



## 3. Informationsmodellierung

---

### Inhalt

- DB-Entwurf und Modellierung
- Entity-Relationship-Modell (ERM)
  - Erweiterungen des ERM
  - Kardinalitätsrestriktionen
- Generalisierung und Vererbung
- Aggregationen

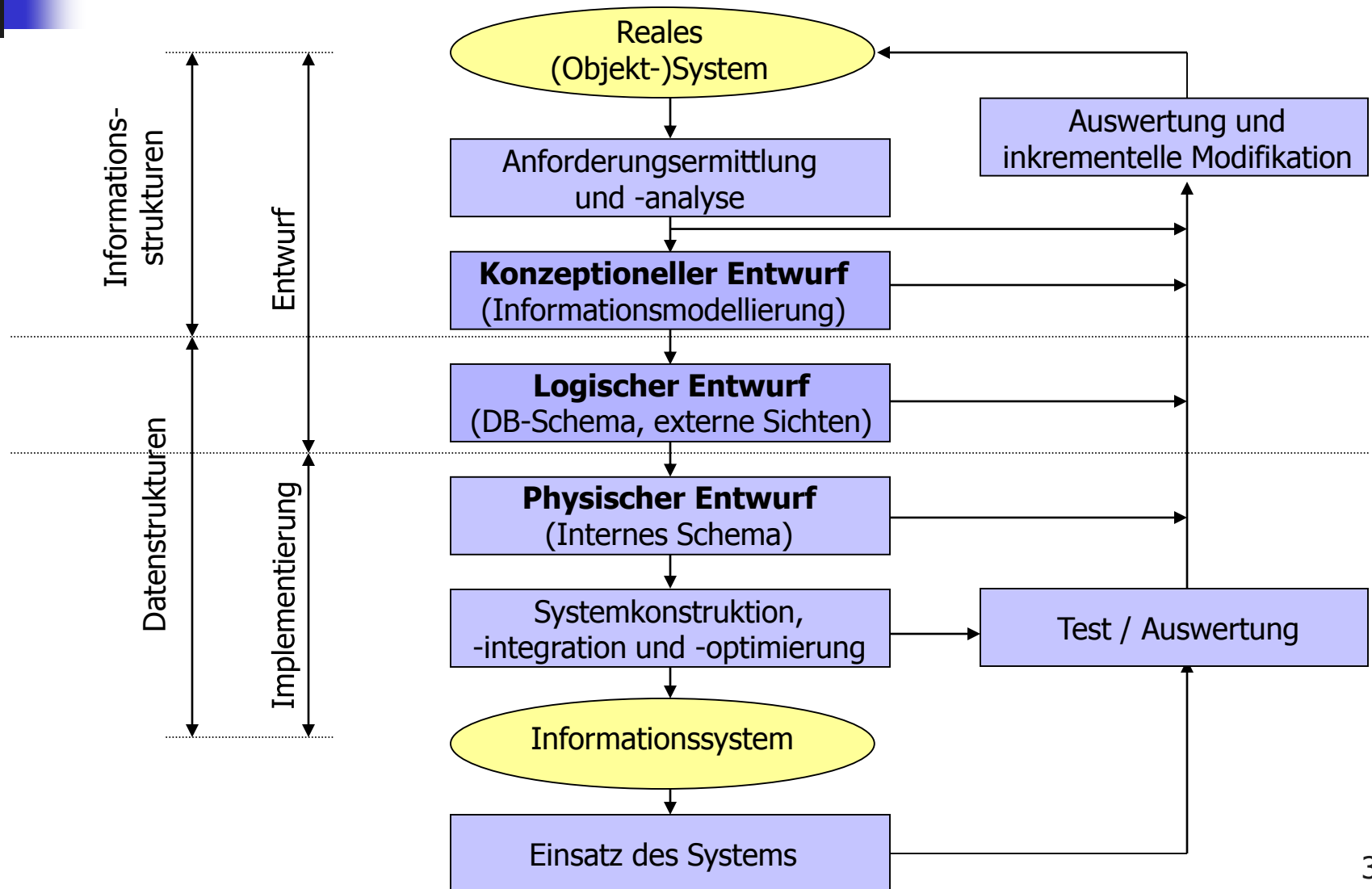


# DB-Entwurf und Modellierung (1)

---

- **Ziel: Modellierung einer Miniwelt (Entwurf von DB-Schemata)**
  - 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

# DB-Entwurf und Modellierung (2)





# DB-Entwurf und Modellierung (3)

---

- **Informationsmodell**
  - Darstellungselemente & Regeln
  - eine Art formale Sprache, um Informationen zu beschreiben
- **Informationen über Objekte und Beziehungen nur, wenn:**
  - unterscheidbar und identifizierbar
  - relevant
  - selektiv beschreibbar



# Entity-Relationship-Modell (ERM) (1)

- **Modellierungskonzepte**

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

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

- **Klassifikation der Beziehungstypen**

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



# Entity-Relationship-Modell (2)

---

- **Beachte:**

- 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 (Constraints).



# Entity-Relationship-Modell (3)

---

- **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, ...



# Entity-Relationship-Modell (4)

---

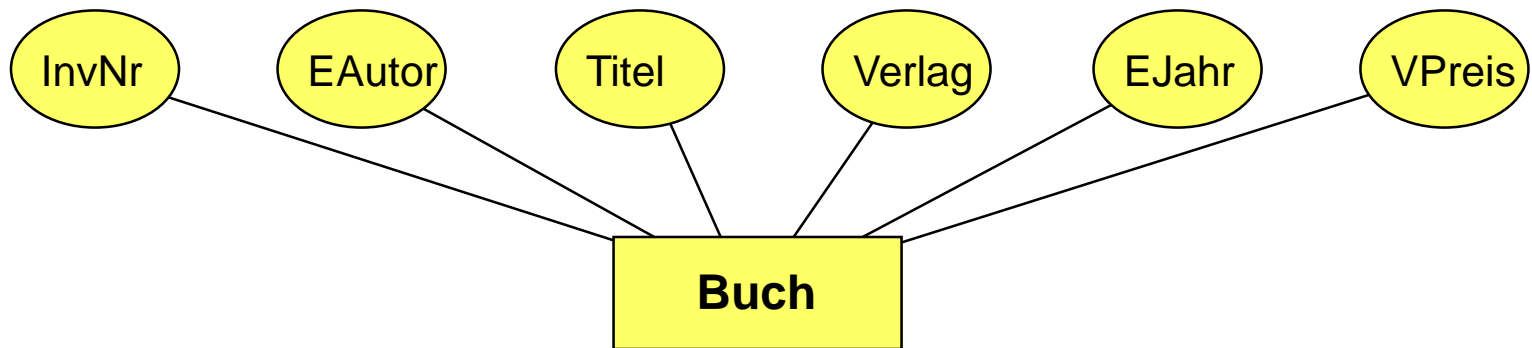
- **Wertebereiche und Attribute**

- 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



# Entity-Relationship-Modell (5)

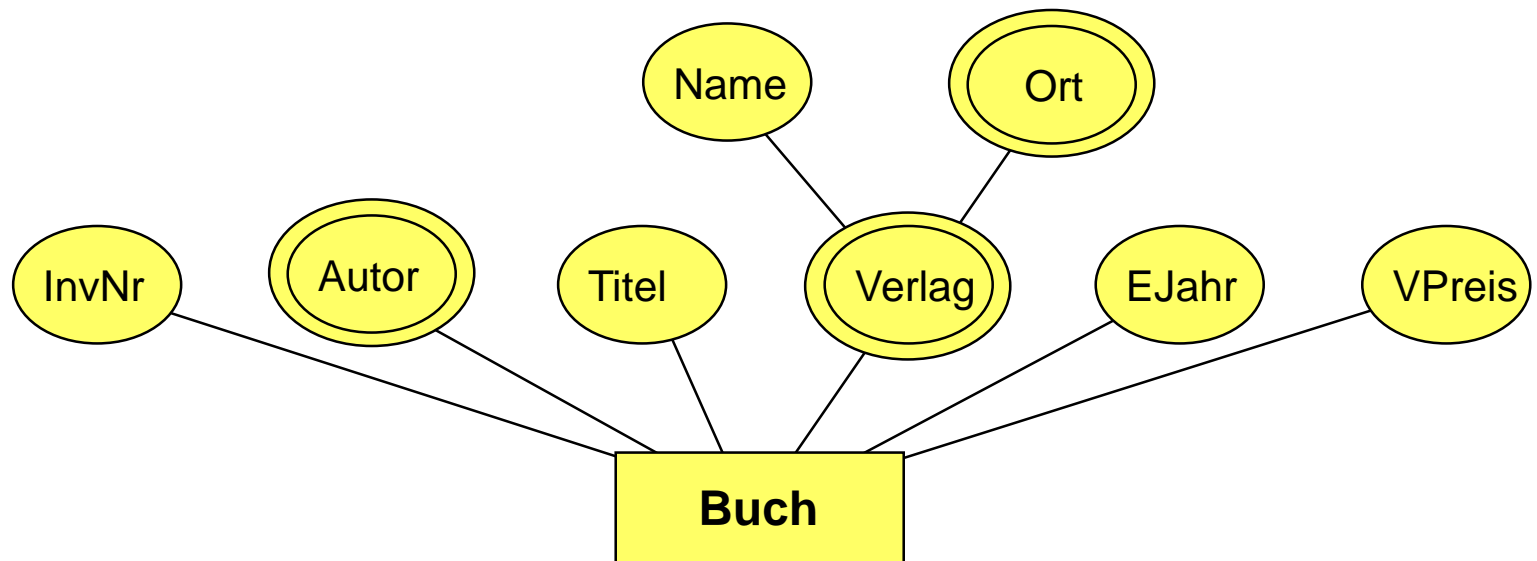
- **Beispiel: Entity-Typ „Buch“ (in Diagrammdarstellung)**



- jedem Attribut ist geeigneter Wertebereich zugeordnet
- Name der Entity-Menge sowie zugehörige Attribute sind **zeitinvariant**
- Entity-Menge und ihre Entities sind **zeitveränderlich**
  - e1 = (4711, Kemper, DBS, Oldenbourg, ...)
  - e2 = (0815, Date, Introd. To DBS, Addison, ...)
  - ...
  - e3 = (1234, Härder, DBS, Springer, ...)

□

- einwertige Attribute
- mehrwertige Attribute (Doppelovale)
- zusammengesetzte Attribute (hierarchisch angeordnete Ovale)
- Verschachtelungen sind möglich





# Entity-Relationship-Modell (7)

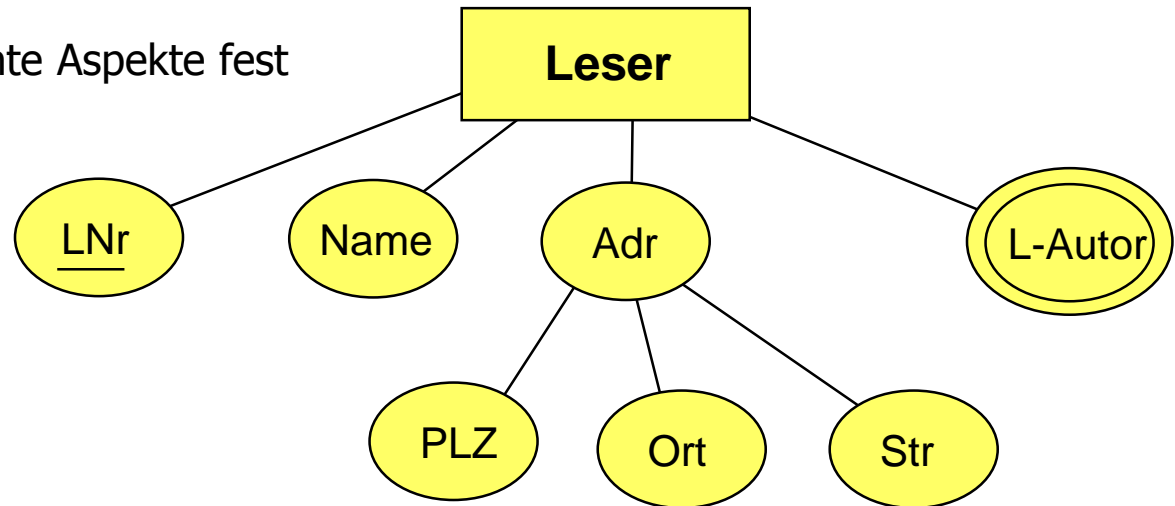
- **Wie wird ein Entity identifiziert?**
  - Entities müssen „wohlunterscheidbar“ sein
  - Information über ein Entity **ausschließlich** durch (Attribut-) Werte
- **Identifikation** eines Entities durch Attribut (oder Kombination von Attributen)
  - (1:1) - Beziehung
  - ggf. künstlich erzwungen (lfd. Nr.)
- $\{A_1, A_2, \dots, A_m\} = \mathbf{A}$  sei Menge der (einwertigen) Attribute zur Entity-Menge E
  - $\mathbf{K} \subseteq \mathbf{A}$  heißt **Schlüsselkandidat** von E
    - $\Leftrightarrow$   $\mathbf{K}$  irreduzibel (minimal) und
    - $e_i, e_j \in E: e_i \neq e_j \rightarrow \mathbf{K}(e_i) \neq \mathbf{K}(e_j)$
- mehrere Schlüsselkandidaten (SK) möglich  $\rightarrow$  **Primärschlüssel** auswählen
- **Beispiel:** Entity-Menge **Student** mit Attributen  
Matnr, SVNr, Name, Gebdat, FBNr

# Entity-Relationship-Modell (8)

- Entity-Deklaration oder **Entity-Typ**

- legt zeitinvariante Aspekte fest

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



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

- Wertebereiche**

- $W(\text{LNr}) = \text{int}(8), W(\text{Name}) = W(\text{L-Autor}) = \text{char}(30)$
- $W(\text{PLZ}) = \text{int}(5), W(\text{Ort}) = \text{char}(20), W(\text{Str}) = \text{char}(15)$
- $\text{dom}(\text{LNr}) = \text{int}(8)$
- $\text{dom}(\text{Adr}) = W(\text{PLZ}) \times W(\text{Ort}) \times W(\text{Str}) = \text{int}(5) \times \text{char}(20) \times \text{char}(15)$
- $\text{dom}(\text{L-Autor}) = 2^{W(\text{L-Autor})} = 2^{\text{char}(30)}$



# Entity-Relationship-Modell (9)

- **Definition *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:  $A (B_1, \dots, B_k)$

Definitionen aus:

G. Vossen: Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbankmanagementsysteme, Oldenbourg.



# Entity-Relationship-Modell (10)

- **Definition *Wertebereich/Domain***

- $E = (X, K)$  sei ein Entity-Typ und  $\text{attr}(E)$  die Menge aller in  $X$  vorkommenden Attributnamen. Jedem  $A \in \text{attr}(E)$ , das nicht einer Zusammensetzung voransteht, sei ein Wertebereich  $W(A)$  zugeordnet. Für jedes  $A \in \text{attr}(E)$  sei  
 $\text{dom}(A) := W(A)$ , falls  $A$  einwertig;  
 $\text{dom}(A) := 2^{W(A)}$ , falls  $A$  mehrwertig;  
 $\text{dom}(A) := W(B_1) \times \dots \times W(B_k)$ ,  
falls  $A$  aus einwertigen  $B_1, \dots, B_k$  zusammengesetzt.  
Besteht  $A$  aus mehrwertigen oder zusammengesetzten Attributen, wird die Definition rekursiv angewendet.



# Entity-Relationship-Modell (11)

- **Definition *Entity* und *Entity-Menge***

- Es sei  $E = (X, K)$  ein Entity-Typ mit  $X = (A_1, \dots, A_m)$ .  
 $A_i$  sei  $\text{dom}(A_i)$  ( $1 \leq i \leq m$ ) zugeordnet.
  - Ein Entity  $e$  ist ein Element des Kartesischen Produkts aller Domains, d.h.  
$$e \in \text{dom}(A_1) \times \dots \times \text{dom}(A_m)$$
  - Eine Entity-Menge  $E^t$  (zum Zeitpunkt  $t$ ) ist eine Menge von Entities, welche  $K$  erfüllt, d.h.  
$$E^t \subseteq \text{dom}(A_1) \times \dots \times \text{dom}(A_m)$$
  
 $E^t$  wird auch als der Inhalt bzw. der aktuelle Wert (Instanz) des Typs  $E$  zur Zeit  $t$  bezeichnet.



# Entity-Relationship-Modell (12)

- **Definition *Relationship*, *Relationship-Typ* und *Relationship-Menge***
  - Ein Relationship-Typ hat die Form  $R = (\text{Ent}, Y)$ . Dabei ist  $R$  der Name des Typs,  $\text{Ent}$  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.
  - Sei  $\text{Ent} = (E_1, \dots, E_k)$ , und für beliebiges, aber festes  $t$  sei  $E_i^t$  der Inhalt des Entity-Typs  $E_i$ ,  $1 \leq i \leq k$ . Ferner sei  $Y = (B_1, \dots, B_n)$ . Eine Relationship  $r$  ist ein Element des Kartesischen Produktes aus allen  $E_i^t$  und den Domains der  $B_j$ , d.h.  
$$r \in E_1^t \times \dots \times E_k^t \times \text{dom}(B_1) \times \dots \times \text{dom}(B_n) \text{ bzw.}$$
$$r = (e_1, \dots, e_k, b_1, \dots, b_n) \text{ mit}$$
$$e_i \in E_i^t \text{ für } 1 \leq i \leq k \text{ und } b_j \in \text{dom}(B_j) \text{ für } 1 \leq j \leq n.$$
  - Eine Relationship-Menge  $R^t$  (zur Zeit  $t$ ) ist eine Menge von Relationships, d.h.,  
$$R^t \subseteq E_1^t \times \dots \times E_k^t \times \text{dom}(B_1) \times \dots \times \text{dom}(B_n).$$

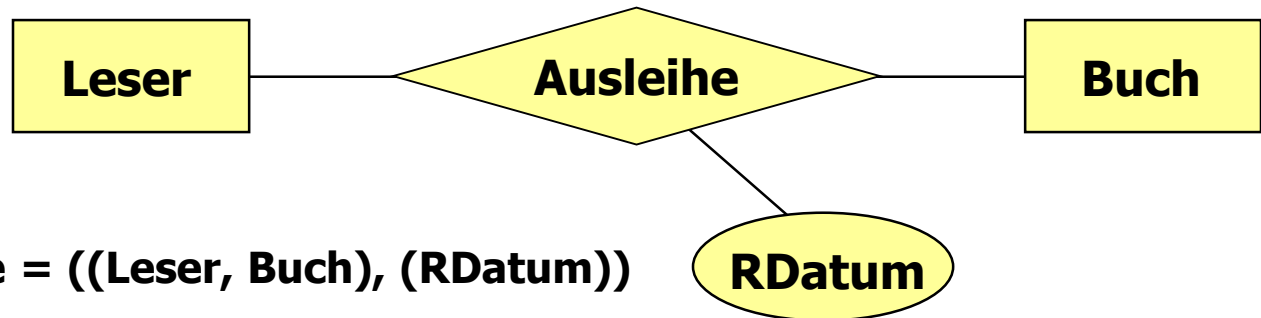


# Entity-Relationship-Modell (13)

- **Eigenschaften von Relationship-Mengen**

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

- Beispiele



**Ausleihe = ((Leser, Buch), (RDatum))**

**Eigenschaften:**

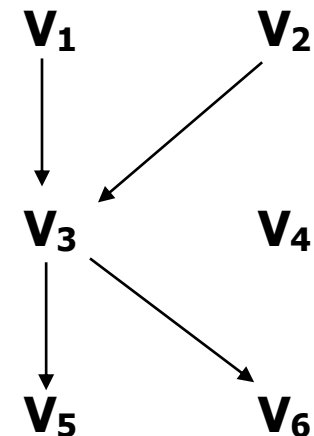
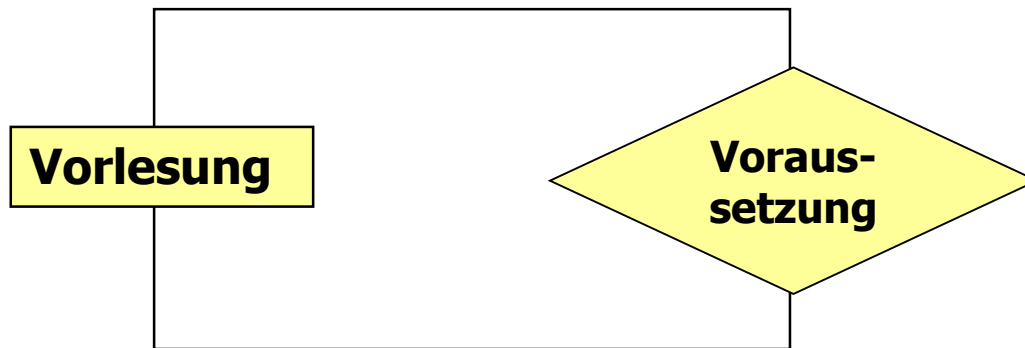
**Grad: 2**

**Existenzabhängigkeit: Nein**

**Beziehungstyp: n:m**

# Entity-Relationship-Modell (14)

## ■ Beispiele (Forts.)



**Voraussetzung** = ((**Vorgänger**/Vorlesung, **Nachfolger**/Vorlesung), ( $\emptyset$ ))

genauer: direkte Voraussetzung

Eigenschaften:

Grad: **1**

Existenzabhängigkeit: **Nein**

Beziehungstyp: **n:m**

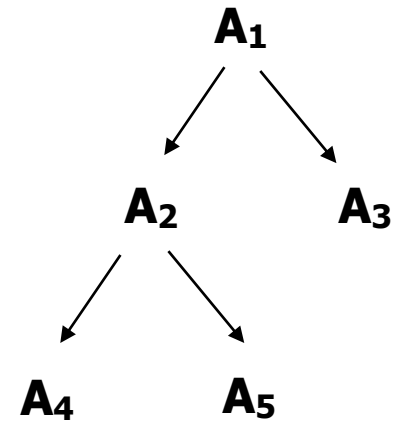
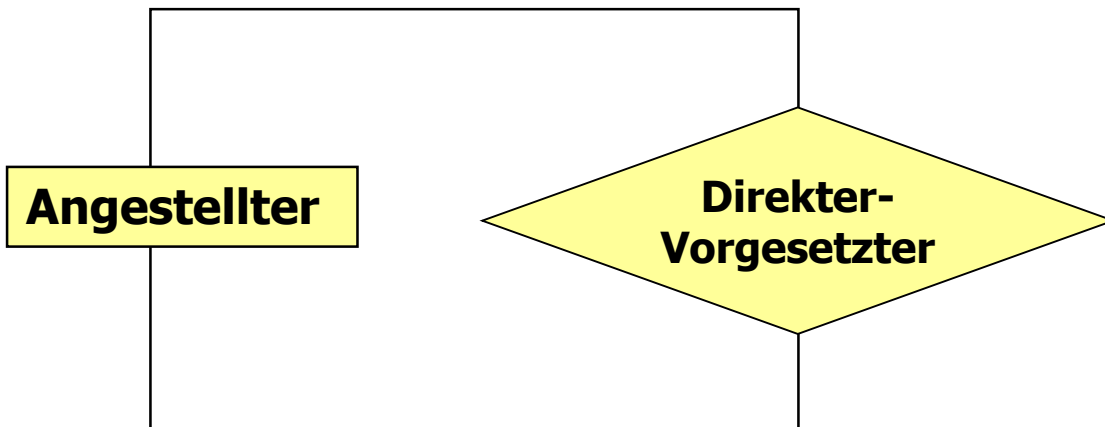
**Rollennamen**

Transitivität gilt im Allg. bei Selbstreferenz nicht (Beispiel: „liebt“ auf „Person“).

Keine Disjunktheit der an einer Relationship-Menge beteiligten Entity-Mengen gefordert.

# Entity-Relationship-Modell (15)

- Beispiele (Forts.)



**Direkter Vorgesetzter =**

**((Angestellter/Angestellter, Chef/Angestellter), ( $\emptyset$ ))**

**Eigenschaften:**

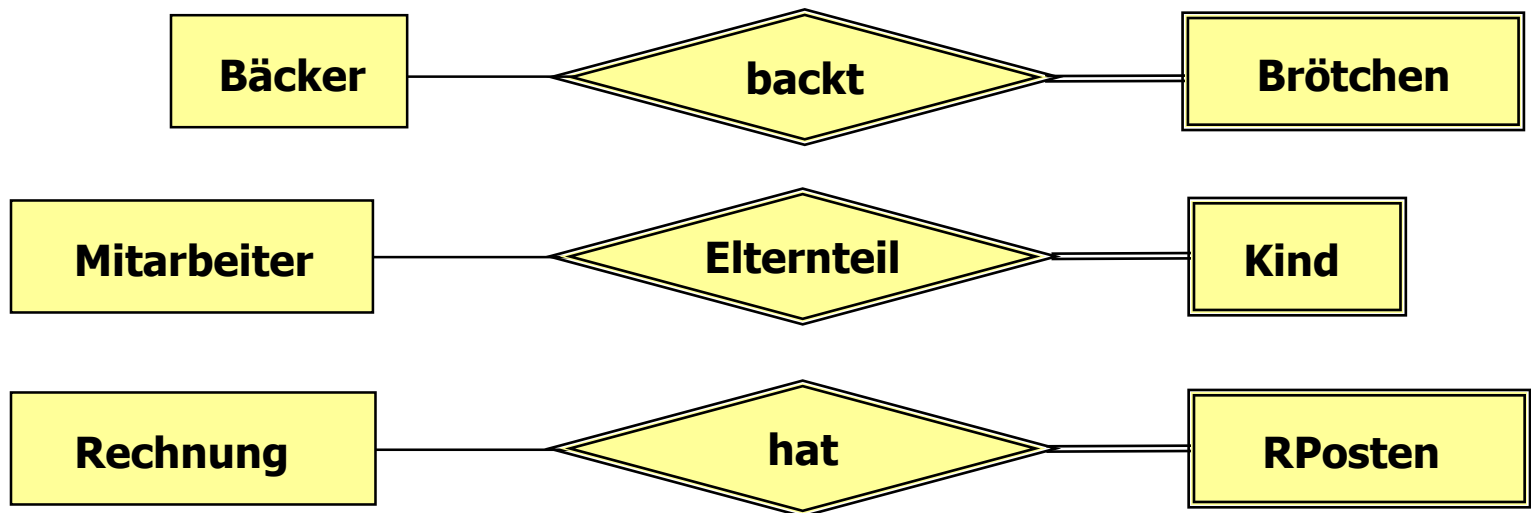
**Grad: 1**

**Existenzabhängigkeit: Nein**

**Beziehungstyp: 1:n**

# Entity-Relationship-Modell (16)

- Existenzabhängigkeit von Entity-Mengen
  - Existenzabhängigkeit: *Relationship begründet Existenz von*
  - Beispiele

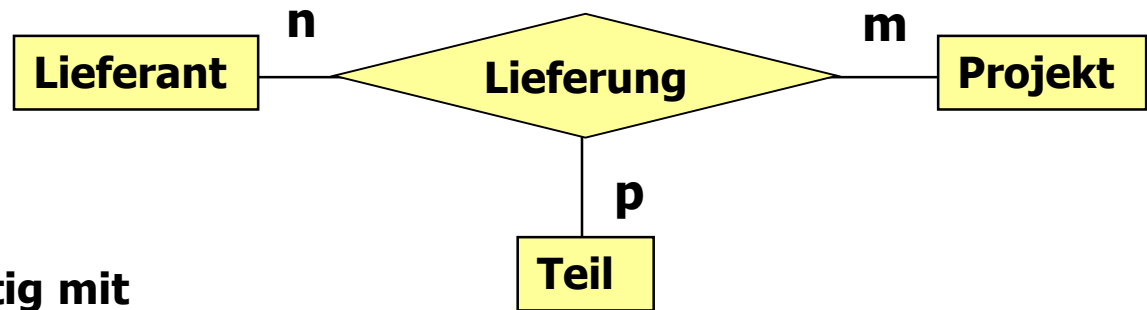


- **Eigenschaften**
  - Grad: 2
  - Existenzabhängig: ja
  - Beziehungstyp: 1 : n

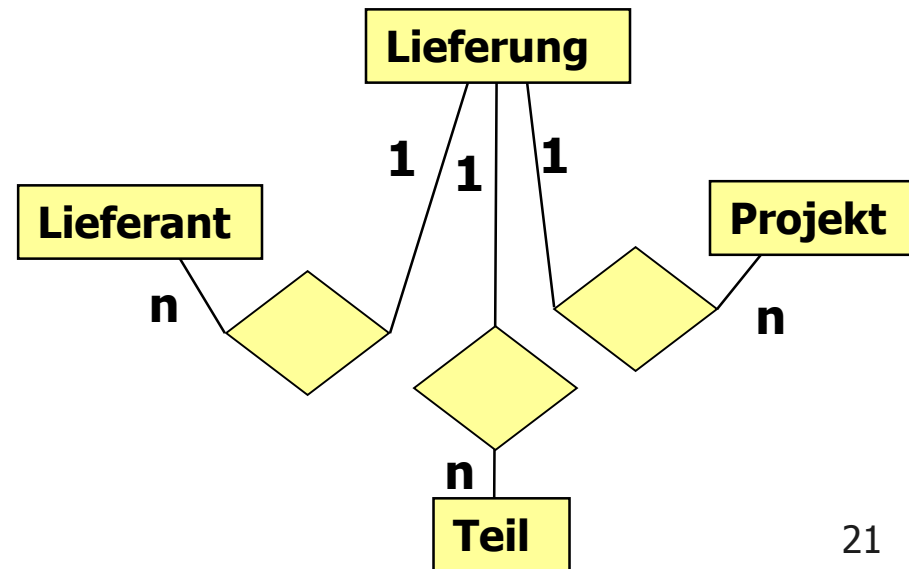
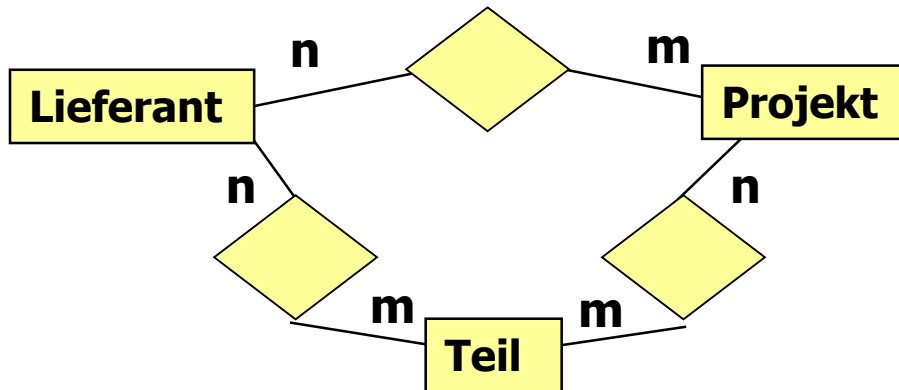
**Bem.:** Bei Mehrfachreferenzen ist eine „erzeugende“ von weiteren „referenzierenden“ Relationship-Mengen zu unterscheiden.

# Entity-Relationship-Modell (17)

- 3-stellige Relationship-Mengen



**ACHTUNG:** nicht gleichwertig mit





# Entity-Relationship-Modell (18)

- **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 ... eindeutige Funktion (injektive Abbildung)
- n:1 ... math. Funktion (funktionale oder invers funktionale Abbildung)
- n:m ... math. Relation (komplexe Abbildung)
- Abbildungstypen implizieren nicht, dass für jedes  $e_k \in E_i$  auch tatsächlich ein  $e_l \in E_j$  existiert

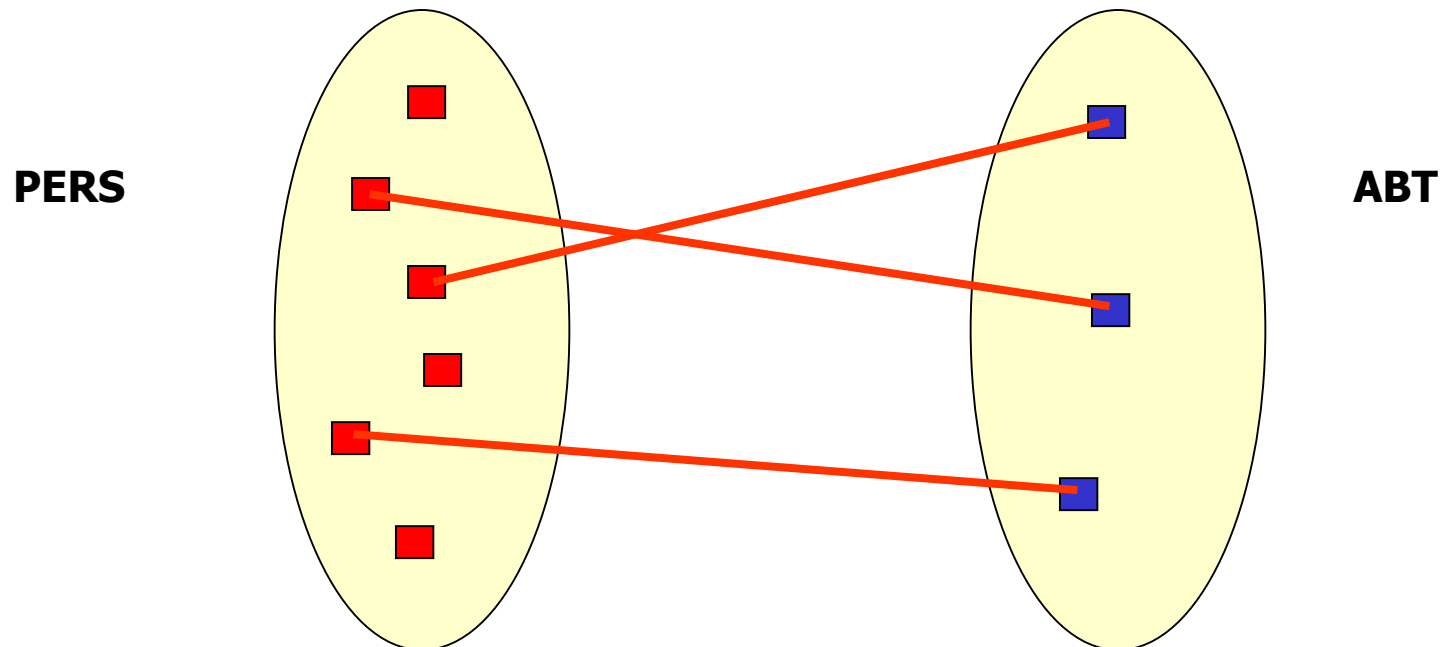
# Entity-Relationship-Modell (19)

- **Klassifikation von Datenabbildungen (Forts.)**

- **Beispiele**



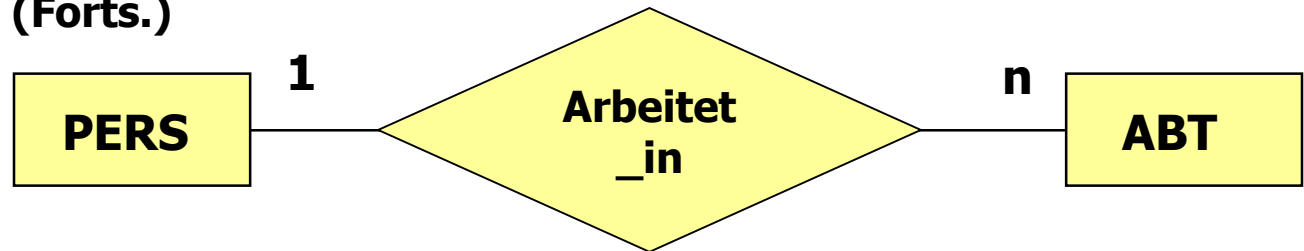
**Leitet / Wird\_geleitet\_von (1:1)**



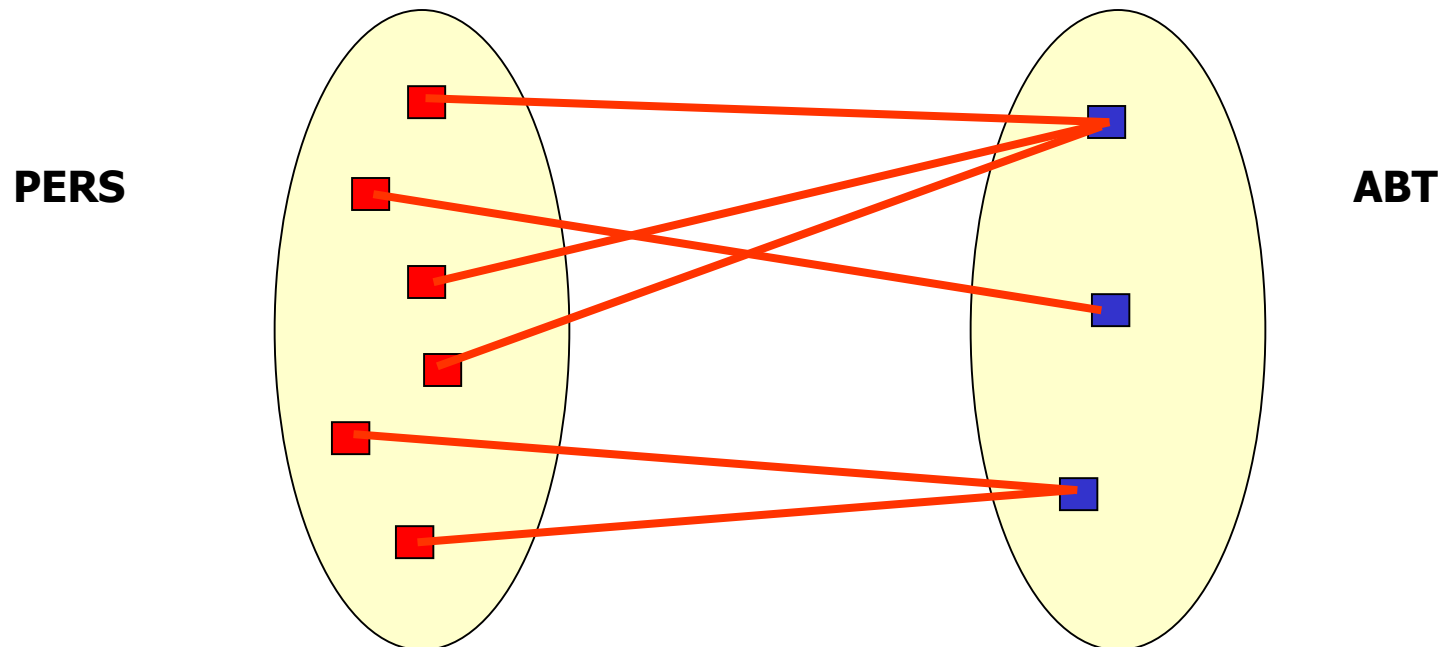
# Entity-Relationship-Modell (20)

- **Klassifikation von Datenabbildungen (Forts.)**

- **Beispiele (Forts.)**



**Arbeitet\_in / Hat\_Mitarbeiter (n:1)**





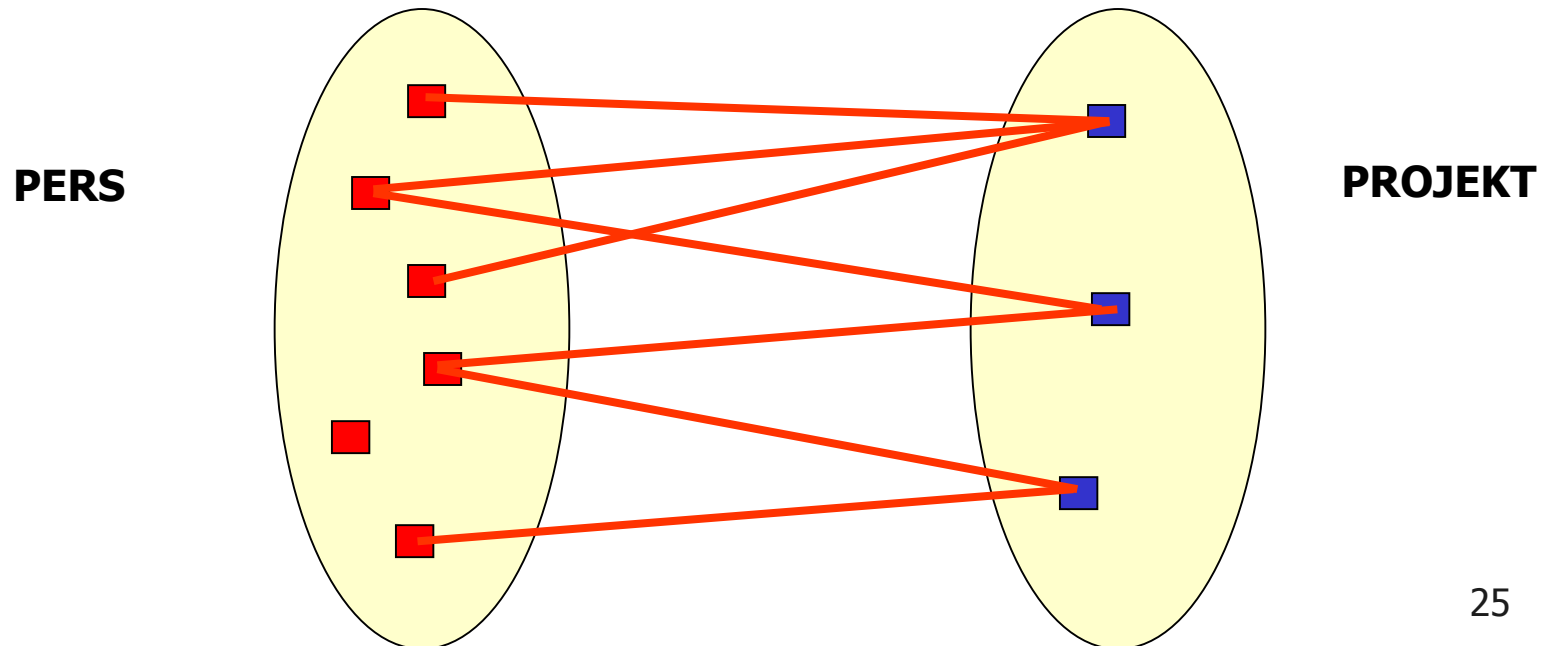
# Entity-Relationship-Modell (21)

- **Klassifikation von Datenabbildungen (Forts.)**

- **Beispiele (Forts.)**



**Arbeitet\_in / Mitarbeit (n:m)**





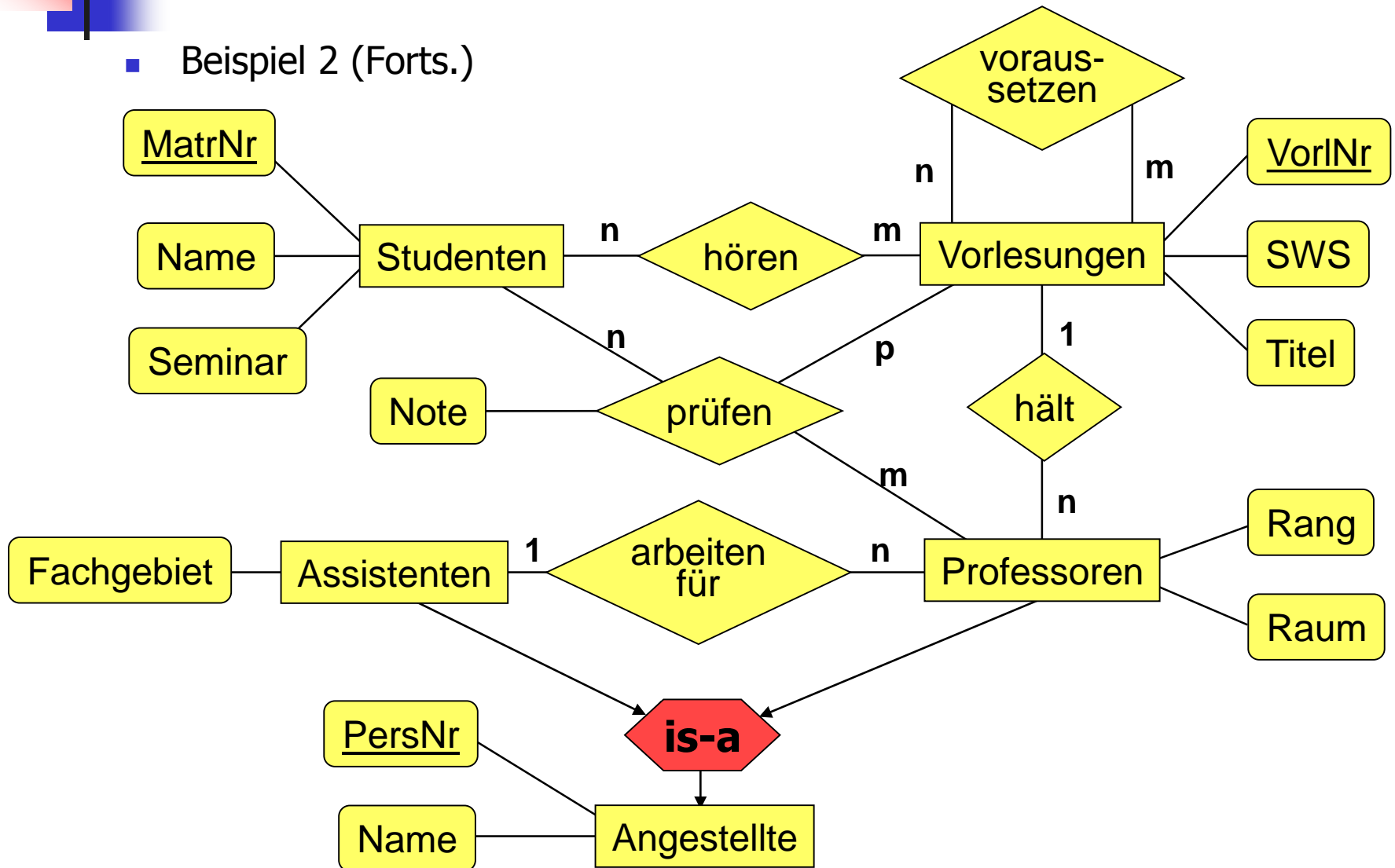
# Entity-Relationship-Modell (22)

---

- Beispiel 2: „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 genau einen Professor.
    - Mehrere Studenten **hören** jeweils eine Reihe von Vorlesungen. Vorlesungen werden jeweils von mehreren Studenten **besucht**.
    - Der Besuch von Vorlesungen **setzt** i. allg. die Kenntnis anderer Vorlesungen **voraus**.
    - Sowohl Professoren als auch Assistenten sind Angestellte.

# Entity-Relationship-Modell (23)

## ■ Beispiel 2 (Forts.)





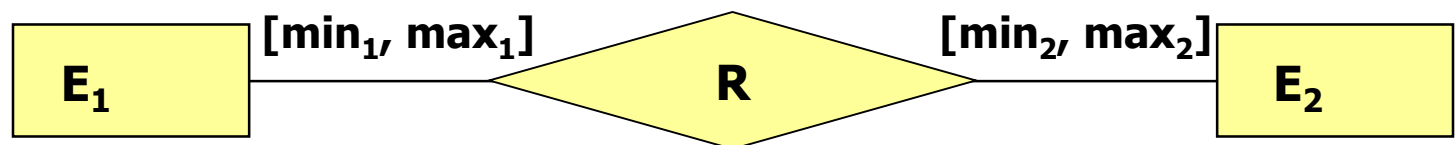
# Erweiterungen des ERM

---

- Ziel: Genauere Modellierung von Beziehungen
  - Verfeinerung der Abbildungen von Beziehungen durch **Kardinalitätsrestriktionen**
  - Generalisierung und Vererbung
  - Aggregationen
  - Einführung von systemkontrollierten Ableitungen (**Reasoning**)

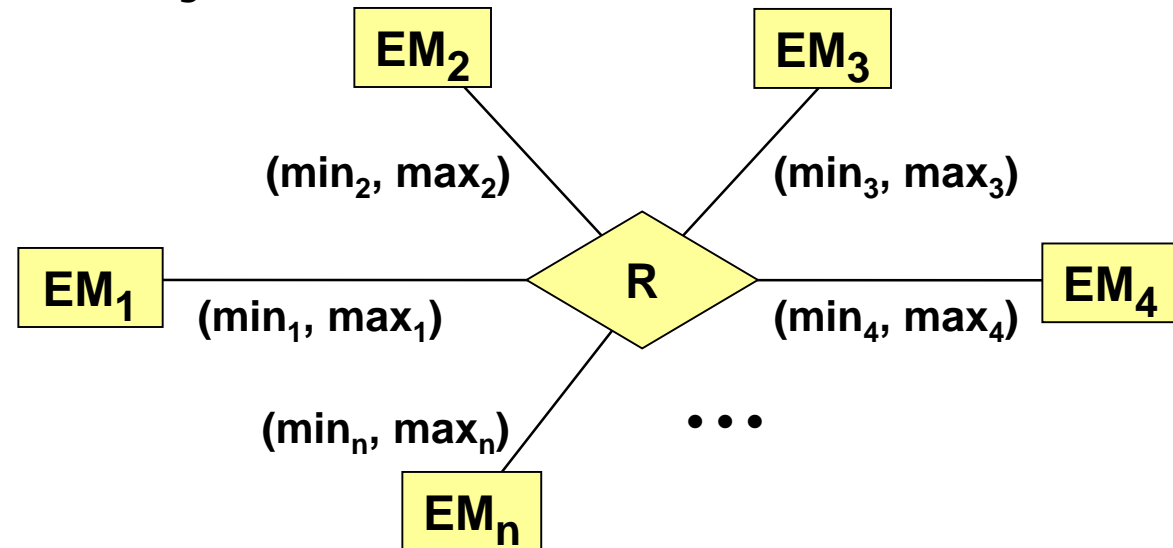
# Kardinalitätsrestriktionen (1)

- Verfeinerung der Datenabbildung
  - bisher: grobe strukturelle Festlegung der Beziehungen  
z. B.: 1:1 bedeutet „höchstens eins zu höchstens eins“
  - Verfeinerung der Semantik eines Beziehungstyps durch Kardinalitätsrestriktionen:  
sei  $R \subseteq E_1 \times E_2 \times \dots \times E_n$ ;  
Kardinalitätsrestriktion  $\text{kard}(R, E_i) = [\min, \max]$   
bedeutet, dass jedes Element aus  $E_i$  in wenigstens  $\min$  und höchstens  $\max$  Ausprägungen von  $R$  enthalten sein muss (mit  $0 \leq \min \leq \max$ ,  $\max \geq 1$ )
  - Grafische Darstellung
    - $e_1$  nimmt an  $[\min_1, \max_1]$  Beziehungen vom Typ  $R$  teil
    - $e_2$  nimmt an  $[\min_2, \max_2]$  Beziehungen vom Typ  $R$  teil



# Kardinalitätsrestriktionen (2)

- Verfeinerung der Datenabbildung (Forts.)
  - Verallgemeinerung:



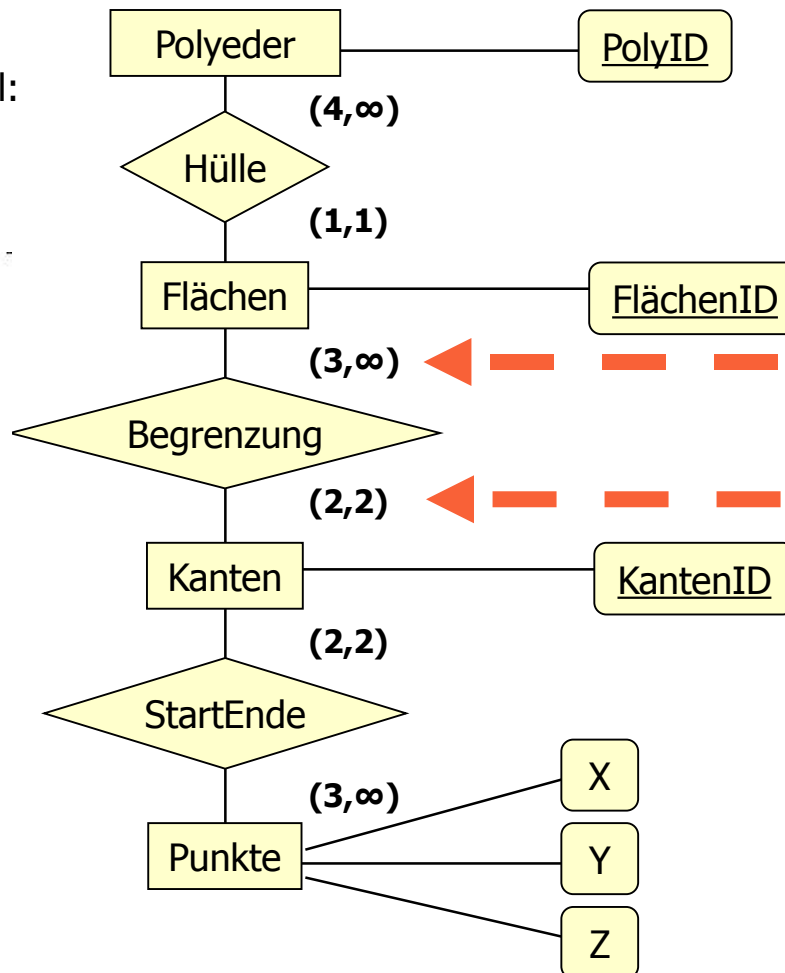
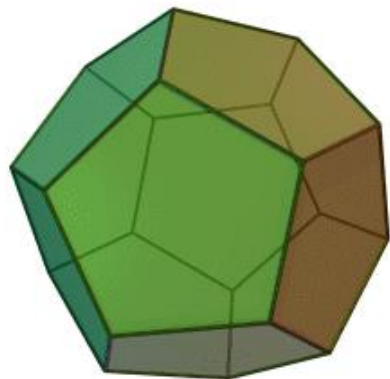
Für jedes  $e_i$  aus  $EM_i$  gibt es (in  $R$ )

- mindestens  $\min_i$  Tupel der Art  $(\dots, e_i, \dots)$
- höchstens  $\max_i$  Tupel der Art  $(\dots, e_i, \dots)$



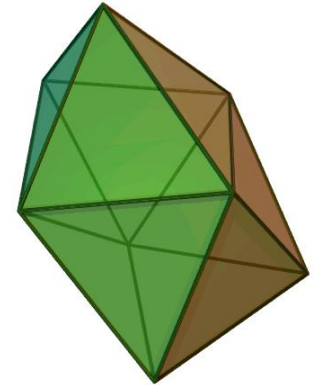
## ■ Verfeinerung der Datenabbildung (Forts.)

■ Beispiel:



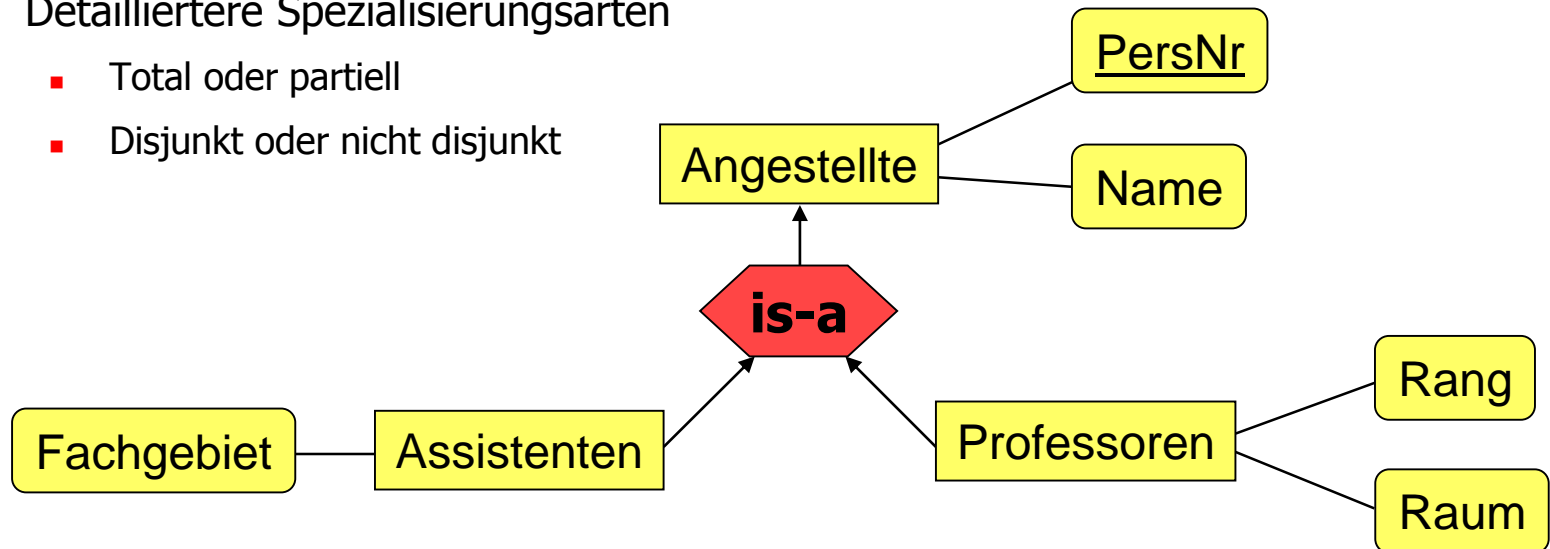
Jede Fläche wird von mindestens 3 Kanten begrenzt

Jede Kante begrenzt genau 2 Flächen



# Generalisierung und Vererbung

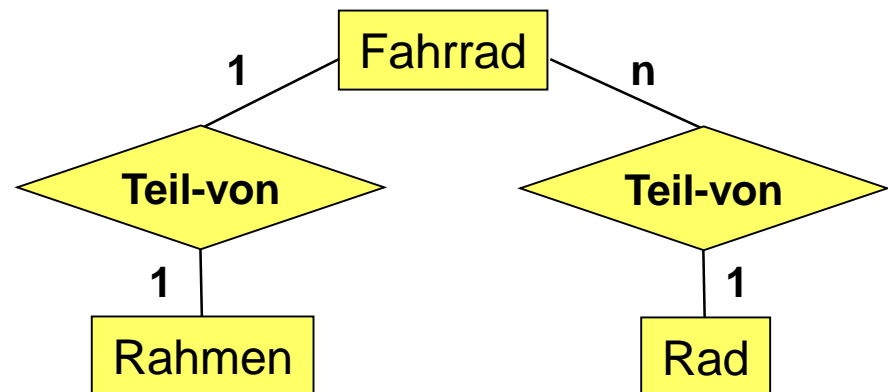
- **IS-A-Beziehung:** Obermenge vs. Untermenge (Abstraktion auf Typebene)
- Generalisierung (Untermenge → Obermenge):  
Zusammenfassen gleicher Eigenschaften mehrer Entity-Mengen
- Spezialisierung (Obermenge → Untermenge):  
Aufteilen einer Entity-Menge in detaillierter beschriebene Teilmengen
- Vererbung von Attributen, Schlüsseln und Beziehungen
- Detailliertere Spezialisierungsarten
  - Total oder partiell
  - Disjunkt oder nicht disjunkt





# Aggregationen

- **Teil-von**-Beziehung: Strukturierung unterschiedlicher Entity-Mengen
- Objekte der untergeordneten Entity-Menge sind Teile der Objekte der übergeordneten Entity-Menge
- Mögliche Abbildungstypen:
  - 1:1
  - n:1
- Häufige Verwendung von Existenzabhängigkeiten
- Aggregationshierarchien





# Zusammenfassung (1)

---

- **DB-Entwurf umfasst**

- Informationsbedarfsanalyse
- konzeptionelles DB-Schema (-> Informationsmodell)
- logisches DB-Schema (nicht diskutiert)
- 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



# Zusammenfassung (2)

---

- **Einführung weiterer Modellierungskonzepte**
  - Verfeinerung von Beziehungen durch Kardinalitätsrestriktionen
  - Generalisierung und Vererbung
  - Aggregation, implizierte Attribute und Beziehungen
  - Das erweiterte ERM ist sehr mächtig und umfasst viele bekannte Modellierungskonzepte
  - Integritätsbedingungen wurden hier nicht behandelt (-> Relationenmodell)