

II. Konzeptueller Datenbankentwurf

- ❑ Entwurfsprozess
- ❑ Datenbankmodelle
- ❑ Einführung in das Entity-Relationship-Modell
- ❑ ER-Konzepte und ihre Semantik
- ❑ Charakterisierung von Beziehungstypen
- ❑ Weitere ER-Konzepte
- ❑ Konsolidierung, Sichtenintegration
- ❑ Konzeptuelle Modellierung mit UML

Einführung in das Entity-Relationship-Modell

Historie:

- ❑ Entity-Relationship-Modell kurz: ER-Modell bzw. ERM
- ❑ 1976 von [Peter Chen](#) vorgeschlagen [[Chen 1996](#)]
- ❑ Standardmodell für frühe Entwurfsphasen in der Datenbankentwicklung
- ❑ mittlerweile existieren viele Varianten und Erweiterungen
- ❑ eingesetzt auch in anderen Bereichen der Informatik

Eigenschaften:

- ❑ unabhängig von einem bestimmten Datenbanksystem
- ❑ Grundkonzepte „Entity“ und „Relationship“ werden als natürlich und – trotz ihrer Einfachheit – als ausreichend für viele Situationen empfunden
- ❑ unterstützt die drei wichtigsten Abstraktionsmechanismen:
Klassifikation, Aggregation, Verallgemeinerung
- ❑ starre Informationsstruktur, d.h., Ausrichtung auf große Datenmengen
- ❑ Definition von statischen Eigenschaften und Integritätsbedingungen

Einführung in das Entity-Relationship-Modell

Elemente

1. Entity(-Instanz)

Ein Objekt oder Ding (*Entity*) der realen oder einer virtuellen Welt, für das Informationen zu speichern sind. Jedes Entity ist von einem bestimmten Entity-Typ.

2. Beziehung(sinstanz)

Ein n-Tupel mit Entities. Jede Beziehung (*Relationship*) ist von einem bestimmten Beziehungstyp. Beziehungen zwischen Entities derselben Typen gehören zu demselben Beziehungstyp.

3. Attribut

Definiert eine Eigenschaft von Entity-Typen oder Beziehungstypen.

4. Rolle

Dokumentiert die Rolle eines Entities in einer Beziehung.

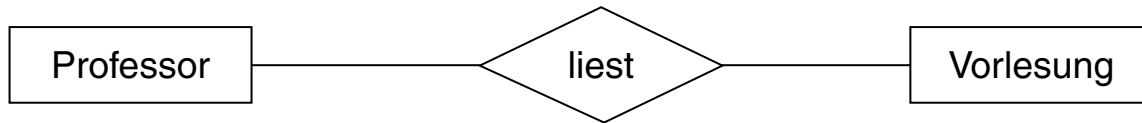
Einführung in das Entity-Relationship-Modell

Die Beschreibung der Informationsstruktur eines Anwendungsbereichs im Entity-Relationship-Modell heißt Entity-Relationship-Diagramm (ER-Diagramm) oder Entity-Relationship-Schema (ER-Schema).

" Ein Professor liest eine Vorlesung "

Einführung in das Entity-Relationship-Modell

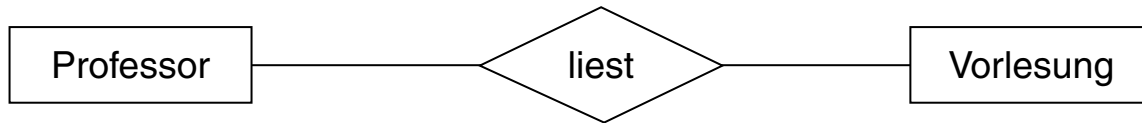
Die Beschreibung der Informationsstruktur eines Anwendungsbereichs im Entity-Relationship-Modell heißt Entity-Relationship-Diagramm (ER-Diagramm) oder Entity-Relationship-Schema (ER-Schema).



" Ein Professor liest eine Vorlesung "

Einführung in das Entity-Relationship-Modell

Die Beschreibung der Informationsstruktur eines Anwendungsbereichs im Entity-Relationship-Modell heißt Entity-Relationship-Diagramm (ER-Diagramm) oder Entity-Relationship-Schema (ER-Schema).

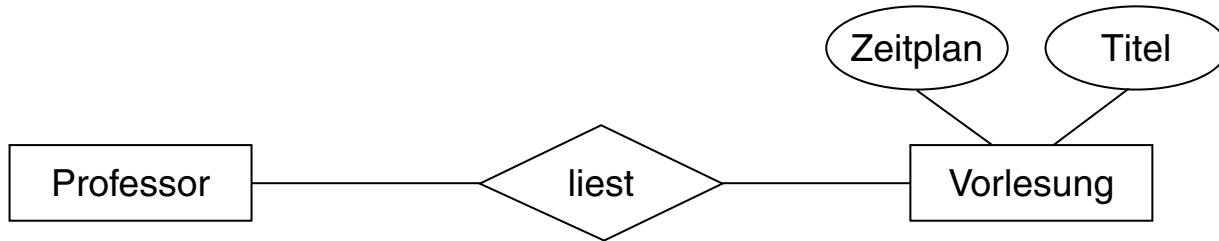


" Ein Professor liest eine Vorlesung "

" Eine Vorlesung hat einen Zeitplan und einen Titel "

Einführung in das Entity-Relationship-Modell

Die Beschreibung der Informationsstruktur eines Anwendungsbereichs im Entity-Relationship-Modell heißt Entity-Relationship-Diagramm (ER-Diagramm) oder Entity-Relationship-Schema (ER-Schema).

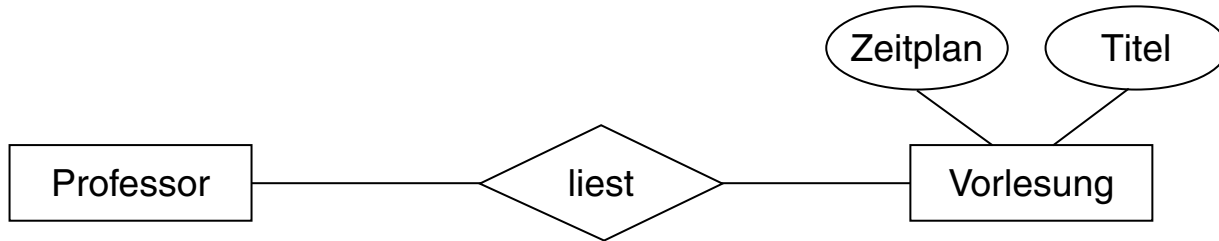


" Ein Professor liest eine Vorlesung "

" Eine Vorlesung hat einen Zeitplan und einen Titel "

Einführung in das Entity-Relationship-Modell

Die Beschreibung der Informationsstruktur eines Anwendungsbereichs im Entity-Relationship-Modell heißt Entity-Relationship-Diagramm (ER-Diagramm) oder Entity-Relationship-Schema (ER-Schema).

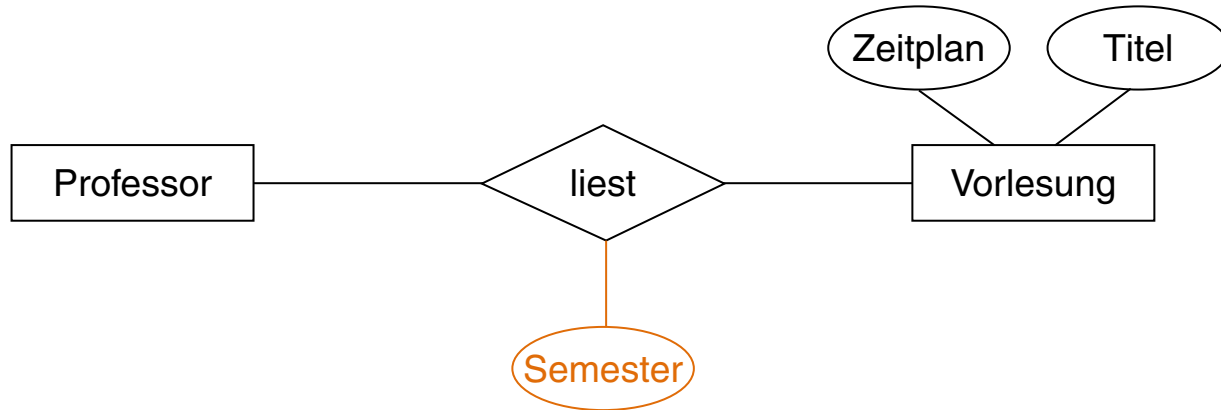


" Ein Professor liest eine Vorlesung im zweiten Semester "

" Eine Vorlesung hat einen Zeitplan und einen Titel "

Einführung in das Entity-Relationship-Modell

Die Beschreibung der Informationsstruktur eines Anwendungsbereichs im Entity-Relationship-Modell heißt Entity-Relationship-Diagramm (ER-Diagramm) oder Entity-Relationship-Schema (ER-Schema).

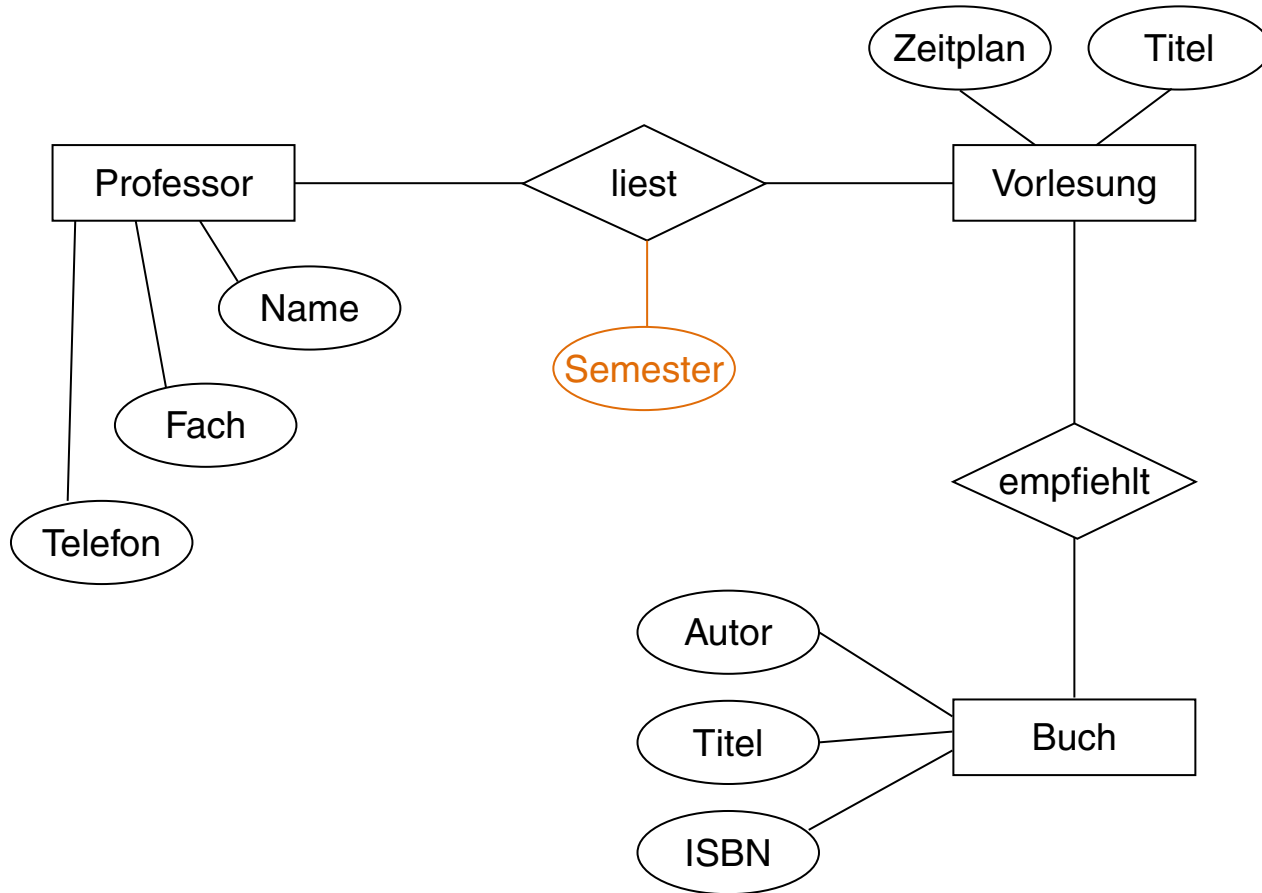


*" Ein Professor liest eine Vorlesung im zweiten **Semester** "*

" Eine Vorlesung hat einen Zeitplan und einen Titel "

Einführung in das Entity-Relationship-Modell

Die Beschreibung der Informationsstruktur eines Anwendungsbereichs im Entity-Relationship-Modell heißt Entity-Relationship-Diagramm (ER-Diagramm) oder Entity-Relationship-Schema (ER-Schema).



ER-Konzepte und ihre Semantik

Datentypen

Datentypen, hier insbesondere Entity-, Beziehungs- und Attributtypen, dienen zur Definition von Wertebereichen. Ein Datentyp X ist gekennzeichnet durch:

1. $dom(X)$ Domain, Definitionsbereich.
Die möglichen Werte, die ein Objekt vom Typ X annehmen kann.
2. Operationen, Funktionen, Prädikate, die für die Bearbeitung von Werten und für Aussagen über Werte zur Verfügung stehen.
3. $state(X)$ Zustand.
Alle zu einem bestimmten Zeitpunkt bekannten Werte vom Typ X .

ER-Konzepte und ihre Semantik

Datentypen

Datentypen, hier insbesondere Entity-, Beziehungs- und Attributtypen, dienen zur Definition von Wertebereichen. Ein Datentyp X ist gekennzeichnet durch:

1. $dom(X)$ Domain, Definitionsbereich.
Die möglichen Werte, die ein Objekt vom Typ X annehmen kann.
2. Operationen, Funktionen, Prädikate, die für die Bearbeitung von Werten und für Aussagen über Werte zur Verfügung stehen.
3. $state(X)$ Zustand.
Alle zu einem bestimmten Zeitpunkt bekannten Werte vom Typ X .

Beispiele:

- abstrakter Datentyp `Integer`.

$dom(Integer) = \mathbb{Z}$ mit Operationen $+$ $-$ $*$ $/$ $<$ $>$ $=$

- abstrakter Datentyp `String`.

$dom(String) = \Sigma^*$ für ein Alphabet Σ mit Operationen $+$ **length**

Bemerkungen:

- ❑ Die Operationen auf einem Datentyp sind hier nur informell genannt. Implementierungen von Datenbanken verwenden hauptsächlich aus Programmiersprachen bekannte, primitive Datentypen sowie Nicht-Standard-Datentypen wie `Date` und `Time`. Operationen über diesen Datentypen werden teilweise in der Anfragesprache, die ein DBMS unterstützt, zur Verfügung gestellt.
- ❑ Der Zustand eines Datentyps ist nicht Teil der Definition eines Datentyps. Er dient uns hier als Konzept, um den Zustand einer Datenbank bestimmen zu können.

ER-Konzepte und ihre Semantik

Entity-Typen

Ein Entity-Typ deklariert eine Menge von Objekten mit bestimmten Eigenschaften, die (in der Datenbank) repräsentiert werden sollen. Graphische Darstellung:

A rectangular box with a black border containing the text "Entity-Typ".

Entity-Typ

Bezeichner für Entity-Typen sind E, E_1, E_2, \dots oder wie im [Beispiel](#) *Professor*, *Vorlesung* und *Buch*.

$dom(E)$:

Menge der möglichen Entities (Objekte) vom Typ E . Diese Menge wird meist nicht explizit festgelegt, sondern als genügend groß, z.B. isomorph zu \mathbb{N} angenommen. Man kann $dom(E)$ als die Menge der Namen der Entities auffassen.

ER-Konzepte und ihre Semantik

Entity-Typen (Fortsetzung)

$state(E)$:

Menge der aktuellen Entities vom Typ E im Zustand $state$ der Datenbank. Durch Operationen auf der Datenbank kann sich $state(E)$ verändern. Insbesondere gilt:

- $state(E) \subseteq dom(E)$
- $state(E)$ ist endlich

Die Anzahl der zum Typ E gespeicherten Entities kann beliebig sein, ist aber in jedem Zustand $state$ endlich.

Beispiel:

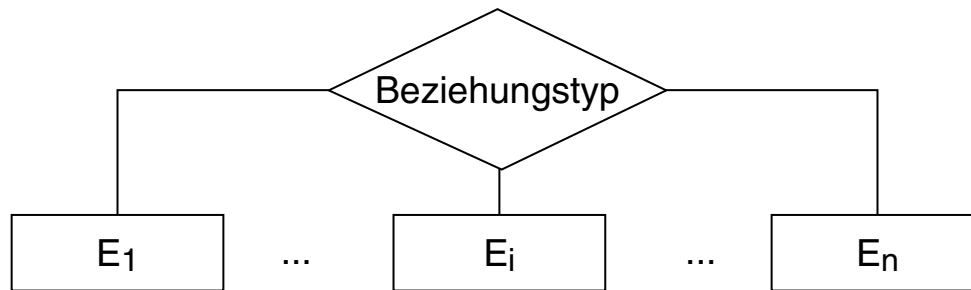
- Entity-Typ *Professor*
- $dom(Professor) = \Sigma^*$ mit $\Sigma = \{A, \dots, Z, a, \dots, z\}$
- $state(Professor) = \{\text{Froehlich, Lucks, Wuethrich}\}$

ER-Konzepte und ihre Semantik

Beziehungstypen

Ein Beziehungstyp deklariert eine Beziehung zwischen Entity-Typen. Es kann eine beliebige Anzahl $n \geq 2$ von Entity-Typen an einem Beziehungstyp teilhaben.

Graphische Darstellung:



Bezeichner für Beziehungstypen sind R, R_1, R_2, \dots , oder wie im [Beispiel](#) *empfiehl* und *liest*.

$dom(R)$:

Menge der möglichen Beziehungen (Entity-Tupel) vom Typ R zwischen Entities der Typen E_1, \dots, E_n .

$$dom(R) = dom(E_1) \times \dots \times dom(E_n)$$

ER-Konzepte und ihre Semantik

Beziehungstypen (Fortsetzung)

$state(R)$:

Menge der aktuellen Beziehungen vom Typ R im Zustand $state$ der Datenbank.
Durch Operationen auf der Datenbank kann sich $state(R)$ verändern.

$$state(R) \subseteq state(E_1) \times \dots \times state(E_n)$$

Schreibweise:

$$R(E_1, \dots, E_n)$$

Beispiel:

- Beziehungstyp *liest*
- $state(Professor) = \{\text{Froehlich, Lucks, Wuethrich}\}$
- $state(Vorlesung) = \{\text{Algorithmen, Computergrafik, Kryptographie, HCI, DB}\}$
- $state(liest) = \{(\text{Wuethrich, Algorithmen}), (\text{Luck, Kryptographie})\}$

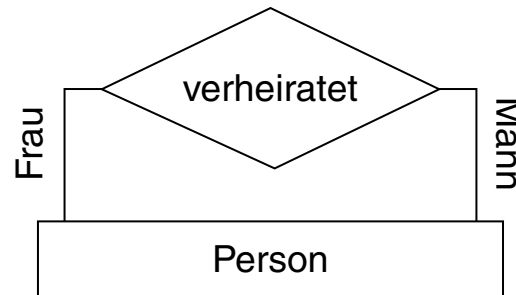
ER-Konzepte und ihre Semantik

Beziehungstypen (Fortsetzung)

Sind einzelne Entity-Typen mehrfach in einem Beziehungstyp eingebunden, legen Rollenbezeichner die Rollen der beteiligten Objekte in der Beziehung fest. Man nennt solche Beziehungstypen **reflexiv**.

Beispiel:

verheiratet(Frau : Person, Mann : Person)



Bemerkungen:

- ❑ In der textuellen Notation sind Rollenbezeichner nicht erforderlich: die Rolle kann über die Position im Argumentetupel (Signatur) festgelegt werden: *verheiratet(Person, Person)*
- ❑ In der graphischen Darstellung sind Rollenbezeichner erforderlich.
- ❑ In der Datenbankliteratur werden reflexive Beziehungstypen mitunter auch *rekursive Beziehungstypen* genannt.

ER-Konzepte und ihre Semantik

Attribute und Attributtypen

Ein Attribut definiert eine Eigenschaft für alle Instanzen eines Entity- oder Beziehungstyps. Ein Attribut kann deshalb als *Funktion* verstanden werden, die jeder Instanz eine Eigenschaftsausprägung zuordnet. Graphische Darstellung:



Bezeichner für Attribute sind A, A_1, A_2, \dots oder wie im [Beispiel](#) *Name, ISBN, Titel* oder *Semester*.

Der Attributtyp T bezeichnet den Typ der Eigenschaft und ist üblicherweise ein Standard-Datentyp wie `Integer` oder `String`.

$dom(T)$:

Menge der möglichen Werte des Attributtyps T .

Bemerkungen:

- Nicht-Standard-Datentypen für Attribute sind
 - von DBMS zur Verfügung gestellte Datentypen wie `Date`, `Time`, `Timestamp`, `Blob`.
 - Potenzmengen von Attributtypen für *mehrwertige* Attribute.
Beispiel: Attribut *Titel* vom Attributtyp $\mathcal{P}(\text{dom}(T))$ für $\text{dom}(T) = \{ \text{BSc, Dipl.-Inform., Dr., MSc, Prof., ...} \}$.
 - (hierarchische) Kompositionen von Standard-Datentypen.
Beispiel: Attribut *Adresse* vom gleichnamigen Attributtyp `Adresse`, das Adressbestandteile vom Typ `String` und `Integer` zusammenfasst.

ER-Konzepte und ihre Semantik

Attribute von Entity-Typen

$dom(A)$:

Menge der möglichen Abbildungen von $dom(E)$ nach $dom(T)$.

$state(A)$:

Eine Abbildung $state(E) \rightarrow dom(T)$ im Zustand $state$ der Datenbank, die jedem aktuellen Entity aus $state(E)$ einen Wert aus $dom(T)$ zuordnet.

Schreibweise (Entity-Typ mit Attributen A_1, \dots, A_n):

$$E(A_1 : T_1, \dots, A_n : T_n) \quad \text{bzw.} \quad E(A_1, \dots, A_n)$$

Beispiel: $\leadsto \mathcal{TAFEL}$

Bemerkungen:

- Modellierungstechnisch gibt es zwei Blickwinkel, unter denen Attribute betrachtet werden. $dom(A)$ und $dom(T)$ spiegeln diese Unterscheidung wider:

1. Aus Sicht des ER-Modells.

Hier wird ein Attribut als eine Abbildung über dem Wertebereich eines Entity-Typs bzw. Beziehungstyps aufgefasst. $dom(A)$ ist die Menge der möglichen Abbildungen.

Diese Sichtweise ist durch die Operationen auf der Datenbank motiviert: Zu jedem Zeitpunkt t ist der Zustand der Datenbank durch die Attribute (= den entsprechenden Abbildungen) festgelegt. [[DB:II Datenbankmodelle > Datenbankzustand](#)]

Beispiel: Zum Zeitpunkt t ordnet Attribut *ISBN* jedem Buch eine ganze Zahl zu.

2. Aus Sicht des relationalen Modells.

Hier wird ein Attribut lediglich als Bezeichner des Datentyps einer Eigenschaft verstanden. $dom(A)$ im relationalen Modell ist die Menge der möglichen Attributwerte und entspricht der Menge $dom(T)$ im ER-Modell. [[DB:IV Das Relationale Modell](#)]

Beispiel: Das Attribut *ISBN* ist vom Typ „ganze Zahl“.

ER-Konzepte und ihre Semantik

Attribute von Beziehungstypen

$dom(A)$:

Menge der möglichen Abbildungen von $dom(R)$ nach $dom(T)$.

$state(A)$:

Eine Abbildung $state(R) \rightarrow dom(T)$ im Zustand $state$ der Datenbank, die jeder aktuellen Beziehung aus $state(R)$ einen Wert des Datentyps T aus $dom(T)$ zuordnet.

Schreibweise:

$$R(E_1, \dots, E_m; A_1 : T_1, \dots, A_n : T_n) \quad \text{bzw.} \quad R(E_1, \dots, E_m; A_1, \dots, A_n)$$

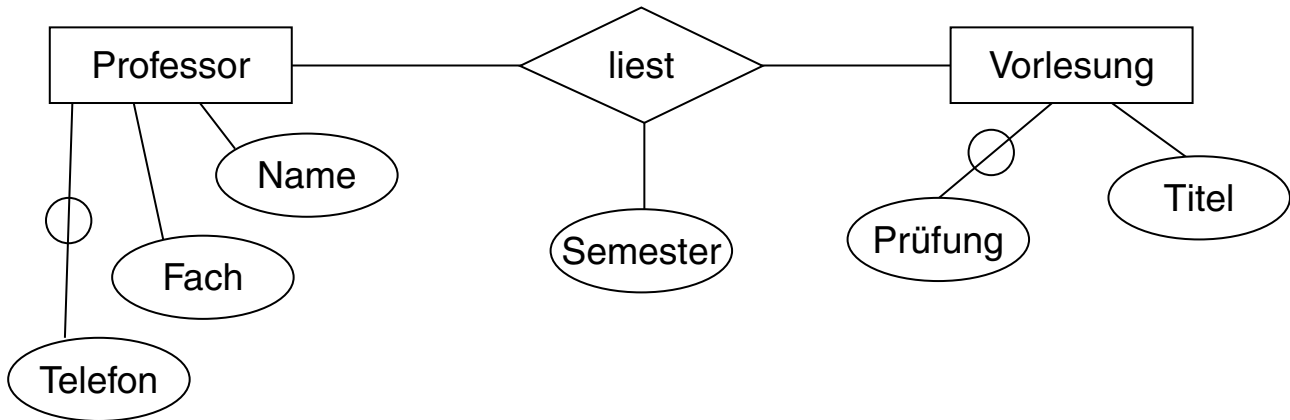
ER-Konzepte und ihre Semantik

Optionale Attribute

Optionale Attribute müssen nicht für alle Entities einen definierten Wert annehmen.
Graphische Darstellung:



Beispiel:



Bemerkungen:

- Eine Kennzeichnung von A als optionales Attribut zeigt also an, dass es sich bei der Funktion $state(A)$ um eine *partielle* Funktion handelt.

ER-Konzepte und ihre Semantik

Schlüssel

Definition 1 (Schlüssel im ER-Modell, Schlüsselattribut)

Sei $\{A_1, \dots, A_n\}$ die Menge der Attribute eines Entity-Typs E . Eine nicht verkleinerbare Menge von Attributen $\{A_{i_1}, \dots, A_{i_k}\} \subseteq \{A_1, \dots, A_n\}$ nennt man Schlüssel, gdw. (\leftrightarrow) deren Werte das zugeordnete Entity eindeutig innerhalb aller Entities seines Typs identifiziert. Die A_{i_1}, \dots, A_{i_k} heißen Schlüsselattribute.

Beispiele:

- Ein/e Student/in wird eindeutig durch eine Matrikelnummer identifiziert.
- Ein Buch wird eindeutig durch eine ISBN identifiziert.

ER-Konzepte und ihre Semantik

Schlüssel

Definition 1 (Schlüssel im ER-Modell, Schlüsselattribut)

Sei $\{A_1, \dots, A_n\}$ die Menge der Attribute eines Entity-Typs E . Eine nicht verkleinerbare Menge von Attributen $\{A_{i_1}, \dots, A_{i_k}\} \subseteq \{A_1, \dots, A_n\}$ nennt man Schlüssel, gdw. (\leftrightarrow) deren Werte das zugeordnete Entity eindeutig innerhalb aller Entities seines Typs identifiziert. Die A_{i_1}, \dots, A_{i_k} heißen Schlüsselattribute.

Beispiele:

- Ein/e Student/in wird eindeutig durch eine Matrikelnummer identifiziert.
- Ein Buch wird eindeutig durch eine ISBN identifiziert.

Beispiel für eine Folgerung auf Basis von Definition 1 :

Sei $\{A_2\}$ ein Schlüssel von Entity-Typ $E(A_1, A_2, A_3)$.

\Rightarrow

$\forall e_1, e_2 \in \text{state}(E) :$

(Un)gleiche Werte für A_2 implizieren die (Un)gleichheit von e_1 und e_2 .

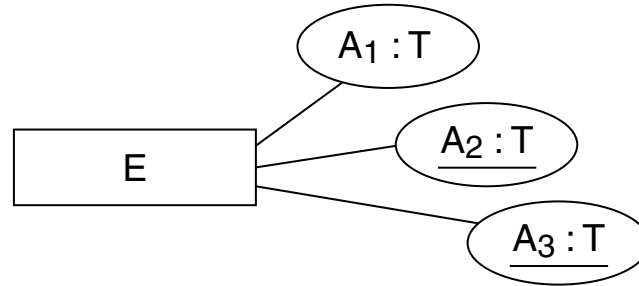
Bemerkungen:

- ❑ Es kann mehrere *Schlüsselkandidaten* geben. Von ihnen ist einer auszuwählen; dieser wird als *Primärschlüssel* bezeichnet.
- ❑ Verschiedene Schlüsselkandidaten können eine unterschiedliche Anzahl von Attributen besitzen.

ER-Konzepte und ihre Semantik

Schlüssel (Fortsetzung)

Graphische Darstellung:



Schreibweise:

$$E(A_1, \underline{A_2}, \underline{A_3})$$

ER-Konzepte und ihre Semantik

Datenbankzustand

Für jeden Zustand *state* einer Datenbank besitzt ein ER-Schema folgende Zuordnungen:

$$E \mapsto \mathit{state}(E) \subseteq \mathit{dom}(E)$$

$$R(E_1, \dots, E_n) \mapsto \mathit{state}(R) \subseteq \mathit{state}(E_1) \times \dots \times \mathit{state}(E_n)$$

$$E(\dots, A_i : T, \dots) \mapsto \mathit{state}(A_i) : \mathit{state}(E) \rightarrow \mathit{dom}(T)$$

$$R(\dots; \dots, A_j : T, \dots) \mapsto \mathit{state}(A_j) : \mathit{state}(R) \rightarrow \mathit{dom}(T)$$

Vorausgesetzt sind passende Interpretationen für $\mathit{dom}(E)$ und $\mathit{dom}(T)$: Mengen möglicher Entities für Entity-Typen und Wertebereiche für Datentypen.