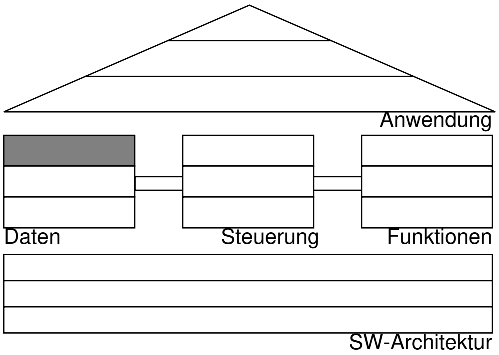
3. Informationsmodelle

- **GBIS-Rahmen: Einordnung**



- **Vorgehensweise bei DB-Entwurf und -Modellierung**
  - Lebenszyklus
  - Informationserhebung

- **Entity-Relationship-Modell (ERM)**
  - Definitionen, Konzepte
  - Beziehungstypen
  - Diagrammdarstellung
  - Beispiele

- **Erweiterungen des ERM**
  - Kardinalitätsrestriktionen
  - Abstraktionskonzepte

- **Abstraktionskonzepte**
  - Klassifikation/Instantiierung
  - Generalisierung/Spezialisierung
  - Element-/Mengen-Assoziation
  - Element-/Komponenten-Aggregation

Vorgehensweise bei DB-Entwurf und -Modellierung

- **Ziel: Modellierung einer Miniwelt**

  (Entwurf von Datenbankschemata)

  → modellhafte Abbildung eines anwendungsorientierten Ausschnitts der realen Welt (Miniwelt)

  → Nachbildung von Vorgängen durch **Transaktionen**

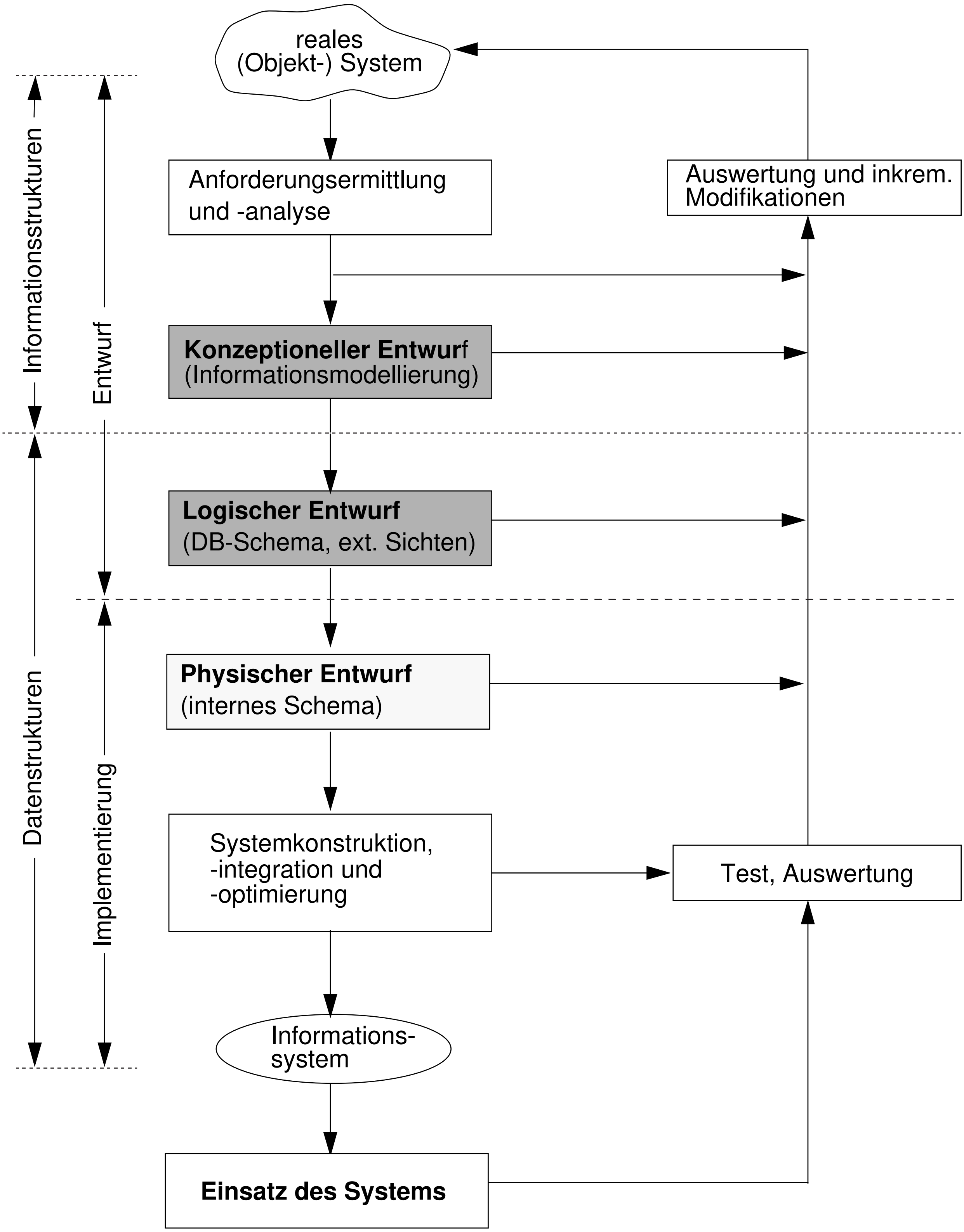
- **Nebenbedingungen:**
  - genaue Abbildung
  - hoher Grad an Aktualität
  - Verständlichkeit, Natürlichkeit, Einfachheit, ...

- **Zwischenziel:**
  - Erhebung der Information in der Systemanalyse (Informationsbedarf !)
  - **Informationsmodell** (allgem. Systemmodell)

- **Bestandteile:**
  - Objekte: Entities
  - Beziehungen: Relationships

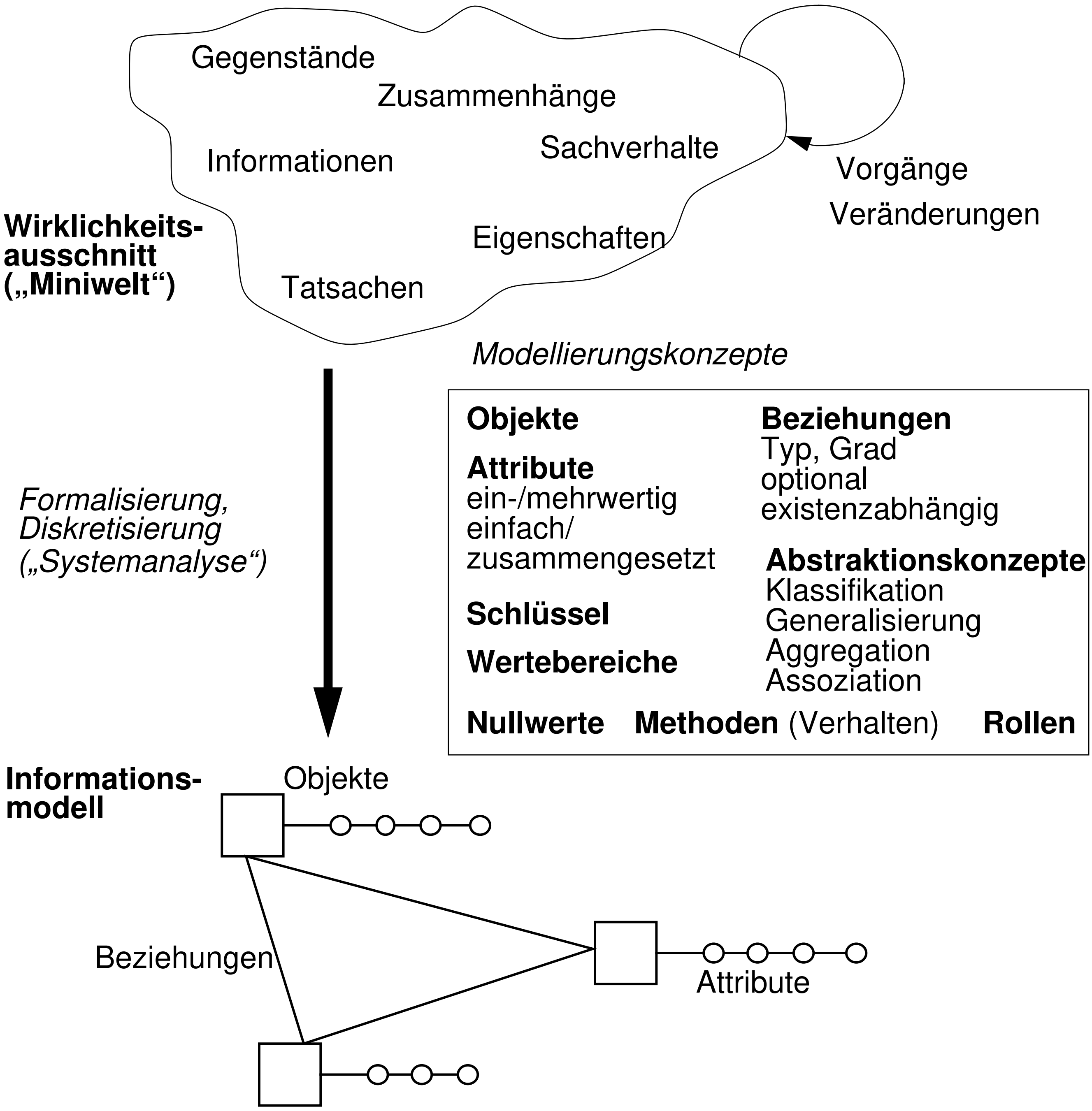
- **Schrittweise Ableitung: (Verschiedene Sichten)**
  1. Information in unserer Vorstellung
  2. Informationsstruktur: Organisationsform der Information
  3. Logische Datenstruktur (zugriffspfadunabhängig, Was-Aspekt)
  4. Physische Datenstruktur (zugriffspfadabhängig, Was- und Wie-Aspekt)

Schritte auf dem Weg zu einem Informationssystem



Bemerkung: Anforderungsermittlung und -analyse sind kaum systematisiert; Methoden: „Befragen“, „Studieren“, „Mitmachen“

Informationsmodelle

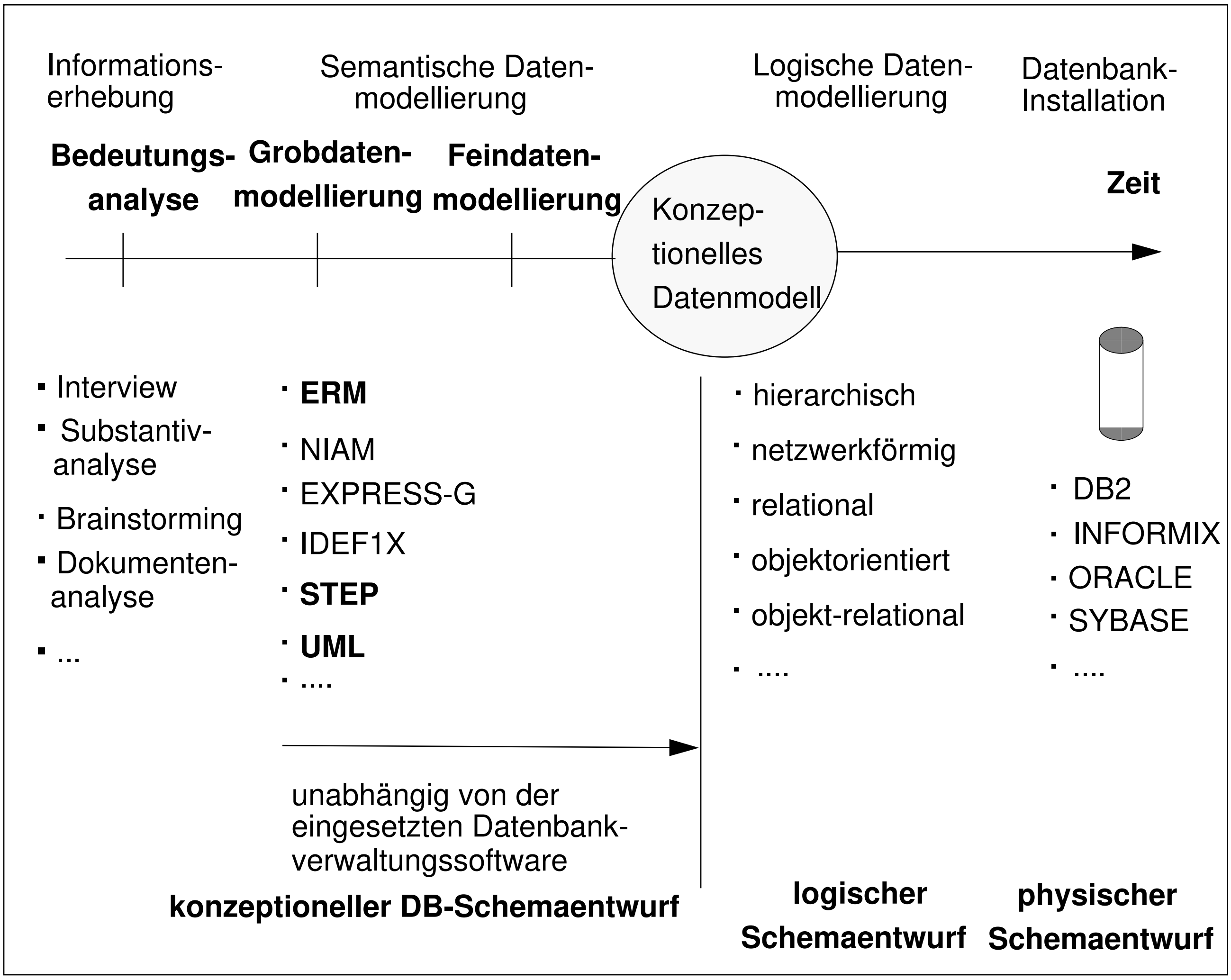


→ **Informationsmodell** (Darstellungselemente & Regeln)**:**
eine Art formale Sprache, um Informationen zu beschreiben

- **Informationen über Objekte und Beziehungen nur, wenn:**
  - unterscheidbar und identifizierbar
  - relevant
  - selektiv beschreibbar

Von der Informationserhebung zum DB-Schema

- **Prinzipielle Vorgehensweise**



- **ERM** (**E**ntity **R**elationship **M**odel)**:**
  - generell einsetzbares Modellierungswerkzeug

- **STEP** (**ST**andard for the **E**xchange of **P**roduct Definition Data)**:**
  - Modellierung, Zugriff, Austausch von **produktdefinierenden Daten** über den gesamten Produktlebenszyklus

- **UML (U**nified **M**odeling **L**anguage)**:**
  - Notation und Sprache zur Unterstützung objektorientierter Softwareentwicklung

Entity-Relationship-Modell (ERM) –[1]
Überblick

- **Modellierungskonzepte**
  - Entity-Mengen (Objektmengen)
  - Wertebereiche, Attribute
  - Primärschlüssel
  - Relationship-Mengen (Beziehungsmengen)

- **Klassifikation der Beziehungstypen**
  - benutzerdefinierte Beziehungen
  - Abbildungstyp
    - 1 : 1
    - n : 1
    - n : m
  - **Ziel:**
    - Festlegung von semantischen Aspekten
    - explizite Definition von strukturellen Integritätsbedingungen

- **Achtung**

  Das ERM modelliert die Typ-, nicht die Instanzenebene;
  es macht also Aussagen über Entity- und Relationship-Mengen,
  nicht jedoch über einzelne ihrer Elemente (Ausprägungen).
  Die Modellierungskonzepte des ERM sind häufig zu ungenau oder
  unvollständig. Sie müssen deshalb ergänzt werden durch
  Integritätsbedingungen oder Constraints

---

1. Chen, P. P.-S.: The Entity-Relationship Model —Toward a Unified view of Data, in: ACM TODS 1:1, March 1976, pp. 9-36.

Konzepte des ERM

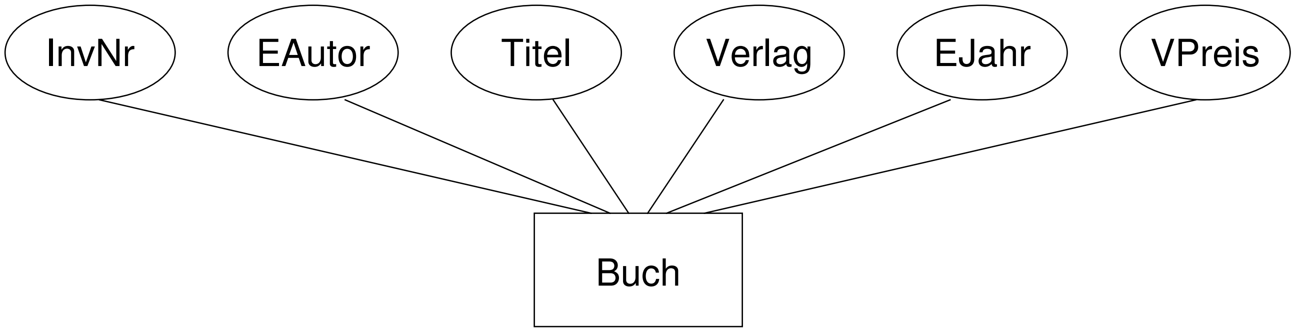
- **Entities**
  - wohlunterscheidbare Dinge der Miniwelt (Diskurswelt)
  - „A thing that has real or individual existence in reality or in mind“ (Webster)
  - besitzen Eigenschaften, deren konkrete Ausprägungen als Werte bezeichnet werden

- **Entity-Mengen (Entity-Sets)**
  - Zusammenfassung von „ähnlichen“ oder „vergleichbaren“ Entities
  - haben gemeinsame Eigenschaften
  - Beispiele:
    - Abteilungen, Angestellte, Projekte, ...
    - Bücher, Autoren, Leser, ...
    - Studenten, Professoren, Vorlesungen, ...
    - Kunden, Vertreter, Wein, Behälter, ...

- **Wertebereiche und Attribute**
  - Die möglichen oder „zulässigen“ Werte für eine Eigenschaft nennen wir Wertebereich (oder Domain)
  - Die (bei allen Entities einer Entity-Menge auftretenden) Eigenschaften werden als Attribute bezeichnet
  - Ein Attribut ordnet jedem Entity einer Entity-Menge einen Wert aus einem bestimmten Wertebereich (dem des Attributs) zu

Konzepte des ERM (2)

- **Entity-Typ Buch (in Diagrammdarstellung)**



Attribut	Wertebereich
InvNr	
EAutor	
⋮	
EJahr	
VPreis	

→ Name der Entity-Menge sowie zugehörige Attribute sind **zeitinvariant**

- **Entity-Menge und ihre Entities sind zeitveränderlich**

e_1 = (4711, Kemper, DBS, Oldenbourg, ...)

e_2 = (0815, Date, Intro. to DBS, Addison, ...)

e_3 = (1234, Härder, DBS, Springer, ...)

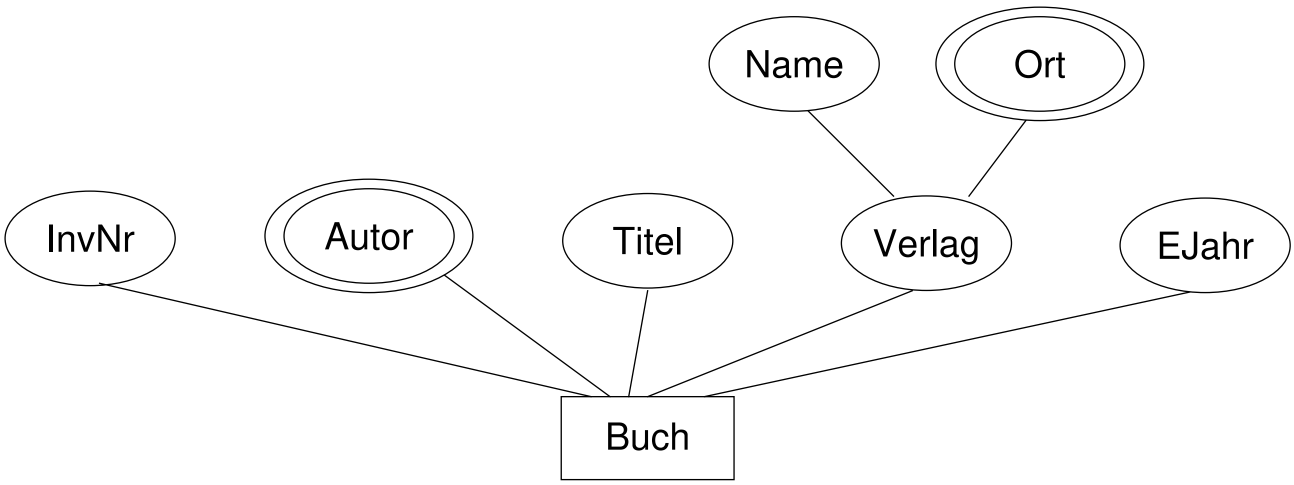
→ Alle Attribute sind einwertig!

Konzepte des ERM (3)

- **Wie wird modelliert, wenn**
  - ein Buch mehrere Autoren hat
  - die Verlagsinformation zusammengesetzt ist (Name, Ort)
  - Eigenschaften hierarchisch gegliedert sind

- **Erhöhung der Modellierungsgenauigkeit**
  - einwertige Attribute
  - mehrwertige Attribute (Doppelovale)
  - zusammengesetzte Attribute (hierarchisch angeordnete Ovale)

  → Verschachtelungen sind möglich



e_3 =

Konzepte des ERM (4)

- **Wie wird ein Entity identifiziert?**
  - Entities müssen „wohlunterscheidbar“ sein
  - Information über ein Entity **ausschließlich** durch (Attribut-) Werte

- **Identifikation** eines Entities durch Attribut (oder Kombination von Attributen)
  - (1:1) - Beziehung
  - ggf. künstlich erzwungen (lfd. Nr.)

- $\{A_1, A_2, ..., A_m\} = \mathbf{A}$ sei Menge der (einwertigen) Attribute zur Entity-Menge E

  $\mathbf{K} \subseteq \mathbf{A}$ heißt Schlüsselkandidat von E

  $\Leftrightarrow$ **K** irreduzibel; $e_i, e_j \in E$;

  $e_i \neq e_j \;\rightarrow\; \mathbf{K}(e_i) \neq \mathbf{K}(e_j)$

- Mehrere Schlüsselkandidaten (SK) möglich

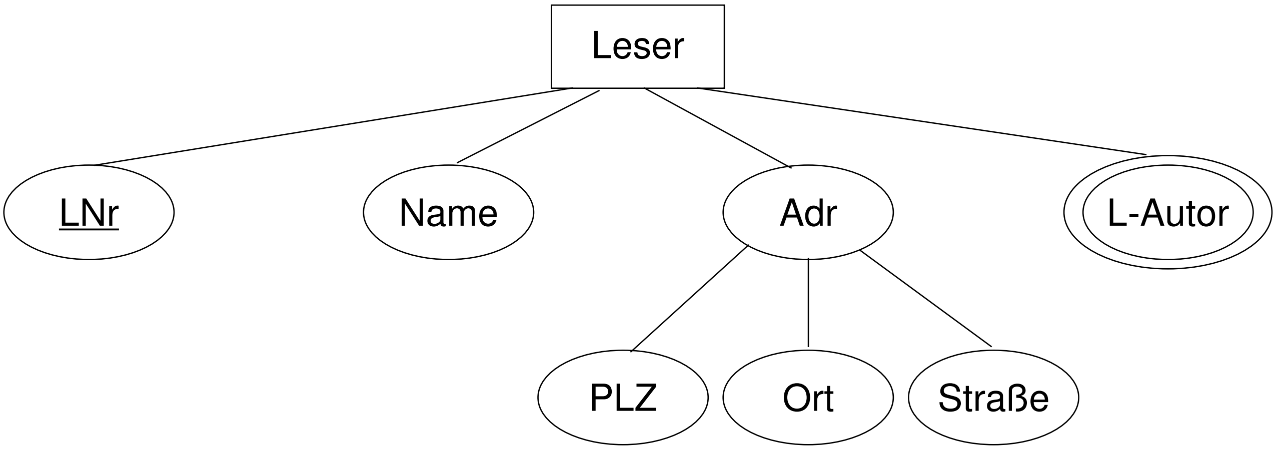
  → **Primärschlüssel** auswählen

- **Beispiel:**

  Entity-Menge **Student** mit Attributen Matnr, SVNr, Name, Gebdat, FBNr

Konzepte des ERM (5)

- Entity-Deklaration oder **Entity-Typ legt die zeitinvarianten Aspekte** von Entites fest
- **Entity-Diagramm**



- **Entity-Typ E = (X, K)**

  Leser = ({LNr, Name, Adr (PLZ, Ort, Straße), {L-Autor} }, {LNr})

- **Wertebereiche**

  W (LNr) = int(8), W(Name) = W(L-Autor) = char(30)

  W (PLZ) = int(5), W(Ort) = char(20), W(Straße) = char(15)

  dom (Adr) = W(PLZ) x W(Ort) x W(Straße) = int(5) x char(20) x char(15)

  dom (L-Autor)= $2^{W(\text{L-Autor})} = 2^{char(30)}$

- **Zusammensetzung** A (B (C_1, C_2), {D (E_1, E_2)})

  mit $W(C_1)$, $W(C_2)$, W(E1), $W(E_2)$

  dom (B) = $W(C_1) \times W(C_2)$

  dom (D) = $2^{W(E1)\ x\ W(E2)}$

  dom (A) = dom(B) x dom(D)

ERM - Definitionen[1]

- **Def. 1: Entity-Typ**

  Ein Entity-Typ hat die Form E = (X, K) mit einem Namen E, einem Format X und einem Primärschlüssel K, der aus (einwertigen) Elementen von X besteht. Die Elemente eines Formats X werden dabei wie folgt beschrieben:

  i) Einwertige Attribute : A

  ii) Mehrwertige Attribute: {A}

  iii) Zusammengesetzte Attribute: A (B_1, ..., B_k)

- **Def. 2: Wertebereich (Domain)**

  E = (X, K) sei ein Entity-Typ und attr(E) die Menge aller in X vorkommenden Attributnamen. Jedem A $\in$ attr(E), das nicht einer Zusammensetzung voransteht, sei ein Wertebereich W(A) zugeordnet. Für jedes A $\in$ attr(E) sei

$$\mathrm{dom}(A) := \begin{cases} W(A) & \text{falls A einwertig} \\ 2^{W(A)} \quad \text{oder } \mathcal{P}(W(A)) & \text{falls A mehrwertig} \\ W(B_1) \times \ldots \times W(B_k) & \text{falls A aus einwertigen} \\ & B_1, \ldots, B_k \text{ zusammengesetzt} \end{cases}$$

  Besteht A aus mehrwertigen oder zusammengesetzten Attributen, wird die Definition rekursiv angewendet.

- **Bem.**

  Das Format X eines Entity-Typs kann formal als Menge oder als Folge dargestellt werden. Die Schreibweise als Folge ist einfacher; die Folge kann bei der Diagrammdarstellung übernommen werden.

1. G. Vossen: Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbankmanagementsysteme, Oldenbourg, 4. Auflage, 2000

ERM - Definitionen (2)

- **Def. 3: Entity und Entity-Menge**

  Es sei $E = (X, K)$ ein Entity-Typ mit $X = (A_1, ..., A_m)$. A_i sei $dom(A_i)$ $(1 \le i \le m)$ zugeordnet.

  i) Ein Entity e ist ein Element des Kartesischen Produkts aller Domains, d.h.

  $$e \in dom(A_1) \times ... \times dom(A_m)$$

  ii) Eine Entity-Menge E^t (zum Zeitpunkt t) ist eine Menge von Entities, welche K erfüllt, d.h.

  $$E^t \subseteq dom(A_1) \times ... \times dom(A_m)$$

  E^t wird auch als der Inhalt bzw. der aktuelle Wert (Instanz) des Typs E zur Zeit t bezeichnet.

- **Def. 4: Relationships**

  i) Ein Relationship-Typ hat die Form R = (Ent, Y). Dabei ist R der Name des Typs (auch „Name der Beziehung“), Ent bezeichnet die Folge der Namen der Entity-Typen, zwischen denen die Beziehung definiert ist, und Y ist eine (möglicherweise leere) Folge von Attributen der Beziehung.

  ii) Sei $Ent = (E_1, ..., E_k)$, und für beliebiges, aber festes t sei E_i^t der Inhalt des Entity-Typs E_i, $1 \le i \le k$. Ferner sei $Y = (B_1, ..., B_n)$. Eine Relationship r ist ein Element des Kartesischen Produktes aus allen E_i^t und den Domains der B_j, d.h.

  $$r \in E_1^t \times ... \times E_k^t \times dom(B_1) \times ... \times dom(B_n)$$

  bzw.

  $$r = (e_1, ..., e_k, b_1, ..., b_n)$$

  mit

  $$e_i \in E_i^t \text{ für } 1 \le i \le k \text{ und } b_j \in dom(B_j) \text{ für } 1 \le j \le n.$$

  iii) Eine Relationship-Menge R^t (zur Zeit t) ist eine Menge von Relationships, d.h.,

  $$R^t \subseteq E_1^t \times ... \times E_k^t \times dom(B_1) \times ... \times dom(B_n).$$

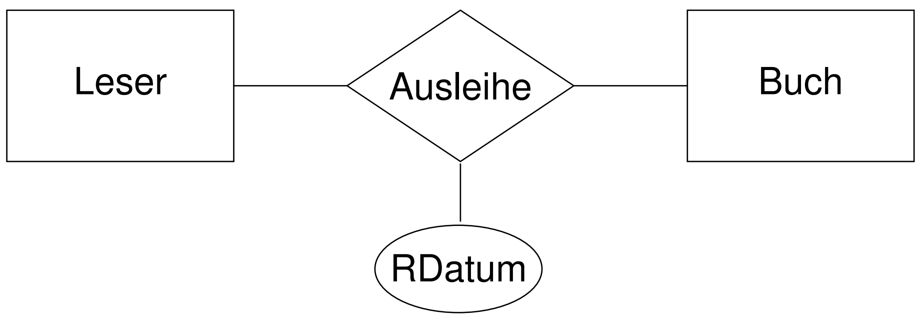
Konzepte des ERM (6)

- **Relationship-Mengen**
  Zusammenfassung von gleichartigen Beziehungen (Relationships) zwischen Entities, die <u>jeweils gleichen Entity-Mengen</u> angehören

  z. B. „hat ausgeliehen“ zwischen „Leser“ und „Buch“

- **Eigenschaften**
  - Grad n der Beziehung (*degree*), gewöhnlich n=2 oder n=3
  - Existenzabhängigkeit
  - Beziehungstyp (*connectivity*)
  - Kardinalität

- **ER-Diagramm**



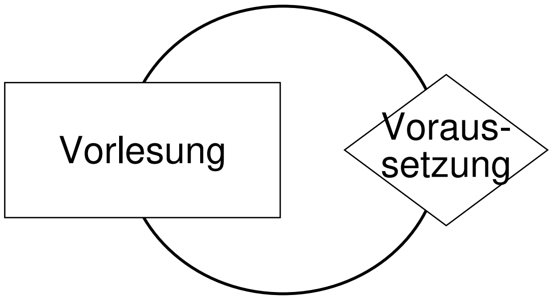
- **Relationship-Typ** R = (Ent, Y)

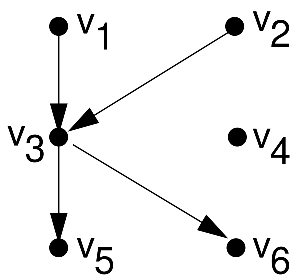
- **Eigenschaften**

  Grad:
  Existenzabhängig:
  Beziehungstyp:

Relationship-Mengen

- **Motivation für Rollennamen**





- **Definition:**

Voraussetzung = ((Vorlesung, Vorlesung), ($\emptyset$))

d. h. $\text{Voraussetzung}^t = \{ (v_i, v_j) \mid v_i, v_j \in \text{Vorlesung} \}$

genauer: direkte Voraussetzung

- Einführung von Rollennamen (rn) möglich (Reihenfolge!)
  auf Typebene: (rn_1/E, rn_2/E) oder (Vorgänger/Vorlesung, Nachfolger/Vorlesung)

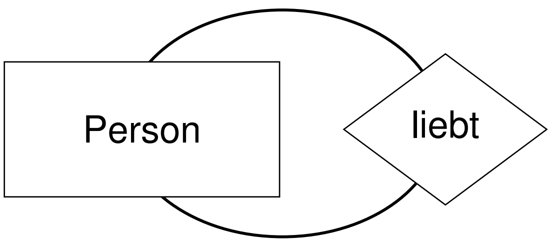
  auf Instanzebene: (Vorgänger/v_i, Nachfolger/v_j)

  Sprechweise: „ v_j setzt v_i voraus“
  oder „ v_i ist-Voraussetzung-für v_j“

- **Eigenschaften:**

  Grad:
  Existenzabhängig:
  Beziehungstyp:

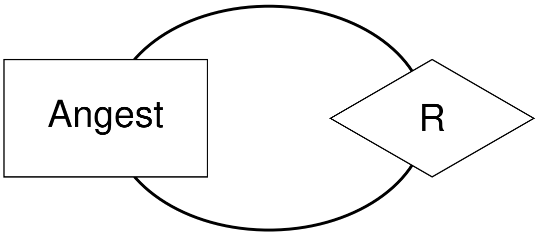
- **Transitivität gilt bei Selbstreferenz i. allg. nicht!**

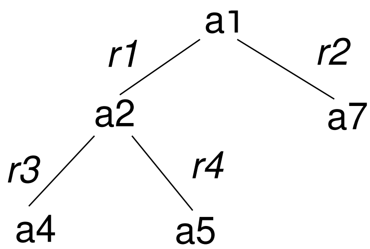


Relationship-Mengen (2)

- Keine Disjunktheit der Entity-Mengen gefordert, die an einer R_i beteiligt sind

  Direkter-Vorgesetzter = ((Angest/Angest, Chef/Angest), (∅))



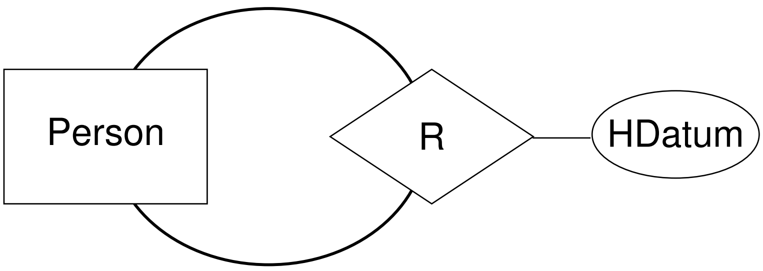


- **Eigenschaften**

  Grad:
  Existenzabhängig:
  Beziehungstyp:

- R sei Direkter-Vorgesetzter. Welche Beziehungen auf Angestellter sind zulässig?

- Relationship-Menge **Heirat** = ((Mann/Person, Frau/Person), (HDatum))

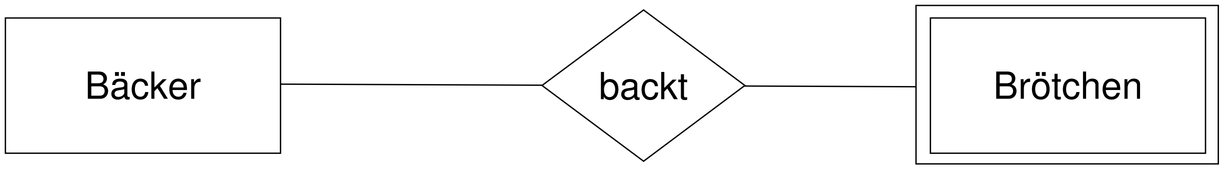


- **Eigenschaften**

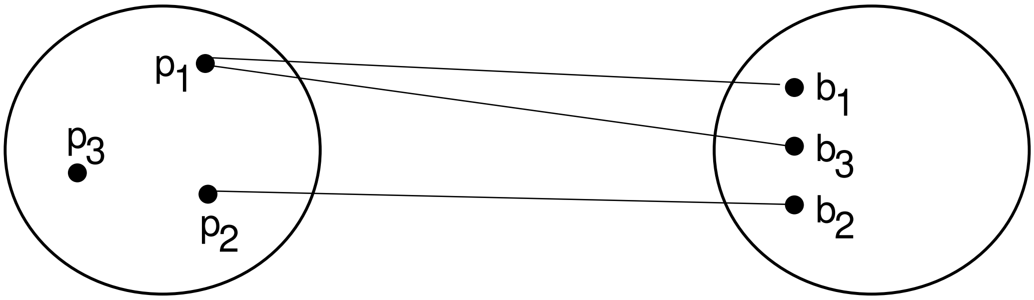
  Grad:
  Existenzabhängig:
  Beziehungstyp:

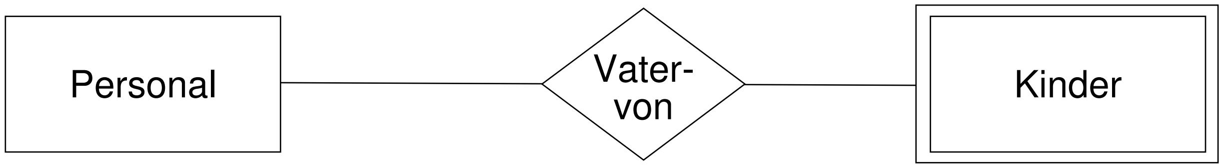
Relationship-Mengen (3)

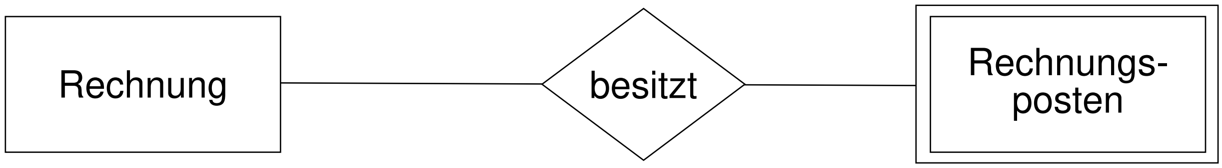
- **Existenzabhängigkeit einer Entity-Menge**
- **Beispiele**



Existenzabhängigkeit: „Relationship begründet Existenz von“





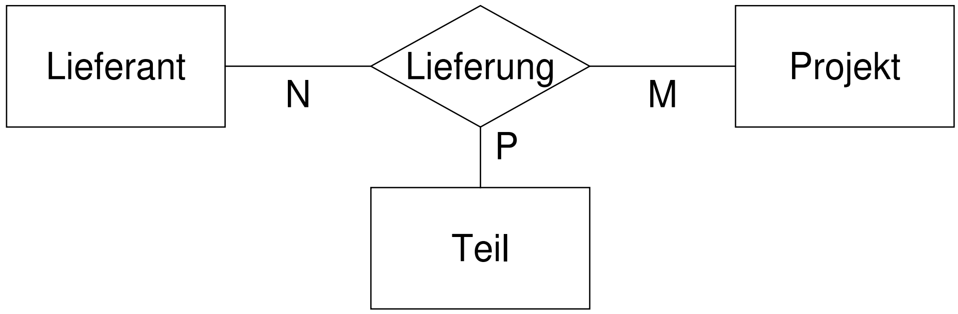


- **Eigenschaften**

Grad:	2
Existenzabhängig:	ja
Beziehungstyp:	1 : n

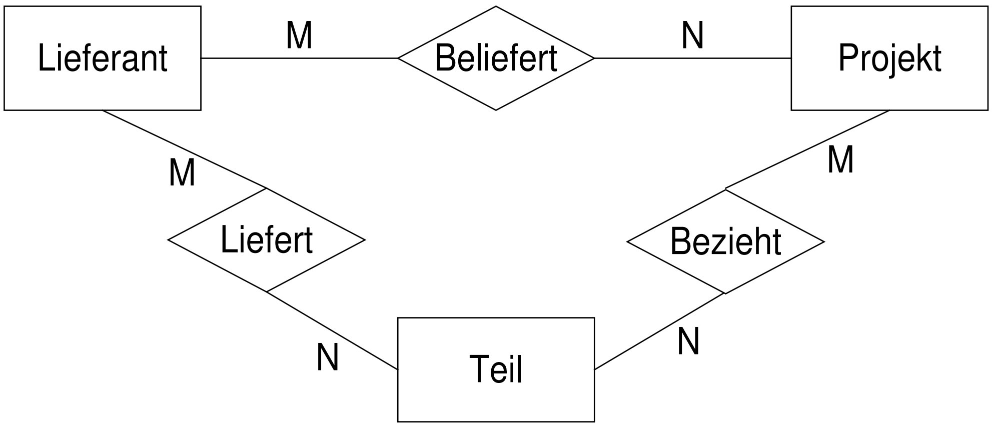
- **Bem.:** In manchen Modellen steht eine existenzabhängige Entity-Menge rechts von der selbständigen Entity-Menge und der „erzeugenden“ Relationship-Menge. Bei Mehrfachreferenzen ist eine „erzeugende” von weiteren „referenzierenden” Relationship-Mengen zu unterscheiden.

Dreistellige Relationship-Mengen



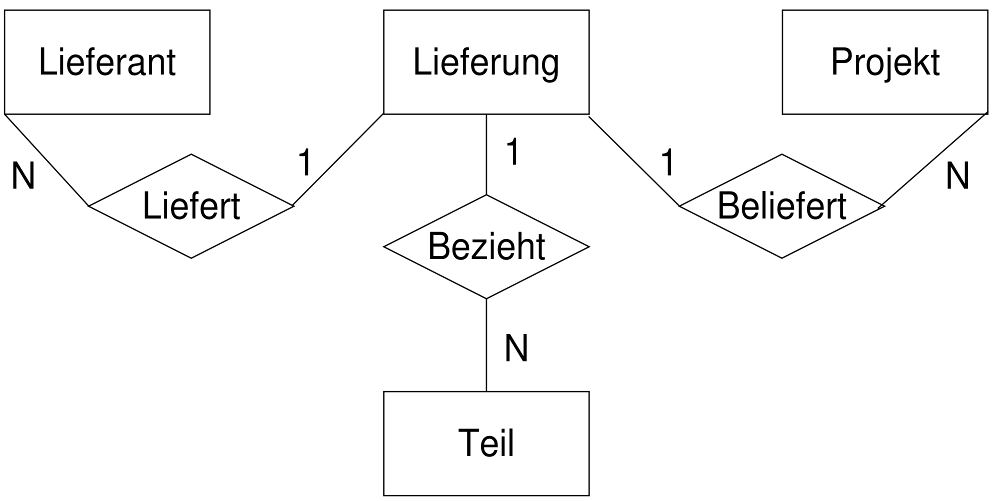
Achtung:

Nicht gleichwertig mit drei zweistelligen (binären) Relationship-Mengen!



Aber:

Manche Systeme erlauben nur die Modellierung binärer Relationship-Mengen!



Klassifikation von Datenabbildungen

- **ZIEL:**
  - Festlegung von semantischen Aspekten (hier: Beziehungstyp)
  - explizite Definition von strukturellen Integritätsbedingungen

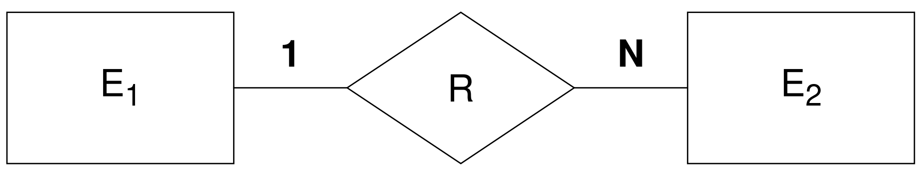
- **Unterscheidung von Beziehungstypen**
  - E_i - E_j
  - E_i - E_i

- **Festlegung der Abbildungstypen**
  - 1:1 ... eineindeutige Funktion (injektive Abbildung)
  - n:1 ... math. Funktion (funktionale oder invers funktionale Abbildung)
  - n:m ... math. Relation (komplexe Abbildung)

- **Beispiele zu E_i - E_j**
  - 1:1 ... LEITET/WIRD_GELEITET: PROF $\leftrightarrow$ ARBGRUPPE
  - 1:n ... ARBEITET_FÜR/MIT: MITARBEITER $\rightarrow$ PROF
  - n:m ... BESCHÄFTIGT/IST_HIWI: PROF — STUDENT

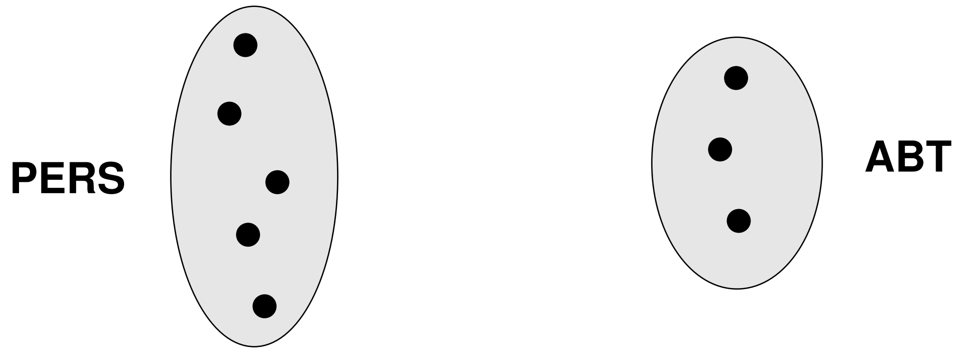
  → Abbildungstypen implizieren nicht, daß für jedes $e_k \in E_i$ auch tatsächlich ein $e_l \in E_j$ existiert

- **Diagrammdarstellung**:

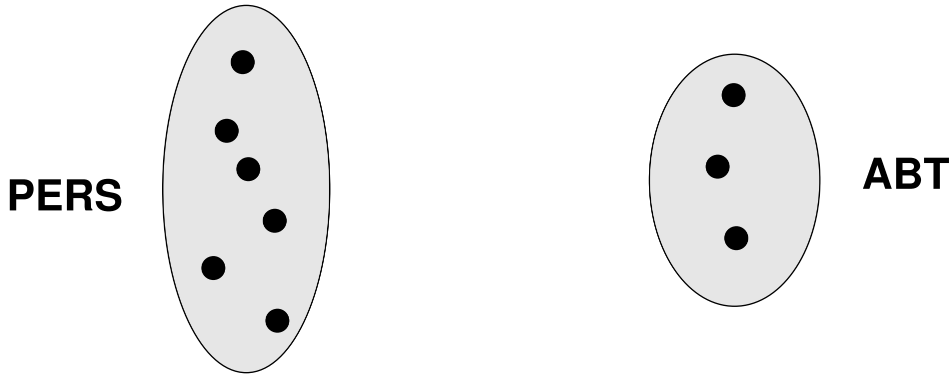


Klassifikation von Datenabbildungen (2)

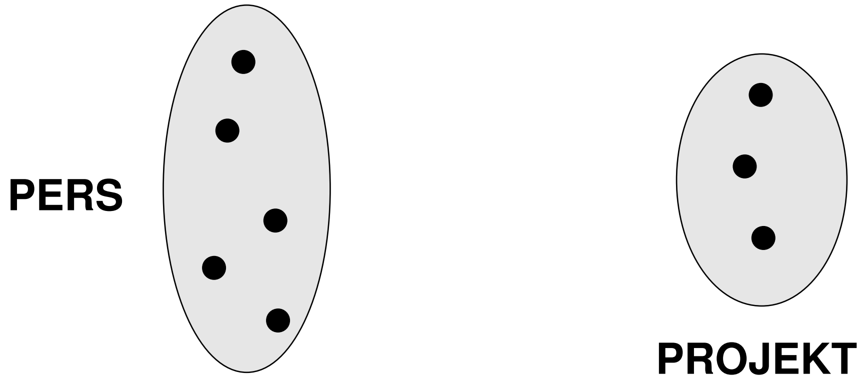
- **Beispiele zu $E_i – E_j$ (externe Klassifikation)**
  - 1:1: LEITET/WIRD_GELEITET: PERS **<—>** ABT



  - n:1/1:n: ARBEITET_FÜR/HAT_MITARBEITER: PERS **—>** ABT



  - n:m: ARBEITET_FÜR/MITARBEIT: PERS **—** PROJEKT



ER-Schema – Beispiel

DECLARE	VALUE-SETS	REPRESENTATION	ALLOWABLE-VALUES
	PERSONAL-NR	INTEGER(5)	(1,10000)
	VORNAMEN	CHARACTER(15)	ALL
	NACHNAMEN	CHARACTER(25)	ALL
	BERUFE	CHARACTER(25)	ALL
	PROJEKT-NR	INTEGER(3)	(1,5000)
	ANZ.-JAHRE	INTEGER(3)	(0,100)
	ORTE	CHARACTER(15)	ALL
	PROZENT	FIXED(5.2)	(0,100.00)
	ANZ.-MONATE	INTEGER(3)	(0,100)

DECLARE REGULAR ENTITY RELATION PERSONAL
ATTRIBUTE/VALUE-SET:
- PNR/PERSONAL-NR
- NAME/(VORNAMEN,NACHNAMEN)
- KÜNSTLER-NAME/(VORNAMEN, NACHNAMEN)
- BERUF/BERUFE
- ALTER/ANZ.-JAHRE

PRIMARY KEY:
- PNR

DECLARE REGULAR ENTITY RELATION PROJEKT
ATTRIBUTE/VALUE-SET:
- PRO-NR/PROJEKT-NR
- PRO-ORT/ORTE

PRIMARY KEY:
- PRO-NR

DECLARE RELATIONSHIP RELATION PROJEKT-MITARBEIT
ROLE/ENTITY-RELATION.PK/MAX-NO-OF-ENTITIES
- MITARBEITER/PERSONAL.PK/n
- PROJEKT /PROJEKT.PK/m

ATTRIBUTE/VALUE-SET:
- ARBEITSZEITANTEIL/PROZENT
- DAUER/ANZ.-MONATE

DECLARE RELATIONSHIP RELATION PERS.-ANGEHÖRIGE
ROLE/ENTITY-RELATION.PK/MAX-NO-OF-ENTITIES
- UNTERHALTSPFLICHTIGER/PERSONAL.PK/1
- KIND/ KINDER.PK/n

EXISTENCE OF KIND DEPENDS ON
EXISTENCE OF UNTERHALTSPFLICHTIGER

DECLARE WEAK ENTITY RELATION KINDER ATTRIBUTE/VALUE-SET:
- NAME/VORNAMEN
- ALTER/ANZ.-JAHRE

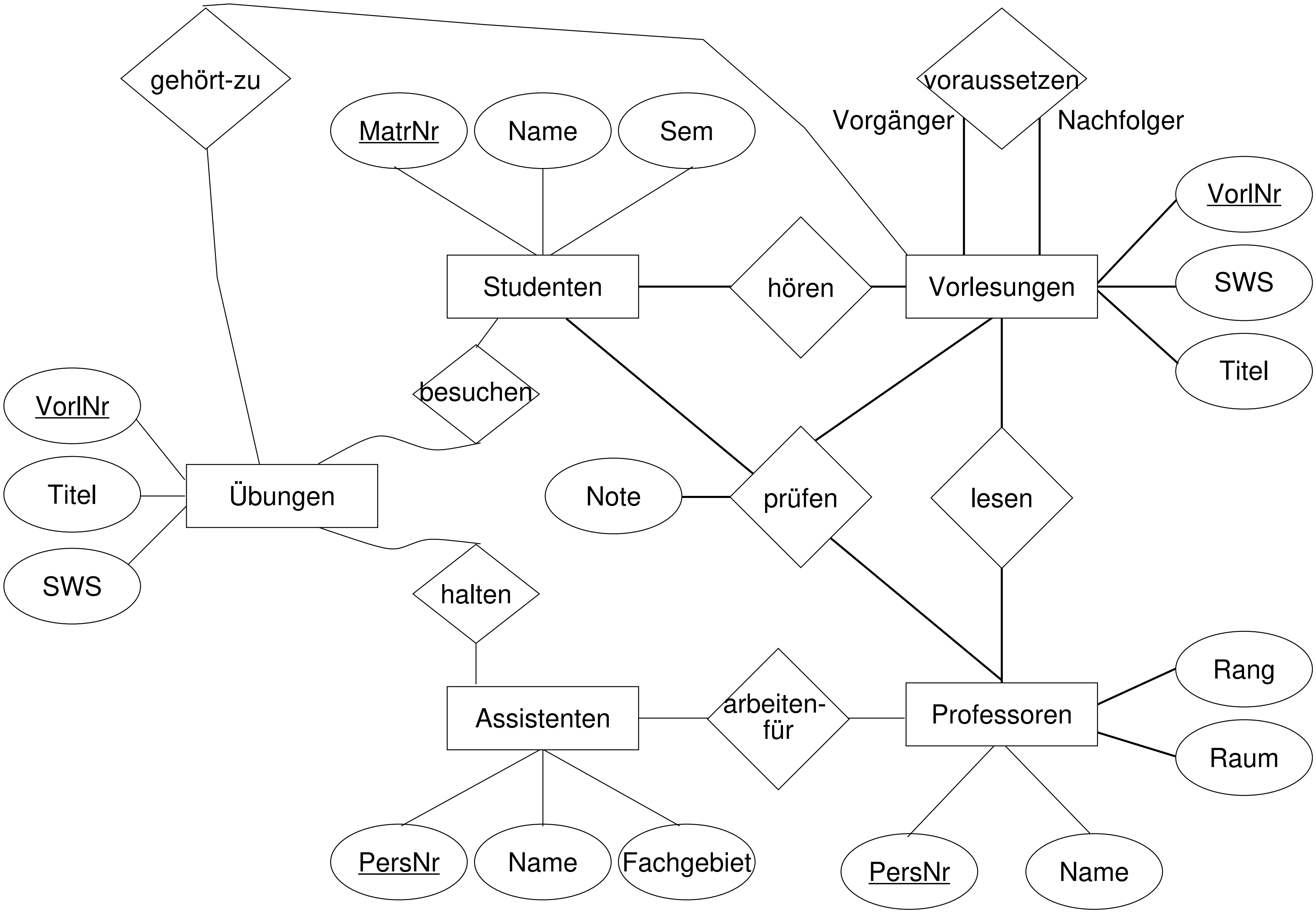
PRIMARY KEY:
- NAME
- PERSONAL.PK THROUGH PERS-ANGEHÖRIGE

Anwendungsbeispiel: Vorlesungsbetrieb

Stellen Sie ein ER-Diagramm für folgende Miniwelt auf:

- Jeder Professor **hält** mehrere seiner Vorlesungen und **prüft** Studenten jeweils über eine dieser Vorlesungen.
- Mehrere Assistenten **arbeiten** jeweils für einen Professor und **halten** Übungen, die zu den entsprechenden Vorlesungen **gehören**.
- Mehrere Studenten **hören** jeweils eine Reihe von Vorlesungen. Übungen und Vorlesungen werden jeweils von mehreren Studenten **besucht**.
- Der Besuch von Vorlesungen **setzt** i. allg. die Kenntnis anderer Vorlesungen **voraus**.

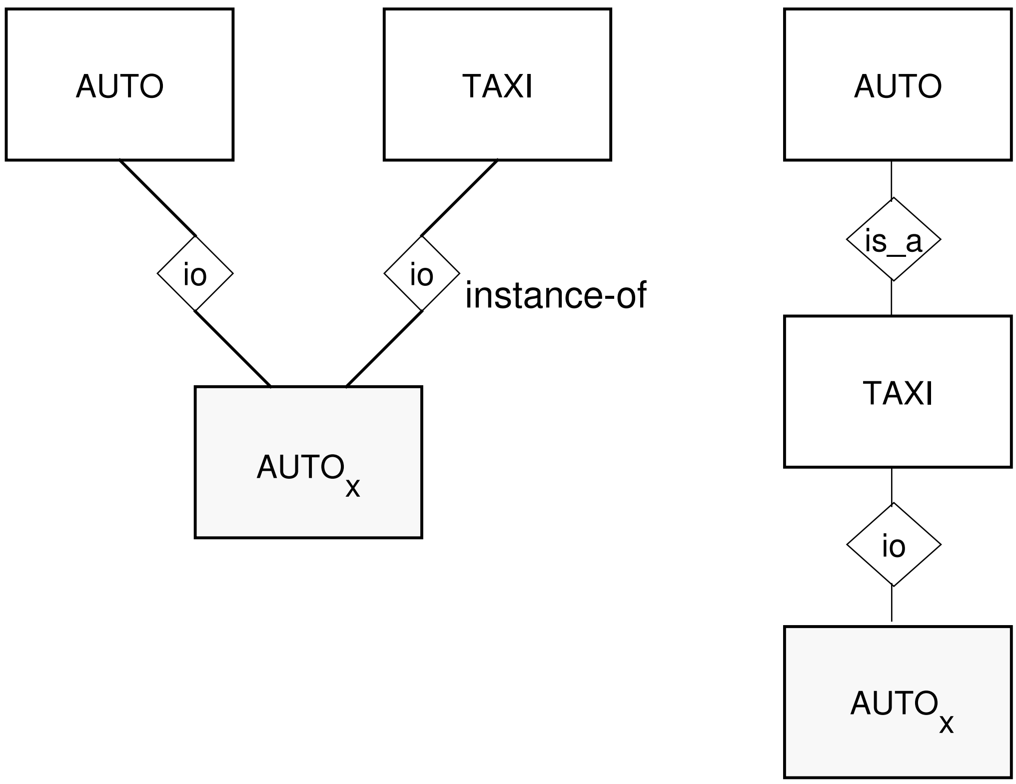
ER-Diagramm - Vorlesungsbetrieb



Erweiterungen des ERM

- **„Alles dreht sich um die genauere Modellierung von Beziehungen“**

- **Beispiel:** Unangemessene Modellierung bei überlappenden EM



- **Ziele**
  - Verfeinerung der Abbildungen von Beziehungen durch **Kardinalitätsrestriktionen**
  - Ausprägungen (Objekte) einer EM sollen im Modell explizit dargestellt werden
  - gleichartige Darstellung von Ausprägung und Typ (EM)
  - Einführung von systemkontrollierten Beziehungen (**Abstraktionskonzepte**)

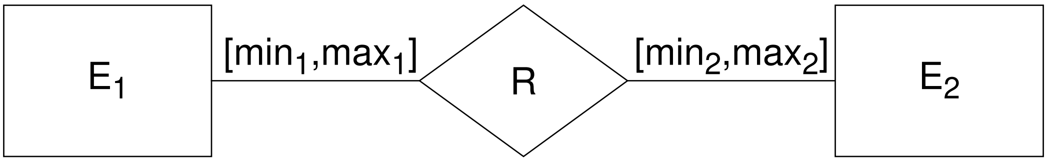
Verfeinerung der Datenabbildung: Kardinalitätsrestriktionen

- bisher: grobe strukturelle Festlegung der Beziehungen
  z. B.: 1:1 bedeutet „höchstens eins zu höchstens eins“

- Verfeinerung der Semantik eines Beziehungstyps durch Kardinalitäts-restriktionen:
  sei $R \subseteq E_1 \times E_2 \times ... \times E_n$
  Kardinalitätsrestriktion $kard(R,E_i) = [min,max]$
  bedeutet, daß jedes Element aus E_i in wenigstens min und höchstens max Ausprägungen von R enthalten sein muß (mit 0 <= min <= max, max >= 1).

- **graphische Darstellung**

Kardinalitäts-restriktionen:



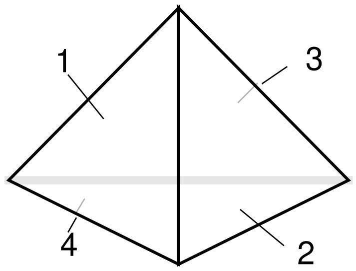
e_1 nimmt an $[min_1,max_1]$ Beziehungen von Typ R teil
e_2 nimmt an $[min_2,max_2]$ Beziehungen von Typ R teil

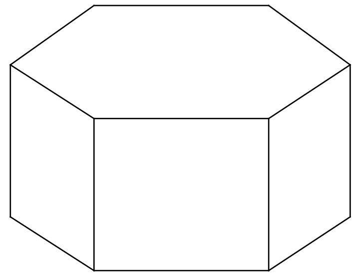
- **Beispiele**:

R	E_1	E_2	kard(R, E_1)	kard(R, E_2)
Abt-Leitung	ABT	PERS		
Heirat	FRAU	MANN		
Eltern	PAARE	KIND		
Abt-Angehörigk.	ABT	PERS		
V.Teilnahme	VORL	STUDENT		
Mitarbeit	PERS	PROJEKT		

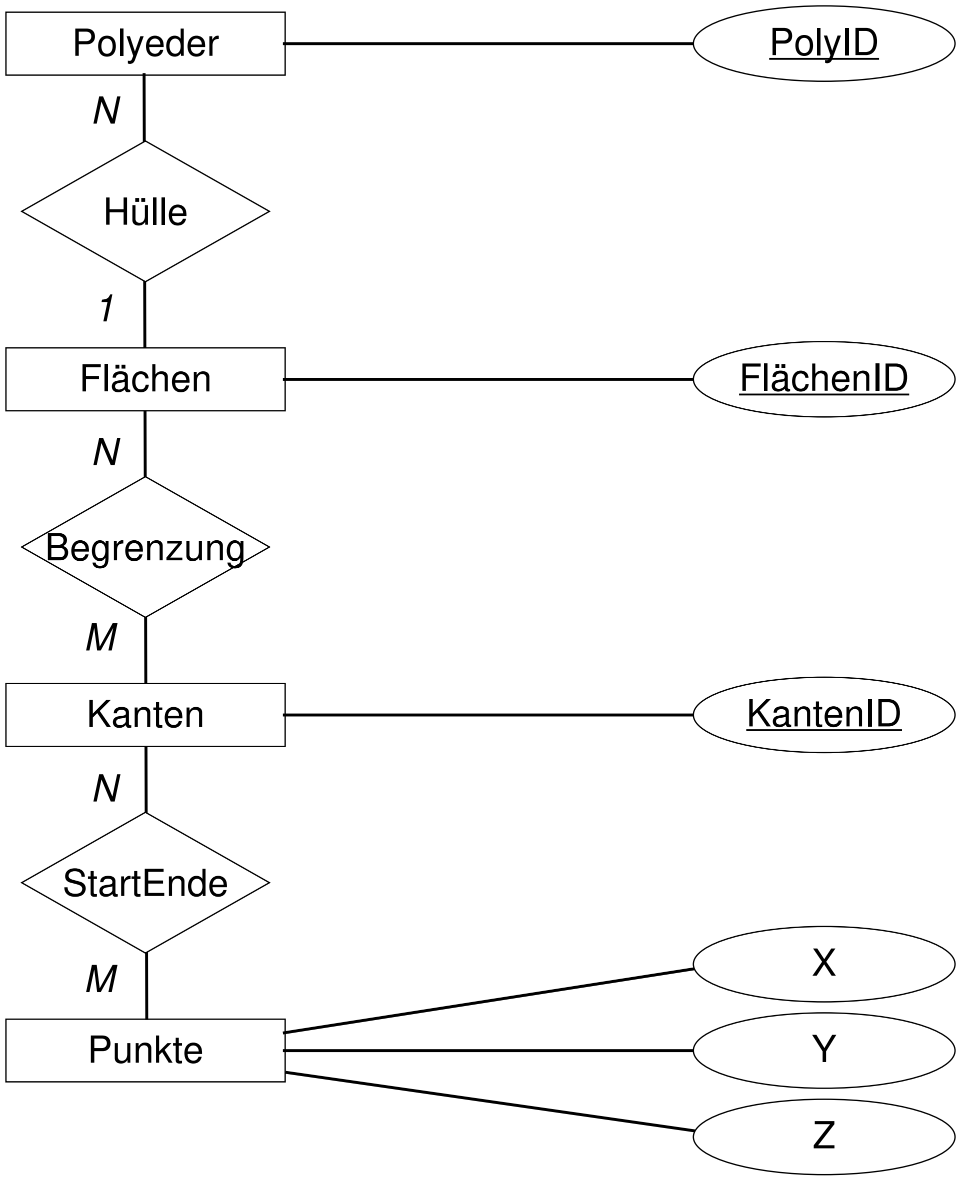
Begrenzungsflächendarstellung von Körpern

Beispiel-Körper:





ER-Diagramm:

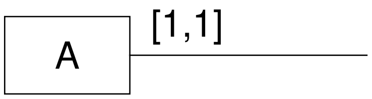


Notationen

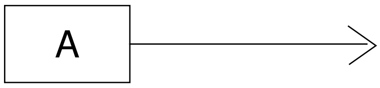
- **Viele Systeme erlauben als Kardinalitätsrestriktionen nur 0, 1 oder n**

- **Jedes Element von A nimmt an genau einer Beziehung teil**

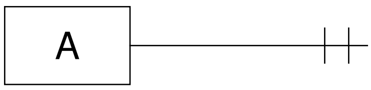
MIN-
MAX



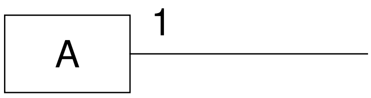
SAP-
SERM



Krähen-
fuß

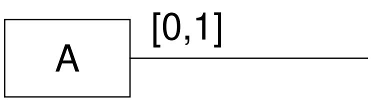


1, C, M

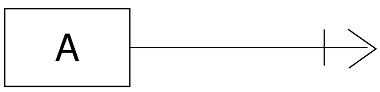


- **Jedes Element von A nimmt an höchstens einer Beziehung teil**

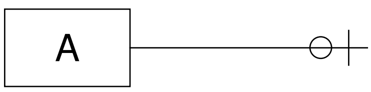
MIN-
MAX



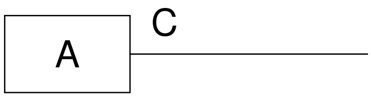
SAP-
SERM



Krähen-
fuß

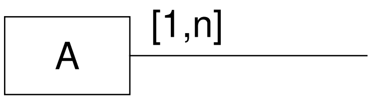


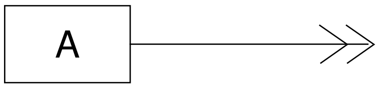
1, C, M

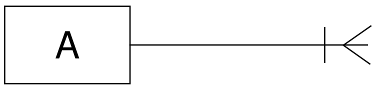


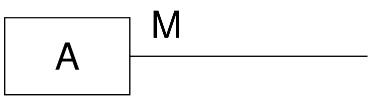
Notationen (2)

- **Jedes Element von A nimmt an mindestens einer Beziehung teil**

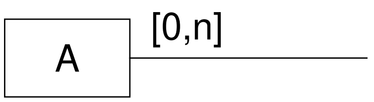
MIN-
MAX


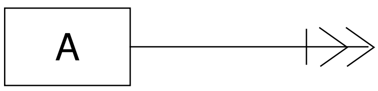
SAP-
SERM


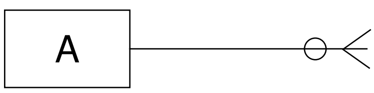
Krähen-
fuß


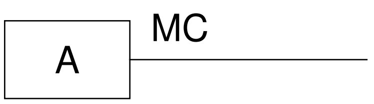
1, C, M


- **Jedes Element von A kann an beliebig vielen Beziehungen teilnehmen**

MIN-
MAX


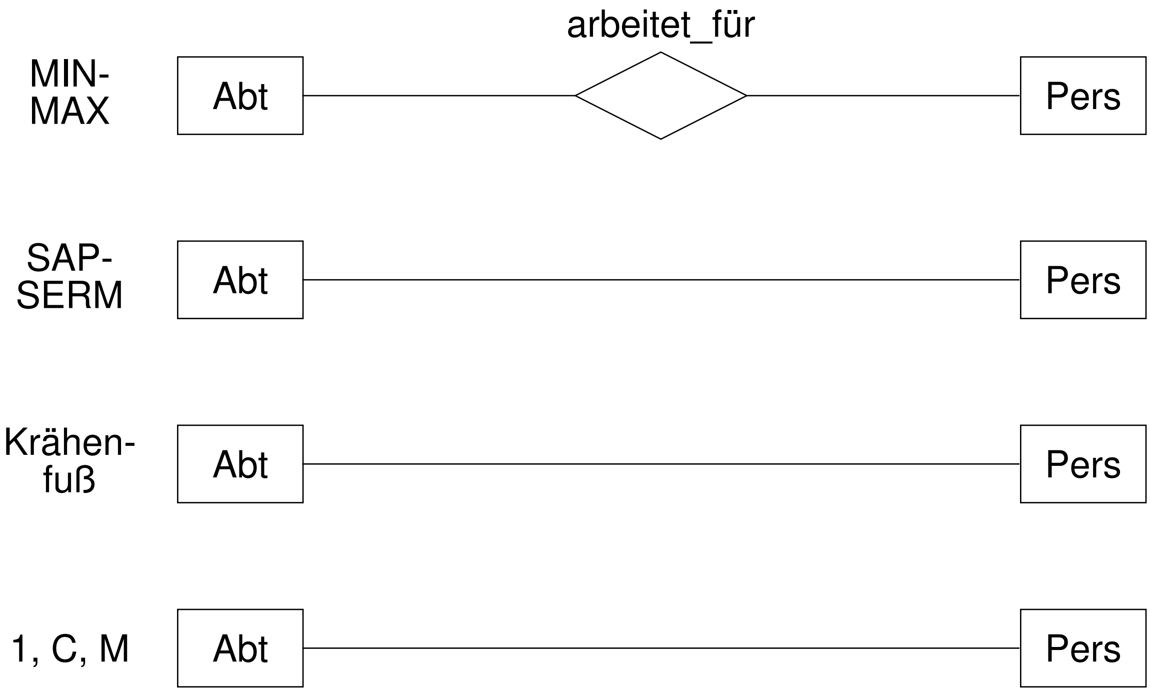
SAP-
SERM


Krähen-
fuß


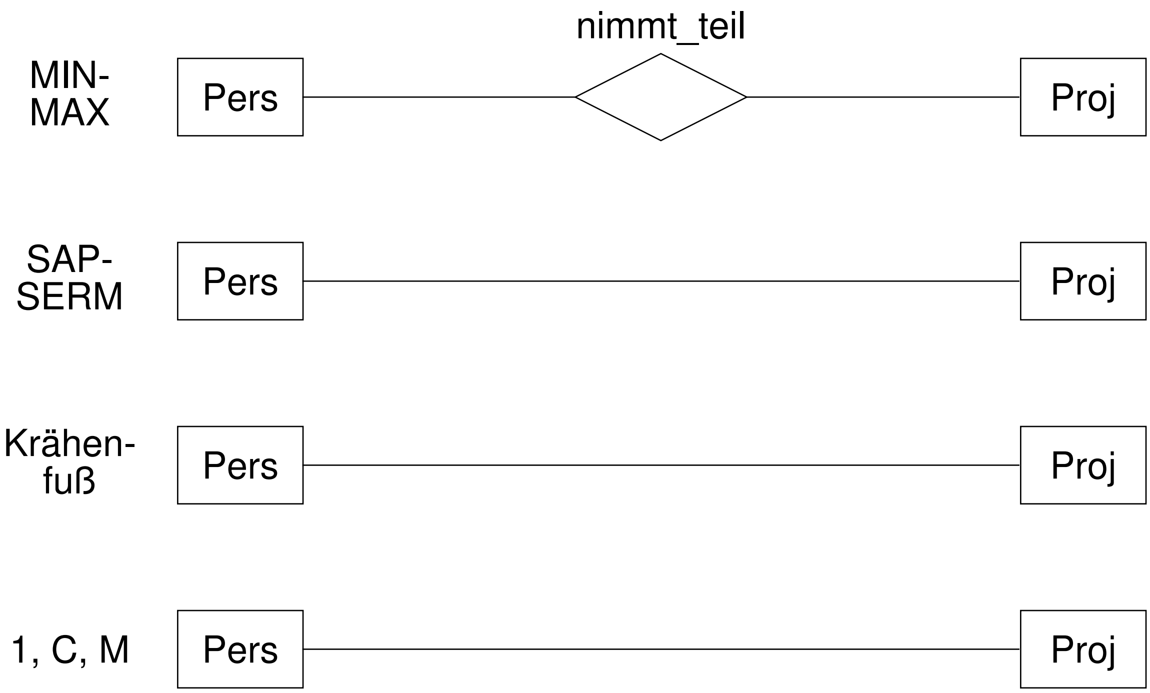
1, C, M


Notationen - Beispiel

- **1:n**



- **n:m**



Abstraktionskonzepte[1]

- **Ziel:**
  - Erfassung von <u>noch mehr</u> Semantik aus der Miniwelt durch das ERM
  - Entwicklung von (Beschreibungs-)Modellen zur adäquateren Wiedergabe der ausgewählten Miniwelt (Diskursbereich)
  - Definition von **systemkontrollierten Beziehungen**
- **Aufgabe:**
  - Identifikation von <u>wesentlichen</u> Konstrukten, die vom Menschen angewendet werden, wenn er seinen Diskursbereich beschreibt.
    → Anwendung von ***Abstraktion***, um die Information zu organisieren: **“abstraction permits someone to suppress specific details of particular objects emphasizing those pertinent to the actual view”**
- **Zwei Typen von Abstraktionen**
  - von einfachen zu zusammengesetzten Objekten (*1-Ebenen-Beziehung*)
  - von zusammengesetzten zu (komplexer) zusammengesetzten Objekten (*n-Ebenen-Beziehungen*)
- **Abstraktionskonzepte werden vor allem eingesetzt**
  - zur <u>*Organisation der Information*</u> und damit auch
  - zur <u>*Begrenzung des Suchraumes*</u> beim Retrieval sowie
  - zu <u>*systemkontrollierten Ableitungen*</u> (Reasoning)
- **Übersicht**
  - Klassifikation – Instantiation
  - Generalisierung – Spezialisierung
  - Element-/Mengenassoziation
  - Element-/Komponentenaggregation

---

1. Mattos, N.: An Approach to Knowledge Management, LNAI 513, Springer, 1991

Klassifikation

- Klassifikation entspricht der Bildung von Entity-Mengen:
  Sie faßt Objekte (*Entities*) mit gemeinsamen Eigenschaften zu einem neuen zusammengesetzten Objekt (Entity-Typ, **Klasse**, Klassenobjekt) zusammen

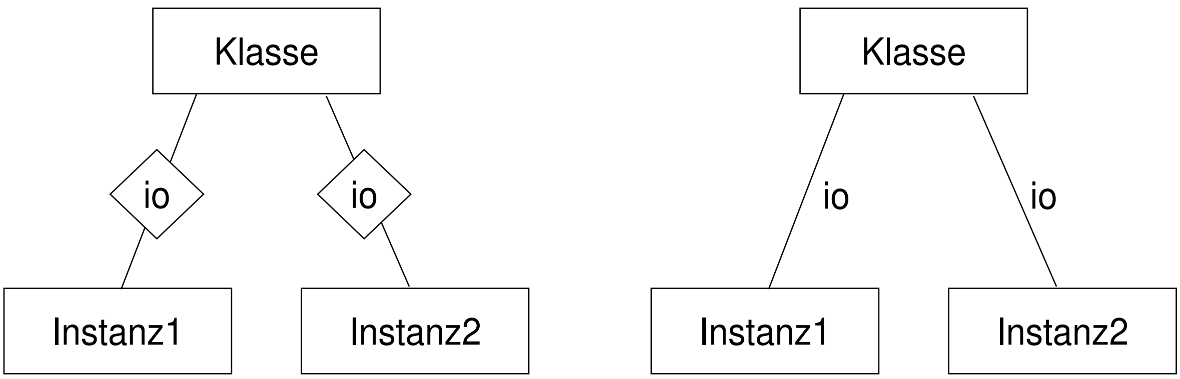
- Eine Klasse ist definiert als Zusammenfassung von Objekten **gleichen Typs** (und gleicher Repräsentation).
  Dadurch nur einmalige Definition von
  - Attributnamen und -typen
  - Methoden
  - Integritätsbedingungen

- Es wird eine **'instance-of'**-Beziehung (**‘io’**) als 1-Ebenen-Beziehung zu den Objekten der Klasse aufgebaut

Instantiation

- Instantiation ist das inverse Konzept zur Klassifikation
- Sie wird benutzt, um zu Instanzen/Objekten zu gelangen, die den Eigenschaften der Klasse unterliegen
  - gleiche Struktur (Attribute)
  - gleiche Operationen
  - gleiche Integritätsbedingungen
- Klassifikation/Instantiation sind die primären Konzepte zur **Objektbildung und -strukturierung**

- **graphische Darstellung**



Die Darstellungen der anderen Abstraktionskonzepte erfolgen entsprechend.

Generalisierung

- **Aufgabe**
  Generalisierung ist ein ergänzendes Konzept zur Klassifikation. Durch sie wird eine allgemeinere Klasse definiert, die die Gemeinsamkeiten der zugrundeliegenden Klassen aufnimmt und deren Unterschiede unterdrückt

- **Anwendung**

  - Sie baut die **'subclass-of'**-Beziehung auf (**'sc'**- oder **'is-a'**-Beziehung)

  - Sie ist rekursiv anwendbar (n-Ebenen-Beziehung) und organisiert die Klassen in einer Generalisierungshierarchie

  - Eine Superklasse ist eine Verallgemeinerung/Abstraktion der zugehörigen Subklassen. Sie entspricht einem komplex zusammengesetzten Objekt, das gebildet wird als Kollektion von komplex zusammengesetzten Objekten (Subklassen)

- **Struktureigenschaften der Generalisierung**

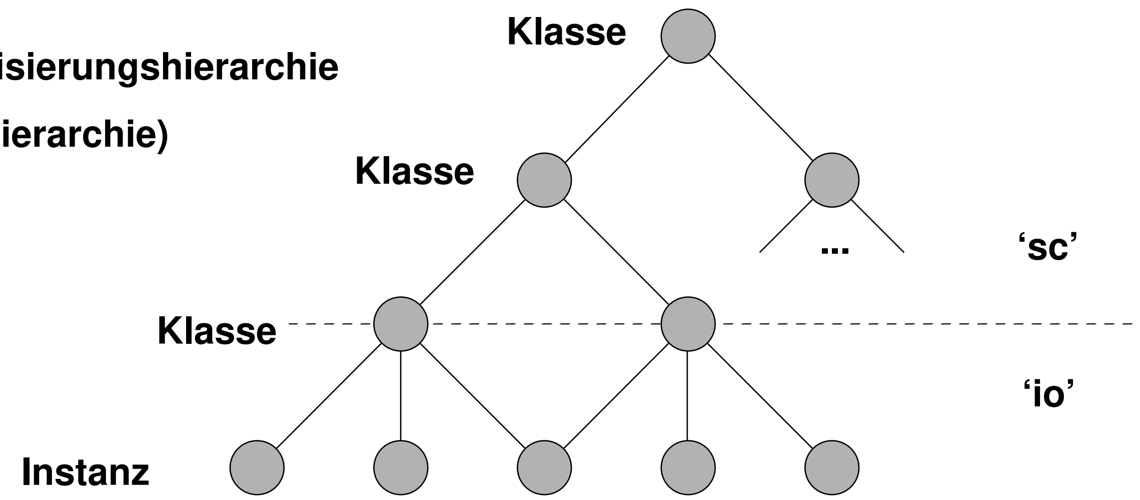
  - Alle Instanzen einer Subklasse sind auch Instanzen der Superklasse

  - Ein Objekt kann gleichzeitig Instanz verschiedener Klassen sein sowie auch Subklasse mehrerer Superklassen (→ Netzwerke, (n:m) !)

  - Zugehörigkeit eines Objektes zu einer Klasse/Superklasse wird im wesentlichen bestimmt durch **Struktur** (Attribute)**, Verhalten** (Operationen) und **Integritätsbedingungen** der Klasse/Superklasse

Generalisierungshierarchie

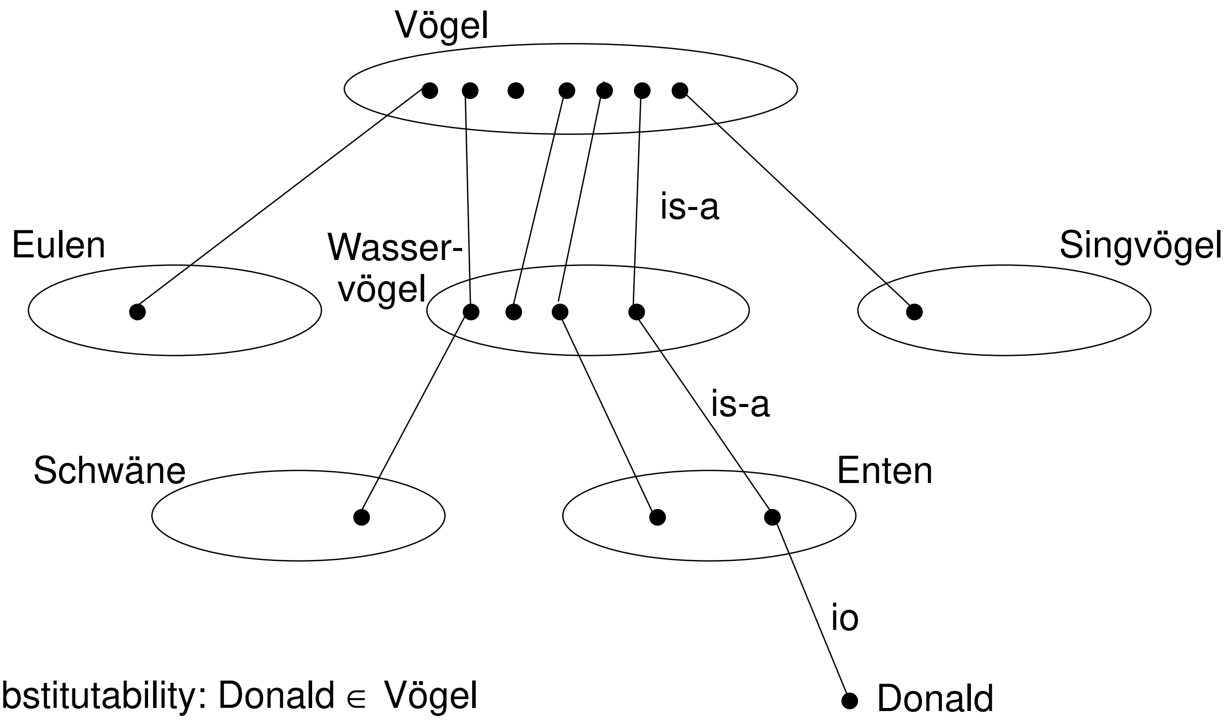
(Is-a-Hierarchie)



Klassifikation / Generalisierung
Instantiation / Spezialisierung

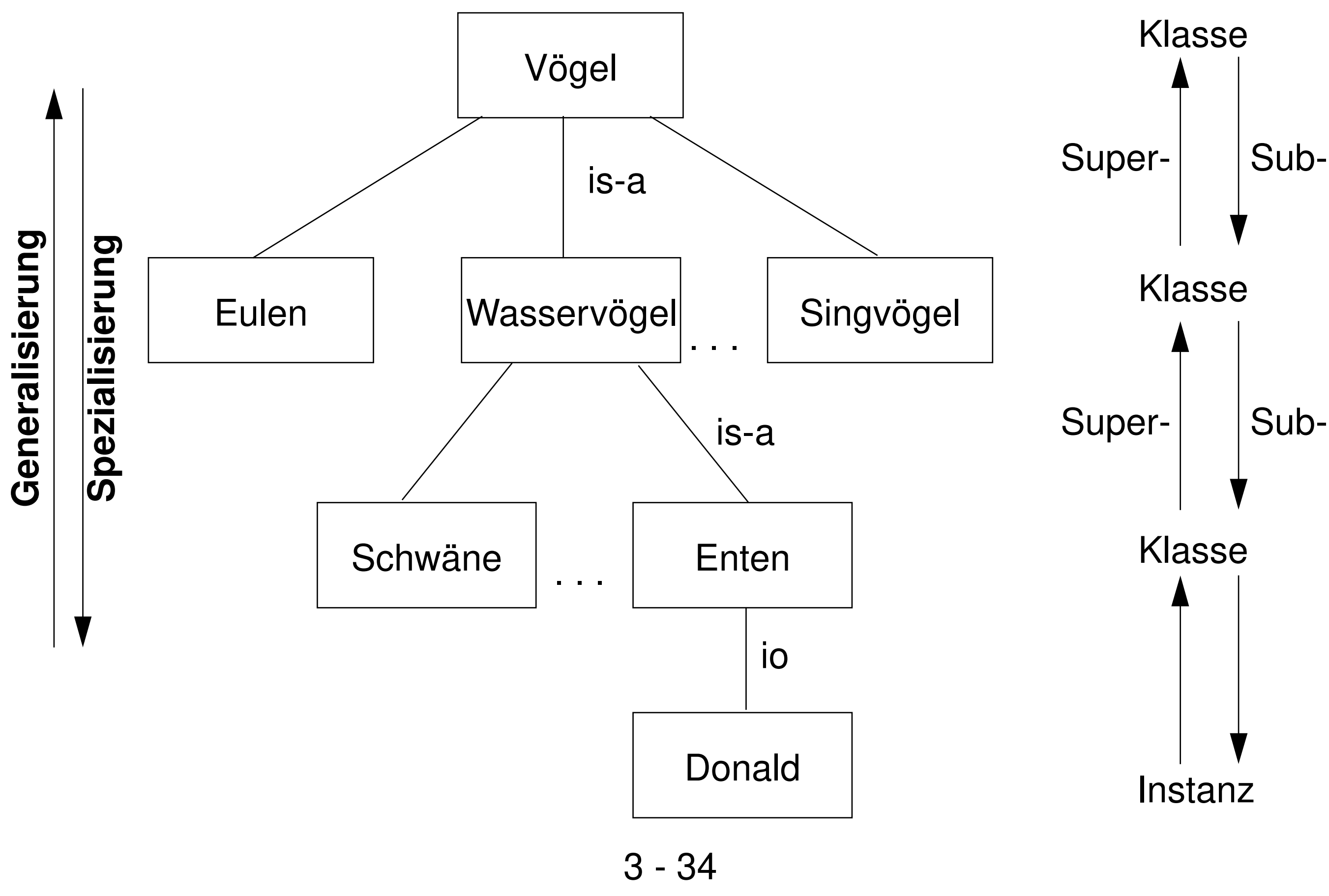
Modellierungsbeispiel zur Generalisierung

Instanzendarstellung



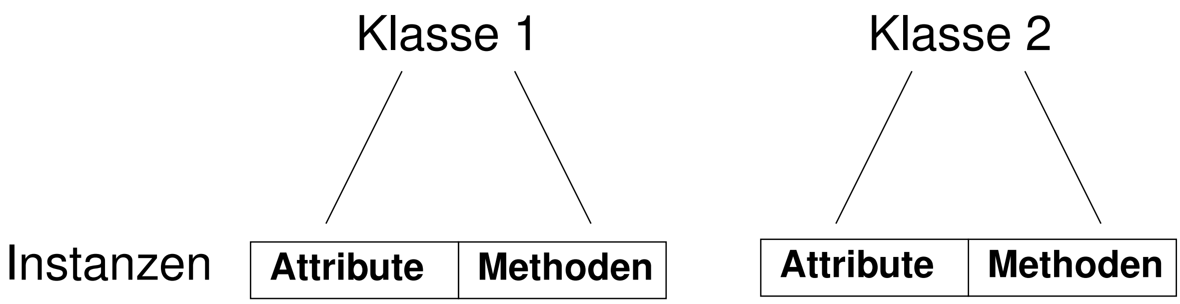
Substitutability: Donald $\in$ Vögel

Typdarstellung



Generalisierung (2)

- **Objekte können gleichzeitig Instanzen mehrerer Klassen sein:**



Dabei können Attribute (und Methoden) mehrfach eingerichtet werden:

Klasse Autofahrer (Name, Geburtstag, Führerscheinklasse, ...)

Klasse Student (Name, Geburtstag, Matrikelnr, ...)

Grund: Autofahrer und Studenten sind beide Personen, und in dieser „Rolle" haben beide Namen und Geburtstag

→ Generalisierungsschritt: **Klasse** Person einrichten

- **aber:**

Studenten oder Autofahrer, die keine Personen sind, darf es nicht geben!
(Es kann jedoch Personen geben, die weder Studenten noch Autofahrer sind)

- **Beziehung zwischen den Klassen:**

Student (Autofahrer) ist **Subklasse** von Person

Person ist **Superklasse** von Student und Autofahrer

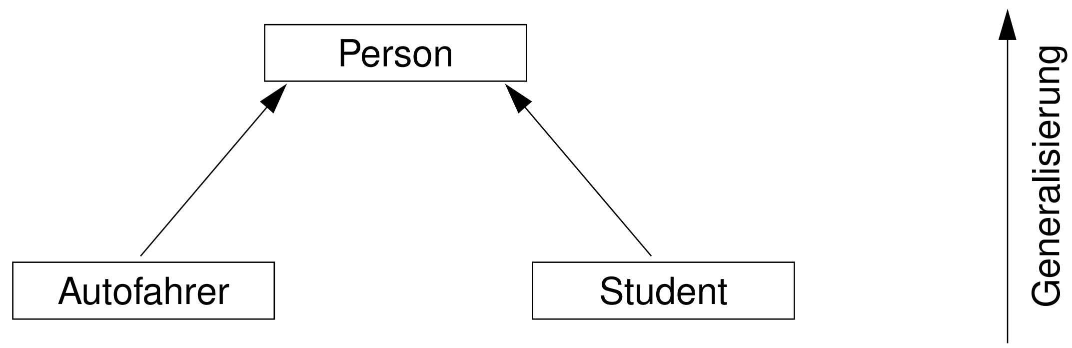
- jede Instanz der Subklasse ist immer auch Instanz der Klasse, aber nicht umgekehrt
- jede Methode, die auf die Instanzen einer Klasse anwendbar ist, ist damit immer auch auf die Instanzen sämtlicher Subklassen anwendbar

→ Garantie von bestimmten Integritätsbedingungen durch das System:

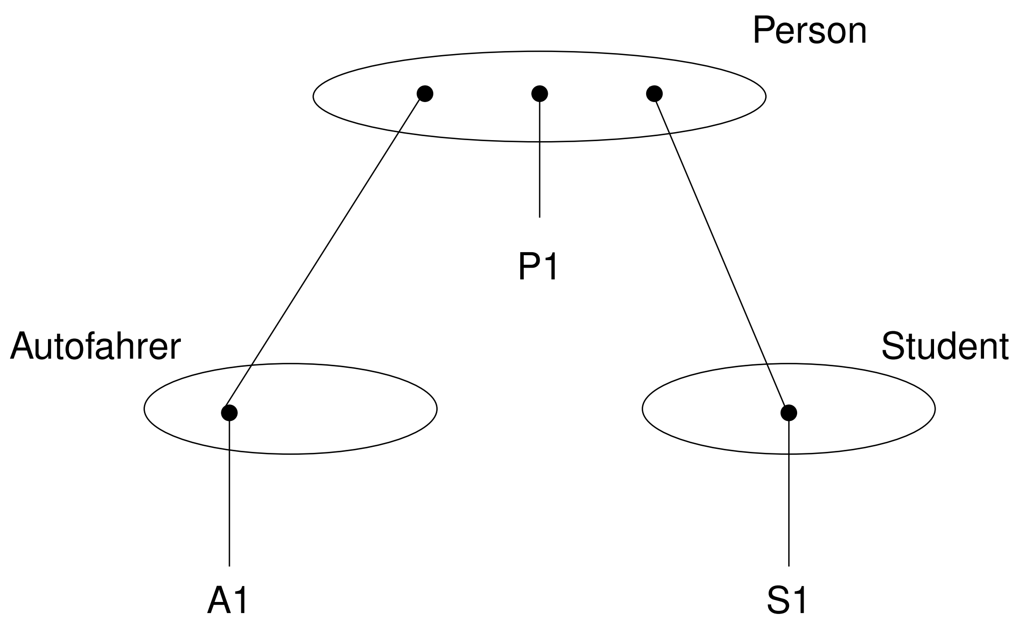
jeder Student ist auch Person

Generalisierung - Beispiel

- **Klassen**



- **Instanzen**

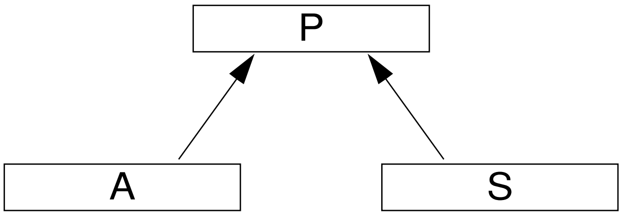


- **Subklassen sind i. allg. nicht disjunkt!**

Generalisierung - Beispiel (2)

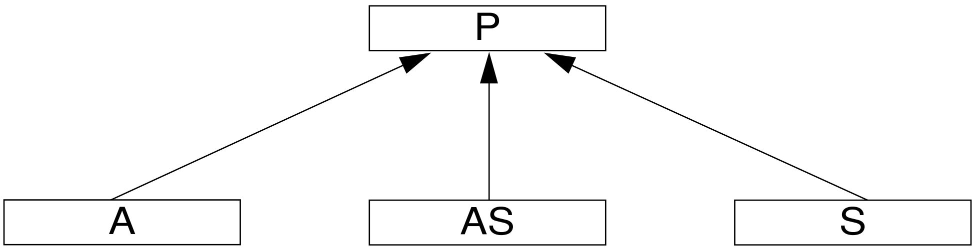
- **Überlappende Subklassen - Ansätze:**

1. Mehrklassenmitgliedschaft von Instanzen



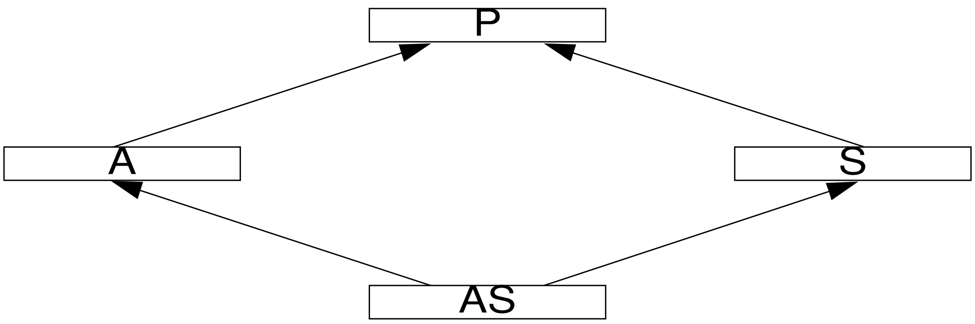
Wartung hat durch Programmierer zu erfolgen

2. Einklassenmitgliedschaft von Instanzen (Einfachvererbung)



Mehrfache Definition von Attributen, Integritätsbedingungen usw.,
Wartung erfolgt durch System

3. Einklassenmitgliedschaft von Instanzen (Mehrfachvererbung)



Einmalige Definition von Attributen, Integritätsbedingungen usw.,
Wartung erfolgt durch System,
aber: komplexere Schemastrukturen, eingeschränkte Erweiterbarkeit

Generalisierung (3)

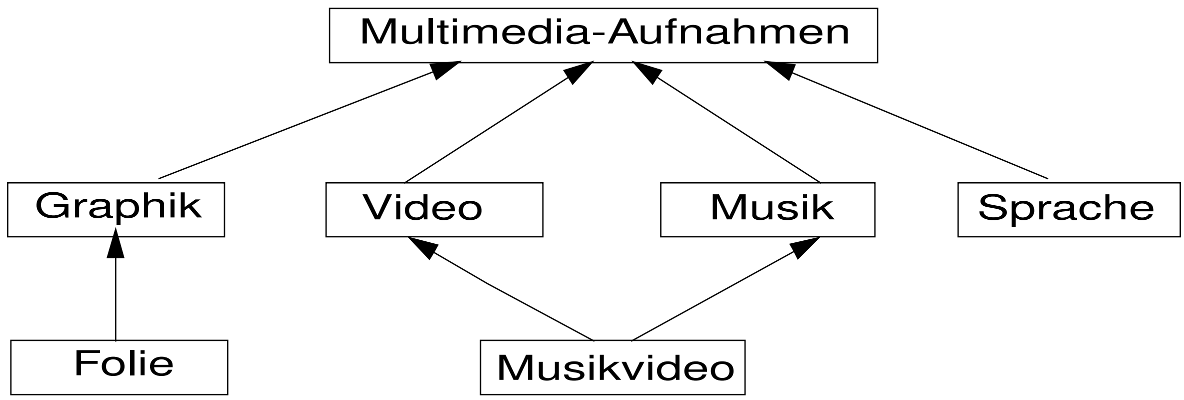
- **historisches Vorbild: Carl von Linné**
  - biologische Systematik
  - Reich (z.B. Tierreich) – Stamm (Chordatiere) – Klasse (Säugetiere) – Familie – Gattung – Art

    → daher auch: „Art-Gattungs-Beziehung“

- bei manchen Systemen höchstens eine Superklasse pro Klasse (Klassen bilden **Baum** bzw. Hierarchie)

- bei anderen beliebig viele (**„Klassenverband“**, gerichteter azyklischer Graph)

- **Diese Restriktion bestimmt entscheidend die Definition von Klassen:**



→ Was ist zu tun, wenn nur Baumstrukturen erlaubt sind ?

- **evtl. zusätzlich spezifizieren:**
  - Subklassen müssen disjunkt sein (keine Mehrklassen-Mitgliedschaft)
  - Subklassen müssen vollständig (überdeckend) sein: jede Instanz der Klasse stets auch in einer der Subklassen (abstrakte Superklasse: hat keine direkten Instanzen)

Spezialisierung

- **Aufgabe**

  Spezialisierung ist das inverse Konzept zur Generalisierung.
  Sie unterstützt die 'top-down'-Entwurfsmethode:

  - zuerst werden die allgemeineren Objekte beschrieben (Superklassen)
  - dann die spezielleren (Subklassen)

- **Systemkontrollierte Ableitung**

  Dabei wird natürlich das Konzept der **Vererbung** ausgenutzt:

  - Superklassen-Eigenschaften werden 'vererbt' an alle Subklassen, da diese auch dort gültig sind
  - **Vorteile:**
    - keine Wiederholung von Beschreibungsinformation
    - abgekürzte Beschreibung
    - Fehlervermeidung

Spezialisierung (2)

- **Vererbung von**
  - **Struktur**: Attribute, Konstante und Default-Werte
  - **Integritätsbedingungen**: Prädikate, Wertebereiche usw. sowie
  - **Verhalten**: Operationen (auch Methoden genannt)

⇒ Es müssen **alle Struktur-, Integritäts- und Verhaltensspezifikationen** vererbt werden. Integritätsbedingungen können **eingeschränkt**, Default-Werte können **überschrieben,** Methoden **überladen** werden.

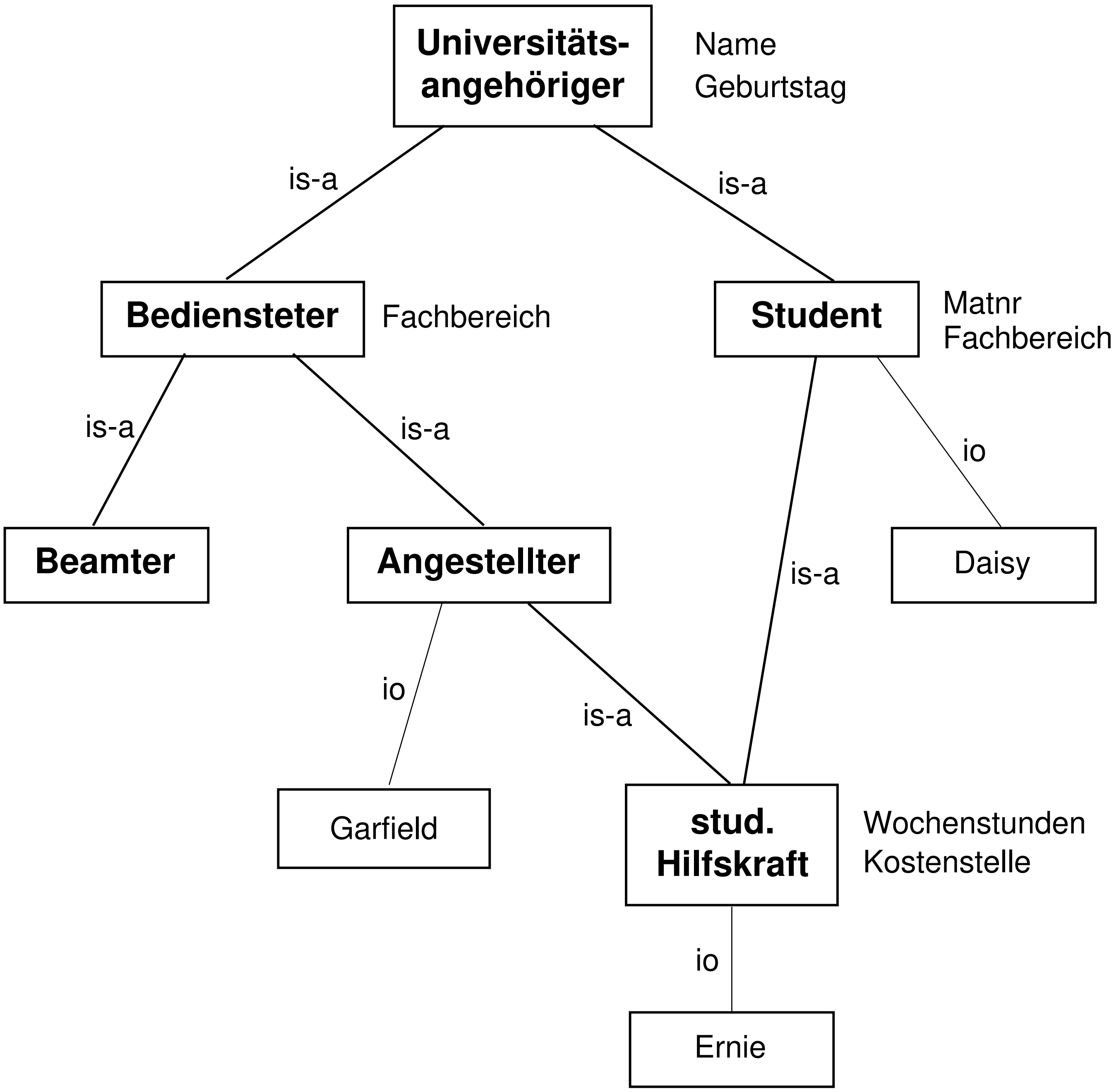
- **Arten der Vererbung**
  - Einfach-Vererbung (eindeutig)
  - Mehrfach-Vererbung

- **Schlußweise für Vererbungsregeln:**

HasAttribute (C1, A)	←	Isa (C1, C2), HasAttribute (C2, A)
HasValue (C1, A, V)	←	Isa (C1, C2), HasValue (C2, A, V)
P(..., C1, ...)	←	Isa (C1, C2), P (..., C2, ...)

Vererbung (*Inheritance*)

- Subklasse **erbt alle** Attribute der Superklasse

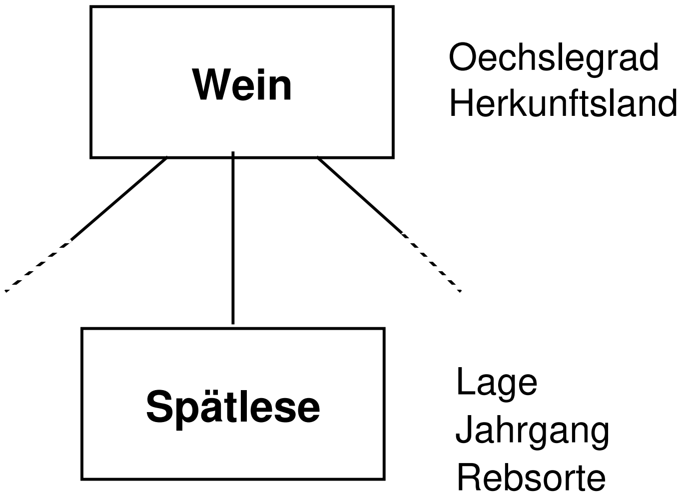


- **Mehrfach-Vererbung** (*multiple inheritance*) kann zu Konflikten führen

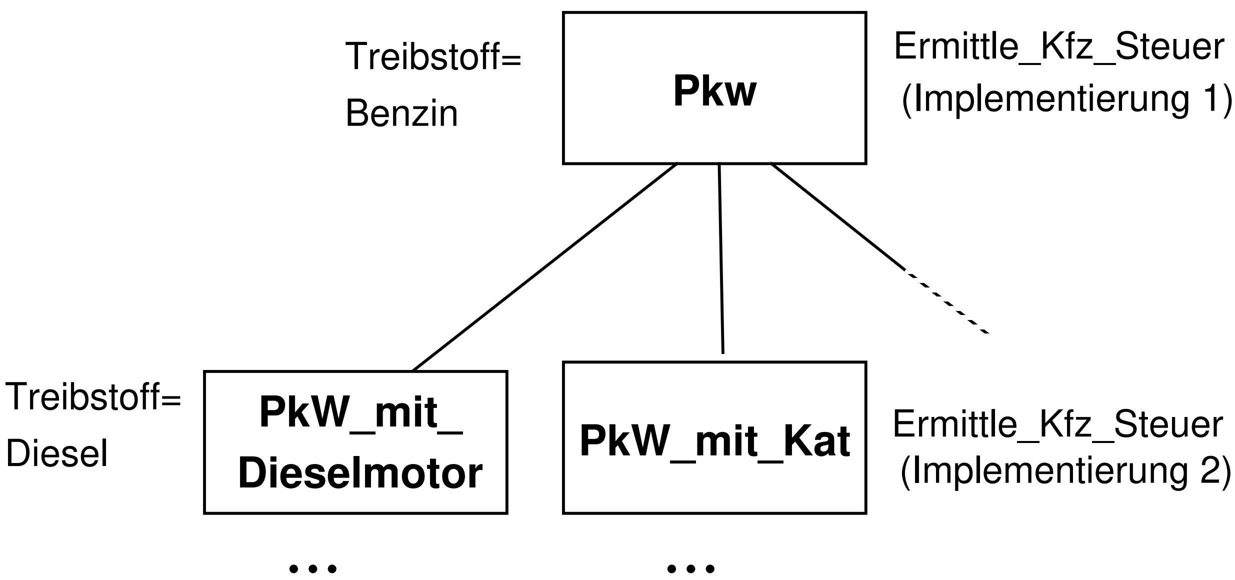
  → Auflösung explizit durch den Benutzer, z. B. durch Umbenennung:
  Hiwi_im_Fachbereich → Fachbereich of Angestellter
  immatrikuliert_im_Fachbereich → Fachbereich of Student

Vererbung (2)

- Subklasse kann den Wertebereich ererbter Attribute **einschränken**:



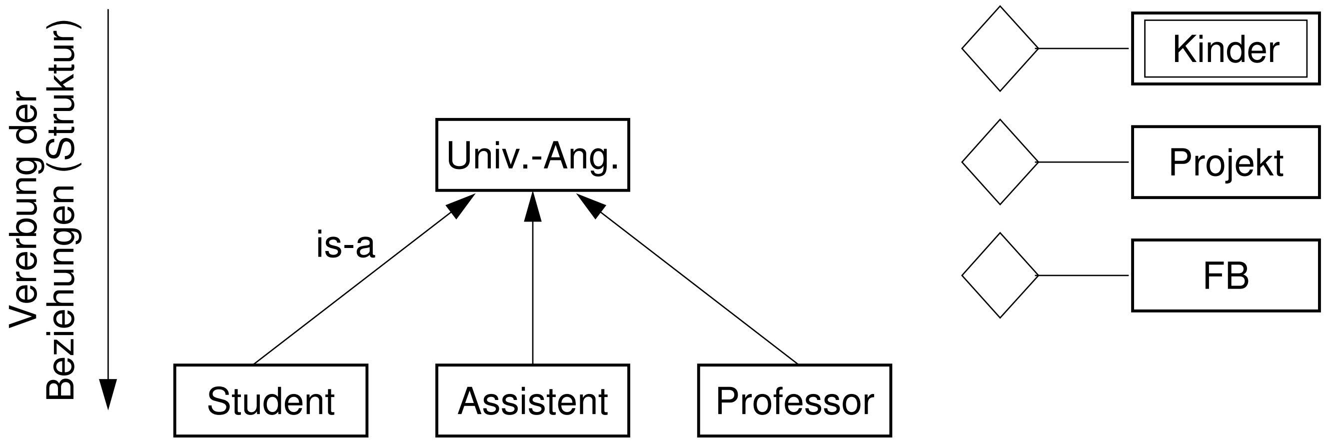
- Subklasse kann ererbte Attributwerte **überschreiben** oder Methoden **überladen:**



Methoden mit **gleichem Namen** und **unterschiedlicher Implementierung** (*Overloading*)

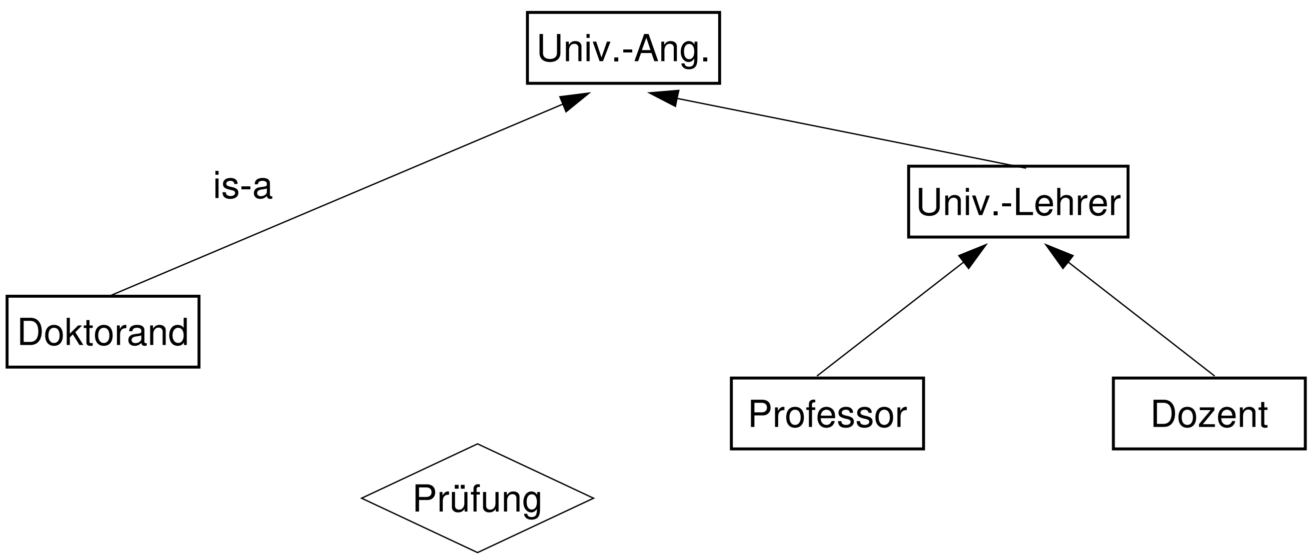
Vererbung (3)

- **Vererbung von Beziehungen:**



- **Beispiel: Doktorprüfung**
  Drei-Weg-Beziehung zwischen Doktorand sowie zwei Professoren als Erst- und Zweitgutachter

- **Verfeinerung von Doktorprüfung**:
  Erstgutachter muß Professor sein, Zweitgutachter kann Dozent sein



Vererbung (4)

- **Mehrfach-Vererbung / mögliche Lösungen**

  1. **Attribute:**

  2. **Wertebereiche (zulässige Werte):**

  3. **Defaultwerte:**

  4. **Integritätsbedingungen (Prädikate):**

  5. **Operationen (Methoden):**

Spezialisierung: Definitionen

- Subklasse:
  Klasse S, deren Entities eine Teilmenge einer Superklasse G sind:

  $$S \subseteq G$$

  d. h., jedes Element (Ausprägung) von S ist auch Element von G.

- Spezialisierung: $Z = \{S_1, S_2, \ldots S_n\}$
  Menge von Subklassen S_i mit derselben Superklasse G

  Z heißt **vollständig (total)**, falls gilt

  $$G = \cup \; S_i \qquad (i = 1..n)$$

  andernfalls **partiell**.

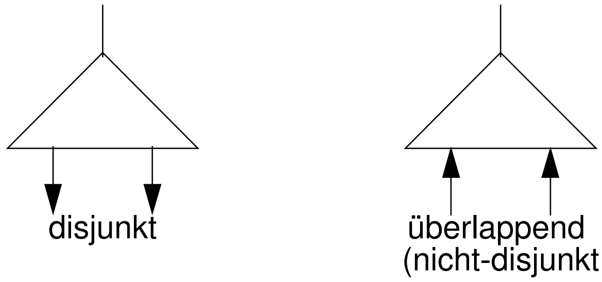
  Z ist **disjunkt**, falls

  $$S_i \cap S_j = \{\,\} \quad \text{für } i \neq j$$

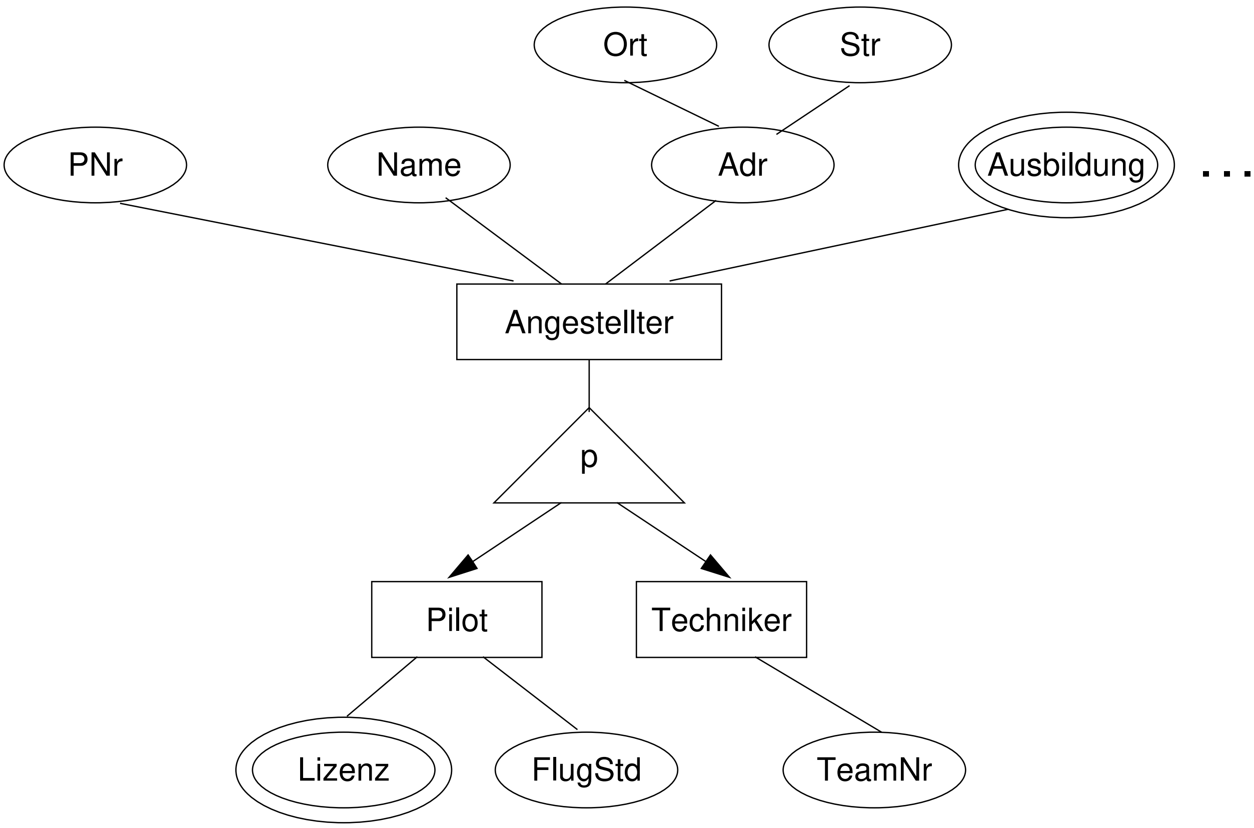
  andernfalls **überlappend (nicht-disjunkt)**.

Arten von Spezialisierungen

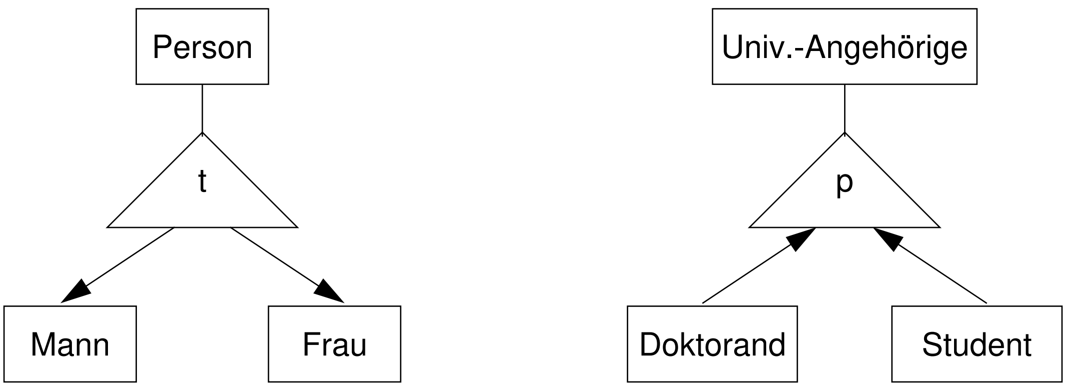
- **Verfeinerung der is-a-Beziehung**



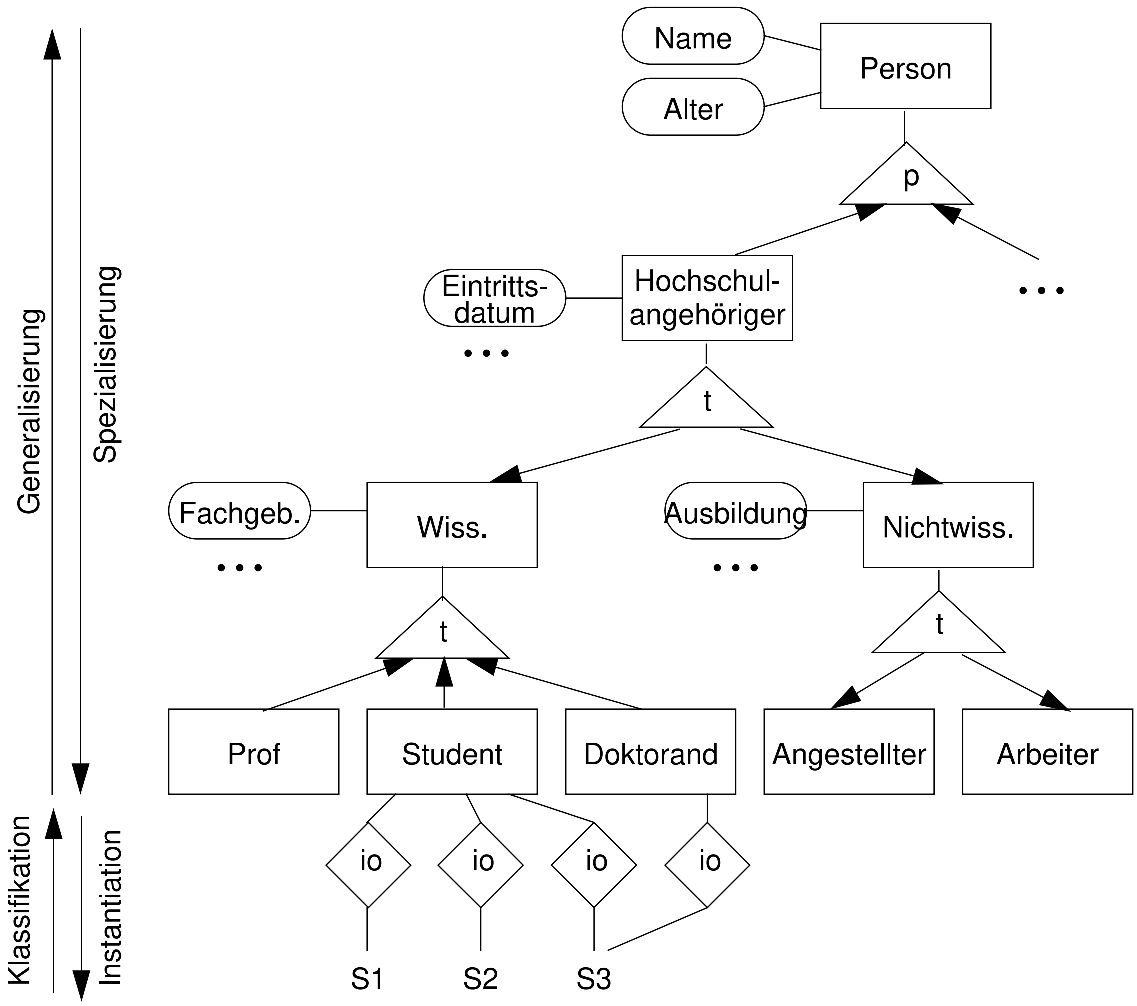
- **Partielle, disjunkte Spezialisierung**



- **Weitere Spezialisierungen**



Abstraktionskonzept: Generalisierung/Spezialisierung



→ Generalisierungshierarchie als ER-Diagramm

- **Nutzung beim objektorientierten DB-Entwurf**

  Vererbung von Typinformationen

  - Strukturdefinitionen: Attribute, Defaultwerte, konstante Werte
  - Integritätsbedingungen: Prädikate, Wertebereiche, Zusicherungen
  - Verhalten: Operationen (Methoden) und ggf.
  - Aspektdefinitionen: Kommentare, Einheiten u. a.

Element-Assoziation

- **Aufgabe**

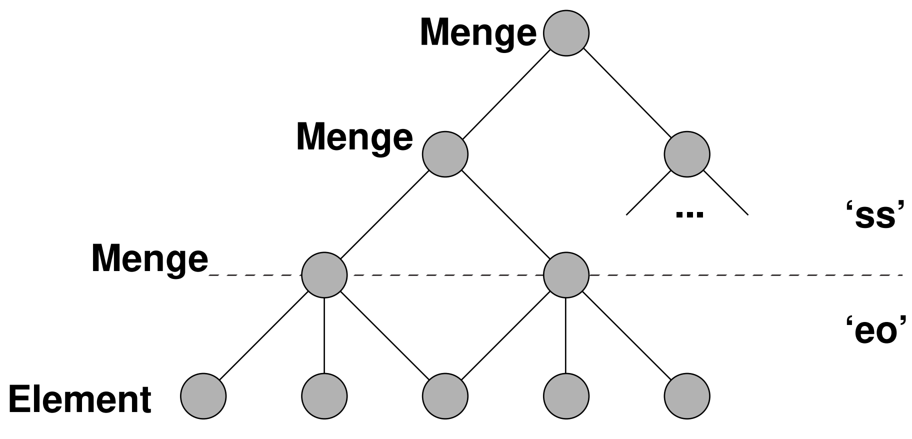
  Die Element-Assoziation faßt Objekte (**Elemente**) zusammen, um sie im Rahmen einer Objektgruppe (**Mengen**objekt) als Ganzes zu beschreiben. Dabei werden einerseits Details der einzelnen Elemente unterdrückt und andererseits bestimmte Eigenschaften, die die Objektgruppe charakterisieren, hervorgehoben.

- **Anwendung**

  - Element-Assoziation (auch Gruppierung, Partitionierung, Überdeckungs-Aggregation genannt) baut zusammengesetzte (Mengen-)Objekte basierend auf den einfachen (Element-)Objekten auf.
  - Sie verkörpert eine **'element-of'**-Beziehung (**‘eo’**) als1-Ebenen-Beziehung.
  - Es können auch heterogene Objekte zu einem Mengenobjekt zusammengefaßt werden. Bei automatischer Ableitung müssen die Objekte das Mengenprädikat erfüllen. Bei manuellem Aufbau wählt der Benutzer die Objekte aus und verknüpft sie mit dem Mengenobjekt (Connect).

- **Graphische Darstellung:**

Assoziationshierarchie



Element-/Mengen-Assoziation

Mengen-Assoziation

- **Aufgabe**

  Die Mengen-Assoziation ist ein ergänzendes Konzept zur Element-Assoziation. Sie drückt Beziehungen zwischen zusammengesetzten Mengenobjekten aus

- **Anwendung**
  - Sie baut eine **'subset-of'**-Beziehung (**'ss'**) auf
  - Sie ist rekursiv anwendbar und organisiert die Mengenobjekte in einer Assoziations-Hierarchie (n-Ebenen-Beziehung)

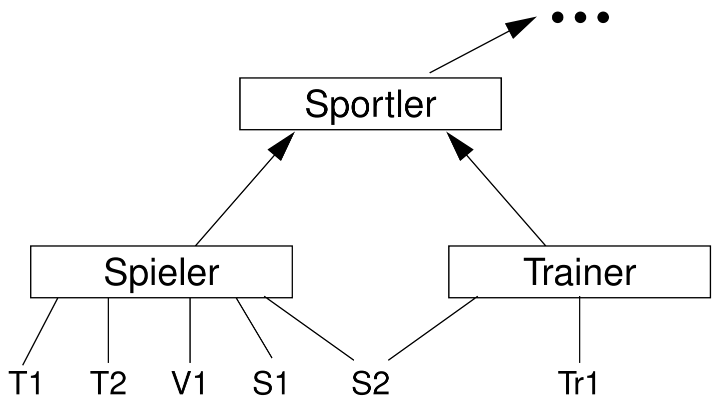
- **Struktureigenschaften der Assoziation**
  - Alle Elemente eines Mengenobjekts sind auch Elemente der zugehörigen Supermenge
  - Objekte können gleichzeitig Elemente verschiedener Mengenobjekte sein sowie auch Teilmenge von mehreren Supermengen

    → Netzwerke, (n:m) !

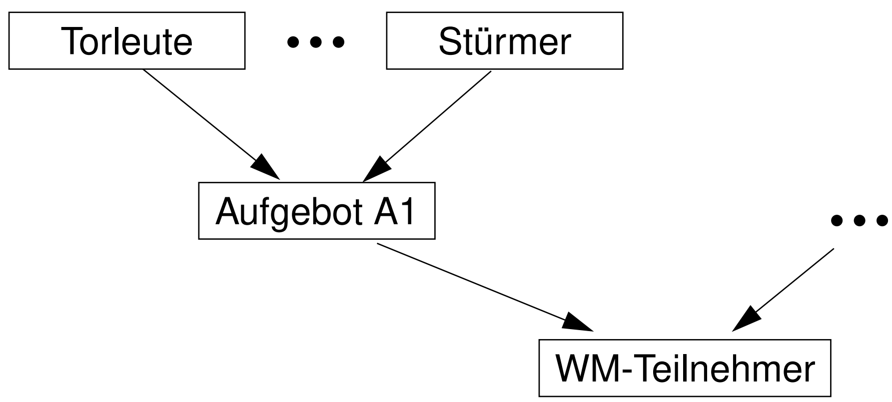
- **Systemkontrollierte Ableitungen bei der Assoziation**
  - Sie unterstützt keine Vererbung, da die Mengeneigenschaften keine Element-eigenschaften sind
  - Durch **Mitgliedschaftsimplikation** lassen sich Eigenschaften bestimmen, die jedes gültige Element der Menge erfüllen muß
  - **Mengeneigenschaften** sind Eigenschaften der Menge, die über Element-eigenschaften abgeleitet sind

Assoziation - Beispiel

- **Generalisierungshierarchie**



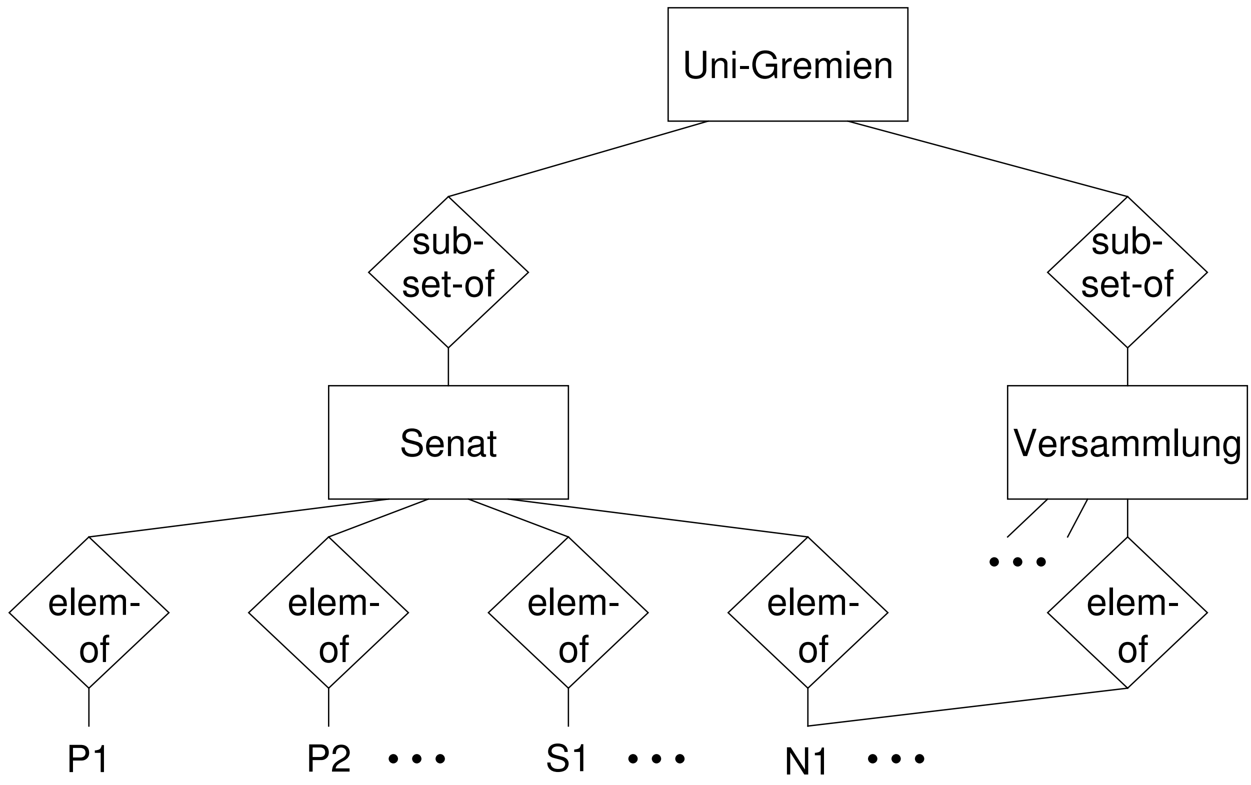
Assoziation



- **Operationen**
  - Erzeugen/Löschen
    - Create
    - Connect/Disconnect
      (manuell oder automatisch über Mengenprädikate)
    - Delete
  - Suchen
  - Schlußfolgerungen
    - Mitgliedschaftsimplikation
    - Mengeneigenschaften

Abstraktionskonzept: Assoziation

- Zusammenfassung einer Menge von Objekten **potentiell verschiedenen Typs** zu einem semantisch höheren Objekt
- Neben der Element-Assoziation ist Mengen-Assoziation möglich
- „element-of“-Beziehung und „subset-of“-Beziehung



→ **zusätzliche Prädikate** (z. B. GEWAEHLT) zur automatischen Bestimmung der konkreten Menge erforderlich

→ Ableitung von Objekteigenschaften durch *Mitgliedschaftsimplikation* (z. B. Senatsmitglied)

→ Ableitung von *Mengeneigenschaften* (z. B. Anzahl der Senatsmitglieder)

- Ziel:
  Zusammenfassung von Gruppen mit heterogenen Objekten für einen bestimmten Kontext (Vergleiche Sichtkonzept)

Aggregation

- **Beziehung mit spezieller zusätzlicher Bedeutung:**

  Das Objekt, auf das sie verweist, soll **Bestandteil** sein
  (**Teil-Ganze-Beziehung**),
  z. B.

Auto	–	Motor
Tisch	–	Tischplatte
Kante	–	Endpunkt
Bild	–	Farbtabelle

- entweder **exklusiv**:

  kein anderes Objekt darf denselben Bestandteil haben

  oder **gemeinsam:**
  derselbe Bestandteil wird in zwei oder mehr Objekten verwendet

- entweder **abhängig**:

  Bestandteil kann nicht allein existieren;
  wird mit dem Objekt gelöscht

  oder **unabhängig:**
  Bestandteil kann auch für sich als Objekt existieren

  → Objekte mit exklusiven und/oder abhängigen Objekten heißen **zusammengesetzte Objekte**
  („composite objects“, „komplexe Objekte“)

  oder **Aggregate**

Element-Aggregation

- **Aufgabe**

  Die Element-Aggregation gestattet die Zusammensetzung von Objekten aus einfachen Objekten. Sie stellt die ‘Teil-Ganze’-Relation für solche nicht weiter zerlegbaren Objekte her

- **Anwendung**

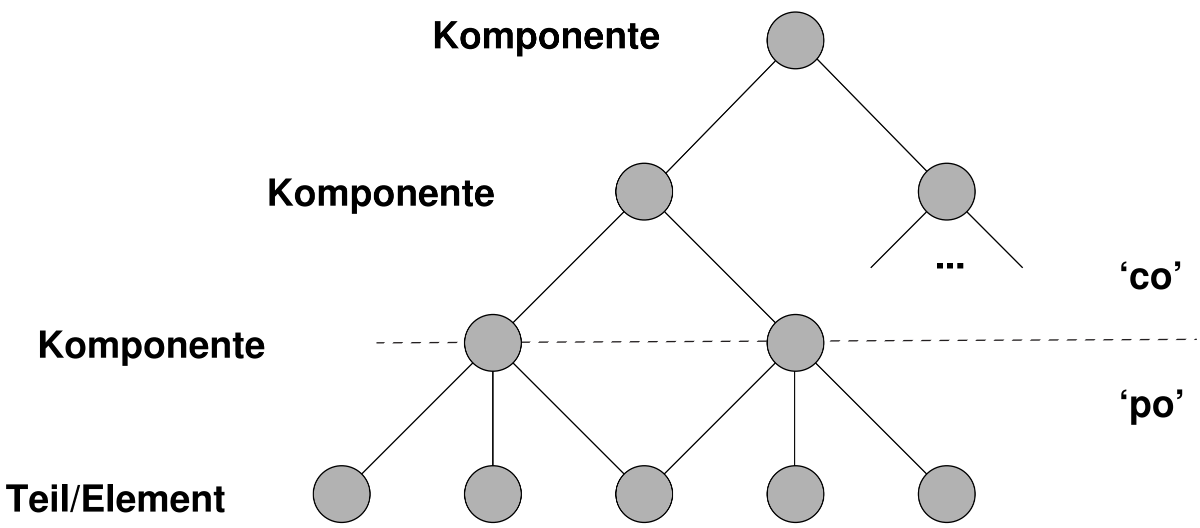
  - Eine Kollektion von einfachen Objekten (Element-Objekt, **Teil**) wird als zusammengesetztes Objekt (**Komponenten**objekt/**Aggregat**objekt) behandelt

  - Sie baut eine **'part-of'**-Beziehung (**‘po’**) auf (1-Ebenen-Abstraktion). Typischerweise erzeugt der Benutzer ein Aggregat aus Teilen mit Hilfe von Connect-Anweisungen; dabei müssen Struktureigenschaften beachtet werden (z. B. Mannschaft besitzt 11 Spieler)

  - Die Möglichkeit, heterogene Objekte zu aggregieren, erhöht die Anwendungsflexibilität

- **Graphische Darstellung:**

Aggregationshierarchie



Element-/Komponenten-Aggregation

Komponenten-Aggregation

- **Aufgabe**

  Die Komponenten-Aggregation dient als ergänzendes Konzept zur Element-Aggregation. Durch sie wird die Teil-Ganze-Relation auf Komponenten angewendet

- **Anwendung**

  - Zwischen den Komponentenobjekten wird eine **'component-of'**-Beziehung (**'co'**) hergestellt (z. B. durch Connect-Anweisung)
  - Sie ist rekursiv anwendbar und organisiert eine Aggregationshierarchie (n-Ebenen-Beziehung)

- **Struktureigenschaften bei der Aggregation**
  (Aggregation bedeutet auch 'besteht-aus'/'consists-of')

  - beschreibt *notwendige* Eigenschaften, die ein Objekt haben muß, um konsistent zu sein

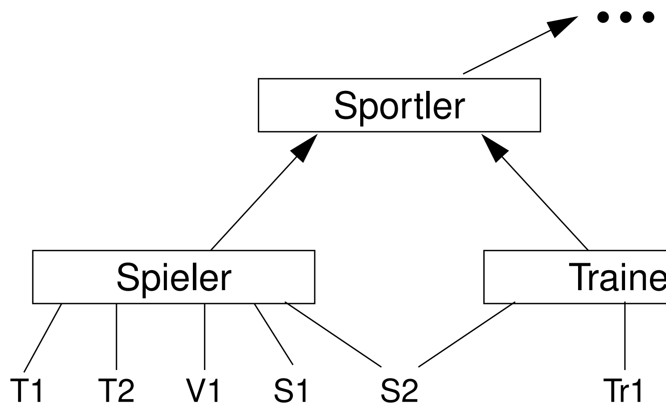
    → Unterschied zu Klassen und Mengenobjekten, die ohne Instanzen existieren können, bzw. für die leere Mengen erlaubt sind

  - Elemente einer Subkomponente sind gleichzeitig auch Elemente aller Superkomponenten dieser Subkomponente
  - Objekte können gleichzeitig Elemente verschiedener Komponenten bzw. auch Subkomponente von mehreren Superkomponenten sein

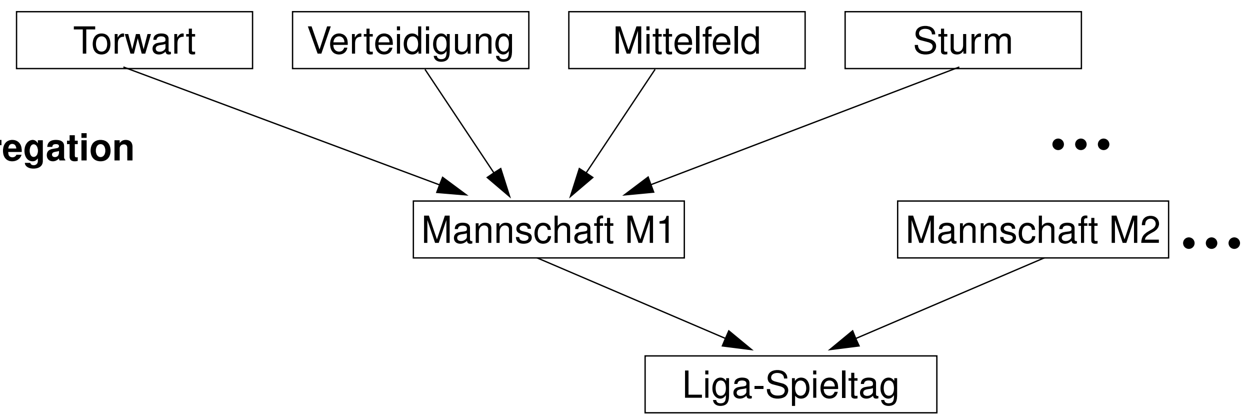
    → Netzwerke, ((n:m) !)

Aggregation - Beispiel

- **Generalisierungshierarchie**

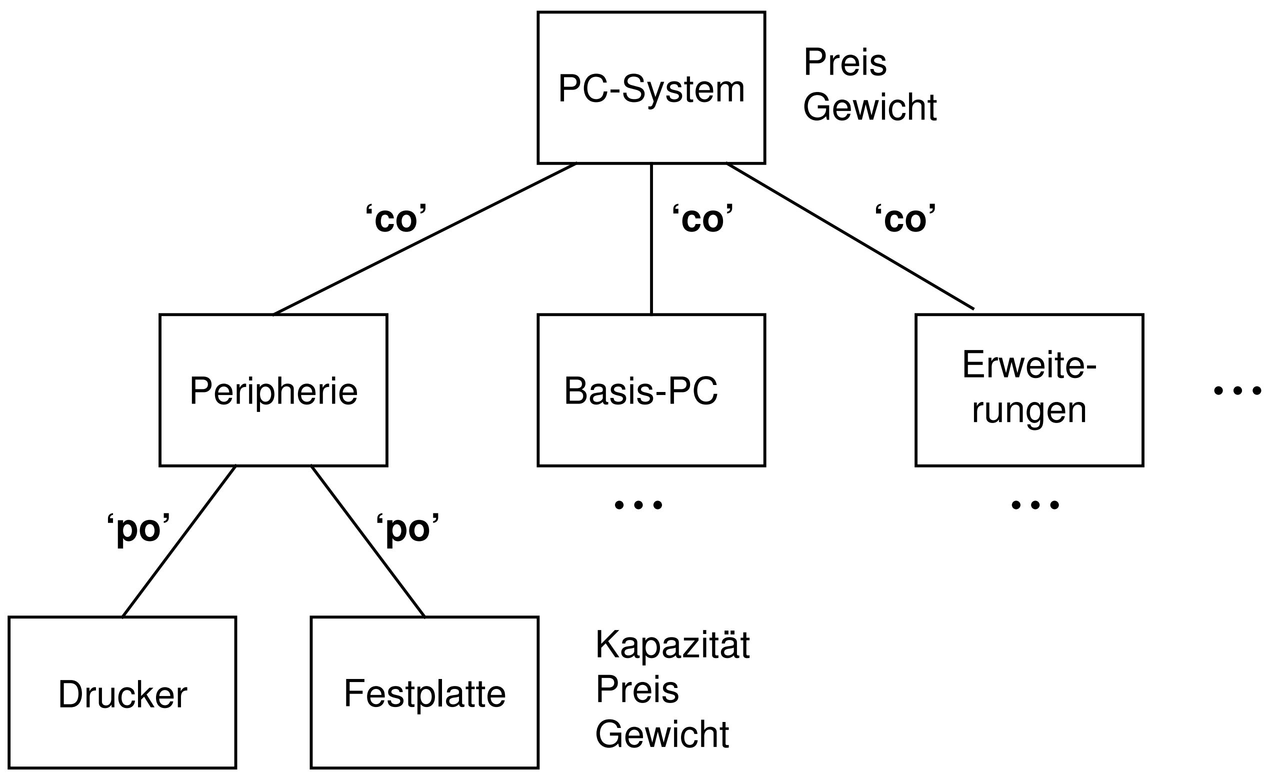


Aggregation



- **Operationen**
  - Erzeugen/Löschen
    - Create
    - Connect/Disconnect
    - Delete
  - Integritätsbedingungen für Aggregatstrukturen
  - Suchen (transitive Ableitung von komplexen Objekten)
  - Schlußfolgerungen
    - implizierte Prädikate

Aggregation - Beispiel (2)



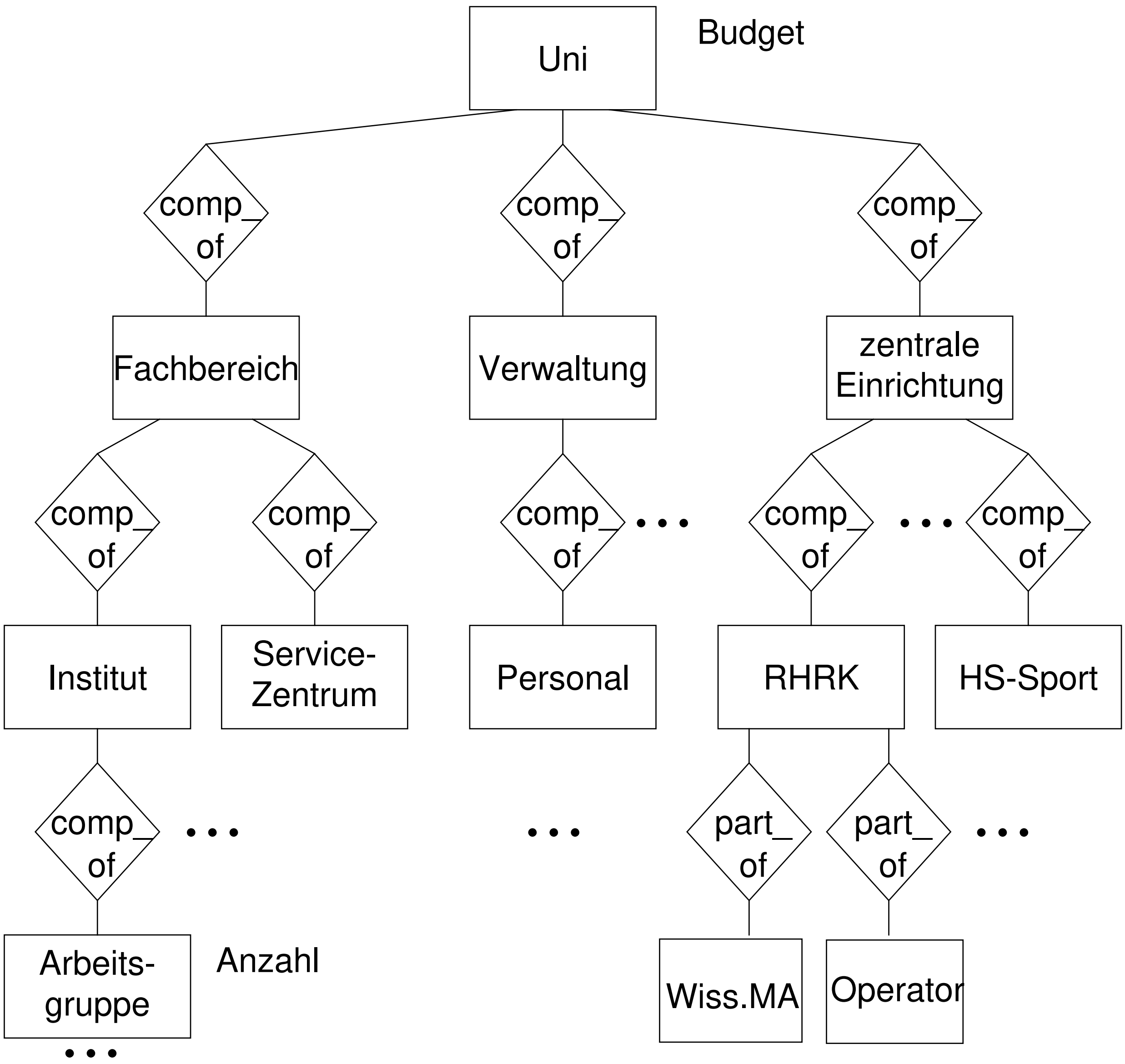
- **Systemkontrollierte Ableitungen: implizierte Prädikate**
  - Prädikate, die über der Aggregationshierarchie spezifiziert sind und gemeinsame Eigenschaften von Elementen/Aggregaten betreffen
  - 'upward implied predicate'

    Wenn P(x) wahr $\Rightarrow$ P (Aggregatobjekte (x)) wahr
  - 'downward implied predicate'

    Wenn P(x) wahr $\Rightarrow$ P (Komponentenobjekte (x)) wahr
- im Beispiel:
  - 'upward implied predicate': Gewicht > x
  - 'downward implied predicate': Preis < y

Abstraktionskonzept: Aggregation

- (Komponenten-) Objekte lassen sich zu einem neuen Objekt zusammenfassen
- Element- und Komponenten-Aggregation möglich
- ‘part-of’-Beziehung und ‘component-of’-Beziehung



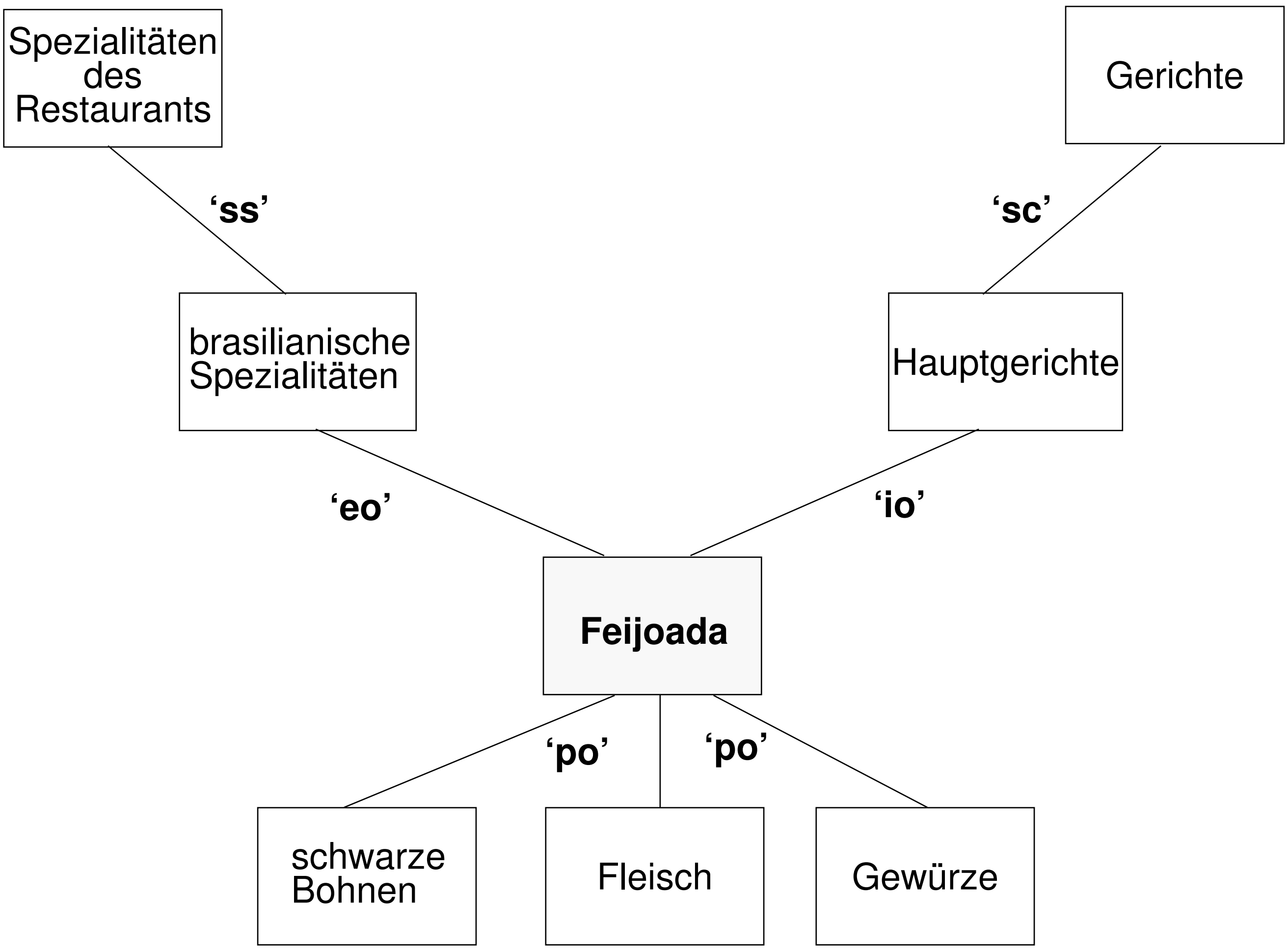
- **Ableitung von Objekteigenschaften** (*implied predicates*)
  - upward implied predicate (Anzahl > x)
  - downward implied predicate (Budget < y)

Integrierte Sichtweise –
Ein Beispielobjekt

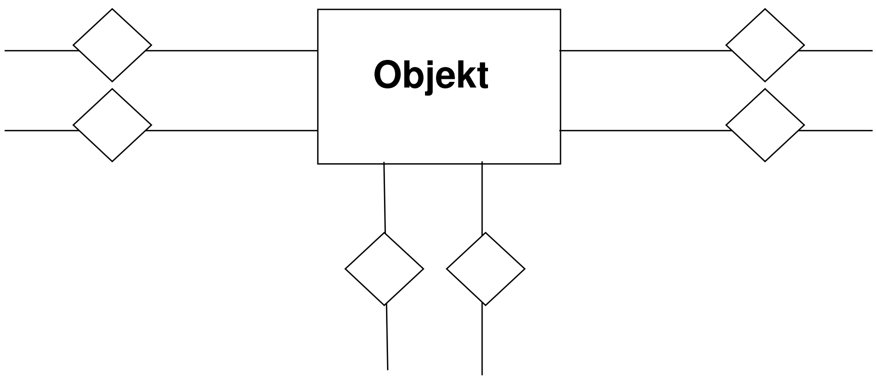
	Feijoada
	instance-of: Hauptgerichte
strukturelle Attribute	element-of: brasilianische Spezialitäten
	has-components: schwarze Bohnen, Fleisch, Gewürze
	Preis: 36 possible-values: integer > 0 cardinality: [1,1] unit: DM
deklarative Attribute	Vorbereitungszeit: possible-values: integer > 0 cardinality: [1,1] demon: Berechne-Vorbereitungszeit
	geeignete-Getränke: trockener Rotwein, Bier possible-values: instance-of Getränke cardinality . . .
prozedurale Attribute	Bestellen (Anzahl-von-Personen) procedure BEGIN ... END . . .

Objektorientierte Repräsentation

- **Integration der Abstraktionskonzepte:**
  - ein Objekt kann mehrere Beziehungstypen aufbauen
  - entsprechend den versch. Rollen, die in den Abstraktionen vorkommen
  - Objektsemantik wird bestimmt durch die Kontexte/Rollen eines Objektes



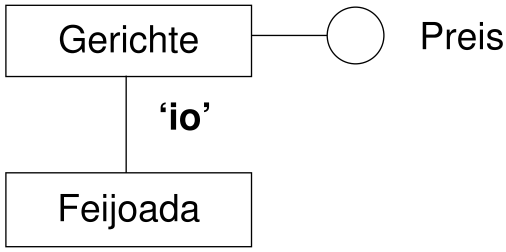
Darstellungsprinzip:



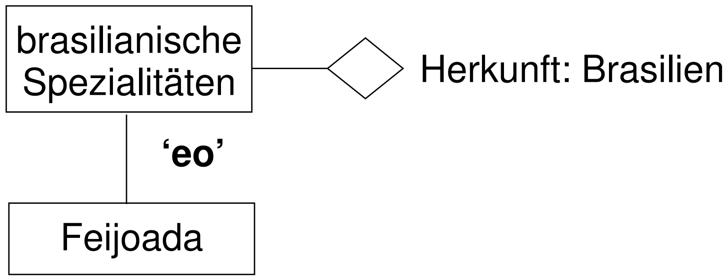
Modellinhärentes „Reasoning“

- 3 Abstraktionskonzepte ermöglichen verschiedenartige Organisationsformen der modellierten Objekte und ihrer Beziehungen
- können für Schlußfolgerungen benutzt werden:
  - um Ausagen über Objekte und ihre Eigenschaften abzuleiten
  - als Zusatz bei Manipulations- und Retrievaloperationen

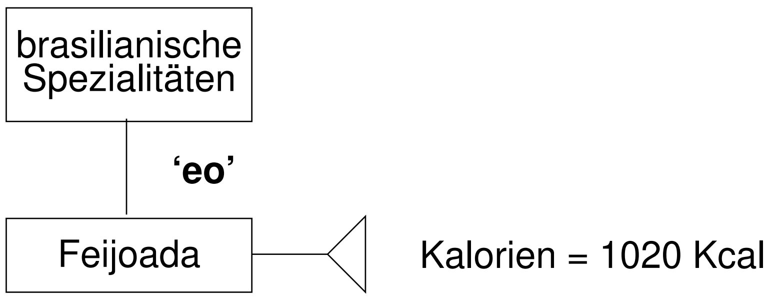
Vererbung



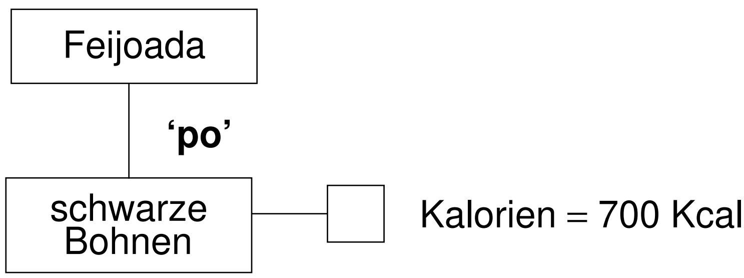
Mitgliedschafts-implikationen



Mengen-eigenschaften



implizierte Prädikate



Zusammenfassung

- **DB-Entwurf umfaßt**
  - Informationsbedarfsanalyse
  - konzeptionelles DB-Schema (-> Informationsmodell)
  - logisches DB-Schema
  - physisches DB-Schema (nicht diskutiert)

- **ERM-Charakteristika**
  - Modellierung bezieht sich auf die Typebene
  - Relevante Zusammenhänge der Miniwelt werden durch Entity- und Relationship-Mengen modelliert. Sie werden genauer durch Attribute, Wertebereiche, Primärschlüssel/Schlüsselkandidaten beschrieben
  - Klassifikation von Beziehungstypen dient der Spezifikation von strukturellen Integritätsbedingungen
  - Anschauliche Entwurfsdarstellung durch ER-Diagramme

    → relativ karges Informationsmodell

- **Einführung weiterer Modellierungskonzepte**
  - Verfeinerung von Beziehungen durch Kardinalitätsrestriktionen und vor allem Abstraktionskonzepte
  - Das erweiterte ERM ist sehr mächtig und umfaßt viele bekannte Modellierungskonzepte (jedoch keine Rollen; sie lassen sich als Mehrklassen-Mitgliedschaften von Instanzen nachbilden)
  - Integritätsbedingungen wurden hier nicht behandelt (-> Relationenmodell)

- **Abstraktionskonzepte und deren Implikationen**
  - Generalisierung und Vererbung
  - Assoziation mit Mengeneigenschaften und Mitgliedschaftsimplikationen
  - Aggregation und implizierte Prädikate
  - Integration der Abstraktionskonzepte mittels objektzentrierter Darstellung