Relationale Anfragesprachen

- Structured Query Language: SQL
- Query by Example: QBE

Kapitel 4

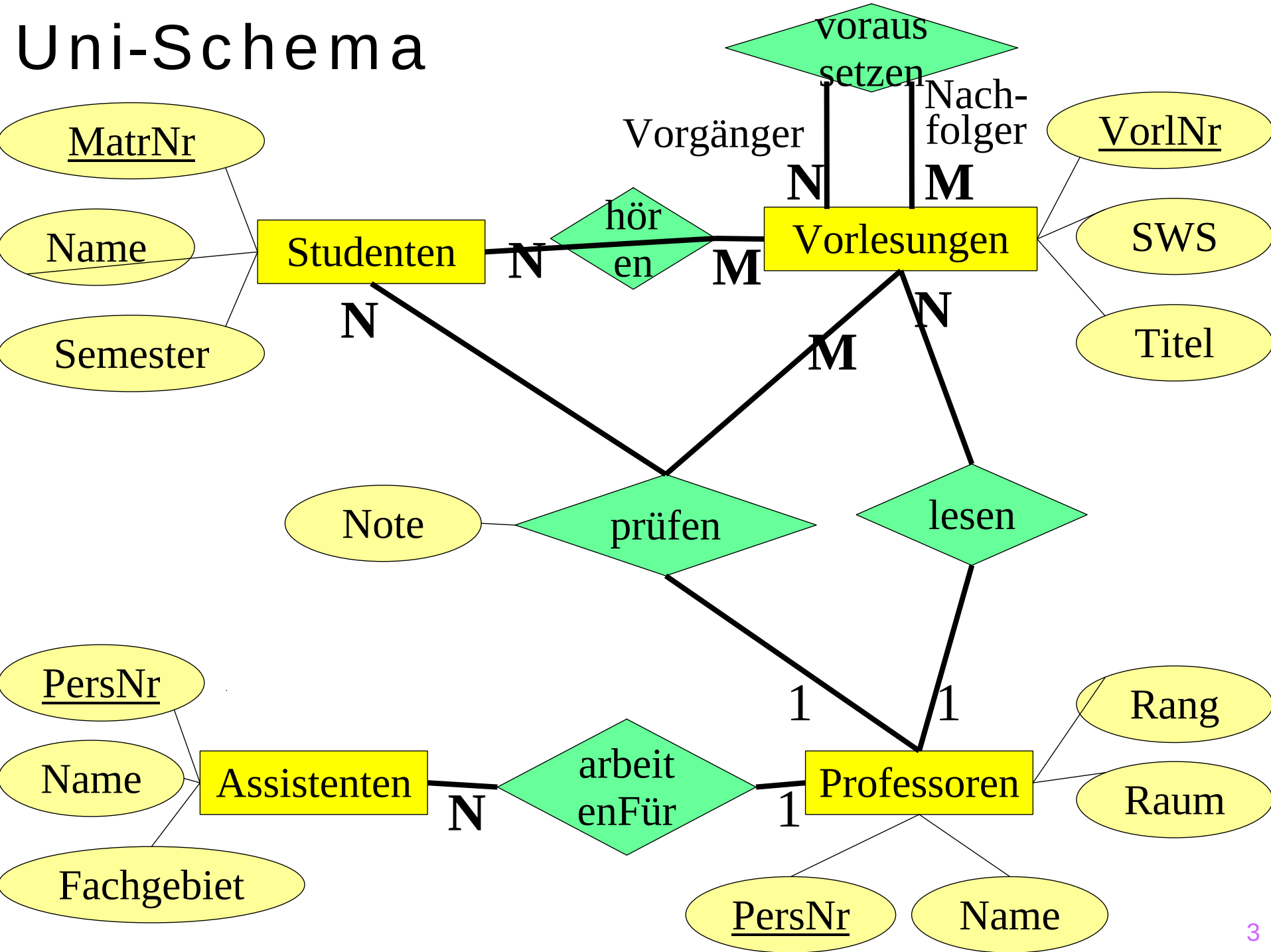
SQL

- standardisierte
  - Datendefinitions (DDL)-
  - Datenmanipulations (DML)-

  Anfrage (Query)-Sprache
- derzeit aktueller Standard ist SQL 99
  - objektrelationale Erweiterung

- Die Syntax ist in Kap. 4 des Datenbank-Skripts von Prof. Wegner spezifiziert → siehe Vorlesungshomepage

Uni-Schema


voraus setzen
Vorgänger
Nach-folger
N
M
MatrNr
Name
Semester
Studenten
N
hör en
M
Vorlesungen
VorlNr
SWS
Titel
N
M
N
Note
prüfen
lesen
1
1
PersNr
Name
Fachgebiet
Assistenten
N
arbeit enFür
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

PersInr	Name	Fachgebiet	Boss
3002	Platon	Ideenlehre	2125
3003	Aristoteles	Syllogistik	2125
3004	Wittgenstein	Sprachtheorie	2126
3005	Rhetikus	Planetenbewegung	2127
3006	Newton	Keplersche Gesetze	2127
3007	Spinoza	Gott und Natur	2126

(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 from 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

Einfache SQL-Anfragen

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

- In der relationalen Algebra werden Duplikate automatisch eliminiert, aufgrund der Mengensemantik
- In SQL wird dies aus Effizienzgründen standardmäßig nicht gemacht.
- Auf Wunsch kann die Eliminierung mit „distinct“ erzwungen werden.

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

PersInr	Name	Fachgebiet	Boss
3002	Platon	Ideenlehre	2125
3003	Aristoteles	Syllogistik	2125
3004	Wittgenstein	Sprachtheorie	2126
3005	Rhetikus	Planetenbewegung	2127
3006	Newton	Keplersche Gesetze	2127
3007	Spinoza	Gott und Natur	2126

Anfragen über mehrere Relationen

Welcher Professor liest "Mäeutik"?

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

$\Pi_{\text{Name,Titel}}(\sigma_{\text{PersNr=gelesenVon} \wedge \text{Titel=`Mäeutik'}}(\text{Professor} \times \text{Vorlesungen}))$

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 $\times$

PersN	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:

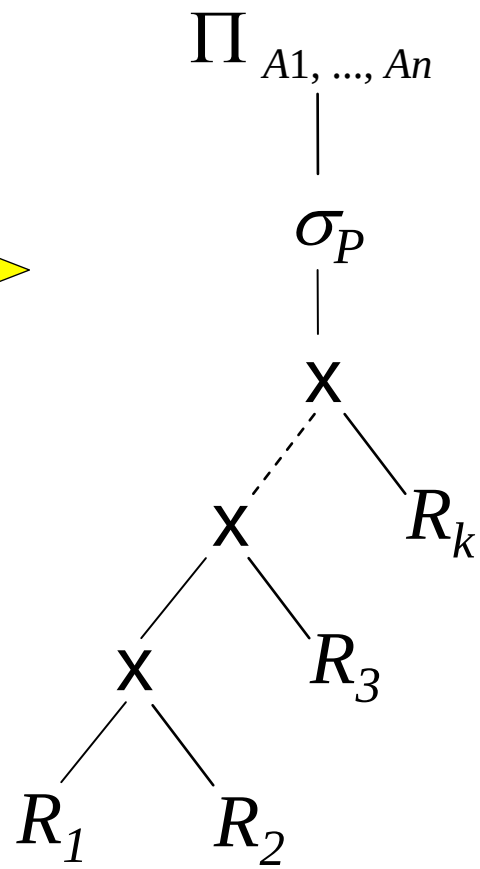
select $A_1, \ldots, A_n$

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

Welche Studenten hören welche Vorlesungen?

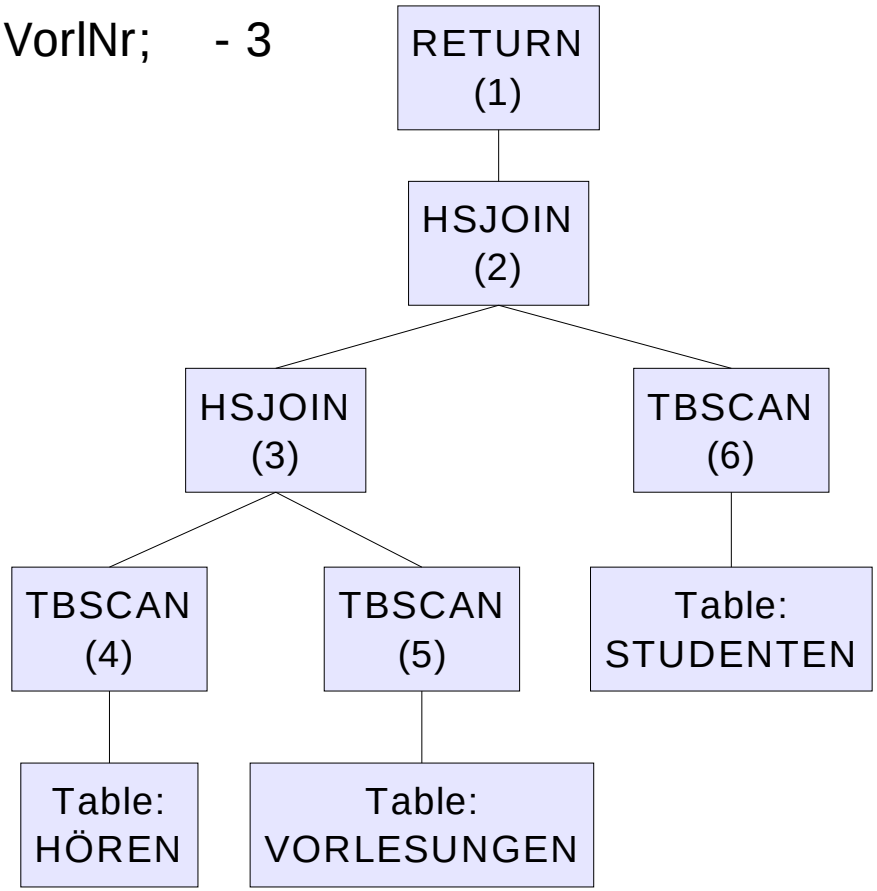
```
select Name, Titel
from Studenten, hören, Vorlesungen
where Studenten.MatrNr = hören.MatrNr and
        hören.VorlNr = Vorlesungen.VorlNr;
```

Alternativ:

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

Query Execution Plan

select Name, Titel - 1
from Studenten, hören, Vorlesungen - 4,5,6
where Studenten.MatrNr = hören.MatrNr **and** - 2
hören.VorlNr = Vorlesungen.VorlNr; - 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

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

Mengenoperationen und geschachtelte Anfragen

Mengenoperationen **union, intersect, minus**

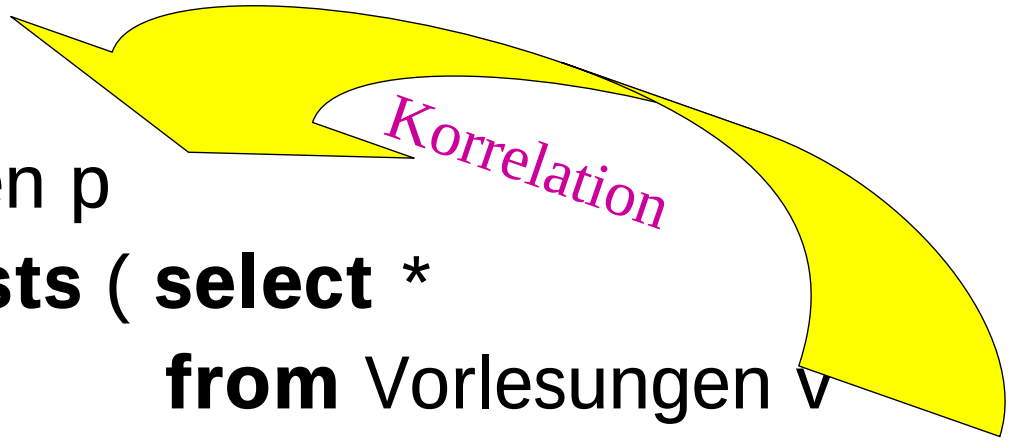
```
( select Name
  from Assistenten )
union
( select Name
  from Professoren);
```

Existenzquantor **exists**

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

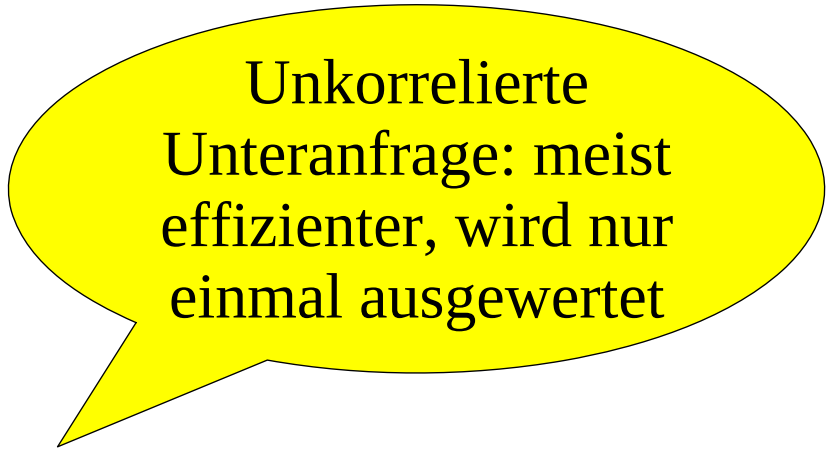
Existenzquantor **exists**

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



Die Unteranfrage muss für jeden Eintrag in Professoren neu ausgewertet werden!

Mengenvergleich




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

Der Vergleich mit "all"

Kein vollwertiger Allquantor!

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

Die Aggregatfunktion count(...)

```
create table a (b integer, c integer);
insert into a values (1, 2);
insert into a values (2, 2);
insert into a values (2, null);
insert into a values (3, null);
insert into a values (4, null);
insert into a values (null, null);
```

Verschiedene Count-Anweisungen führen zu unterschiedlichen Ergebnissen:

```
select count(*) from a;                 // 6
select count(c) from a;                 // 2
select count(all c) from a;             // 2
select count(distinct c) from a;        // 1
```

Es gibt weitere Aggregatfunktionen: **avg, max, min, count, sum**

Aggregatfunktionen und Gruppierung

```
select avg (Semester)
from Studenten;

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

select gelesenVon, Name, sum (SWS)
from Vorlesungen, Professoren
where gelesenVon = PersNr and Rang = ´C4´
group by gelesenVon, Name
                having avg (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

PersInr	Name	Fachgebiet	Boss
3002	Platon	Ideenlehre	2125
3003	Aristoteles	Syllogistik	2125
3004	Wittgenstein	Sprachtheorie	2126
3005	Rhetikus	Planetenbewegung	2127
3006	Newton	Keplersche Gesetze	2127
3007	Spinoza	Gott und Natur	2126

Ausführen einer Anfrage mit group by

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

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

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

VorlNr	Titel	SWS	gelesen Von	PersNr	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	Wissenschaftstheo.	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

VorlN	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

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

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

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

Geschachtelte Anfrage (Forts.)

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

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

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

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

PersInr	Name	Fachgebiet	Boss
3002	Platon	Ideenlehre	2125
3003	Aristoteles	Syllogistik	2125
3004	Wittgenstein	Sprachtheorie	2126
3005	Rhetikus	Planetenbewegung	2127
3006	Newton	Keplersche Gesetze	2127
3007	Spinoza	Gott und Natur	2126

Unkorrelierte versus korrelierte Unteranfragen

- korrelierte Formulierung

```
select s.*
from Studenten s
where exists
        (select p.*
        from Professoren
        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 VorlNr, count(*) as AnzProVorl
          from hören
          group by VorlNr ) h,
        ( select count (*) as GesamtAnz
          from Studenten) g;
```

Das Ergebnis der Anfrage

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

Weitere Anfragen mit Unteranfragen

```
( select Name
  from Assistenten )
union
( select Name
  from Professoren );

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

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

Quantifizierte Anfragen in SQL

- Existenzquantor: **exists**

```
select Name
from Professoren
where not exists ( select *
                   from Vorlesungen
                   where gelesen Von = PersNr );
```

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

PersINr	Name	Fachgebiet	Boss
3002	Platon	Ideenlehre	2125
3003	Aristoteles	Syllogistik	2125
3004	Wittgenstein	Sprachtheorie	2126
3005	Rhetikus	Planetenbewegung	2127
3006	Newton	Keplersche Gesetze	2127
3007	Spinoza	Gott und Natur	2126

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

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

- Anwendung von DeMorgan ergibt schließlich:

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

- SQL-Umsetzung folgt direkt:

```
select s.*
from Studenten s
where not exists
   (select *
    from Vorlesungen v
    where v.SWS = 4 and not exists
       (select *
        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 (*) = (select count (*) from Vorlesungen);
```

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

PersInr	Name	Fachgebiet	Boss
3002	Platon	Ideenlehre	2125
3003	Aristoteles	Syllogistik	2125
3004	Wittgenstein	Sprachtheorie	2126
3005	Rhetikus	Planetenbewegung	2127
3006	Newton	Keplersche Gesetze	2127
3007	Spinoza	Gott und Natur	2126

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. (→ Übung)

Nullwerte

- 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 (*)
from Studenten
where Semester < 13 or 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:

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.

4. 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.

5. Bei einer Gruppierung wird **null** als ein eigenständiger Wert aufgefaßt und in eine eigene Gruppe eingeordnet.

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

Spezielle Sprachkonstrukte ("syntaktischer Zucker")

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

select *
from Studenten
where Semester between 1 and 4;

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

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

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

Vergleiche mit like

Platzhalter "%" ; "_"

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

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

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

Joins in SQL-92

- **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;

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;
```

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

select Vorgänger

from voraussetzen, Vorlesungen

where Nachfolger= VorlNr and

Titel= `Der Wiener Kreis´

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

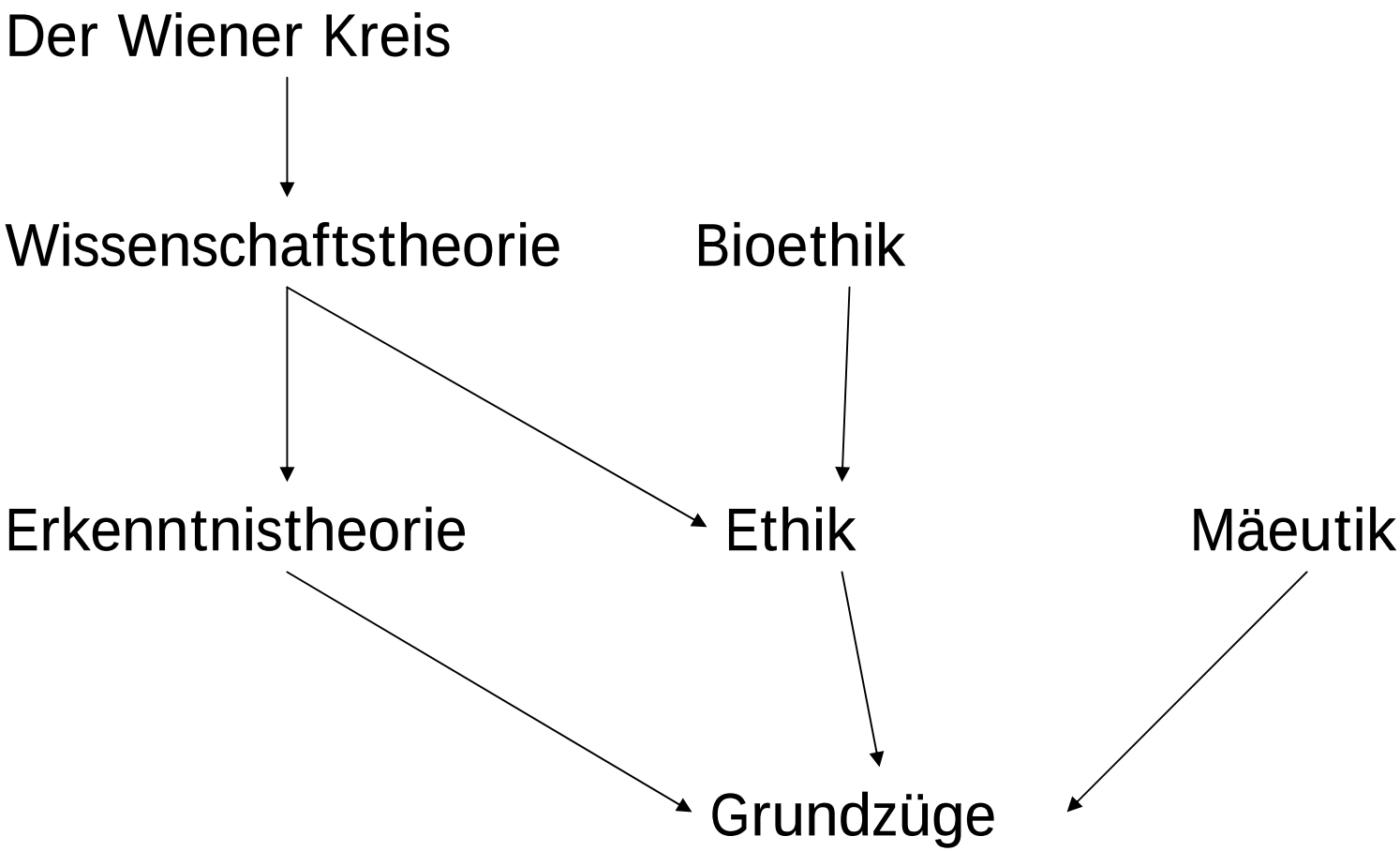
MatrNr	VorlNr
26120	5001
27550	5001
27550	4052
28106	5041
28106	5052
28106	5216
28106	5259
29120	5001
29120	5041
29120	5049
29555	5022
25403	5022

prüfen

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

Assistenten

PersInr	Name	Fachgebiet	Boss
3002	Platon	Ideenlehre	2125
3003	Aristoteles	Syllogistik	2125
3004	Wittgenstein	Sprachtheorie	2126
3005	Rhetikus	Planetenbewegung	2127
3006	Newton	Keplersche Gesetze	2127
3007	Spinoza	Gott und Natur	2126


Der Wiener Kreis
Wissenschaftstheorie
Bioethik
Erkenntnistheorie
Ethik
Mäeutik
Grundzüge

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´
```

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

$$trans_{A,B}(R) = \{(a,b) \mid \exists k \in IN\ (\exists t_1, ..., t_k \in R\ (t_1.A = t_2.B\ \Lambda$$

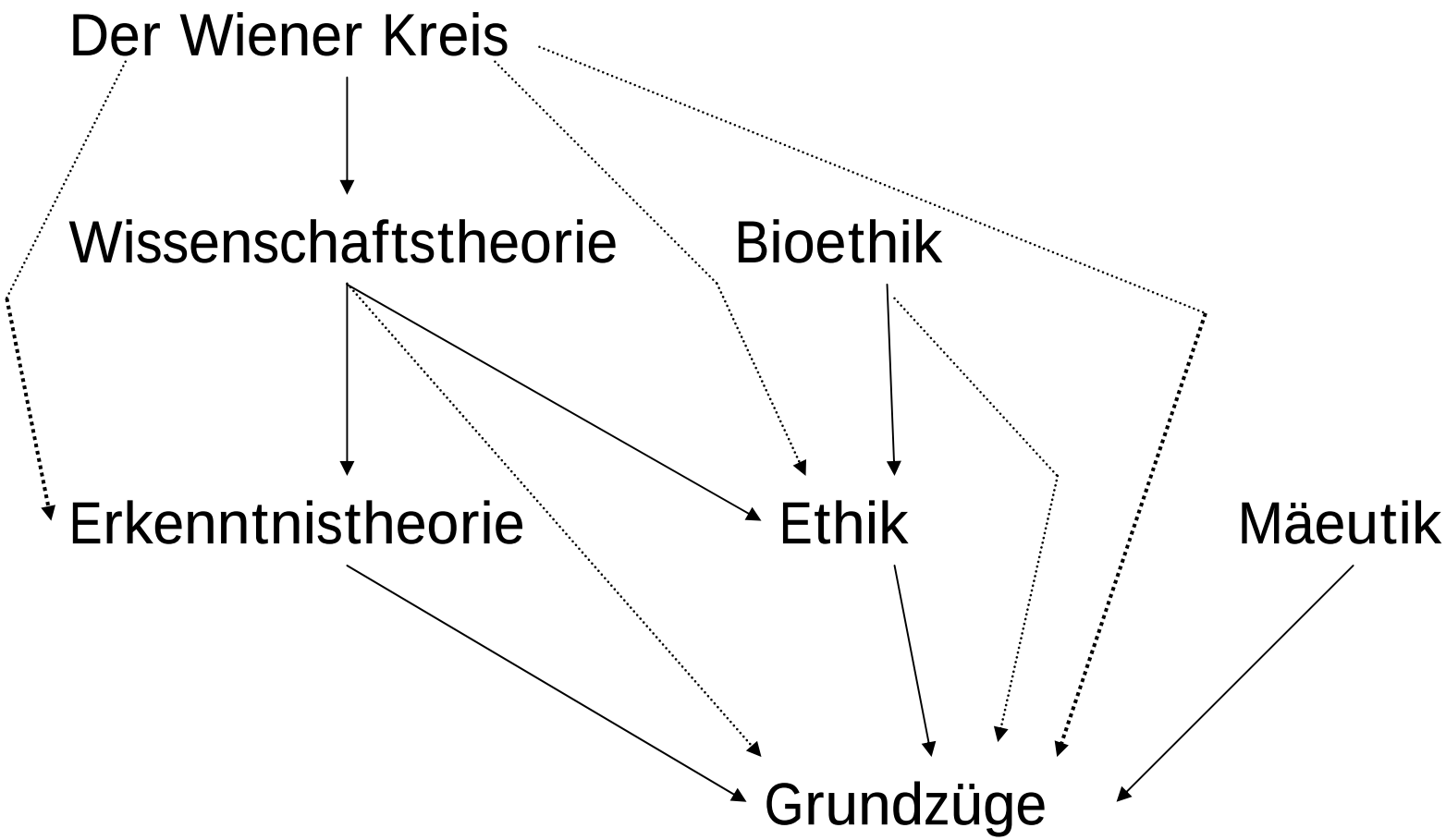
$$\vdots$$

$$t_{k-1}.A = t_k.B\ \Lambda$$

$$t_1.A = a\ \Lambda$$

$$t_k.B = b))\}$$

Die transitive Hülle ist mit relationaler Algebra (und daher auch mit relationalem Kalkül) nicht zu realisieren. → Datalog


Der Wiener Kreis
Wissenschaftstheorie
Bioethik
Erkenntnistheorie
Ethik
Mäeutik
Grundzüge

Die connect by-Klausel

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

Wird von Oracle angeboten, ist aber nicht Bestandteil von SQL 92.

Grundzüge
Ethik
Erkenntnistheorie
Wissenschaftstheorie

Rekursion in DB2/SQL99: gleiche Anfrage

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

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

- 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

- (Die eigentliche Anfrage kann alternativ wie gehabt mittels Join formuliert werden.)

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;
```

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
    where Vorgänger in (select Nachfolger
                        from voraussetzen);
```

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

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

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

Sichten ...

für die Vereinfachung von Anfragen

```
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 Semester
from StudProf
where PName=`Sokrates‘;
```

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);
```

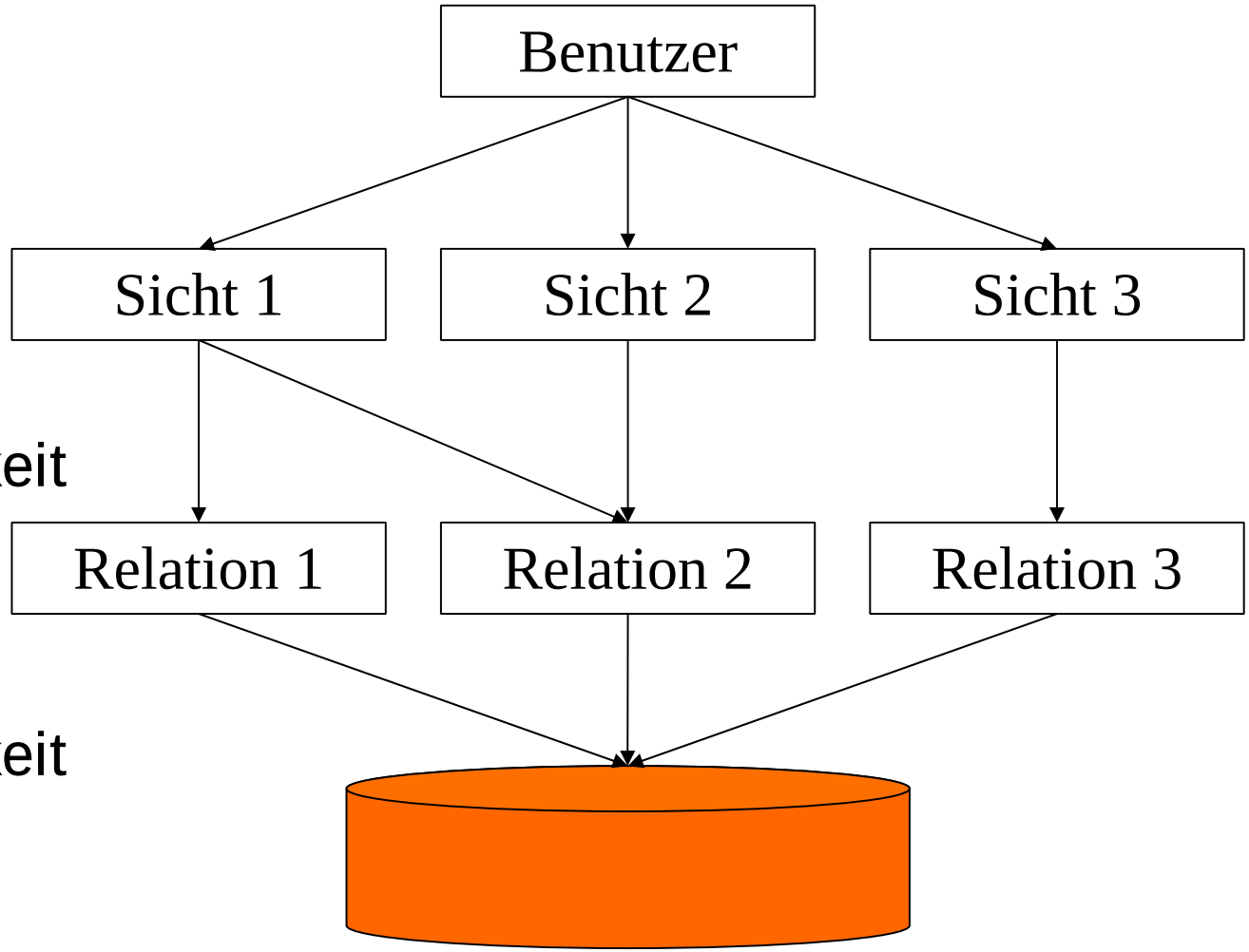
```
create view Angestellte as
        (select PersNr, Name
        from Professoren)
          union
        (select PersNr, Name
        from Assistenten)
         union
        (select*
        from AndereAngestellte);
```

➔ Obertypen als Sicht

Sichten zur Gewährleistung von Datenunabhängigkeit

logische Datenunabhängigkeit

physische Datenunabhängigkeit



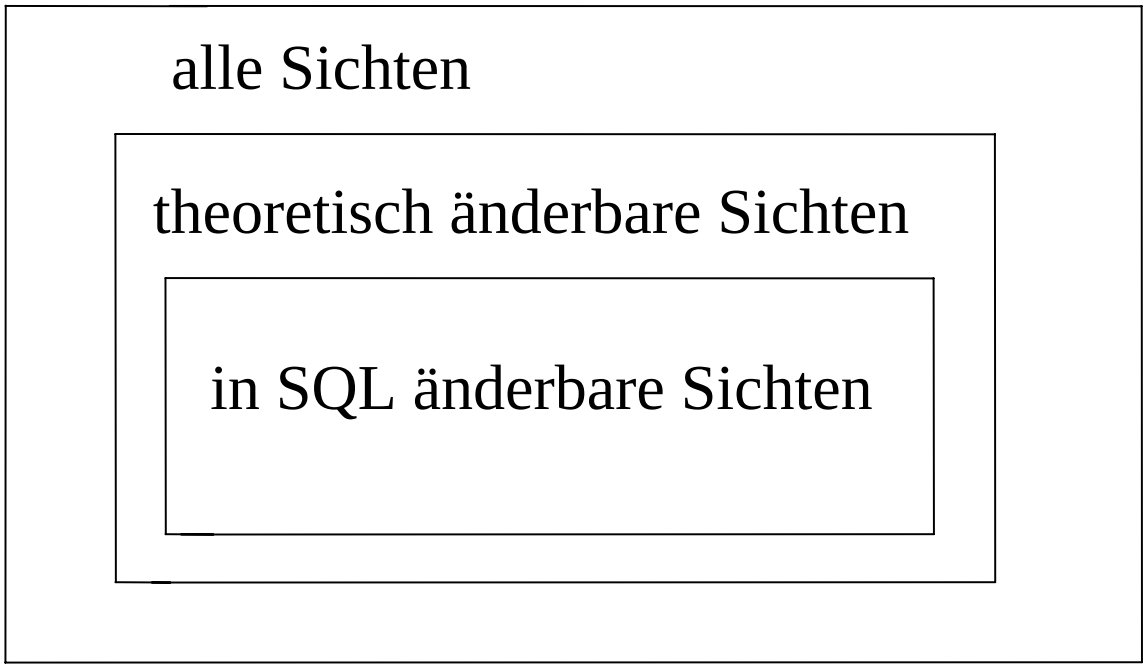
Änderbarkeit von Sichten

Beispiele für nicht änderbare Sichten

```
create view WieHartAlsPrüfer (PersNr, Durchschnittsnote) as
        select PersNr, avg(Note)
        from prüfen
        group by PersNr;
create view VorlesungenSicht as
        select Titel, SWS, Name
        from Vorlesungen, Professoren
        where gelesen Von=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



Embedded SQL

- hier exemplarisch die Einbettung von SQL in die “Wirtssprache” C.
- existiert auch für Java als SQL/J.

Embedded SQL

```
#include <stdio.h>
/*Kommunikationsvariablen deklarieren, werden unten mit ":" markiert
verwendet. */
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", &ecMatrNr);
        if (!exMatrNr) break;
        exec sql delete from Studenten
            where MatrNr= :exMatrNr;
    }
    exec sql commit work release;
    exit(0);
error:
exec sql whenever sqlerror continue;/* Vermeidg. von Endlosschleifen */
exec sql rollback work release;
printf("fehler aufgetreten!\n");
exit(-1);
}
```

Anfragen in Anwendungsprogrammen

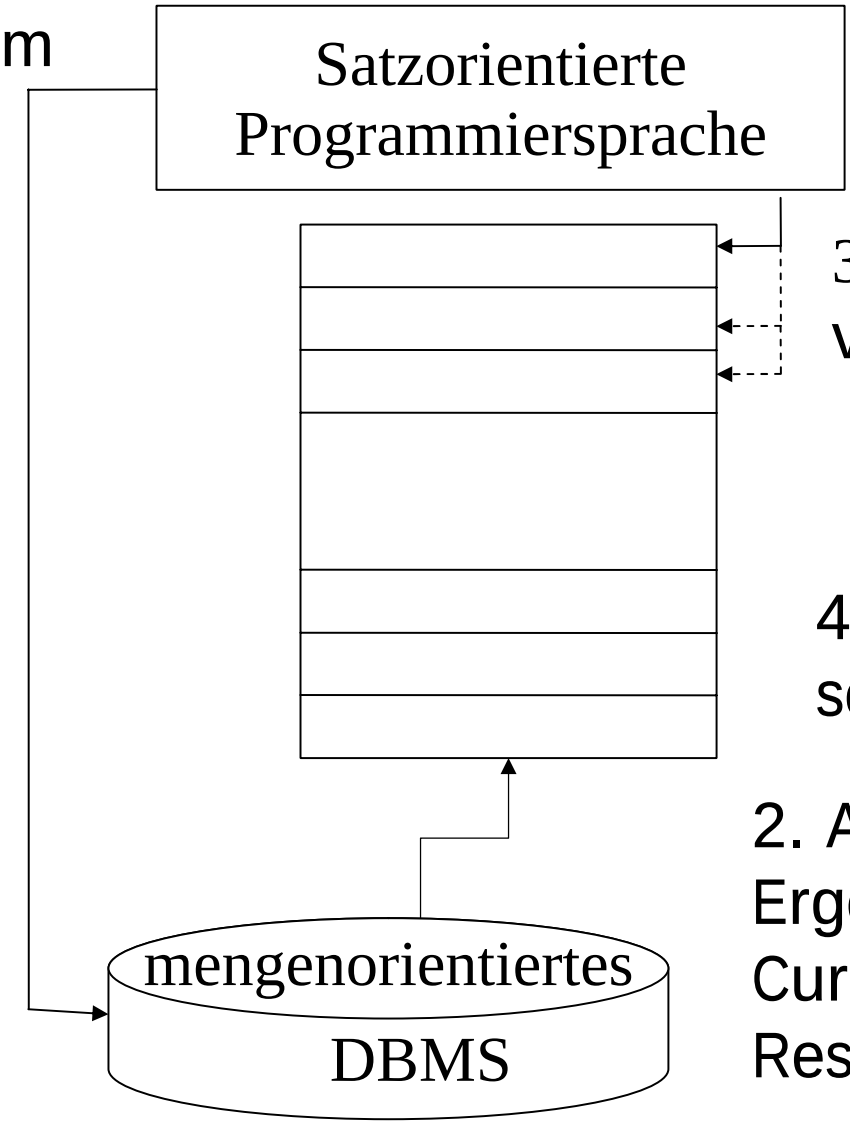
- genau ein Tupel im Ergebnis:

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

- Ergebnis wird an Variable avgsem übergeben.

Anfragen in Anwendungsprogrammen

- mehrere Tupel im Ergebnis:



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;

Vorteil von Embedded SQL

- Überprüfung von syntaktischer Korrektheit und Typisierung schon zur Übersetzungszeit möglich.

Nachteile von Embedded SQL

- Impedance Mismatch:
  - = keine eingebaute Möglichkeit zur Mengenverarbeitung.
  - Programmiersprache arbeitet Datensätze iterativ ab, SQL ist mengenorientiert.
  - Cursor-Konzept ist Hilfsmittel zur Überbrückung.
  - Potentieller Reibungsverlust durch Mehrfachabfragen.
  - Wurde in SQL 92 etwas verbessert.
- Beschränkung auf statische Ausdrücke
- Portierung wg. proprietärer SQL-Erweiterungen schwierig.
- Zugriff auf mehrere (heterogene) DBS schwierig.

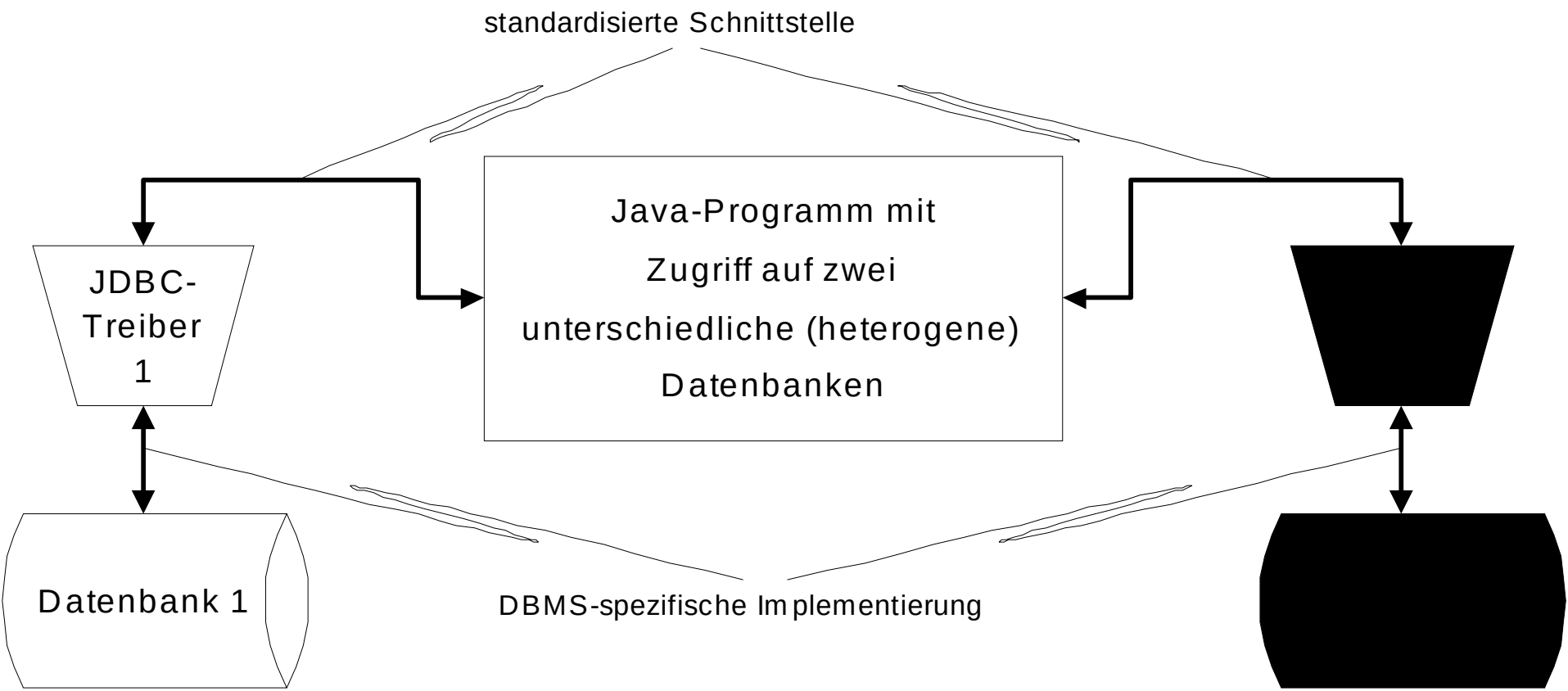
JDBC: Java Database Connectivity

- Standardisierte Schnittstelle zur Anbindung von relationalen Datenbanken an Java
- Basiert auf ODBC-Konzept für C/C++.
- 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

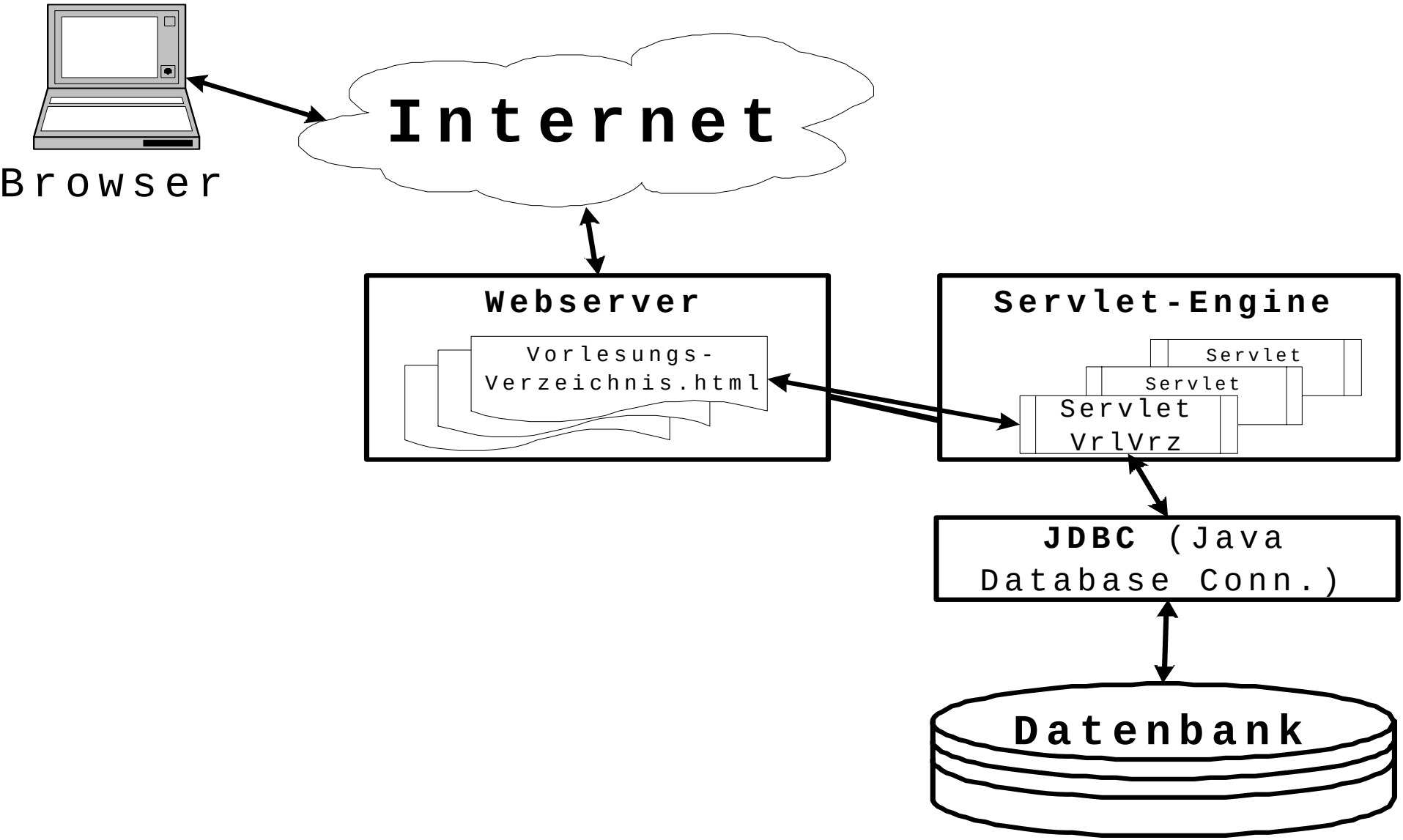
- Vorteile:
  - SQL-Statements sind dynamisch erzeugbar, da sie als Strings übergeben werden.
  - leichte Portierbarkeit zwischen DBMS
  - problemloser Zugriff auf heterogene DB.

- Nachteile:
  - Syntaxprüfung und Anfrageoptimierung erst zur Laufzeit.

Zugriff auf Datenbanken via JDBC



Web-Anbindung von Datenbanken via Servlets/JDBC



JDBC-Beispielprogramm

```
import java.sql.*;   // enthält DB-Treiber-Manager
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");
            // lädt passenden JDBC-Treiber
      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);
    }
  }
}
```

JDBC: Vorübersetzung von SQL-Ausdrücken

• Vermeidet die wiederholte Übersendung derselben Anfrage, die jedesmal erneut übersetzt und optimiert werden muss. (Potentieller Leistungsengpass!)

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

- Analog zu Einbettung von SQL in C wie oben beschrieben.
- Verwendet JDBC.
-
- Erlaubt Typüberprüfung von SQL-Anfragen schon zur Kompilationszeit.

SQL/J-Beispielprogramm

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

#sql iterator StudentenItr (String Name, int Semester);
        //   Def. eines Iterators.
        //   #  zeigt Datenbankbefehle an.

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 (QBE)

- Benutzerfreundliche Alternative zu SQL.
- Wurde Anfang der 1970er von IBM entwickelt.
- Ähnliche Konzepte finden sich heutzutage in manchen Datenbanken als graphische Benutzerschnittstellen.
- Basiert auf dem relationalen Domänenkalkül (im Gegensatz zu dem auf dem tupelorientierten Relationenkalkül basierenden SQL).

Query by Example

Vorlesungen	VorlNr	Titel	SWS	gelesen Von
		p._t	> 3	

- "p." steht für Ausgabe (print); "_" deutet Variablen an.
- Im Domänenkalkül: $\{[t] \mid \exists v, s, r\ ([v,t,s,r] \in \text{Vorlesungen} \wedge s > 3)\}$

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

- Condition Box erlaubt komplexere Anfragen/Vergleiche.
- p unter dem Tabellennamen erzeugt Ausgabe aller Spalten.

Aggregatfunktion und Gruppierung

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

conditions
avg.all._x>2

- g: Gruppierung analog zu group by
- sum., avg., min., ...: Aggregatfunktionen
- Dublikateleminierung ist Default (im Gegensatz zu SQL), Ausschalten per “all”. Wird typischerweise bei sum. und avg. benutzt.

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	

- d. – delete (kann auch für einzelne Attribute benutzt werden)
- u. – update
- i. – insert (wird unter den Tabellennamen geschrieben)