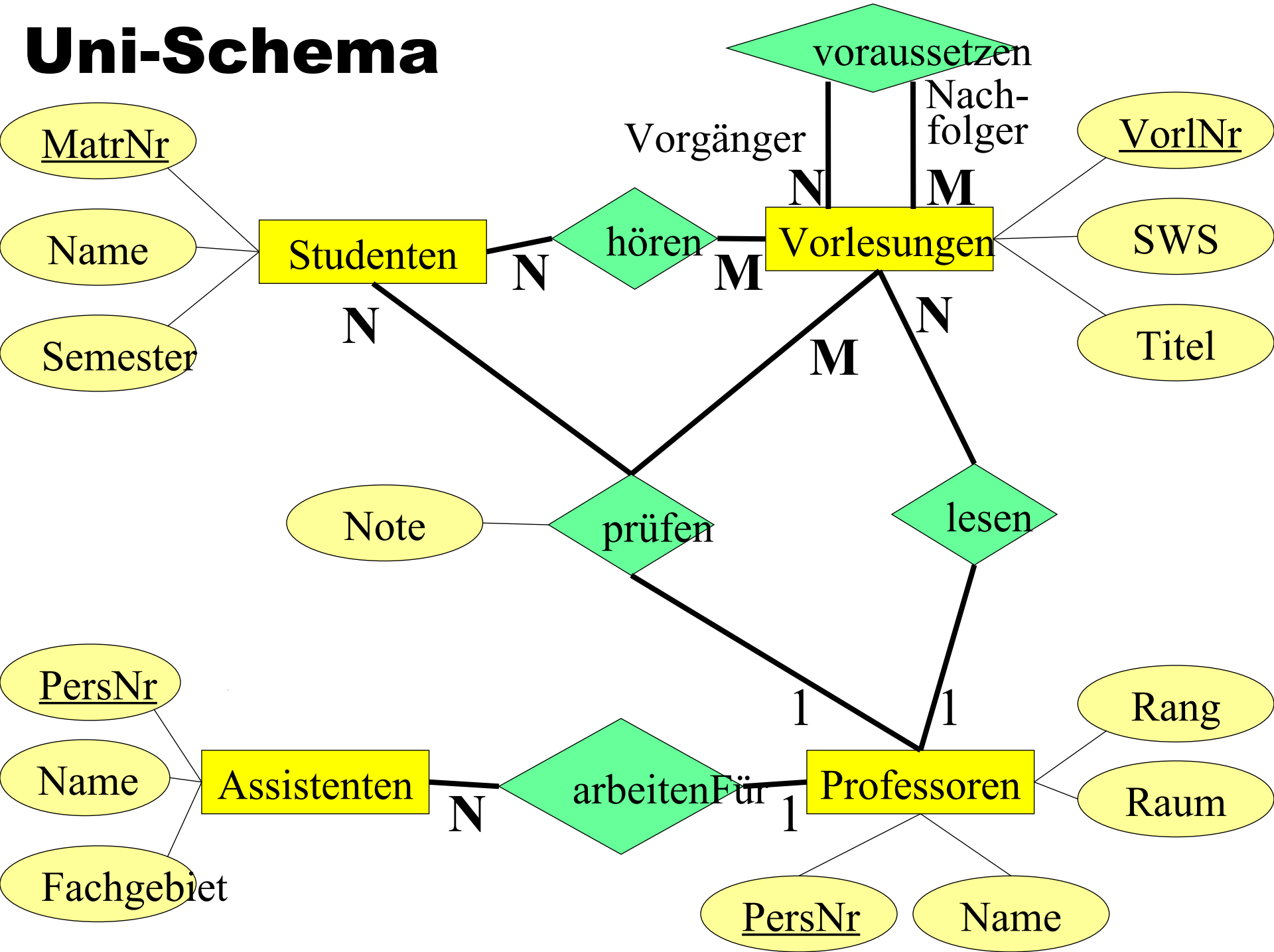
SQL

- standardisierte
  - Datendefinitions (DDL)-
  - Datenmanipulations (DML)-
  - Anfrage (Query)-Sprache
- derzeit aktueller Standard ist SQL 2011

Für praktische Übungen steht eine Web-Seite zur Verfügung: **www-db.in.tum.de/db2face/index.shtml**

- Man kann eigene Relationen anlegen und/oder die Uni-DB verwenden
- DB2 von IBM

Uni-Schema


voraussetzen
Vorgänger
Nach-
folger
N
M
MatrNr
Name
Semester
Studenten
hören
Vorlesungen
VorlNr
SWS
Titel
N
M
M
N
N
M
Note
prüfen
lesen
1
1
PersNr
Name
Fachgebiet
Assistenten
N
arbeitenFür
1
Professoren
Rang
Raum
PersNr
Name

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

prüfen

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

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	2126

Kurzeinführung

- Datendefinition
- Veränderungen am Datenbestand
- Einfache Anfragen

(Einfache) Datendefinition in SQL

Datentypen

- **character** *(n)*, ***char*** *(n)*
- **character varying** *(n)*, **varchar** *(n)*
- **numeric** *(p,s)*, **integer**
- **blob** oder **raw** für sehr große binäre Daten
- **clob** für sehr große String-Attribute
- **date** für Datumsangaben

Anlegen von Tabelle

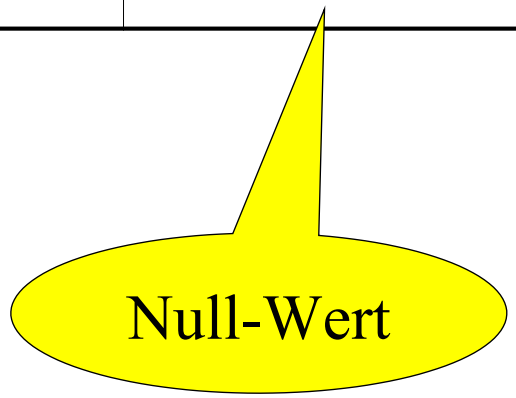
- **create table** Professoren
  (PersNr **integer not null,**
  Name **varchar** (30) **not null**
  Rang **character** (2));

Veränderung am Datenbestand

Einfügen von Tupeln

```
insert into hören
    select MatrNr, VorlNr
    from Studenten, Vorlesungen
    where Titel= `Logik‘ ;

insert into Studenten (MatrNr, Name)
    values (28121,  `Archimedes‘);
```

Studenten		
MatrNr	Name	Semester
⋮	⋮	⋮
29120	Theophrastos	2
29555	Feuerbach	2
28121	Archimedes	-



Veränderungen am Datenbestand

Löschen von Tupeln

delete Studenten

where Semester > 13;

Verändern von Tupeln

update Studenten

    set Semester= Semester + 1;

Einfache SQL-Anfrage

select PersNr, Name

from Professoren

where Rang= ´C4´;

PersNr	Name
2125	Sokrates
2126	Russel
2136	Curie
2137	Kant

SQL-Anfragen

- Sortierung
- Duplikateliminierung
- SQL vs. Relationenalgebra / Tupelkalkül
- Anfragen über mehrere Relationen
- Kanonische Übersetzung in relationale Algebra
- Tupelvariablen
- Mengenoperationen

Sortierung

```
select   PersNr, Name, Rang
from Professoren
order by Rang desc, Name asc;
```

PersNr	Name	Rang
2136	Curie	C4
2137	Kant	C4
2126	Russel	C4
2125	Sokrates	C4
2134	Augustinus	C3
2127	Kopernikus	C3
2133	Popper	C3

Duplikateliminierung

select distinct Rang

from Professoren

Rang
C3
C4

SQL vs. Relationenalgebra/Tupelkalkül

- SQL basiert zwar auf dem Tupelkalkül
- SQL verwendet auch Operatoren der Relationenalgebra (s.u.)

aber:

- SQL arbeitet faktisch mit Listen von Tupeln
- → die Reihenfolge kann beeinflusst werden (**ORDER BY**)
- → Duplikate werden nicht automatisch eliminiert (**DISTINCT)**

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

prüfen

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

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	2126

Anfragen über mehrere Relationen

Welcher Professor liest "Mäeutik"?

select Name, Titel
from Professoren, Vorlesungen
where PersNr = gelesenVon **and** Titel = `Mäeutik‘ ;

$$\prod_{\text{Name,Titel}} \left(\sigma_{\text{PersNr}=\text{gelesenVon} \wedge \text{Titel}='\text{Mäeutik}'} \left(\text{Professoren} \times \text{Vorlesungen} \right) \right)$$

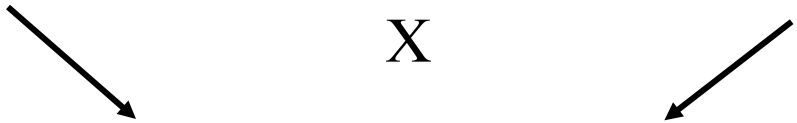
Anfragen über mehrere Relationen

Professoren			
PersNr	Name	Rang	Raum
2125	Sokrates	C4	226
2126	Russel	C4	232
⋮	⋮	⋮	⋮
2137	Kant	C4	7

Vorlesungen			
VorlNr	Titel	SWS	gelesen Von
5001	Grundzüge	4	2137
5041	Ethik	4	2125
⋮	⋮	⋮	⋮
5049	Mäeutik	2	2125
⋮	⋮	⋮	⋮
4630	Die 3 Kritiken	4	2137

Verknüpfung

X



PersNr	Name	Rang	Raum	VorlNr	Titel	SWS	gelesen Von
2125	Sokrates	C4	226	5001	Grundzüge	4	2137
1225	Sokrates	C4	226	5041	Ethik	4	2125
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2125	Sokrates	C4	226	5049	Mäeutik	2	2125
⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2126	Russel	C4	232	5001	Grundzüge	4	2137
2126	Russel	C4	232	5041	Ethik	4	2125
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2137	Kant	C4	7	4630	Die 3 Kritiken	4	2137

↓Auswahl

PersNr	Name	Rang	Raum	VorlNr	Titel	SWS	gelesen Von
2125	Sokrates	C4	226	5049	Mäeutik	2	2125

↓Projektion

Name	Titel
Sokrates	Mäeutik

Kanonische Übersetzung in die relationale Algebra

Allgemein hat eine (ungeschachtelte) SQL-Anfrage die Form:

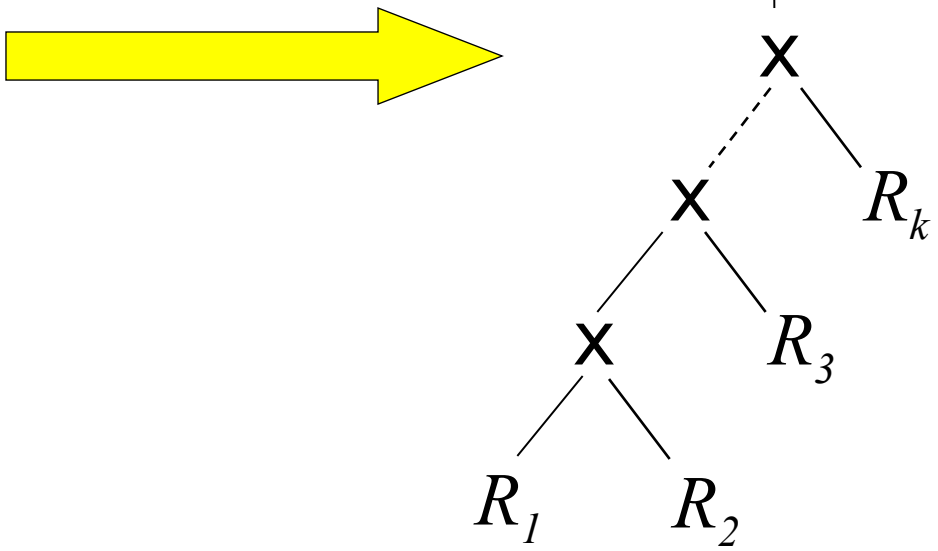
select $A_1, \ldots, A_n$

from $R_1, \ldots, R_k$

where P;

Übersetzung in die relationale Algebra:

$$\Pi_{A1, \ldots, An}(\sigma_P (R_1 \times \ldots \times R_k))$$



Anfragen über mehrere Relationen / Tupelvariablen

Welche Studenten hören welche Vorlesungen?

```
select Name, Titel
from Studenten, hören, Vorlesungen
where Studenten.MatrNr = hören.MatrNr and
      hören.VorlNr = Vorlesungen.VorlNr;
```

- Bei mehreren Relationen (auch mehrfachem Bezug auf dieselbe Relation) müssen in der Regel *Tupelvariablen* verwendet werden
- Als *implizite Tupelvariablen* können die Namen der Relationen verwendet werden
- Das geht aber nur, wenn für jede Relation nur eine Tupelvariable benötigt wird

Explizite Tupelvariabln

werden im **from**-Teil deklariert:

select s.Name, v.Titel
from Studenten s, hören h, Vorlesungen v
where s. MatrNr = h. MatrNr **and**
    h.VorlNr = v.VorlNr

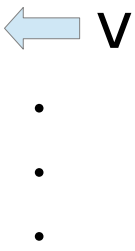
Beachte: die Tupelvariablen müssen in *allen* Teilen der Anfrage verwendet werden, nicht nur im **where**-Teil

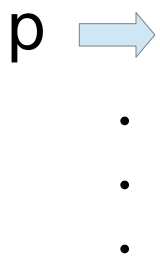
Tupelvariablen: Veranschaulichung

Welcher Professor liest "Mäeutik"?

```
select p.Name, v.Titel
from Professoren p, Vorlesungen v
where p.PersNr = v.gelesenVon and v.Titel = `Mäeutik‘ ;
```

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





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

Tupelvariablen – Merke:

- Zur Sicherheit immer Tupelvariablen verwenden
- Manchmal braucht man sie zwar nicht, aber
  - der zusätzliche Schreibaufwand ist gering
  - die Anfragelogik wird deutlicher
  - wer selten Tupelvariablen verwendet, merkt oft nicht, wenn es ohne sie nicht geht

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

prüfen

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

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	2126

Mengenoperationen

Mengenoperationen **union, intersect, minus**
(Anleihen an der Relationenalgebra)

```
( select a.Name
  from Assistenten a)
union
( select p.Name
  from Professoren p);
```

Aggregatfunktionen

- Aggregatfunktionen und Gruppierung
- Ausführung von Anfragen mit **group by**

Aggregatfunktion und Gruppierung

Aggregatfunktionen **avg, max, min, count, sum**

```
select avg (s.Semester)
   from Studenten s;

   select v.gelesenVon, sum (v.SWS)
   from Vorlesungen v
   group by v.gelesenVon;

   select v.gelesenVon, p.Name, sum (v.SWS)
   from Vorlesungen v, Professoren p
   where v.gelesenVon = p.PersNr and p.Rang = ´C4´
   group by v.gelesenVon, p.Name
        having avg (v.SWS) >= 3;
```

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

prüfen

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

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	2126

Besonderheiten bei Aggregatoperationen

- SQL erzeugt pro Gruppe ein Ergebnistupel
- Deshalb müssen alle in der **select**-Klausel aufgeführten Attribute - außer den aggregierten – auch in der **group by**-Klausel aufgeführt werden
- Nur so kann SQL sicherstellen, dass sich das Attribut nicht innerhalb der Gruppe ändert

Ausführen einer Anfrage mit group by

Vorlesung x Professoren							
Vorl Nr	Titel	SWS	gelesen Von	PersNr	Name	Rang	Raum
5001	Grundzüge	4	2137	2125	Sokrates	C4	226
5041	Ethik	4	2125	2125	Sokrates	C4	226
...	...	...	...	...	...	...	...
4630	Die 3 Kritiken	4	2137	2137	Kant	C4	7

↓ **where**-Bedingung

VorlNr	Titel	SWS	gelesen Von	Pers Nr	Name	Rang	Raum
5001	Grundzüge	4	2137	2137	Kant	C4	7
5041	Ethik	4	2125	2125	Sokrates	C4	226
5043	Erkenntnistheorie	3	2126	2126	Russel	C4	232
5049	Mäeutik	2	2125	2125	Sokrates	C4	226
4052	Logik	4	2125	2125	Sokrates	C4	226
5052	Wissenschaftstheorie	3	2126	2126	Russel	C4	232
5216	Bioethik	2	2126	2126	Russel	C4	232
4630	Die 3 Kritiken	4	2137	2137	Kant	C4	7

↓ Gruppierung

VorlNr	Titel	SWS	gelesenVon	PersNr	Name	Rang	Raum
5041	Ethik	4	2125	2125	Sokrates	C4	226
5049	Mäeutik	2	2125	2125	Sokrates	C4	226
4052	Logik	4	2125	2125	Sokrates	C4	226
5043	Erkenntnistheorie	3	2126	2126	Russel	C4	232
5052	Wissenschaftsth.	3	2126	2126	Russel	C4	232
5216	Bioethik	2	2126	2126	Russel	C4	232
5001	Grundzüge	4	2137	2137	Kant	C4	7
4630	Die 3 Kritiken	4	2137	2137	Kant	C4	7

↓ **having**-Bedingung

VorlNr	Titel	SWS	gelesenVon	PersNr	Name	Rang	Raum
5041	Ethik	4	2125	2125	Sokrates	C4	226
5049	Mäeutik	2	2125	2125	Sokrates	C4	226
4052	Logik	4	2125	2125	Sokrates	C4	226
5001	Grundzüge	4	2137	2137	Kant	C4	7
4630	Die 3 Kritiken	4	2137	2137	Kant	C4	7

↓ Aggregation (**sum**) und Projektion

Endergebnis

gelesenVon	Name	**sum** (SWS)
2125	Sokrates	10
2137	Kant	8

Geschachtelte Anfragen

- Unteranfragen
- Korrelierte vs. unkorrelierte Anfragen
- Entschachtelung korrelierter Anfragen
- Verwertung der Ergebnismenge einer Unteranfrage
- Anfragen mit **in** und **all**

Geschachtelte Anfrage (Forts.)

- Unteranfrage in der **where**-Klausel
- Welche Prüfungen sind besser als durchschnittlich verlaufen?

```
select p.*
from prüfen p
where p.Note < ( select avg (q.Note)
                 from prüfen q );
```

Geschachtelte Anfrage (Forts.)

- Unteranfrage in der **select**-Klausel
- Für jedes Ergebnistupel wird die Unteranfrage ausgeführt
- Man beachte, dass die Unteranfrage korreliert ist (greift auf Attribute der umschließenden Anfrage zu)

```
select p.PersNr, p.Name, (
                    select sum (v.SWS) as Lehrbelastung
                        from Vorlesungen v
                    where v.gelesenVon=p.PersNr )
from Professoren p;
```

as *dient zur Umbenennung von Attributen*

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

prüfen

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

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	2126

Unkorrelierte versus korrelierte Unteranfragen

- korrelierte Formulierung

```
select s.*
from Studenten s
where exists
    (select p.*
    from Professoren p
    where p.GebDatum > s.GebDatum);
```

- Äquivalente unkorrelierte Formulierung

```
select s.*
from Studenten s
where s.GebDatum <
    (select max (p.GebDatum)
     from Professoren p);
```

- Vorteil: Unteranfrageergebnis kann materialisiert werden
- Unteranfrage braucht nur einmal ausgewertet zu werden

Entschachtelung korrelierter Unteranfragen - Forts.

```
select a.*
from Assistenten a
where exists
    ( select p.*
      from Professoren p
      where a.Boss = p.PersNr and
                p.GebDatum>a.GebDatum);
```

- Entschachtelung durch Join

```
select a.*
from Assistenten a, Professoren p
where a.Boss=p.PersNr and
          p.GebDatum > a.GebDatum;
```

Verwertung der Ergebnismenge einer Unteranfrage

```
select tmp.MatrNr, tmp.Name, tmp.VorlAnzahl
from (select s.MatrNr, s.Name, count(*) as VorlAnzahl
        from Studenten s, hören h
        where s.MatrNr=h.MatrNr
        group by s.MatrNr, s.Name)  tmp
where tmp.VorlAnzahl > 2;
```

MatrNr	Name	VorlAnzahl
28106	Carnap	4
29120	Theophrastos	3

Decision-Support-Anfrage mit geschachtelten Unteranfragen

```
select h.VorlNr, h.AnzProVorl, g.GesamtAnz,
       h.AnzProVorl/g.GesamtAnz as Marktanteil
from  ( select h1.VorlNr, count(h1.*) as AnzProVorl
        from hören h1
        group by h1.VorlNr ) h,
      ( select count (s.*) as GesamtAnz
        from Studenten s) g;
```

Das Ergebnis der Anfrage

VorlNr	AnzProVorl	GesamtAnz	Marktanteil
4052	1	8	.125
5001	4	8	.5
5022	2	8	.25
...	...	...	...

Anfragen mit in und all

```
select p.Name
from Professoren p
where p.PersNr not in ( select v.gelesenVon
                        from Vorlesungen v);


select s.Name
from Studenten s
where s.Semester > = all (
      select s1.Semester   from Studenten s1);
```

Quantifizierung in SQL

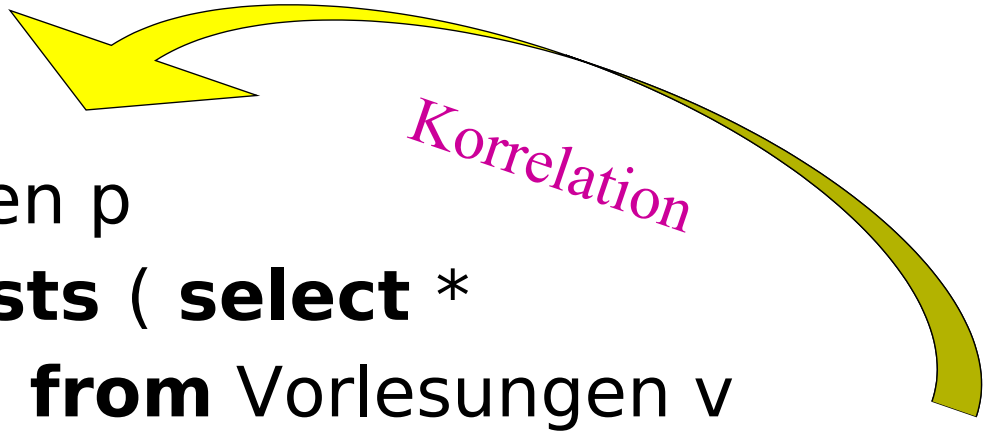
- **exists**
- Vergleiche mit **all**
- Allquantifizierung: Umformung in **exists**
- Allquantifizierung durch **count**-Aggregation

Quantifizierte Anfragen in SQL

- Existenzquantor: **exists**

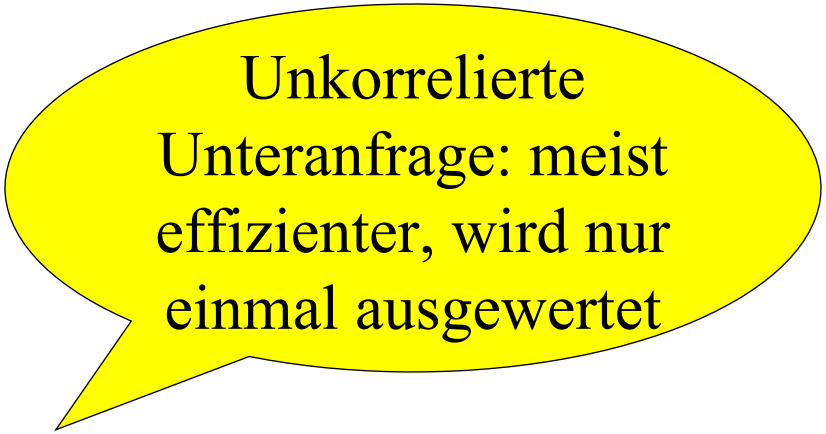
```
select p.Name
from Professoren p
where not exists ( select v.*
                   from Vorlesungen v
                   where v.gelesenVon = p.PersNr );
```

Existenzquantor **exists**




```
select p.Name
from Professoren p
where not exists ( select *
                   from Vorlesungen v
                   where v.gelesenVon = p.PersNr );
```

Mengenvergleich




```
select p.Name
from Professoren p
where p.PersNr not in (
                select v.gelesenVon
                from Vorlesungen v);
```

Der Vergleich mit "all"

Kein vollwertiger Allquantor!

```
select s.Name
from Studenten s
where s.Semester >= all (
        select s1.Semester from Studenten s1);
```

Allquantifizierung

- SQL-92 hat keinen Allquantor
- Allquantifizierung muß also durch eine äquivalente Anfrage mit Existenzquantifizierung ausgedrückt werden
- Kalkülformulierung der Anfrage: Wer hat **alle** vierstündigen Vorlesungen gehört?

$$\{s \mid s \in \text{Studenten} \wedge \forall v \in \text{Vorlesungen}\ (v.SWS=4 \Rightarrow \exists h \in \text{hören}\ (h.VorlNr=v.VorlNr \wedge h.MatrNr=s.MatrNr))\}$$

- Elimination von $\forall$ und $\Rightarrow$
- Dazu sind folgende Äquivalenzen anzuwenden

$$\forall t \in R\,(P(t)) = \neg(\exists t \in R(\neg P(t)))$$

$$R \Rightarrow T = \neg R \vee T$$

Umformung des Kalkül-Ausdrucks ...

- Wir erhalten

$$\{s \mid s \in \text{Studenten} \land \neg (\exists v \in \text{Vorlesungen}\ \neg(\neg(v.SWS=4) \lor \exists h \in \text{hören}\ (h.VorlNr=v.VorlNr \land h.MatrNr=s.MatrNr))\}$$

- Anwendung von DeMorgan ergibt schließlich:

$$\{s \mid s \in \text{Studenten} \land \neg (\exists v \in \text{Vorlesungen}\ (v.SWS=4 \land \neg(\exists h \in \text{hören}\ (h.VorlNr=v.VorlNr \land h.MatrNr=s.MatrNr))))\}$$

$\{s \mid s \in \text{Studenten} \Lambda \neg (\exists v \in \text{Vorlesungen} (v.SWS=4 \Lambda$

$\neg(\exists h \in \text{hören} (h.VorlNr=v.VorlNr \Lambda$
$h.MatrNr=s.MatrNr))))\}$

```
select s.*
from Studenten s
where not exists
    (select v.*
     from Vorlesungen v
     where v.SWS = 4 and not exists
    (select h.*
     from hören h
     where h.VorlNr = v.VorlNr and
                h.MatrNr=s.MatrNr ) );
```

Allquantifizierung durch count-Aggregation

- Allquantifizierung kann immer auch durch eine **count-**Aggregation ausgedrückt werden
- Wir betrachten dazu eine etwas einfachere Anfrage, in der wir die *(MatrNr* der) Studenten ermitteln wollen, die *alle* Vorlesungen hören:

```
select h.MatrNr
from hören h
group by h.MatrNr
having count (h.*) =
                    (select count (v.*) from Vorlesungen v);
```

Herausforderung

- Wie formuliert man die komplexere Anfrage: Wer hat alle vierstündigen Vorlesungen gehört
- Grundidee besteht darin, vorher durch einen Join die Studenten/Vorlesungs-Paare einzuschränken und danach das Zählen durchzuführen

Nullwerte

- Semantik von Nullwerten
- Auswertung bei Nullwerten
- Wahrheitstabellen

Semantik von Nullwerten

- unbekannter Wert
- wird vielleicht später nachgereicht
- Nullwerte können auch im Zuge der Anfrageauswertung entstehen (Bsp. äußere Joins)
- manchmal sehr überraschende Anfrageergebnisse, wenn Nullwerte vorkommen

```
select count (s.*)
from Studenten s
where s.Semester < 13 or s.Semester > =13
```

Wenn es Studenten gibt, deren *Semester*-Attribut den Wert **null** hat, werden diese nicht mitgezählt

Der Grund liegt in folgenden Regeln für den Umgang mit **null**-Werten begründet:

Auswertung bei Null-Werten

1. In arithmetischen Ausdrücken werden Nullwerte propagiert, d.h. sobald ein Operand **null** ist, wird auch das Ergebnis **null**. Dementsprechend wird z.B. **null** + 1 zu **null** ausgewertet-aber auch null * 0 wird zu **null** ausgewertet.

2. SQL hat eine dreiwertige Logik, die nicht nur **true** und **false** kennt, sondern auch einen dritten Wert **unknown**. Diesen Wert liefern Vergleichsoperationen zurück, wenn mindestens eines ihrer Argumente **null** ist. Beispielsweise wertet SQL das Prädikat *(PersNr=...)* immer zu **unknown** aus, wenn die *PersNr* des betreffenden Tupels den Wert **null** hat.

3. Logische Ausdrücke werden nach den folgenden Tabellen berechnet:

not	
true	false
unknown	unknown
false	true

and	true	unknown	false
true	true	unknown	false
unknown	unknown	unknown	false
false	false	false	false

or	true	unknown	false
true	true	true	true
unknown	true	unknown	unknown
false	true	unknown	false

- Diese Berechnungsvorschriften sind recht intuitiv. Unknown or true wird z.B. zu **true** - die Disjunktion ist mit dem **true**-Wert des rechten Arguments immer erfüllt, unabhängig von der Belegung des linken Arguments. Analog ist **unknown and false** automatisch **false** - keine Belegung des linken Arguments könnte die Konjunktion mehr erfüllen.
- In einer **where**-Bedingung werden nur Tupel weitergereicht, für die die Bedingung **true** ist. Insbesondere werden Tupel, für die die Bedingung zu **unknown** auswertet, nicht ins Ergebnis aufgenommen.
- Bei einer Gruppierung wird **null** als ein eigenständiger Wert aufgefaßt und in eine eigene Gruppe eingeordnet.

Spezielle Sprachelemente

- **between** und **in**
- **like**
- **case**

Spezielle Sprachkonstrukte ("syntaktischer Zucker")

```
select s.*
from Studenten s
where s.Semester > = 1 and s.Semester < = 4;

select s.*
from Studenten s
where s.Semester between 1 and 4;

select s.*
from Studenten s
where s.Semester in (1,2,3,4);
```

Vergleiche mit like

Platzhalter "%" ; "_"

- "%" steht für beliebig viele (auch gar kein) Zeichen
- "_" steht für genau ein Zeichen

```
select s.*
from Studenten s
where s.Name like ´T%eophrastos´;

select distinct s.Name
from Vorlesungen v, hören h, Studenten s
where s.MatrNr = h.MatrNr and h.VorlNr = v.VorlNr and
    v.Titel like ´%thik%´;
```

Das case-Konstrukt

```
select p.MatrNr, ( case
                     when p.Note < 1.5 then ´sehr gut´
                     when p.Note < 2.5 then ´gut´
                     when p.Note < 3.5 then ´befriedigend´
                     when p.Note < 4.0 then ´ausreichend´
                     else ´nicht bestanden´ end)
from prüfen p;
```

- Die **erste** qualifizierende **when**-Klausel wird ausgeführt

Joins

- Arten von Joins
- Äußere Joins

Arten von Joins

- **cross join:** Kreuzprodukt
- **natural join:** natürlicher Join
- **join** oder **inner join**: Theta-Join
- **left**, **right** oder **full outer join**: äußerer Join
- **union join**: Vereinigungs-Join (wird hier nicht vorgestellt)

select *
from R_1, R_2
where $R_1.A = R_2.B$;

select *
from R_1 **join** R_2 **on** $R_1.A = R_2.B$;

Äußere Joins

```
select p.PersNr, p.Name, f.PersNr, f.Note, f.MatrNr,
s.MatrNr, s.Name
from Professoren p left outer join
   (prüfen f left outer join Studenten s on f.MatrNr=
  s.MatrNr)
   on p.PersNr=f.PersNr;
```

p.PersNr	p.Name	f.PersNr	f.Note	f.MatrNr	s.MatrNr	s.Name
2126	Russel	2126	1	28106	28106	Carnap
2125	Sokrates	2125	2	25403	25403	Jonas
2137	Kant	2137	2	27550	27550	Schopen-hauer
2136	Curie	-	-	-	-	-
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Äußere Joins

```
select p.PersNr, p.Name, f.PersNr, f.Note, f.MatrNr,
       s.MatrNr, s.Name
from Professoren p right outer join
                 (prüfen f right outer join Studenten s
on f.MatrNr= s.MatrNr)
       on p.PersNr=f.PersNr;
```

p.PersNr	p.Name	f.PersNr	f.Note	f.MatrNr	s.MatrNr	s.Name
2126	Russel	2126	1	28106	28106	Carnap
2125	Sokrates	2125	2	25403	25403	Jonas
2137	Kant	2137	2	27550	27550	Schopen-hauer
-	-	-	-	-	26120	Fichte
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Äußere Joins

```
select p.PersNr, p.Name, f.PersNr, f.Note, f.MatrNr,
s.MatrNr, s.Name
from Professoren p full outer join
        (prüfen f full outer join Studenten s
                on f.MatrNr= s.MatrNr)
        on p.PersNr=f.PersNr;
```

p.PersNr	p.Name	f.PersNr	f.Note	f.MatrNr	s.MatrNr	s.Name
2126	Russel	2126	1	28106	28106	Carnap
2125	Sokrates	2125	2	25403	25403	Jonas
2137	Kant	2137	2	27550	27550	Schopen-hauer
-	-	-	-	-	26120	Fichte
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2136	Curie	-	-	-	-	-
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Rekursion

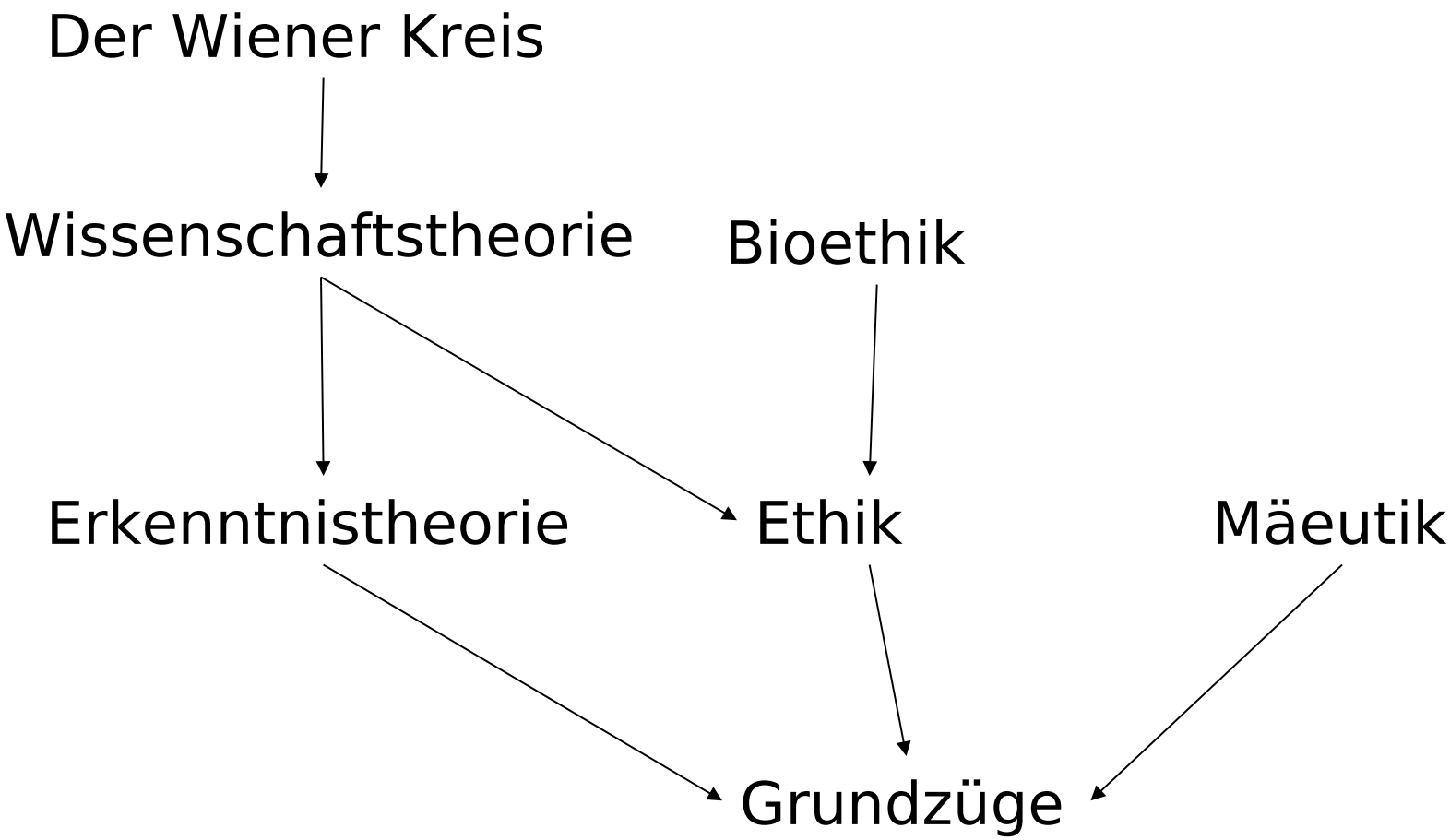
- direkte Vorgänger
- indirekte Vorgänger
- Vorgänger der Tiefe *n*
- Transitive Hülle
- **connect by**
- rekursive Sichten

Rekursion: direkte Vorgänger

```
select r.Vorgänger
from voraussetzen r, Vorlesungen v
where r.Nachfolger= v.VorlNr and
    v.Titel= 'Der Wiener Kreis'
```

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

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


Der Wiener Kreis
Wissenschaftstheorie
Bioethik
Erkenntnistheorie
Ethik
Mäeutik
Grundzüge

Rekursion

Vor-Vorgänger-Vorlesungen des „Wiener Kreis“

```
select v1.Vorgänger
from voraussetzen v1, voraussetzen v2, Vorlesungen v
where v1.Nachfolger= v2.Vorgänger and
    v2.Nachfolger= v.VorlNr and
    v.Titel=`Der Wiener Kreis´
```

Rekursion

```
select v1.Vorgänger
from voraussetzen v1, voraussetzen v2, Vorlesungen v
where v1.Nachfolger= v2.Vorgänger and
      v2.Nachfolger= v.VorlNr and
      v.Titel=`Der Wiener Kreis´
```

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

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

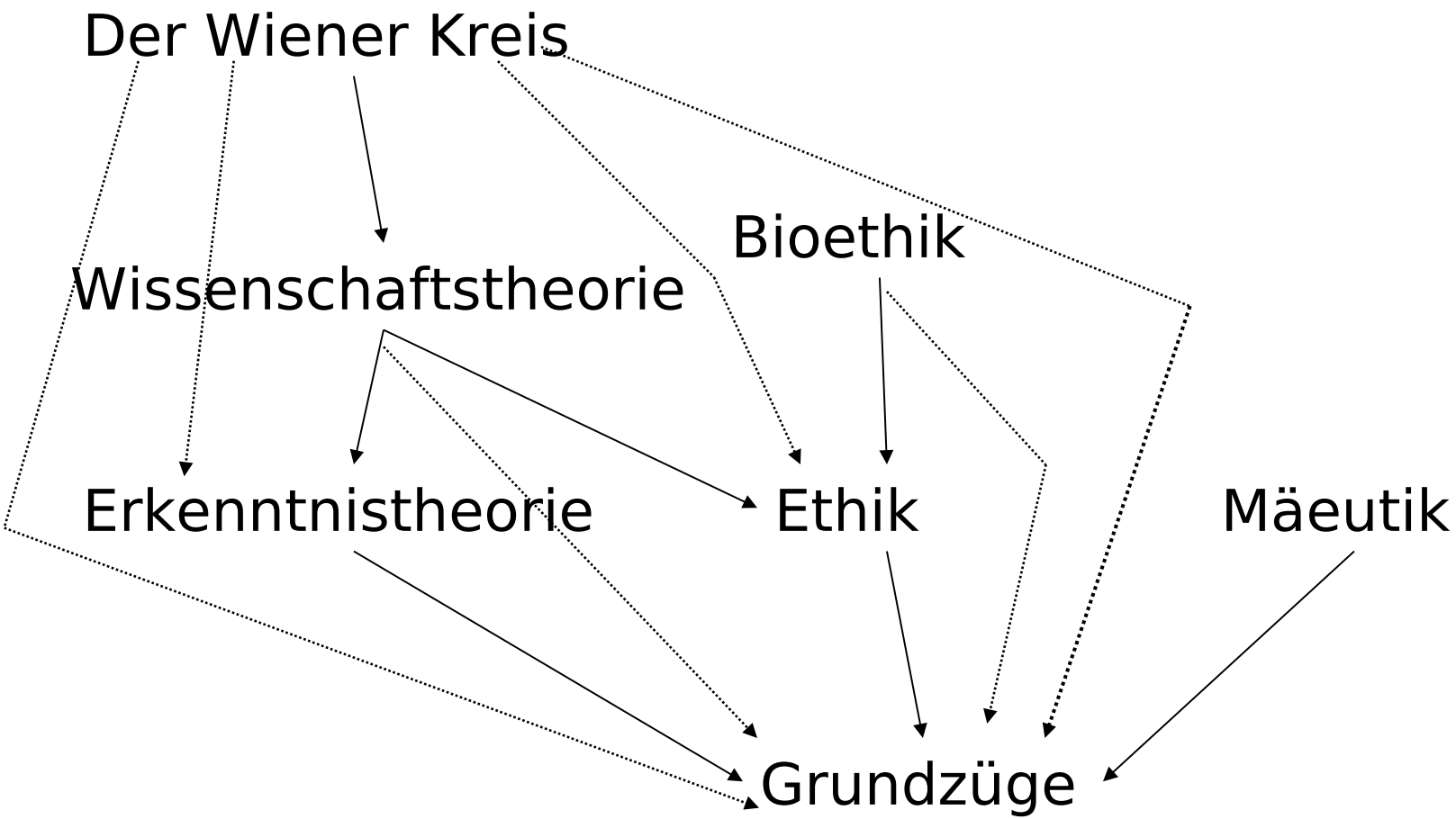
Vorlesungen			
VorlNr	**Titel**	**SWS**	**gelesen Von**
5001	Grundzüge	4	2137
5041	Ethik	4	2125
5043	Erkenntnistheorie	3	2126
5049	Mäeutik	2	2125
4052	Logik	4	2125
5052	Wissenschaftstheorie	3	2126
5216	Bioethik	2	2126
5259	Der Wiener Kreis	2	2133
5022	Glaube und Wissen	2	2134
4630	Die 3 Kritiken	4	2137

Vorgänger des „Wiener Kreises“ der Tiefe n

```
select v1.Vorgänger
from voraussetzen v1
     ⋮
     voraussetzen vn_minus_1
     voraussetzen vn,
     Vorlesungen v
where v1.Nachfolger= v2.Vorgänger and
     ⋮
     vn_minus_1.Nachfolger= vn.Vorgänger and
          vn.Nachfolger = v.VorlNr and
     v.Titel= `Der Wiener Kreis´
```

Transitive Hülle

$$trans_{A,B}(R) = \{(a,b) \mid \exists k \in \mathbb{N} \, (\exists \Gamma 1, \ldots, \Gamma k \in \mathrm{R} \, (\Gamma 1.A = \Gamma 2.B \wedge \vdots \; \Gamma k\text{-}1.A = \Gamma k.B \wedge \Gamma 1.A = a \wedge \Gamma k.B = b))\}$$

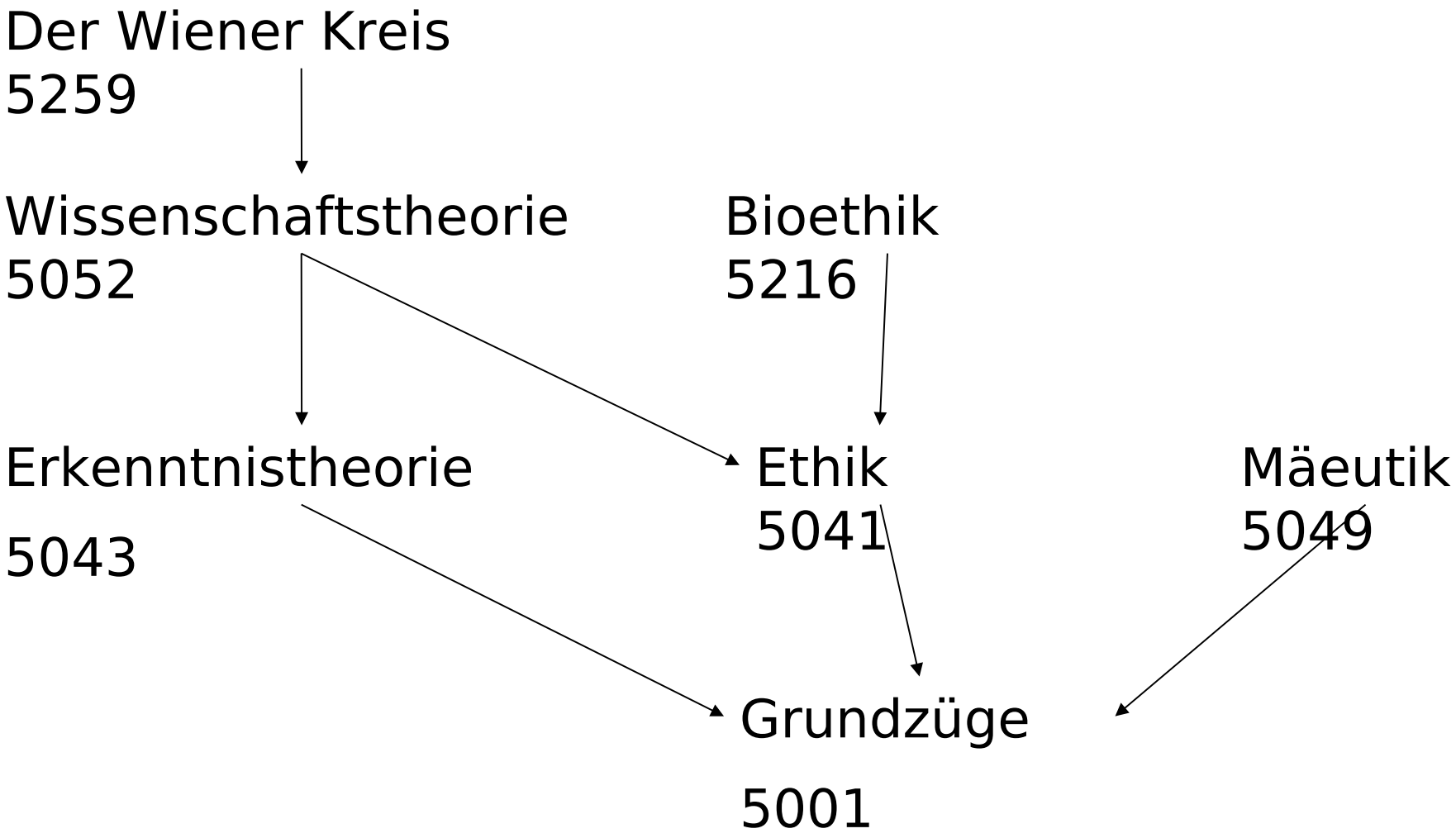

Der Wiener Kreis
Bioethik
Wissenschaftstheorie
Erkenntnistheorie
Ethik
Mäeutik
Grundzüge

Die connect by-Klausel

```
select v.Titel
from Vorlesungen v
where v.VorlNr in (select r.Vorgänger
        from voraussetzen r
        connect by r.Nachfolger=prior r.Vorgänger
            start with r.Nachfolger=
             (select v1.VorlNr
             from Vorlesungen v1
             where v1.Titel= `Der Wiener Kreis´));
```

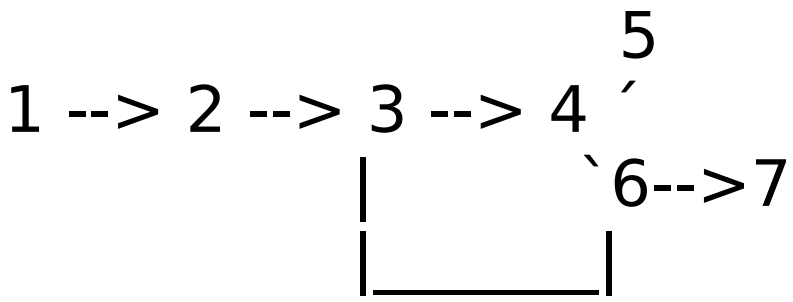
voraussetzen	
Vorgänger	**Nachfolger**
5001	5041
5001	5043
5001	5049
5041	5216
5043	5052
5041	5052
5052	5259

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


Der Wiener Kreis
5259
Wissenschaftstheorie
5052
Bioethik
5216
Erkenntnistheorie
5043
Ethik
5041
Mäeutik
5049
Grundzüge
5001

Grundzüge
Ethik
Erkenntnistheorie
Wissenschaftstheorie

Rekursion in Prolog/Datalog

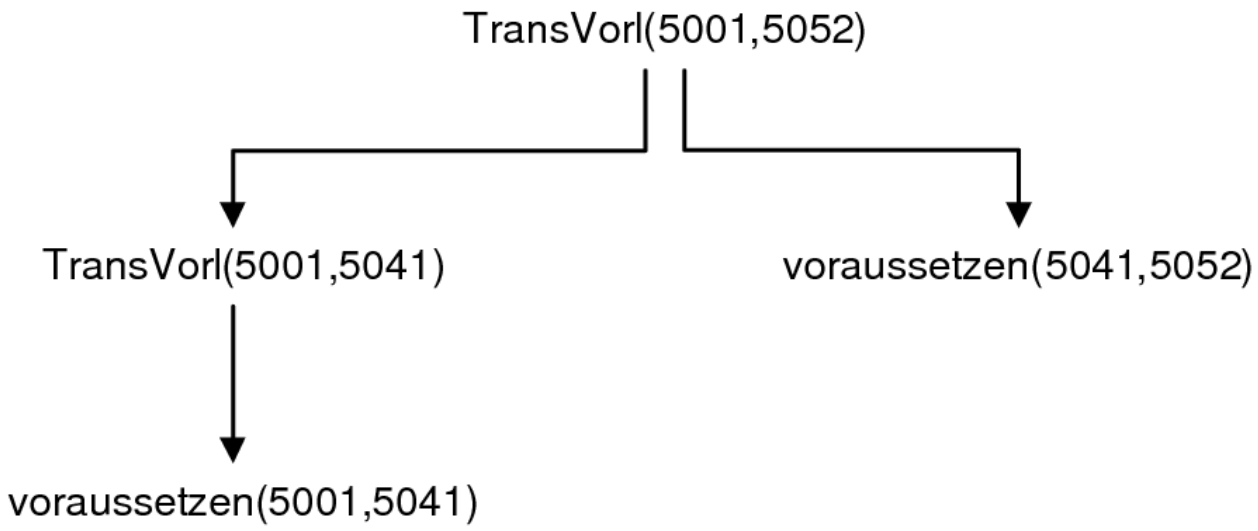


- kante(1,2).
- kante(2,3).
- kante(3,4).
- kante(4,5).
- kante(4,6).
- kante(6,7).
- kante(3,6).

- pfad(V,N) :- kante(V,N).
- pfad(V,N) :- kante(V,Z),pfad(Z,N).

Transitive Hülle der Relation voraussetzen

- TransVorl(V,N) :- voraussetzen(V,N).
- TransVorl(V,N) :- TransVorl(V,Z), voraussetzen(Z,N).



Rekursion in DB2/SQL99: rekursive Sichten

```
with TransVorl (Vorg, Nachf)
as (select r.Vorgänger, r.Nachfolger from voraussetzen r
        union all
    select t.Vorg, v.Nachfolger
    from TransVorl t, voraussetzen v
    where t.Nachf= v.Vorgänger)

select v.Titel from Vorlesungen v where v.VorlNr in
      (select t.Vorg from TransVorl t where t.Nachf in
            (select w.VorlNr from Vorlesungen w
          where w.Titel= `Der Wiener Kreis´) )
```

(vergl.: TransVorl(X,Y) :- voraussetzen(X,Y);
TransVorl(X,Y) :- voraussetzen(X,Z), TransVorl(Z,Y);

- zuerst wird eine temporäre Sicht *TransVorl* mit der **with-**Klausel angelegt
- Diese Sicht *TransVorl* ist rekursiv definiert, da sie selbst in der Definition vorkommt
- Aus dieser Sicht werden dann die gewünschten Tupel extrahiert
- Ergebnis ist natürlich wie gehabt

Veränderungen am Datenbestand

- Einfügen von Tupeln
- Löschen von Tupeln
- Zweistufiges Vorgehen bei Änderungen

Veränderung am Datenbestand

Einfügen von Tupeln

```
insert into hören
    select s.MatrNr, v.VorlNr
    from Studenten s, Vorlesungen v
    where v.Titel= 'Logik';

insert into Studenten (MatrNr, Name)
    values (28121,  'Archimedes');
```

Studenten		
MatrNr	Name	Semester
⋮	⋮	⋮
29120	Theophrastos	2
29555	Feuerbach	2
28121	Archimedes	-

Veränderungen am Datenbestand

Löschen von Tupeln

delete Studenten s

where s.Semester > 13;

Verändern von Tupeln

update Studenten s

    set s.Semester= s.Semester + 1;

Zweistufiges Vorgehen bei Änderungen

1. die Kandidaten für die Änderung werden ermittelt und ''markiert''
2. die Änderung wird an den in Schritt 1. ermittelten Kandidaten durchgeführt

Anderenfalls könnte die Änderungsoperation von der Reihenfolge der Tupel abhängen, wie folgendes Beispiel zeigt:

```
delete from voraussetzen r
   where r.Vorgänger in (select r1.Nachfolger
                         from voraussetzen r1);
```

voraussetzen	
Vorgänger	Nachfolger
5001	5041
5001	5043
5001	5049
~~5041~~	~~5216~~
~~5043~~	~~5052~~
~~5041~~	~~5052~~
~~5052~~	~~5229~~

```
delete from voraussetzen r
where r.Vorgänger in
 (select v.Nachfolger
      from voraussetzen v);
```

Ohne einen Markierungsschritt hängt das Ergebnis dieser Anfrage von der Reihenfolge der Tupel in der Relation ab. Eine Abarbeitung in der Reihenfolge der Beispielausprägung würde das letzte Tupel (5052, 5229) fälschlicherweise erhalten, da vorher bereits alle Tupel mit 5052 als *Nachfolger* entfernt wurden.

Sichten

- ... für den Datenschutz
- ... zur Vereinfachung von Anfragen
- ... zur Modellierung von Generalisierung
- ... zur Gewährleistung von Datenunabhängigkeit
- Änderbarkeit von Sichten

Sichten ...

für den Datenschutz

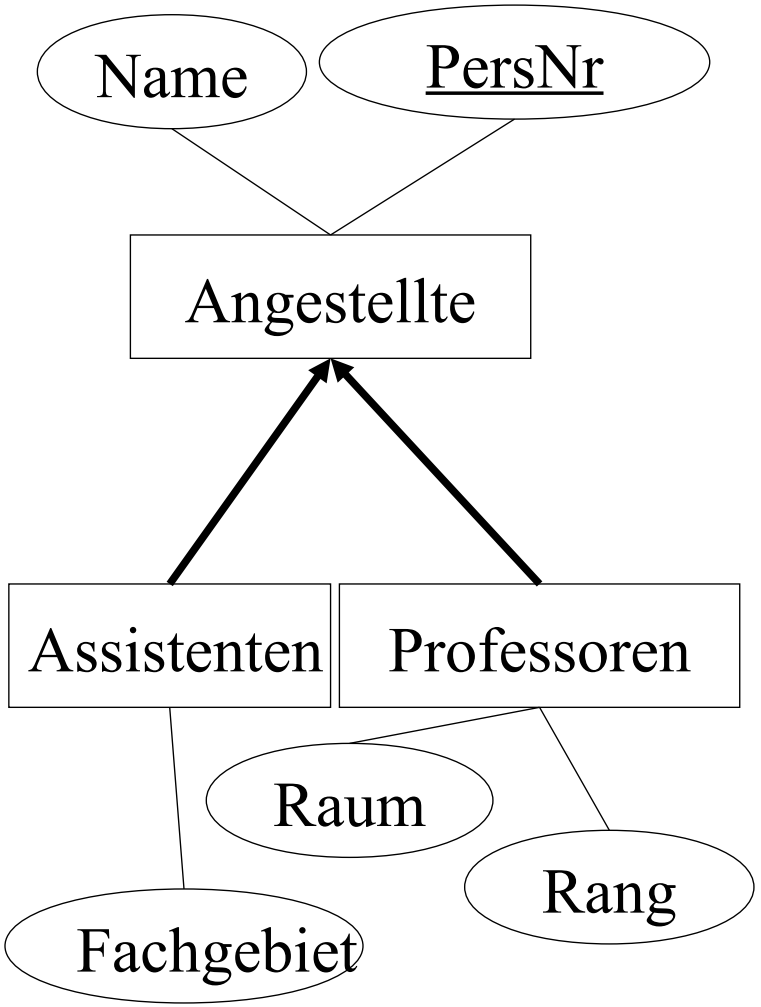
```
create view prüfenSicht as
    select p.MatrNr, p.VorlNr, p.PersNr
    from prüfen p
```

Sichten ...

für die Vereinfachung von Anfagen

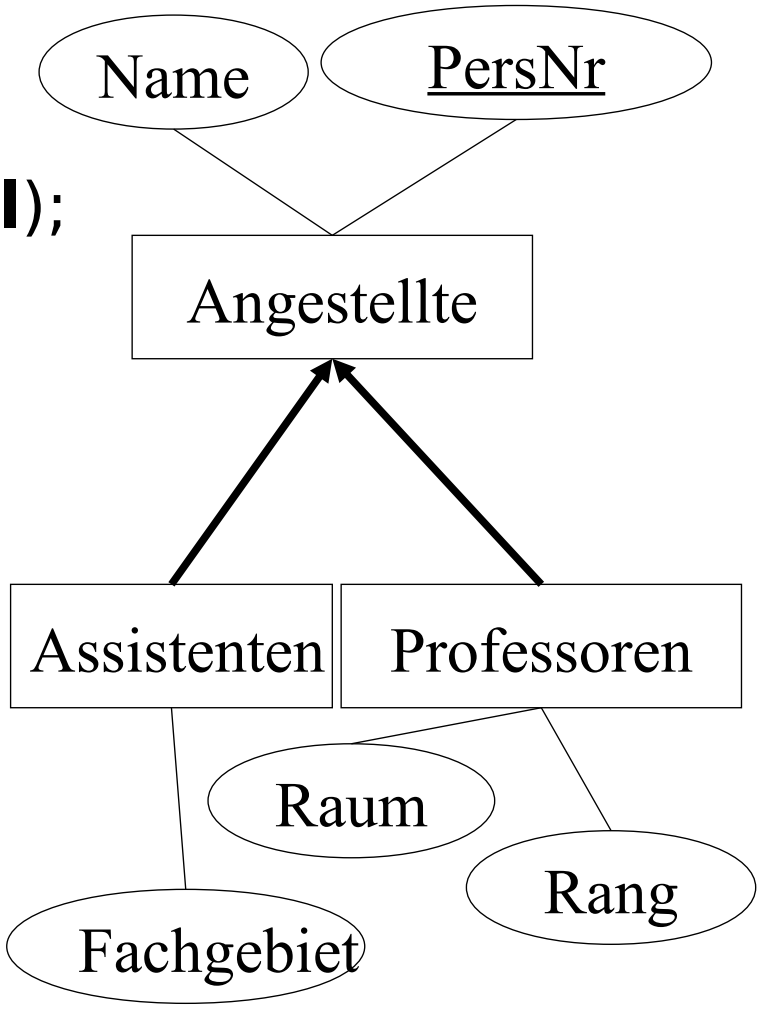
```
create view StudProf (Sname, Semester, Titel, Pname) as
    select s.Name, s.Semester, v.Titel, p.Name
    from Studenten s, hören h, Vorlesungen v, Professoren p
    where s.Matr.Nr=h.MatrNr and h.VorlNr=v.VorlNr and
          v.gelesenVon=p.PersNr

select distinct s.Semester
from StudProf s
where s.Pname=`Sokrates‘;
```

Sichten zur Modellierung von Generalisierung



Sichten zur Modellierung von Generalisierung

```
create table Angestellte
    (PersNr  integer not null,
    Name     varchar (30) not null);
create table ProfDaten
    (PersNr  integer not null,
    Rang character(2),
    Raum     integer);
create table AssiDaten
    (PersNr      integer not null,
    Fachgebiet varchar(30),
    Boss         integer);
```



```
create view Professoren as
    select *
    from Angestellte a, ProfDaten d
    where a.PersNr=d.PersNr;
create view Assistenten as
    select *
    from Angestellte a, AssiDaten d
    where a.PersNr=d.PersNr;
```

➔ Untertypen als Sicht

```
create table Professoren
    (PersNr  integer not null,
    Name        varchar (30) not null,
    Rang     character (2),
    Raum        integer);
create table Assistenten
    (PersNr  integer not null,
    Name        varchar (30) not null,
    Fachgebiet varchar (30),
    Boss     integer);
create table AndereAngestellte
    (PersNr  integer not null,
    Name        varchar (30) not null);
```

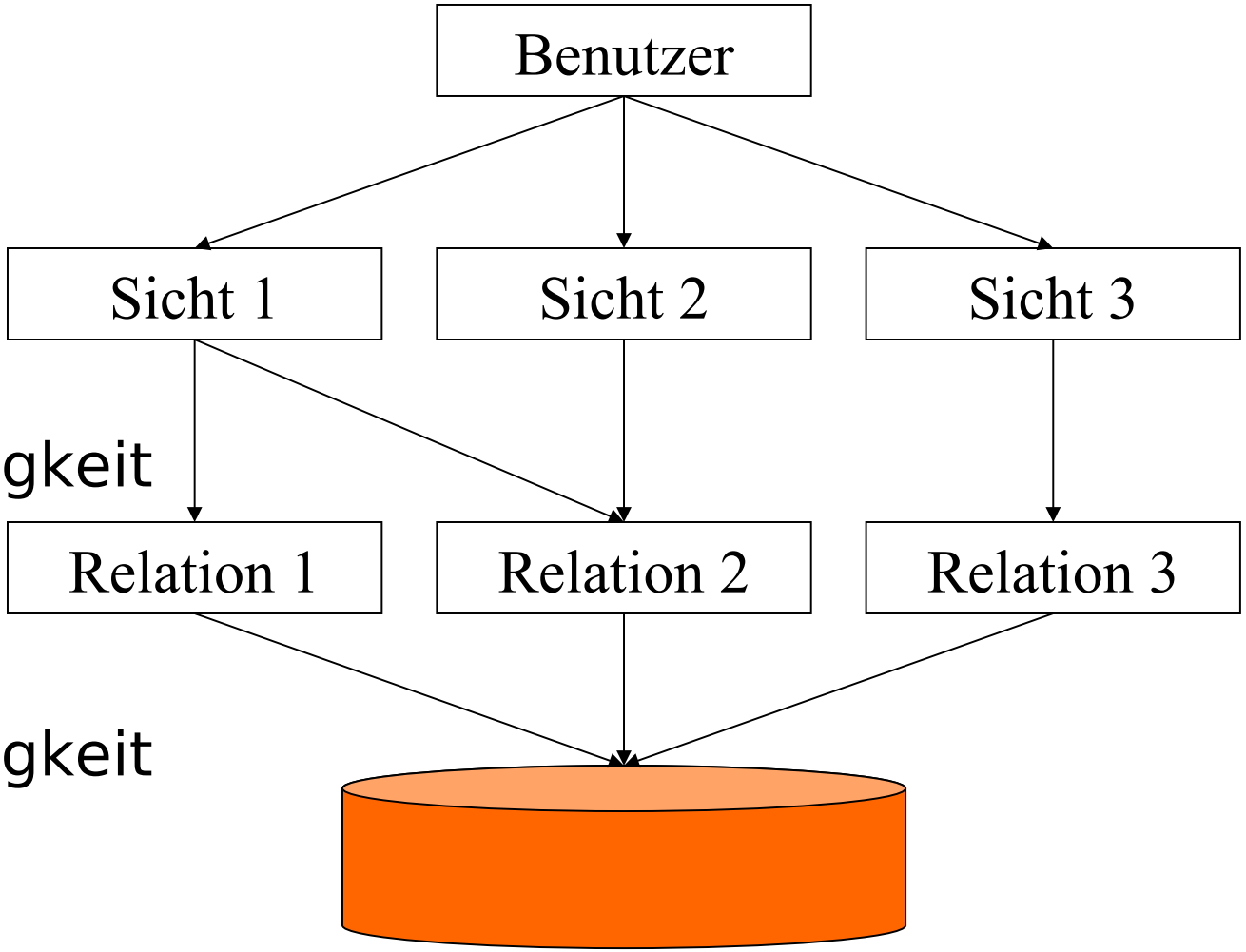
```
create view Angestellte as
    (select p.PersNr, p.Name
    from Professoren p)
      union
    (select a.PersNr, a.Name
    from Assistenten a)
     union
    (select o.*
    from AndereAngestellte o);
```

➔ Obertypen als Sicht

Sichten zur Gewährleistung von Datenunabhängigkeit

logische Datenunabhängigkeit

physische Datenunabhängigkeit



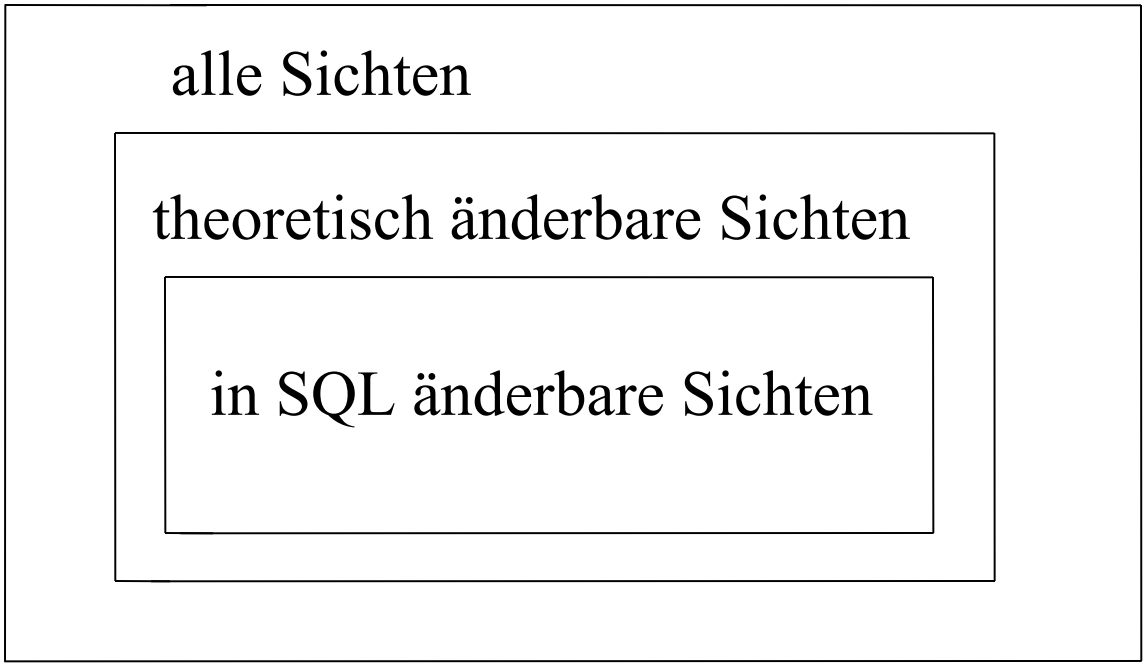
Änderbarkeit von Sichten

Beispiele für nicht änderbare Sichten

```
create view WieHartAlsPrüfer (PersNr,
Durchschnittsnote) as
    select p.PersNr, avg(p.Note)
    from prüfen p
    group by p.PersNr;

create view VorlesungenSicht as
    select v.Titel, v.SWS, pName
    from Vorlesungen v, Professoren p
    where v.gelesenVon=p.PersNr;
insert into VorlesungenSicht
    values (`Nihilismus‘, 2, `Nobody‘);
```

Änderbarkeit von Sichten

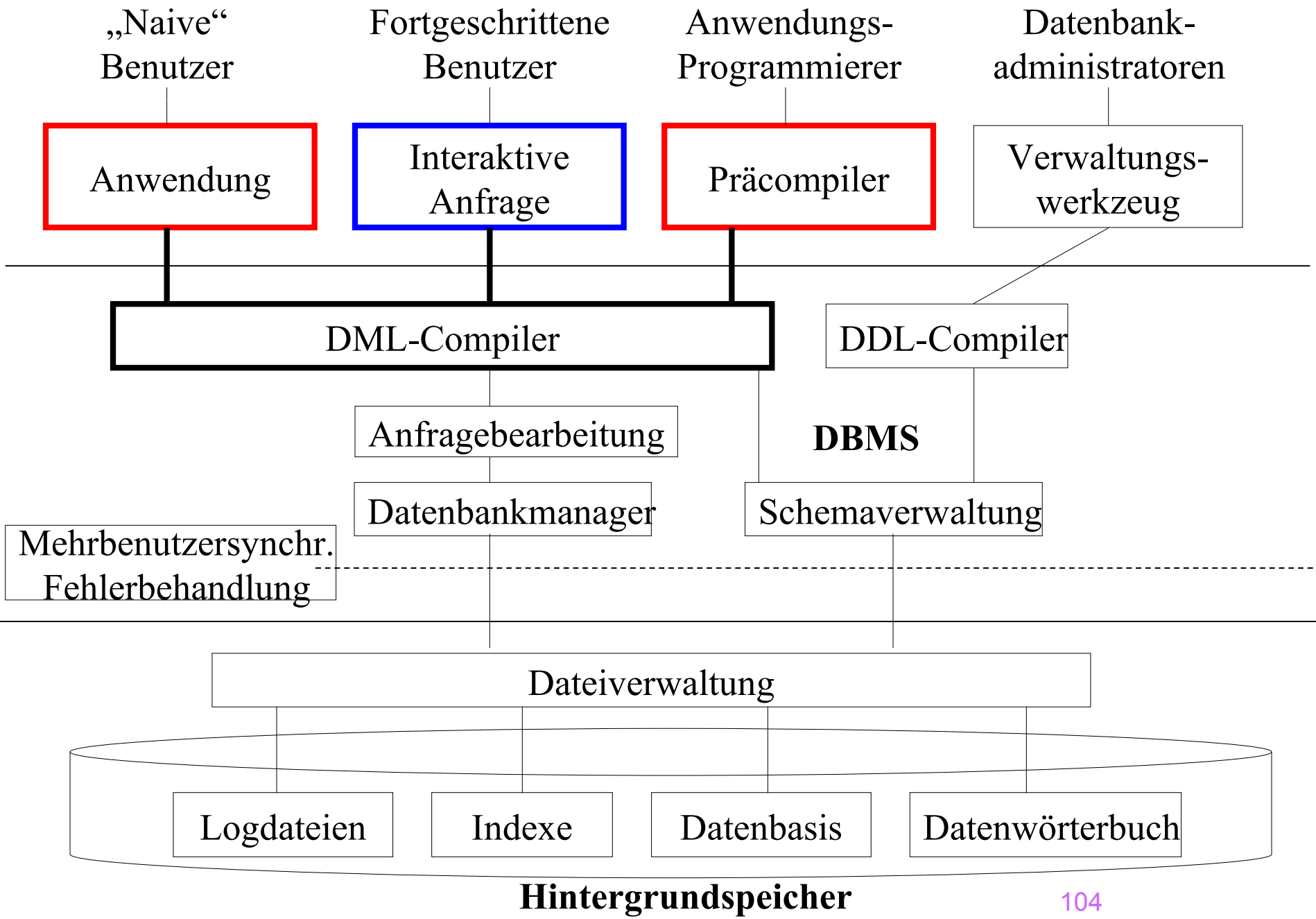
- in SQL
  - nur eine Basisrelation
  - Schlüssel muss vorhanden sein
  - keine Aggregatfunktionen, Gruppierung und Duplikateliminierung



SQL-Zugang zum DBMS

- Embedded SQL
- Anfragen in Anwendungsprogrammen: Cursor-Schnittstelle
- JDBC: Java Database Connectivity
- SQL/J

SQL-Zugang zum DBMS



Embedded SQL (in C/C++)

```
#include <stdio.h>
/*Kommunikationsvariablen deklarieren */
exec sql begin declare section;
    varchar user_passwd[30];
    int exMatrNr;
exec sql end declare section;
exec sql include SQLCA;
main()
{printf("Name/Password:");
    scanf("%", user_passwd.arr);
```

```
user_passwd.len=strlen(user_passwd.arr);
exec sql whenever sqlerror goto error;
exec sql connect :user_passwd;
while (1) {
      printf("Matrikelnummer (0 zum Beenden):");
      scanf("%d", &exMatrNr);
      if (!exMatrNr) break;
      exec sql delete from Studenten
            where MatrNr= :exMatrNr;
}
exec sql commit work release;
exit(0);
```

```
error:
exec sql whenever sqlerror continue;
exec sql rollback work release;
printf("fehler aufgetreten!\n");
exit(-1);
}
```

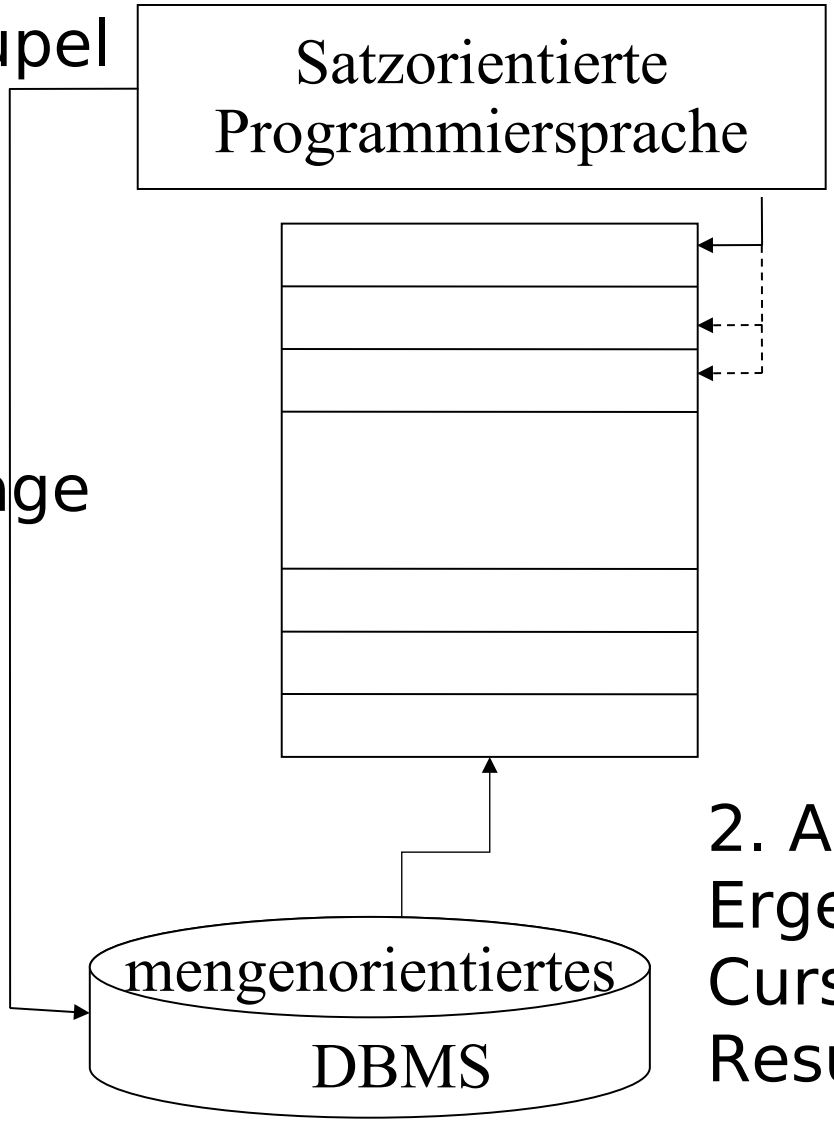
Anfragen in Anwendungsprogrammen

- genau ein Tupel im Ergebnis

```
exec sql select avg (Semester)
    into :avgsem
    from Studenten;
```

Anfragen in Anwendungsprogrammen

- mehrere Tupel im Ergebnis



1. Anfrage

2. Anfrage auswerten, Ergebnistupel im Cursor/Iterator/ ResultSet bereitstellen

3. Tupel sequentiell verarbeiten

4. Cursor/Iterator schließen

Cursor-Schnittstelle in SQL

1. **exec sql declare** c4profs **cursor for**
   select Name, Raum
   from Professoren
   where Rang=‘C4‘;
2. **exec sql open** c4profs;

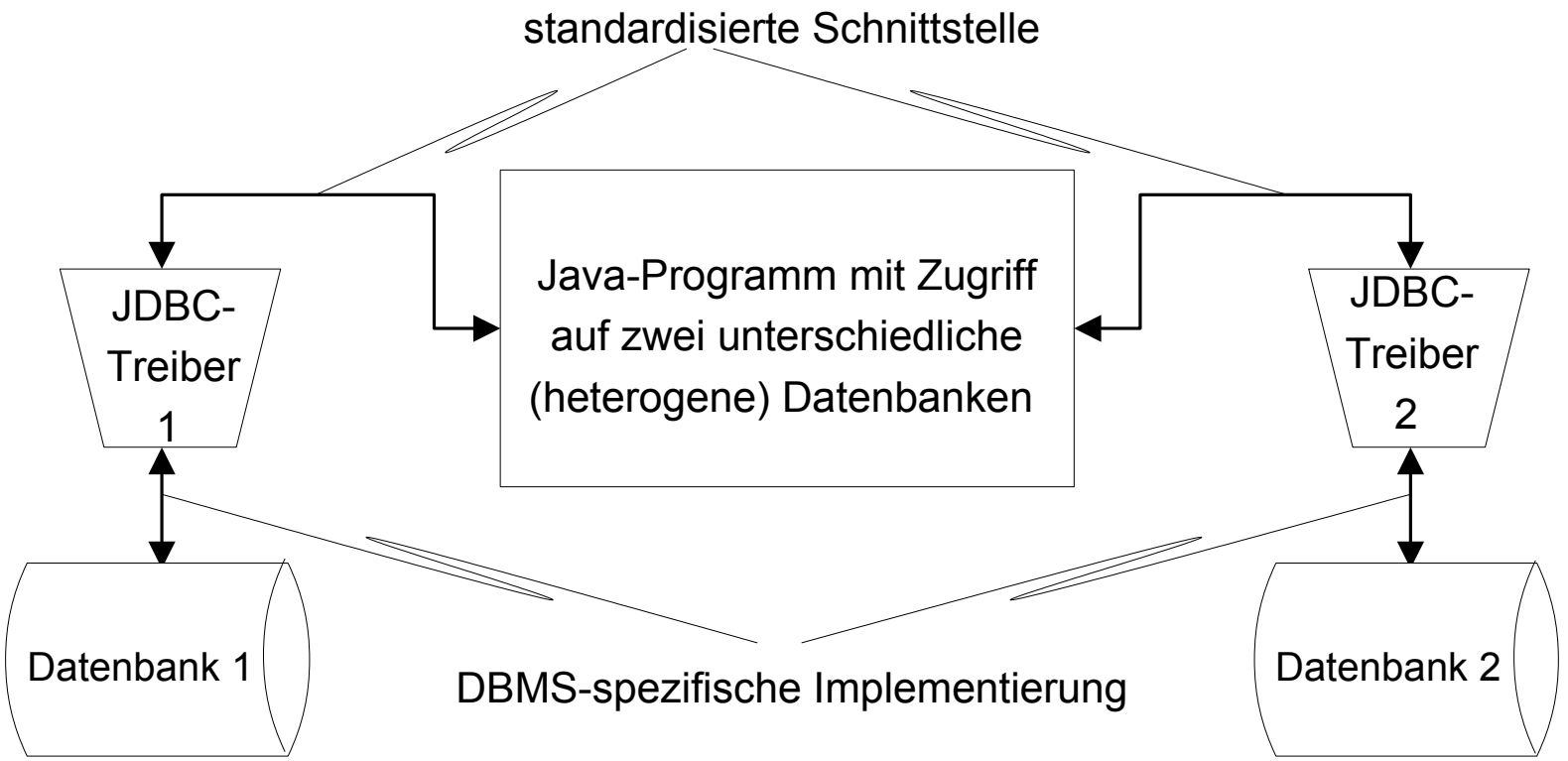
1. **exec sql fetch** c4profs into :pname, :praum;

1. **exec sql close** c4profs;

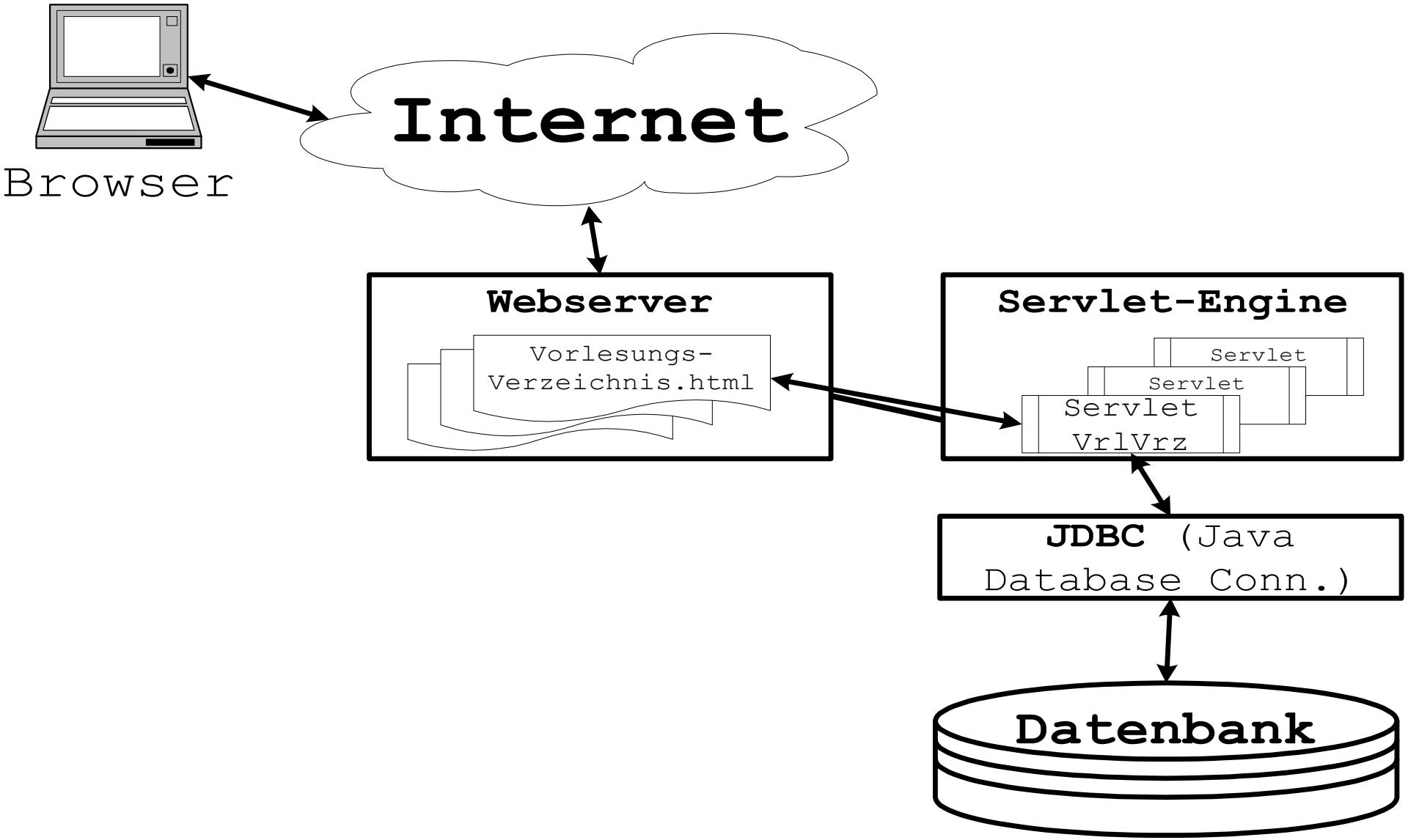
JDBC: Java Database Connectivity

- Standardisierte Schnittstelle zur Anbindung von relationalen Datenbanken an Java
- Wird heute fast immer für die Anbindung von Datenbanken an das Internet/Web verwendet
  - Java Servlets als dynamische Erweiterung von Webservern
  - Java Server Pages (JSP): HTML-Seiten mit eingebetteten Java Programmfragmenten

Zugriff auf Datenbanken via JDBC



Web-Anbindung von Datenbanken via Servlets/JDBC



JDBC-Beispielprogramm

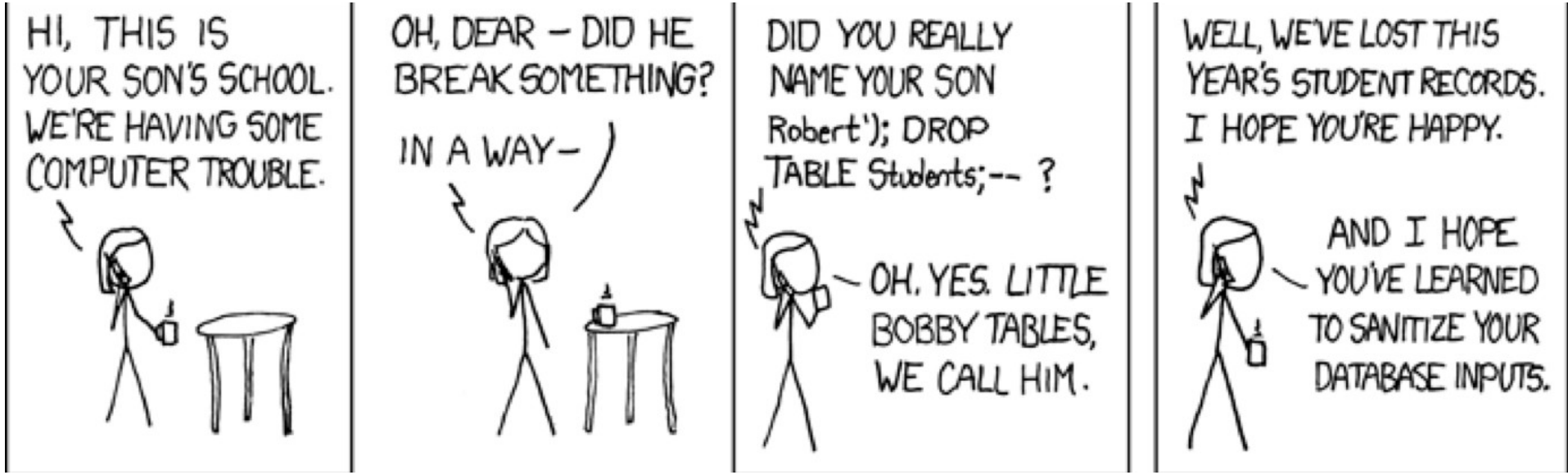
```
import java.sql.*;   import java.io.*;
public class ResultSetExample {
  public static void main(String[] argv) {
    Statement sql_stmt = null;
    Connection conn = null;
    try {
      Class.forName("oracle.jdbc.driver.OracleDriver");
      conn = DriverManager.getConnection
                ("jdbc:oracle:oci8:@lsintern-db", "nobody", "Passwort");
      sql_stmt = conn.createStatement();
    }
    catch (Exception e) {
      System.err.println("Folgender Fehler ist aufgetreten: " + e);
      System.exit(-1);      }
```

```
try {
    ResultSet rset = sql_stmt.executeQuery(
        "select avg(Semester) from Studenten");
    rset.next();   // eigentlich zu prüfen, ob Ergebnis leer
    System.out.println("Durchschnittsalter: " + rset.getDouble(1));
    rset.close();
  }
  catch(SQLException se) {
    System.out.println("Error: " + se);
  }
```

```
try {
      ResultSet rset = sql_stmt.executeQuery(
        "select Name, Raum from Professoren where Rang = 'C4'");
      System.out.println("C4-Professoren:");
      while(rset.next())  {
           System.out.println(rset.getString("Name") + " " +
                              rset.getInt("Raum"));
      }
      rset.close();
    }
    catch(SQLException se) {System.out.println("Error: " + se); }
    try {
      sql_stmt.close(); conn.close();
    }
    catch (SQLException e) {
      System.out.println("Fehler beim Schliessen der DB: " + e);
    }
  }
}
```

Sicherheitsproblem: SQL Injection

(von xkcd übernommen)



Vorübersetzung von SQL-Ausdrücken

```
PreparedStatement sql_exmatrikuliere =
    conn.prepareStatement
     ("delete from Studenten where MatrNr = ?");

int VomBenutzerEingeleseneMatrNr;
   // zu löschende MatrNr einlesen
sql_exmatrikuliere.setInt(1,VomBenutzerEingeleseneMatrNr);

int rows = sql_exmatrikuliere.executeUpdate();
if (rows == 1) System.out.println("StudentIn gelöscht.");
  else System.out.println("Kein/e StudentIn mit dieser MatrNr.");
```

SQL/J

In Java eingebettetes SQL

```
import java.io.*; import java.sql.*;
import sqlj.runtime.*; import sqlj.runtime.ref.*;

#sql iterator StudentenItr (String Name, int Semester);

public class SQLJExmp {
  public static void main(String[] argv) {
    try {
      Class.forName("COM.ibm.db2.jdbc.app.DB2Driver");
      Connection con = DriverManager.getConnection
                                              ("jdbc:db2:uni");
      con.setAutoCommit(false);
      DefaultContext ctx = new DefaultContext(con);
      DefaultContext.setDefaultContext(ctx);
```

```
 StudentenItr Methusaleme;
  #sql Methusaleme = { select s.Name, s.Semester
                       from Studenten s
                       where s.Semester > 13 };
  while (Methusaleme.next()) {
     System.out.println(Methusaleme.Name() + ":" +
                        Methusaleme.Semester());
  }
  Methusaleme.close();
  #sql { delete from Studenten where Semester > 13 };
  #sql { commit };
}
catch (SQLException e) {
  System.out.println("Fehler mit der DB-Verbindung: " + e);
}
catch (Exception e) {
  System.err.println("Folgender Fehler ist aufgetreten: " + e);
  System.exit(-1);    }  }  }
```

Query by Example

- Grundkonzept
- Condition Box
- Updates

Query by Example

Vorlesungen	VorlNr	Titel	SWS	gelesen Von
		p._t	> 3	

Analog $\{[t] \mid \exists v, s, r\ ([v,t,s,r] \in \text{Vorlesungen} \wedge s > 3)\}$

Join in QBE

Vorlesungen	VorlNr	Titel	SWS	gelesen Von
		Mäeutik		_x

Professoren	PersNr	Name	Rang	Raum
	_x	**p.**_n		

Die Condition Box

Studenten	MatrNr	Name	Semester
		_s	_a

conditions
_a > _b

Studenten	MatrNr	Name	Semester
		_t	_b

Betreuen	potentieller Tutor	Betreuter
p.	_s	_t

Aggregatfunktion und Gruppierung

Vorlesungen	VorlNr	Titel	SWS	gelesen Von
			p.sum.all._x	**p.g.**

conditions
avg.all._x>2

Updates in QBE: Sokrates ist „von uns gegangen“

Professoren	PersNr	Name	Rang	Raum
d.	_x	Sokrates		

Vorlesungen	VorlNr	Titel	SWS	gelesen Von
d.	_y			_x

hören	VorlNr	MatrNr
d.	_y	