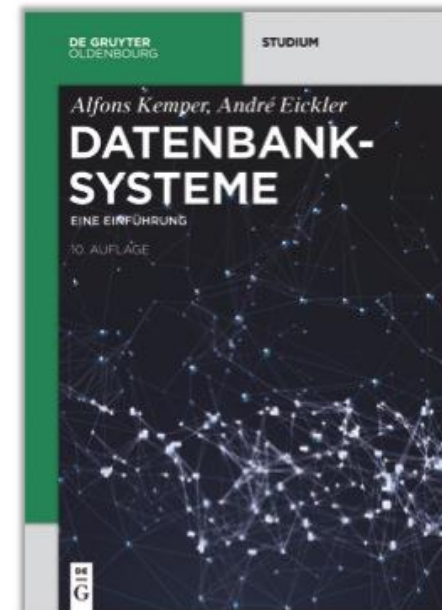
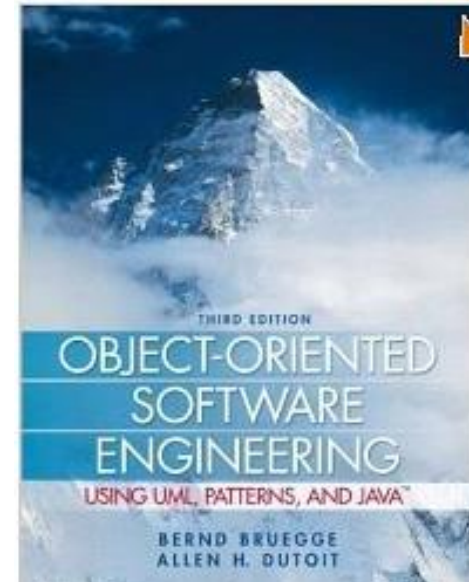


Einführung in die Informatik II für Ingenieurwissenschaften (MSE)

- Prof. Alfons Kemper, Ph.D.
- Christoph Anneser

- **Teil 1:**
 - Objektorientierte Modellierung (in UML) und
 - Programmierung in Java

- **Teil 2:**
 - Datenbanksysteme: Eine Einführung
 - Alfons Kemper und Andre Eickler
 - Oldenbourg Verlag, 10. Auflage, 2016



Vorlesung: Prof. Alfons Kemper

alfons.kemper@in.tum.de



Übungsbetrieb

- Übungsleitung:
 - Christoph Anneser (anneser@in.tum.de)
- Tutoren:
 - Aaron Tacke (tacke@in.tum.de)
 - Benedikt (b.schaefer@.tum.de)



Organisatorisches I

- Vorlesungs-Website: <https://db.in.tum.de/teaching/ss22/ei2>
- Moodle-Kurs: <https://www.moodle.tum.de/course/view.php?id=75272>

- Vorlesung:
 - Montags 10:00 – 11:15
 - Raum: BC2 0.01.17 (Garching-Hochbrück)
 - Aufzeichnungen des SS20 auf der [Vorlesungs-Website](#)

- Zentralübung:
 - Montags 11:30 – 12:30
 - Raum: BC2 0.01.17 (Garching-Hochbrück)
 - Aufzeichnungen des SS21 auf [Panopto](#)

Organisatorisches II

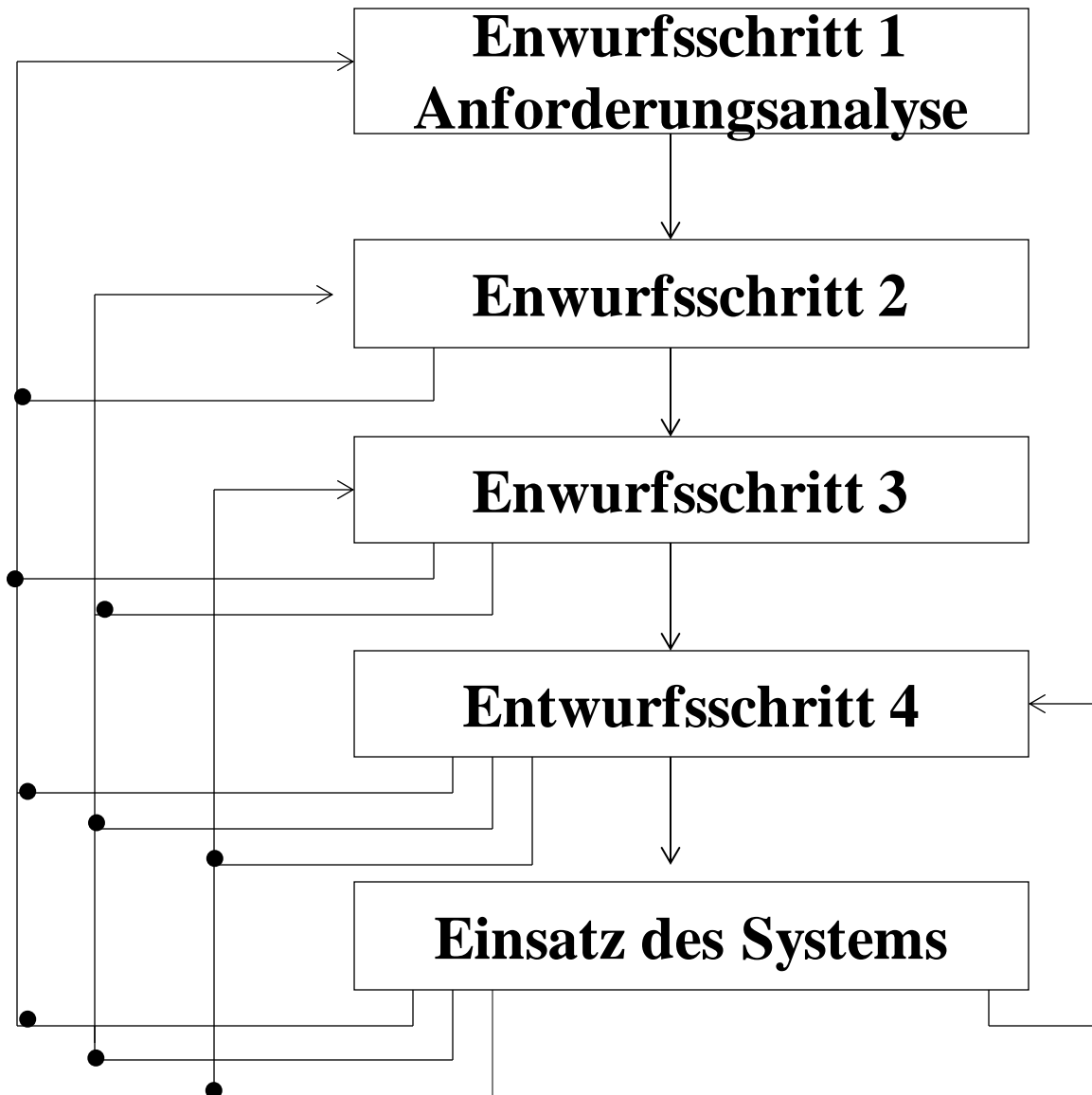
- Fragestunde:
 - Donnerstags 15:30 – 16:30
 - Raum: BC2 0.01.17 (Garching-Hochbrück)
- Alle Materialien sind auf der [Vorlesungs-Website](#) zu finden
- Prüfungstermin:
 - Voraussichtlich Anfang September (ohne Gewähr)

Datenbankentwurf

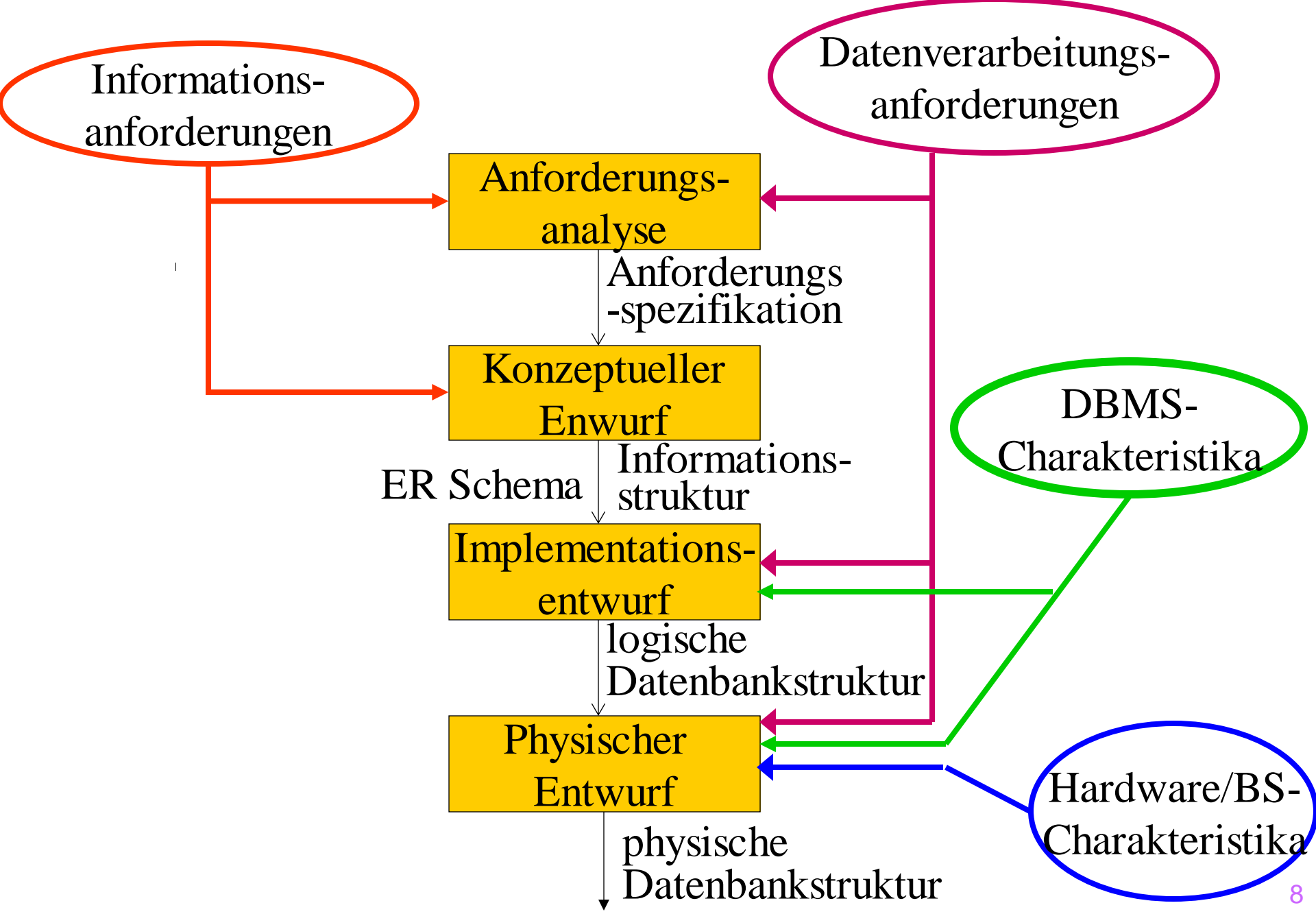
Abstraktionsebenen des Datenbankentwurfs

1. Konzeptuelle Ebene
2. Implementationsebene
3. Physische Ebene

Allgemeiner „top-down Entwurf“



Phasen des Datenbankentwurfs



Anforderungsanalyse

1. Identifikation von Organisationseinheiten
2. Identifikation der zu unterstützenden Aufgaben
3. Anforderungs-Sammelplan
4. Anforderungs-Sammlung
5. Filterung
6. Satzklassifikationen
7. Formalisierung

Objektbeschreibung

● Uni-Angestellte

- Anzahl: 1000
- Attribute

❖ PersonalNummer

- Typ: char
- Länge: 9
- Wertebereich:
0...999.999.99
- Anzahl
Wiederholungen: 0
- Definiertheit: 100%
- Identifizierend: ja

❖ Gehalt

- Typ: dezimal
- Länge: (8,2)
- Anzahl Wiederholung: 0
- Definiertheit: 10%
- Identifizierend: nein

❖ Rang

- Typ: String
- Länge: 4
- Anzahl Wiederholung: 0
- Definiertheit: 100%
- Identifizierend: nein

Beziehungsbeschreibung: *prüfen*

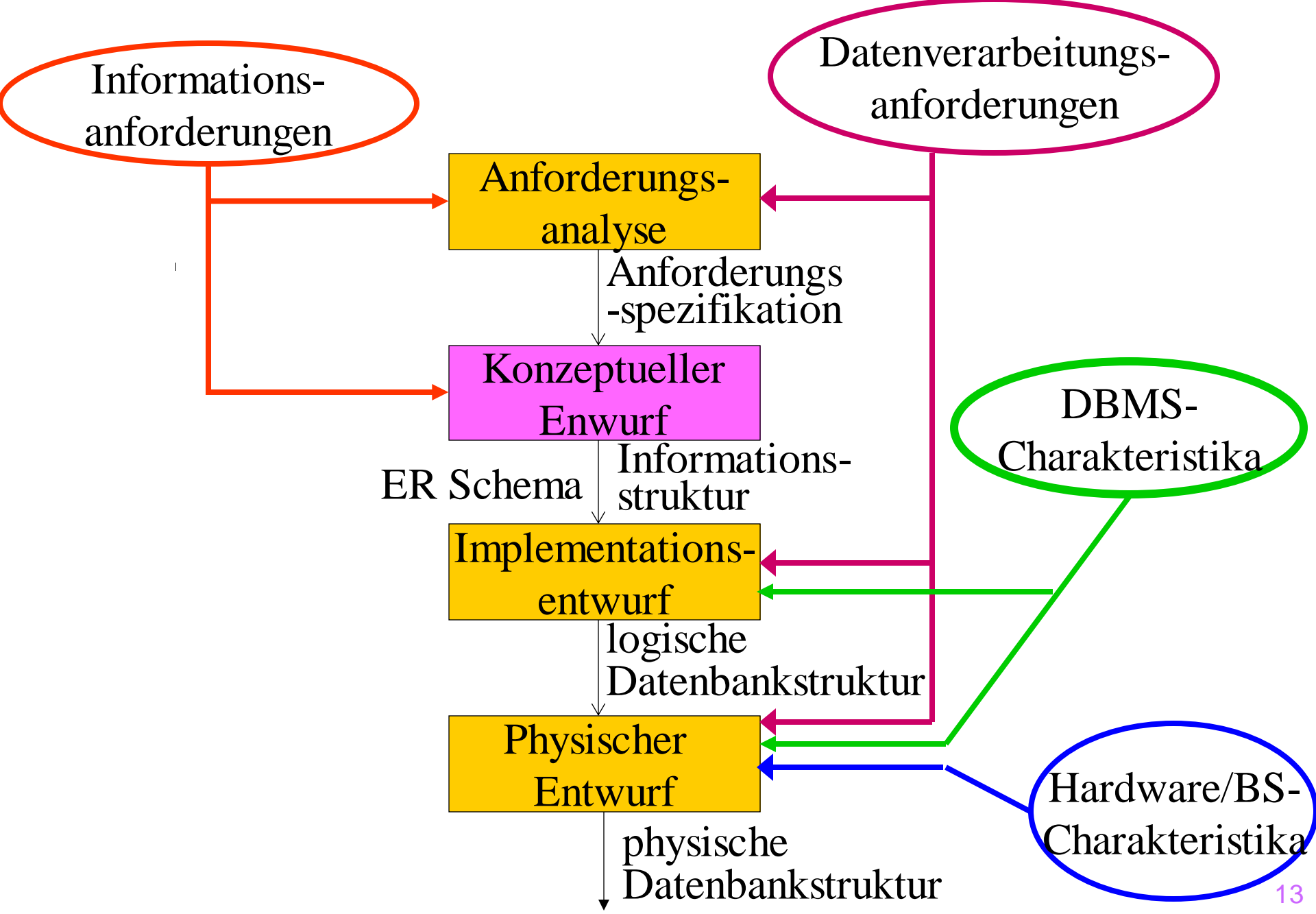
- Beteiligte Objekte:
 - Professor als Prüfer
 - Student als Prüfling
 - Vorlesung als Prüfungsstoff
- Attribute der Beziehung:
 - Datum
 - Uhrzeit
 - Note
- Anzahl: 100 000 pro Jahr

Prozeßbeschreibungen

● **Prozeßbeschreibung:** *Zeugnisausstellung*

- Häufigkeit: halbjährlich
- benötigte Daten
 - * Prüfungen
 - * Studienordnungen
 - * Studenteninformation
 - * ...
- Priorität: hoch
- Zu verarbeitende Datenmenge
 - * 500 Studenten
 - * 3000 Prüfungen
 - * 10 Studienordnungen

Phasen des Datenbankentwurfs



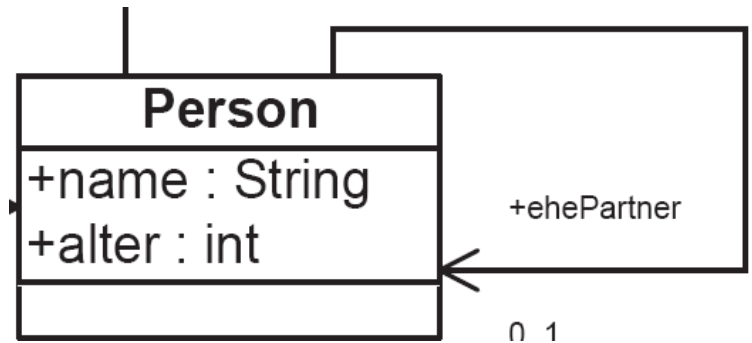
Datenmodellierung mit UML

- Unified Modelling Language UML
- De-facto Standard für den objekt-orientierten Software-Entwurf
- Zentrales Konstrukt ist die Klasse (class), mit der gleichartige Objekte hinsichtlich
 - Struktur (~Attribute)
 - Verhalten (~Operationen/Methoden)modelliert werden
- Assoziationen zwischen Klassen entsprechen Beziehungstypen
- Generalisierungshierarchien
- Aggregation

Klassen/Objekttypen in Java

```
class TypName {  
    Typ1 Attr1 ;  
    ...  
    Typn Attrn ;  
    // Operationen folgen hier  
    ...  
} // end class TypName;
```

```
class Person {  
    public String name;  
    public int alter;  
    public Person ehePartner;  
}
```



Werte versus Objekte

Typen		Instanzen
primitive Typen	→	Werte
Objekttypen (Klassen)	→	Objekte

Sorte	Wertebereich
boolean	{ <i>true</i> , <i>false</i> }
byte	sehr kleine Integer-Zahlen
short	kleine Integer-Zahlen
int	Integer-Zahlen
long	große Integer-Zahlen
float	Fließkomma-Zahlen
double	Fließkomma-Zahlen doppelter Präzision
char	Character

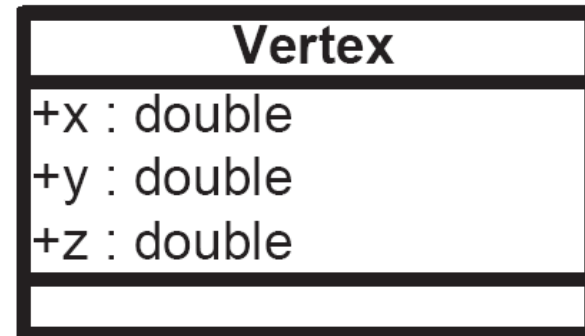
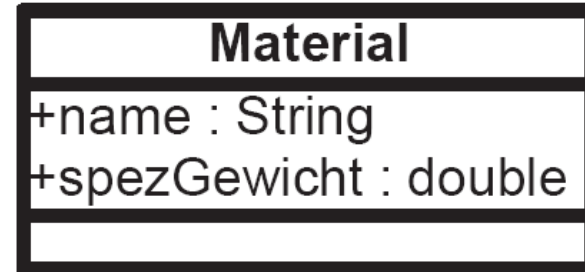
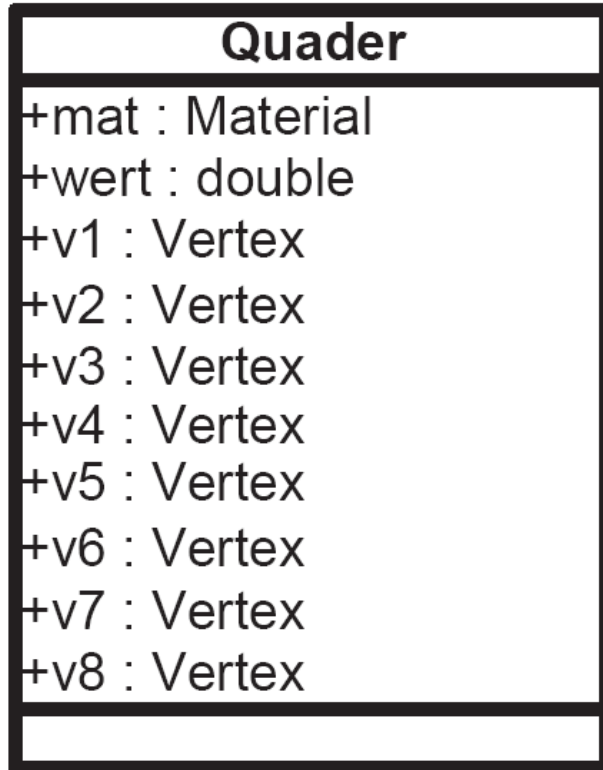
Java Klassendefinition: Syntax

```
[public] [abstract] class A
    [extends B] [implements Schnittstellen] {
        Instanz-Variable;
        . . .
        Instanz-Variable;

        Konstruktor;
        . . .
        Konstruktor;

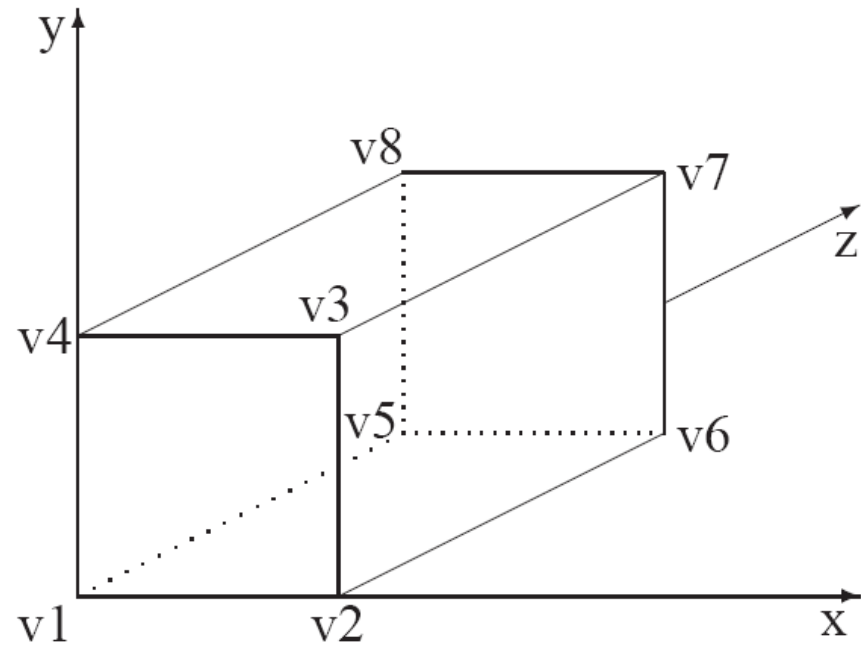
        Operation/Methode;
        . . .
        Operation/Methode;
    }
```

Klassen/Objekttypen in UML



Klassen in Java

```
class Vertex {  
    public double x;  
    public double y;  
    public double z;  
}  
  
public class Material {  
    public String name;  
    public double spezGewicht;  
}  
  
class Quader {  
    public Vertex v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8;  
    public Material mat;  
    public double wert;  
}
```



Instanziierung

- *int, short, byte, long*-Attribute werden auf den Wert 0 initialisiert.
- *double, float*-Attribute werden initial auf den Wert 0.0 gesetzt.
- *char*-Instanzvariablen werden auf den Wert „\u0000“ initialisiert.
- *boolean*-Attribute werden auf *false* gesetzt.
- Attribute, die auf einen Objekttyp eingeschränkt sind, werden auf *null* gesetzt. Dies ist ein spezieller Wert, der angibt, dass (noch) keine Referenz auf ein Objekt existiert.
- *String*-Attribute werden initial auch auf *null* gesetzt, da Strings in Java als Objekttyp definiert sind.

Instanziierung eines Quaders

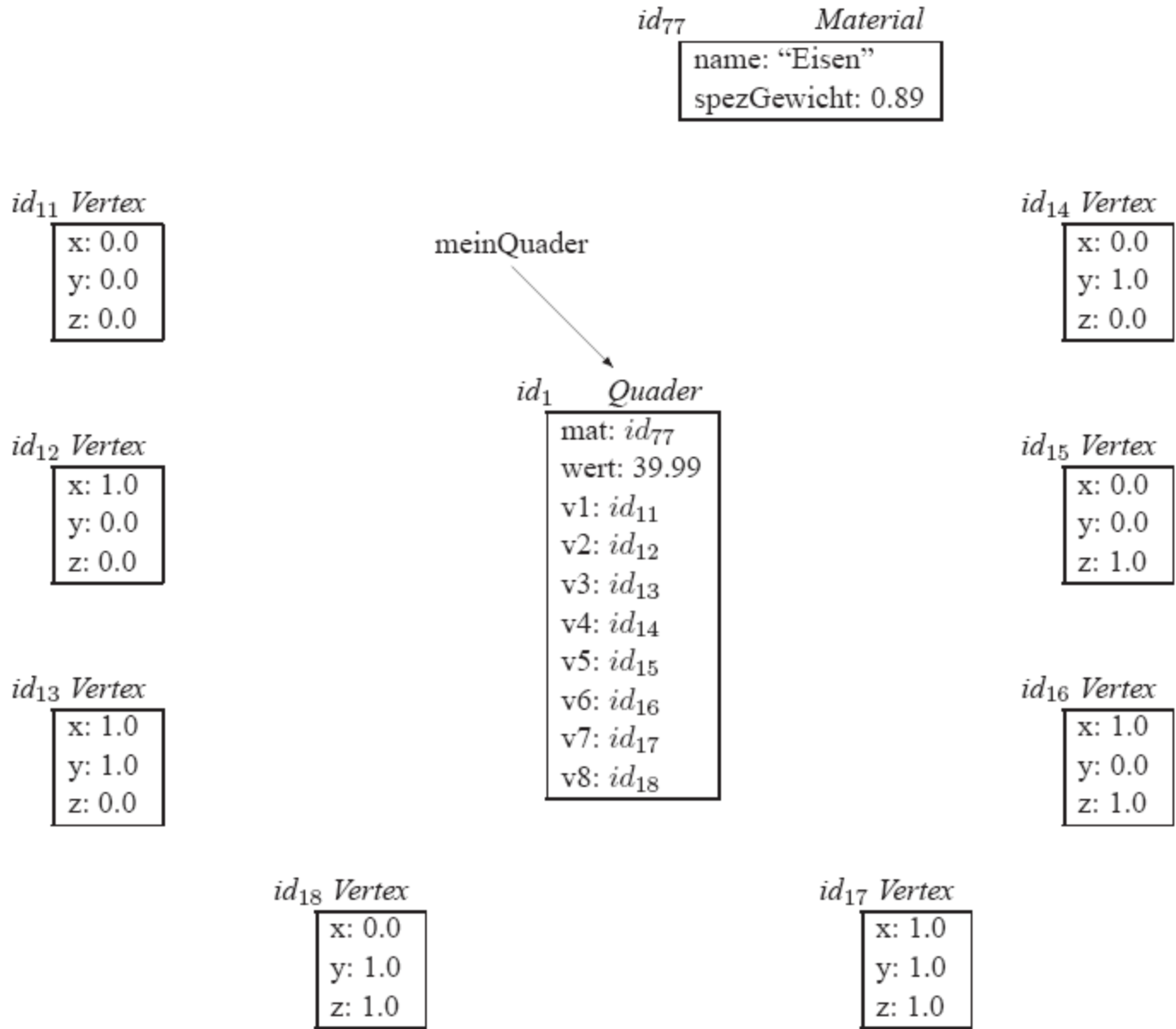
```
Quader meinQuader;  
meinQuader = new Quader();  
  
meinQuader.v1 = new Vertex();  
meinQuader.v1.x = 0.0;  
meinQuader.v1.y = 0.0;  
meinQuader.v1.z = 0.0;  
meinQuader.v2 = new Vertex();  
... // instanziiere und initial  
meinQuader.v8 = new Vertex();  
meinQuader.v8.x = 0.0;  
meinQuader.v8.y = 1.0;  
meinQuader.v8.z = 1.0;  
meinQuader.wert = 39.99;  
  
meinQuader.mat = new Material();  
meinQuader.mat.name = "Eisen";  
meinQuader.mat.spezGewicht = 0.89;
```

meinQuader

id₁ Quader

<i>mat: null</i>
<i>value: 0.0</i>
<i>v1: null</i>
<i>v2: null</i>
<i>v3: null</i>
<i>v4: null</i>
<i>v5: null</i>
<i>v6: null</i>
<i>v7: null</i>
<i>v8: null</i>

Resultierendes Objektnetz



Objekt besteht aus (OID, Typ, Rep)

Jedes Objekt o kann man demnach als Tripel der folgenden Form auffassen:

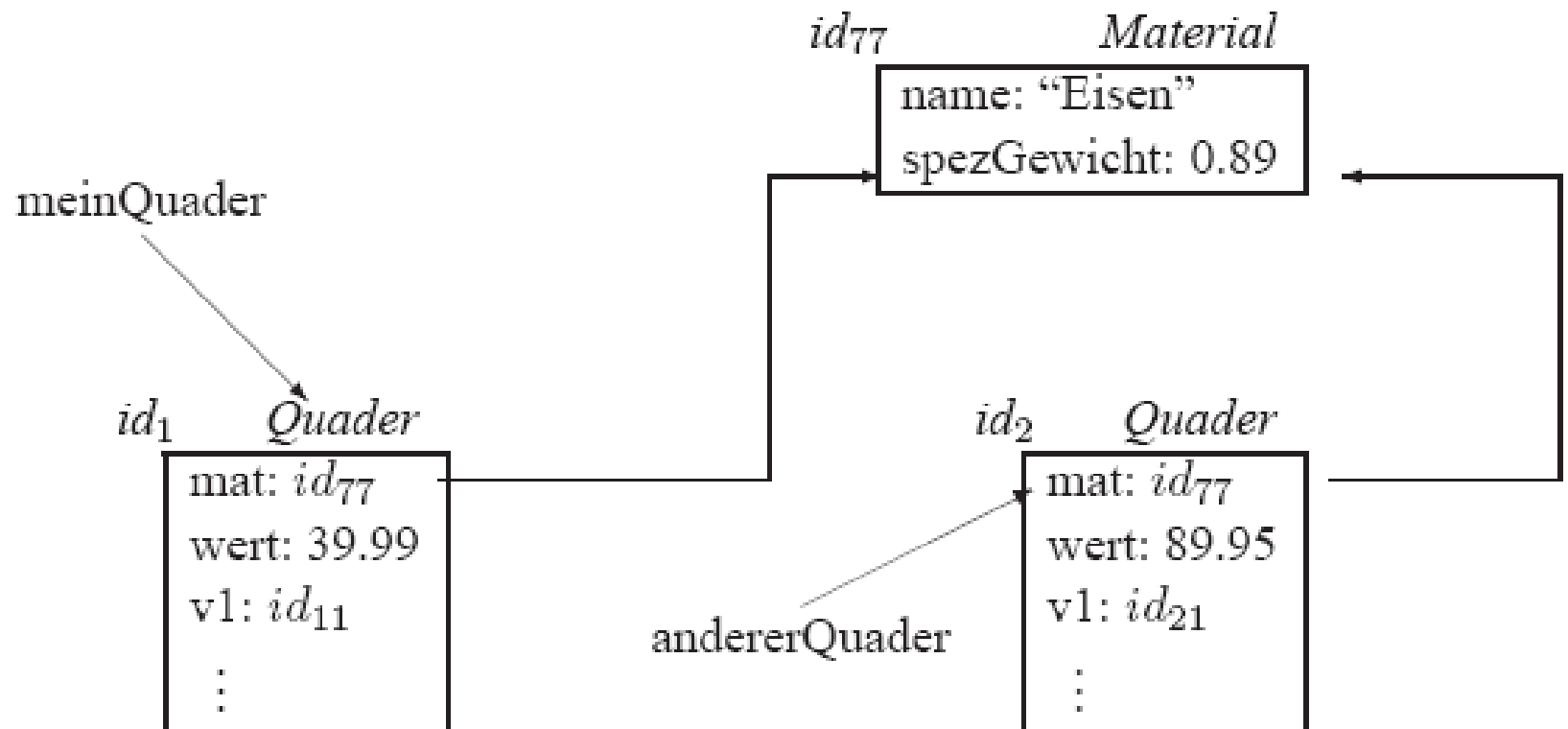
$$o = (id_{\#}, Typ, Rep)$$

Die drei Teile haben die folgende Bedeutung:

- $id_{\#}$ stellt den Objektidentifikator des Objekts o dar.
 - Typ spezifiziert den Objekttyp, von dem das Objekt instanziiert wurde.
 - Rep entspricht dem internen Zustand (der derzeitigen strukturellen Repräs des Objekts o).
- Als OID dient in Java die (virtuelle) Speicheradresse
 - Nennt man physische OID
 - In Datenbanken verwendet man auch logische OIDs
 - Damit Objekte sich „bewegen“ können

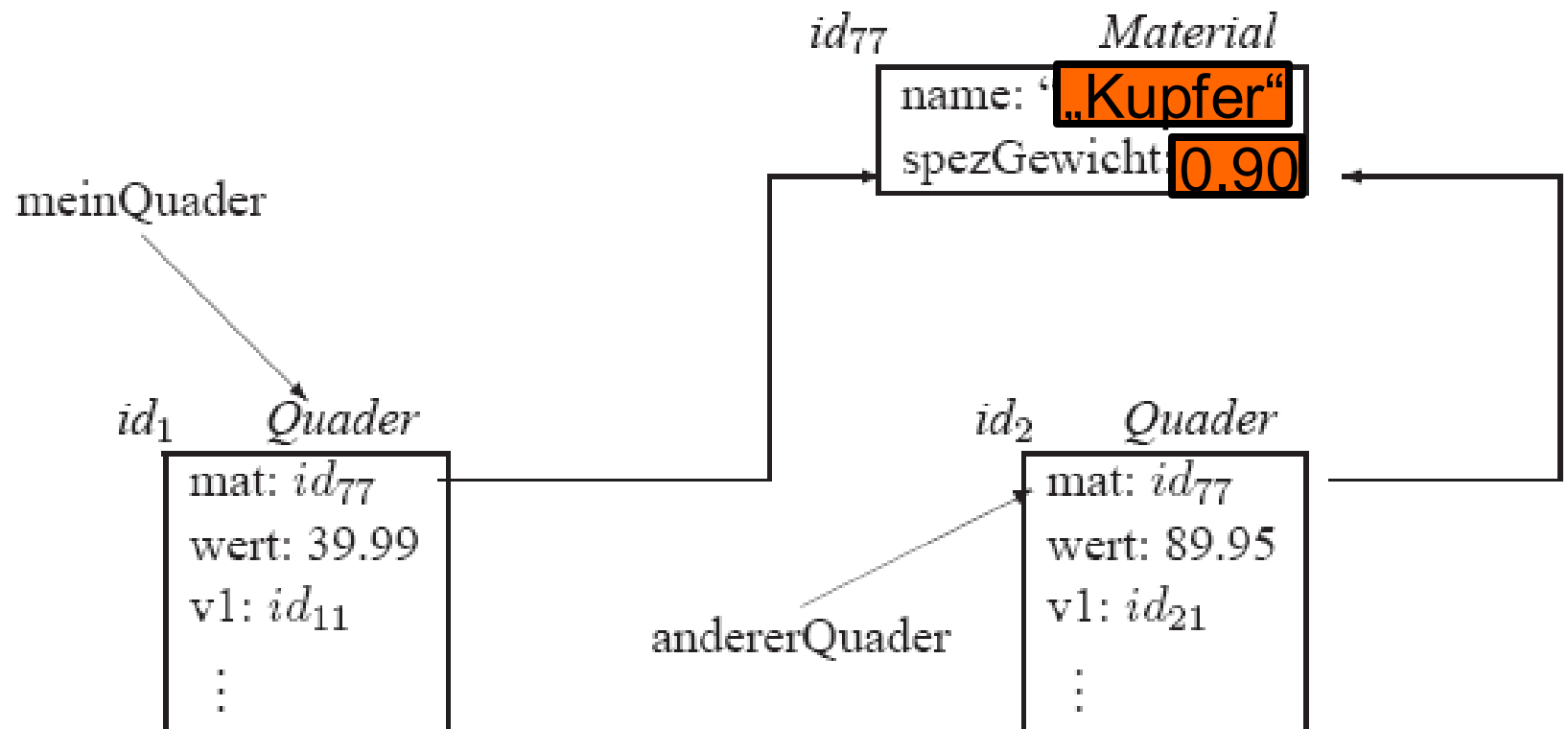
Shared Subobjects/Gemeinsame Unterobjekte

```
Quader andererQuader;  
...  
andererQuader = new Quader();  
andererQuader.mat = meinQuader.mat;
```



Shared Subobjects/Gemeinsame Unterobjekte

```
meinQuader.mat.name = "Kupfer";  
meinQuader.mat.spezGewicht = 0.90;
```

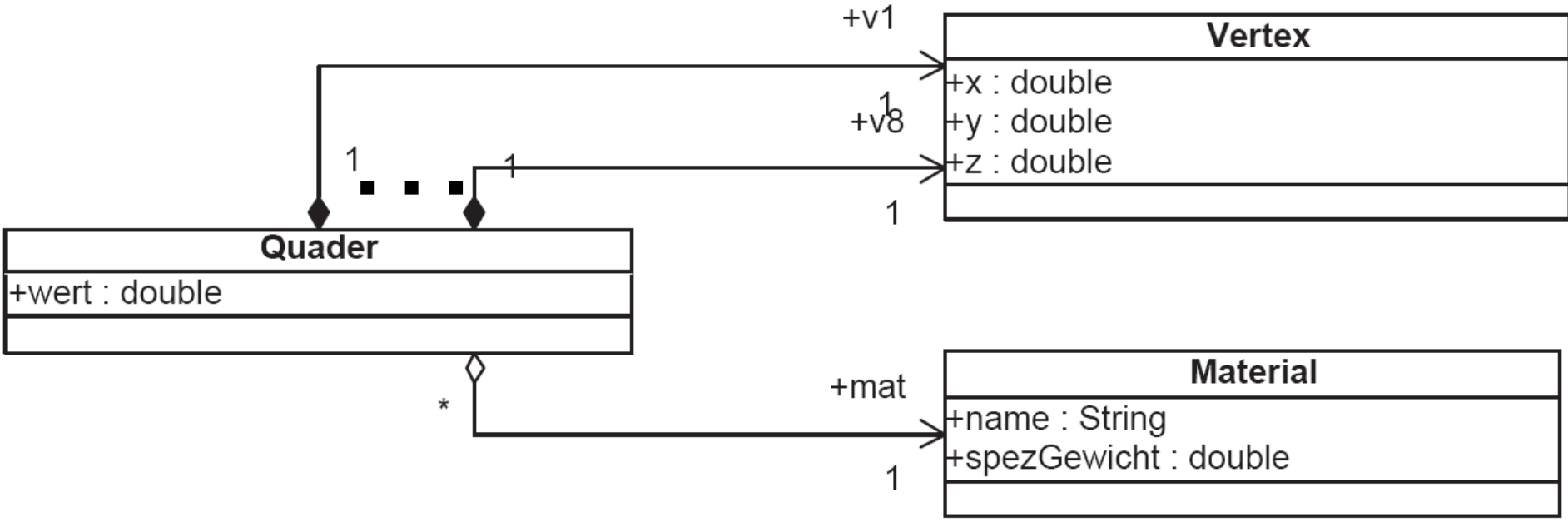


Wertvergleich versus Objektvergleich

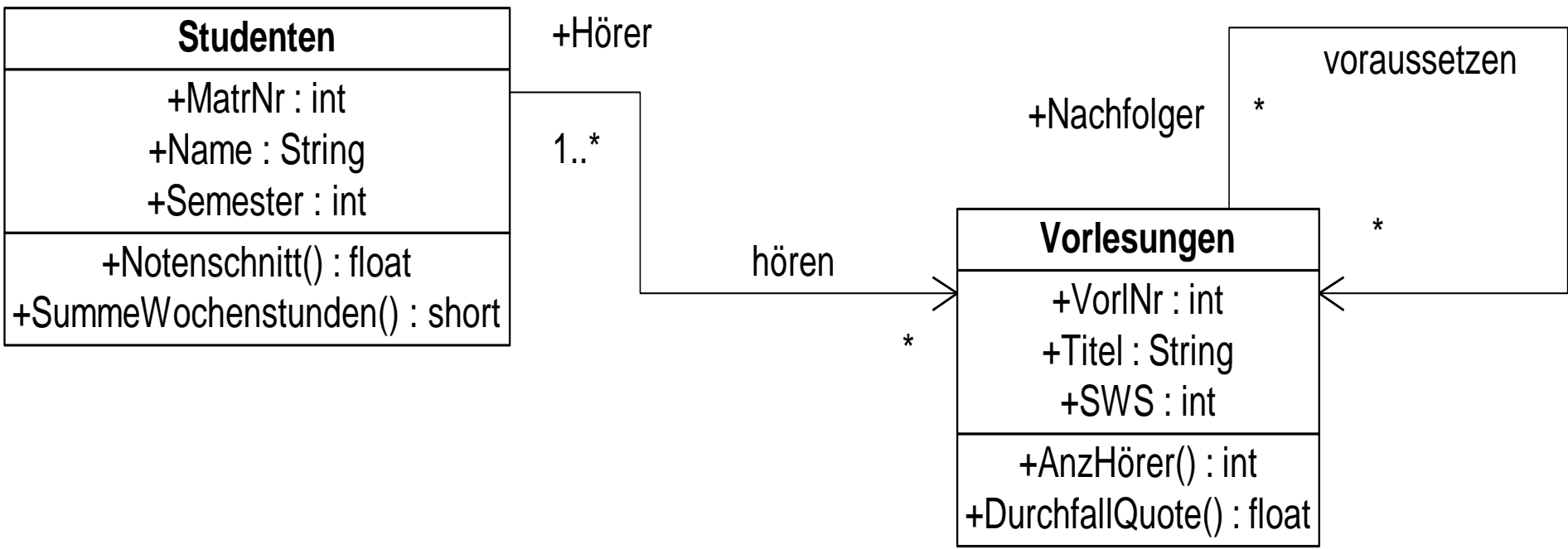
```
andererQuader.mat.name.equals("Kupfer");    // Objekt-Vergleich  
andererQuader.mat.spezGewicht == 0.90;    // Wert-Vergleich
```

- Dasselbe ist nicht dasgleiche!
- Im Restaurant sollte man nie „dasselbe“ sondern „dasgleiche“ wie ein anderer bestellen

Beziehungen/Assoziationen in UML



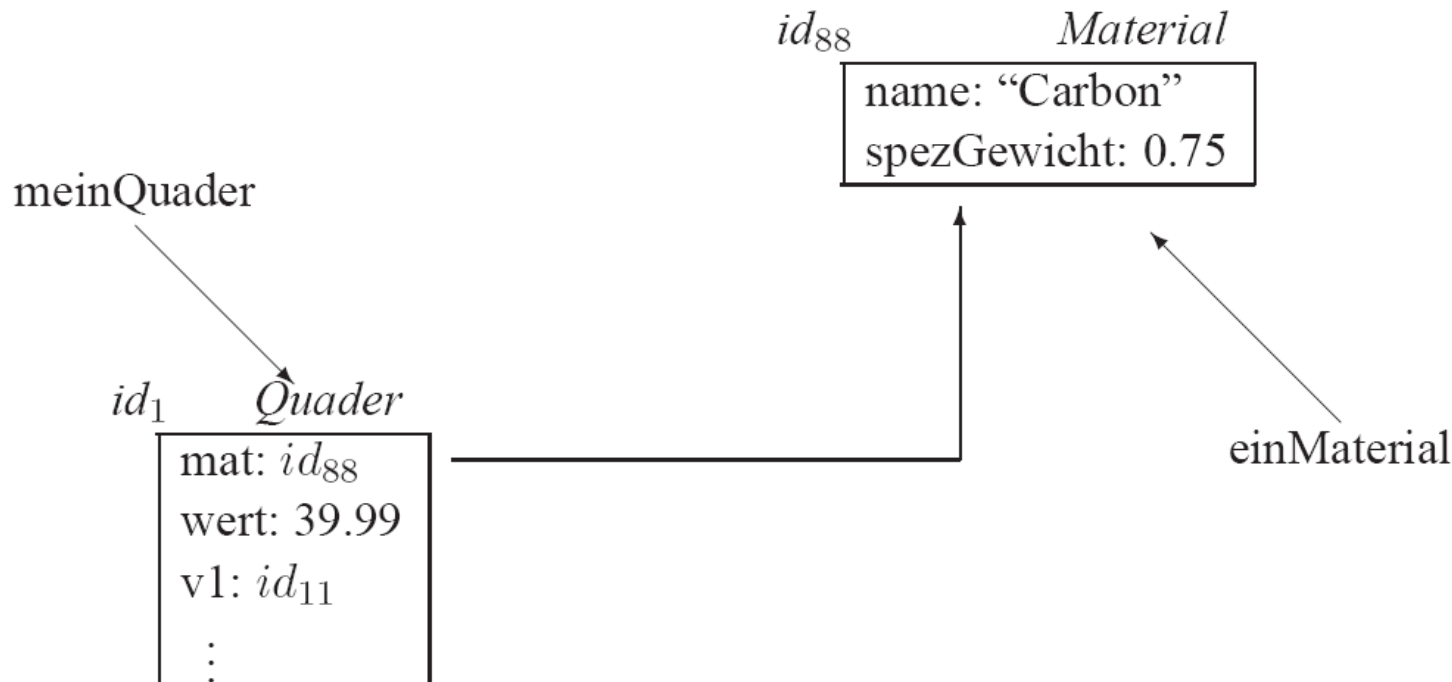
Klassen und Assoziationen



Referenzierung/Dereferenzierung

```
Quader meinQuader = new Quader();  
Material einMaterial;  
double w;  
...
```

- (1) `einMaterial = new Material();` // *einMaterial* spei
- (2) `einMaterial.name = "Carbon";`
- (3) `einMaterial.spezGewicht = 0.75;`
- (4) `meinQuader.mat = einMaterial;` // *meinQuader* hat
- (5) `w = meinQuader.mat.spezGewicht;`

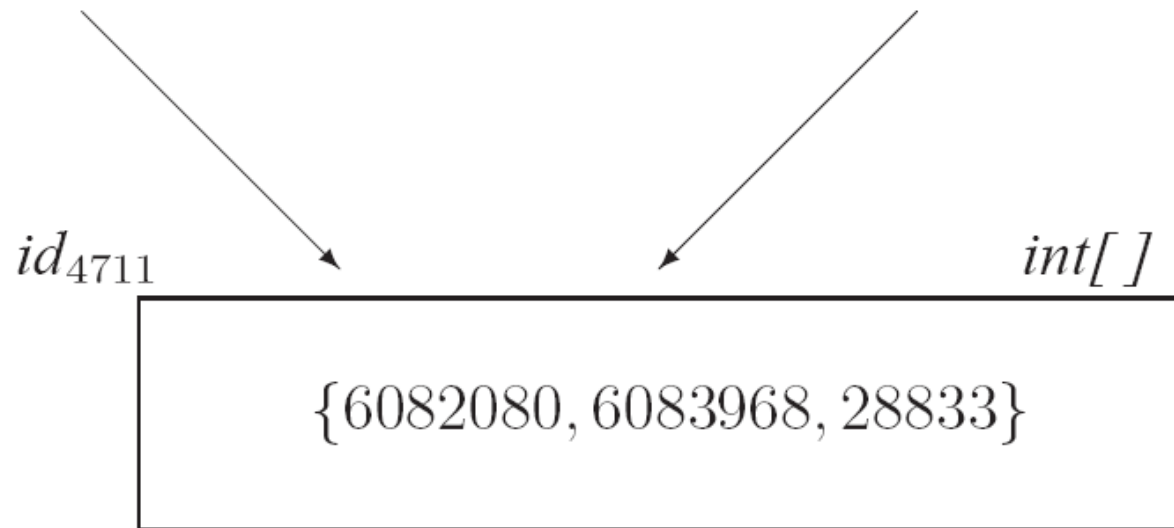


Kollektion als shared subobject

```
int [] dieJavaSupportHotLine;  
dieJavaSupportHotLine = kempersTelefonNummern;
```

kempersTelefonNummern

dieJavaSupportHotLine

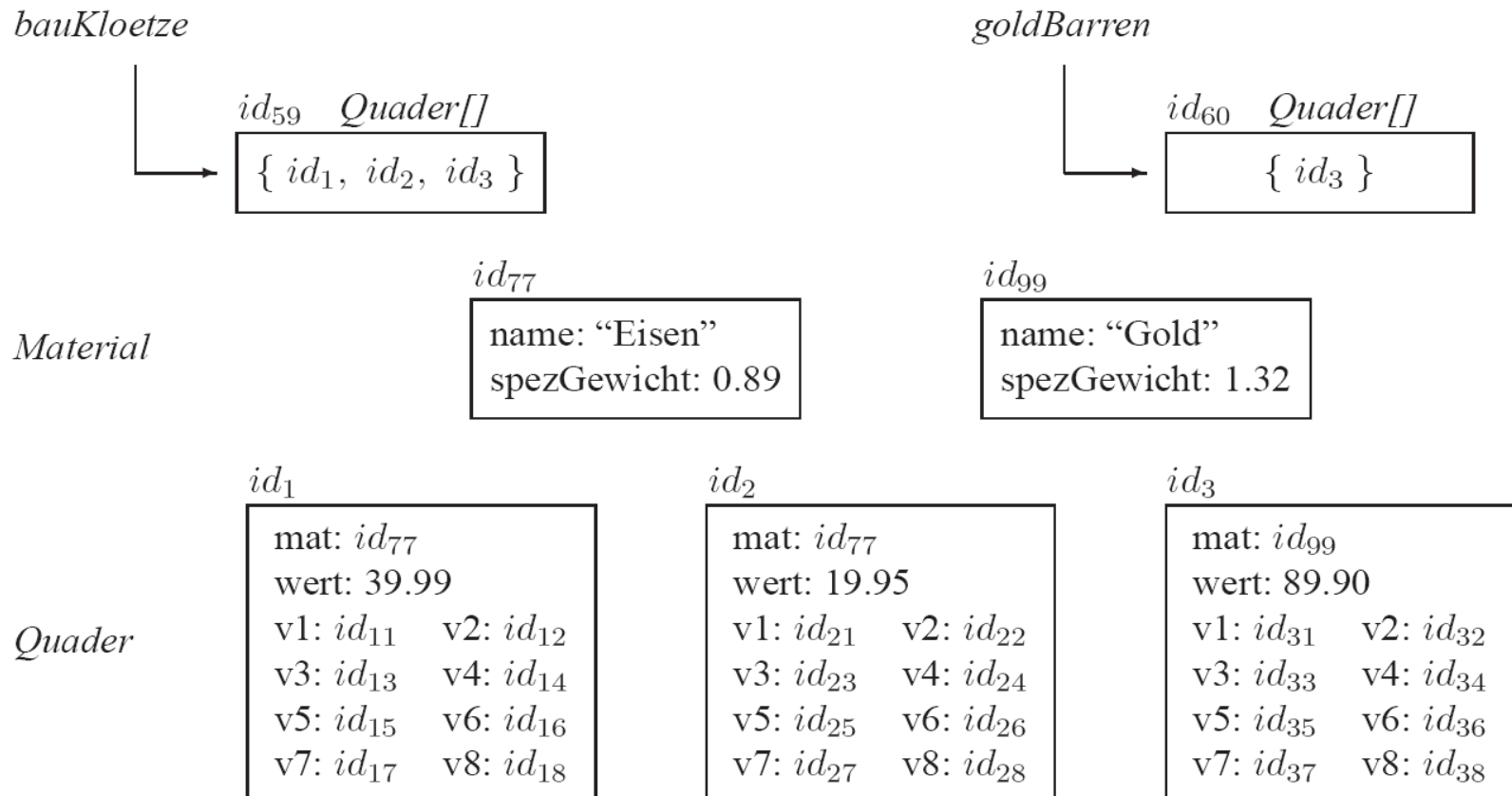


```
dieJavaSupportHotLine[1] = 6083968;
```

Kollektionen sind „first class citizens“

```
Quader[] bauKloetze = new Quader[3];  
Quader[] goldBarren = new Quader[1];
```

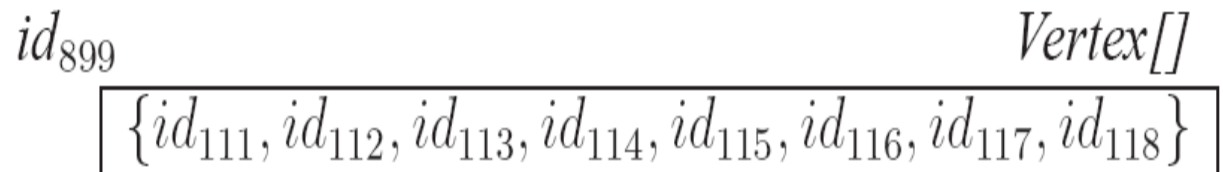
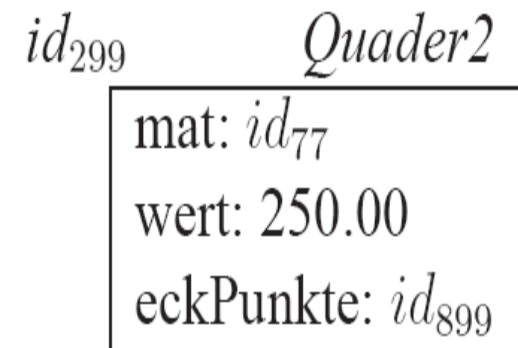
```
Quader meinQuader = new Quader();  
bauKloetze[0] = meinQuader;  
goldBarren[0] = ...;
```



Kollektion natürlich auch als Typ einer Instanzvariablen möglich ...

```
class Quader2 {  
    public Vertex[] eckPunkte;  
    public Material mat;  
    public double wert;  
}
```

```
einQuader.eckPunkte = new Vertex[8];
```



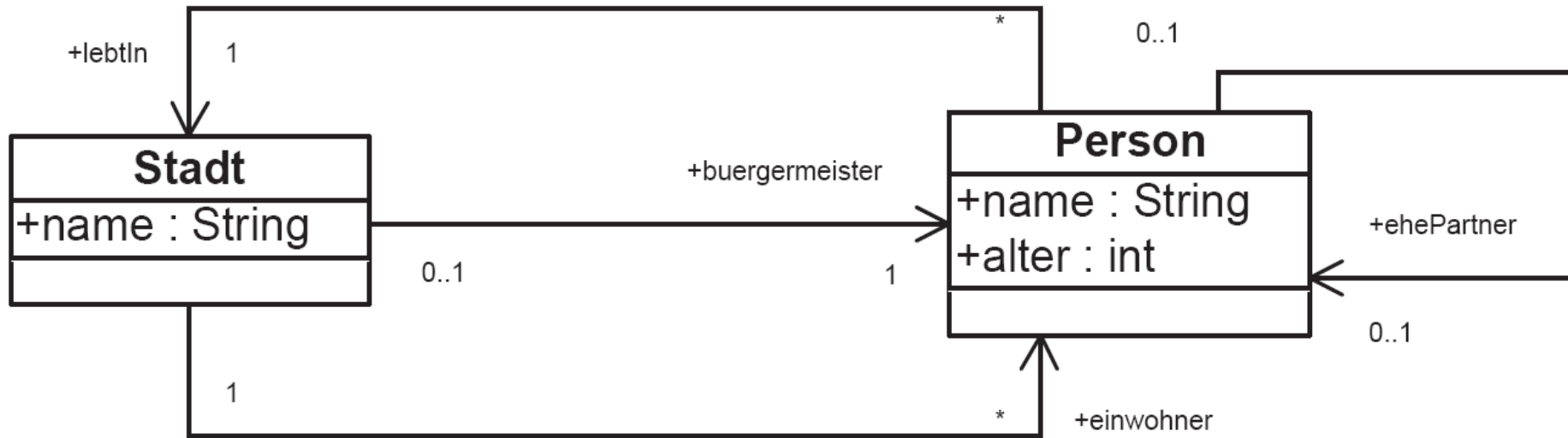


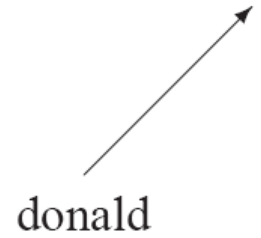
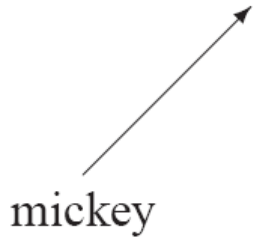
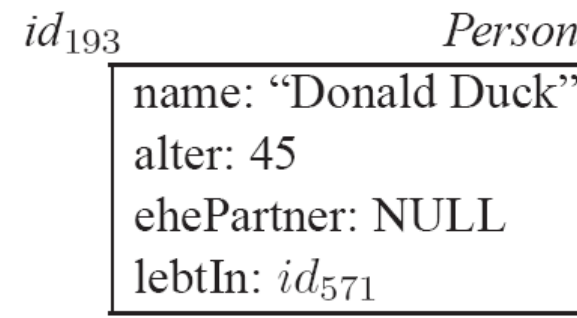
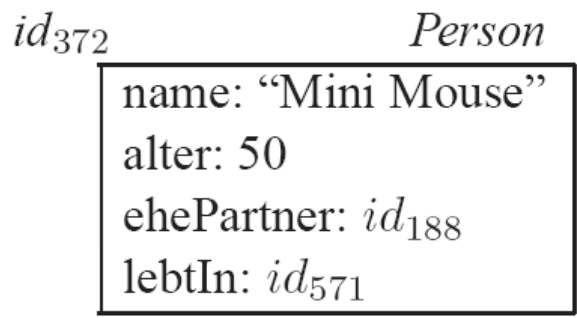
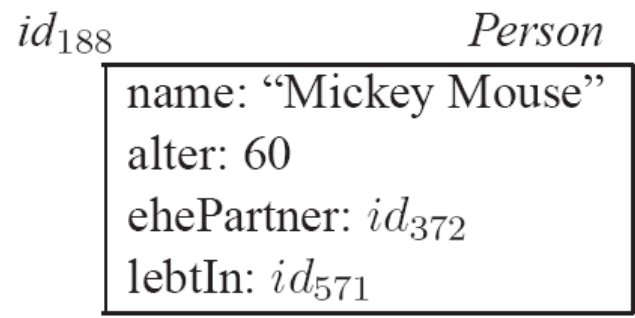
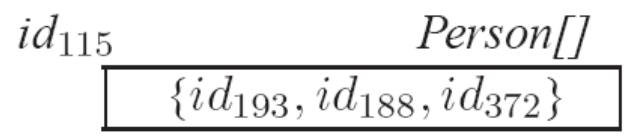
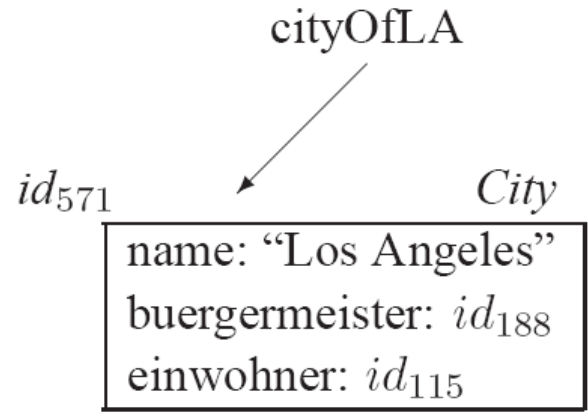
Abbildung 1.12: Die Assoziationen zwischen Person und Stadt

```

class Person {
    public String name;
    public int alter;
    public Person ehePartner;
    public Stadt lebtIn;
}

class Stadt {
    public String name;
    public Person buergermeister;
    public Person[] einwohner;
}
  
```

Objekt-Netz



Typisierung von (Pfad-)Ausdrücken

```
int gesamtAlter, alterVonJemand;  
Person jemand;  
String name;  
...
```

(1) `alterVonJemand = cityOfLA.buergermeister.ehePartner.alter;`

(2) `for (int i = 0; i < cityOfLA.einwohner.length; i++) {
 jemand = cityOfLA.einwohner[i];
 gesamtAlter = gesamtAlter + jemand.alter;
}`

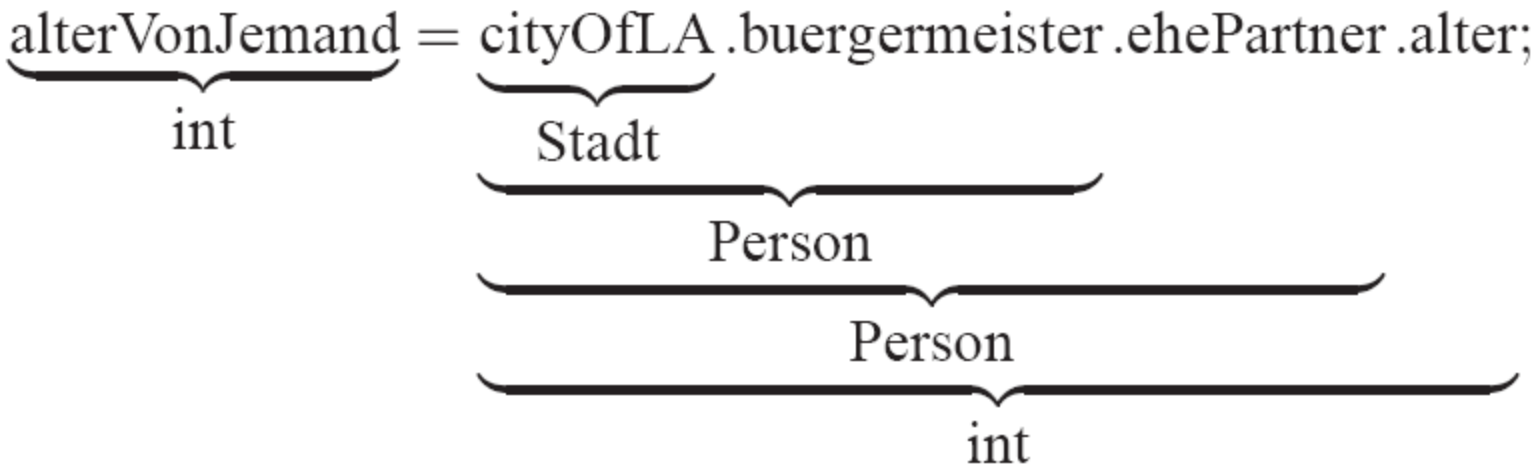
$\underbrace{\text{alterVonJemand}}_{\text{int}} = \underbrace{\text{cityOfLA}}_{\text{Stadt}} \underbrace{\text{.buergermeister}}_{\text{Person}} \underbrace{\text{.ehePartner}}_{\text{Person}} \underbrace{\text{.alter}}_{\text{int}};$

Typisierung von (Pfad-)Ausdrücken

```
int gesamtAlter, alterVonJemand;  
Person jemand;  
String name;  
...
```

(1) `alterVonJemand = cityOfLA.buergermeister.ehePartner.alter;`

(2) `for (Person jemand : cityOfLA.einwohner) {
 gesamtAlter = gesamtAlter + jemand.alter;
}`

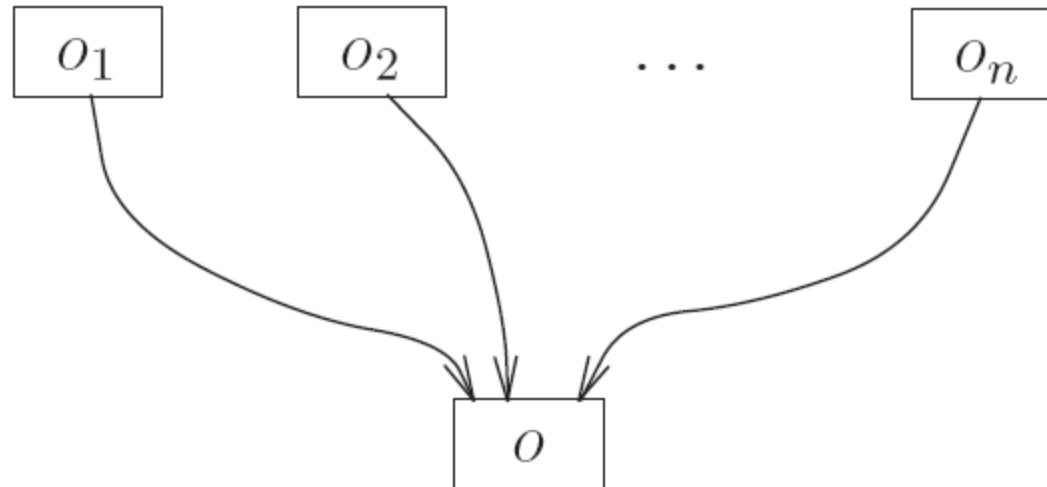


Typisierung ... cont'd

Person
Person[]
Person Stadt
jemand = cityOfLA.einwohner[i];
gesamtAlter = gesamtAlter + jemand.alter;
int int Person
int

Speicherbereinigung / Garbage Collection

- Automatisch in Java
- Nur unerreichbare Objekte dürfen gelöscht werden
- Erst wenn die letzte Referenz auf ein Objekt entfernt wurde, darf der garbage collector „zuschlagen“



Klassen-Attribute

```
class Quader {  
    public static final int anzahlKanten = 12;  
    public static final int anzahlEcken = 8;  
    public static int anzahlQuader = 0;  
    public Vertex v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8;  
    public Material mat;  
    public double wert;  
}
```

anzahlKanten: 12

anzahlEcken: 8

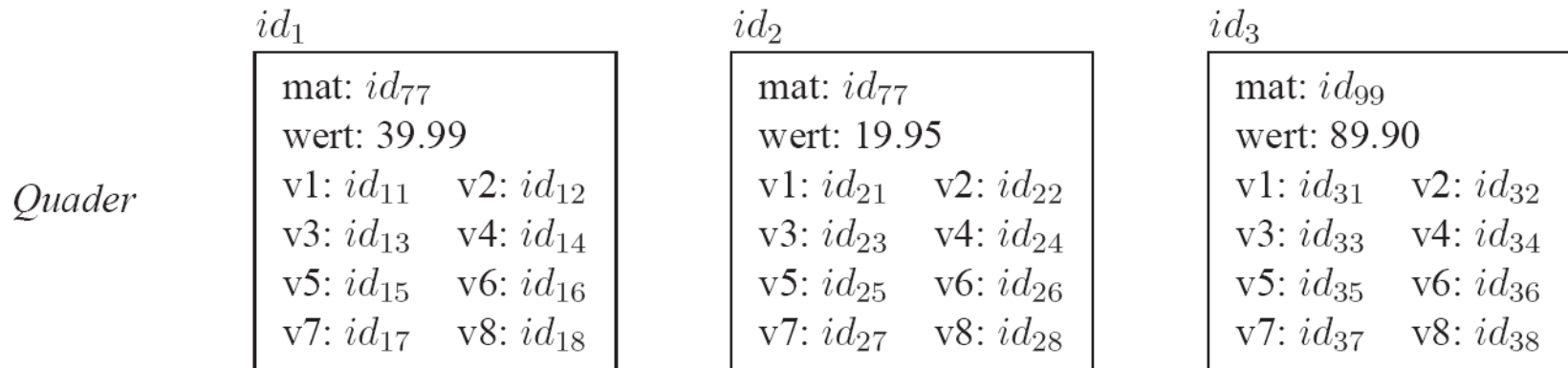
anzahlQuader: 3

	<i>id₁</i>	<i>id₂</i>	<i>id₃</i>																		
<i>Quader</i>	<table border="1"><tr><td>mat: <i>id₇₇</i></td></tr><tr><td>wert: 39.99</td></tr><tr><td>v1: <i>id₁₁</i> v2: <i>id₁₂</i></td></tr><tr><td>v3: <i>id₁₃</i> v4: <i>id₁₄</i></td></tr><tr><td>v5: <i>id₁₅</i> v6: <i>id₁₆</i></td></tr><tr><td>v7: <i>id₁₇</i> v8: <i>id₁₈</i></td></tr></table>	mat: <i>id₇₇</i>	wert: 39.99	v1: <i>id₁₁</i> v2: <i>id₁₂</i>	v3: <i>id₁₃</i> v4: <i>id₁₄</i>	v5: <i>id₁₅</i> v6: <i>id₁₆</i>	v7: <i>id₁₇</i> v8: <i>id₁₈</i>	<table border="1"><tr><td>mat: <i>id₇₇</i></td></tr><tr><td>wert: 19.95</td></tr><tr><td>v1: <i>id₂₁</i> v2: <i>id₂₂</i></td></tr><tr><td>v3: <i>id₂₃</i> v4: <i>id₂₄</i></td></tr><tr><td>v5: <i>id₂₅</i> v6: <i>id₂₆</i></td></tr><tr><td>v7: <i>id₂₇</i> v8: <i>id₂₈</i></td></tr></table>	mat: <i>id₇₇</i>	wert: 19.95	v1: <i>id₂₁</i> v2: <i>id₂₂</i>	v3: <i>id₂₃</i> v4: <i>id₂₄</i>	v5: <i>id₂₅</i> v6: <i>id₂₆</i>	v7: <i>id₂₇</i> v8: <i>id₂₈</i>	<table border="1"><tr><td>mat: <i>id₉₉</i></td></tr><tr><td>wert: 89.90</td></tr><tr><td>v1: <i>id₃₁</i> v2: <i>id₃₂</i></td></tr><tr><td>v3: <i>id₃₃</i> v4: <i>id₃₄</i></td></tr><tr><td>v5: <i>id₃₅</i> v6: <i>id₃₆</i></td></tr><tr><td>v7: <i>id₃₇</i> v8: <i>id₃₈</i></td></tr></table>	mat: <i>id₉₉</i>	wert: 89.90	v1: <i>id₃₁</i> v2: <i>id₃₂</i>	v3: <i>id₃₃</i> v4: <i>id₃₄</i>	v5: <i>id₃₅</i> v6: <i>id₃₆</i>	v7: <i>id₃₇</i> v8: <i>id₃₈</i>
mat: <i>id₇₇</i>																					
wert: 39.99																					
v1: <i>id₁₁</i> v2: <i>id₁₂</i>																					
v3: <i>id₁₃</i> v4: <i>id₁₄</i>																					
v5: <i>id₁₅</i> v6: <i>id₁₆</i>																					
v7: <i>id₁₇</i> v8: <i>id₁₈</i>																					
mat: <i>id₇₇</i>																					
wert: 19.95																					
v1: <i>id₂₁</i> v2: <i>id₂₂</i>																					
v3: <i>id₂₃</i> v4: <i>id₂₄</i>																					
v5: <i>id₂₅</i> v6: <i>id₂₆</i>																					
v7: <i>id₂₇</i> v8: <i>id₂₈</i>																					
mat: <i>id₉₉</i>																					
wert: 89.90																					
v1: <i>id₃₁</i> v2: <i>id₃₂</i>																					
v3: <i>id₃₃</i> v4: <i>id₃₄</i>																					
v5: <i>id₃₅</i> v6: <i>id₃₆</i>																					
v7: <i>id₃₇</i> v8: <i>id₃₈</i>																					

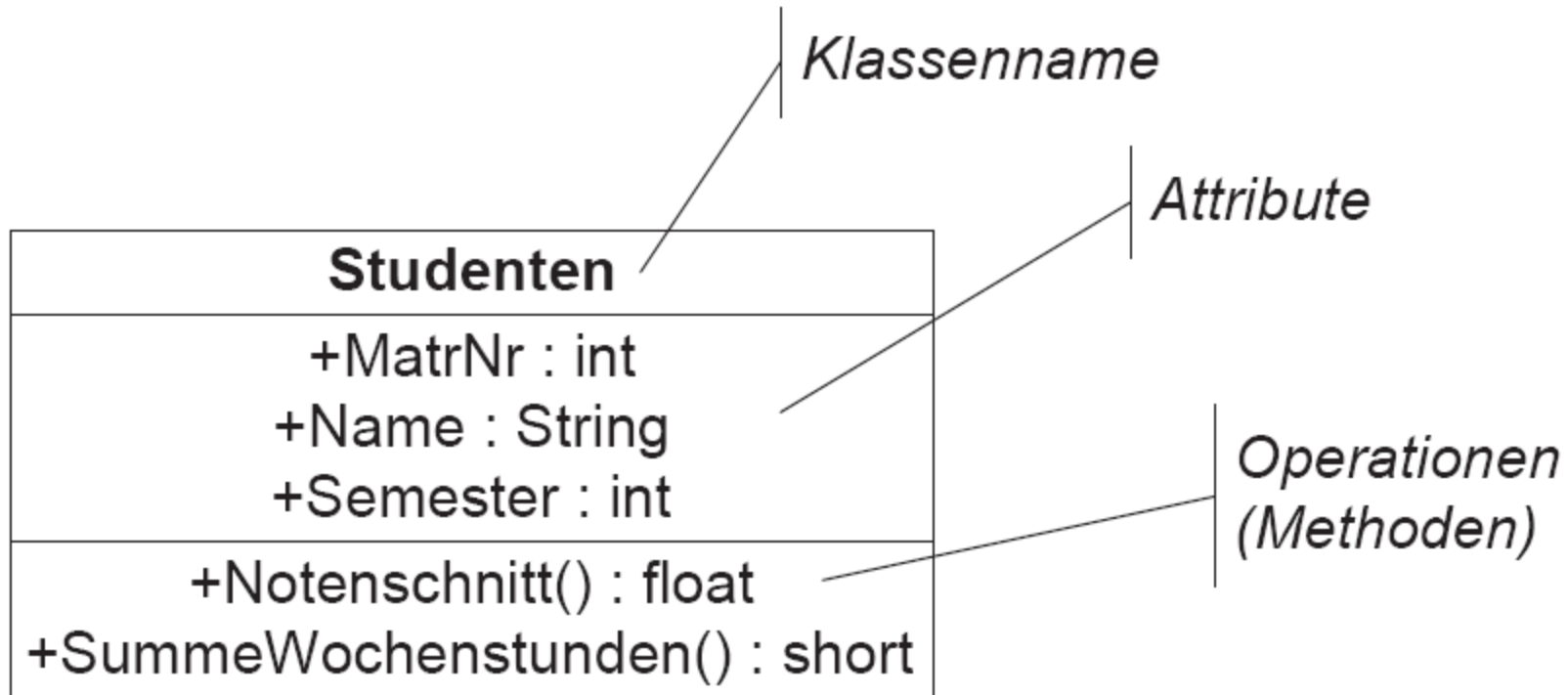
Klassen-Attribute: Zugriff und Modifikation

```
System.out.println(Quader.anzahlKanten);  
Quader.anzahlQuader = Quader.anzahlQuader + 1;
```

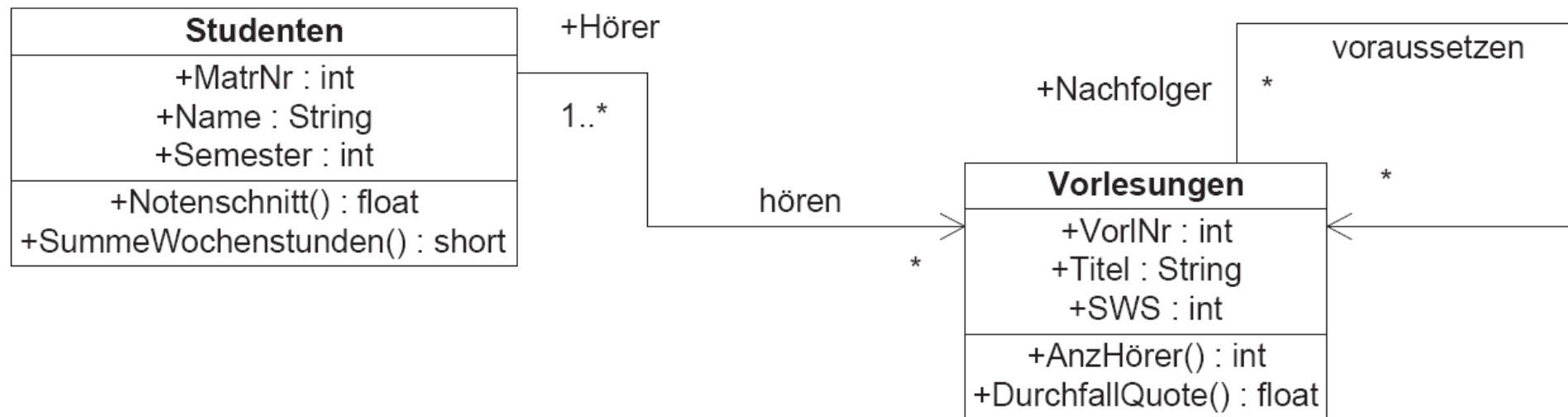
anzahlKanten: 12
anzahlEcken: 8
anzahlQuader: 3



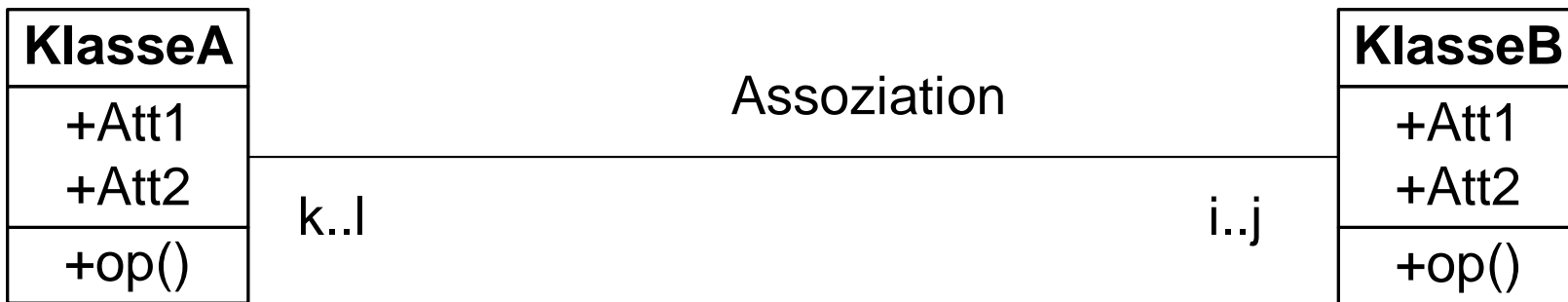
Systematische Modellierung mit UML und Umsetzung in Java



Assoziationen



Multiplizität



- Jedes Element von KlasseA steht mit mindestens i Elementen der KlasseB in Beziehung
- ... und mit maximal j vielen KlasseB-Elementen
- Analoges gilt für das Intervall k..l
- Multiplizitätsangabe ist analog zur Funktionalitätsangabe im ER-Modell
 - **Nicht** zur (min,max)-Angabe: **Vorsicht!**

Multiplizität/Funktionalität einer Assoziation

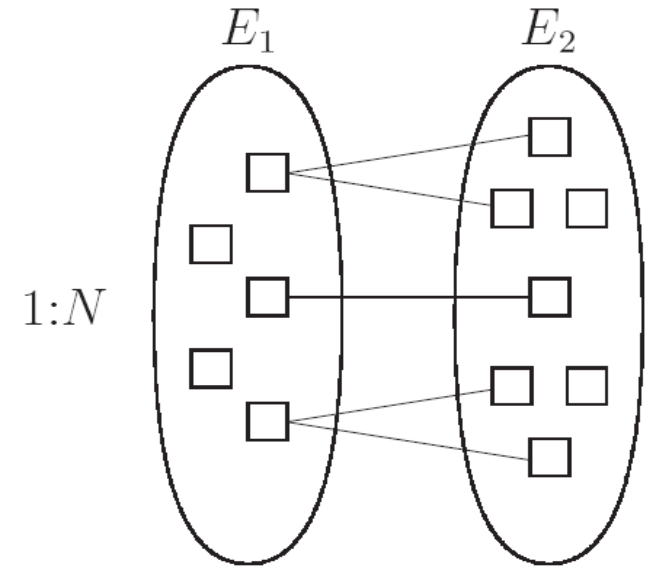
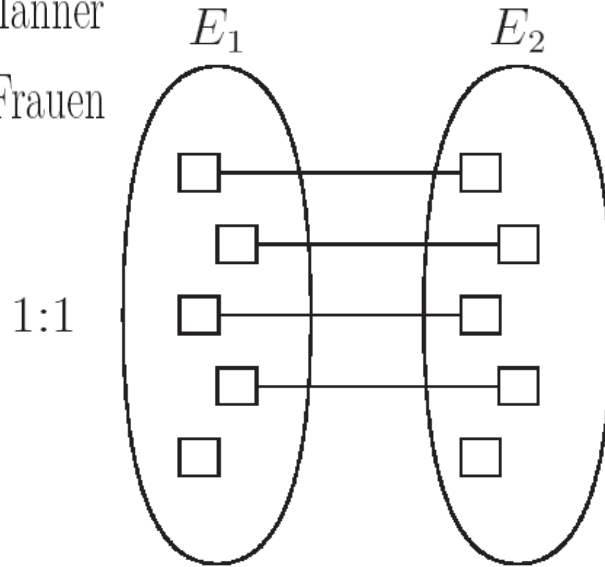


Betrachten wir das abstrakte Beispiel in Abbildung 1.19: Wenn man in UML an einer Seite der binären Assoziation die Multiplizitätsangabe $i..j$ macht, so bedeutet dies, dass jedes Objekt der Klasse auf der anderen Seite mit mindestens i und höchstens j Objekten der Klasse auf dieser Seite in Beziehung stehen muss. Bezogen auf unser Beispiel bedeutet dies, dass jedes Objekt der Klasse E_1 mit mindestens i und mit maximal j Objekten der Klasse E_2 in Beziehung stehen muss/darf. Analog muss jedes Objekt der Klasse E_2 mit mindestens k Objekten der Klasse E_1 in Beziehung stehen und es darf maximal mit l Objekten der Klasse E_1 in dieser Beziehung stehen. Wenn die minimale und die maximale Anzahl übereinstimmt, also $m..m$ gilt, so vereinfacht man dies in UML zu einem einzigen Wert m . Dies gilt auch für $*..*$ was immer als $*$ angegeben wird.

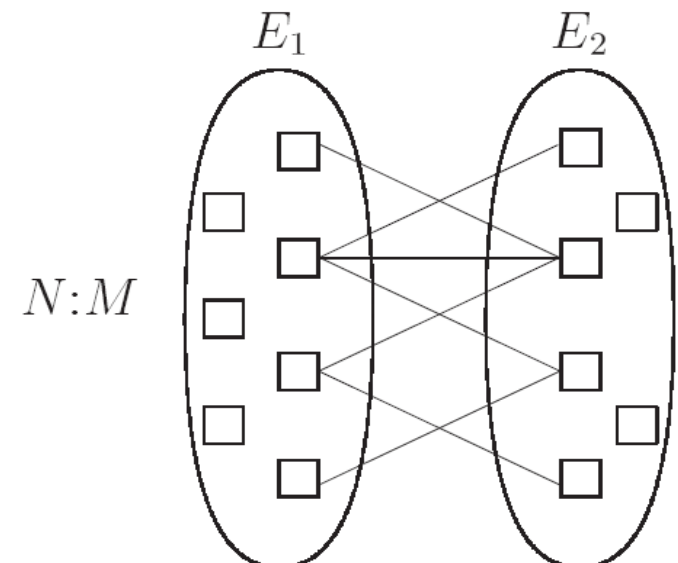
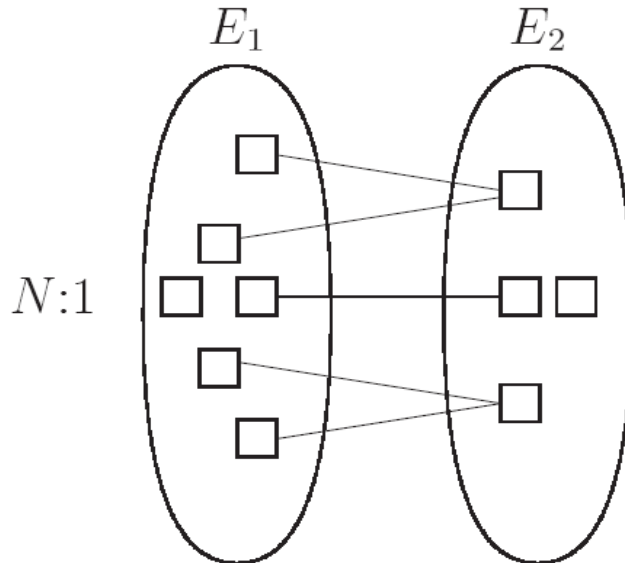
Funktionalitäten

Ehemann : Frauen \rightarrow Männer

Ehefrau : Männer \rightarrow Frauen



angestelltBei : Personen \rightarrow Firmen



- *Eins-zu-eins* bzw. *1:1-Beziehung*, falls jedem Objekt e_1 aus E_1 höchstens ein Objekt e_2 aus E_2 zugeordnet ist und umgekehrt jedem Objekt e_2 aus E_2 ebenfalls maximal ein Objekt e_1 aus E_1 . Man beachte, dass es auch Objekte aus E_1 (bzw. E_2) geben kann, denen kein „Partner“ aus E_2 (bzw. E_1) zugeordnet ist.

In der UML-Notation aus Abbildung 1.19 ist eine Eins-zu-eins-Assoziation dadurch gekennzeichnet, dass $l = j = 1$ gilt.

Ein Beispiel einer „realen“ 1:1-Beziehung ist *verheiratet* zwischen den Objekttypen *Männer* und *Frauen* – zumindest nach europäischem Recht.

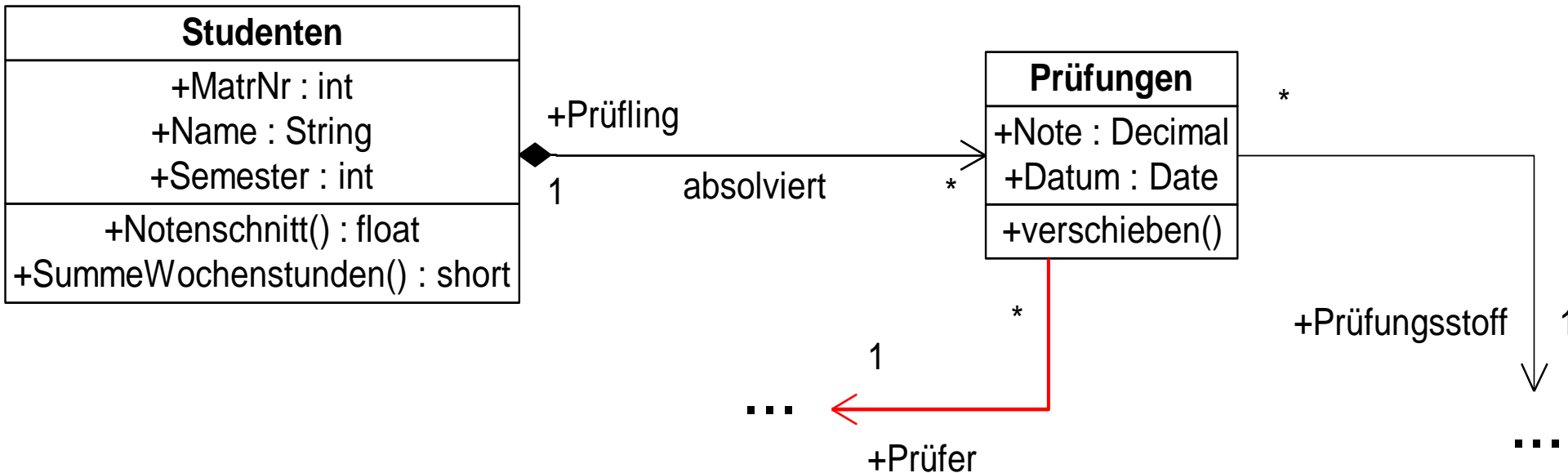
- *Eins-zu-viele* bzw. *1:N-Beziehung*, falls jedem Objekt e_1 aus E_1 beliebig viele (also mehrere oder auch gar keine) Objekte aus E_2 zugeordnet sein können, aber jedes Objekt e_2 aus der Menge E_2 mit maximal einem Objekt aus E_1 in Beziehung steht.

In der UML-Notation aus Abbildung 1.19 ist eine Eins-zu-viele-Assoziation dadurch gekennzeichnet, dass $l = 1$ und $j > 1$ gilt. Insbesondere kann $j = *$ gelten.

Ein anschauliches Beispiel für eine 1:N-Beziehung ist *angestelltBei* zwischen *Personen* und *Firmen*, wenn wir davon ausgehen, dass eine Firma i.a. mehrere Personen beschäftigt, aber eine Person nur bei einer (oder gar keiner) Firma angestellt ist.

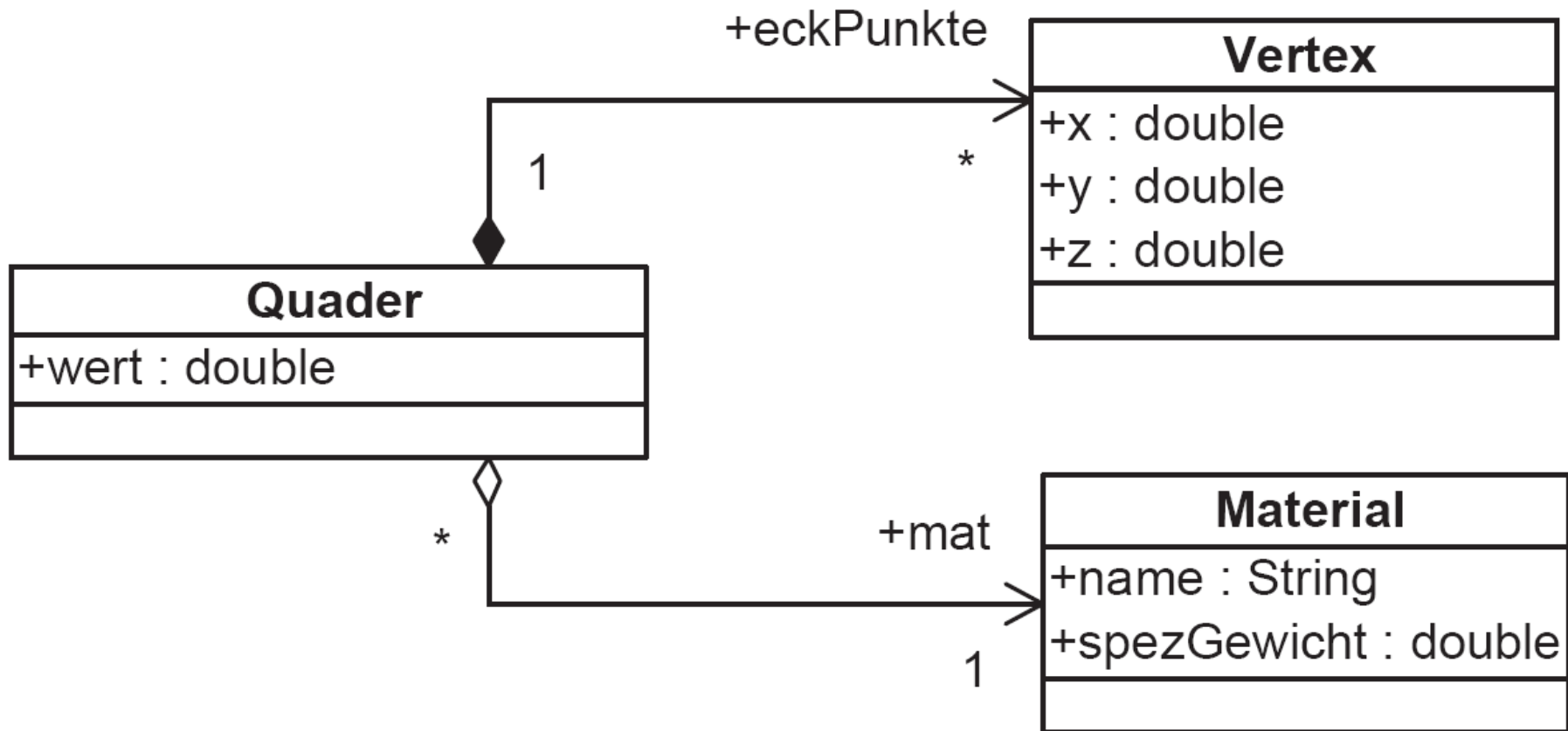
- *N:1-Beziehung*, falls analoges zu obigem gilt.
- *N:M-Beziehung*, wenn keinerlei Restriktionen gelten müssen, d.h. jedes Objekt aus E_1 mit mehreren Objekten aus E_2 in Beziehung stehen kann und umgekehrt jedes Objekt aus E_2 mit mehreren Objekten aus E_1 assoziiert werden darf.

Aggregation/Komposition

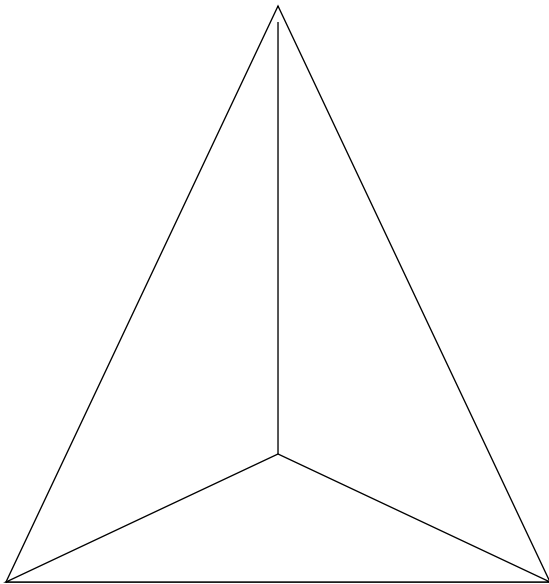
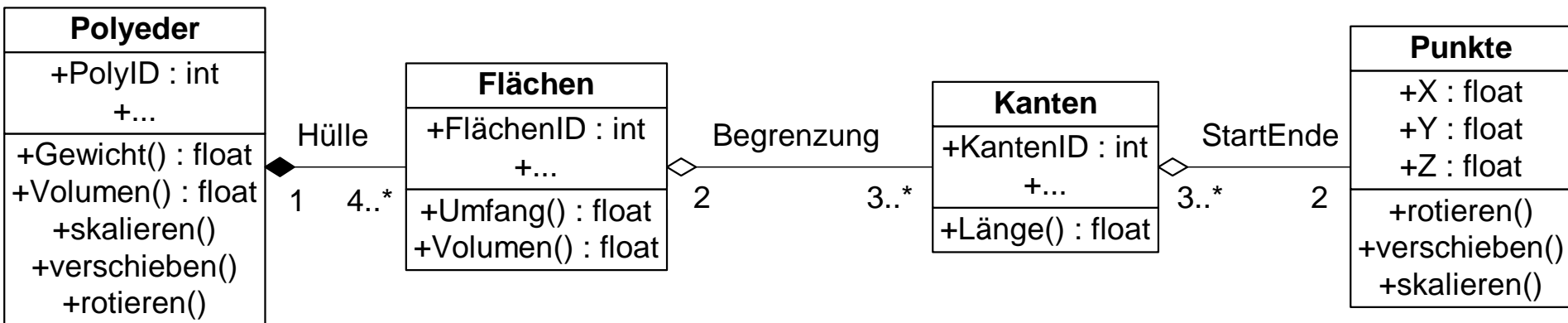


- Komposition (ausgefüllter Diamant)
 - Exklusive Zuordnung
 - Existenzabhängig
- Aggregation („leerer“ Diamant)
 - Nicht-exklusive
 - Nicht-existenzabhängige Teil/Ganzes-Beziehung

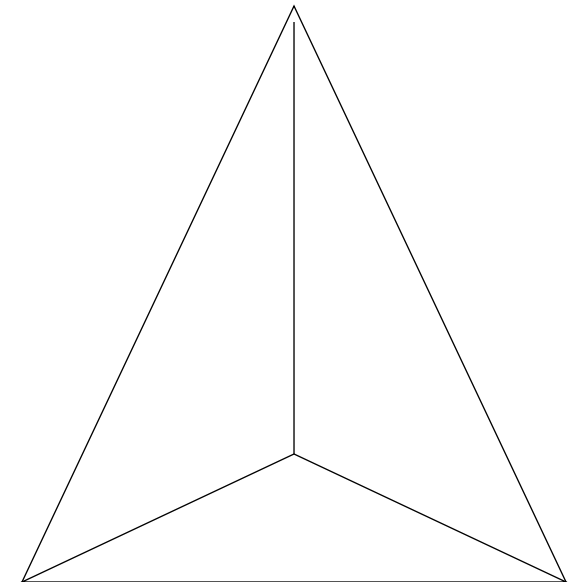
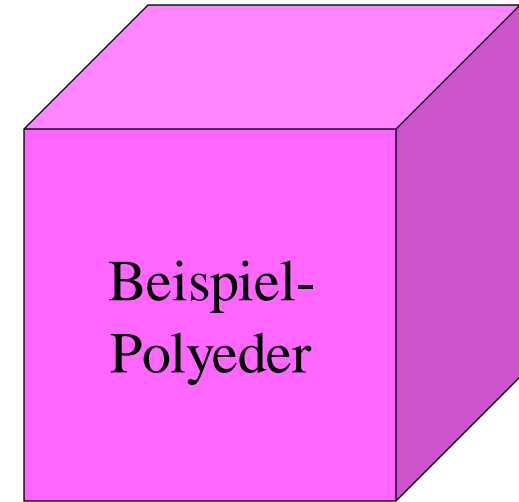
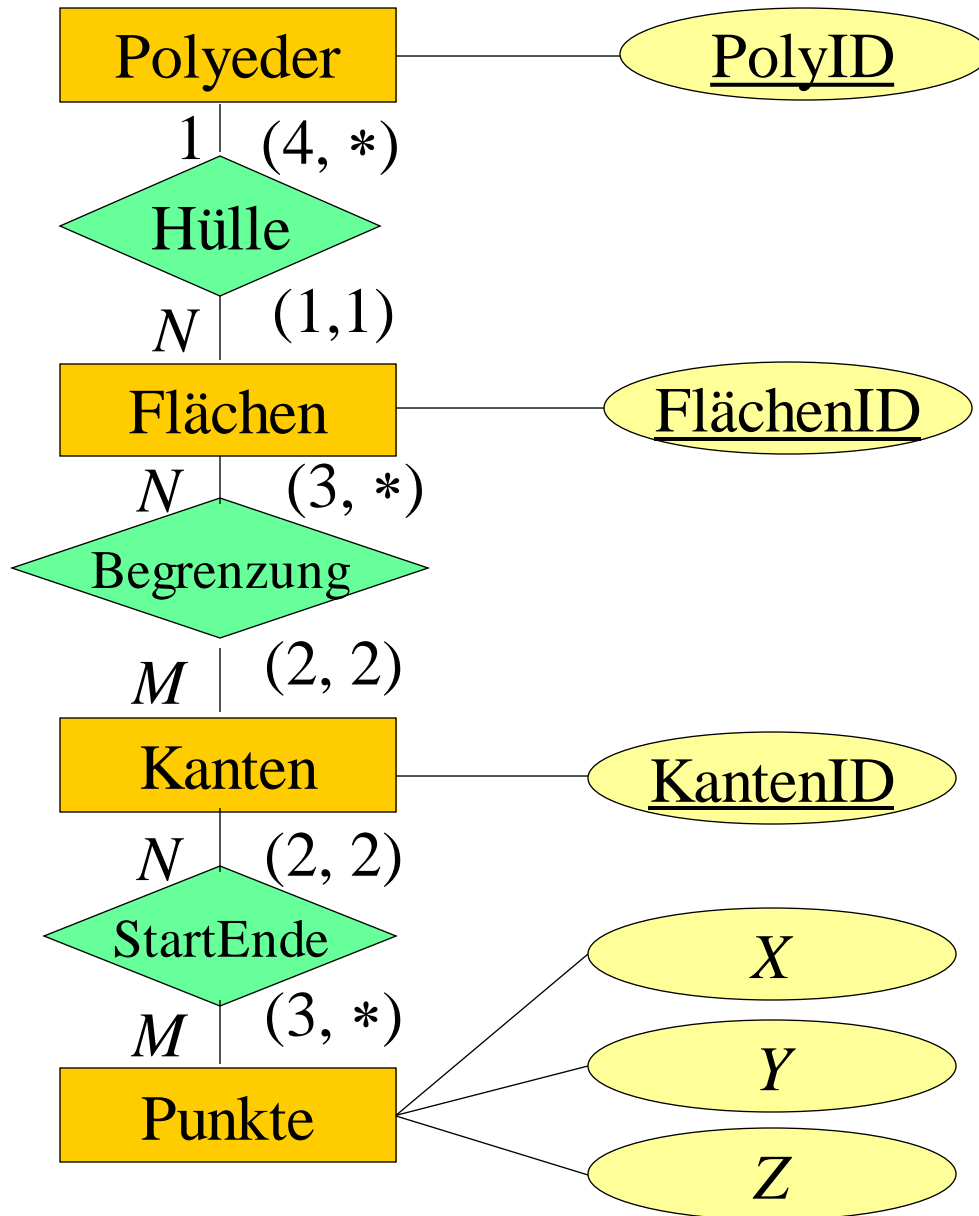
Aggregation/Komposition



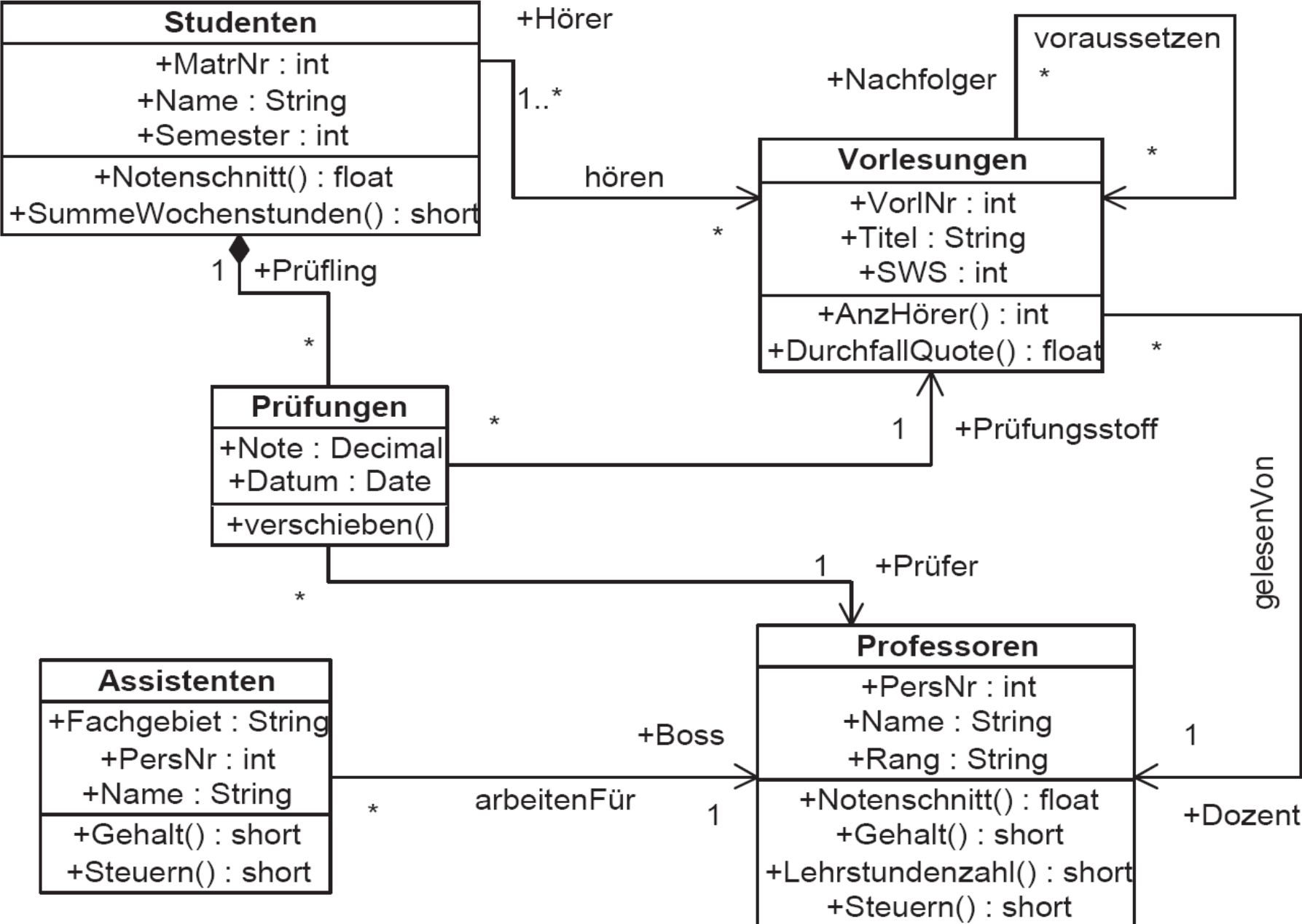
Begrenzungsflächenmodellierung von Polyedern in UML

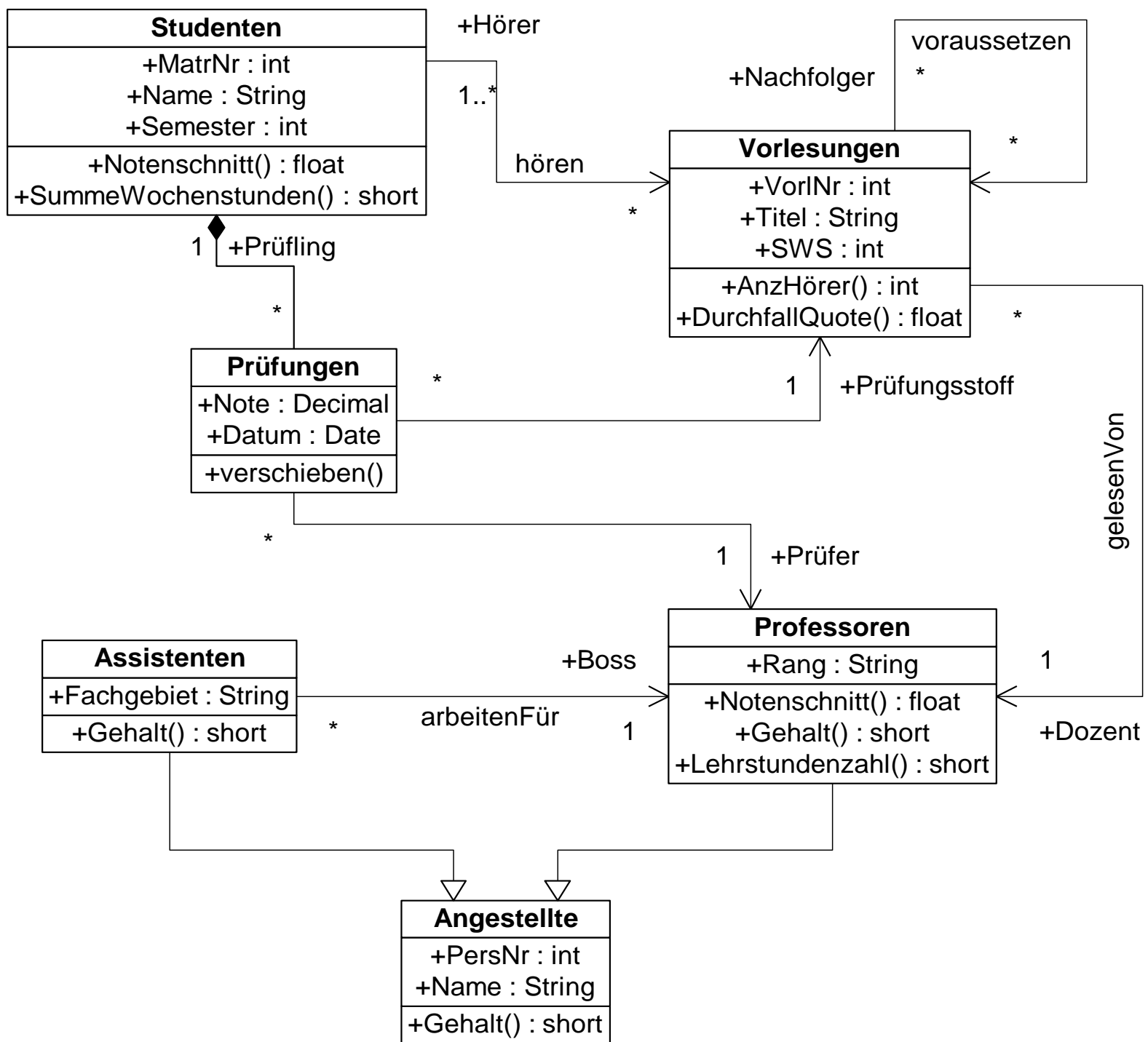


Begrenzungsflächendarstellung



Universitäts-Modell





Umsetzung in Java

1:1-Assoziation



```
class E1 {
    public ... att11;
    public ... att12;
    public E2 zugeordnetesE2;
    public ... op1() {}
}
```

```
class E2 {
    public ... att21;
    public ... att22;
    public E1 zugeordnetesE1;
    public ... op2() {}
}
```

Umsetzung in Java

1:N-Assoziation



```
class E1 {  
    public ... att11;  
    public ... att12;  
    public E2[] zugeordneteE2;  
    public ... op1() {}  
}
```

```
class E2 {  
    public ... att21;  
    public ... att22;  
    public E1 zugeordnetesE1;  
    public ... op2() {}  
}
```

```
class Quader2 {  
    public Vertex[] eckPunkte;  
    public Material mat;  
    public double wert;  
}
```

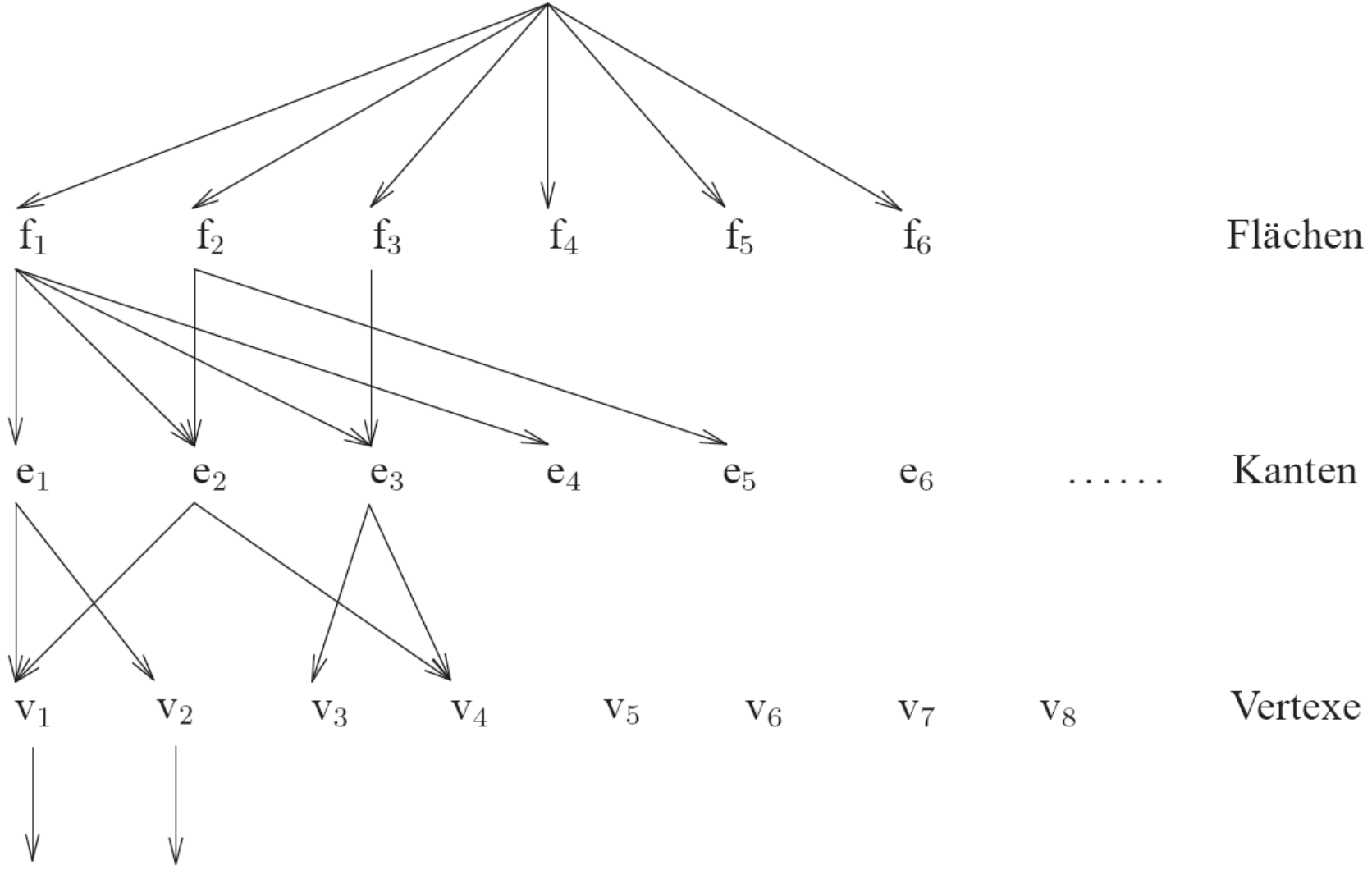
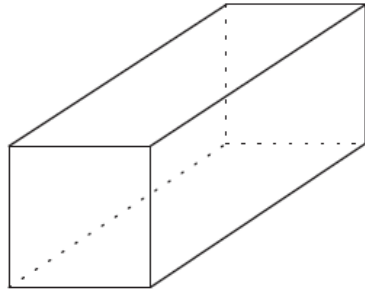
Umsetzung einer Assoziation in Java viele-viele (N:M)



```
class E1 {
    public ... att11;
    public ... att12;
    public E2[] zugeordneteE2;
    public ... op1() {}
}

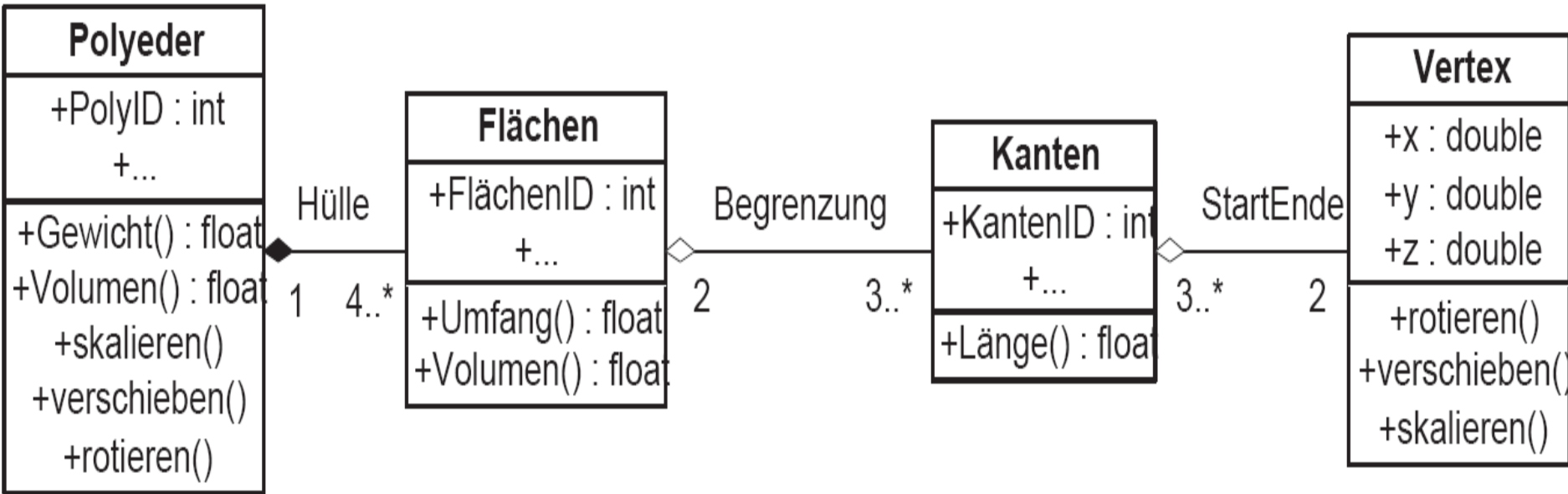
class E2 {
    public ... att21;
    public ... att22;
    public E1[] zugeordneteE1;
    public ... op2() {}
}
```


Begrenzungs- Flächen-Modell

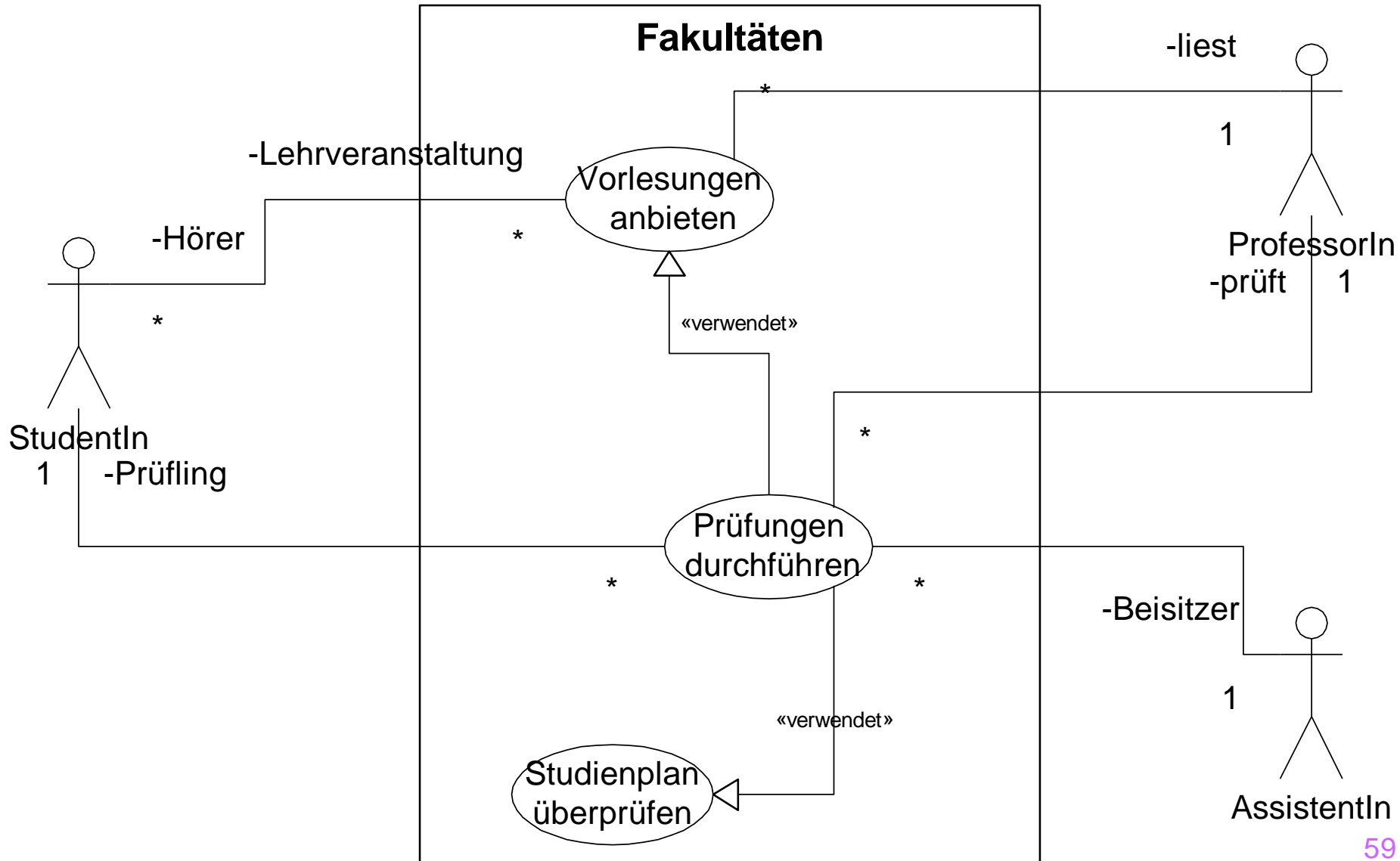


Koordinaten

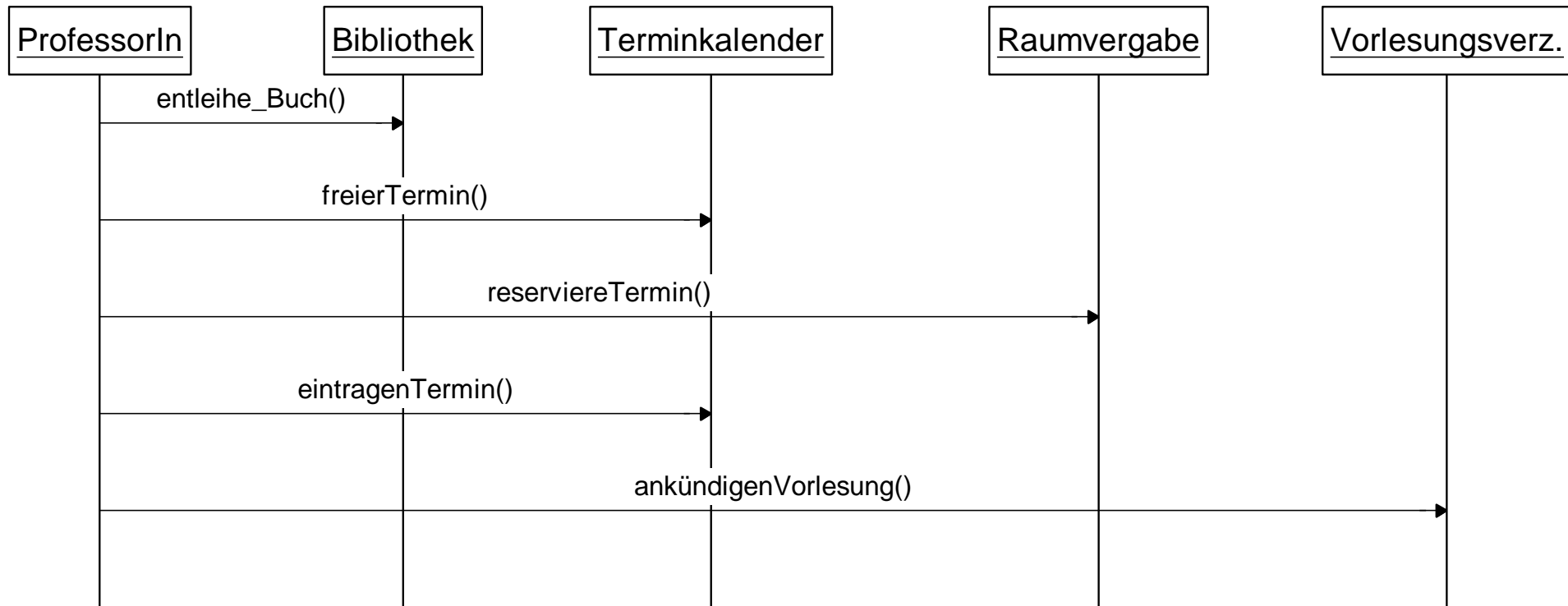
Polyeder in UML



Anwendungsfälle (use cases)



Interaktions-Diagramm: Modellierung komplexer Anwendungen



Interaktions-Diagramm: *Prüfungsdurchführung*

