Kapitelübersicht

- Grundlagen von Datenbankmodellen
- Entity-Relationship-Modelle
- Objektorientierte Modelle: UML (nur in den Übungen)

Grundlagen von Datenbankmodellen

Begriff **Datenbankmodell**

Ein Datenbankmodell ist ein System von Konzepten zur Beschreibung von Datenbanken. Es legt Syntax und Semantik von Datenbankbeschreibungen für ein Datenbanksystem fest.

Datenbankbeschreibungen = Datenbankschemata

Datenbankmodelle I

Ein Datenbankmodell legt fest

1. ***statische Eigenschaften***

   (a) Objekte
   (b) Beziehungen

   inklusive der Standard-Datentypen, die Daten über die Beziehungen und Objekte darstellen können,

2. ***dynamische Eigenschaften*** *wie*

   (a) Operationen
   (b) Beziehungen zwischen Operationen,

   sowie

3. ***Integritätsbedingungen*** *an*

   (a) Objekte
   (b) Operationen.

Datenbankmodelle II

Klassische Datenbankmodelle sind speziell geeignet für

- **große Informationsmengen mit relativ starrer Struktur und**
- **die Darstellung statischer Eigenschaften und Integritätsbedingungen (also die Bereiche 1(a), 1(b) und 3(a)).**

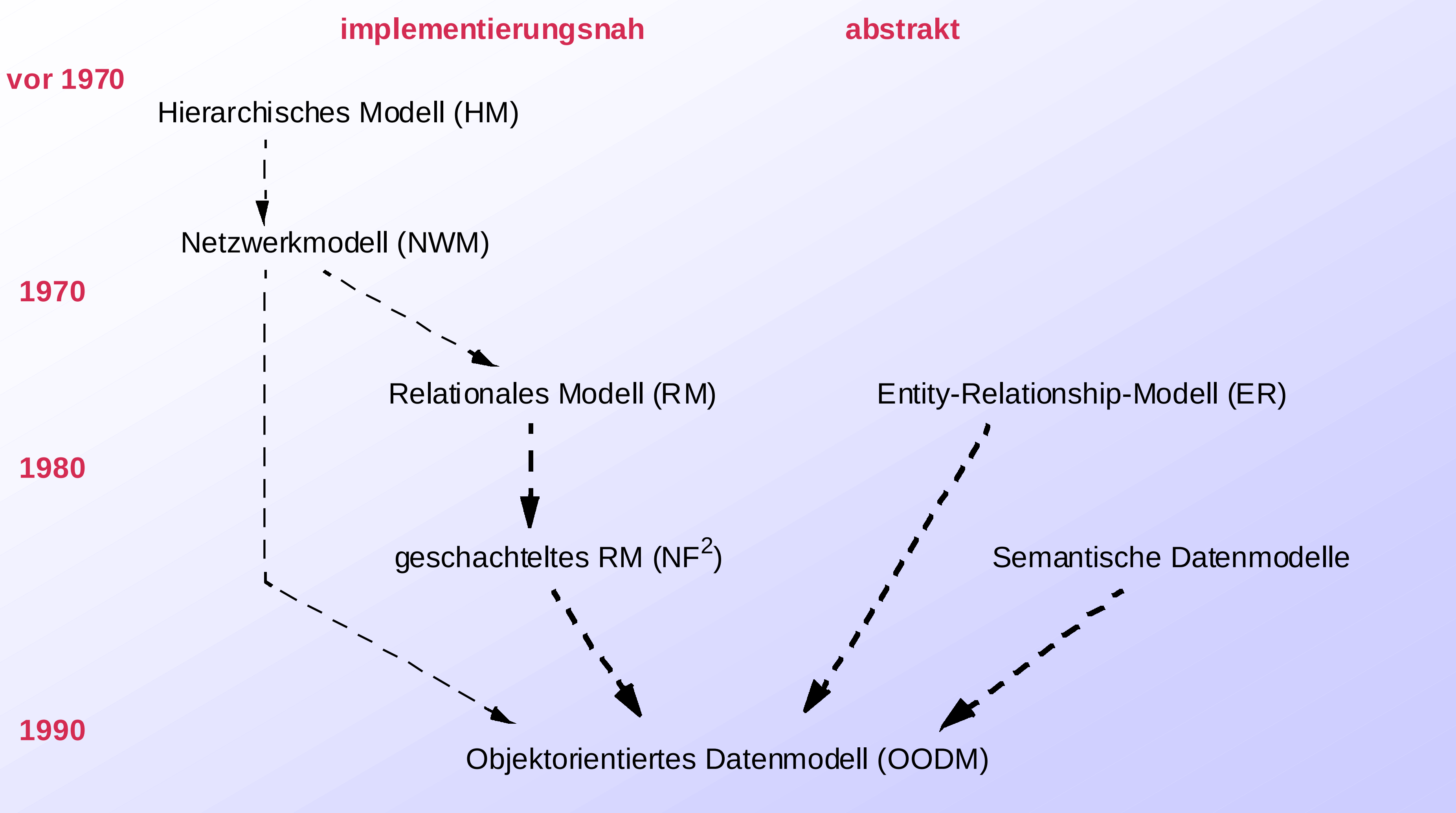
Gegenüberstellung DB- und Programmiersprachenkonzepte:

Datenbankkonzept	Typsystem einer Programmiersprache
Datenbank (**DB**)	Werte
Datenbankschema (DB-Schema)	Variablendeklaration mit Typdefinition
Datenbankmodell	Typsystem der Sprache
Datenbanksystem (**DBS**) = DB + DBMS	Programm mit Datenbestand
Datenbankmanagementsystem (**DBMS**)	Entwicklungs- und Laufzeitumgebung

Achtung:

Diese Gegenüberstellung vernachlässigt die Operationen auf Daten und gilt in erster Linie für den Vergleich klassischer DBS mit imperativen Programmiersprachen.

Historische Einordnung von Datenmodellen



Semantikfestlegung für Datenbankmodelle

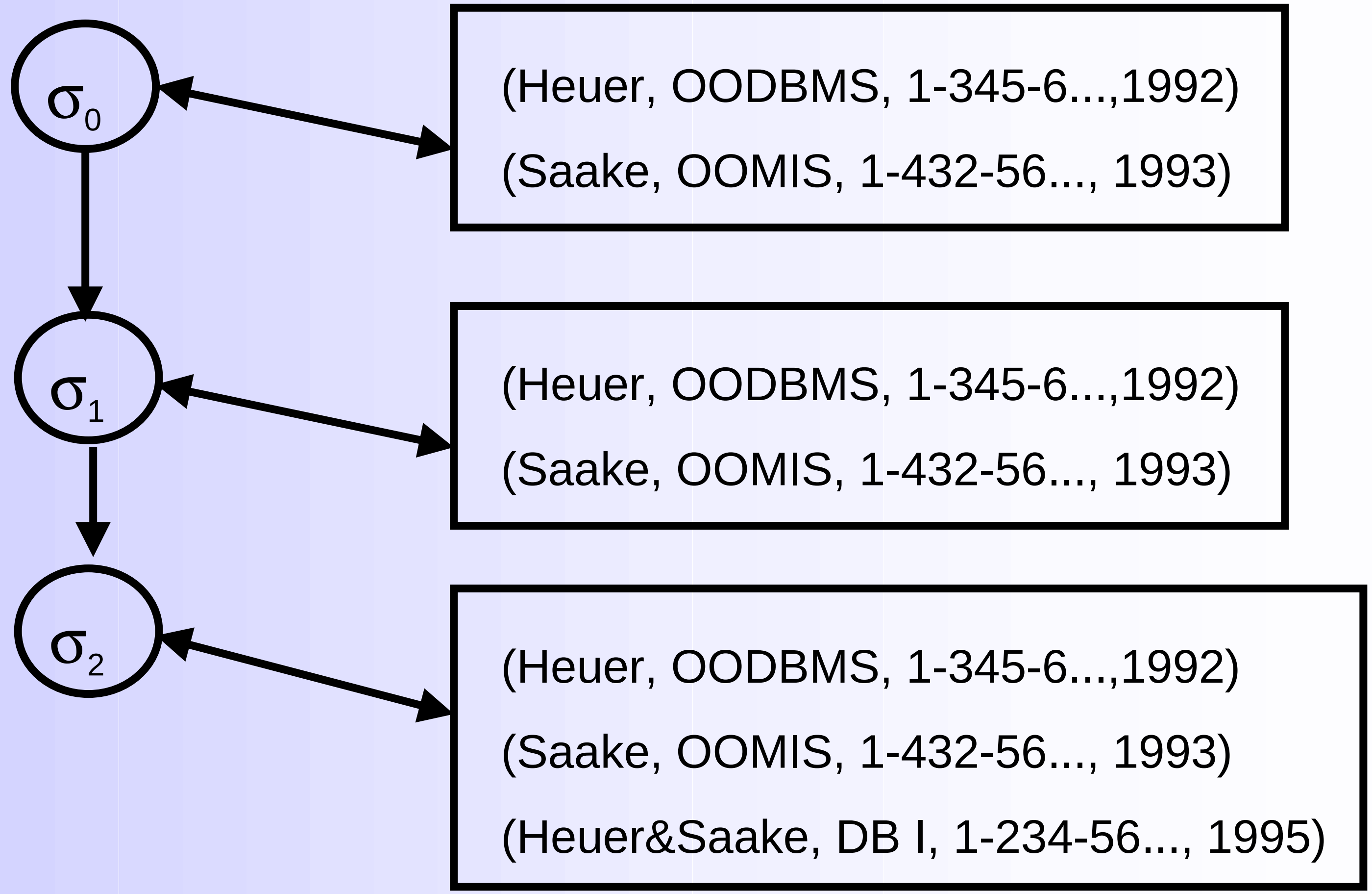
- **Wertebereiche:**

  abstrakte Datentypen
- **Datenbankzustände**

  Modell einer prädikatenlogischen Beschreibung
- **Gesamtsemantik**

  Zustandsfolgen

Formalisierung durch Zustandsfolgen



Semantikfestlegung am Beispiel I

Trägermengen für *mögliche* Werte: μ

- μ(**integer**) = $\mathbb{Z}$ (die ganzen Zahlen)
- μ(**string**) = C^* (Folgen von Zeichen aus $C = \{a, b, ..., z, A, B, ..., Z\}$)
- μ(**set**(z)) = $2^{\mu(z)}$

  (die Potenzmenge über den Werten des Parameterdatentyps z, oder anders ausgedrückt die Mengen aller Teilmengen von möglichen Werten in μ(z))
- μ(**tuple**($z_1, ..., z_n$)) = $\mu(z_1) \times \bullet\bullet\bullet \times \mu(z_n)$

  (das kartesische Produkt der Parameterwertebereiche)

Semantikfestlegung am Beispiel II

Datenbankentwicklung:

$$\underline{\sigma} = (\sigma_0, \sigma_1, \ldots, \sigma_i, \ldots).$$

Bedeutung einer DB-Variablen (T: Zeitachse):

$$\underline{\sigma}(\mathrm{db}): T \rightarrow \mu(\mathrm{typ}(\mathrm{db}))$$

Semantikfestlegung am Beispiel III

Beispiel der Bücher-Datenbank:

$$\underline{\sigma}(\text{Bücher}): T \rightarrow \mathbf{2}^{C^* \times C^* \times C^* \times \mathbb{Z}}$$

Ein konkreter Zustandswert zum Zeitpunkt 42:

$$\underline{\sigma}(\text{Bücher})(42) = \{(\text{Heuer, 00DB, 1-453-,1992}), (\text{Saake, 00SIS, 1-321-,1993})\}$$

Entity-Relationship-Modelle

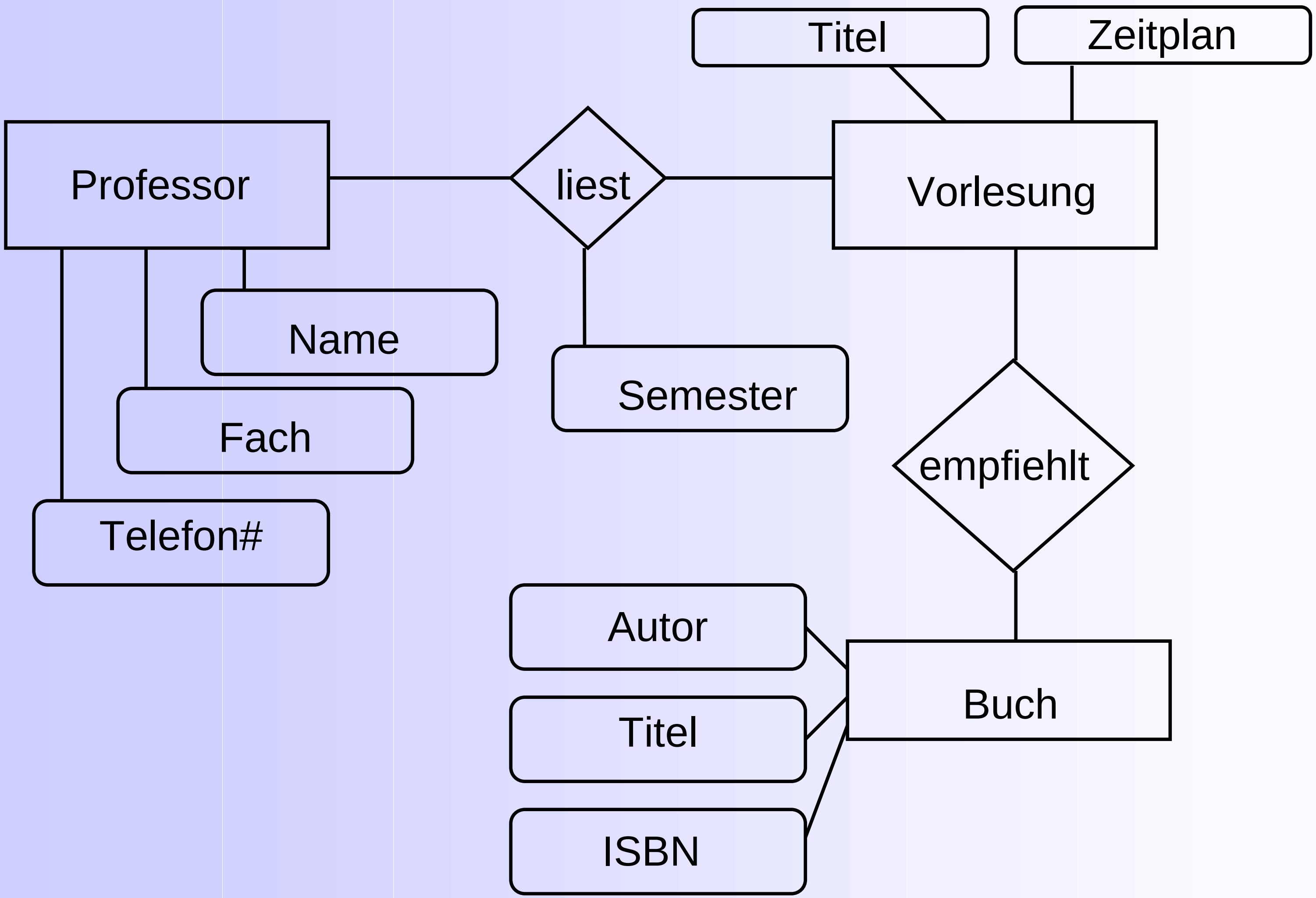
P.P. Chen im Jahre 1976

Entity: Objekt der realen oder der Vorstellungswelt, über das Informationen zu speichern sind
z. B. Vorlesungsveranstaltungen, Buch, Lehrperson, ...
Auch Informationen über Ereignisse: Prüfungen, ...

Relationship: Beziehungen zwischen Entities, z. B. eine Lehrperson hält eine Vorlesung

Attribut: Eigenschaft von Entities oder Beziehungen, z. B. die ISBN eines Buches, der Titel einer Vorlesung, oder das Semester, in dem eine Vorlesung gehalten wird

Ein einfaches Beispiel



ER-Modellierungskonzepte und ihre Semantik I

Werte

μ(**int**) : der Wertebereich $\mathbb{Z}$ (die ganzen Zahlen) mit +, -, x, ÷, =, < , ...

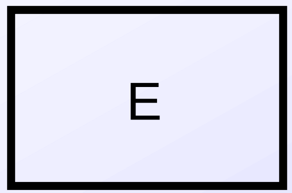
μ(**string**) : der Wertebereich C^* (Folgen von Zeichen aus der Menge C) mit +, =, <, ...

...

μ***(D)*****:** Interpretation von D, mögliche Werte einer Entity-Eigenschaft

ER-Modellierungskonzepte und ihre Semantik II

Entities: *Entity-Typen*, etwa E_1, E_2, ...

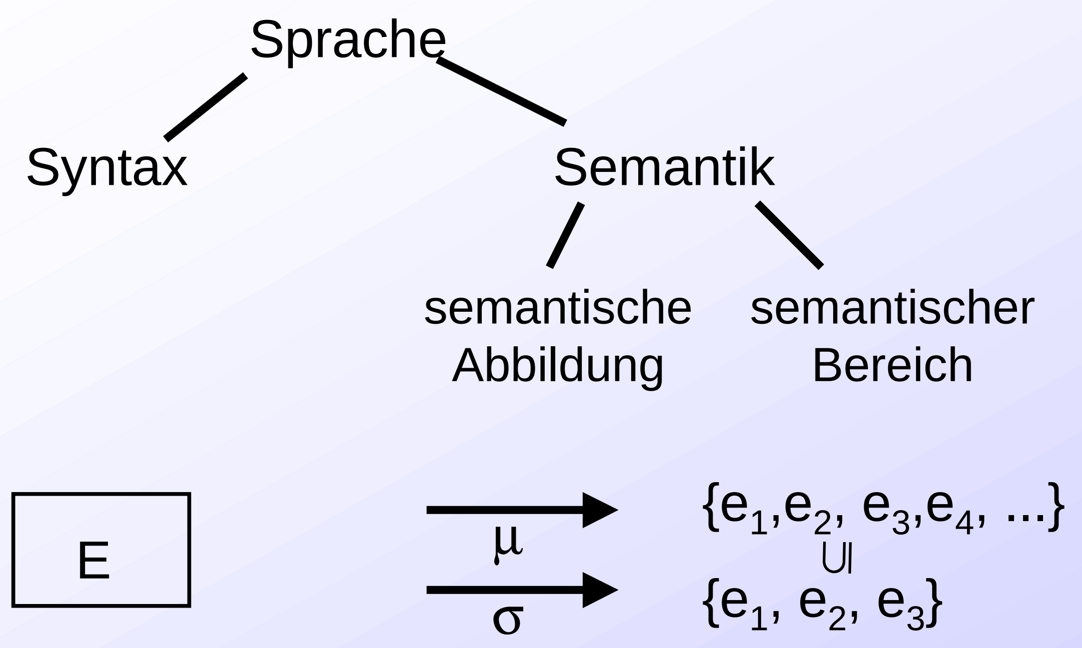


μ(E) Menge der *möglichen* Entities vom Typ E
wird hier nicht festgelegt (etwa Menge isomorph zu natürlichen Zahlen)

σ(E) Menge der *aktuellen* Entities vom Typ E in einem Zustand σ
(σ, *Sigma*, für ***s**tate* (Zustand))

Aktuelle Entities müssen mögliche Elemente sein: $\sigma(E) \subseteq \mu(E)$
Ferner gefordert: σ(E) endlich

Erläuterung an konkreten Beispielen (1): Entity-Typen



$$\sigma(E) \subseteq \mu(E)$$

Erläuterung an konkreten Beispielen (2): Entity-Typen

Sprache

Syntax | Semantik

semantische Abbildung | semantischer Bereich

integer $\xrightarrow[\mu]{}$ $\mathbb{Z} = \{\ldots-2, -1, 0, 1, 2, ..\}$

$\boxed{\text{Professor}}$ $\xrightarrow[\mu]{}$ $\{p_1, p_2, p_3, \ldots\}$

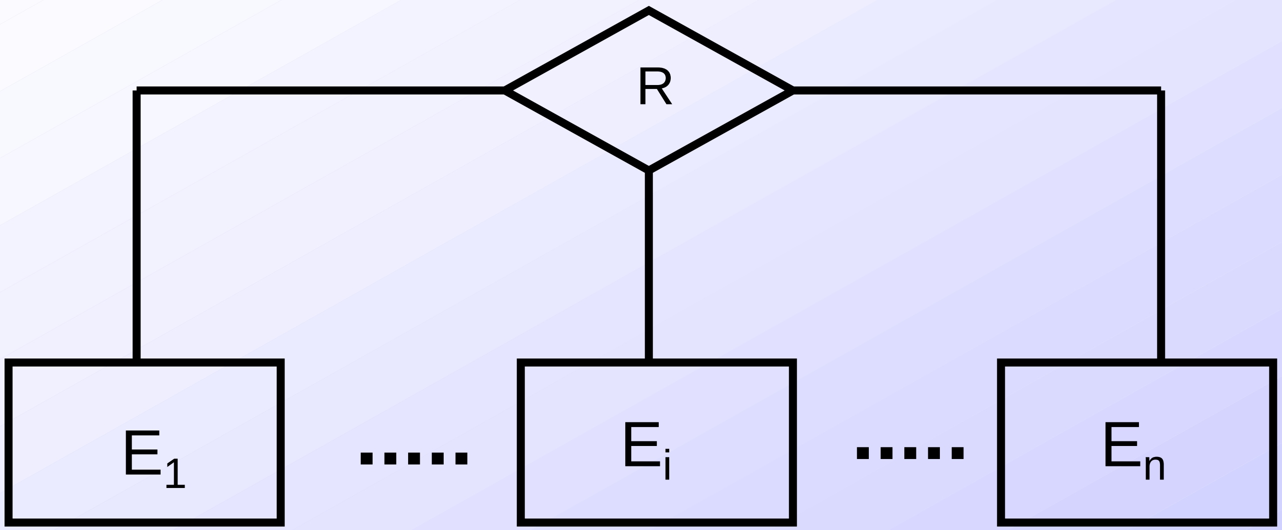
$\cup\!|$

Engels
Schäfer $\xrightarrow[\sigma]{}$ $\{p_1, p_2\}$

ER-Modellierungskonzepte und ihre Semantik III

Beziehungen: *Beziehungstypen*

Notation *n*-stelliger Beziehungstypen:



ER-Modellierungskonzepte und ihre Semantik IV

mögliche Ausprägungen:

$$\mu(R) = \mu(E_1) \times \ldots \times \mu(E_n)$$

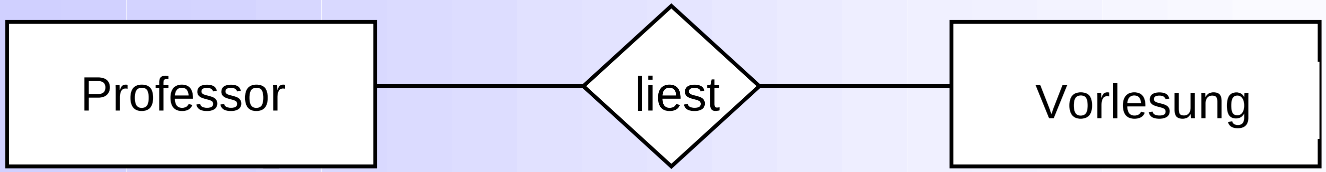
aktuelle Beziehungen nur zwischen aktuellen Entities:

$$\sigma(R) \subseteq \sigma(E_1) \times \ldots \times \sigma(E_n)$$

Rollennamen:

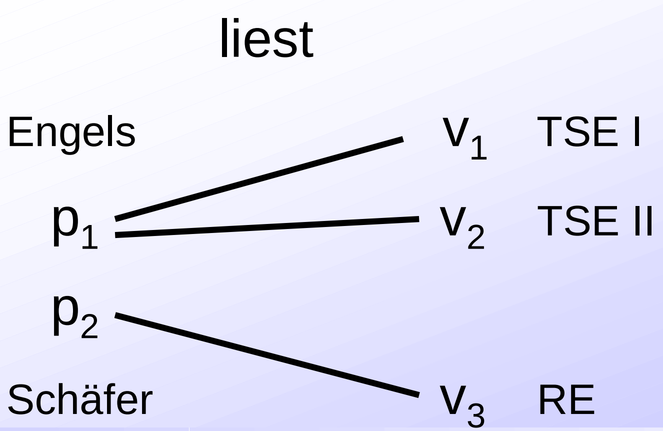
verheiratet(Frau : Person, Mann : Person)

Erläuterung an konkreten Beispielen (3): Beziehungstypen

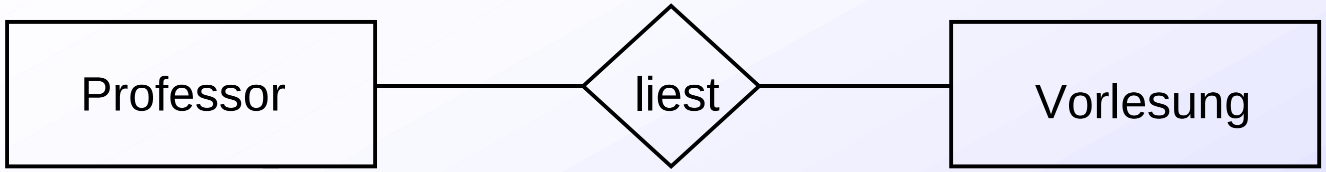


$$\text{liest} \xrightarrow{\mu} \mu\ (\text{Professor}) \times \mu\ (\text{Vorlesung})$$

$$\{p_1, p_2, p_3, ..\} \times \{v_1, v_2, v_3, ...\}$$



Erläuterung an konkreten Beispielen (4): Beziehungstypen

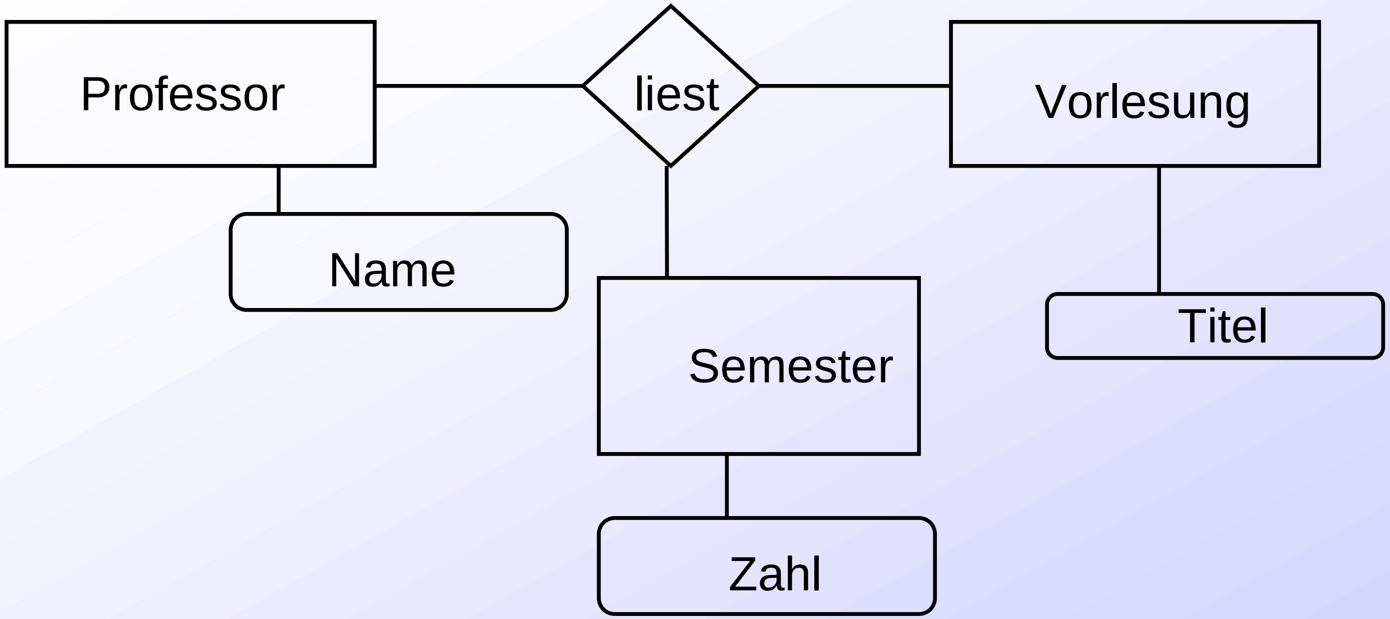


$$\sigma\,(\text{Professor}) \times \sigma\,(\text{Vorlesung}) = \{(p_1, v_1), (p_1, v_2), (p_1, v_3), (p_2, v_1), (p_2, v_2), (p_2, v_3)\}$$

$$\cup|$$

$$\sigma\,(\text{liest}) = \{(p_1, v_1), (p_1, v_2), (p_2, v_3)\}$$

Erläuterung an konkreten Beispielen (5): mehrstellige Beziehungen

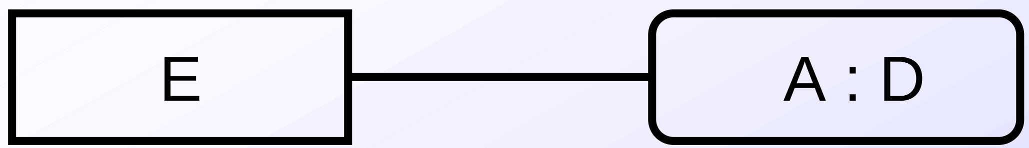


$$\sigma\,(\text{liest}) \subseteq \sigma\,(\text{Professor}) \times \sigma\,(\text{Vorlesung}) \times \sigma\,(\text{Semester})$$

$$= \{(p_1, v_1, s_1), (p_1, v_1, s_2), \ldots \}$$

ER-Modellierungskonzepte und ihre Semantik V

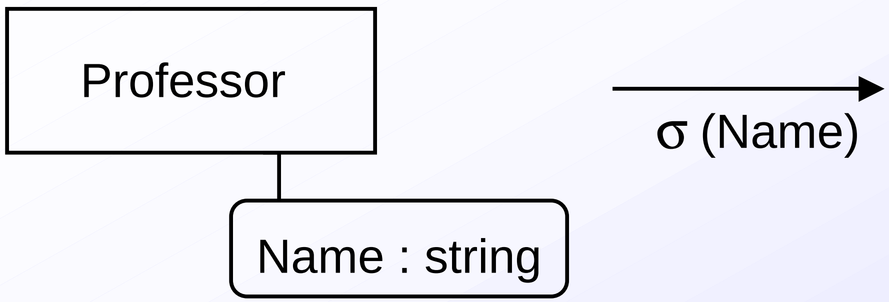
Attribute:



Semantik einer Attributdeklaration: Ein Attribut A eines Entity-Typen E ist im Zustand σ eine Abbildung

$$\sigma(A) : \sigma(E) \rightarrow \mu(D)$$

Erläuterung an konkreten Beispielen (6): Attribute



σ (Name) : σ (Professor) $\rightarrow \mu$ (String)

σ (Name) : $\{p_1, p_2\} \rightarrow C^*$

σ (Name) (p_1) = Engels

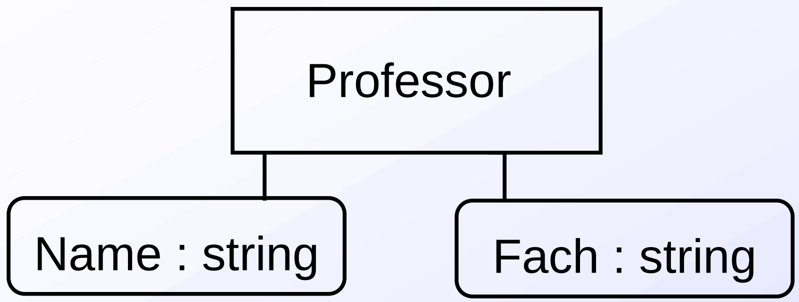
σ (Name) (p_2) = Schäfer

Erweiterung: neuer Zustand σ‘ mit Professor p_3

σ‘ (Professor) = $\{p_1, p_2, p_3\}$

σ‘ (Name) (p_3) = Kastens

Erläuterung an konkreten Beispielen (7): Attribute



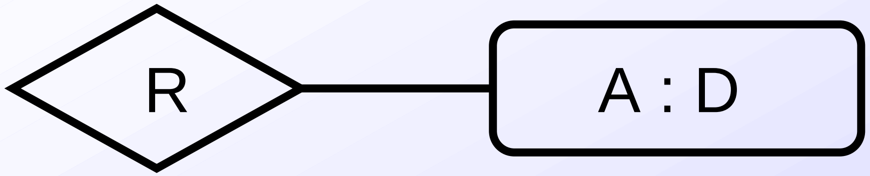
σ (Fach) $\{p_1, p_2\} \rightarrow C^*$

σ (Fach) (p_1) = DB

σ (Fach) (p_2) = SWT

ER-Modellierungskonzepte und ihre Semantik VI

Beziehungsattribute:



Semantik:

$$\sigma(A) : \sigma(R) \rightarrow \mu(D)$$

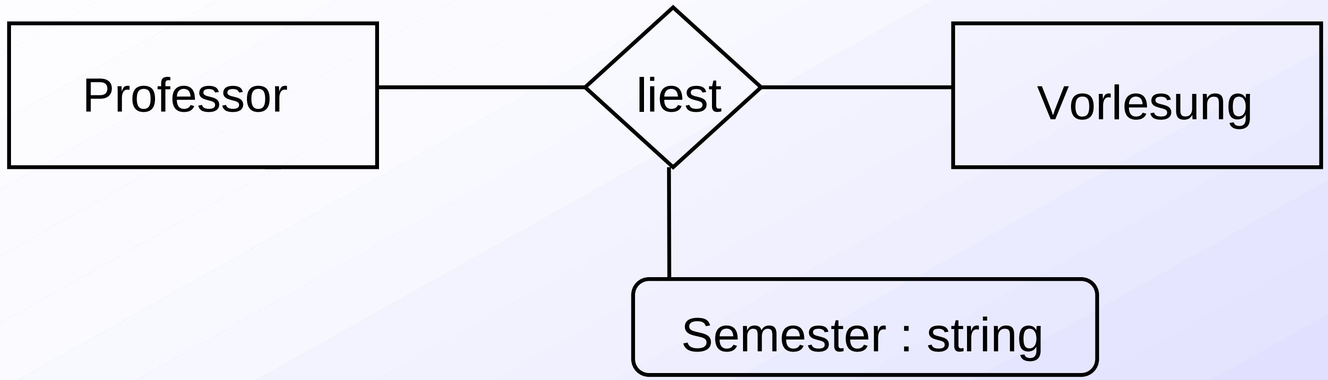
Textuelle Notation für Attribute:

$$E(A_1 : D_1, ..., A_m : D_m)$$

bzw.

$$R(E_1, ..., E_n; A_1, ..., A_p)$$

Erläuterung an konkreten Beispielen (8): Attribute von Beziehungstypen



σ (Semester) (p_1, v_1) = WS 00/01

σ (Semester) (p_2, v_3) = SS00

Semantik eines ER-Schemas

Jeder Zustand σ eines ER-Schemas ist eine Zuordnung

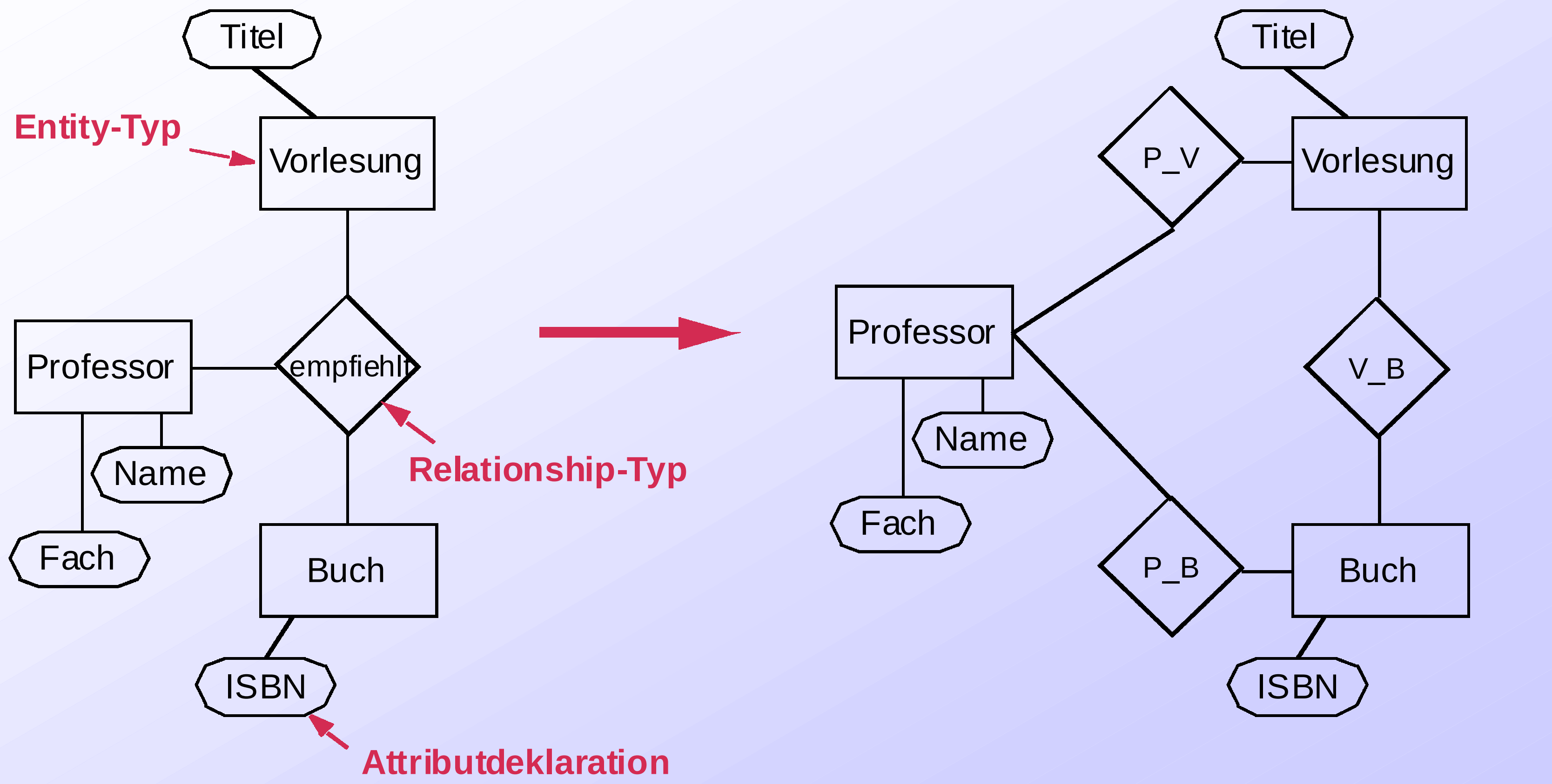
$$
\begin{aligned}
\mathbf{E} &\longmapsto \sigma(\mathbf{E}) \subseteq \mu(\mathbf{E}) \\
\mathbf{R(E_1, ..., E_n; ...)} &\longmapsto \sigma(\mathbf{R}) \subseteq \sigma(\mathbf{E_1}) \times ... \times \sigma(\mathbf{E_n}) \\
\mathbf{E(..., A_i : D, ...)} &\longmapsto \sigma(\mathbf{A_i}) : \sigma(\mathbf{E}) \to \mu(\mathbf{D}), ... \\
\mathbf{R(...; ..., A_i : D, ...)} &\longmapsto \sigma(\mathbf{A_i}) : \sigma(\mathbf{R}) \to \mu(\mathbf{D}), ...
\end{aligned}
$$

bei gegebener fester Interpretation μ der Datentypen durch Wertebereiche und der Entity-Typen durch vorgegebene Mengen möglicher Entities.

Zweistellige versus mehrstellige Beziehungen

ER-Diagramm mit dreistelliger Beziehung

mögliche Umwandlung in zweistellige Beziehungen



Problem mit Umwandlung n-stelliger in 2-stellige Beziehungen:

empfiehlt (korrekte Fassung)

Professor	Vorlesung	Buch (ISBN)
Heuer	DB 1	1-234…
Heuer	DB 2	9-876…
Saake	DB 1	9-876…
Saake	DB 2	9-876…

Ausprägungen der drei zweistelligen Beziehungen:

P_V

Professor	Vorlesung
Heuer	DB 1
Heuer	DB 2
Saake	DB 1
Saake	DB 2

P_B

Professor	Buch
Heuer	1-234...
Heuer	9-876...
Saake	9-876...

V_B

Vorlesung	Buch
DB 1	1-234...
DB 2	9-876...
DB 1	9-876...

Problem mit Umwandlung n-stelliger in 2-stellige Beziehungen:

empfiehlt (falsche, d.h. nicht beabsichtigte Fassung)

Professor	Vorlesung	Buch (ISBN)
Heuer	DB 1	1-234…
Heuer	DB 1	9-876…
Heuer	DB 2	9-876…
Saake	DB 1	9-876…
Saake	DB 2	9-876…

Ausprägungen der drei zweistelligen Beziehungen:

P_V

Professor	Vorlesung
Heuer	DB 1
Heuer	DB 2
Saake	DB 1
Saake	DB 2

P_B

Professor	Buch
Heuer	1-234...
Heuer	9-876...
Saake	9-876...

V_B

Vorlesung	Buch
DB 1	1-234...
DB 2	9-876...
DB 1	9-876...

Problem mit Umwandlung n-stelliger in 2-stellige Beziehungen:

jetzt auch möglich:

P_V

Professor	Vorlesung
Heuer	DB 1
Heuer	DB 2
Saake	DB 1
Saake	DB 2

P_B

Professor	Buch
Heuer	1-234...
Heuer	9-876...
Saake	9-876...

V_B

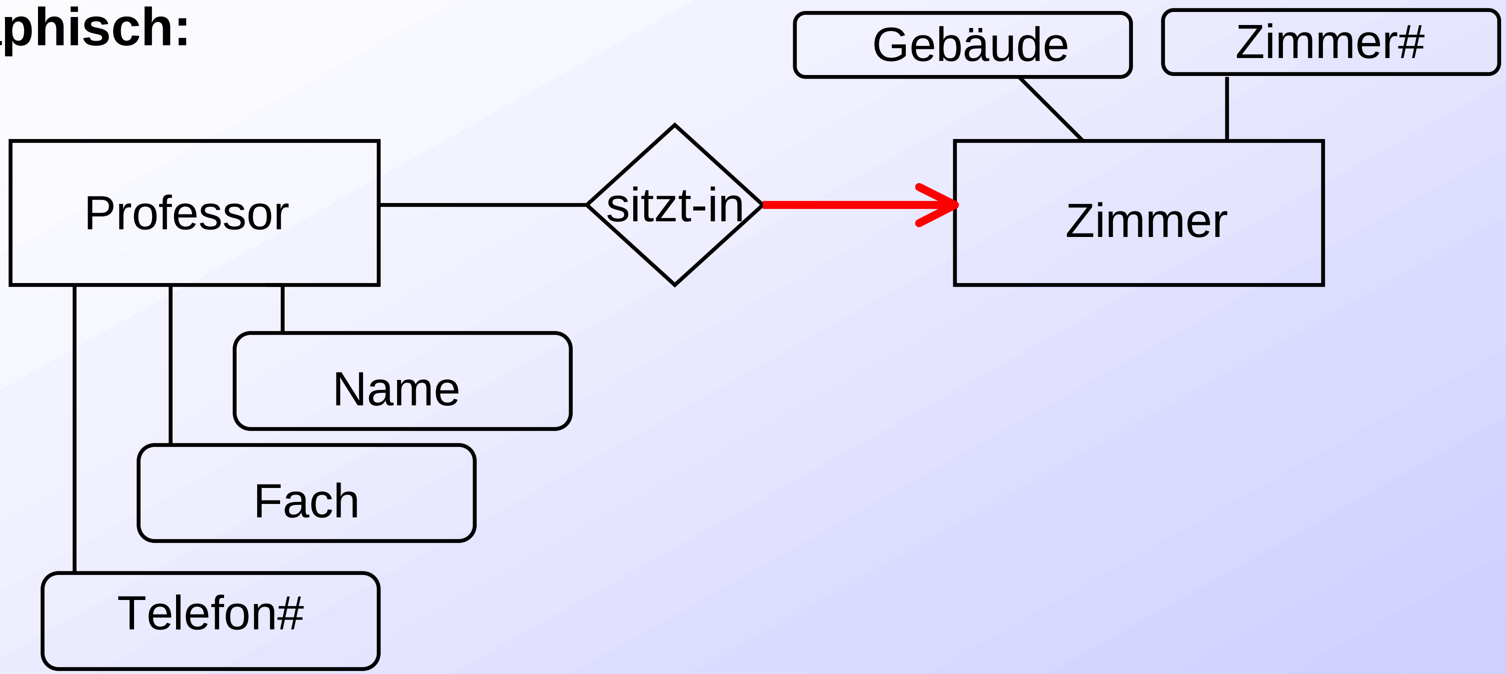
Vorlesung	Buch
DB 1	1-234...
DB 2	9-876...
DB 1	9-876...
DB3	**4-242...**

Funktionale Beziehungen

Textuell:

$$R : E_1 \rightarrow E_2$$

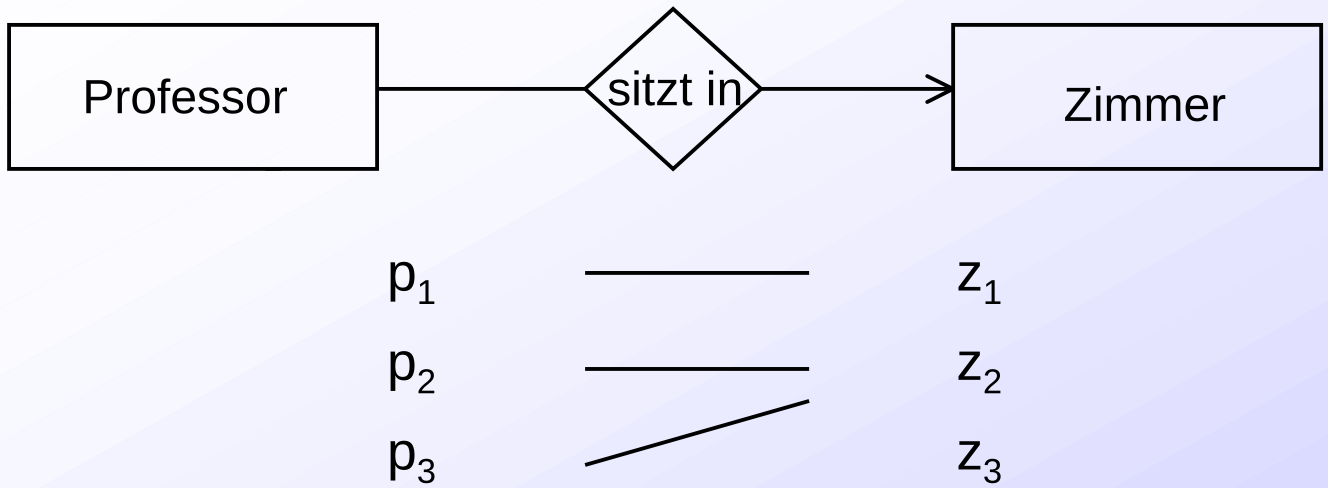
Graphisch:



Bedeutung:

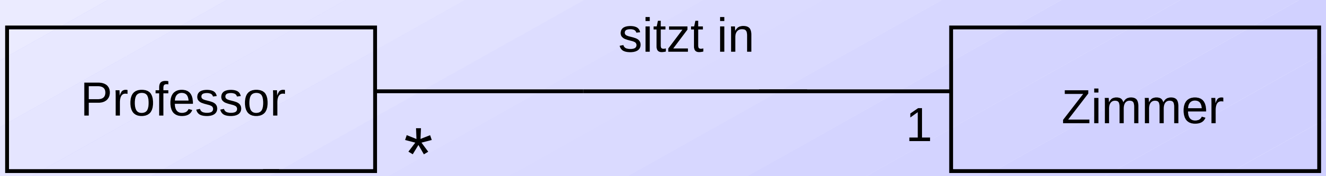
$$\sigma(R) : \sigma(E_1) \rightarrow \sigma(E_2)$$

Erläuterung an konkreten Beispielen (9): Funktionale Beziehungstypen



σ (sitzt in) $(p_1) = z_1$

UML-Notation:



Identifizierung durch Schlüssel

Für Entity-Typ $E(A_1, ..., A_m)$ sei Teilmenge $\{S_1, ..., S_k\}$ der gesamten Attribute gegeben, die **Schlüsselattribute**.

Es gilt: $\{S_1, ..., S_k\} \subseteq \{A_1, ..., A_m\}$.

In jedem Datenbankzustand identifizieren die aktuellen Werte der Schlüsselattribute eindeutig Instanzen des Entity-Typs E:

$\forall e_1, e_2 \in \sigma(E) : (\sigma(S_1)(e_1) = \sigma(S_1)(e_2) \wedge ... \wedge \sigma(S_k)(e_1) = \sigma(S_k)(e_2)) \Rightarrow (e_1 = e_2)$

Notation: markieren durch Unterstreichung:

$E(..., \underline{S}_1, ..., \underline{S}_i, ...)$

Erläuterung an konkreten Beispielen (10): Schlüsselattribute

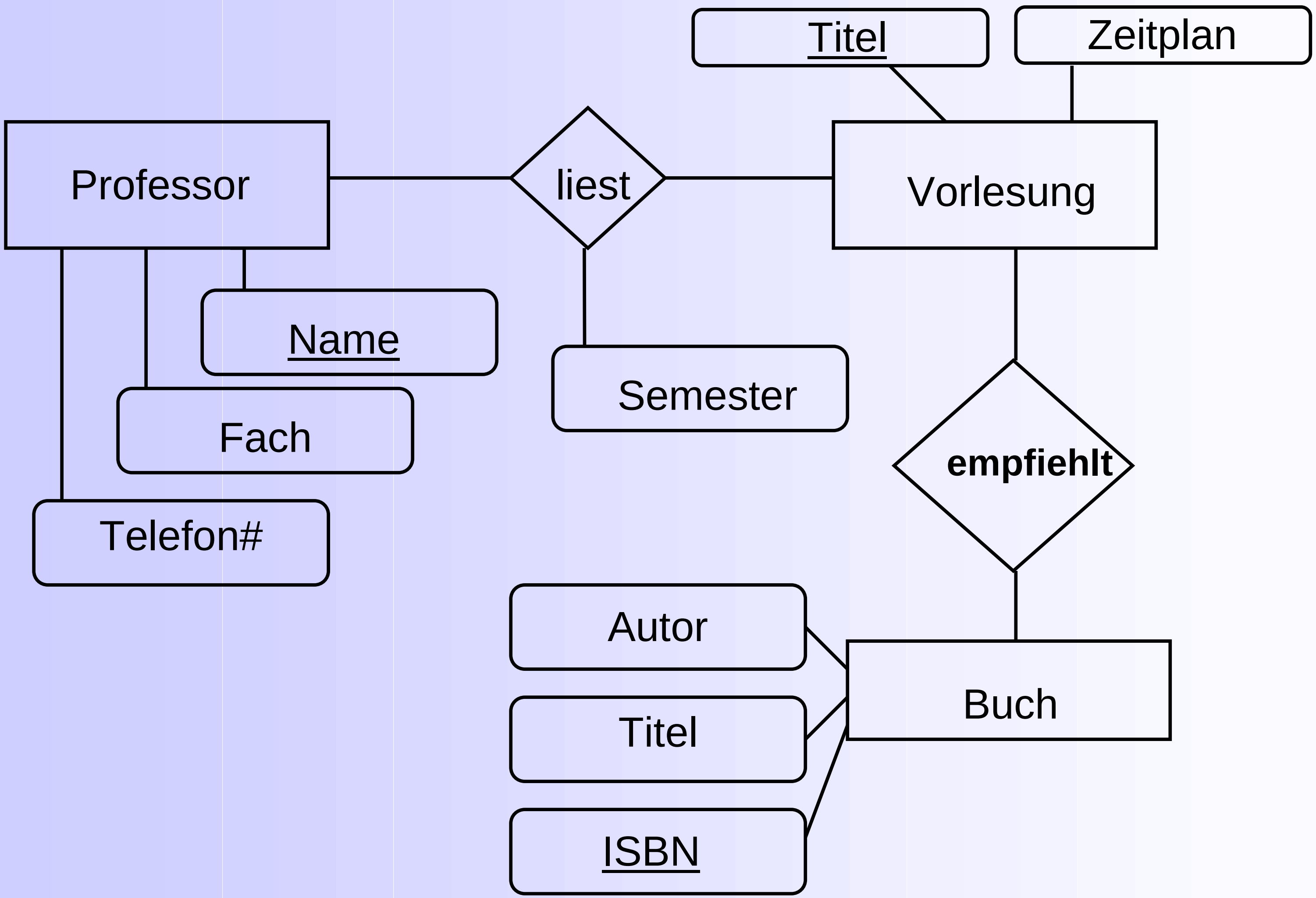
Professor	Name	Fach	Telefon#
	Engels	DB	3336
	Schäfer	SWT	3313
	Böttcher	DB	6600

$\{Name\} \subseteq \{Name, Fach, Telefon\#\}$

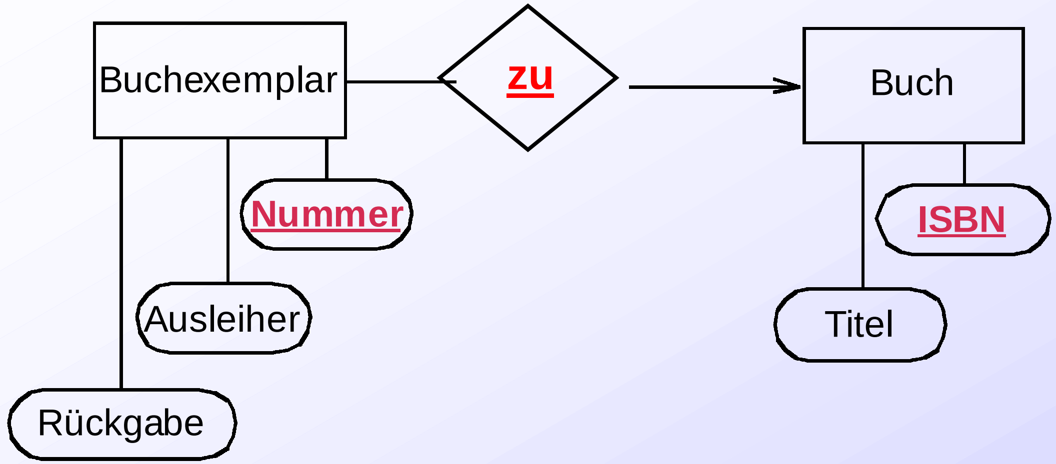
$p_1, p_2 \in \sigma\,(Professor)$

$\sigma\,(Name)\,(p_1) = \sigma\,(Name)\,(p_2) \Rightarrow p_1 = p_2$

Beispiel mit Schlüsselattributen

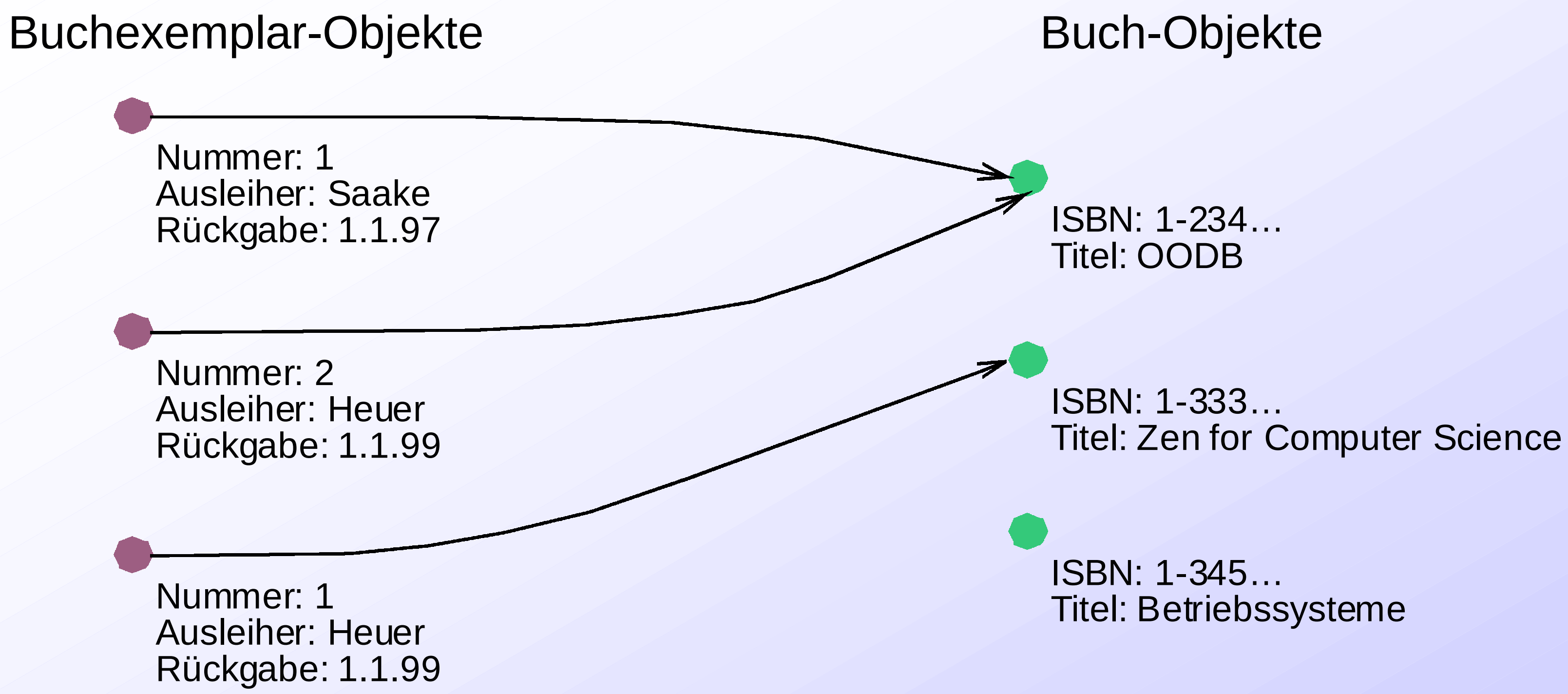


Abhängige Entity-Typen und Schlüsselattribute



- unterstrichene Attribute/funktionale Bez. sind die **Schlüssel** eines Entity-Typs:
  - ⇨ Buch hat den Schlüssel ISBN
  - ⇨ Buchexemplar hat den Schlüssel Nummer, zu -Verweis auf Buch
- Schlüsselattribute zweier Entities desselben Typs haben verschiedene Werte
- funktionale Beziehung als Schlüsselbestandteil legt **Existenzabhängigkeit** fest:
  - ⇨ Buchexemplar ohne zugehöriges Buch ist nicht erlaubt (= **weak Entity**)

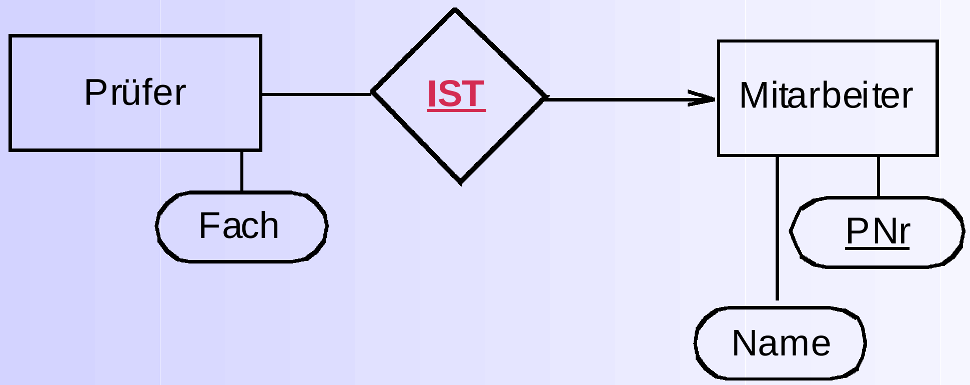
Ausprägungen abhängiger Entity-Typen:



Nicht erlaubt wäre z.B.:

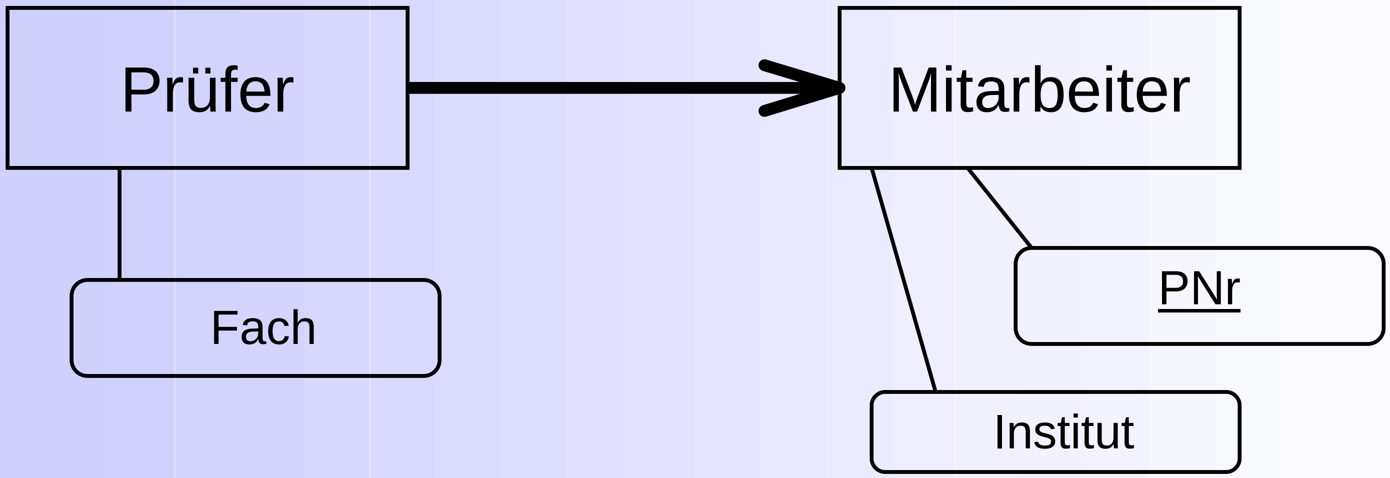
- beide Buchexemplare zu OODB-Titel haben dieselbe Nummer 1
- Buchexemplar hat mehr als ein oder kein zugehöriges Buch

Die IST-Beziehung als Spezialfall einer funktionalen Beziehung

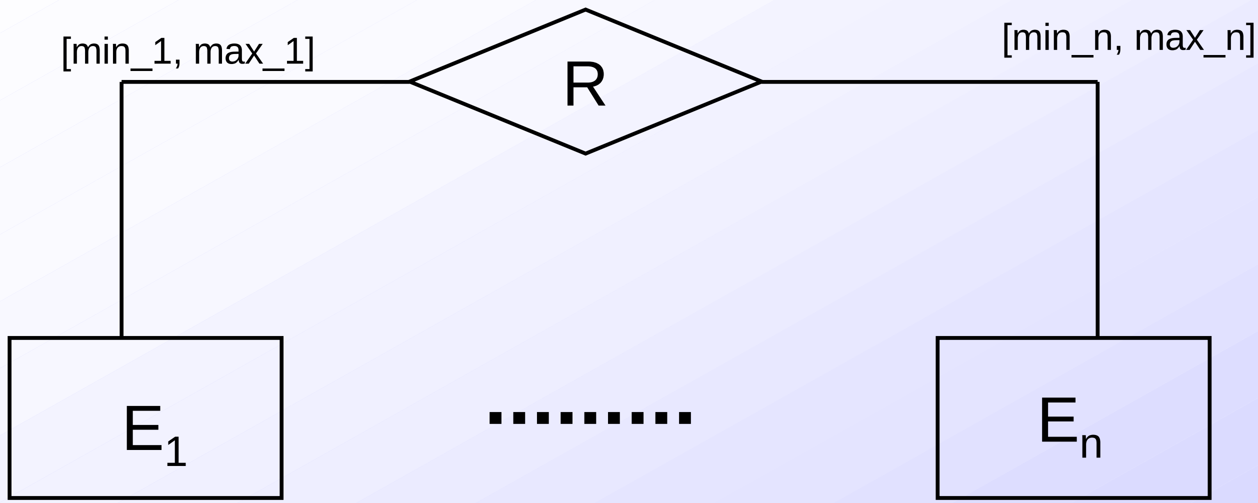


- jede Prüfer -Instanz ist genau einer Mitarbeiter -Instanz zugeordnet (Spezialfall eines abhängigen Entity-Typs)
- nicht jeder Mitarbeiter ist zugleich Prüfer, aber jeder Prüfer ist Mitarbeiter!
- IST-Beziehungstyp beschreibt also Mengeninklusion $\sigma(E_1) \subseteq \sigma(E_2)$
- Stichwort: semantische Vererbung (siehe TSE I)
- Attribute des Entity-Typs Mitarbeiter treffen auch auf Prüfer zu („vererbte Attribute“): Prüfer(Name, PNr, Fach)
- nicht nur Attributdeklarationen, sondern auch konkrete Werte vererben sich

Die IST-Beziehung: Alternative Notation



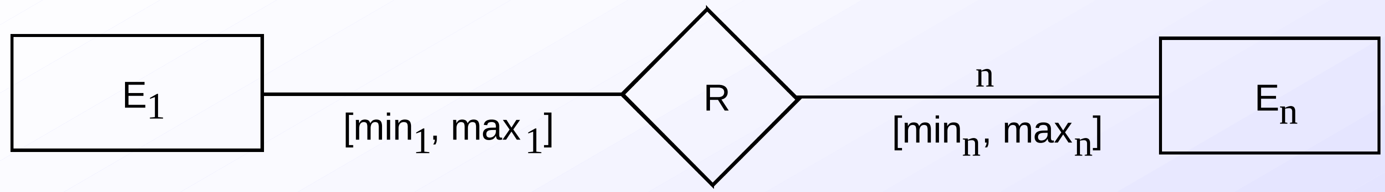
Kardinalitäten



- Notation für Kardinalitätsangaben an einem Beziehungstyp

  $R(E_1, ..., E_i[\mathit{min}_i, \mathit{max}_i], ..., E_n)$
- Spezielle Wertangabe für max_i ist *

2 verschiedene Semantikdefinitionen für Kardinalitäten



mit min_i, $max_i \in 0, 1, \ldots$ und * für beliebig viele

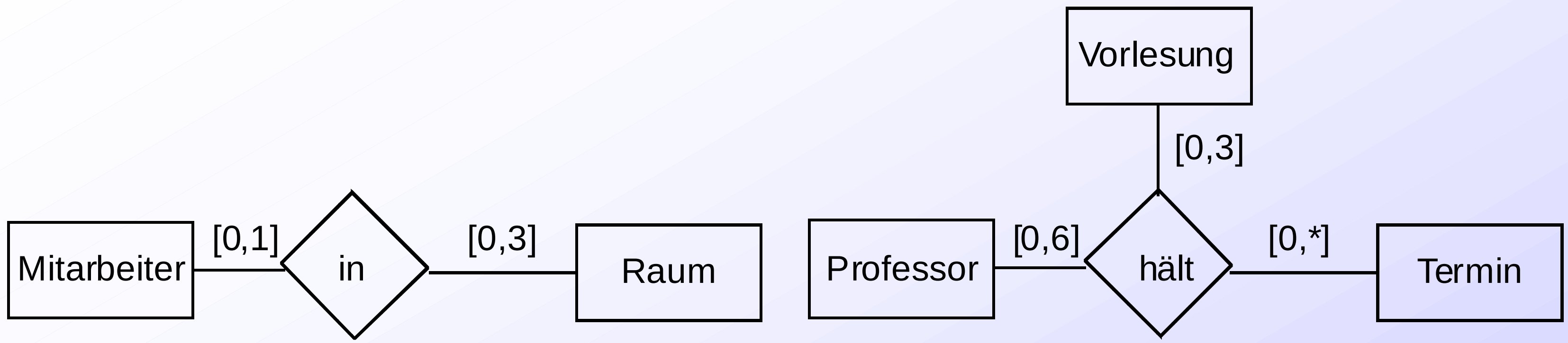
- **Semantikmöglichkeit 1 (für den Rest der Vorlesung)** :
  die Anzahl von Beziehungen des Relationship-Typs R mit derselben Instanz e_i vom Typ E_i bewegt sich zwischen min_i und max_i :

  $\forall e_i \in E_i : min_i \leq |\{ r \in R \mid r.E_i = e_i \}| \leq max_i$

- **Semantikmöglichkeit 2** :
  die Anzahl von Beziehungen des Relationship-Typs R , bei denen die Instanzen zu allen Entity-Typen bis auf E_i festgelegt sind, bewegt sich zwischen min_i und max_i :

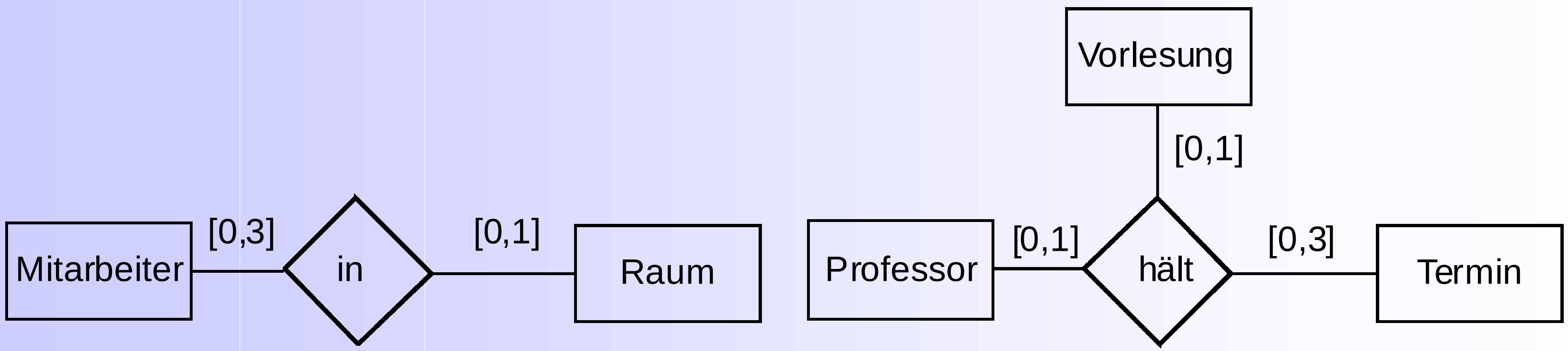
  $\forall i \in 1, \ldots, n: \forall (e_1, \ldots e_{i-1}, e_{i+1}, \ldots e_n) \in E_1 \times \ldots \times E_{i-1} \times E_{i+1} \times \ldots \times E_n$:
  $min_i \leq |\{ r \in R \mid \forall j \in 1, \ldots, n: j \neq i \wedge r.E_j = e_j\}| \leq max_i$

Beispiele für Kardinalitätsangaben mit Semantikmöglichkeit 1



- ein Mitarbeiter arbeitet in höchstens einem Raum (der Uni)
- in einem Raum arbeiten höchstens 3 Mitarbeiter
- ein Professor hat maximal 6 Vorlesungstermine (pro Woche)
- eine Vorlesung wird an maximal drei Terminen (pro Woche) gehalten
- an einem Termin können beliebig viele Vorlesungen gehalten werden

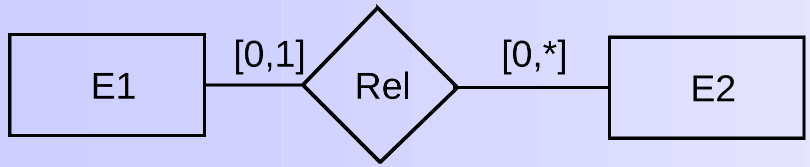
Beispiele für Kardinalitätsangaben mit Semantikmöglichkeit 2



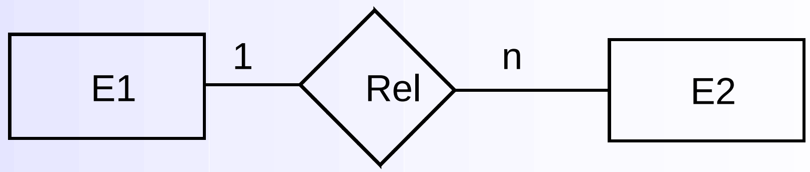
- ein Mitarbeiter arbeitet in höchstens einem Raum (der Uni)
- in einem Raum arbeiten höchstens 3 Mitarbeiter
- ein Professor hält an einem Termin höchstens eine Vorlesung
- eine Vorlesung wird an einem Termin höchstens von einem Professor gelesen
- ein Professor hält eine Vorlesung an maximal drei Terminen (pro Woche)

Vereinfachte Kardinalitätsangaben für binäre Beziehungen

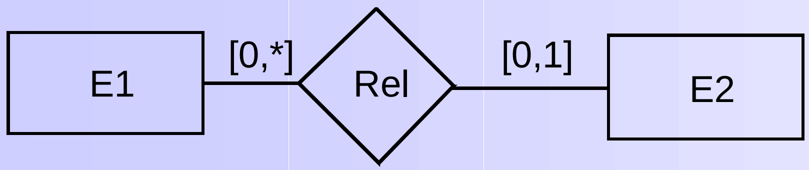
Kardinalitätsangabe nach Semantik 1:



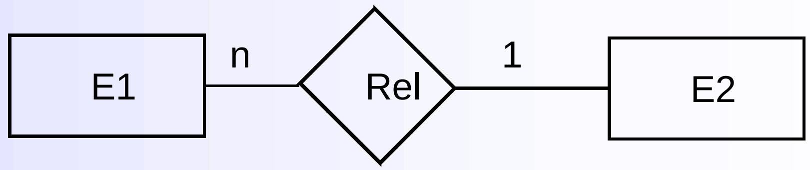
abkürzende Notation (Semantik 1):



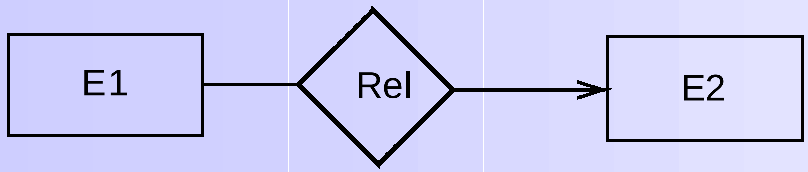
Kardinalitätsangabe nach Semantik 2:



abkürzende Notation (Semantik 2):



oder im ER-Modell ohne Kardinalitäten:



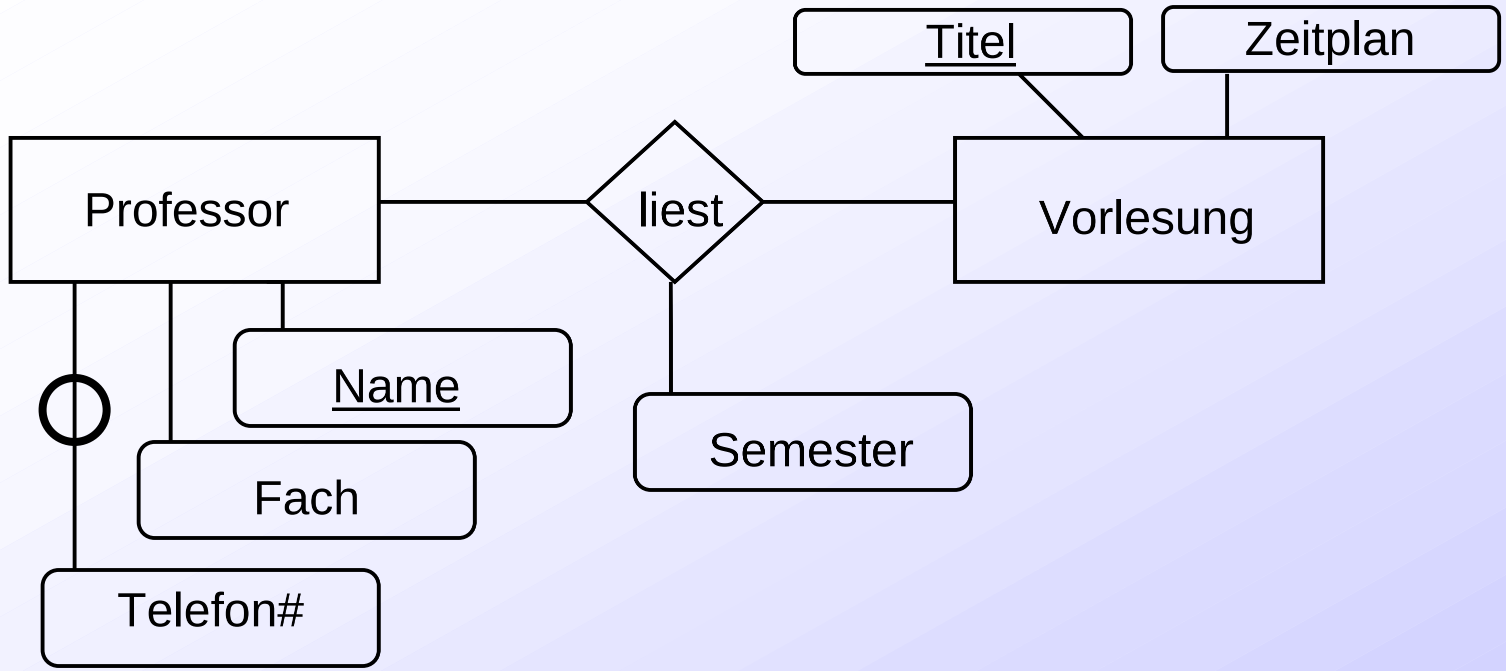
Fazit:

Vorsicht bei Kardinalitätsangaben in verschiedenen ER-Dialekten!

Kardinalitäten

- [0,*] ist Standardannahme.
- Die Angabe $R(E_1[0,1], E_2)$ entspricht einer (partiellen) funktionalen Beziehung $R : E_1 \rightarrow E_2$, da jede Instanz aus E_1 maximal einer Instanz aus E_2 zugeordnet ist.
- Eine totale funktionale Beziehung wird durch $R(E_1[1,1],E_2)$ modelliert.
- Für die Beziehung E_1 IST E_2 gilt: $IST(E_1[1,1],E_2[0,1])$.

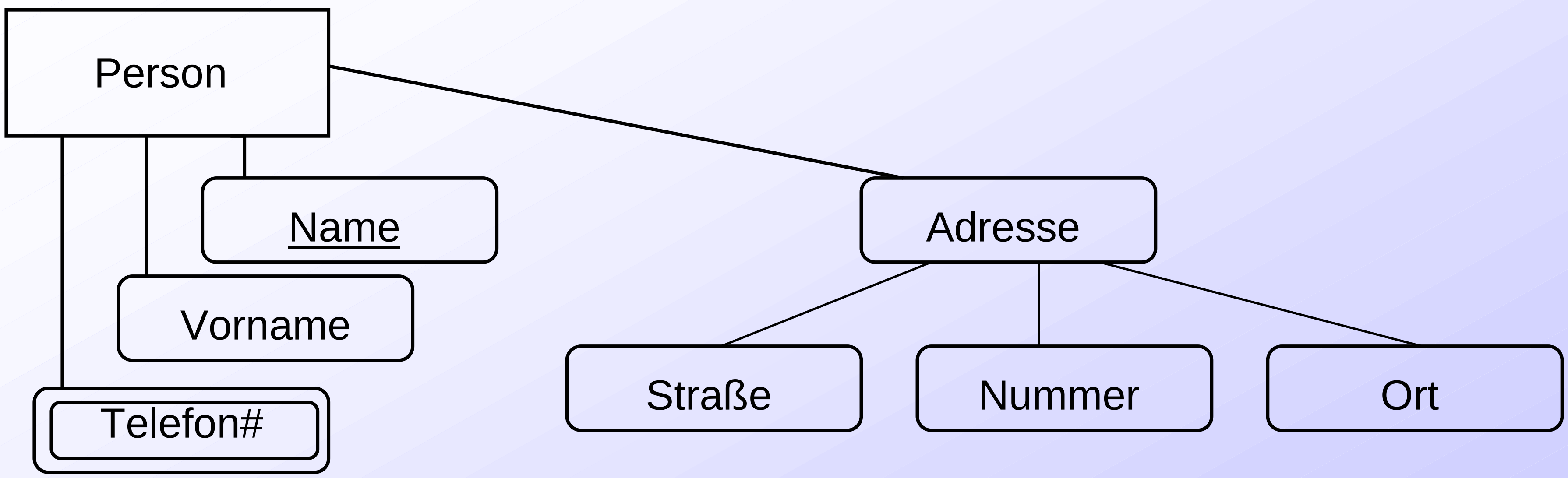
Optionalität von Attributen und Beziehungen



Optionale Attribute im ER-Modell

Weitere Konzepte

- **Strukturierte Attributwerte im ER-Modell**



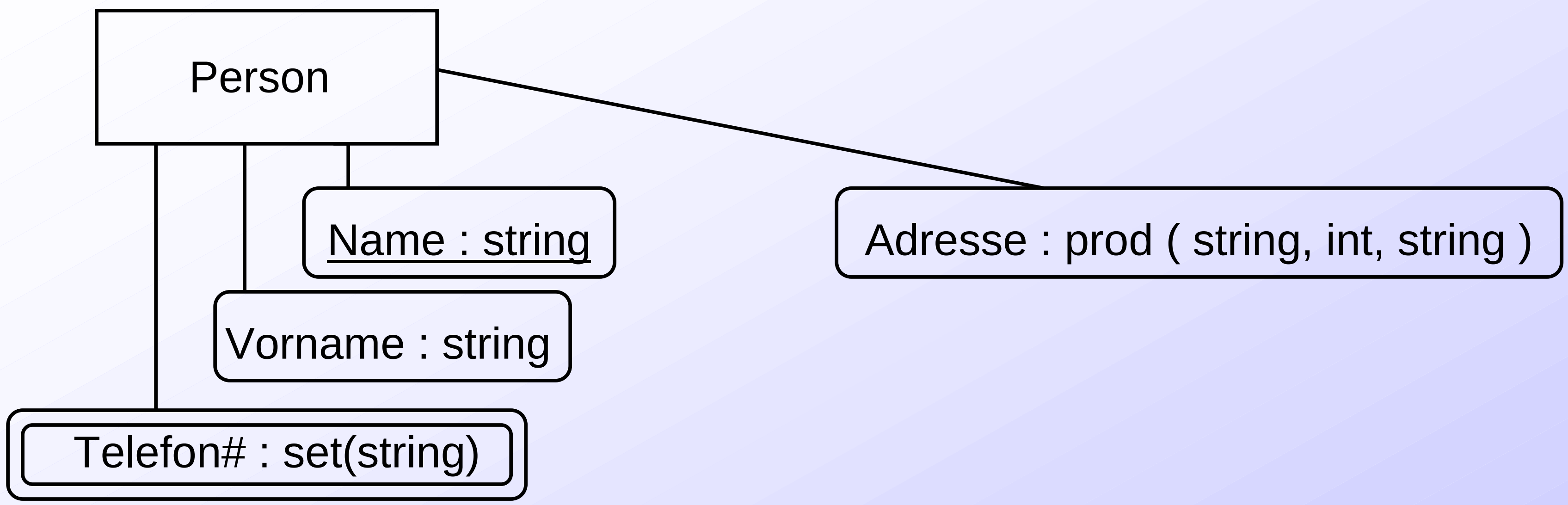
Strukturierte Werte im ER-Modell

Mengen- und tupelwertige Attribute im ER-Modell

prod:	Tupelbildung	point = prod(real,real)
list:	Listen/Folgen von Werten	polygon = list(point)
set:	Mengen	holidays = set(date)
bag:	Multimengen	birthdays_of_a_group = bag(date)

Weitere Konzepte

- **Strukturierte Attributwerte im ER-Modell (alternative Notation)**



Weitere Konzepte

❑ Abgeleitete Attributwerte im ER-Modell