

# Historische Entwicklung relationaler DBMS

# Grundlagen des relationalen Modells

Seien  $D_1, D_2, \dots, D_n$  Domänen ( $\sim$ Wertebereiche)

- *Relation*:  $R \subseteq D_1 \times \dots \times D_n$

*Bsp.:*  $\text{Telefonbuch} \subseteq \text{string} \times \text{string} \times \text{integer}$

- *Tupel*:  $t \in R$

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

- *Schema*: legt die Struktur der gespeicherten Daten fest

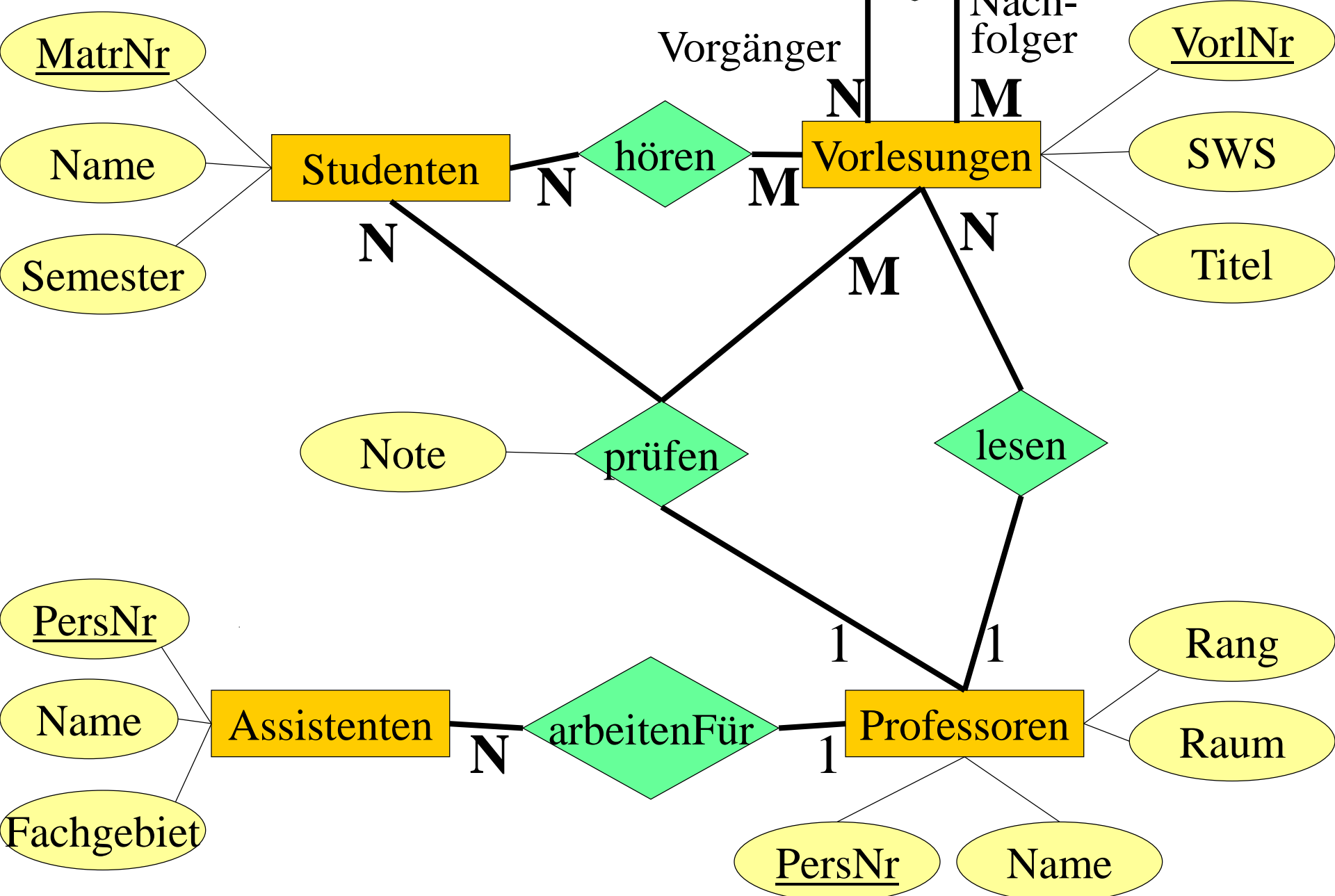
*Bsp.:*

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

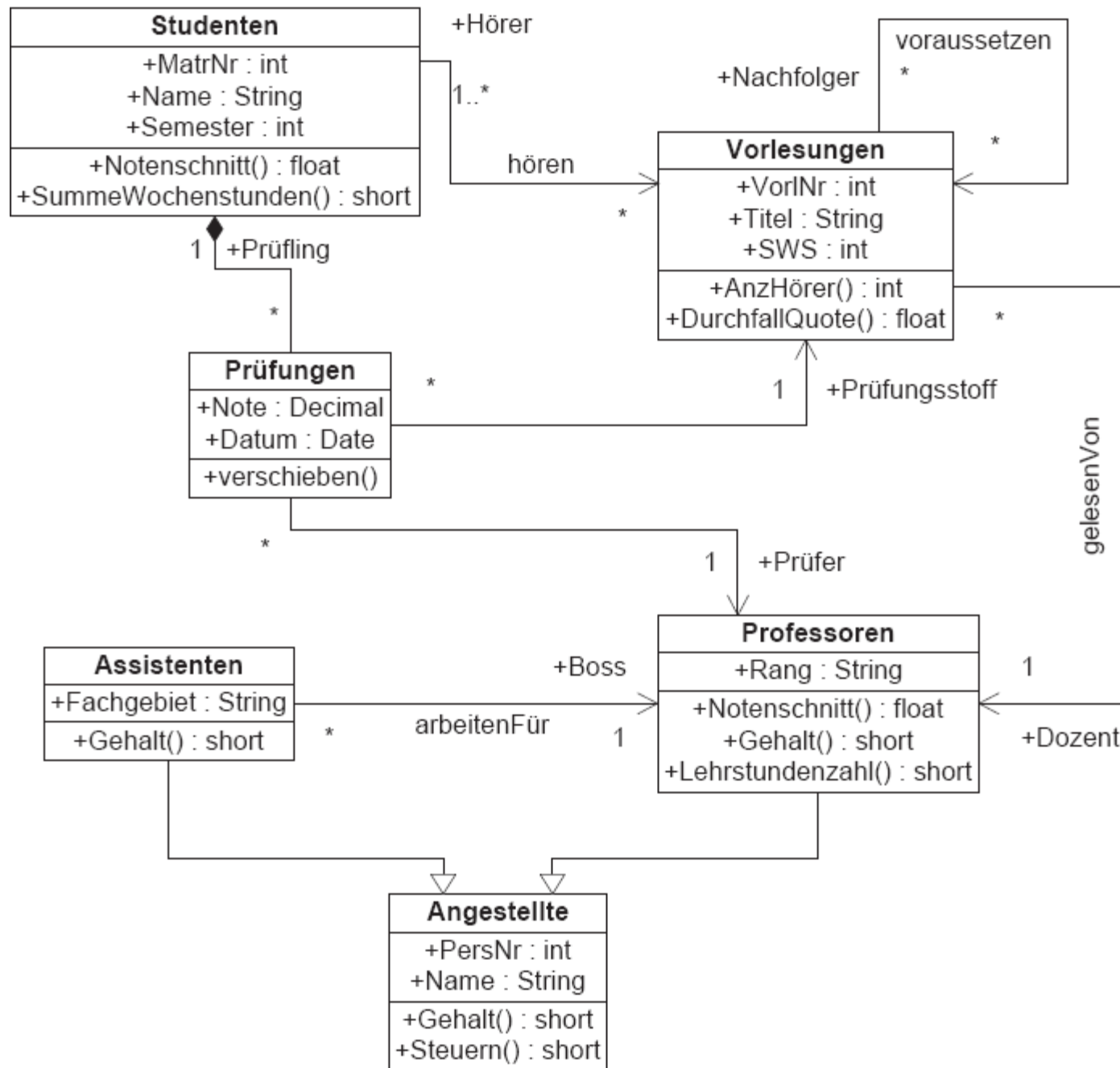
Telefonbuch		
Name	Straße	<u>Telefon#</u>
Mickey Mouse	Main Street	4711
Minnie Mouse	Broadway	94725
Donald Duck	Broadway	95672
...	...	...

- **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

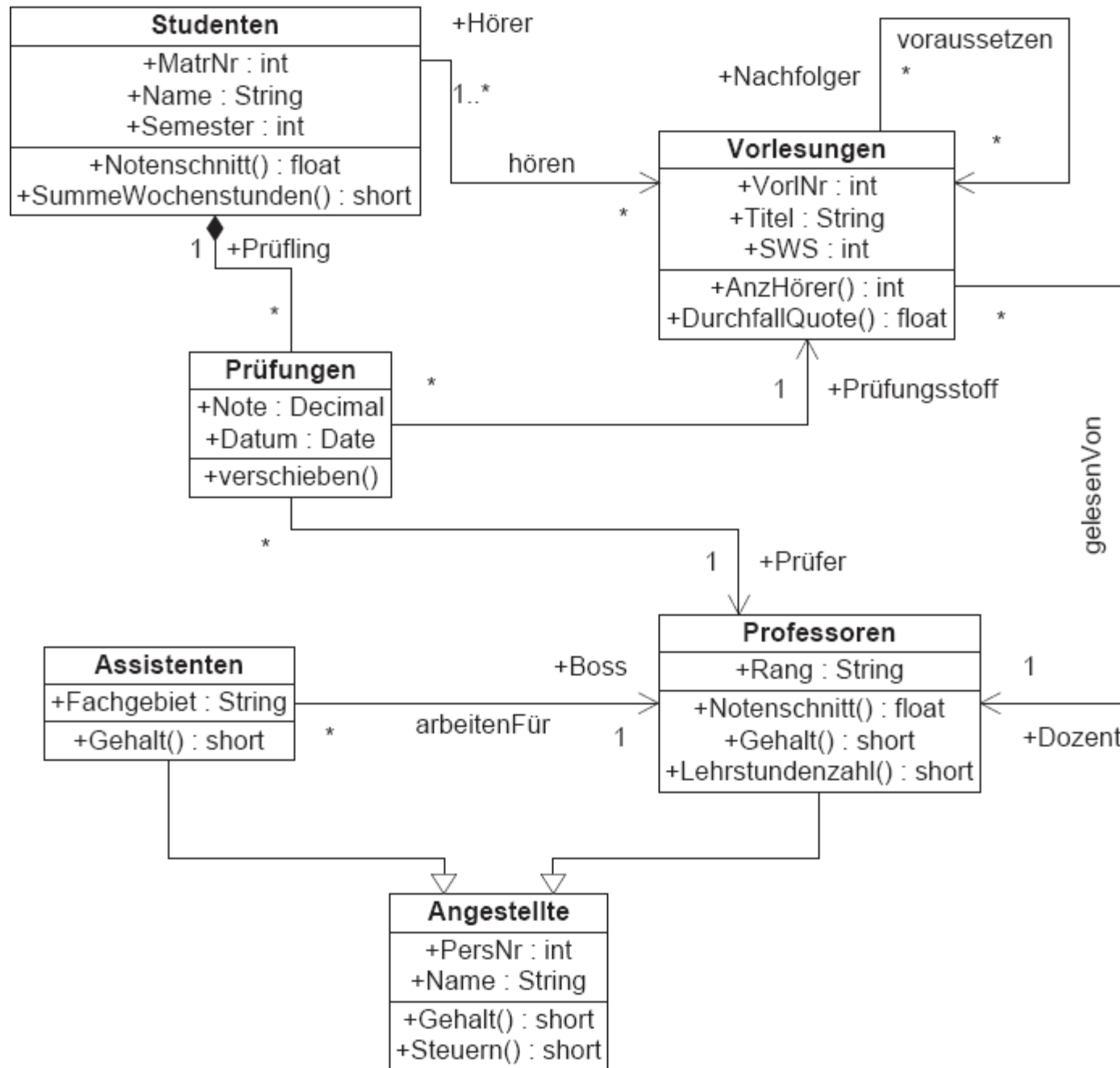
# Uni-Schema in ER

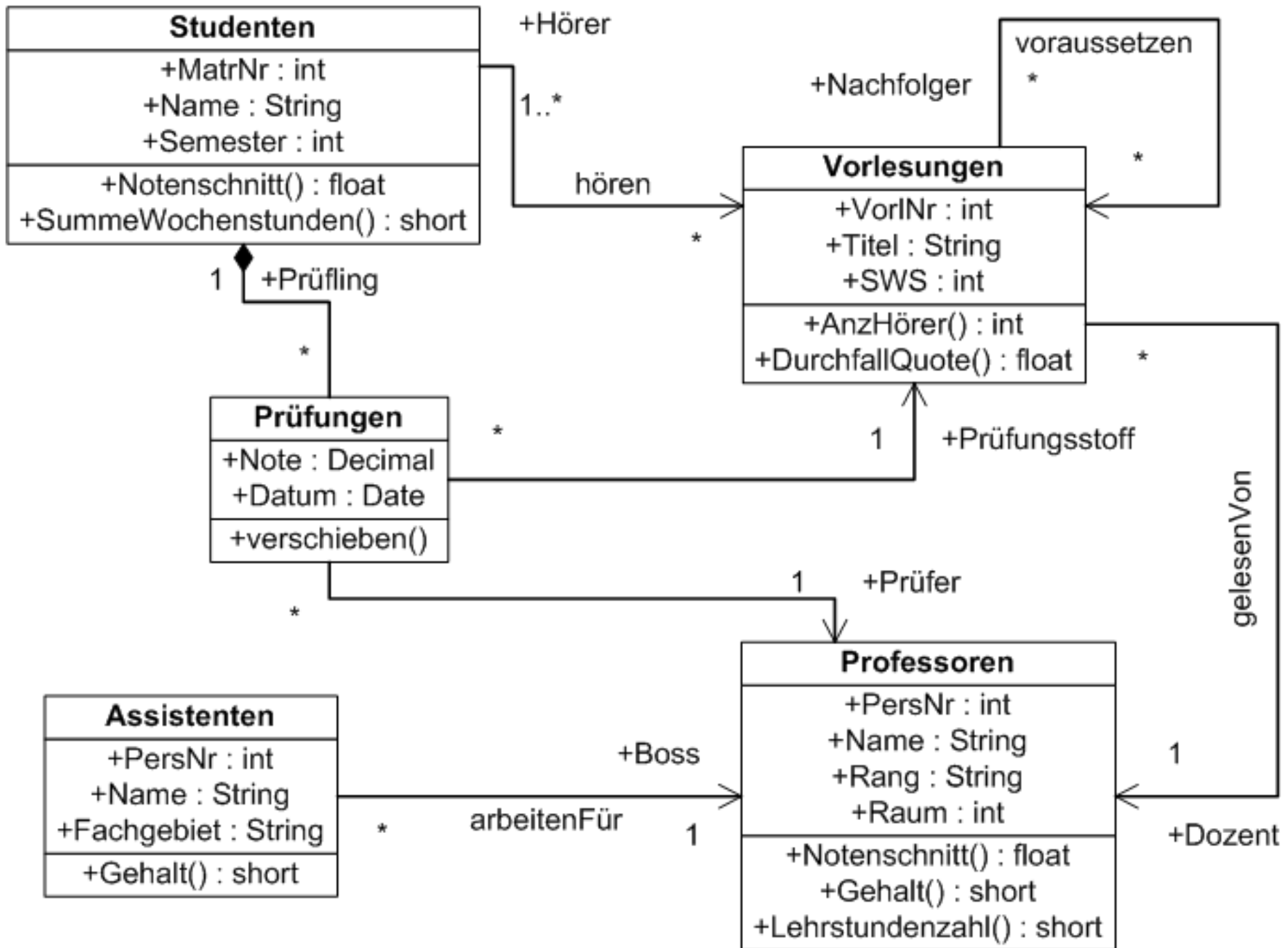


# Uni-Schema in UML



# Uni-Schema in UML -- Schlüssel





# Relationale Darstellung von Objekttypen

**Studenten:** {[MatrNr:integer, *Name: string*, *Semester: integer*]}

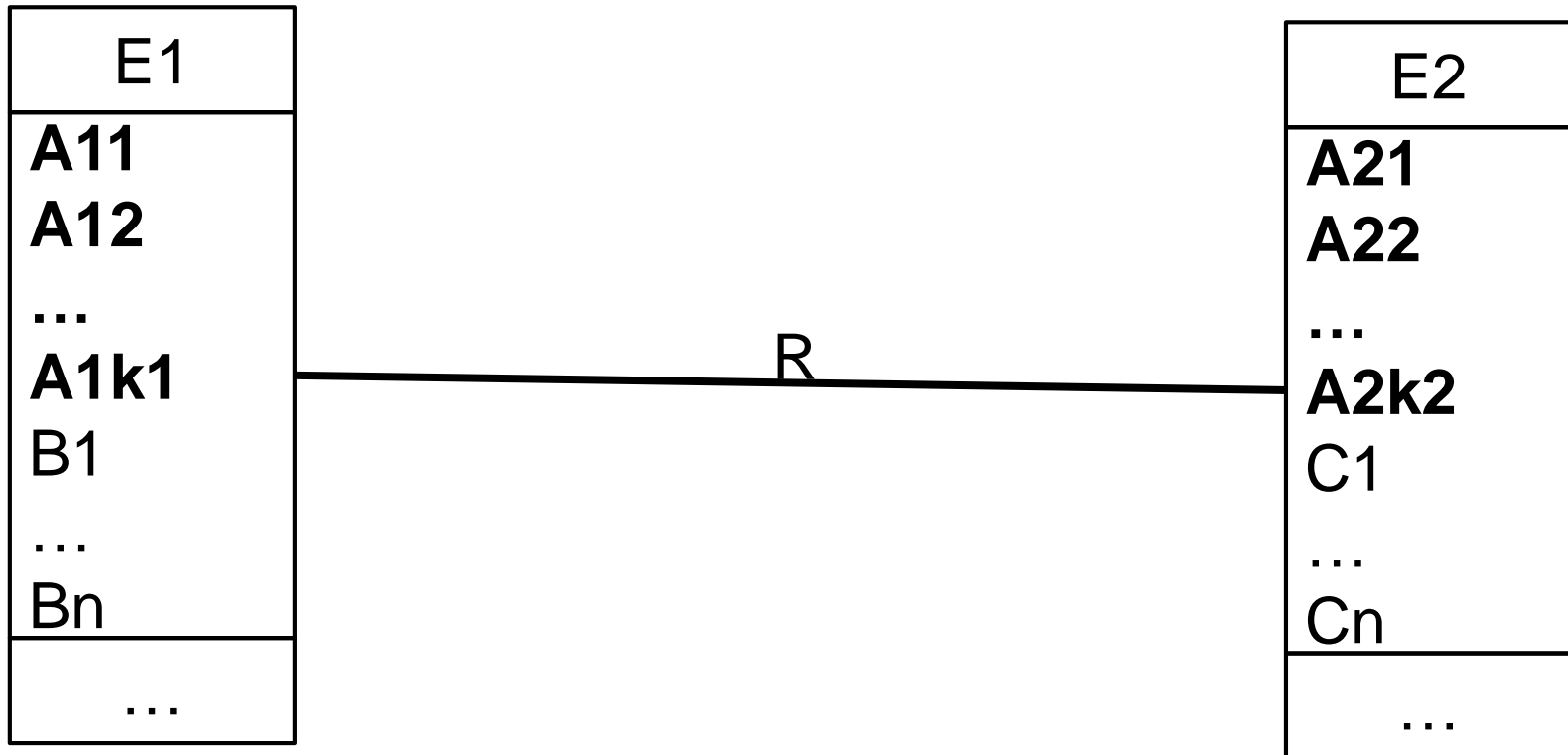
**Vorlesungen:** {[VorlNr:integer, *Titel: string*, *SWS: integer*]}

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

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

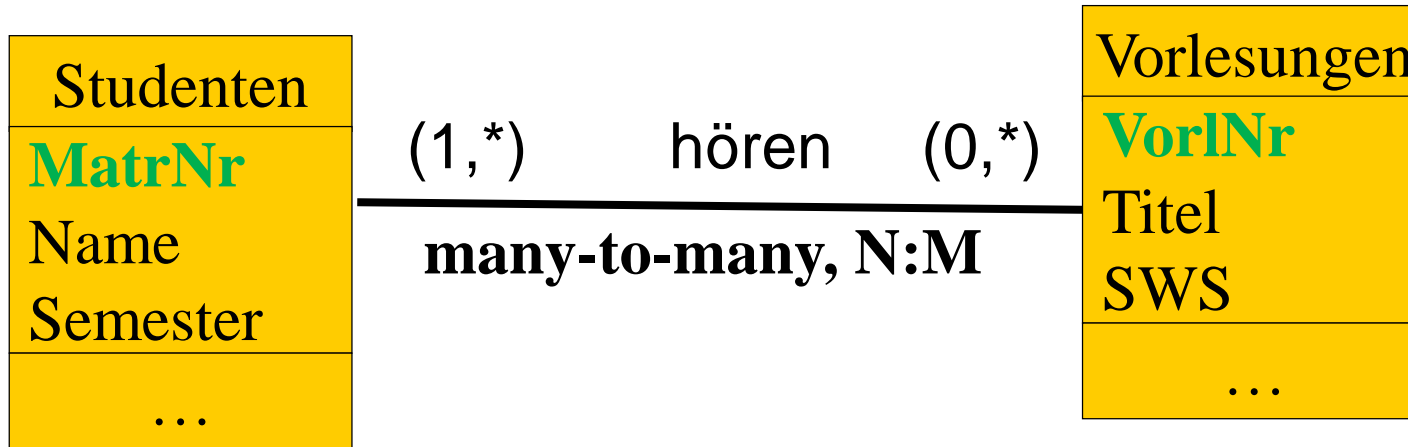


# Relationale Darstellung von Assoziationen



$$R: \left\{ \underbrace{[A_{11}, \dots, A_{1k_1}]}_{\text{Schlüssel von } E_1}, \underbrace{[A_{21}, \dots, A_{2k_2}]}_{\text{Schlüssel von } E_2} \right\}$$

# Beziehungen unseres Beispiel-Schemas



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

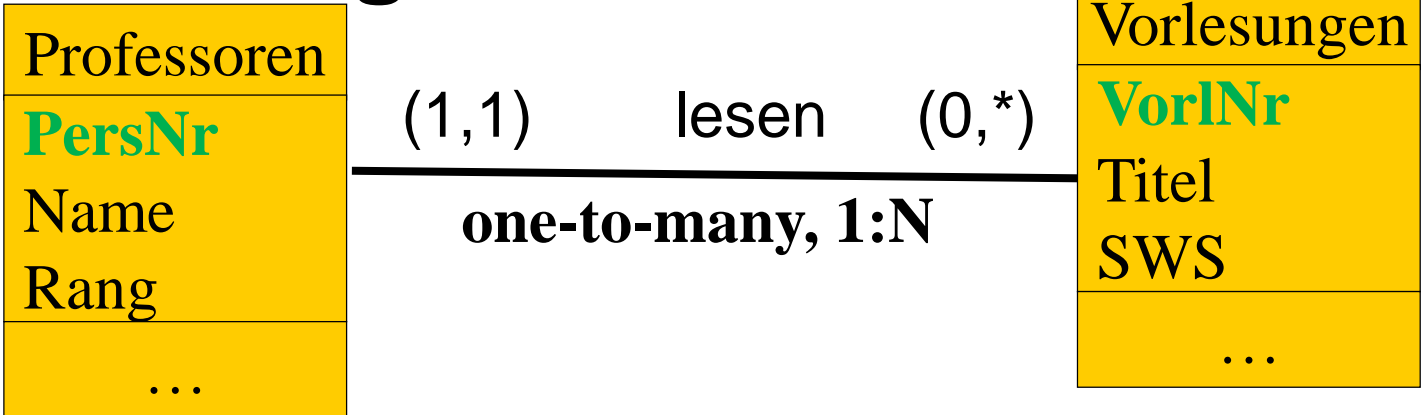
**lesen** : {[PersNr: integer, VorlNr: integer]}

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

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

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

# 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	...
...	...

N

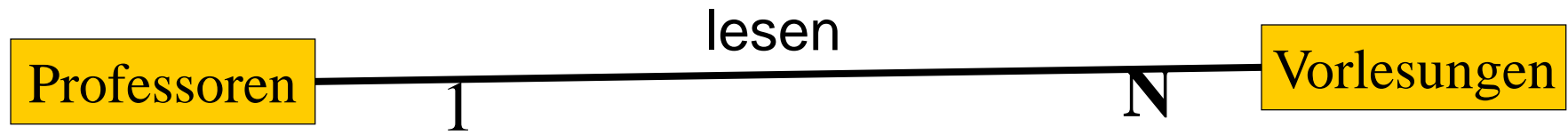
hören

M

Studenten

Vorlesungen

# Verfeinerung des relationalen Schemas



## 1:N-Beziehung

- Initial-Entwurf
  - ***Vorlesungen*** : {[Vor/Nr, Titel, SWS]}
  - ***Professoren*** : {[Pers/Nr, Name, Rang, Raum]}
  - ***lesen***: {[Vor/Nr, Pers/Nr]}

# 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]}

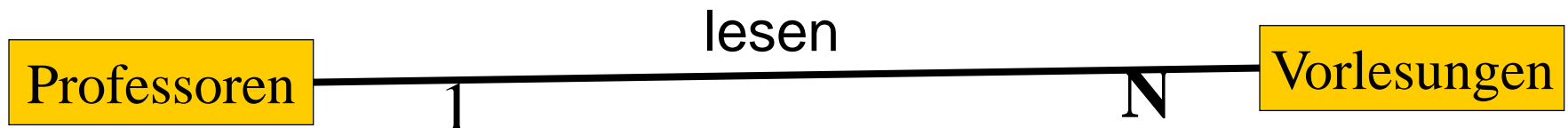
## Regel

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

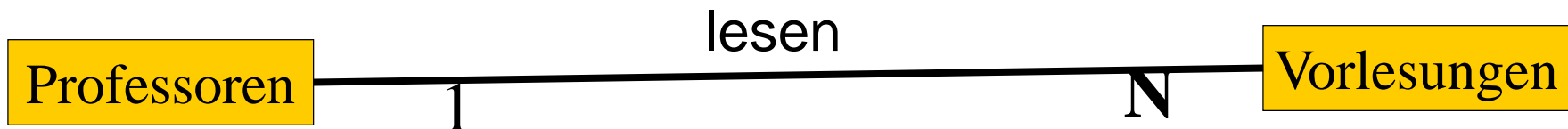




# Vorsicht: So geht es NICHT

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
- Löschanomalie: Was passiert wenn „Glaube und Wissen“ wegfällt
- Einfügeanomalie: Curie ist neu und liest noch keine Vorlesungen

# Die relationale Uni-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

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

# Die relationale Algebra

- $\sigma$  Selektion
- $\pi$  Projektion
- $\times$  Kreuzprodukt
- $\bowtie$  Join (Verbund)
- $\rho$  Umbenennung
- $-$  Mengendifferenz
- $\div$  Division
- $\cup$  Vereinigung
- $\cap$  Mengendurchschnitt
- $\ltimes$  Semi-Join (linker)
- $\rtimes$  Semi-Join (rechter)
- $\ltimes$  linker äußerer Join
- $\rtimes$  rechter 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)

# Die relationalen Algebra-Operatoren

## Umbenennung

- Umbenennung von Relationen
- 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

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



# Formale Definition der Algebra

## Basisausdrücke

- Relation der Datenbank oder
- konstante Relationen

## Operationen

- Selektion:  $\sigma_p (E_1)$
- Projektion:  $\Pi_S (E_1)$
- Kartesisches Produkt:  $E_1 \times E_2$
- Umbenennung:  $\rho_V (E_1), \rho_{A \leftarrow B} (E_1)$
- Vereinigung:  $E_1 \cup E_2$
- Differenz:  $E_1 - E_2$



# Drei-Wege-Join

(Studenten ⋈ hören) ⋈ Vorlesungen

(Studenten ⋈ hören) ⋈ 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		
A	B	C
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>

 ⋈ 

R		
C	D	E
c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>
c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>

 = 

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

- linker äußerer Join

L		
A	B	C
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>

 ⋈ 

R		
C	D	E
c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>
c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>

 = 

Resultat				
A	B	C	D	E
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>	-	-

- rechter äußerer Join

L		
A	B	C
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>

⋈

R		
C	D	E
c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>
c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>

=

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

# Andere Join-Arten

- äußerer Join

L		
A	B	C
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>

 ⋈ 

R		
C	D	E
c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>
c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>

 = 

Resultat				
A	B	C	D	E
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>

- Semi-Join von L mit R

L		
A	B	C
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>

 ⋈ 

R		
C	D	E
c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>
c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>

 = 

Resultat		
A	B	C
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>

# Andere Join-Arten (Forts.)

- Semi-Join von R mit L

L		
A	B	C
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>

 $\times$ 

R		
C	D	E
c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>
c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>

 $=$ 

Resultat		
C	D	E
c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	e <sub>1</sub>



# Andere Join-Arten (Forts.)

- Anti-Semi-Join von L mit R

