

Datenbanksysteme SS 2007

Frank Köster
(Oliver Vornberger)

Institut für Informatik
Universität Osnabrück

Kapitel 6a: Das relationale Modell

Das Relationale Modell

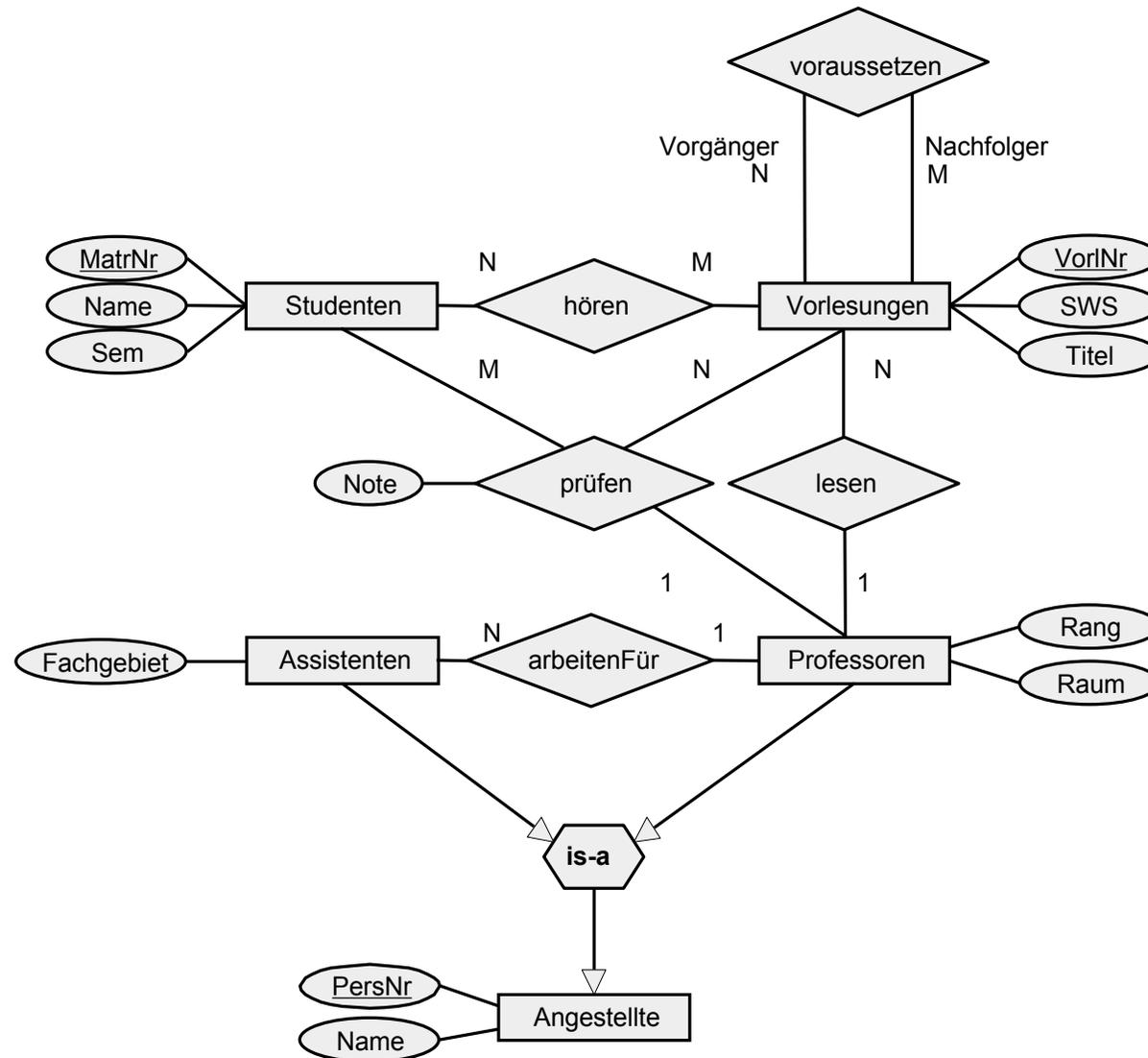
| | |
|------------------------------|--|
| Wertebereiche (Domänen): | D_1, D_2, \dots, D_n |
| Relation: | $R \subseteq D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$ |
| Wertebereich von Attribut A: | dom (A) |
| Relation: | $R \subseteq \mathbf{dom}(A_1) \times \mathbf{dom}(A_2) \times \dots \times \mathbf{dom}(A_n)$ |
| Element von R: | Tupel |
| Schema der Relation: | sch (R) = A_1, A_2, \dots, A_n |
| aktuelle Ausprägung: | R |

Bei DBS zusätzlich zum Wertebereich noch Bezeichner:

Telefonbuch : { [Name : string, Adresse: string, TelefonNr : integer] }

Telefonbuch : { [Name, Adresse, TelefonNr] }

Konzeptuelles Schema „Universität“



Initial-Entwurf für Entity-Typen

Pro Entity-Typ eine Relation (Schlüssel unterstrichen):

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]}

Initial-Entwurf für Relationship-Typen

Pro Relationship-Typ eine Relation (Schlüssel unterstrichen):

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

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

arbeitenFür :{[AssiPersNr : integer, ProfPersNr : integer]}

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

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

Fremdschlüssel := Schlüsselattribut für referenzierte Entity-Typen.

1:N-Beziehung entspricht einer Abbildung:

lesen : *Vorlesungen* → *Professoren*

prüfen : *Studenten* × *Vorlesungen* → *Professoren*

Elimination bei gleichen Schlüsseln

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

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

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

Relationen mit gleichem Schlüssel können zusammengefasst werden
(ggf. Umbenennung erforderlich):

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

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

Elimination bei ungleichen Schlüsseln

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

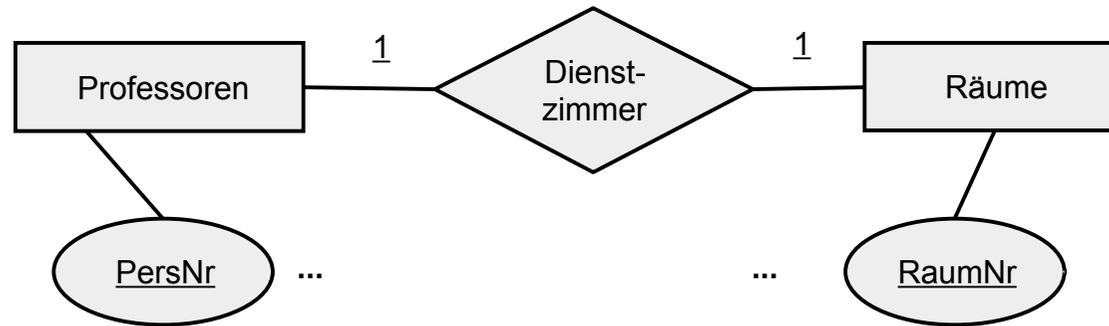
Professoren : {[PersNr : integer, Name : string, Rang : string, Raum : integer]}

Relationen mit ungleichem Schlüssel sollten **nicht** zusammengefasst werden:

Professoren' : {[PersNr, liestVorl, Name, Rang, Raum]}

| PersNr | liestVorl | Name | Rang | Raum |
|--------|-----------|----------|------|------|
| 2125 | 5041 | Sokrates | C4 | 226 |
| 2125 | 5049 | Sokrates | C4 | 226 |
| 2125 | 4052 | Sokrates | C4 | 226 |

Elimination bei 1:1-Beziehung



Professoren : {[PersNr, Name, Rang]}

Räume : {[RaumNr, Größe, Lage]}

Dienstzimmer : {[PersNr, RaumNr]}

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

Räume : {[RaumNr, Größe, Lage]}

Professoren : {[PersNr, Name, Rang]}

Räume : {[RaumNr, Größe, Lage, ProfPersNr]}

Obacht:
NULL-Werte!

Generalisierung

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

Assistenten : {[PersNr, Name, Fachgebiet]}

Obertyp mit Gemeinsamkeiten:

Angestellte : {[PersNr, Name]}

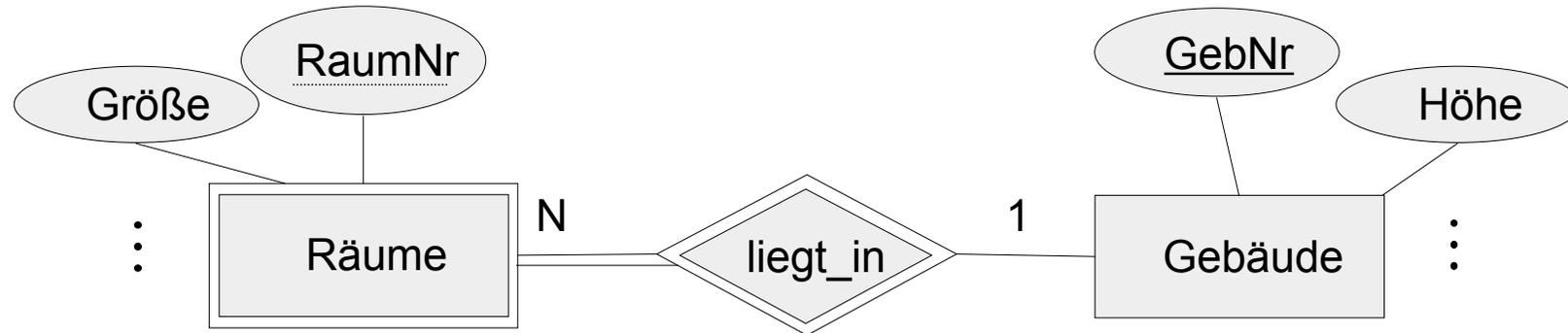
Aber die Information zu ...

[2125, Sokrates, C4, 226]

ist jetzt verteilt auf ...

[2125, Sokrates] [2125, C4, 226]

Schwacher Entity-Typ



Beziehung *liegt_in* wird verlagert in den Entity-Typ *Räume*:

Räume : {[GebNr, RaumNr, Größe]}

Die Beziehung

bewohnt : *Professoren* → *Räume*

erfordert drei Attribute

bewohnt : {[PersNr, GebNr, RaumNr]}

Alternative (bei geringer Gebäudeinformation):

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

Relationenschema

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

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

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

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

hören :{[MatNr : integer, VorlNr : integer]}

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

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

Ausprägung: Professoren und Assistenten

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 |

Assistenten

| PersNr | 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 | 2134 |

Ausprägung:
Vorlesungen und Studenten

Vorlesungen

| VorlNr | Titel | SWS | 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 |

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 |

Ausprägung:
hören, voraussetzen und prüfen

hören

| MatrNr | VorlNr |
|--------|--------|
| 26120 | 5001 |
| 27550 | 5001 |
| 27550 | 4052 |
| 27550 | 5041 |
| 28106 | 4052 |
| 28106 | 5216 |
| 28106 | 5259 |
| 27550 | 4630 |
| 29120 | 5041 |
| 29120 | 5049 |
| 29555 | 5022 |
| 25403 | 5022 |
| 29555 | 5001 |

voraussetzen

| Vorgänger | Nachfolger |
|-----------|------------|
| 5001 | 5041 |
| 5001 | 5043 |
| 5001 | 5049 |
| 5041 | 5216 |
| 5043 | 5052 |
| 5041 | 5052 |
| 5052 | 5259 |

prüfen

| MatrNr | VorlNr | PersNr | Note |
|--------|--------|--------|------|
| 28106 | 5001 | 2126 | 1.0 |
| 25403 | 5041 | 2125 | 2.0 |
| 27550 | 4630 | 2137 | 2.0 |

Abfragesprachen

- Relationenalgebra (prozedural):
konstruktive Verknüpfung; Operatoren: \cup , \cap , ...
- Relationenkalkül (deklarativ):
Beschreibung des gewünschten Ergebnisses
mit Formel der Prädikatenlogik 1. Stufe unter
Verwendung von \exists , \forall , \wedge , \vee , \neg
- Query by Example (für „Analphabeten“):
Ausfüllen eines Gerüstes mit Beispiel-Einträgen
- SQL (Structured Query Language):
„umgangssprachliche“ Mischung aus Relationen-
algebra und Relationenkalkül

Relationenalgebra

Operanden = Relationen

Operatoren:

- Selektion
- Projektion
- Vereinigung
- Mengendifferenz
- Kartesisches Produkt
- Umbenennung

abgeleitete Operatoren:

- Verbund
- Durchschnitt
- Division

Selektion

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

| MatNr | Name | Semester |
|-------|------------|----------|
| 24002 | Xenokrates | 18 |
| 25403 | Jonas | 12 |

Selektionsprädikat durch Formel mit

- Attributnamen oder Konstanten als Operanden
- arithmetische Vergleichsoperatoren $< = > \leq \neq \geq$
- logische Operatoren $\wedge \vee \neg$

Projektion

(Keine Duplikate – Mengenbetrachtung!)

Π_{Rang} (*Professoren*)

| |
|------|
| Rang |
| C4 |
| C3 |

Vereinigung

$\Pi_{\text{PersNr, Name}}(\text{Assistenten}) \cup \Pi_{\text{PersNr, Name}}(\text{Professoren})$

| PersNr | Name |
|--------|----------|
| 2125 | Sokrates |
| 3002 | Platon |
| | . |
| | . |
| | . |

Mengendifferenz

$\Pi_{\text{MatrNr}}(\textit{Studenten}) - \Pi_{\text{MatrNr}}(\textit{prüfen})$

| MatrNr |
|--------|
| 24002 |
| 26120 |
| 26830 |
| . |
| . |
| . |

Kartesisches Produkt

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 |

$\text{sch}(R \times S) := \text{sch}(R) \cup \text{sch}(S)$.

Ggf. durch Voranstellung des Relationennamens
identifizieren: $R.A$

Umbenennung von Relationen und Attributen

$\rho_{Dozenten}(Professoren)$

$\rho_{Zimmer} \leftarrow Raum(Professoren)$

Finde Vorgänger vom Vorgänger von Vorlesung 5216:

$\Pi_{V1.Vorgänger}(\sigma_{V1.Nachfolger = V2.Vorgänger \wedge V2.Nachfolger = 5216}$
 $(\rho_{V1}(voraussetzen) \times \rho_{V2}(voraussetzen)))$

| V1 | | V2 | |
|-----------|------------|-----------|------------|
| Vorgänger | Nachfolger | Vorgänger | Nachfolger |
| 5001 | 5041 | 5001 | 5041 |
| ... | ... | ... | ... |
| 5001 | 5041 | 5041 | 5216 |
| ... | ... | ... | ... |
| 5052 | 5259 | 5052 | 5259 |

Relationenalgebra

Operanden = Relationen

Operatoren:

- Selektion
- Projektion
- Vereinigung
- Mengendifferenz
- Kartesisches Produkt
- Umbenennung

abgeleitete Operatoren:

- Verbund
- Durchschnitt
- Division

Natürlicher Verbund (Join)

R habe $m+k$ Attribute $A_1, A_2, \dots, A_m, B_1, B_2, \dots, B_k$

S habe $n+k$ Attribute $B_1, B_2, \dots, B_k, C_1, C_2, \dots, C_n$

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

(Studenten $\triangleright \triangleleft$ hören) $\triangleright \triangleleft$ Vorlesungen

Studenten $\triangleright \triangleleft$ (hören $\triangleright \triangleleft$ Vorlesungen)

Studenten $\triangleright \triangleleft$ hören $\triangleright \triangleleft$ Vorlesungen

| MatrNr | Name | Semester | VorlNr | Titel | SWS | gelesenVon |
|--------|--------|----------|--------|----------------------|-----|------------|
| 26120 | Fichte | 10 | 5001 | Grundzüge | 4 | 2137 |
| 25403 | Jonas | 12 | 5022 | Glaube und Wissen | 2 | 2137 |
| 28106 | Carnap | 3 | 4052 | Wissenschaftstheorie | 3 | 2126 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Natürlicher Verbund mit Umbenennung

Vorlesungen der C4-Professoren – genauer: Namen der C4-Professoren mit ihren Vorlesungstiteln:

$\Pi_{Name, Titel} (Professoren \triangleright \triangleleft \rho_{PersNr \leftarrow gelesenVon} (Vorlesungen))$

| Name | Titel |
|----------|----------------|
| Sokrates | Logik |
| Sokrates | Ethik |
| Sokrates | Mäeutik |
| Kant | Die 3 Kritiken |
| Kant | Grundzüge |
| ... | ... |

Theta-Join

Statt Gleichheit bei Attributen jetzt Prädikat θ :

$$R \triangleright \triangleleft_{A_1 < B_1 \wedge A_2 = B_2 \wedge A_3 < B_5} S$$

gleichwertig zu

$$R \triangleright \triangleleft_{\theta} S := \sigma_{\theta}(R \times S)$$

Erweitere Professoren und Assistenten um ein Attribut *Gehalt*.
Verbinde Professoren mit höherverdienenden Assistenten:

$$\textit{Professoren} \triangleright \triangleleft_{\textit{Professoren.Gehalt} < \textit{Assistenten.Gehalt} \wedge \textit{Boss} = \textit{Professoren.PersNr}} \textit{Assistenten}$$

Outer Join

Bisher:

Inner Join (Tupel ohne Partner gehen verloren)

Jetzt:

Outer Join (rette partnerlose Tupel):

- left outer join:
Tupel der linken Argumentrelation bleiben erhalten
- right outer join:
Tupel der rechten Argumentrelation bleiben erhalten
- full outer join:
Tupel beider Argumentrelationen bleiben erhalten

Outer Join – Beispiele

| | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| L | | R | | inner Join | |
| A | B | C | C | D | E |
| a ₁ | b ₁ | c ₁ | c ₁ | d ₁ | e ₁ |
| a ₂ | b ₂ | c ₂ | c ₃ | d ₂ | e ₂ |

left outer Join

| A | B | C | D | E |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| a ₁ | b ₁ | c ₁ | d ₁ | e ₁ |
| a ₂ | b ₂ | c ₂ | - | - |

right outer Join

| A | B | C | D | E |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| a ₁ | b ₁ | c ₁ | d ₁ | e ₁ |
| - | - | c ₃ | d ₂ | e ₂ |

outer Join

| A | B | C | D | E |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| a ₁ | b ₁ | c ₁ | d ₁ | e ₁ |
| a ₂ | b ₂ | c ₂ | - | - |
| - | - | c ₃ | d ₂ | e ₂ |

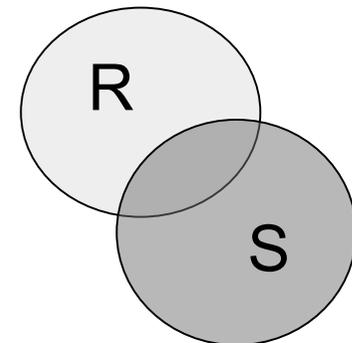
Mengendurchschnitt

Personalnummer der C4-Professoren, die mindestens eine Vorlesung halten:

$$\Pi_{PersNr} (\rho_{PersNr \leftarrow gelesenVon}(Vorlesungen)) \cap \Pi_{PersNr} (\sigma_{Rang=C4}(Professoren))$$

Äquivalenz:

$$R \cap S = R \setminus (R \setminus S)$$

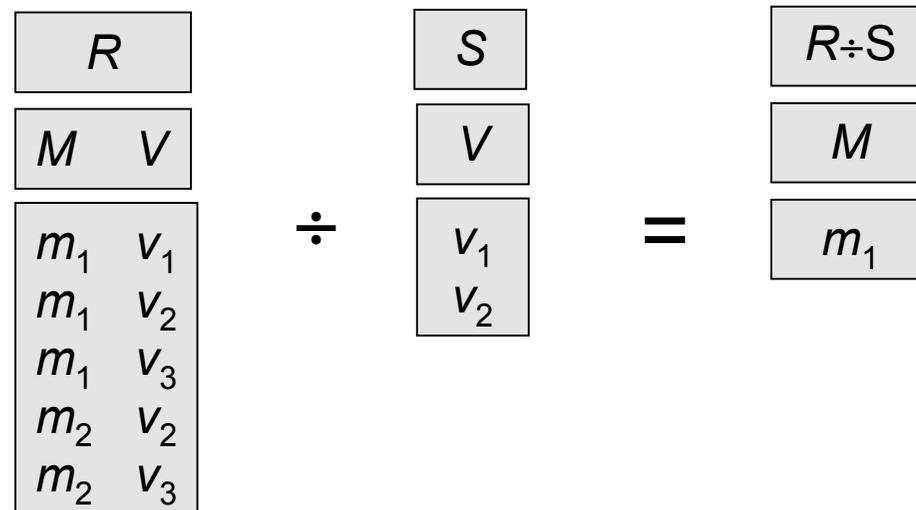


Division

R sei r -stellig, S sei s -stellig, $\mathbf{sch}(S) \subseteq \mathbf{sch}(R)$

$R \div S := \{ t = t_1, t_2, \dots, t_{r-s} \mid \forall u \in S : tu \in R \}$

d.h. Anfangsstücke von R , zu denen sämtliche Verlängerungen mit Tupeln aus S in R liegen



Namen der Studenten, die alle 4-stündigen Vorlesungen hören:

$\Pi_{Name}(\text{Studenten} \triangleright \triangleleft (\text{hören} \div \Pi_{VorlNr}(\sigma_{SWS=4}(\text{Vorlesungen}))))$

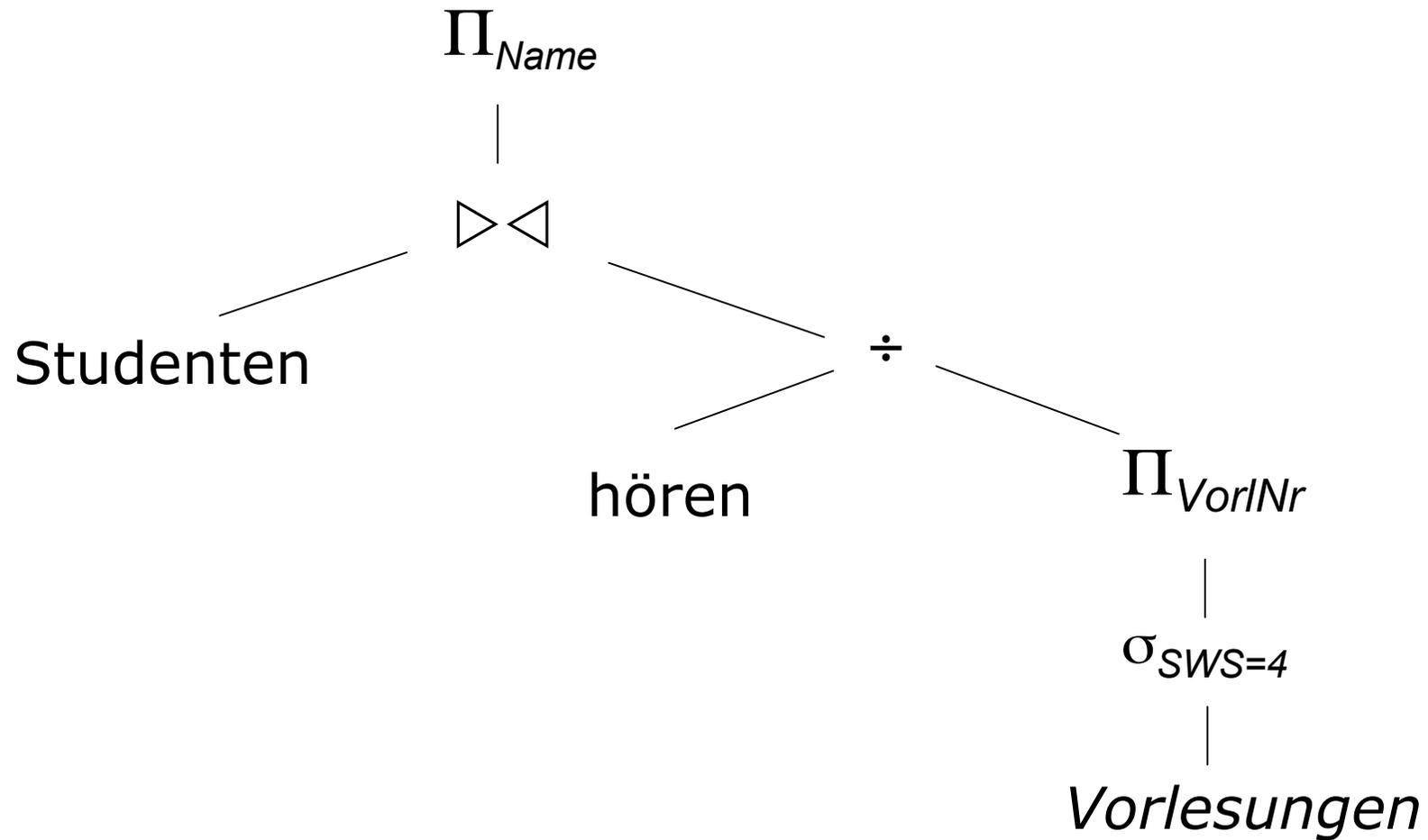
Ableitung der Division

(Projektion über Index statt Namen)

$T := \pi_{1, \dots, r-s}(R)$ alle Anfangsstücke
 $K := T \times S$ kombiniert mit allen Verlängerungen aus S
 $N := K \setminus R$ davon nur solche, die nicht in R sind
 $V := \pi_{1, \dots, r-s}(N)$ davon die Anfangsstücke
 $T \setminus V$ davon das Komplement

$$\pi_{1, \dots, r-s}(R) \setminus \pi_{1, \dots, r-s}((\pi_{1, \dots, r-s}(R) \times S) \setminus R)$$

Operatorbaum-Darstellung



Datenbanksysteme ss 2007

Ende von Kapitel 6a: Das relationale Modell