

Das Relationale Modell

Albert Weichselbraun <albert.weichselbraun@htwchur.ch>

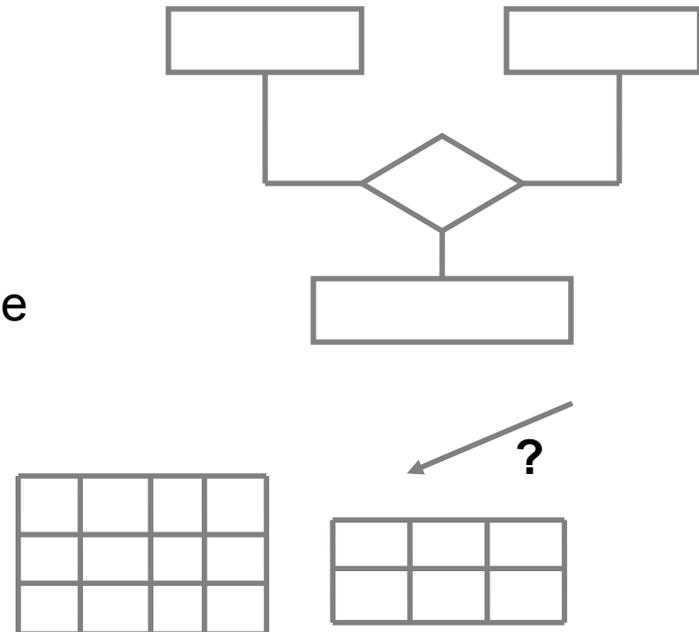
Agenda

1. Relationales Modell
2. Übertragung ER Modell → Relationale Modell
 - Entitäten
 - Beziehungen
 - Weak Entities
 - Generalisierung und Spezialisierung
3. Relationale Algebra

Motivation

- Relationale Datenbanken basieren auf Tabellen (= Mengen von Tupeln).
- Das ER-Modell ist datenmodellunabhängig und kennt mehrere verschiedene Elemente:
 - Entitäten
 - Beziehungen
 - Weak Entities
 - Generalisierung / Spezialisierung

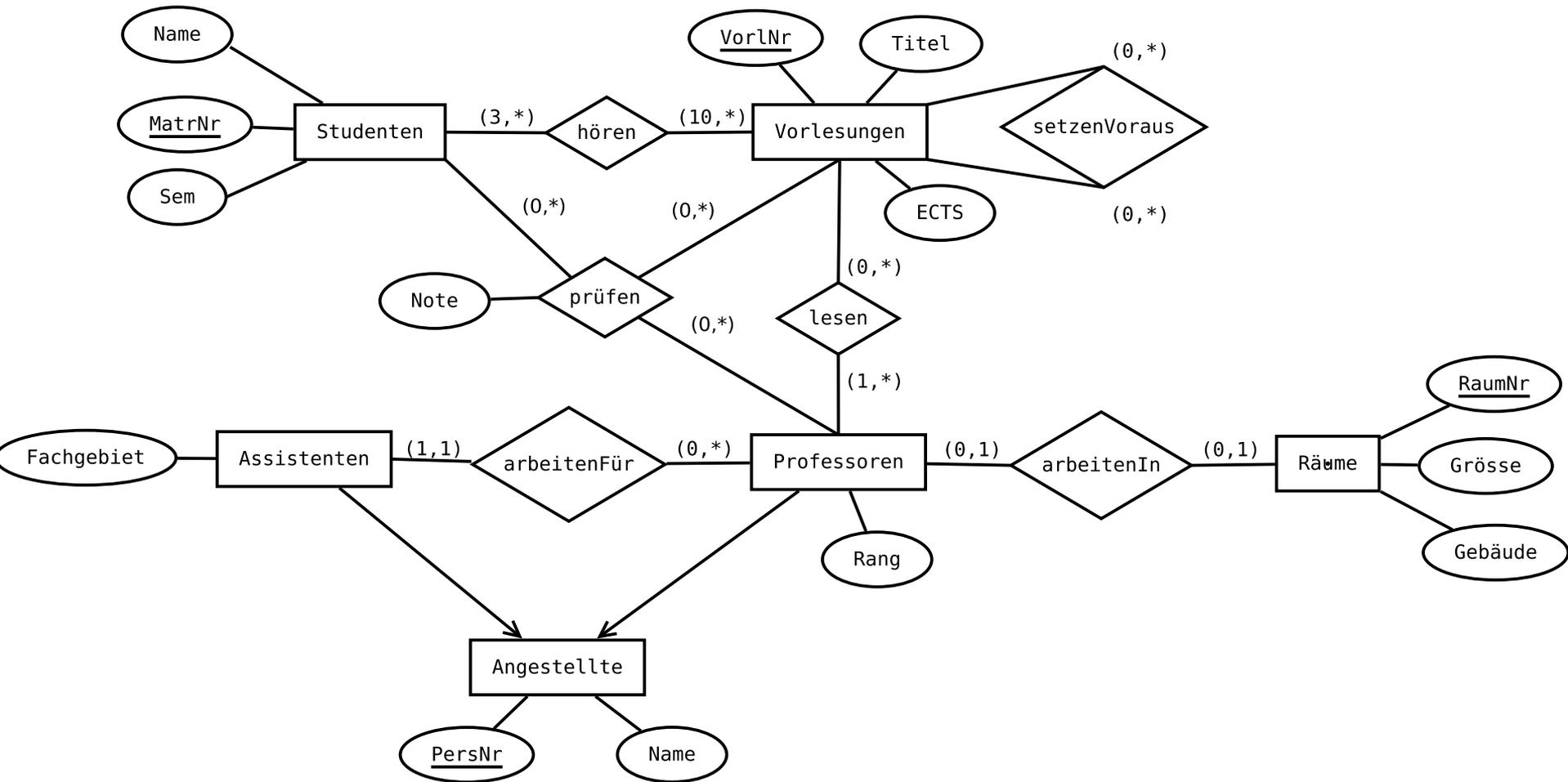
Im Folgenden geht es darum, wie man diese Elemente in Relationen überführt.



Definitionen

Relationales Modell	Alternative Bezeichnung	Beschreibung
Relation (relation)	Tabelle (table)	= Menge von Tupeln
Tupel (tuple)	Zeile (row)	
Attribut (attribute)	Spalte (column)	
Kardinalität (cardinality)		Anzahl an Tupeln
Grad (degree)		Anzahl an Attributen
Domäne (domain)	Wertebereich, Typ (type)	Werte, die ein Attribut annehmen kann.
Schlüssel (key)		Minimale Menge von Attributen, die jedes Tupel in der Tabelle eindeutig identifiziert
Primärschlüssel (primary key)		Gewählter Schlüssel

Das Relationale Modell



Das Relationale Modell

Relationstyp (R)

$R = (A \mid \Sigma)$ bzw. $R = (a_1, a_2, \dots, a_n \mid \Sigma)$

- R – **Name** des Relationstyps
- A – **Attribute** von R; $A = \{ a_1, a_2, \dots, a_n \}$
- Σ – Menge von (semantischen) **Integritätsbedingungen**

Beispiele

- Student (Matrikelnummer, Name, Semester | Matrikelnummer = PS)
- Vorlesung (VorlNr, SWS, Titel | VorlNr = PS)
- hören (Matrikelnummer, VorlNr | {Matrikelnummer, VorlNr} = PS,
hören.Matrikelnummer \subseteq Student.Matrikelnummer,
hören.VorlNr \subseteq Vorlesung.VorlNr)

Das Relationale Modell

Angestellte (Ang-Nr, Name, Wohnort, Gehalt | ANG-NR = PS)

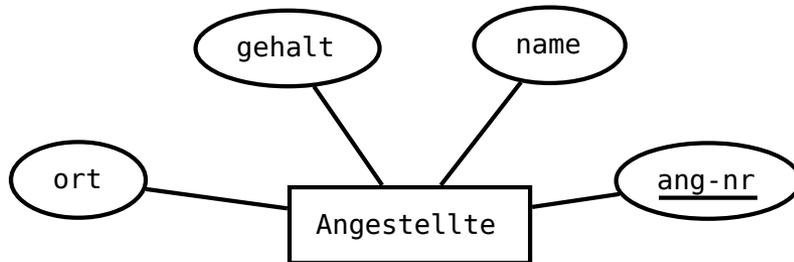
Angestellte			
Ang-Nr	Name	Wohnort	Gehalt
3115	Meyer	Karlsruhe	3500
3207	Müller	Mannheim	3000
2814	Klein	Mannheim	3200
3190	Maus	Karlsruhe	3000
2314	Groß	Karlsruhe	3500
1324	Schmitt	Heidelberg	3500
1435	Mann	Bruchsal	3200

Das Relationale Modell

Übertragung von einfachen Entitäten

$$E\langle A \rangle \rightarrow R_E = (A \mid \text{Primärschlüssel } P)$$

Beispiel:



Angestellte (ang-nr, name, gehalt, ort | ang-nr = PS)

Das Relationale Modell

Fremdschlüssel

- Referenzieren zwischen Tabellen (Tabellen werden durch ihre Primärschlüssel repräsentiert).
- Benötigt, um komplexere Konstrukte (Beziehungen, Weak Entities, etc.) zu übertragen.



Studenten	
<u>MatrNr</u>	...
160	...
...	...

hören	
<u>MatNr</u>	<u>VorlNr</u>
160	0421
...	...

Vorlesungen	
<u>VorlNr</u>	...
0421	...
...	...

Red arrows indicate foreign key relationships: from 'MatrNr' in 'Studenten' to 'MatNr' in 'hören', and from 'VorlNr' in 'Vorlesungen' to 'VorlNr' in 'hören'.

Das Relationale Modell

Angabe von Fremdschlüsseln

referenzierendeTabelle.Attribut \subseteq referenzierteTabelle.PS

Stellt sicher, dass nur Tupel referenziert werden, welche in der referenzierten Tabelle existieren.

Beispiel:

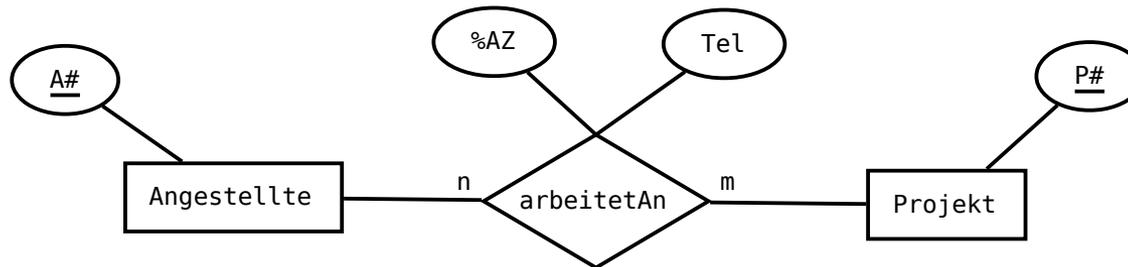
hören (Matrikelnummer, VorlNr | {Matrikelnummer, VorlNr} = PS,
hören.Matrikelnummer \subseteq Student.Matrikelnummer,
hören.VorlNr \subseteq Vorlesung.VorlNr)

Das Relationale Modell

Übertragung von n:m Beziehungen

- Aus n:m-Relationship-Typ wird eine zusätzliche Relation.
- Diese Relation enthält die Schlüssel der beteiligten Entity-Typen (P_i) als Attribute und zusätzlich die Attribute des Relationship-Typs (A_Z).

$$R_B = (P_1, P_2, A_Z \mid \{P_1, P_2\} = PS, R_B.P_1 \subseteq R_1.P, R_B.P_2 \subseteq R_2.P)$$



Beispiel

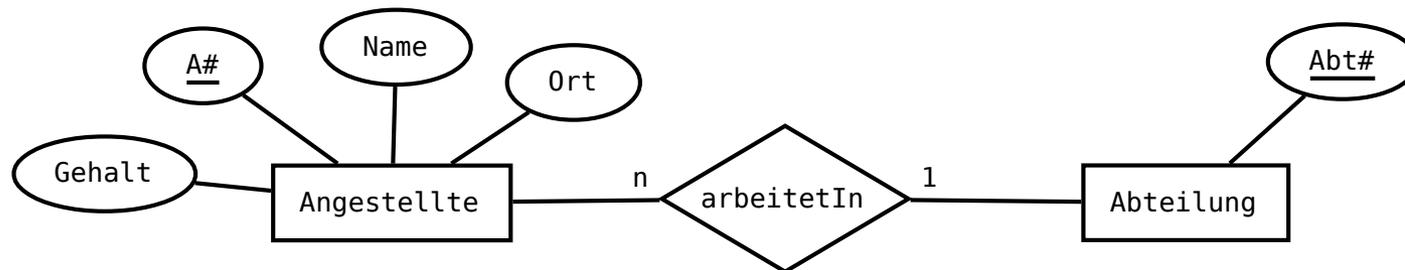
$\text{arbeitetAn}(A\#, P\#, \%AZ, \text{Tel} \mid \{A\#, P\#\} = PS, \text{arbeitetAn}.A\# \subseteq \text{Angestellte}.A\#,$
 $\text{arbeitetAn}.P\# \subseteq \text{Projekt}.P\#)$

Das Relationale Modell

Übertragung von 1:n Beziehungen

- Aus der 1:n Beziehung wird in der Regel keine eigene Relation.
- Der Fremdschlüssel und die Attribute der Beziehung (A_z) werden an die Relation "angehängt", die dem Entity-Typ an der mit n beschrifteten Kante entspricht.

$$R_1 = (A, P_2, A_z \mid \{P_1 \subseteq A\} = PS, R_1.P_2 \subseteq R_2.P_2)$$



Beispiel

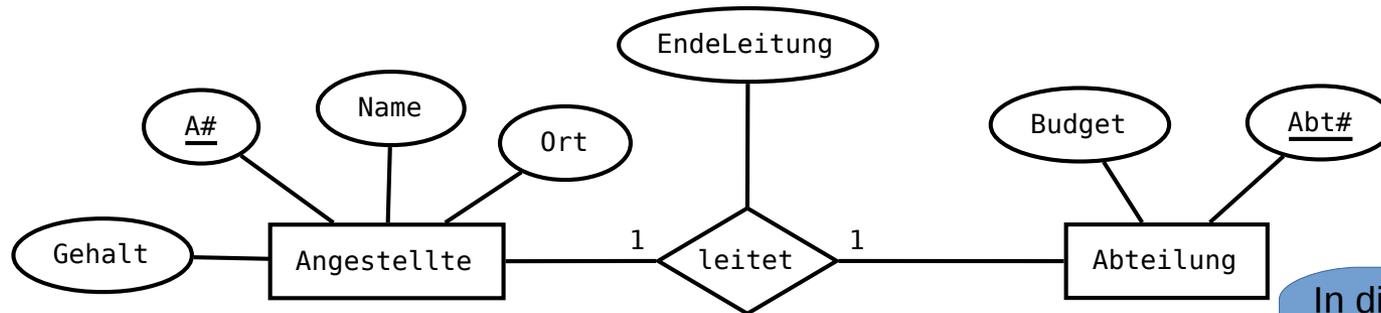
Angestellte(A#, Name, Ort, Gehalt, Abt# | A# = PS,
Angestellte.Abt# \subseteq Abteilung.Abt#)

Das Relationale Modell

Übertragung von 1:1 Beziehungen

- Aus der 1:1 Beziehung wird in der Regel keine eigene Relation.
- Der Fremdschlüssel und die Attribute der Beziehung (A_z) werden an eine der beiden Relationen "angehängt", so diese über eine (1,1) Kardinalität verfügt.

$$R_1 = (A, P_2, A_z \mid \{P_1 \subseteq A\}=PS, R_1.P_2 \subseteq R_2.P_2) \text{ oder}$$
$$R_2 = (A, P_1, A_z \mid \{P_2 \subseteq A\}=PS, R_2.P_1 \subseteq R_1.P_1)$$



Beispiel

Abteilung (Abt#, Budget, A#, EndeLeitung | Abt# = PS,
Abteilung.A# \subseteq Angestellte.A#)

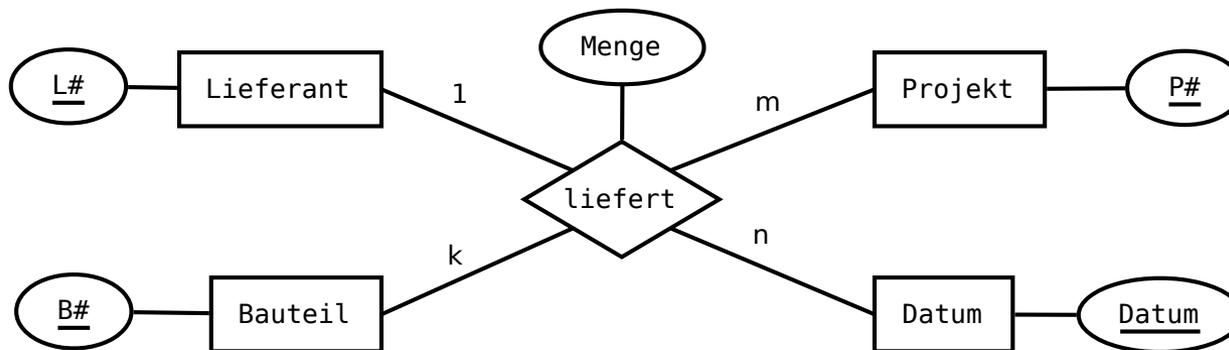
In diesem Beispiel **solte** die Beziehung an die Abteilung angehängt werden ((1,1) Kardinalität).

Das Relationale Modell

Übertragung von Beziehungen mit Grad > 2

- Aus der Beziehung wird eine eigene Relation
- Diese Relation enthält die Schlüssel (P_i) der beteiligten Entity-Typen als Attribute und zusätzlich die Attribute des Relationship-Typs (A_Z).

$$R_B = (P_1, \dots, P_n, A_Z \mid \{P_1, \dots, P_n\} = PS, R_B.P_1 \subseteq R_1.P, \dots, R_B.P_n \subseteq R_n.P)$$



Beispiel

$\text{liefert}(L\#, B\#, P\#, \text{Datum}, \text{Menge} \mid \{L\#, B\#, P\#, \text{Datum}\} = PS,$
 $\text{liefert}.L\# \subseteq \text{Lieferant}.L\#, \text{liefert}.B\# \subseteq \text{Bauteil}.B\#,$
 $\text{liefert}.P\# \subseteq \text{Projekt}.P\#, \text{liefert}.\text{Datum} \subseteq \text{Datum}.\text{Datum})$

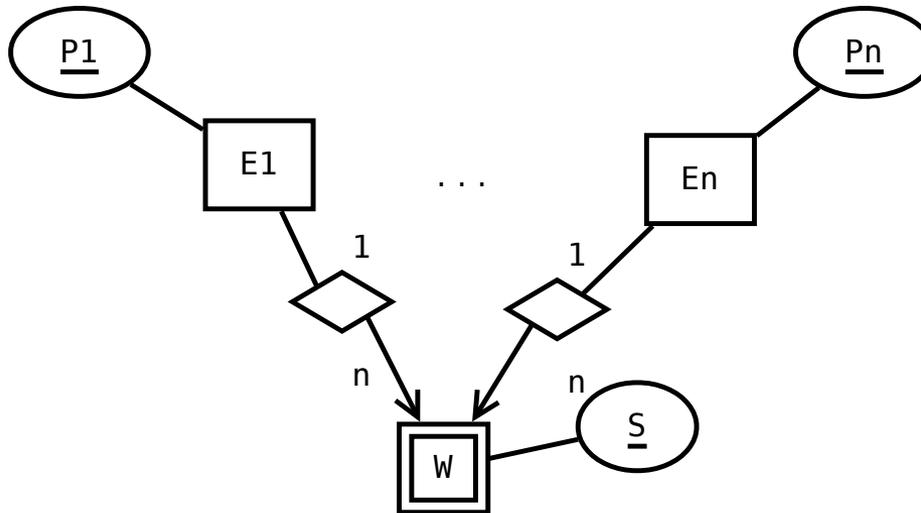
Das Relationale Modell

Übertragung von Weak Entities

$$R_W = (A \{P_1 \dots P_k\} \mid \Sigma_W),$$

$\Sigma_W = \{ S \{P_1 \dots P_k\} \text{ ist der Primärschlüssel mit } S \subseteq A$

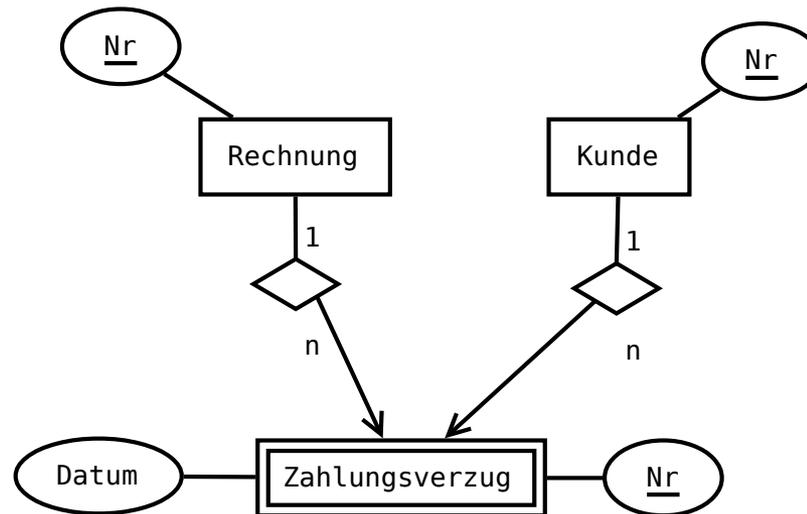
$$R_W.P_1 \subseteq R_1.P_1, \dots, R_W.P_n \subseteq R_n.P_n, \dots \}$$



Das Relationale Modell

Übertragung von Weak Entities

Beispiel

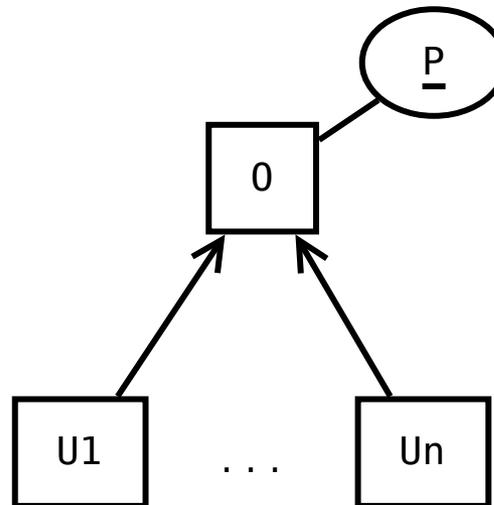


Zahlungsverzug (Nr, Datum, ReNr, KuNr | {Nr, ReNr, KuNr} = PS,
Zahlungsverzug.ReNr \subseteq Rechnung.Nr,
Zahlungsverzug.KuNr \subseteq Kunde.Nr)

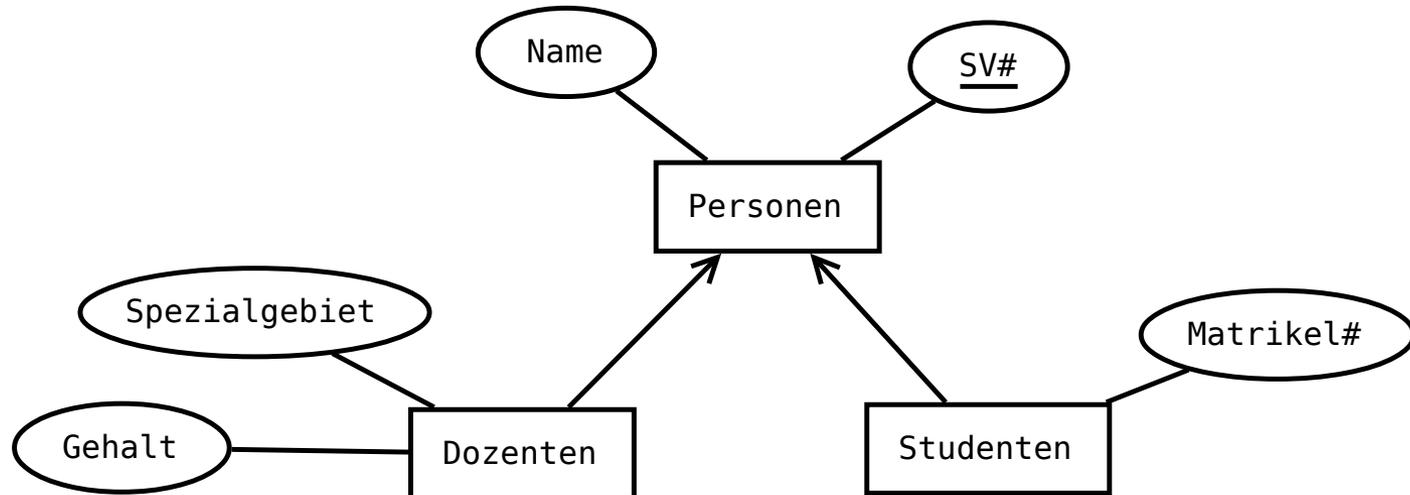
Das Relationale Modell

Übertragung von Generalisierung / Spezialisierung

1. Oberentitätstyp: $R_O = (A \mid \text{Primärschlüssel } P)$
2. Unterentitätstypen: $R_{U_i} = (A_{U_i} \mid \text{Primärschlüssel } P, R_{U_i}.P \subseteq R_O.P)$



Das Relationale Modell



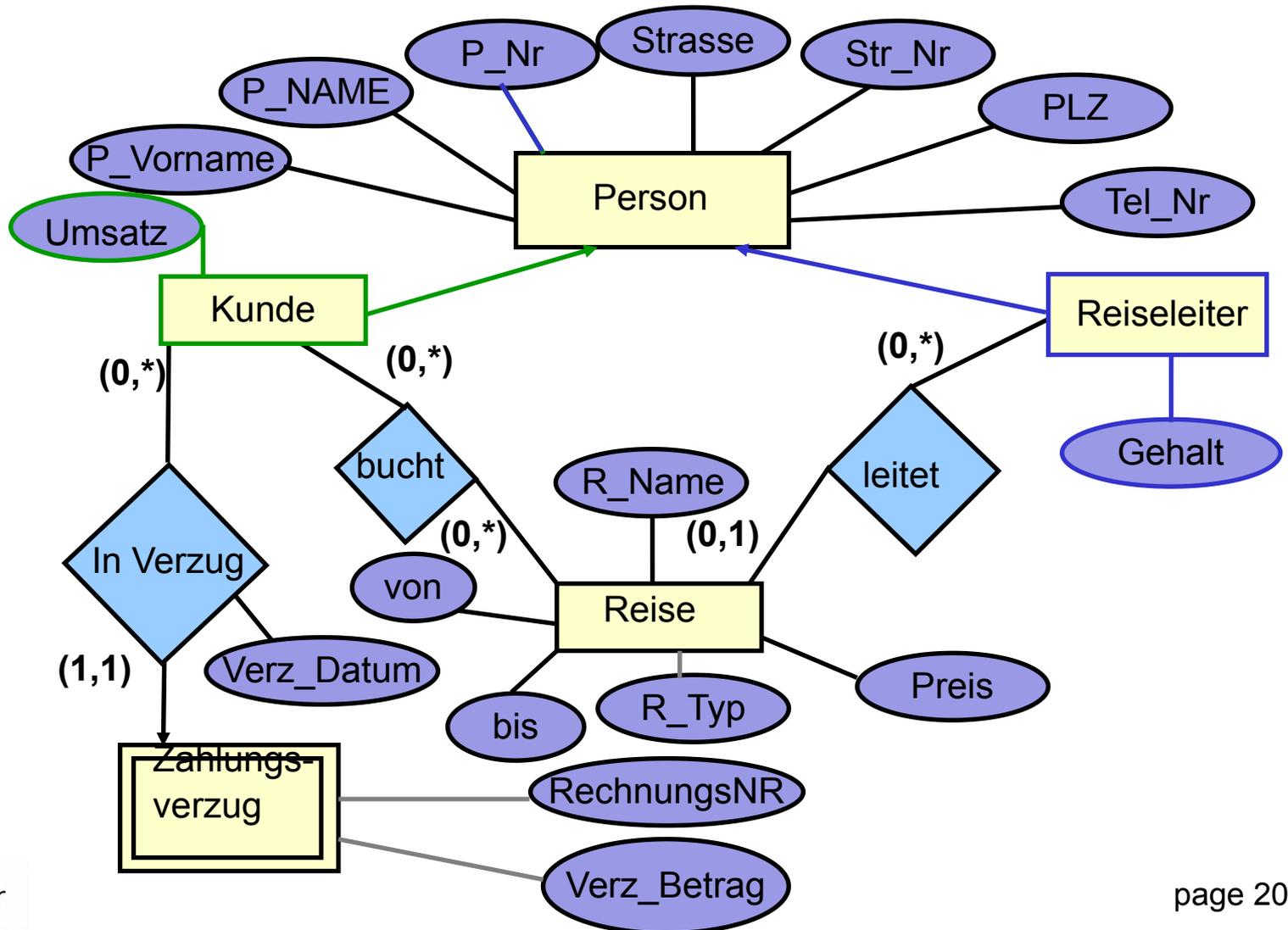
Personen (SV#, Name | SV# = PS)

Dozenten (Spezialgebiet, Gehalt, SV# | SV# = PS,
Dozenten.SV# \subseteq Personen.SV#)

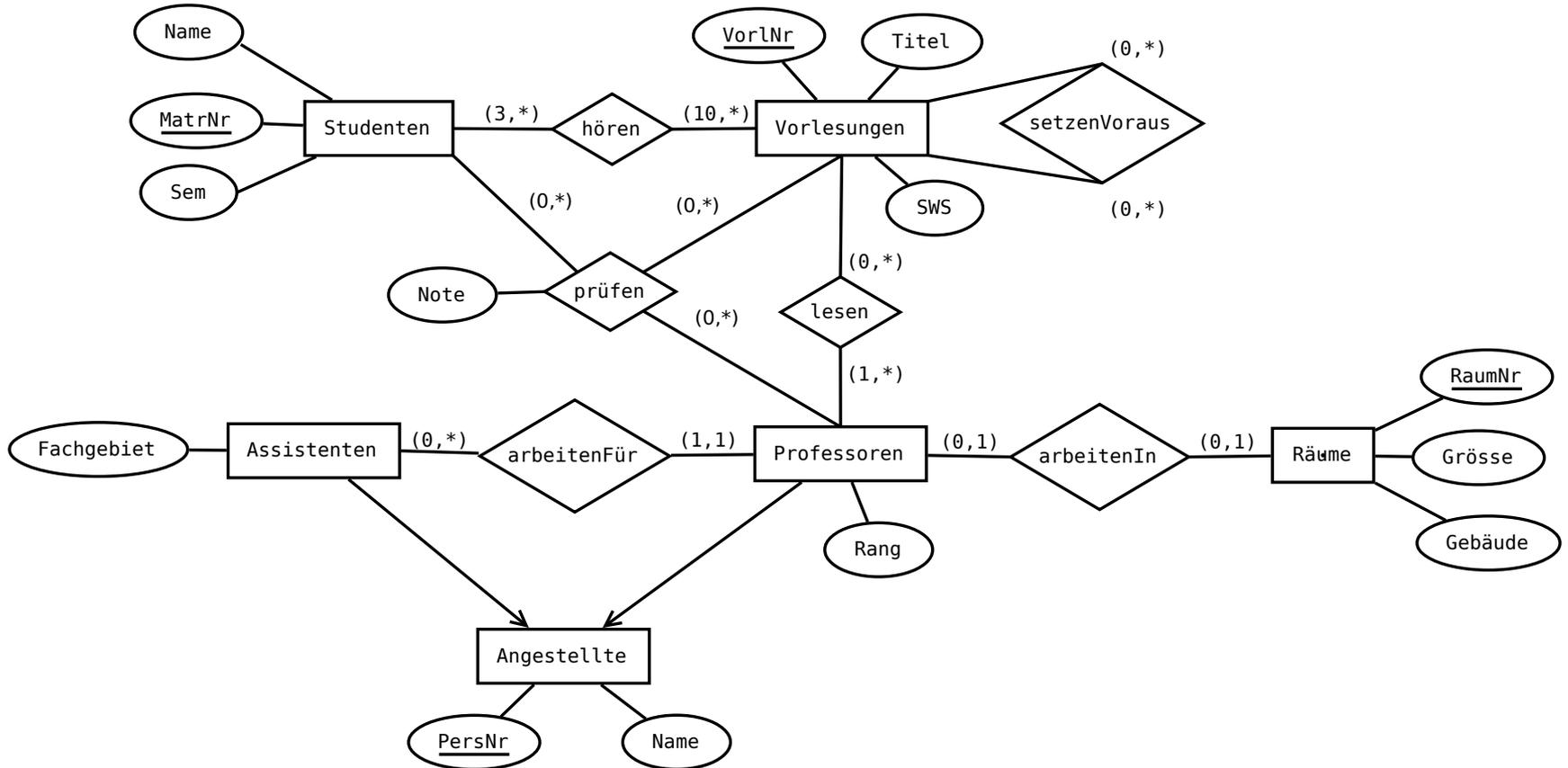
Studenten (Matrikel#, SV# | SV# = PS,
Studenten.SV# \subseteq Personen.SV#)

Übungsbeispiele

Übungsbeispiel - Reisebüro



Übungsbeispiel - Universität



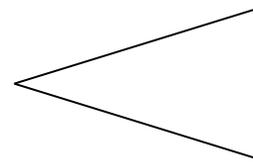
Die Relationale Algebra

Relationenalgebra

„**Algebra**“: nichtleere Menge, evtl. mit bestimmten Strukturen und Operationen auf dieser Menge

Relationenalgebra

- Relationen
- Operationen auf diese Relationen



Mengenoperationen

**relationenspezifische
Operationen**

Relationale Algebra – Operationen

Mengenorientiert

- \cup Vereinigung (union)
- \cap Durchschnitt (Schnittmenge, intersect)
- \times Kartesisches Produkt
- \setminus Differenz (Subtraktion, except)

Relationenorientiert

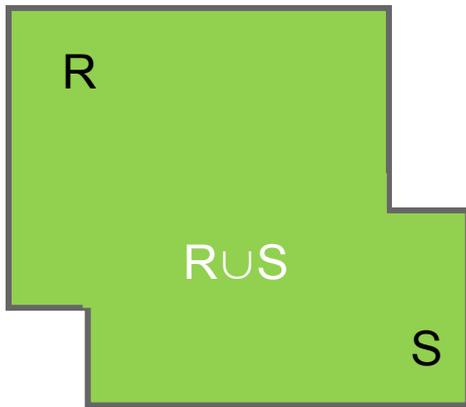
- π Pi Projektion (projection)
- σ Sigma Selektion (selection)
- $*, \bowtie$ Verbund (natural join) und Varianten



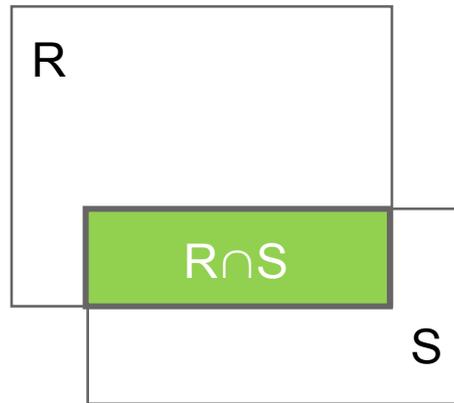
spezifisch für Tabellen

Relationale Algebra

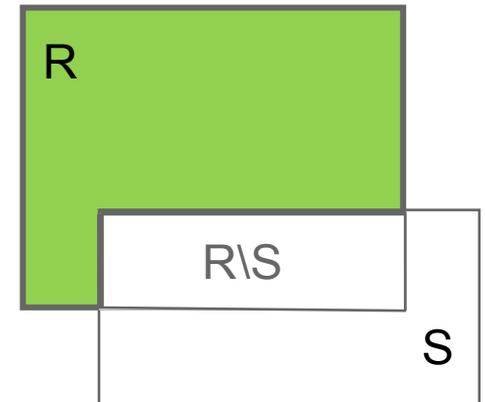
Vereinigung



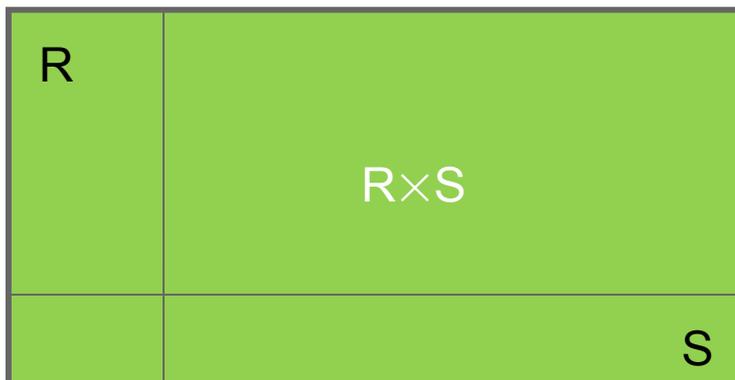
Durchschnitt



Differenz



Kartesisches Produkt



Voraussetzung für Vereinigung, Durchschnitt und Differenz:
kompatible Tabellen (gleiche Attribute)

Relationale Algebra

SPORTCLUB

M#	Name	Strasse	Wohnort
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal
M7	Huber	Mattenweg	Basel
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern

FOTOCLUB

M#	Name	Strasse	Wohnort
M4	Becker	Wasserweg	Liestal
M7	Huber	Mattenweg	Basel

CLUBMITGLIEDER = SPORTCLUB \cup FOTOCLUB

M#	Name	Strasse	Wohnort
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal
M7	Huber	Mattenweg	Basel
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern
M4	Becker	Wasserweg	Liestal

Relationale Algebra

SPORTCLUB

M#	Name	Strasse	Wohnort
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal
M7	Huber	Mattenweg	Basel
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzer

FOTOCLUB

M#	Name	Strasse	Wohnort
M4	Becker	Wasserweg	Liestal
M7	Huber	Mattenweg	Basel

CLUBMITGLIEDER = SPORTCLUB \cap FOTOCLUB

M#	Name	Strasse	Wohnort
M7	Huber	Mattenweg	Basel

Relationale Algebra

SPORTCLUB

M#	Name	Strasse	Wohnort
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal
M7	Huber	Mattenweg	Basel
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern

FOTOCLUB

M#	Name	Strasse	Wohnort
M4	Becker	Wasserweg	Liestal
M7	Huber	Mattenweg	Basel

CLUBMITGLIEDER = SPORTCLUB \ FOTOCLUB

M#	Name	Strasse	Wohnort
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern

Relationale Algebra

CLUBMITGLIEDER = (SPORTCLUB \ FOTOCLUB)

M#	Name	Strasse	Wohnort
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern

FOTOCLUB

M#	Name	Strasse	Wohnort
M4	Becker	Wasserweg	Liestal
M7	Huber	Mattenweg	Basel

WETTKAMPF = (SPORTCLUB \ FOTOCLUB) × FOTOCLUB

M#	Name	Strasse	Wohnort	M#	Name	Strasse	Wohnort
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal	M4	Becker	Wasserweg	Liestal
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal	M7	Huber	Mattenweg	Basel
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern	M4	Becker	Wasserweg	Liestal
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern	M7	Huber	Mattenweg	Basel

Relationale Algebra

Projektion – $\pi_{[M]}(R)$

MITARBEITER

M#	Name	Strasse	Ort	Unt
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern	A6
M1	Meier	Luzern	Liestal	A3
M7	Huber	Mattenweg	Basel	A5
M4	Becker	Wasserweg	Liestal	A6

$\pi_{[Ort]}(\text{Mitarbeiter})$

Ort
Luzern
Liestal
Basel

$\pi_{[Unt,Name]}(\text{Mitarbeiter})$

Unt	Name
A6	Schweizer
A3	Meier
A5	Huber
A6	Becker

Relationale Algebra

Selektion $\sigma_{[b]}(R)$

MITARBEITER

M#	Name	Strasse	Ort	Unt
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern	A6
M1	Meier	Luzern	Liestal	A3
M7	Huber	Mattenweg	Basel	A5
M4	Becker	Wasserweg	Liestal	A6

$\sigma_{[\text{Ort} = \text{'Liestal'}]}(\text{Mitarbeiter})$

M#	Name	Strasse	Ort	Unt
M1	Meier	Luzern	Liestal	A3
M4	Becker	Wasserweg	Liestal	A6

$\sigma_{[\text{Ort} = \text{'Liestal'} \wedge \text{Unt} = \text{'A6'}]}(\text{Mitarbeiter})$

M#	Name	Strasse	Ort	Unt
M4	Becker	Wasserweg	Liestal	A6

Relationale Algebra

Selektionsbedingungen (b)

- \wedge (AND) ... beide Bedingungen müssen erfüllt sein
- \vee (ODER) ... eine der beiden Bedingungen muss erfüllt sein
- \neg (NOT) ... Negation

Beispiel:

- $\sigma_{[\text{WOHNORT} \neq \text{'Heidelberg'} \wedge \text{NAME} = \text{'Müller'}]}$ **Angestellte**
- $\sigma_{[\text{Gehalt} > 3500 \vee \text{NAME} = \text{'Müller'}]}$ **Angestellte**
- $\sigma_{[\neg (\text{NAME} = \text{'Müller'} \vee \text{NAME} = \text{'Hofer'})]}$ **Angestellte**

Relationale Algebra

Natural Join – Kombination anhand der gemeinsamen Spalten

ANSCHRIFT		
StOrt	PLZ	Strasse
Karben	61184	Nusshof 17
Jockgrim	76751	Delobel-str 9
München	81523	Maierring 109
Aholming	94527	Bäringasse 22

⋈ (=Join)



LEITUNG		
StOrt	Leiter	PersBudget
Aholming	Beutel	560.000
München	Schmitz	900.000
Karben	Dieler	120.000
Fürth	Gabler	389.200

Ergebnistabelle von ANSCHRIFT ⋈ LEITUNG				
StOrt	PLZ	Straße	Leiter	PersBudget
Aholming	94527	Bäringasse 22	Beutel	560.000
München	81523	Maierring 109	Schmitz	900.000
Karben	61184	Nusshof 17	Dieler	120.000

Relationale Algebra

Join mit Joinbedingung $*_{[b]}$ / $\bowtie_{[b]}$

Mit Bedingung [b] (analog zur Selektionsbedingung $[\sigma]$)

Wird berechnet durch

- Bilden des Kreuzproduktes (\times) und
- anschließende Selektion ($\sigma_{[\theta]}$)

$$r_1 *_{[b]} r_2 = r_1 \bowtie_{[b]} r_2 = \sigma_{[b]}(r_1 \times r_2)$$

Relationale Algebra

Gesucht: Mitarbeiter *_[Unt=A#] Abteilung

MITARBEITER

M#	Name	Strasse	Ort	Unt
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern	A6
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal	A3
M7	Huber	Mattenweg	Basel	A5

ABTEILUNG

A#	Bezeichnung
A3	Informatik
A5	Personal
A6	Finanz

MITARBEITER × ABTEILUNG

M#	Name	Strasse	Ort	Unt	A#	Bezeichnung
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern	A6	A3	Informatik
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern	A6	A5	Personal
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern	A6	A6	Finanz
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal	A3	A3	Informatik
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal	A3	A5	Personal
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal	A3	A6	Finanz
M7	Huber	Mattenweg	Basel	A5	A3	Informatik
M7	Huber	Mattenweg	Basel	A5	A5	Personal
M7	Huber	Mattenweg	Basel	A5	A6	Finanz

Relationale Algebra

Mitarbeiter *_[Unt=A#] Abteilung

M#	Name	Strasse	Ort	Unt	A#	Bezeichnung
M19	Schweizer	Hauptstrasse	Luzern	A6	A6	Finanz
M1	Meier	Lindenstrasse	Liestal	A3	A3	Informatik
M7	Huber	Mattenweg	Basel	A5	A5	Personal

Relationale Algebra

Weitere Join Varianten

- Semi-Join
 - left (\bowtie)
 - right (\bowtie)
- Outer-Join or Full-Outer-Join (\bowtie)
- Left-Outer-Join (\bowtie)
- Right-Outer-Join (\bowtie)
- Union-Join

Relationale Algebra

Gegeben ist folgendes relationale Schema:

- angestellte (ANG-NR, NAME, WOHNORT, ABT | ANG-NR = PS)
- projekt (P-NR, PNAME, PLEITER | P-NR = PS,
projekt1.PLEITER \subseteq angestellte1.ANG-NR)
- ang-pro (ANG-NR, P-NR, PROZARBEIT | {ANG-NR, P-NR} = PS,
ang-pro1.ANG-NR \subseteq angestellte1.ANG-NR,
ang-pro1.P-NR \subseteq projekt1.P-NR)

Relationale Algebra

<i>angestellte</i>			
ANG-NR	NAME	WOHNORT	ABT-NR
3115	Meyer	Karlsruhe	35
3207	Müller	Mannheim	30
2814	Klein	Mannheim	32
3190	Maus	Karlsruhe	30
2314	Groß	Karlsruhe	35
1324	Schmitt	Heidelberg	35
1435	Mann	Bruchsal	32
2412	Müller	Karlsruhe	32
2454	Schuster	Worms	31

Relationale Algebra

projekt:

P-NAME	P-NR	P-FILIALE	P-LEITER
P-1	770008	Karlsruhe	3115
P-2	770114	Heidelberg	1324
P-3	770231	Mannheim	2814

Relationale Algebra

<i>ang-pro</i>		
P-NR	ANG-NR	PROZ-ARBEIT
770008	2814	70
770008	2454	40
770114	2814	30
770114	1435	60
770114	2454	60
770114	2412	100
770231	3190	50
770231	2314	100
770231	3115	50
770231	1324	100

Relationale Algebra

Gesucht: Name und proz. Arbeitszeit aller Angestellten, die an Projekt 770231 mitarbeiten.

Empfohlene Vorgangsweise:

1. benötigte Attribute ermitteln
2. benötigte Tabellen ermitteln und gegebenenfalls joinen
3. Selektion
4. Projektion

Relationale Algebra

angestellte * ang-pro

ANG-NR	NAME	WOHNORT	ABT-NR	P-NR	PROZARB
3115	Meyer	Karlsruhe	35	761235	50
3115	Meyer	Karlsruhe	35	770231	50
3207	Müller	Mannheim	30	761235	100
2814	Klein	Mannheim	32	770008	70
2814	Klein	Mannheim	32	770114	30
3190	Maus	Karlsruhe	30	761235	50
3190	Maus	Karlsruhe	30	770231	50
2314	Groß	Karlsruhe	35	770231	100
1324	Schmitt	Heidelberg	35	770231	100
1435	Mann	Bruchsal	32	761235	40
1435	Mann	Bruchsal	32	770114	60
2412	Müller	Karlsruhe	32	770114	100
2454	Schuster	Worms	31	770114	60
2454	Schuster	Worms	31	770008	40

Relationale Algebra

$\sigma_{[P_NR = 770231]}$ angestellte * ang-pro

ANG-NR	NAME	WONOHRT	ABT_NR	P_NR	PROZARBEIT
3115	Meyer	Karlsruhe	35	770231	50
3190	Maus	Karlsruhe	30	770231	50
2314	Groß	Karlsruhe	35	770231	100
1324	Schmitt	Heidelberg	31	770231	100

$\pi_{[NAME, PROZ-ARBZEIT]} (\sigma_{[P_NR = 770231]} \text{angestellte} * \text{ang-pro})$

NAME	PROZARBEIT
Meyer	50
Maus	50
Groß	100
Schmitt	100

Quellenangabe

- Foliensatz Prof Stucky (Karlsruhe Institute of Technology – Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren)
- Foliensatz Prof Panny & Prof Weichselbraun (Wirtschaftsuniversität Wien - Institut für Informationswirtschaft)
- Foliensatz Prof Bischof & Prof Studer (HTW Chur)
- Meier, Andreas (2010): *Relationale und postrelationale Datenbanken*. Berlin / Heidelberg / New York: Springer