

Formalismus des Relationalen Modells, Transformation eines ER-Modells, Relationale Algebra: Selektion, Projektion, kartesisches Produkt, Umbenennung und Joins

# **10. DATENBANKSYSTEME: DAS RELATIONALE MODELL**

# Relationales Modell, Formalismus

- Relation  $R$

- $R \subseteq D_1 \times \dots \times D_n$
- $D_1, D_2, \dots, D_n$  sind Domänen

Beispiel: *Telefonbuch*  $\subseteq$  *string*  $\times$  *string*  $\times$  *integer*

- Tupel:  $t \in R$

Beispiel:  $t = (\text{„Mickey Mouse“}, \text{„Main Street“}, 4711)$

- Relationenschemata werden wie folgt beschrieben

*Telefonbuch*:  $\{[Name: string, Strasse: string, \underline{Telefon\#}:integer]\}$

$\{[...]\}$  deuten an, dass ein Schema eine Menge von Tupeln  $[\ ]$  ist

Name des Attributes

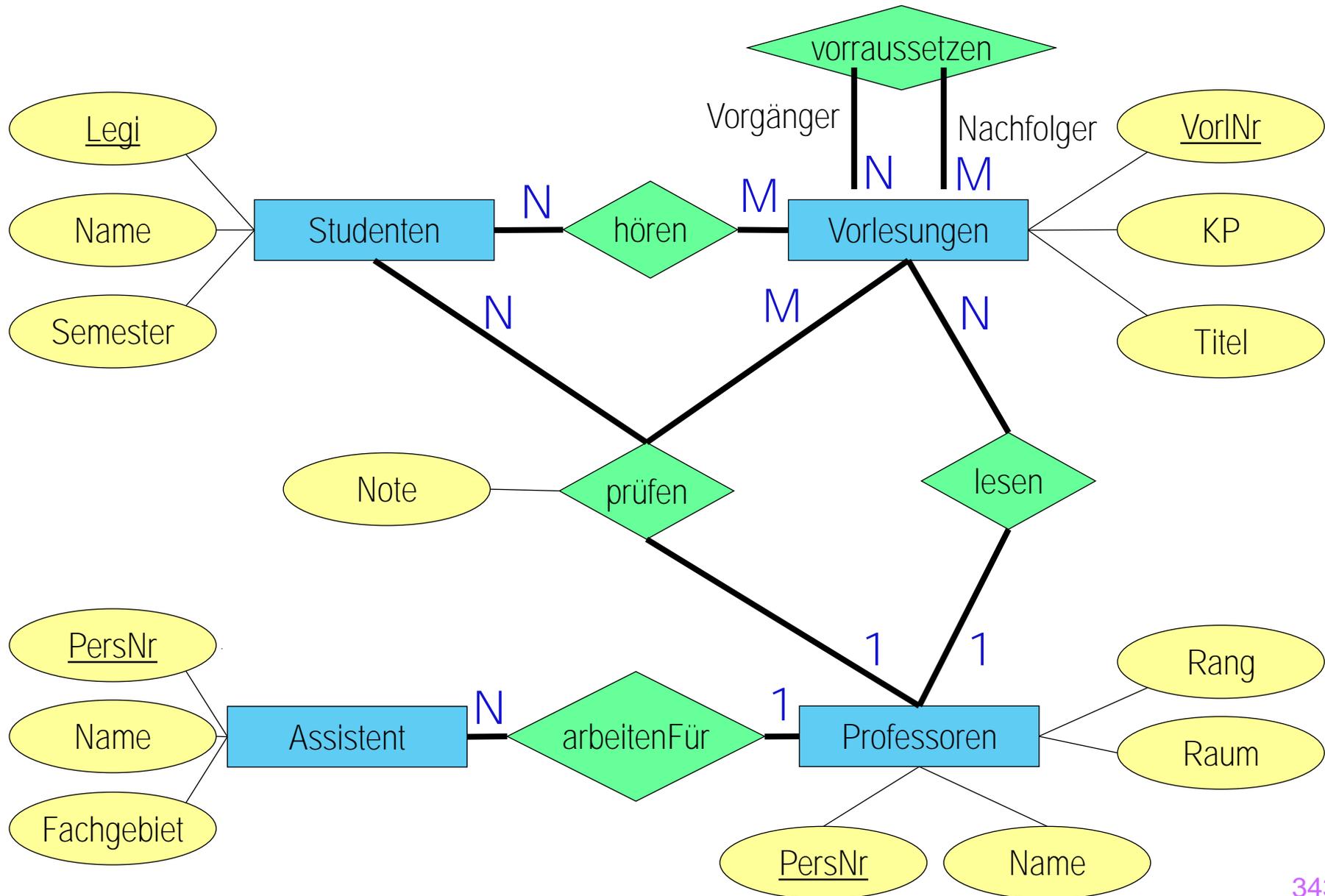
Typ des Attributes

# Relationales Modell

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

- **Ausprägung**: Zustand der Datenbank
- **Schlüssel**: minimale Menge von Attributen, welche ein Tupel eindeutig identifizieren  
z.B. {Telefon#} oder {Name, Geburtstag}
- **Primärschlüssel** (durch Unterstreichung hervorgehoben): Ausgewählter Schlüssel, welcher üblicherweise zur Identifikation eines Tupels in einer Relation verwendet wird.

# Uni Schema



# Regel #1: Darstellung von Entities

Studenten:

{[Legi:integer], *Name:string*, *Semester: integer*}

Vorlesungen:

{[VorlNr:integer], *Titel: string*, *KP: integer*}

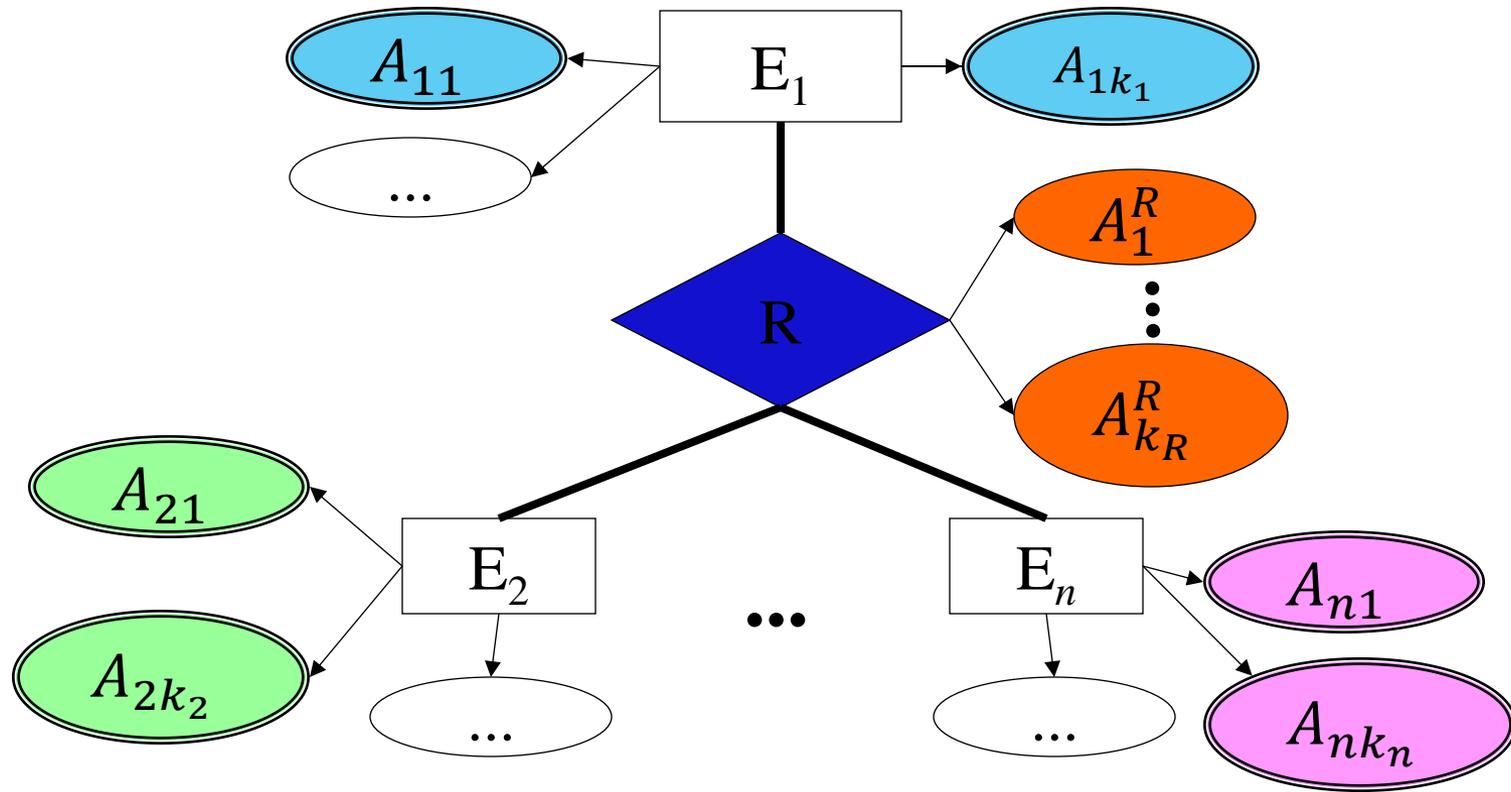
Professoren:

{[PersNr:integer], *Name: string*, *Rang: string*, *Raum: integer*}

Assistenten:

{[PersNr:integer], *Name: string*, *Fachgebiet: string*}

# Regel #2: Darstellung von Beziehungen



$$R: \left\{ \underbrace{[A_{11}, \dots, A_{1k_1}]}_{\text{Schlüssel } E_1}, \underbrace{[A_{21}, \dots, A_{2k_2}]}_{\text{Schlüssel } E_2}, \dots, \underbrace{[A_{n1}, \dots, A_{nk_n}]}_{\text{Schlüssel } E_n}, \underbrace{[A_1^R, \dots, A_{k_R}^R]}_{\text{Attribute von } R} \right\}$$

# Darstellung von Beziehungen

hören:

{[Legi: integer, VorlNr: integer]}

lesen :

{[PersNr: integer, VorlNr: integer]}

Fremdschlüssel, identifizieren  
Tupel aus anderen Entitäten

arbeitenFür :

{[AssiPersNr: integer, ProfPersNr: integer]}

voraussetzen:

{[Vorgänger: integer, Nachfolger: integer]}

prüfen :

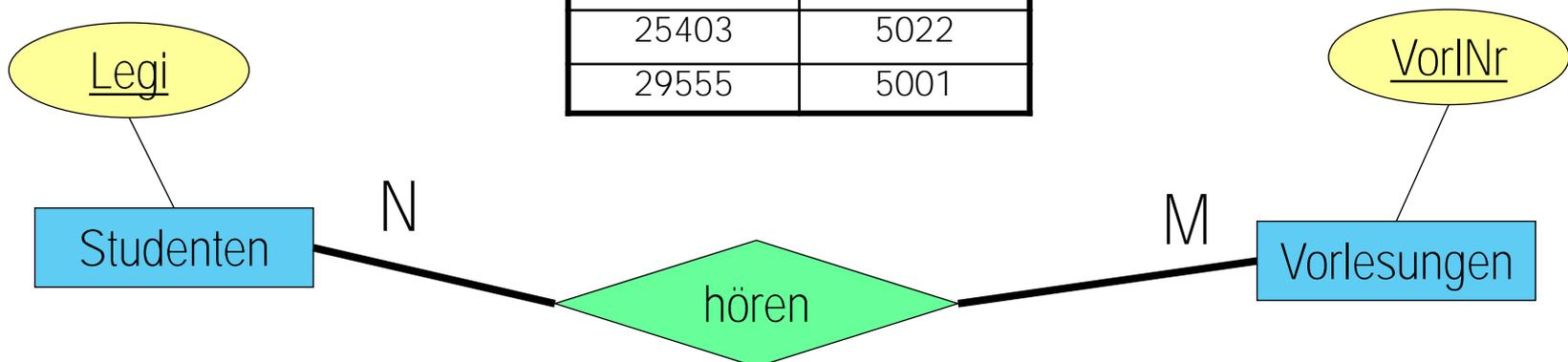
{[Legi: integer, VorlNr: integer, PersNr: integer, Note: decimal]}

# Ausprägung von *hören*

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

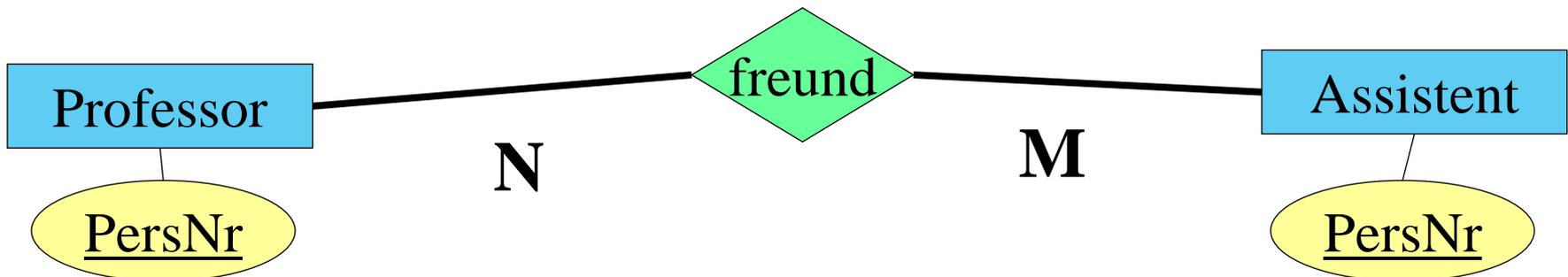
hören	
<i>Legi</i>	<i>VorlNr</i>
26120	5001
27550	5001
27550	4052
28106	5041
28106	5052
28106	5216
28106	5259
29120	5001
29120	5041
29120	5049
29555	5022
25403	5022
29555	5001

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



# Zur Regel #2: Benennung der Attribute?

- Spezifiziert das ER-Modell Rollen, dann
  - nimm den Namen der jeweiligen Rolle
- andernfalls
  - benutze die Namen der Schlüsselattribute der Entitäten
  - bei Mehrdeutigkeit erfinde aussagekräftigen Namen
- Beispiel: freund : {[ProfNr: integer, AssiNr: integer]}



# Regel #3: Zusammenfassung von Relationen

Fasse nur Relationen mit gleichem Schlüssel zusammen  
(also auch nur (N:1), (1:N) oder (1:1) Beziehungen)

- Nach Regel #2:

*Vorlesungen* : {[VorlNr, Title, CP]}

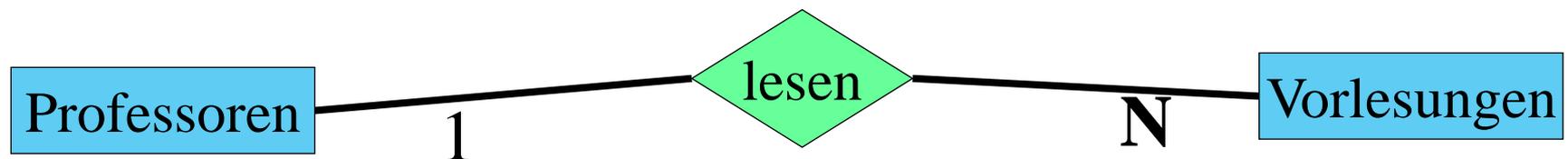
*Professoren*: {[PersNr, Name, Level, Room]}

*lesen*: {[VorlNr, PersNr]}

- Zusammenfassen nach Regel #3

*Vorlesungen* : {[VorlNr, Title, CP, *PersNr*]}

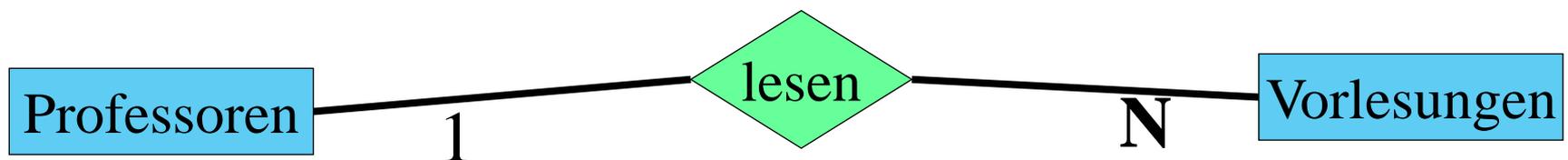
*Professoren* : {[PersNr, Name, Level, Room]}



# Ausprägung von *Professoren* und *Vorlesungen*

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

Vorlesungen			
VorlNr	Titel	KP	gelesenVon
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

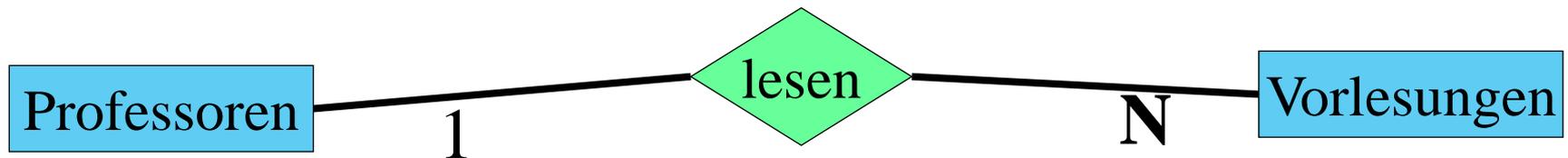


# Das funktioniert NICHT

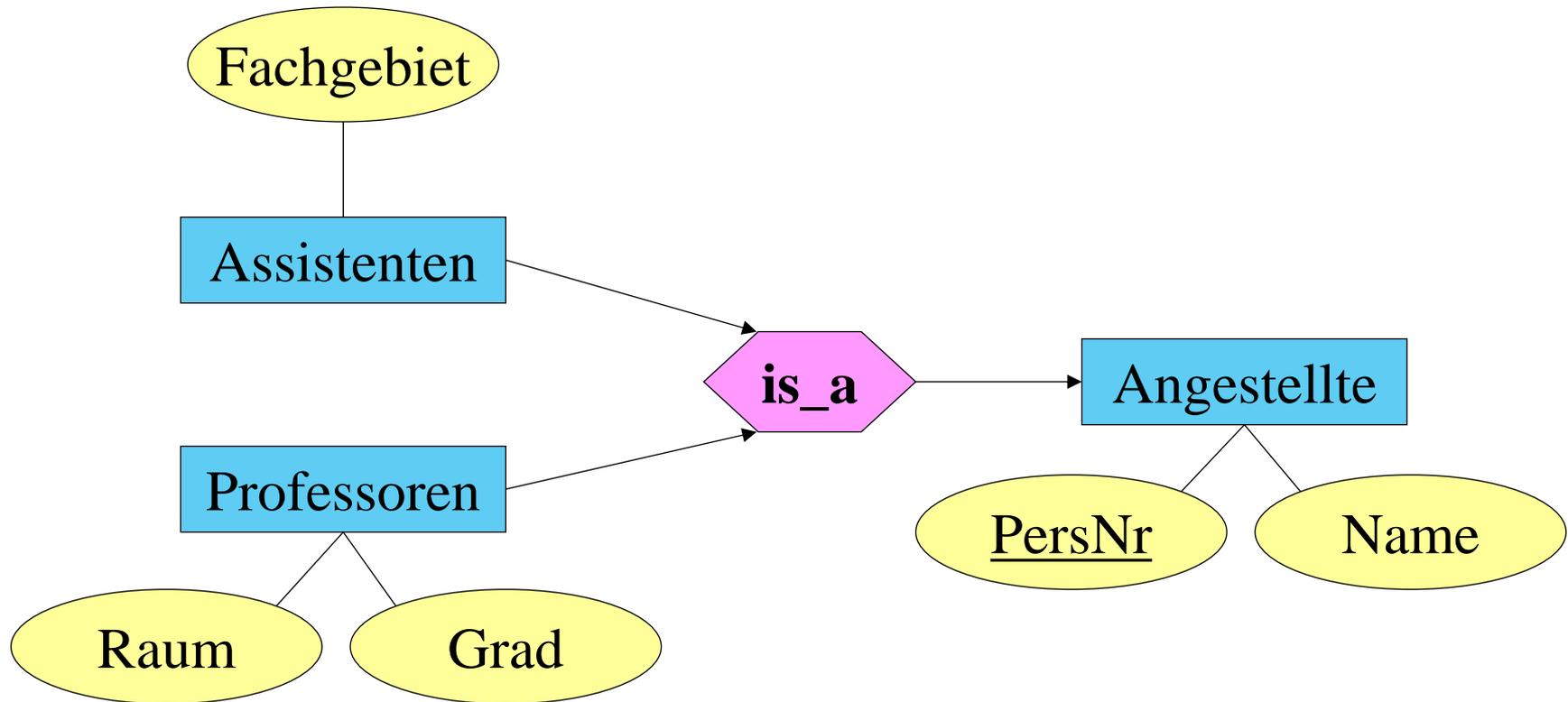
Professoren				
PersNr	Name	Rang	Raum	liest
2125	Sokrates	FP	226	5041
2125	Sokrates	FP	226	5049
2125	Sokrates	FP	226	4052
...	...	...	...	...
2134	Augustinus	AP	200	5000
2130				

Vorlesungen		
VorlNr	Titel	KP
5001	Grundzüge	4
5041	Ethik	4
5043	Erkenntnistheorie	3
5049	Mäeutik	2
4050	...	4
		3
		2
		2
		2
		4

Problem: Redundanz und Anomalien  
PersNr ist kein gültiger Schlüssel für  
Professoren mehr



# Regel #4: Generalisierung



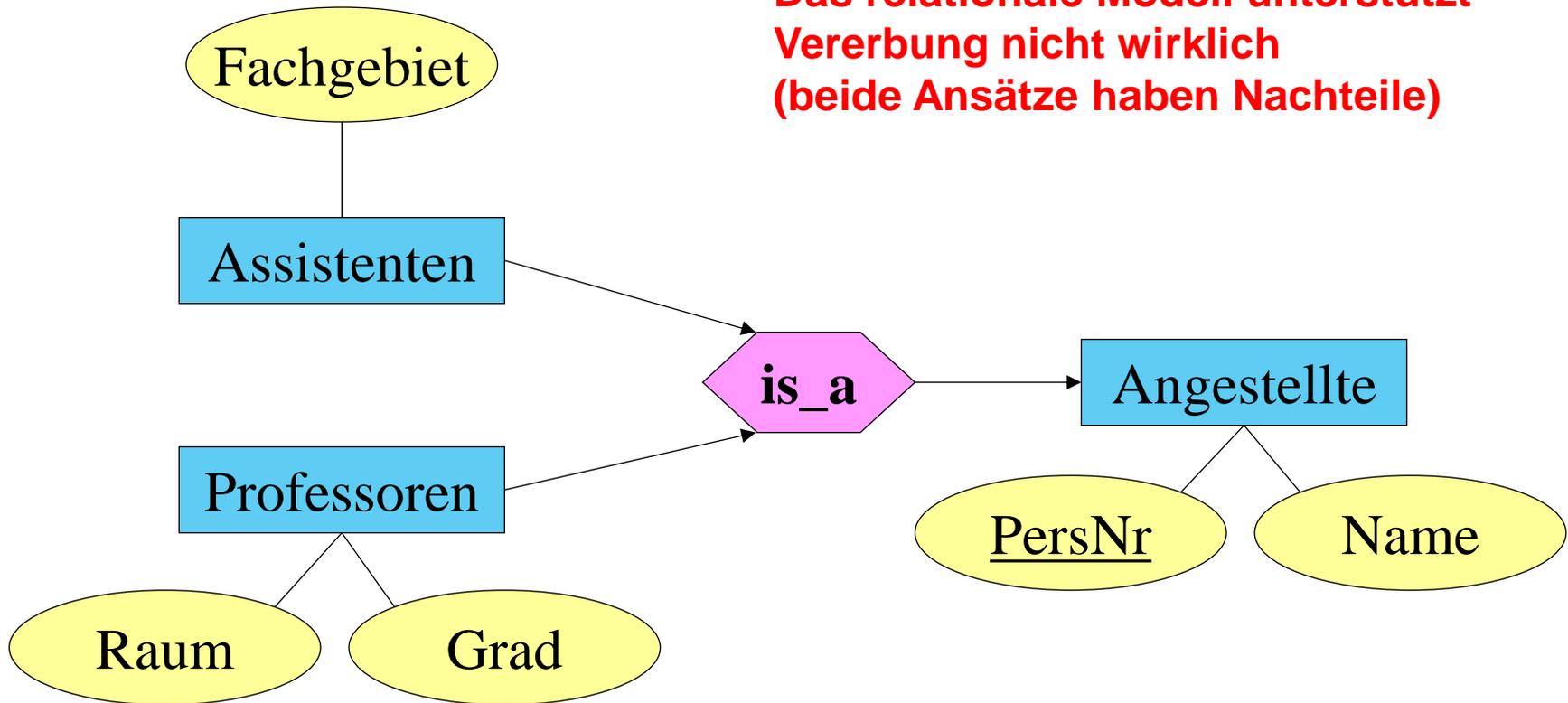
Angestellte:  $\{[\underline{PersNr}, Name]\}$

Professoren:  $\{[\underline{PersNr}, Grad, Raum]\}$

Assistenten:  $\{[\underline{PersNr}, Fachgebiet]\}$

# Regel #4: Generalisierung

Das relationale Modell unterstützt Vererbung nicht wirklich (beide Ansätze haben Nachteile)



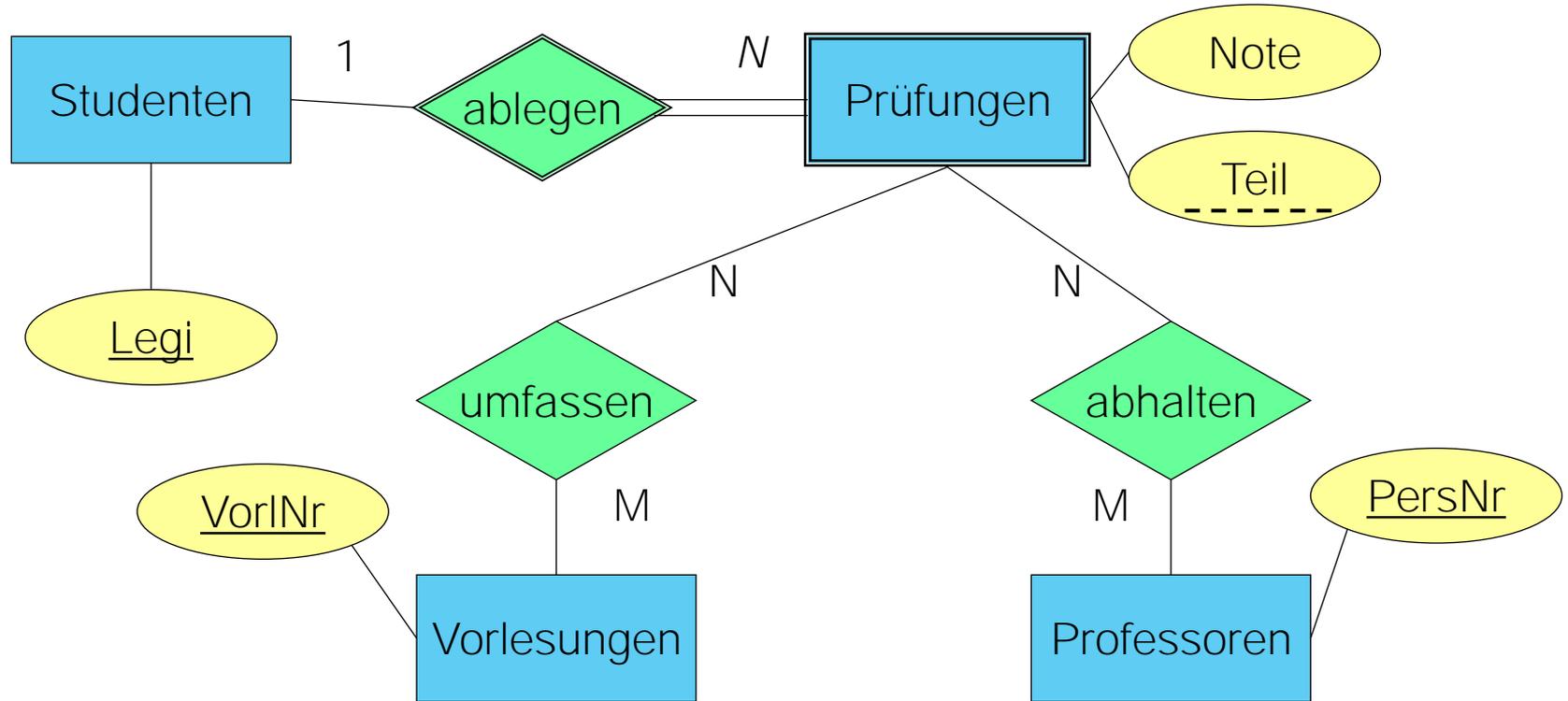
**oder so?**

Angestellte: {[PersNr, Name]}

Professoren: {[PersNr, Name, Grad, Raum]}

Assistenten: {[PersNr, Name, Fachgebiet]}

# Regel #5: Schwache Entitäten



Prüfungen: {[Legi: integer, Teil: string, Grade: integer]}

umfassen: {[Legi: integer, Teil: string, VorlNr: integer]}

abhalten: {[Legi: integer, Teil: string, PersNr: integer]}

Schlüssel von schwachen Entitäten gebildet aus Schlüssel der starken Entität plus Schlüssel der schwachen Entität

# Relationales Modell der Uni-DB

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

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

prüfen			
Legi	Nr	PersNr	Note
28106	5001	2126	1
25403	5041	2125	2
27550	4630	2137	2

Studenten		
Legi	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

hören	
Legi	VorINr
26120	5001
27550	5001
27550	4052
28106	5041
28106	5052
28106	5216
28106	5259
29120	5001
29120	5041
29120	5049
29555	5022

Vorlesungen			
VorINr	Titel	KP	gelesenVon
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

Assistenten			
PersINr	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

# Die relationale Algebra

- $\sigma$  Selektion
- $\pi$  Projektion
- $\times$  kartesisches Produkt
- $\bowtie$  Join (Verbund)
- $\rho$  Umbenennung

- $\cup$  Vereinigung
- $-$  Mengendifferenz
- $\div$  Division
- $\cap$  Durchschnitt
- $\ltimes$  Semi-Join (links)
- $\rtimes$  Semi-Join (rechts)
- $\ltimes$  linker äusserer Join
- $\rtimes$  rechter äusserer Join

werden wir nicht diskutieren

# Selektion und Projektion

## ■ Selektion $\sigma$

Auswahl von Tupeln (Zeilen) der Relation (Tabelle), die das Selektionsprädikat erfüllen

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

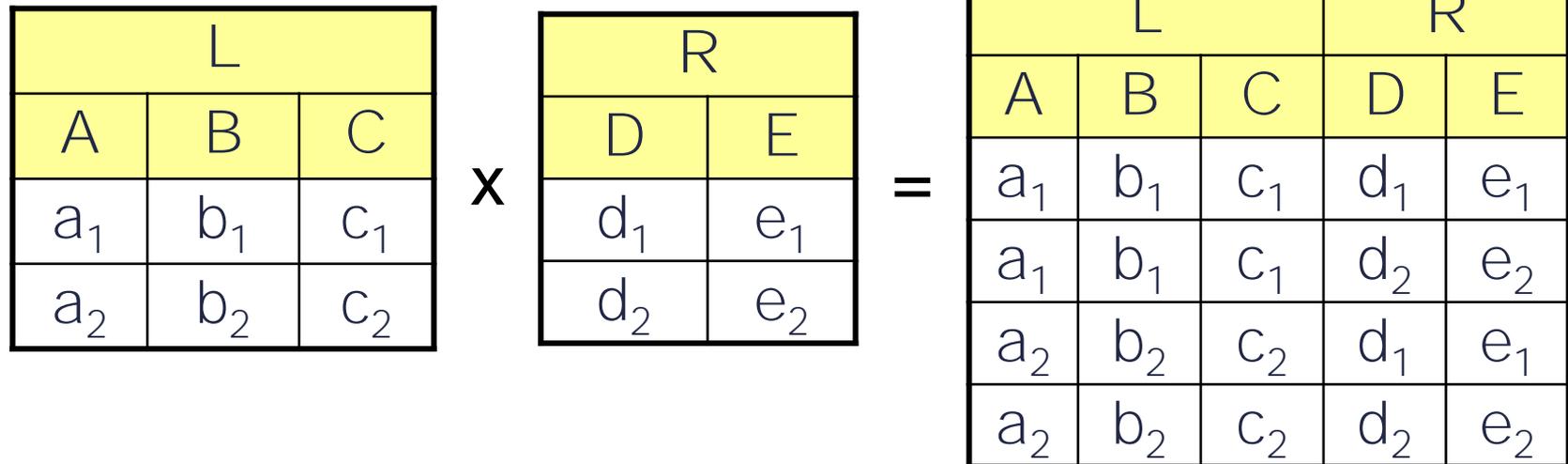
## ■ Projektion $\pi$

Extraktion von Attributen (Spalten) der Relation (Tabelle)

$\pi_{\text{Rang}}$ (Professoren)
Level
FP
AP

# Kartesisches Produkt

- Kartesisches Produkt  $\times$   
enthält alle  $|L| \cdot |R|$  mögliche Paare  
von Tupeln aus L und R



# Kartesisches Produkt

Professoren x hören					
Professoren				hören	
PersNr	Name	Rang	Raum	Legi	Nr
2125	Sokrates	FP	226	26120	5001
...	...	...	...	...	...
2125	Sokrates	FP	226	29555	5001
...	...	...	...	...	...
2137	Kant	FP	7	29555	5001

Riesiges Ergebnis ( $|\text{Professoren}| * |\text{hören}|$ )

Wird meist in Verbindung mit Selektion eingesetzt  
→ Vermeidung riesiger Zwischenergebnisse durch Einführung eines separaten Operators (Join)

# Umbenennung

## Umbenennung von Relationen $\rho$

- Beispiel: Ermittlung indirekter Vorgänger 2. Stufe der Vorlesung 5216

$\Pi_{V1. \text{Vorgänger}}($

$\sigma_{V2. \text{Nachfolger}=5216 \wedge V1. \text{Nachfolger} = V2. \text{Vorgänger}}$

$(\rho_{V1}(\text{voraussetzen}) \times \rho_{V2}(\text{voraussetzen})))$

## Umbenennung von Attributen $\rho$

$\rho_{\text{Voraussetzung} \leftarrow \text{Vorgänger}}(\text{voraussetzen})$

# Der natürliche Verbund (Join)

Gegeben seien:

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

Dann ist der **Join**  $\bowtie$  definiert als

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

R $\bowtie$ S											
R - S				R $\cap$ S				S - R			
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>m</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	...	B <sub>k</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	...	C <sub>n</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

# Drei-Wege-Join

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

NB: der Join-Operator ist assoziativ und kommutativ

# 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				S			
$A_1$	$A_2$	...	$A_n$	$B_1$	$B_2$	...	$B_m$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

# Beispiel: Allgemeiner Join

## Relationen

- Züge(name, start, **ziel**, ..., länge)
- Gleise(station, nummer, ..., länge)
  
- **Finde alle möglichen Gleise für den „CIS Alpino“ in Zürich**

$\sigma_{\text{station}=\text{„Zürich“}}$  (Gleise)

✗ Züge.länge < Gleise.länge

$\sigma_{\text{name}=\text{„CIS“}}$  (Züge)