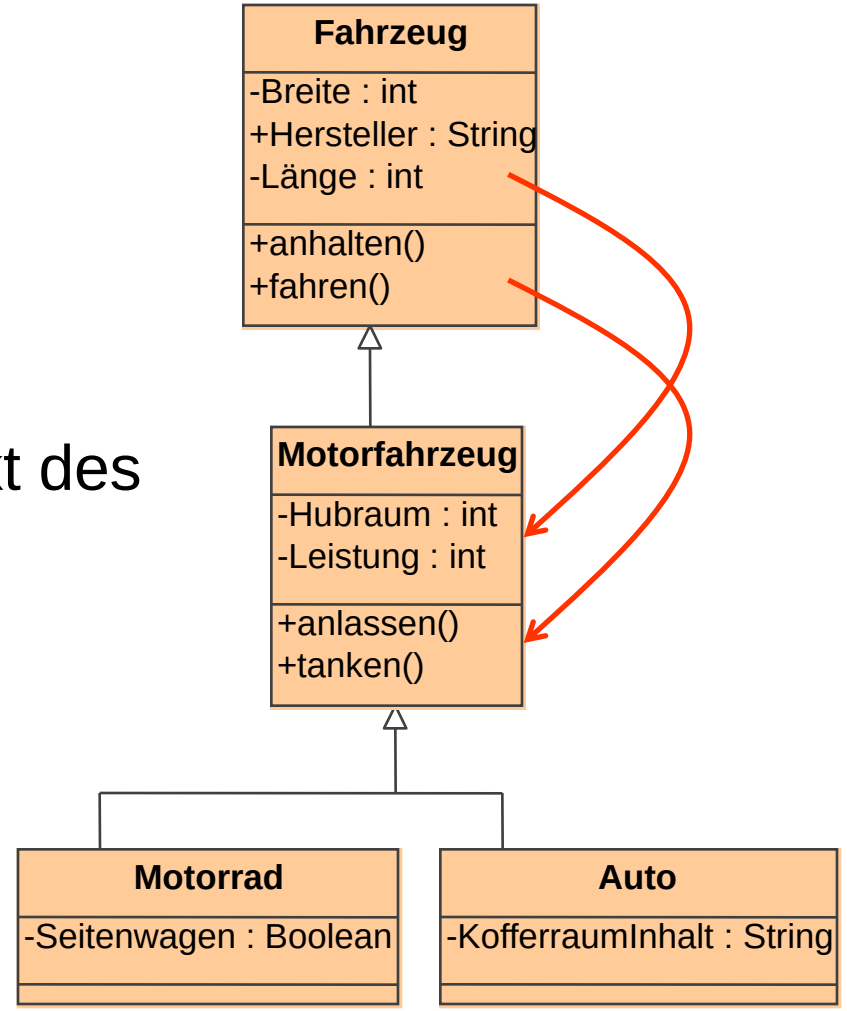
Beispiel Klassendiagramm mit Vererbung



Vererbung

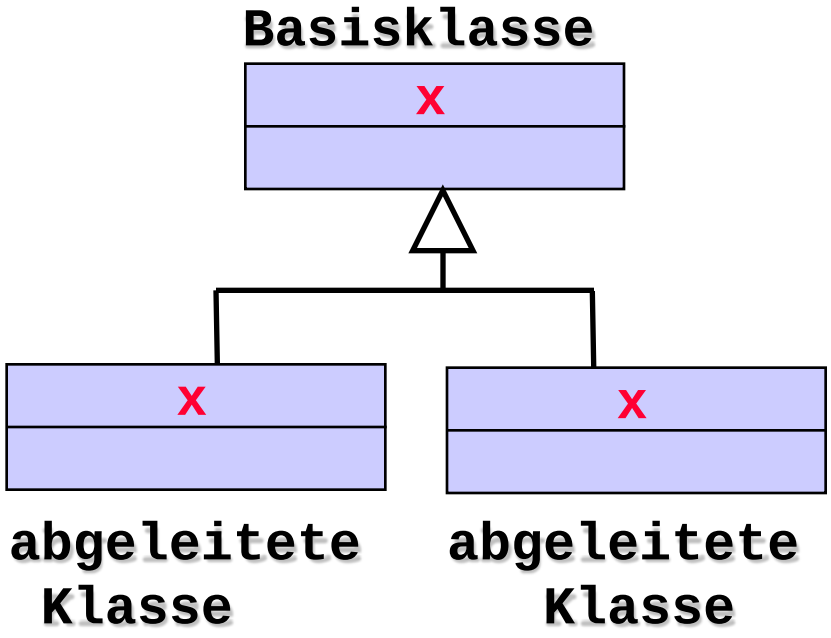
- **Weitergeben** von *Attributen* und *Methoden* an die Erben (*Basisklasse* an eine *abgeleitete Klasse*)
- **Spezialisierung**: Objektmenge der Unterklasse ist Teilmenge der Objektmenge der Oberklasse
- **Typhierarchie**: jedes Objekt des Untertyps verhält sich wie ein Objekt des Obertyps
- **Klassenhierarchie**: Vererbung der Implementation

→ Welche Methoden und Attribute hat Auto ?

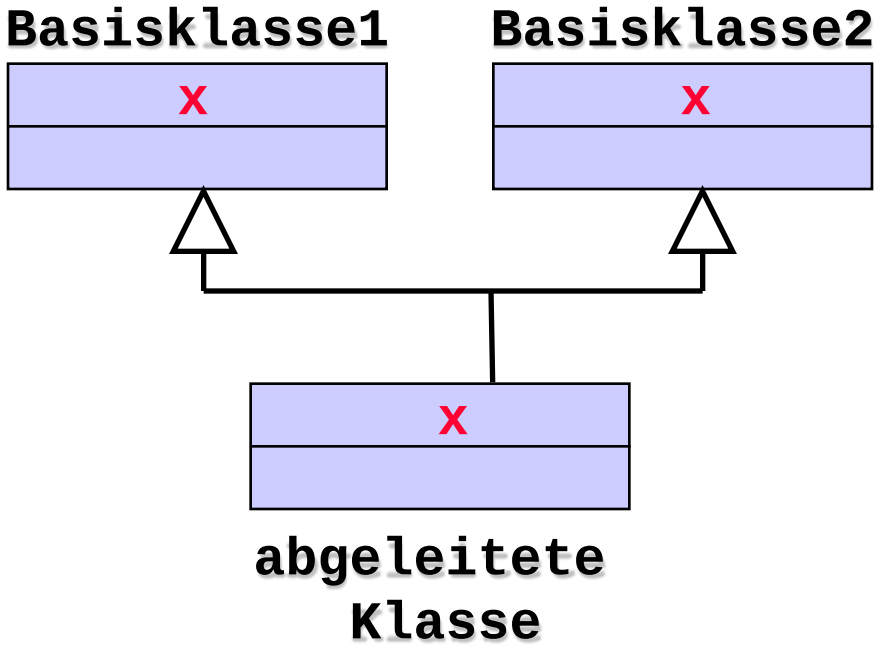


Einfache und mehrfache Vererbung

- es wird ebenfalls zwischen **einfacher** und **mehrfacher** Vererbung unterschieden



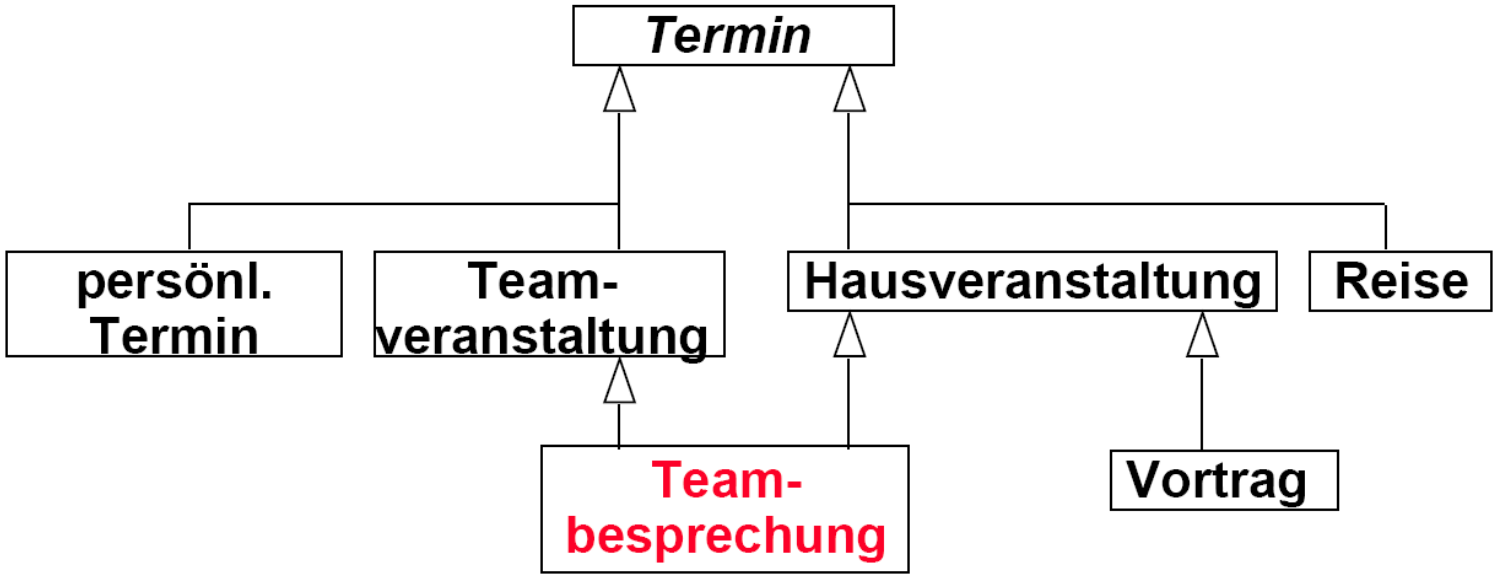
einfache Vererbung



mehrfache Vererbung

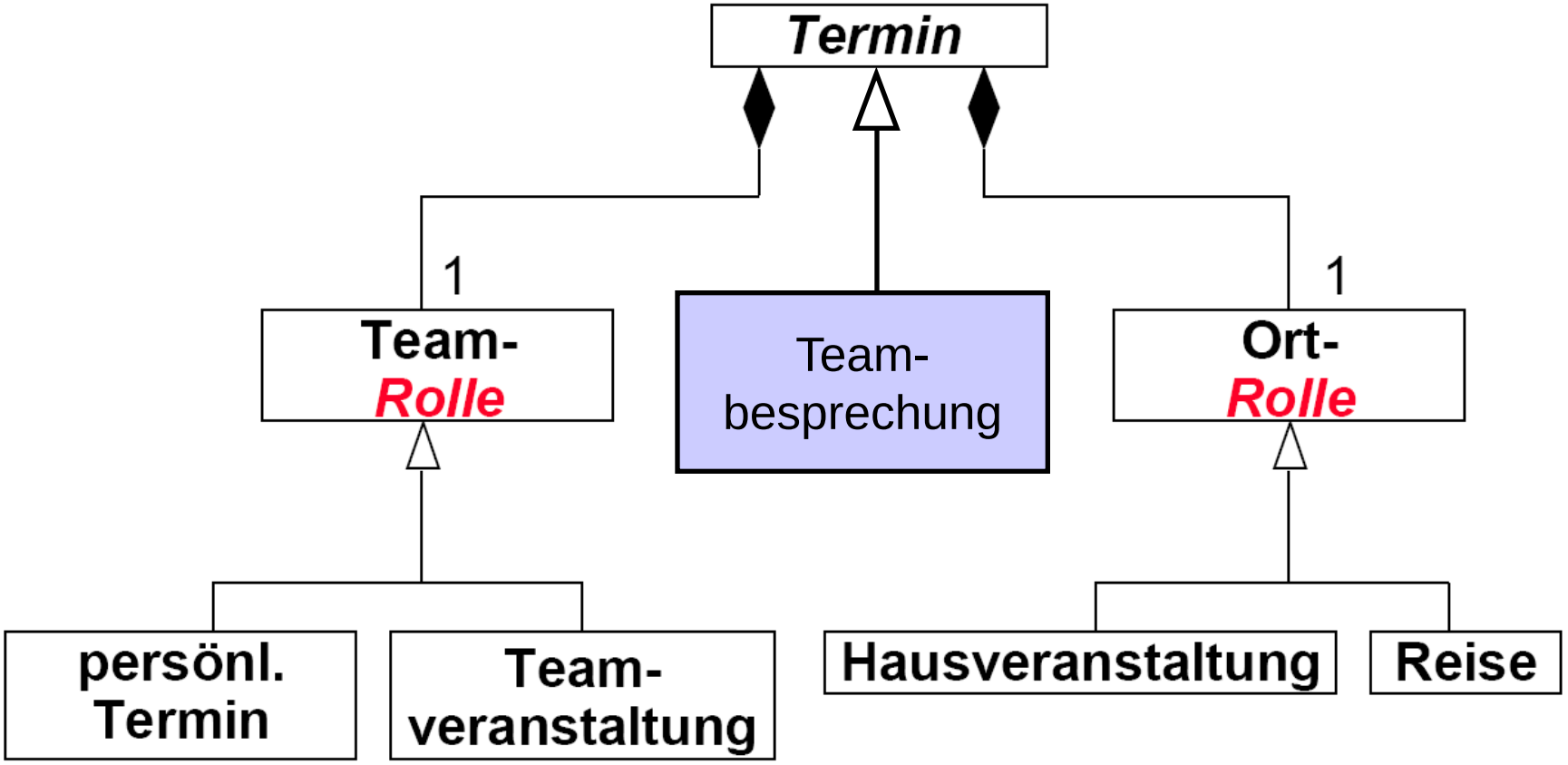
Mehrfachvererbung

- In **Analysemodellen** treten oft unabhängige Dimensionen der Spezialisierung auf *(Mehrfachvererbung).*



- In **Entwurfsmodellen** sollten Mehrfachvererbung beseitigt werden. Techniken dazu sind:
  - ***Ersatz von Vererbung durch Komposition***
  - ***Definition von Schnittstellen***

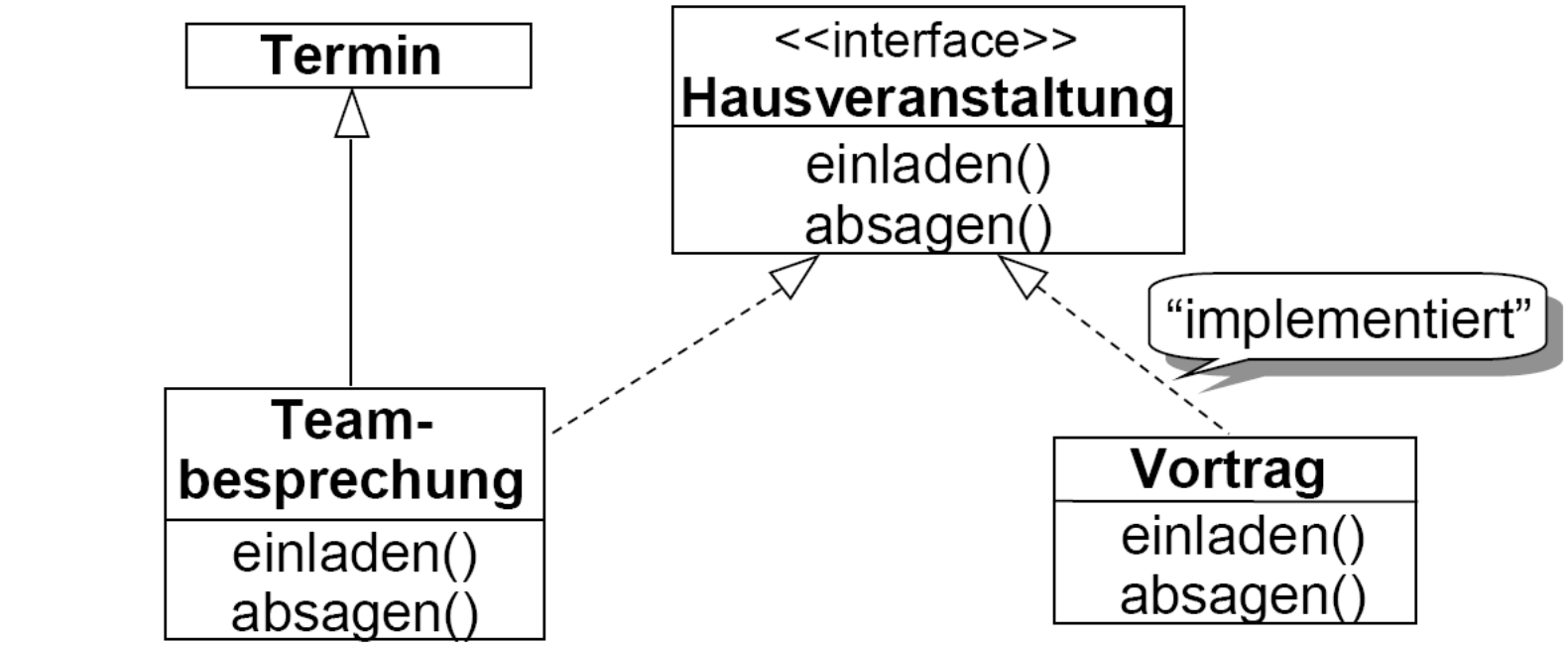
Ersatz von Vererbung durch Komposition



→ **Teambesprechung** *nun wie realisiert?*

Ersatz von Vererbung durch Schnittstellen

- Guter Software-Entwurf sichert *Homogenität*.
  - Gleichartige Funktionalität soll in gleicher Weise aufrufbar sein.
  - *Schnittstelle (interface)* ist ein Sprachkonstrukt von UML und Java.



"Lollipop"-Notation:

Vererbung

- speziell auf die **Weitergabe von Methoden** bezogen ist
  - **Ersetzen**: das vollständige Überschreiben einer Methode

```
Kreis::Skalieren(Real f) {
    a=a*f; b=b*f;
}
```

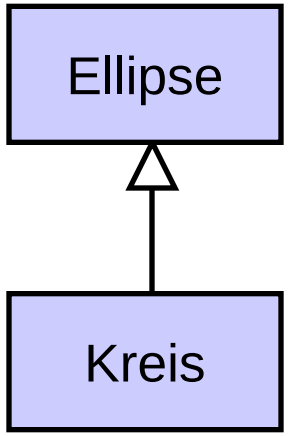
  - **Verfeinerung**: die ererbte Methode wird innerhalb der neuen Methode gerufen

```
Kreis::Skalieren(Real f) {
    super.Skalieren(f, 1.0); b=b*f;
}
```

  - **Delegation**: die Ausführung einer Methode wird an ein Objekt der Oberklasse (Prototyp) weitergereicht

```
Kreis::Skalieren(Real f) {
    super.Skalieren(f, f);
 }
```

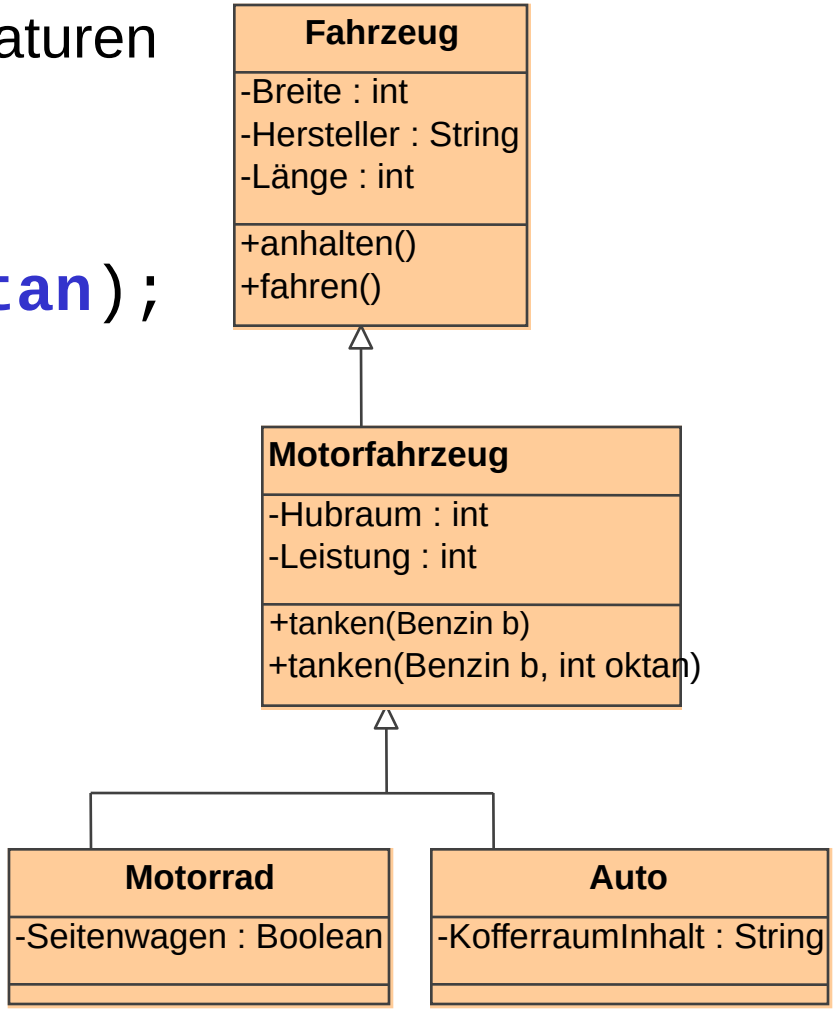
```
Ellipse::Skalieren(Real theA, Real theB){
    a=a*theA; b=b*theB; }
```



Vererbung

- *universeller Polymorphismus* :
  Overloading
  - Methode mit unterschiedlichen Signaturen

```
void tanken(Benzin b);
void tanken(Benzin b, int oktan);
```



Polymorphie 2

- neben dem *universellen Polymorphismus* gibt es den *ad-hoc Polymorphismus*

```
void tanken(Benzin b);
void tanken(Diesel b);
```

- ad-hoc P. basiert auf dem Konzept der impliziten Typkonversion

Vererbung

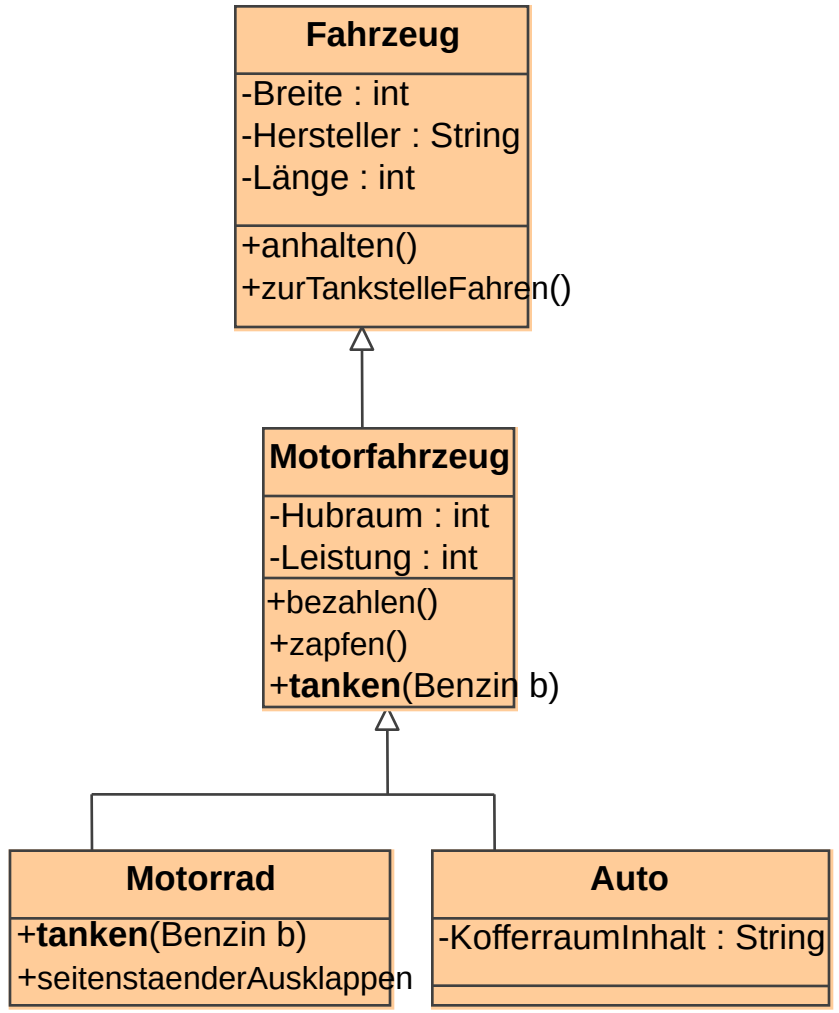
- Polymorphie: Overriding
  - Überschreiben von Methoden in abgeleiteten Klassen

In Motorfahrzeug:

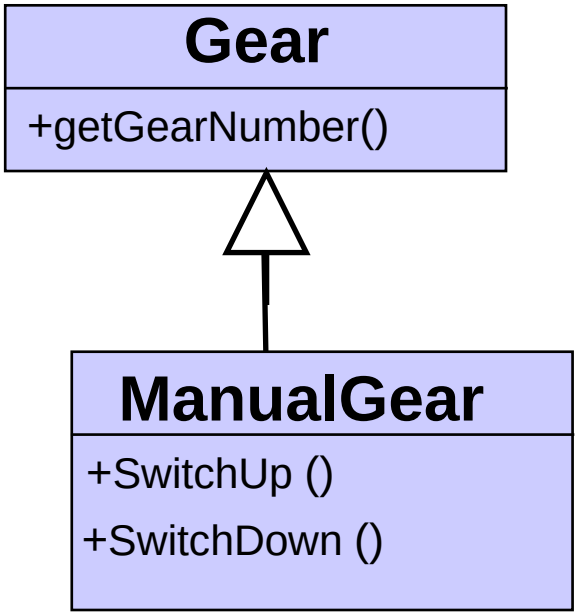
```
void tanken(Benzin b) {
   zurTankstelleFahren();
   anhalten();
   zapfen();
   bezahlen();
}
```

In Motorrad:

```
void tanken(Benzin b){
   zurTankstelleFahren();
   anhalten();
   seitenstaenderAusklappen();
   zapfen();
   bezahlen();
}
```



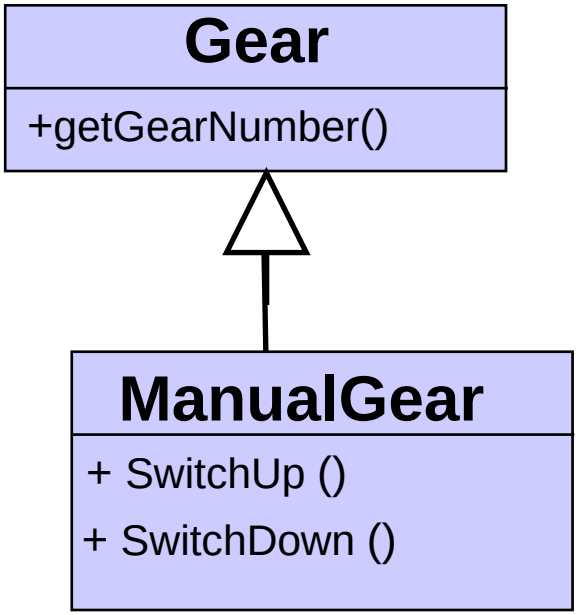
- das Konzept der Polymorphie erlaubt somit unterschiedliche Sichtweisen auf Objekte
- Beispiel:
  - eine Instanz der Klasse **`ManualGear`** ist ebenfalls mit den Eigenschaften der Klasse **`Gear`** ausgestattet, kann also wie eine solche agieren



Polymorphie 4

- eine Variable vom Typ einer Superklasse kann somit auch eine Instanz vom Typ einer Subklasse aufnehmen
- Beispiel:

```
Gear g;
g= new ManualGear();
int n = g.getGearNumber();
g.SwitchUp();
```



Bindung 1

- der Bindungsmechanismus beschreibt, wie eine Methode einer Klasse aufgerufen wird
- verschiedene Bindungskonzepte erlauben eine effiziente Wiederverwendung bzw. gemeinsame Nutzung von Code auf sehr elegante Art und Weise

→ **statische** und **späte** Bindung, **virtuelle** Methode

Statische Bindung

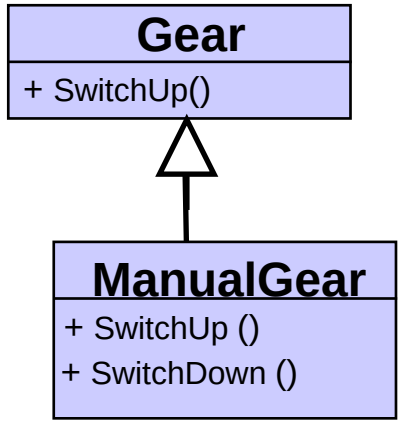
- *statische Bindung*:
  - **während der Übersetzung** wird die Klassenzugehörigkeit der Instanz bestimmt und daraus die zu rufende Methode ermittelt
- Beispiel:

```
ManualGear g = new ManualGear();
g.SwitchUp();
```

ruft die Methode der Klasse **`ManualGear`**

```
Gear g= new ManualGear();
g.SwitchUp();
```

die der Klasse **`Gear`**



Späte (dynamische) Bindung

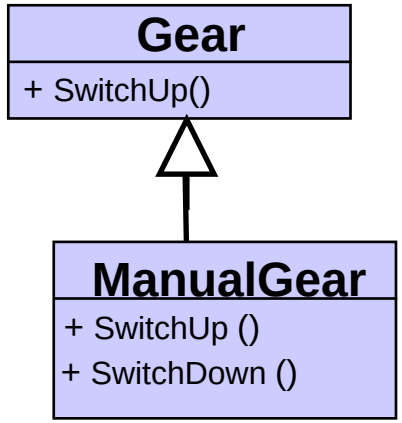
- *dynamische (späte) Bindung*:
  - die Klassenzugehörigkeit der Instanz wird erst zur Laufzeit bestimmt
- Beispiel:

```
ManualGear g= new ManualGear();
g.SwitchUp();
```

ruft die Methode der Klasse **`ManualGear`**

```
Gear g= new ManualGear();
g.SwitchUp();
```

→ ruft ebenfalls die der Klasse **`ManualGear`**



Bindung

- späte Bindung wird nicht von allen Sprachen unterstützt
- standardmäßig wird eine Methode statisch gebunden
- dynamisch zu bindende Methoden werden durch ein spezielles Schlüsselwort (meist “**virtual**”) gekennzeichnet
  → “virtuelle Methoden”
- In JAVA sind alle Methoden „virtual“

Bindung: Beispiel

- Beispiel in C++:

```
class Gear {
  Init();
  virtual SwitchUp() { ... };
}
class ManualGear : Gear {
  Init();
  virtual SwitchUp() { ... };
}

Gear g = new ManualGear();

g.Init();       // Gear::Init
g.SwitchUp();   // ManualGear::SwitchUp
```

Beispiel 1

- ein Verfahren zum Lösen von Gleichungssystemen

$$A\,x = b$$

wird implementiert:

  - ist A dünn besetzt, so werden die **nicht-0 Elemente normalerweise als Liste abgelegt**, um Speicherplatz zu sparen

    → der Löser müsste neu implementiert werden

Beispiel 2

- die Neuimplementation des Lösers ist nicht nötig, wenn der Löser über

```
class Matrix {
  int n, m;
  Datatype data[maxz][maxs];
  virtual real Get(int z,int s);
  virtual void Set(int z,int s,real v);
}
```

erklärt wird

```
Matrix Solver(Matrix A, Matrix b);
```

Beispiel 3

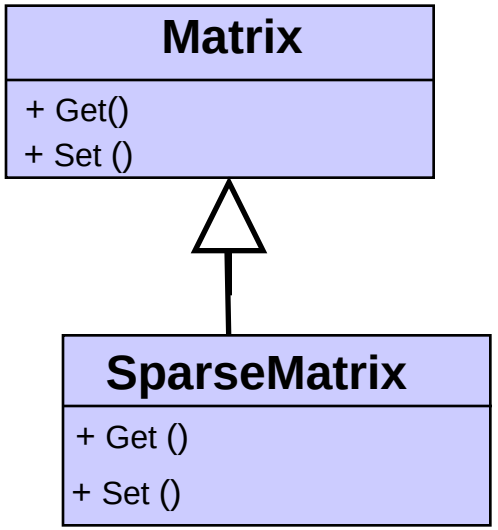
```
Matrix Solver(Matrix A, Matrix b) {
  int i,j,k;
  real f;
  Matrix x = new Matrix();
  for (k = 0; k< A.n; k++) {
    if (abs(A.Get(k,k))<eps) swap();
    for (i = k+1; i<A.n; i++) {
      f=A.Get(i,k)/A.Get(k,k);
      for (j = k+1; j<A.m; j++) {
        A.Set(i,j,A.Get(i,j)-f*A.Get(k,j));
      b.Set(i,b.Get(i)-f*b.Get(k));
    }
  }
  … return x;
}
```

Beispiel 4

- eine dünn besetzte Matrix kann dann z.B. als

```
class SparseMatrix : Matrix {
  int n,m;
  Datalist data;
  virtual real Get(int z,int s);
  virtual void Set(int z,int s,real v);
}
```

erklärt werden



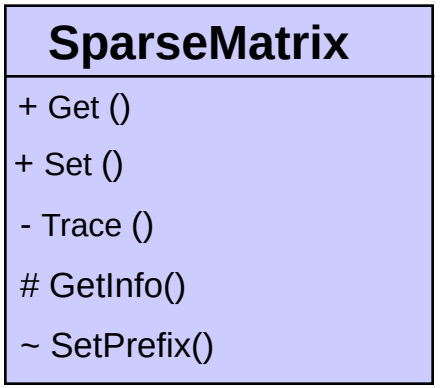
Beispiel 5

- der Löser kann auch dann auf SparseMatrix Objekte angewandt werden, obwohl sein Quelltext nicht verfügbar ist (Bibliothek)

```
Matrix A = new SparseMatrix();
Matrix b = new Matrix();
Matrix x;
...
x=Solver(A,b);
```

Sichtbarkeit

- Scopes
  - Public (+)
    - Für alle sichtbar
  - Protected (#)
    - Innerhalb Vererbungslinie sichtbar
    - Nicht alle OO-Sprachen
  - Private (-)
    - Nach außen nicht sichtbar, nur innerhalb deklarierender Klasse
    - Variablen-Zugriff nur über separate Methoden
    - Anm: in C++ mittels friend trotzdem direkter Zugriff erlaubt
  - Package (~)
    - Innerhalb des gleichen Paketes wie public



Kapselung

- Interface einer Klasse
  - Interface = Schnittstelle
  - Kontrakt („Was kann ich von einer Klasse erwarten?“)
  - Enthält nur Methoden und Attribute, die von außen zugreifbar sind
  - Vorteile:
    - Verteiltes Entwickeln
    - Übersichtlichkeit
- Kapselung
  - Ermöglicht Austausch von Klassen durch „bessere“ Varianten und Versionen

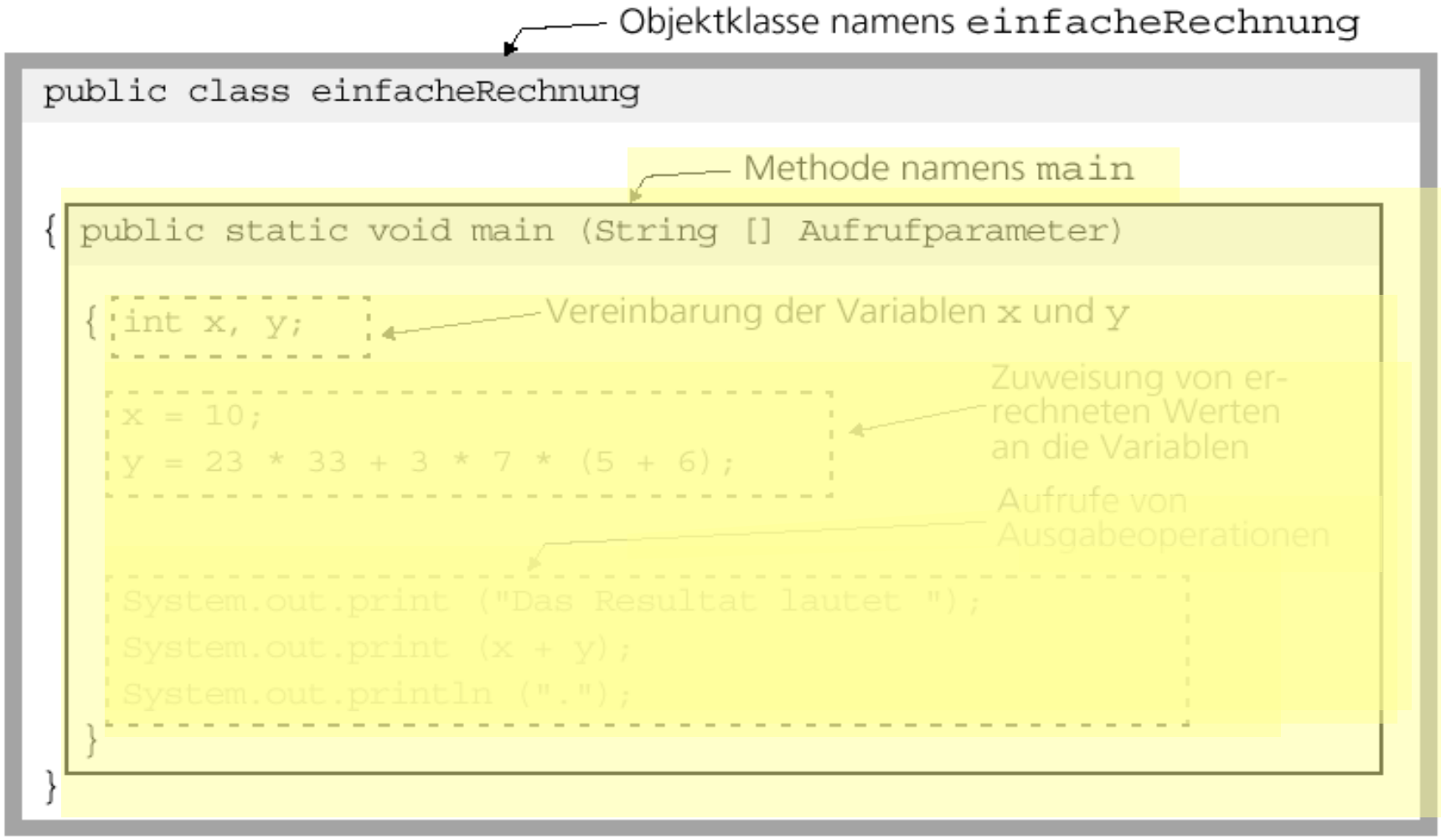
Klassenattribute und Klassenmethoden

- Klassenattribute existieren für alle Objekte der Klasse nur einmal gemeinsam.
  - Beispiel: Anzahl der Instanzen einer Klasse kann als Attribut der Klasse aufgefasst werden
  - **Global zu definierende Werte**, z.B. Farben
    - `Color.red` wobei Color eine Klasse ist
    - `public final static Color red = new Color(255,0,0);`
    - `Color x = Color.red;`

Klassenattribute und Klassenmethoden

- Klassenmethoden als eine Art Funktionsbibliothek
  - Beispiel: Umwandlung von `float` in `String`
    - `String st = Float.toString(12.24);`

Der Aufbau eines Programms ...



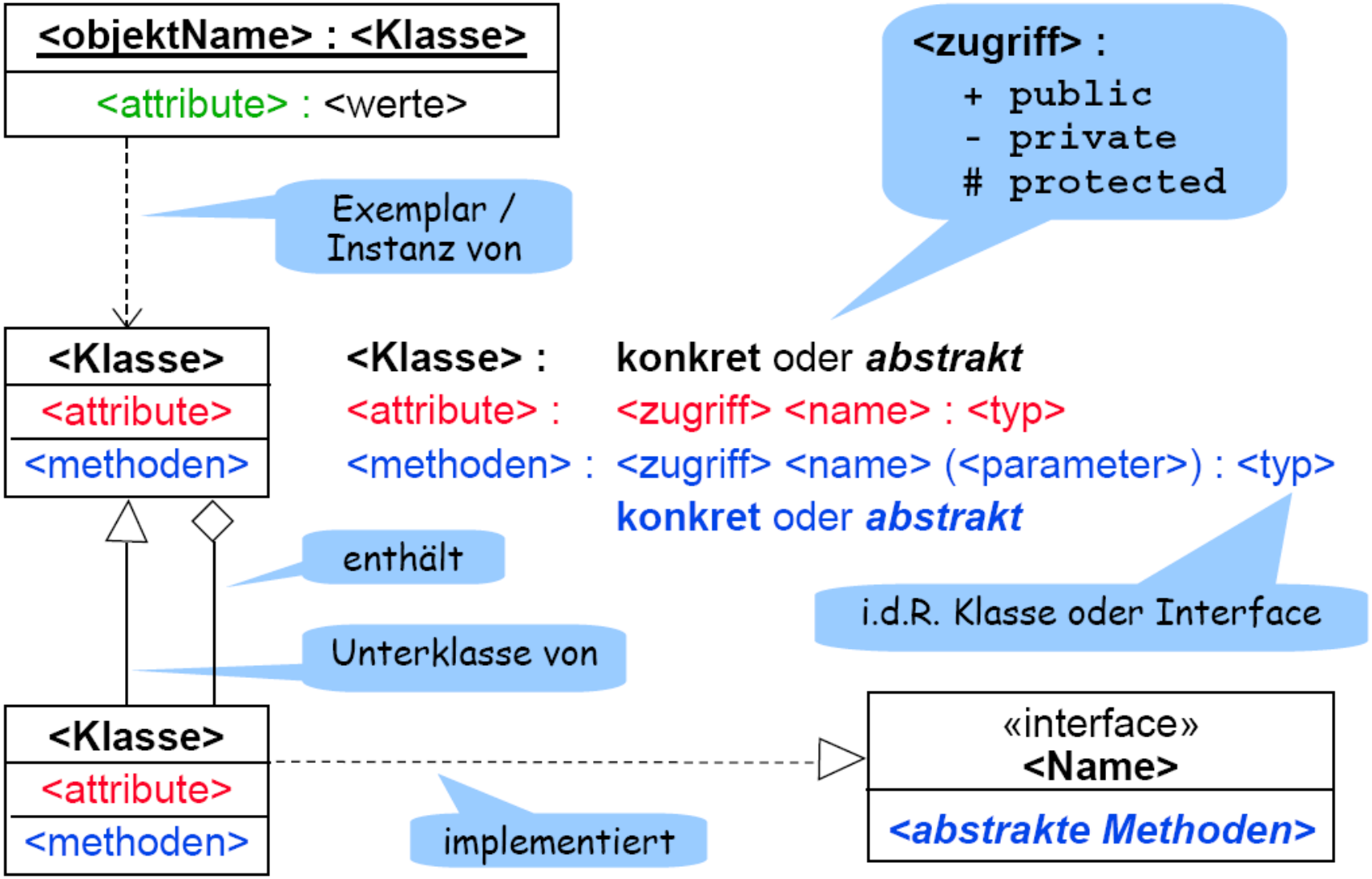
Prog. 2–2 *Erläuterung des Programms 2–1*

Lehrbuch der Programmierung mit Java, Echtle Goedicke, Heidelberg, © dpunkt 2000

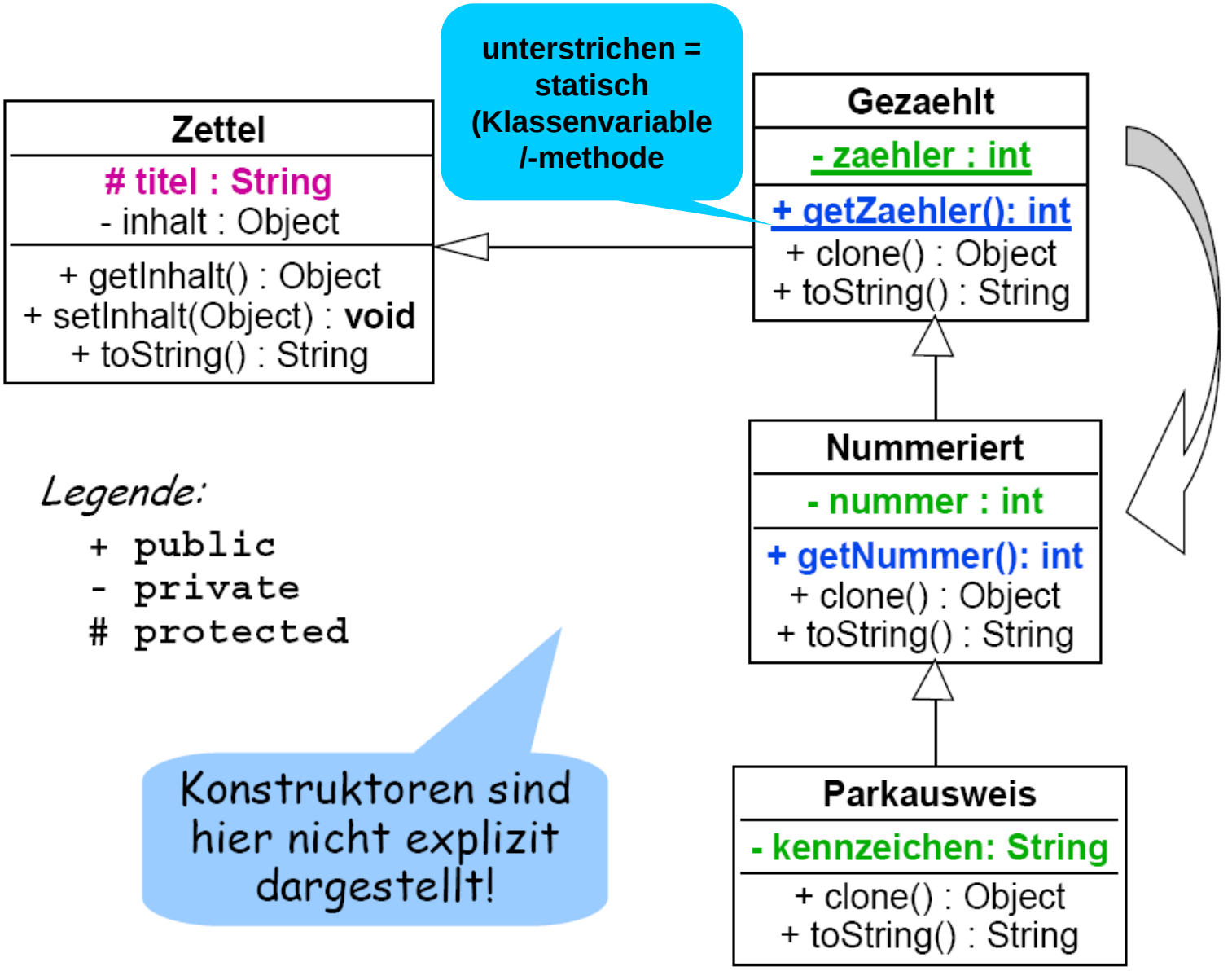
Zusammenfassung OO

- abstrakter Datentyp
  - Sorten, zugeordnete Operationen
- Klassenkonzept
  - Klasse, Instanz, Objekt
- Vererbung
  - einfach, mehrfach
- Polymorphie
- Bindung
  - statische und späte Bindung, virtuelle Methode

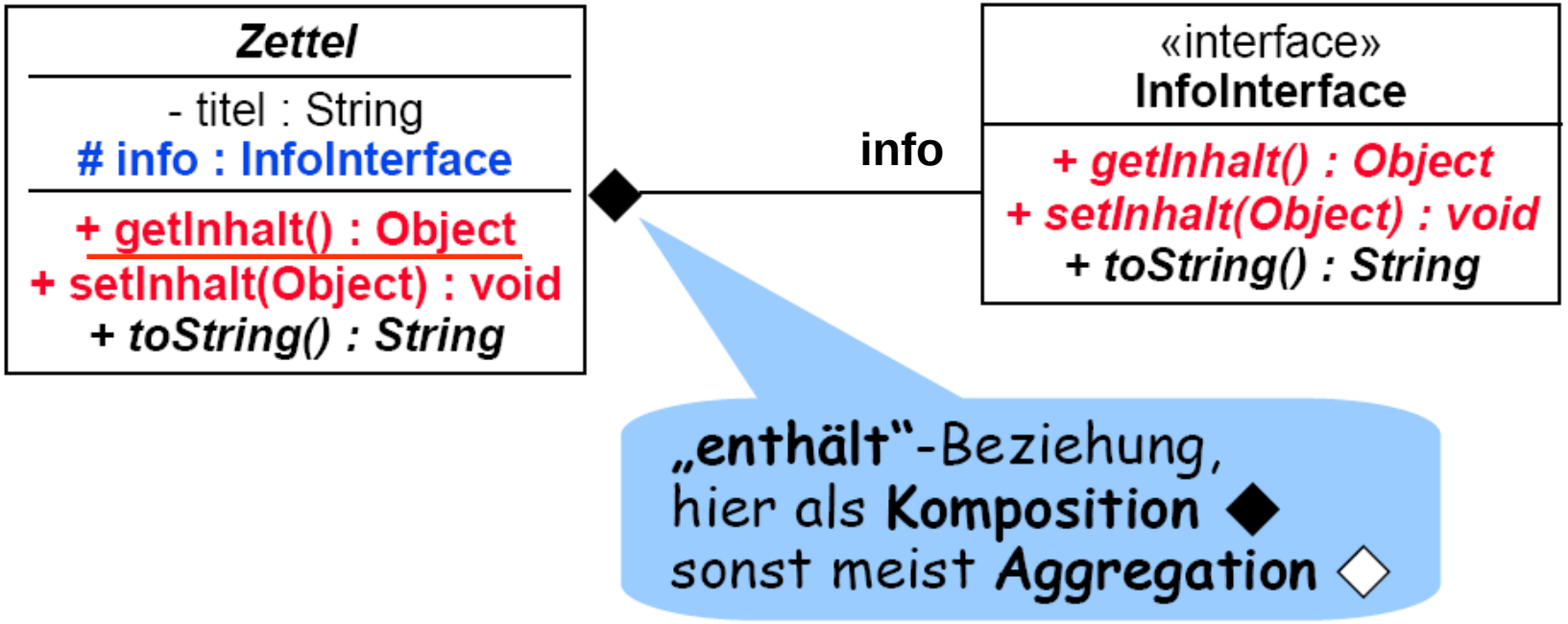
Zusammenfassung: UML-Elemente



Beispiel: „Parkausweis“



Delegation in UML

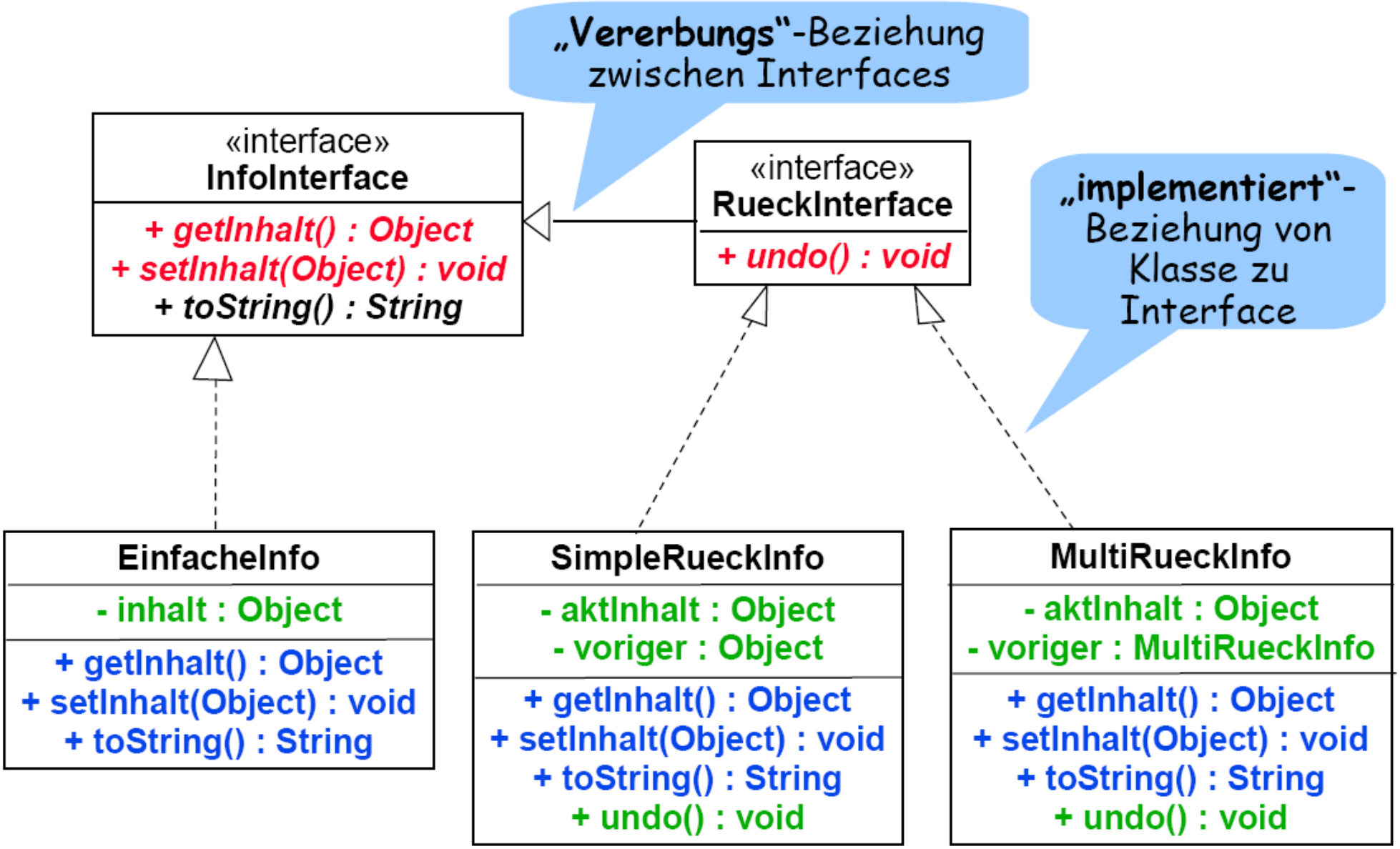


Delegation u.a.

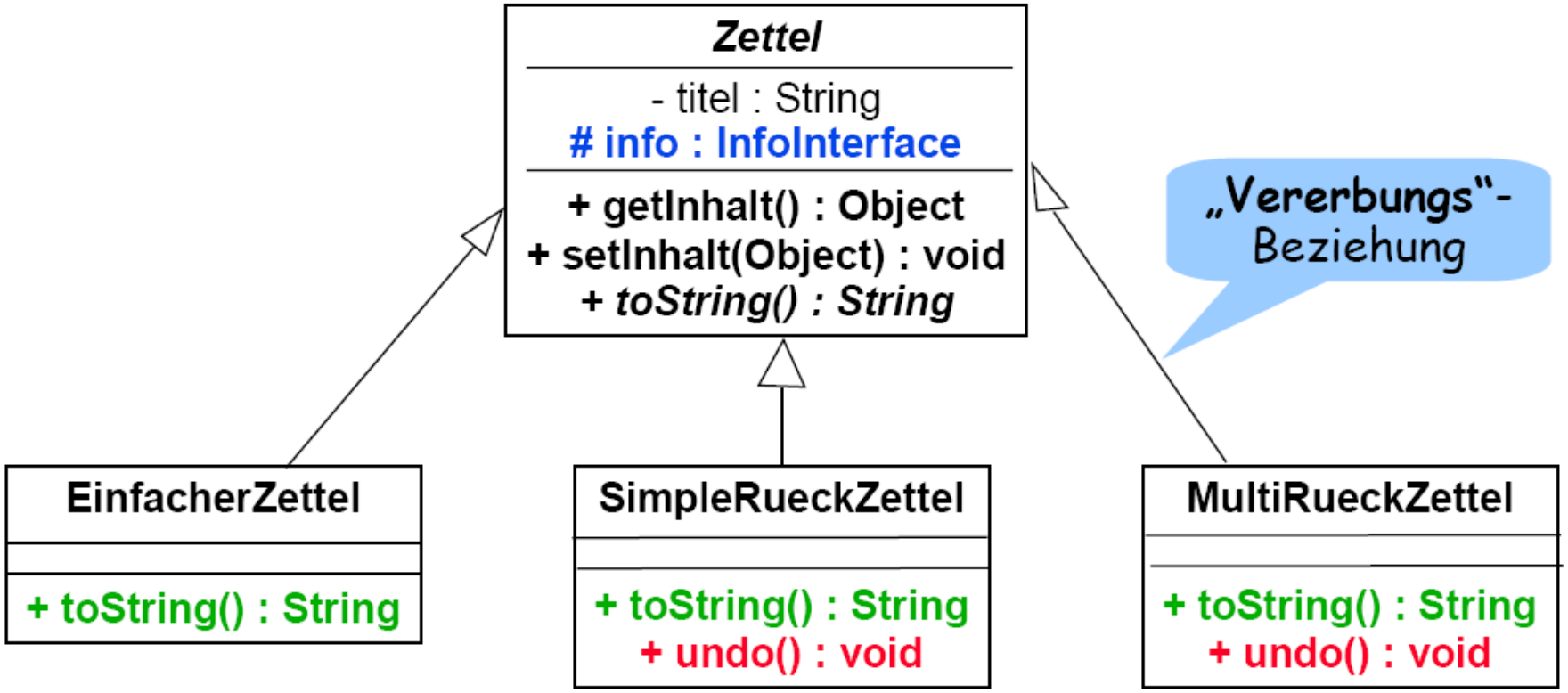
```
Zettel.getInhalt()  =>  Zettel.info.getInhalt()
```

Partner „info"
leistet die Arbeit

Info-Anpassungen (Implementierung)



Zettel-Anpassungen (Reimplementierung)



Halbrichtig oder falsch?

- Java lässt keine eigenen Typdefinitionen zu.
- Daten sind Variablen.
- Objekte und Instanzen sind Teile einer Klasse.
- Objekte/Instanzen sind die einzelnen Variablen der jeweiligen Klasse.
- Die Klasse beinhaltet Variablen und Methoden. Diese Variablen gehören zur gesamten Klasse und nicht zu der Instanz der Klasse.
- Das Institut für Technik der Informationsverarbeitung ist ein Objekt der Klasse Uni.
- Mit einem Konstruktor legt man ein Objekt in der main-Methode an.

Fragen ?