

# **Datenbanksysteme**

## **4 Das relationale Modell**

Prof. Dr. Gregor Grambow

Hochschule Aalen  
Fakultät Elektronik und Informatik

# Überblick

## Inhalt

- Grundlagen des relationalen Modells
- Relationale Algebra
- Verbindungen verschiedener Tabellen – JOINS
- Abbildung ER → relational

## Ziele

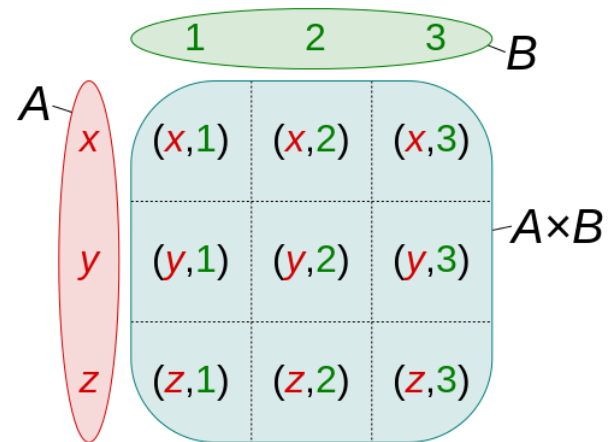
- Verständnis des relationalen Modells
- Unterschiede verschiedener JOIN Typen kennen
- Aus einem ER Modell ein Relationales ableiten können

# Das relationale Datenmodell

- **E.F. Codd: A relational model of data for large shared data banks. In *Communications of the ACM* 13(6), June 1970, 377-387.**
- Mathematische Relationen – Relationen in Datenbanken
- Abhängigkeiten innerhalb und zwischen DB-Relationen
- Relationenschemata – Datenbankschemata

# Grundlagen des Relationalen Modells

- Seien  $D_1, D_2, \dots, D_n$  Mengen, so ist  $r \subseteq D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$  eine *n-stellige Relation* über den Mengen  $D_1, D_2, \dots, D_n$ .  
Teilmenge des kartesischen Produkts
- $n$  ist der Grad (degree) der Relation.
- $A \times B$  wird als *kartesisches Produkt* der Mengen  $A, B$  bezeichnet.  
 $A \times B$  ist die Menge aller geordneten Paare aus je einem Element aus  $A$  und  $B$ :
- $A \times B := \{(a,b) \mid a \in A, b \in B\}$ .



# Grundlagen des Relationalen Modells

- Bsp.: Telefonbuch  $\subseteq$  string x string x integer  
Name X Adresse X Telefon#
- Tupel:  $t \in R$ 
  - Bsp.:  $t = (\text{„Mickey Mouse“}, \text{„Main Street“}, 4711)$
- Schema: legt die Struktur der gespeicherten Daten fest
- Bsp.:
- Telefonbuch: {Name: string, Adresse: string, Telefon#:integer}

# Grundlagen des Relationalen Modells

Telefonbuch		
Name	Straße	<u>Telefon#</u>
Mickey Mouse	Main Street	4711
Minnie Mouse	Broadway	94725
Donald Duck	Broadway	95672
...	...	...

- **Ausprägung:** der aktuelle Zustand der Datenbasis
- **Schlüssel:** minimale Menge von Attributen, deren Werte ein Tupel eindeutig identifizieren
- **Primärschlüssel:** wird unterstrichen
  - Einer der Schlüsselkandidaten wird als Primärschlüssel ausgewählt
  - Hat eine besondere Bedeutung bei der Referenzierung von Tupeln

# Abhängigkeiten innerhalb einer Relation

- Intrarelationale Abhängigkeit:
- $\sigma : \text{Rel}(A) \rightarrow \{F, W\}$
- Abhängigkeit  $\sigma$  gilt in  $r$  bzw.
- Abhängigkeit  $\sigma$  ist in  $r$  erfüllt, falls  $\sigma(r) = W$ .

## Beispiel

- Schlüsselabhängigkeit (Schreibw.  $(K \rightarrow A)$ ) für

eine Attributmenge  $K \subseteq A$

und

eine Relation  $R \in \mathcal{R}(A)$  :

$$(K \rightarrow A)(R) := \begin{array}{ll} W & \text{falls} \\ & \text{a) } \forall s, t \in R \quad s|_K = t|_K \Rightarrow s = t \\ & \text{b) für kein } K' \subsetneq K \text{ gilt a)} \\ F & \text{sonst} \end{array}$$

- alternativ:

$$(K \rightarrow A)(R) := \begin{array}{ll} W & \text{falls} \\ & \text{a) } \neg \exists s, t \quad s \neq t \wedge s|_K = t|_K \\ & \text{b) für kein } K' \subsetneq K \text{ gilt a)} \\ F & \text{sonst} \end{array}$$



# Relationenschemata

- Ein Relationenschema hat die Form
  - $\mathcal{R} = (A, \Sigma_A)$  dabei ist
  - $\mathcal{R}$  der Name des Schemas
  - $A$  die Attributmenge
  - $\Sigma_A$  die Menge der intrarelationalen Abhängigkeiten, die für jede Relation, die zum Relationenschema gehört, erfüllt sein müssen.
- 
- Beispiel Relationenschema Mitarbeiter
  - Mitarbeiter =
  - $(\{\text{Personalnr}, \text{N-Name}, \text{V-Name}, \text{G-Datum}, \text{Gehalt}, \text{Steuerkl}\},$
  - $\{ (\{\text{Personalnr}\} \rightarrow \{\text{Personalnr}, \text{N-Name}, \text{V-Name}, \text{G-Datum}, \text{Gehalt}, \text{Steuerkl}\}) \} )$

# Relationenschemata - vereinfacht

- Beispiel Relationenschema Mitarbeiter
- Mitarbeiter =  
{Personalnr, N-Name, V-Name, G-Datum, Gehalt, Steuerkl}

# Abhängigkeiten zwischen Relationen

- Beschreibung der Konsistenz einer Datenbank insgesamt
- Interrelationale Abhängigkeit:  $\sigma : \text{Dat}(\mathcal{R}) \rightarrow \{F, W\}$
- Abhängigkeit  $\sigma$  gilt in  $d$  bzw.
- Abhängigkeit  $\sigma$  ist in  $d$  erfüllt, falls  $\sigma(d) = W$ .

# Inklusionsabhängigkeiten

- Für
  - zwei verschiedene Relationenschemata  $R_1=(A_1, \Sigma_1)$ ,  $R_2=(A_2, \Sigma_2)$
  - und einer Menge von Attributen  $G = \{a_1, \dots, a_n\}$   $a_k \in (A_1 \cap A_2)$
- bezeichnen wir die Bedingung

$$(R_1|_G \subseteq R_2|_G)(d) := \begin{array}{ll} \text{W falls } \forall \mu \in r_1 \exists v \in r_2 \forall a \in G \mu(a) = v(a) \\ \text{F sonst} \end{array}$$

- als
- Inklusionsabhängigkeit (IND)  $R_1|_G \subseteq R_2|_G$ .
- „G in  $R_1$  verweist auf G in  $R_2$ “

# Beispiel

- Mitarbeiter einer Abteilung stehen in
- einer Beziehung “Anstellung” (Mitarbeiter ist angestellt in ...)
- Relationenschemata:
- Mitarbeiter = {P-Nr, N-Name, V-Name, G-Datum, Gehalt}
- Anstellung = {P-Nr, Abt-Nr}
  
- Außerdem:
- Jeder Mitarbeiter ist in einer Abteilung angestellt.

## Beispiel

- Zu jedem Tupel in *Anstellung* gibt es ein Tupel in *Mitarbeiter* mit dem gleichen Wert für das Attribut P-Nr.:
- $Anstellung|_{(P-Nr)} \subseteq Mitarbeiter|_{(P-Nr)}$
- *Anmerkung*: P-Nr ist *Fremdschlüssel* in *Anstellung*.
- Soll jeder Mitarbeiter in (mindestens) einer Abteilung angestellt sein, gilt auch:
- $Mitarbeiter|_{(P-Nr)} \subseteq Anstellung|_{(P-Nr)}$

# Inklusionsabhängigkeiten → Fremdschlüssel

- Eine Attributmenge  $F \subseteq A$  wird als *Fremdschlüssel* in  $R = (A, \dots)$  bezeichnet, falls
- die Inklusionsabhängigkeit  $(R|_F \subseteq R'|_{F'})$  gilt (wobei  $R' \neq R$ ) und
- $F'$  Schlüssel im *fremden* Schema  $R'$  ist
- $(R|_F \subseteq R'|_{F'})$  wird dann als *Fremdschlüsselabhängigkeit* bezeichnet
- Mitarbeiter = {P-Nr, N-Name, V-Name, G-Datum, Gehalt}
- Anstellung = {P-Nr, Abt-Nr}

# Transformation ER-Modell → Relationenmodell

- ER-Modell:
  - Entity-Typen
  - Beziehungstypen → beides durch Attribute beschrieben.
- Relationenmodell:
  - Relationenschemata
  - Abhängigkeiten
- Transformation
  - Entity-und Beziehungs-Typen → Relationenschemata
  - Kopplung Super- / Sub-Entity von ISA → Inklusionsabhängigkeiten.



# Entity-Typen

- Zu jedem Entity-Typ  $E = (A, K)$
- wird ein Relationenschema

$$R_E = (A, \{(K \rightarrow A)\})$$

definiert, wenn alle  $a \in A$  einfache Attribute sind.

- Beispiel (ohne Wertebereiche der Attribute)
- Entity-Typ:

Mitarbeiter = {P-Nr, N-Name, V-Name, G-Datum, Gehalt}

- Relationenschema (in Kurzschreibweise):

Mitarbeiter = {P-Nr, N-Name, V-Name, G-Datum, Gehalt}

# Transformation zusammengesetzter Attribute

- Entity-Typ  $E = (A, K)$  mit zusammengesetztem Attribut  $a \in A$

→ Relationenschema:

$$RE = (A', \{(K' \rightarrow A')\})$$

mit

$$A' = (A - \{a\}) \cup \{as_1, \dots, as_n\}$$

$$K' = \begin{array}{ll} (K - \{a\}) \cup \{as_1, \dots, as_n\} & \text{falls } a \in K \\ K & \text{sonst} \end{array}$$

wobei  $\{as_1, \dots, as_n\}$  die Zerlegung von  $a$  in einfache Attribute ist.

- Beispiel:

$$\text{Entity-Typ Mitarbeiter} = (\{P\text{-Nr}, \text{Name}:\{V\text{-Name}, N\text{-Name}\}\}, \{P\text{-Nr}\})$$

→ Relationenschema Mitarbeiter =

$$(\{P\text{-Nr}, V\text{-Name}, N\text{-Name}\}, \{(\{P\text{-Nr}\} \rightarrow \{P\text{-Nr}, V\text{-Name}, N\text{-Name}\})\})$$

in Kurzschreibweise:  $\{\underline{P\text{-Nr}}, V\text{-Name}, N\text{-Name}\}$

# Transformation mehrwertiger Attribute

- Entity-Typ  $E = (A, K)$  mit mehrwertigem Attribut  $a \in A$

→ zwei Relationenschemata:

$$R_E = (A - \{a\}, \{(K \rightarrow A - \{a\})\}) \quad // \ a \notin K$$

$$R_a = (K \cup \{a\}, \{(K \cup \{a\} \rightarrow K \cup \{a\})\})$$

+ Inklusions- bzw. Fremdschlüsselabhängigkeit  $R_a|_K \subseteq R_E|_K$

- Beispiel:

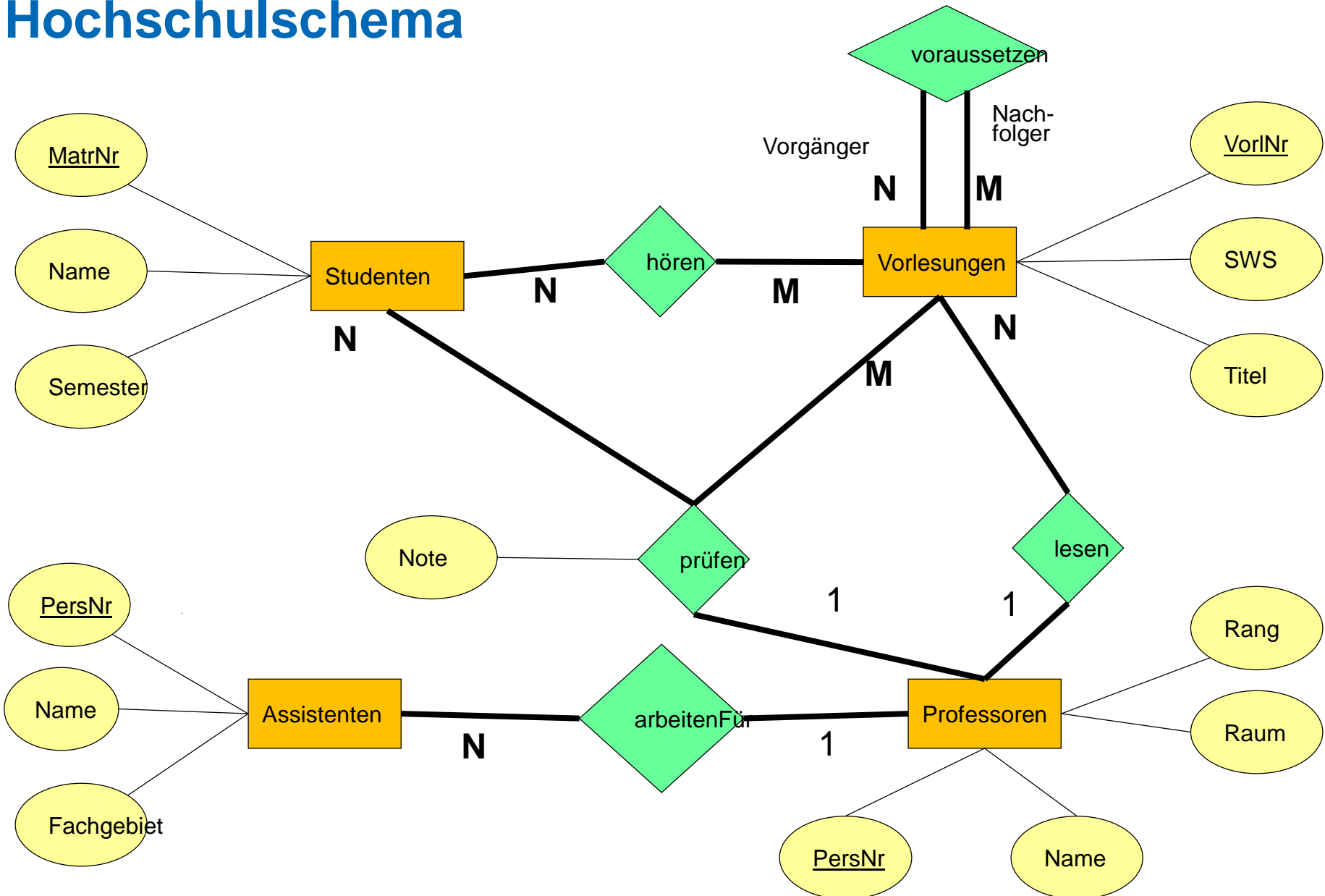
Entity-Typ Mitarbeiter = ( $\{\underline{\text{P-Nr}}, \text{V-Name}, \text{N-Name}, \text{FSp-Kenntnis}^*\}, \{\text{P-Nr}\}$ )

→ Relationenschemata Mitarbeiter = ( $\{\underline{\text{P-Nr}}, \text{V-Name}, \text{N-Name}\}, \{\}$ )

$\text{MAFSp-Kenntnis} = (\{\underline{\text{P-Nr}}, \text{FSp-Kenntnis}\}, \{\})$

→ Fremdschlüsselabhängigkeit  $\text{MAFSp-Kenntnis}|_{\{\text{P-Nr}\}} \subseteq \text{Mitarbeiter}|_{\{\text{P-Nr}\}}$

# Hochschulschema



# Darstellung von Entitytypen

- **Studenten:** {MatrNr:integer, Name: string, Semester: integer}
- **Vorlesungen:** {VorlNr:integer, Titel: string, SWS: integer}
- **Professoren:** {PersNr:integer, Name: string, Rang: string, Raum: integer}
- **Assistenten:** {PersNr:integer, Name: string, Fachgebiet: string}

# Beziehungen – allgemeiner Fall

- Abstrakte Beziehung  $B = (E_1 \times \dots \times E_n, A_B)$

→ Relationenschema:

$$R_B = (A, \{(K \rightarrow A)\})$$

mit

$$A = \text{Key}(E_1) \cup \dots \cup \text{Key}(E_n) \cup A_B$$

$$\text{Key}(E_1) \cup \dots \cup \text{Key}(E_n) \subseteq K \subseteq A$$

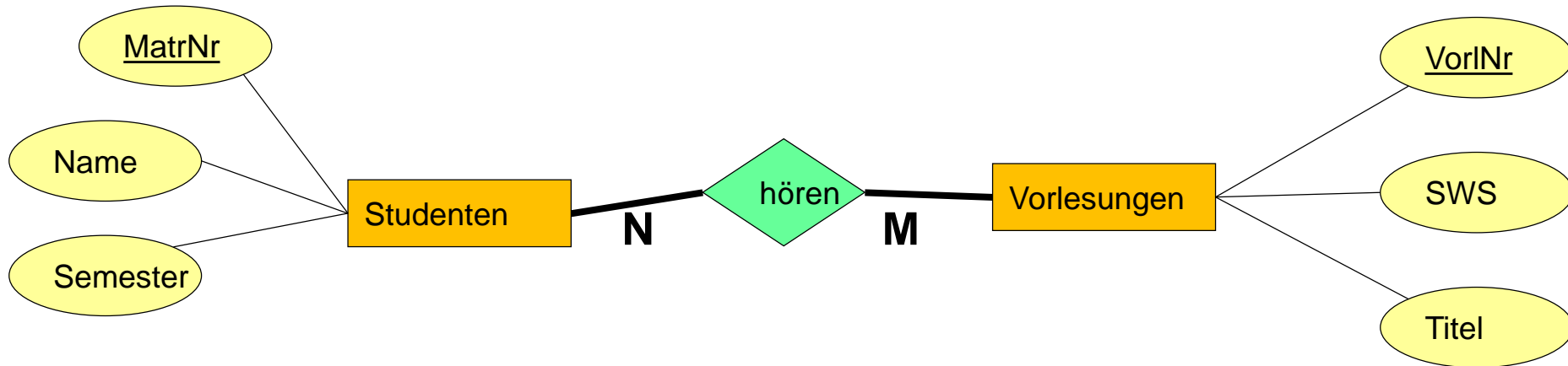
(falls

alle  $a \in A_B$  einfache Attribute sind und

$\text{Key}(E_1), \dots, \text{Key}(E_n), A_B$  jeweils paarweise disjunkt sind )

+ Fremdschlüsselabhängigkeiten  $R_B|_{\text{Key}(E_i)} \subseteq R_{E_i}|_{\text{Key}(E_i)}$

# Beziehungen unseres Beispiel-Schemas



- **hören** : {MatrNr: integer, VorlNr: integer}
- **lesen** : {PersNr: integer, VorlNr: integer}
- **arbeitenFür** : {AssistentenPersNr: integer, ProfPersNr: integer}
- **voraussetzen** : {Vorgänger: integer, Nachfolger: integer}
- **prüfen** : {MatrNr: integer, VorlNr: integer, PersNr: integer, Note: decimal}

# Schlüssel der Relationen

**hören** : {MatrNr: integer, VorlNr: integer}

**lesen** : {PersNr: integer, VorlNr: integer}

**arbeitenFür** : {AssistentenPersNr: integer, *ProfPersNr: integer*}

**voraussetzen** : {Vorgänger: integer, Nachfolger: integer}

**prüfen** : {MatrNr: integer, VorlNr: integer, PersNr: integer,  
Note: decimal}

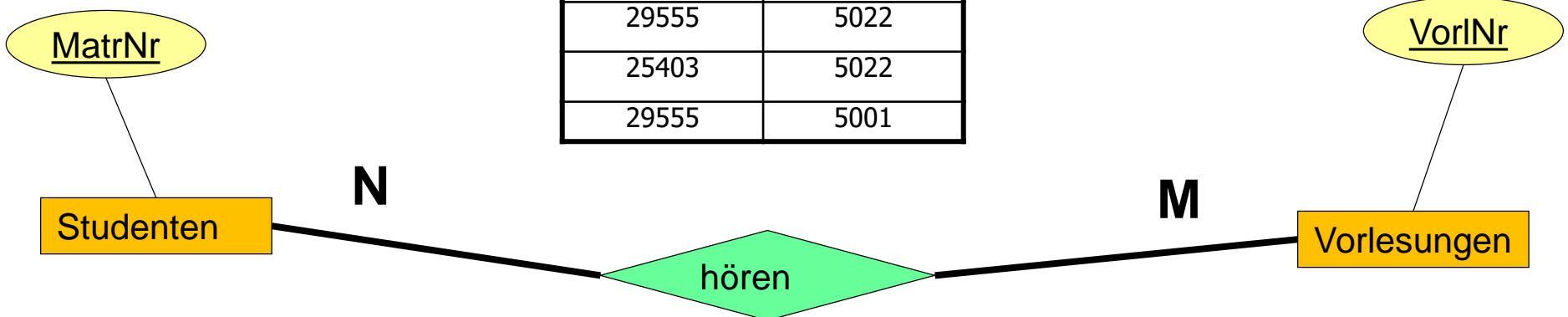


# Ausprägung der Beziehung *hören*

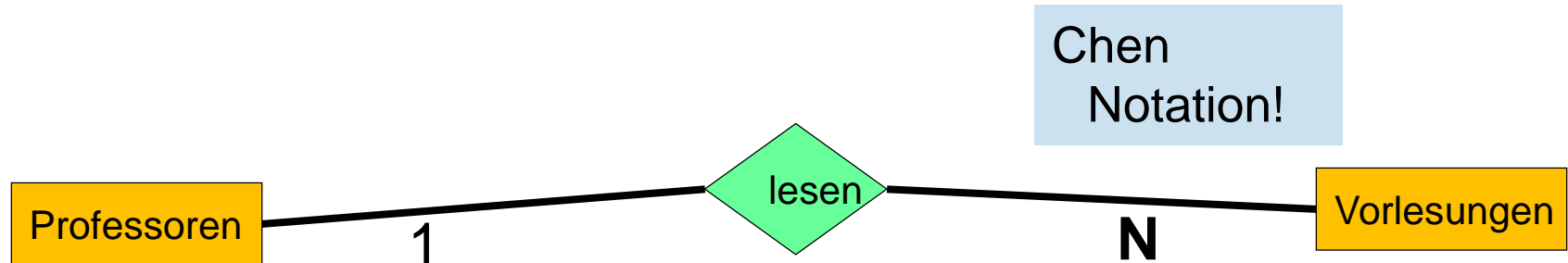
Studenten	
<i>MatrNr</i>	...
26120	...
27550	...
...	...

hören	
MatrNr	VorlNr
26120	5001
27550	5001
27550	4052
28106	5041
28106	5052
28106	5216
28106	5259
29120	5001
29120	5041
29120	5049
29555	5022
25403	5022
29555	5001

Vorlesungen	
<i>VorlNr</i>	...
5001	...
4052	...
...	...



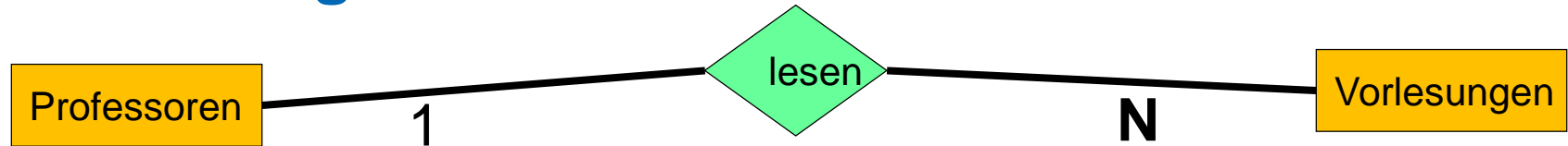
# Verfeinerung des relationalen Schemas



## 1:N-Beziehung

- Initial-Entwurf
  - ***Vorlesungen*** : { *VorlNr*, *Titel*, *SWS* }
  - ***Professoren*** : { *PersNr*, *Name*, *Rang*, *Raum* }
  - ***lesen***: { *VorlNr*, *PersNr* }

# Verfeinerung des relationalen Schemas



## 1:N-Beziehung

- Initial-Entwurf
  - **Vorlesungen** : {VorlNr, Titel, SWS}
  - **Professoren** : {PersNr, Name, Rang, Raum}
  - **lesen**: {VorlNr, PersNr}
- Verfeinerung durch Zusammenfassung
  - Vorlesungen** : {VorlNr, Titel, SWS, **gelesenVon**}
  - Professoren** : {PersNr, Name, Rang, Raum}

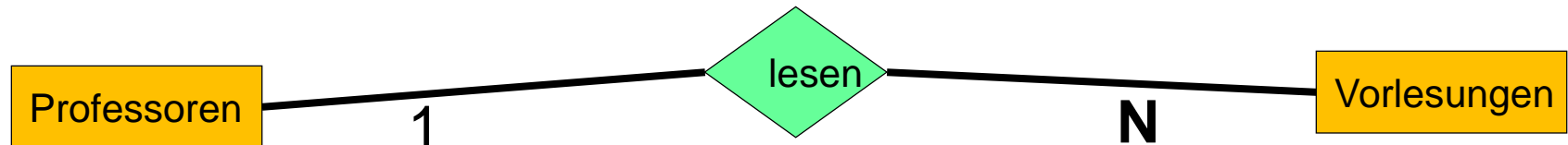
## Regel

Relationen mit gleichem Schlüssel kann man zusammenfassen  
**aber nur diese und keine anderen!**

# Ausprägung von Professoren und Vorlesung

Professoren			
PersNr	Name	Rang	Raum
2125	Sokrates	C4	226
2126	Russel	C4	232
2127	Kopernikus	C3	310
2133	Popper	C3	52
2134	Augustinus	C3	309
2136	Curie	C4	36
2137	Kant	C4	7

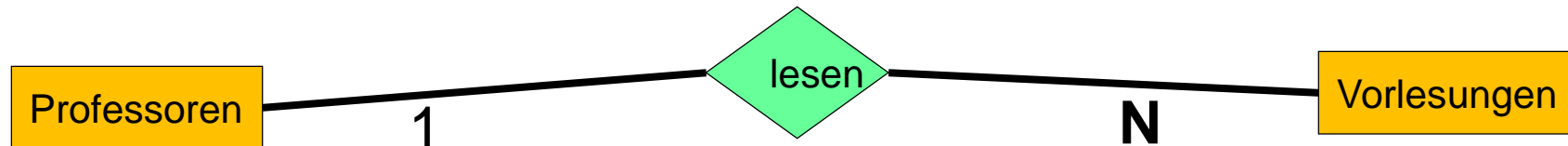
Vorlesungen			
VorlNr	Titel	SWS	Gelesen Von
5001	Grundzüge	4	2137
5041	Ethik	4	2125
5043	Erkenntnistheorie	3	2126
5049	Mäeutik	2	2125
4052	Logik	4	2125
5052	Wissenschaftstheorie	3	2126
5216	Bioethik	2	2126
5259	Der Wiener Kreis	2	2133
5022	Glaube und Wissen	2	2134
4630	Die 3 Kritiken	4	2137



# Vorsicht: So geht es NICHT

Professoren				
PersNr	Name	Rang	Raum	liest
2125	Sokrates	C4	226	5041
2125	Sokrates	C4	226	5049
2125	Sokrates	C4	226	4052
...	...	...	...	...
2134	Augustinus	C3	309	5022
2136	Curie	C4	36	??

Vorlesungen		
VorlNr	Titel	SWS
5001	Grundzüge	4
5041	Ethik	4
5043	Erkenntnistheorie	3
5049	Mäeutik	2
4052	Logik	4
5052	Wissenschaftstheorie	3
5216	Bioethik	2
5259	Der Wiener Kreis	2
5022	Glaube und Wissen	2
4630	Die 3 Kritiken	4



## Vorsicht: So geht es **NICHT** Folgen → Anomalien

Professoren				
PersNr	Name	Rang	Raum	liest
2125	Sokrates	C4	226	5041
2125	Sokrates	C4	226	5049
2125	Sokrates	C4	226	4052
...	...	...	...	...
2134	Augustinus	C3	309	5022
2136	Curie	C4	36	??

Vorlesungen		
VorlNr	Titel	SWS
5001	Grundzüge	4
5041	Ethik	4
5043	Erkenntnistheorie	3
5049	Mäeutik	2
4052	Logik	4
5052	Wissenschaftstheorie	3
5216	Bioethik	2
5259	Der Wiener Kreis	2
5022	Glaube und Wissen	2
4630	Die 3 Kritiken	4

- Update-Anomalie: Was passiert wenn Sokrates umzieht
- Lösch-Anomalie: Was passiert wenn „Glaube und Wissen“ wegfällt
- Einfügeanomalie: Curie ist neu und liest noch keine Vorlesungen

# 1:n Beziehungen

min/max  
Notation!

- Beziehungstyp  $B = (E_1 \times E_2, A_B)$  mit

- $E_1 = (A_1, K_1)$  max. Kardinalität von  $E_1$  in  $B = n$
- $E_2 = (A_2, K_2)$  max. Kardinalität von  $E_2$  in  $B = 1$

→ ein Relationenschema für  $E_2$  und  $B$ :

$$R_{E_2B} = (A_2 \cup K_1 \cup A_B, \{ (K_2 \rightarrow A_2 \cup K_1 \cup A_B) \} )$$

- Sind  $A_2$ ,  $K_1$ ,  $A_B$  *nicht* paarweise disjunkt → Attribute umbenennen
- + Fremdschlüsselabhängigkeit  $R_{E_2B}|_{K_1} \subseteq R_{E_1}|_{K_1}$

## Beispiel 1:n

- Projektleitung
- ein **Mitarbeiter** leitet 0 bis beliebig viele Projekte  $\rightarrow$  Kardinalität (0,n)
- ein **Projekt** wird von genau einem Mitarbeiter geleitet  $\rightarrow$  Kardinalität (1,1)
- Entity- und Beziehungstypen
  - **Mitarbeiter** =  $(A_M, K_M)$
  - **Projekt** =  $(A_P, K_P)$
  - Projektleitung =  $(\text{Mitarbeiter} \times \text{Projekt}, A_{PL})$
- Relationenschemata
  - **Mitarbeiter** =  $(A_M, \{(K_M \rightarrow A_M)\})$
  - **Projekt** =  $(A_P \cup K_M \cup A_{PL}, \{(K_P \rightarrow A_P \cup K_M \cup A_{PL})\})$
- Fremdschlüsselabhängigkeit
  - $\text{Projekt}|_{KM} \subseteq \text{Mitarbeiter}|_{KM}$



# 1:1 Beziehungen

- Beziehungstyp  $B = (E_1 \times E_2, A_B)$  mit

- max. Kardinalität von  $E_1, E_2$  in  $B = 1$

- $E_1 = (A_1, K_1)$

- $E_2 = (A_2, K_2)$

→ ein Relationenschema für  $E_1, E_2$  und  $B$  *möglich*:

$$R_G = (A_1 \cup A_2 \cup A_B, \{ (K_1 \rightarrow A_1 \cup A_2 \cup A_B) \} )$$

- Sind  $A_1, A_2, A_B$  *nicht* paarweise disjunkt → Attribute evtl. umbenennen

# Spezialisierung (ISA)

- $E_1 \leftarrow E_2$
- $E_1 = (A_1, K) \qquad E_2 = (A_1 \cup A_2, K)$

→ zwei Relationenschemata:

$$R_{E_1} = (A_1, \{ (K \rightarrow A_1) \})$$

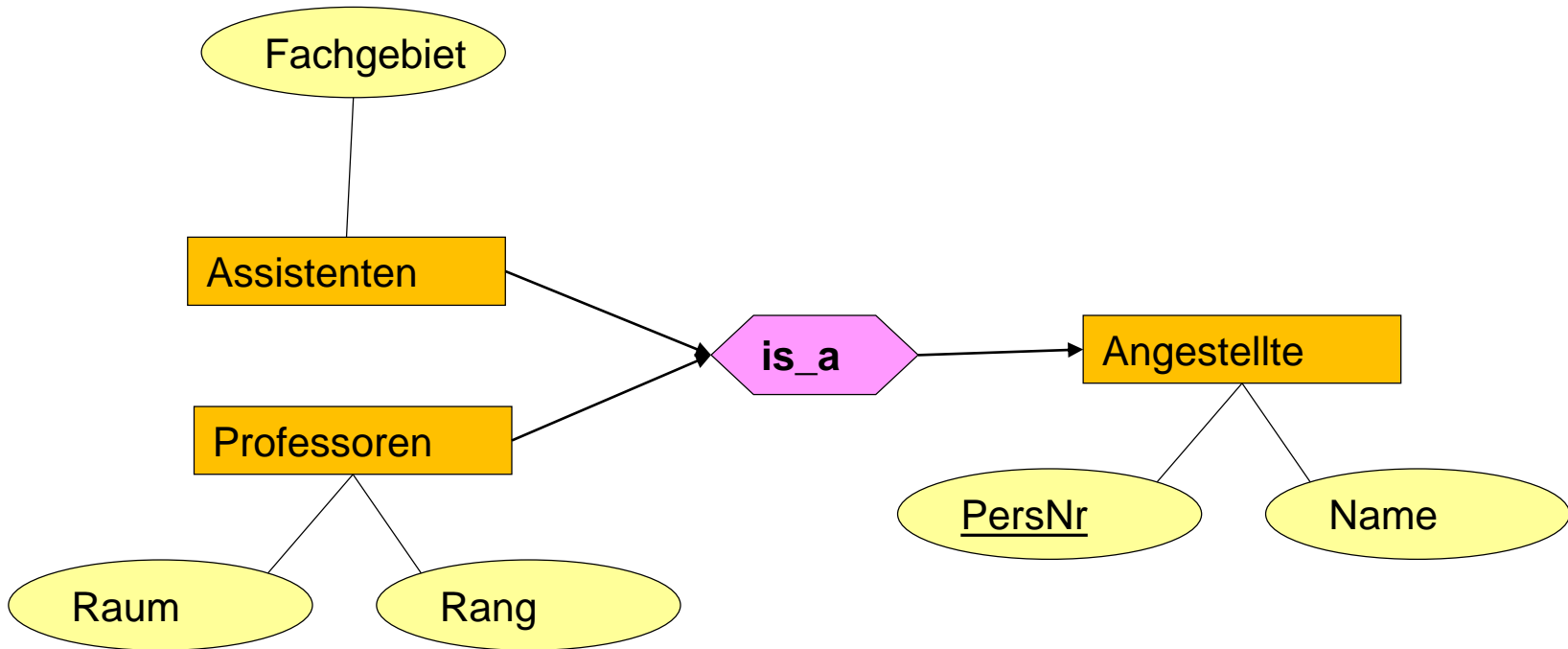
$$R_{E_2} = (K \cup A_2, \{ (K \rightarrow K \cup A_2) \})$$

- + Fremdschlüsselabhängigkeit  $R_{E_2}|_K \subseteq R_{E_1}|_K$

# Spezialisierungen (ISA)

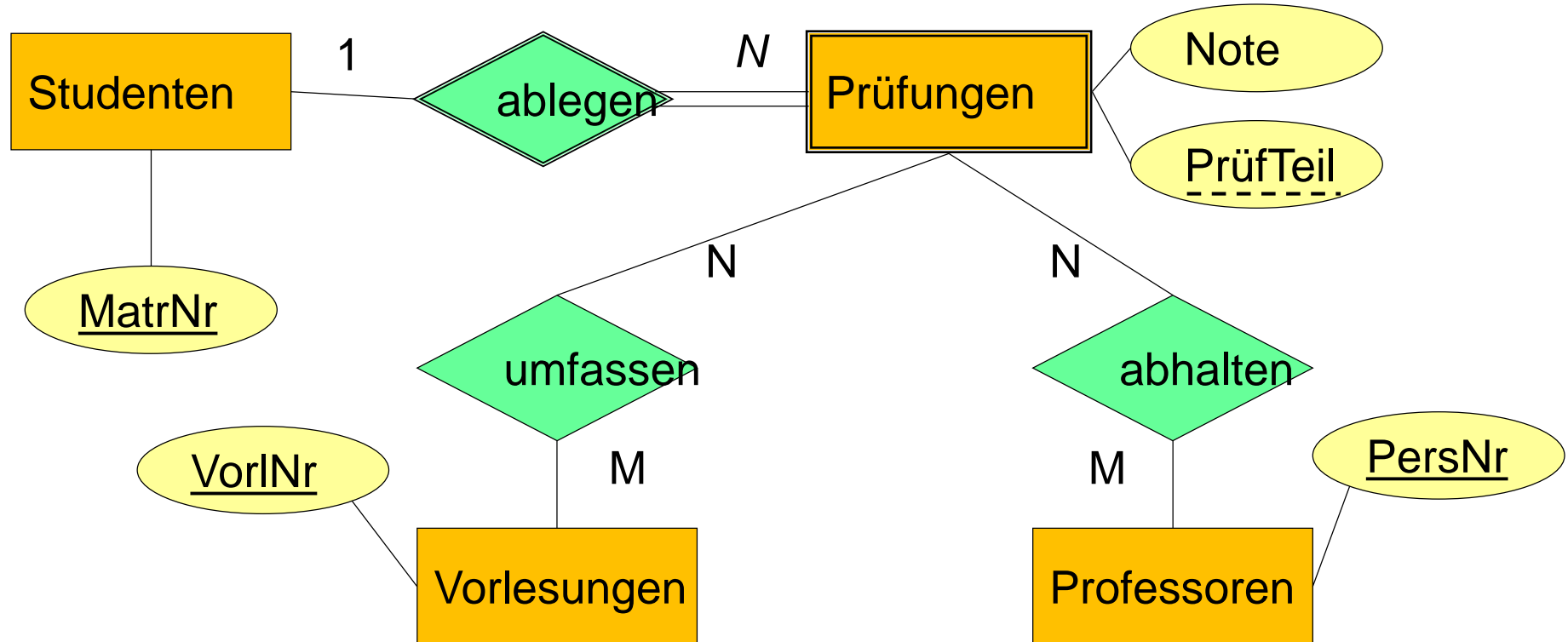
- Beispiel
- Projektleiter ist Spezialisierung von Mitarbeiter.
- Relationenschema:
- Mitarbeiter = {[P-Nr], N-Name, V-Name, G-Datum, Gehalt]}
- Zusätzliche Attribute eines Projektleiters: Projektbudget
- Relationenschema:
- Projektleiter-Besonderheiten = {[P-Nr], Projektbudget]}
- Beide Schemata verwenden den gleichen Schlüssel.
- Jede Projektleiter-Besonderheit gehört zu einem Mitarbeiter:
- $\text{Projektleiter-Besonderheiten}|_{(P-Nr)} \subseteq \text{Mitarbeiter}|_{(P-Nr)}$

# ISA beim Hochschulbeispiel



- Angestellte: {PersNr, Name}
- Professoren: {PersNr, Rang, Raum}
- Assistenten: {PersNr, Fachgebiet}

# Relationale Modellierung schwacher Entitytypen



- Prüfungen: {[MatrNr: integer, PrüfTeil: string, Note: integer]}
- umfassen: {[MatrNr: integer, PrüfTeil: string, VorlNr: integer]}
- abhalten: {[MatrNr: integer, PrüfTeil: string, PersNr: integer]}

## Fremdschlüssel auf ein schwaches Entity

- Man beachte, dass in diesem Fall der (global eindeutige) Schlüssel der Relation Prüfung nämlich MatrNr und PrüfTeil als Fremdschlüssel in die Relationen umfassen und abhalten übernommen werden muss.

# Die relationale Hochschul-DB

Professoren			
PersNr	Name	Rang	Raum
2125	Sokrates	C4	226
2126	Russel	C4	232
2127	Kopernikus	C3	310
2133	Popper	C3	52
2134	Augustinus	C3	309
2136	Curie	C4	36
2137	Kant	C4	7

Studenten		
MatrNr	Name	Semester
24002	Xenokrates	18
25403	Jonas	12
26120	Fichte	10
26830	Aristoxenos	8
27550	Schopenhauer	6
28106	Carnap	3
29120	Theophrastos	2
29555	Feuerbach	2

Vorlesungen			
VorlNr	Titel	SWS	gelesen von
5001	Grundzüge	4	2137
5041	Ethik	4	2125
5043	Erkenntnistheorie	3	2126
5049	Mäeutik	2	2125
4052	Logik	4	2125
5052	Wissenschaftstheorie	3	2126
5216	Bioethik	2	2126
5259	Der Wiener Kreis	2	2133
5022	Glaube und Wissen	2	2134
4630	Die 3 Kritiken	4	2137

voraussetzen	
Vorgänger	Nachfolger
5001	5041
5001	5043
5001	5049
5041	5216
5043	5052
5041	5052
5052	5259

hören	
MatrNr	VorlNr
26120	5001
27550	5001
27550	4052
28106	5041
28106	5052
28106	5216
28106	5259
29120	5001
29120	5041
29120	5049
29555	5022
25403	5022

Assistenten			
PerslNr	Name	Fachgebiet	Boss
3002	Platon	Ideenlehre	2125
3003	Aristoteles	Syllogistik	2125
3004	Wittgenstein	Sprachtheorie	2126
3005	Rhetikus	Planetenbewegung	2127
3006	Newton	Keplersche Gesetze	2127
3007	Spinoza	Gott und Natur	2126

prüfen			
MatrNr	VorlNr	PersNr	Note
28106	5001	2126	1
25403	5041	2125	2
27550	4630	2137	2

# Zusammenfassung ER→Relational

- Entitäten werden als Relationen realisiert
  - Bei schwachen Entitäten muss ein Fremdschlüssel auf das involvierte starke Entity inkludiert werden der gleichzeitig auch Teil des Primärschlüssels der Relation des schwachen Entities ist
  - Bei zusammengesetzten Attributen können alle Teile in die Relation des jeweiligen Entities integriert werden
  - Für mehrwertige Attribute wird eine eigene Relation erstellt, die den gleichen Primärschlüssel wie das involvierte Entity hat
  - Beziehungen können immer als eigenständige Relation realisiert werden
  - 1:n Beziehungen können über Fremdschlüssel in der Relation für eins der beteiligten Entities realisiert werden (das öfter vorkommende)
  - Bei 1:1 Bezeugungen können auch beide Entities und die Beziehung in einer Relation realisiert werden.
- Bitte modellieren Sie 1:n und 1:1 Beziehungen immer möglichst kompakt, also ohne eigenständige Relation!



# Die relationale Algebra

- $\sigma$  Selektion
- $\pi$  Projektion
- $\times$  Kreuzprodukt
- $\bowtie$  Join (Verbund)
- $\rho$  Umbenennung
- $-$  Mengendifferenz
- $\div$  Division
- $\cup$  Vereinigung
- $\cap$  Mengendurchschnitt
- $\ltimes$  Semi-Join (linkes Argument wird gefiltert)
- $\rtimes$  Semi-Join (rechtes Argument wird gefiltert)
- $\Joinleft$  linker äußerer Join
- $\Joinright$  rechter äußerer Join
- $\Join$  (voller) äußerer Join

# Die relationalen Algebra-Operatoren

Selektion

$\sigma_{\text{Semester} > 10}$  (Studenten)

$\sigma_{\text{Semester} > 10}$ (Studenten)		
MatrNr	Name	Semester
24002	Xenokrates	18
25403	Jonas	12

Projektion

$\Pi_{\text{Rang}}$ (Professoren)

$\Pi_{\text{Rang}}$ (Professoren)	
Rang	
C4	
C3	

# Die relationalen Algebra-Operatoren

Kartesisches Produkt

Professoren x hören

Professoren				hören	
PersNr	Name	Rang	Raum	MatrNr	VorlNr
2125	Sokrates	C4	226	26120	5001
...	...	...	...	...	...
2125	Sokrates	C4	226	29555	5001
...	...	...	...	...	...
2137	Kant	C4	7	29555	5001

- Problem: riesige Zwischenergebnisse
- Beispiel: (Professoren x hören)
- "bessere" Operation: Join (siehe unten)

# Der natürliche Verbund (Join)

Gegeben seien:

- $R(A_1, \dots, A_m, B_1, \dots, B_k)$
- $S(B_1, \dots, B_k, C_1, \dots, C_n)$

$$R \bowtie S = \Pi_{A_1, \dots, A_m, R.B_1, \dots, R.B_k, C_1, \dots, C_n}(\sigma_{R.B_1=S.B_1 \wedge \dots \wedge R.B_k=S.B_k}(R \times S))$$

$R \bowtie S$											
$R - S$				$R \cap S$				$S - R$			
$A_1$	$A_2$	...	$A_m$	$B_1$	$B_2$	...	$B_k$	$C_1$	$C_2$	...	$C_n$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

# Drei-Wege-Join

(Studenten  $\bowtie$  hören)  $\bowtie$  Vorlesungen

(Studenten $\bowtie$ hören) $\bowtie$ Vorlesungen						
MatrNr	Name	Semester	VorlNr	Titel	SWS	gelesenVon
26120	Fichte	10	5001	Grundzüge	4	2137
27550	Jonas	12	5022	Glaube und Wissen	2	2134
28106	Carnap	3	4052	Wissenschaftstheorie	3	2126
...	...	...	...	...	...	...

# Allgemeiner Join (Theta-Join)

- Gegeben seien folgende Relationen(-Schemata)
  - $R(A_1, \dots, A_n)$  und
  - $S(B_1, \dots, B_m)$

$$R \bowtie_{\theta} S = \sigma_{\theta}(R \times S)$$

$$R \bowtie_{\theta} S$$

$R \bowtie_{\theta} S$							
R				S			
$A_1$	$A_2$	...	$A_n$	$B_1$	$B_2$	...	$B_m$

# Andere Join-Arten

natürlicher Join

L						R			Resultat				
A	B	C				C	D	E	A	B	C	D	E
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>				c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>				c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>					

linker äußerer Join

L						R			Resultat				
A	B	C				C	D	E	A	B	C	D	E
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>				c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>				c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>	-	-

# Andere Join-Arten

rechter äußerer Join

L				R				Resultat				
A	B	C		C	D	E		A	B	C	D	E
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	⋈	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>	=	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>		c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>		-	-	c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>



# Andere Join-Arten

äußerer Join

L					R				Resultat				
A	B	C			C	D	E		A	B	C	D	E
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	⋈	=	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>		a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>			c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>		a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>	-	-
									-	-	c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>

Semi-Join von L mit R

L					R				Resultat		
A	B	C			C	D	E		A	B	C
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	⋈	=	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>		a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>			c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>				

## Andere Join-Arten

Semi-Join von R mit L

L				R				Resultat		
A	B	C		C	D	E		C	D	E
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	×	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>	=	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>		c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>				

Anti-Semi-Join von L mit R

L				R				Resultat		
A	B	C		C	D	E		A	B	C
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	▷	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>	=	a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>		c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>				

# Zusammenfassung

- Grundlagen des relationalen Modells
- Mapping vom ER Modell zum relationalen Modell
- Grundlegende Operationen der relationalen Algebra
- Verschiedene JOIN Typen