Kapitel DB:II

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.

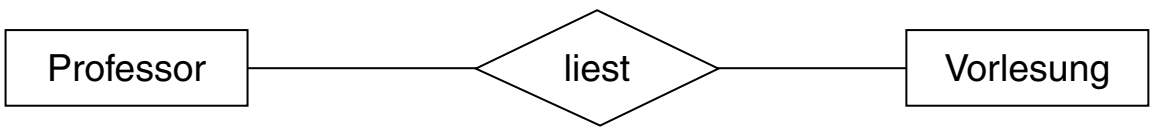
Einführung in das Entity-Relationship-Modell

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

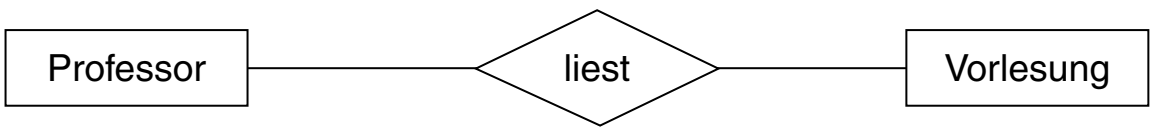
Die Beschreibung der Informationsstruktur eines Anwendungsbereichs im Entity-Relationship-Modell heißt Entity-Relationship-Diagramm (ER-Diagramm) oder Entity-Relationship-Schema (ER-Schema).



" 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).

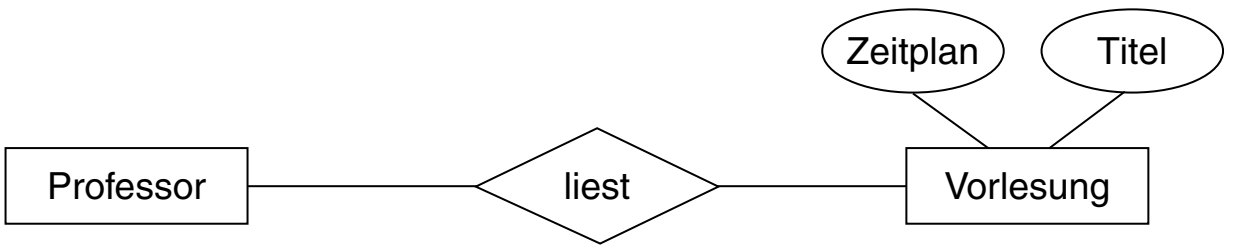


" Ein Professor liest eine Vorlesung "

" 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).

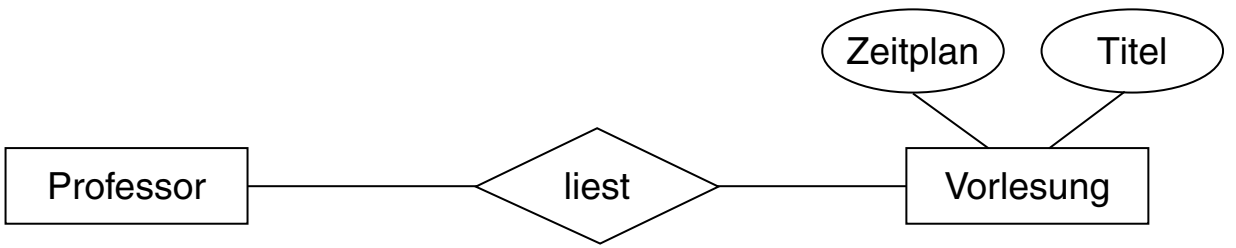


" Ein Professor liest eine Vorlesung "

" 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).

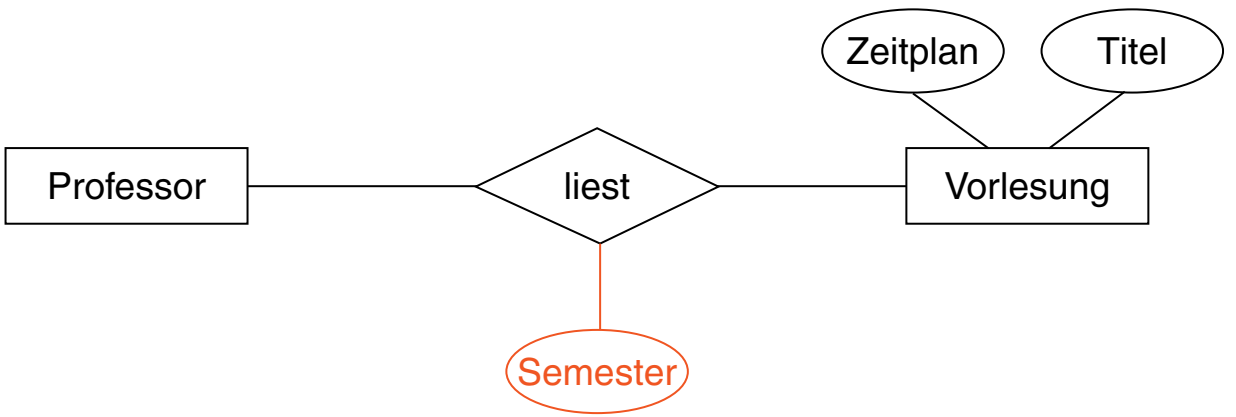


" Ein Professor liest eine Vorlesung in einem Semester "

" 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).

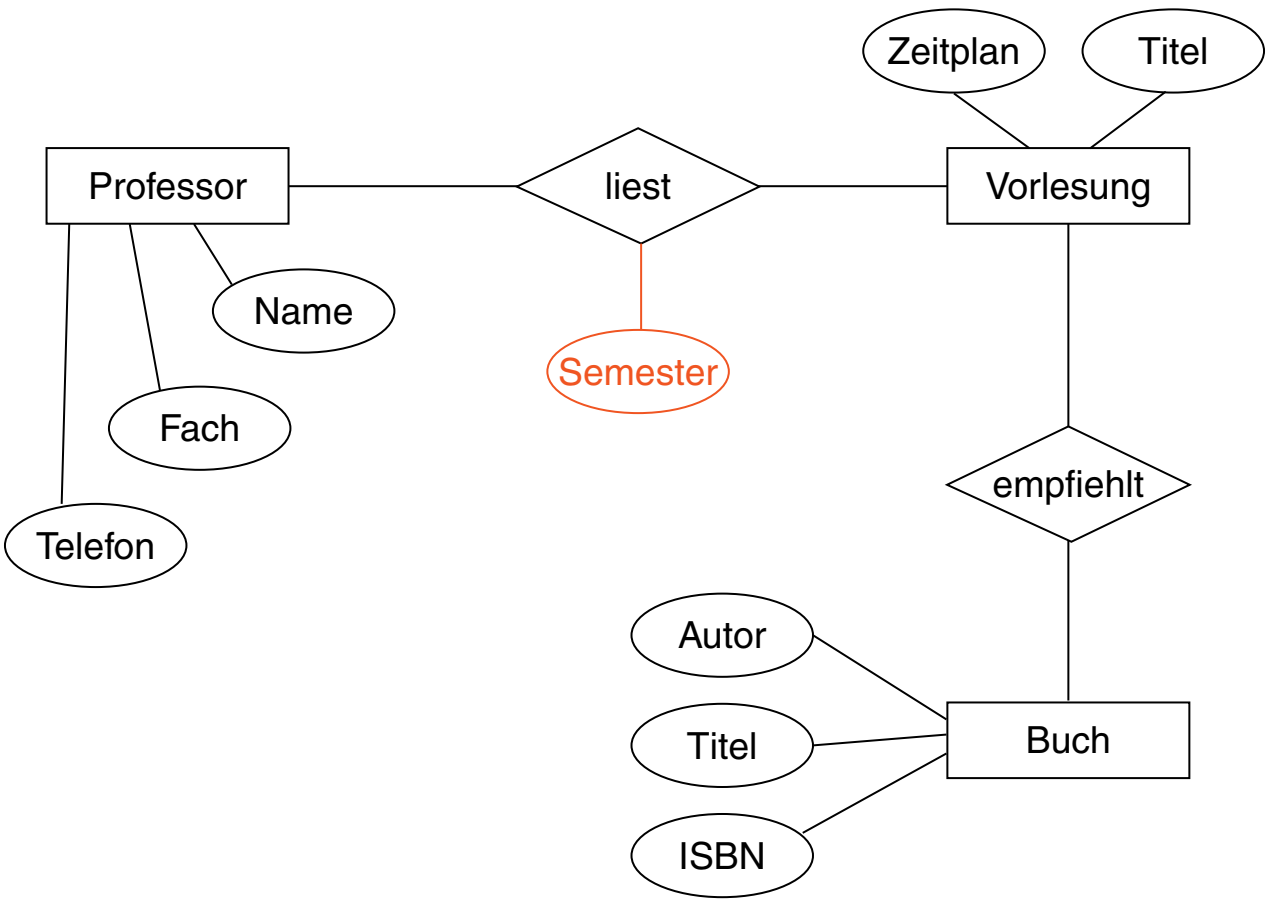


" Ein Professor liest eine Vorlesung in einem Semester "

" 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$(\texttt{Integer}) = \mathbf{Z}$ mit Operationen $+ \quad - \quad * \quad / \quad < \quad > \quad =$
- abstrakter Datentyp `String`.
  dom$(\texttt{String}) = \Sigma^*$ 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:

Bezeichner für Entity-Typen sind $E, E_1, E_2, \ldots$ 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.

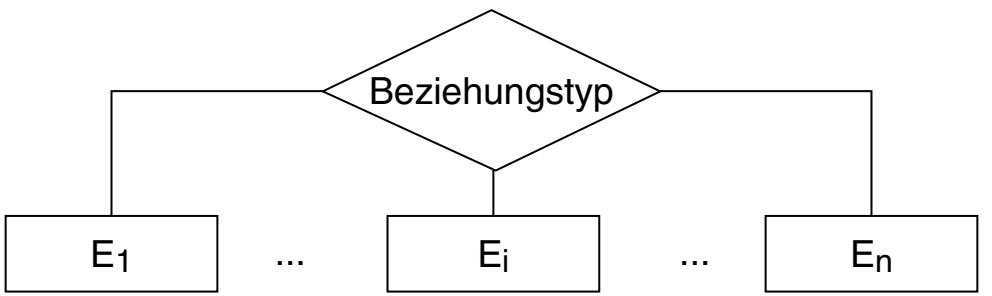
Beispiel:

- Entity-Typ *Professor*
- *dom*(*Professor*) $= \Sigma^*$ mit $\Sigma = \{A, \ldots, Z, a, \ldots, z\}$
- *state*(*Professor*) $= \{$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 $R, R_1, R_2, \ldots$, oder wie im Beispiel *empfiehlt* und *liest*.

dom(R):

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

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

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.

$$\textit{state}(R) \subseteq \textit{state}(E_1) \times \ldots \times \textit{state}(E_n)$$

Schreibweise:

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

Beispiel:

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

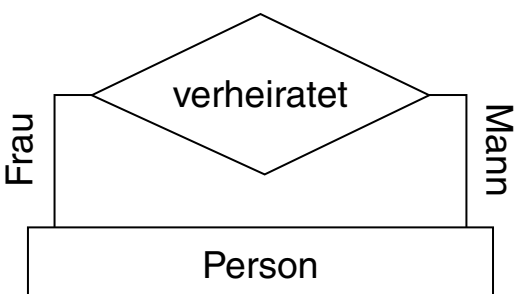
ER-Konzepte und ihre Semantik

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: $\mathit{verheiratet}(\mathit{Person}, \mathit{Person})$
- 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 $A, A_1, A_2, \ldots$ 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 $\mathcal{P}(dom(T))$ für $dom(T) = \{$ BSc, Dipl.-Inform., Dr., MSc, Prof., $\ldots\}$.
  - (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*$(E) \to$ *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 $A_1, \ldots, A_n$):

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

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:

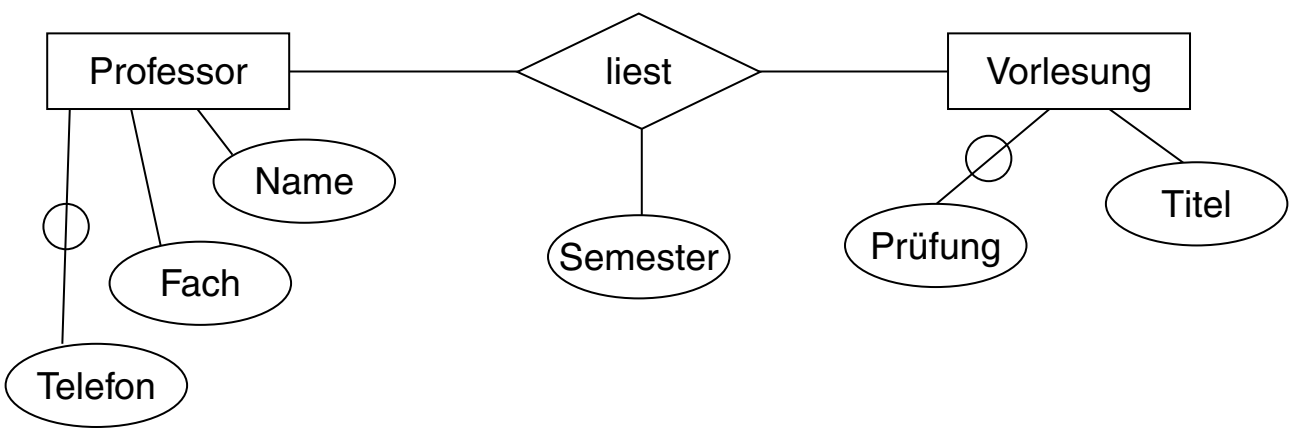
$$R(E_1, \ldots, E_m;\ A_1 : T_1,\ \ldots,\ A_n : T_n) \quad \text{bzw.} \quad R(E_1, \ldots, E_m;\ A_1, \ldots, A_n)$$

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 $\{A_1, \ldots, A_n\}$ die Menge der Attribute eines Entity-Typs E. Eine nicht verkleinerbare Menge von Attributen $\{A_{i_1}, \ldots, A_{i_k}\} \subseteq \{A_1, \ldots, A_n\}$ nennt man Schlüssel, gdw. ($\leftrightarrow$) deren Werte das zugeordnete Entity eindeutig innerhalb aller Entities seines Typs identifiziert. Die $A_{i_1}, \ldots, A_{i_k}$ 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 $\{A_1, \ldots, A_n\}$ die Menge der Attribute eines Entity-Typs E. Eine nicht verkleinerbare Menge von Attributen $\{A_{i_1}, \ldots, A_{i_k}\} \subseteq \{A_1, \ldots, A_n\}$ nennt man Schlüssel, gdw. ($\leftrightarrow$) deren Werte das zugeordnete Entity eindeutig innerhalb aller Entities seines Typs identifiziert. Die $A_{i_1}, \ldots, A_{i_k}$ 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 $E(A_1, A_2, A_3)$.

$\Rightarrow$

$\forall e_1, e_2 \in \mathit{state}(E)$:
(Un)gleiche Werte für A_2 implizieren die (Un)gleichheit von e_1 und e_2.

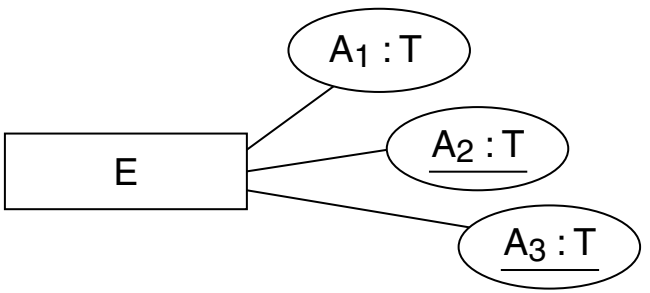
Bemerkungen:

- 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:

$$
\begin{aligned}
E &\mapsto \mathit{state}(E) \subseteq \mathit{dom}(E) \\
R(E_1, \ldots, E_n) &\mapsto \mathit{state}(R) \subseteq \mathit{state}(E_1) \times \ldots \times \mathit{state}(E_n) \\
E(\ldots, A_i : T, \ldots) &\mapsto \mathit{state}(A_i) : \mathit{state}(E) \to \mathit{dom}(T) \\
R(\ldots; \ldots, A_j : T, \ldots) &\mapsto \mathit{state}(A_j) : \mathit{state}(R) \to \mathit{dom}(T)
\end{aligned}
$$

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