SQL

- standardisierte
  - Datendefinitions (DDL)-
  - Datenmanipulations (DML)-
  - Anfrage (Query)-Sprache
- derzeit aktueller Standard ist SQL 99
- etablierter Vorgänger ist SQL 92 oder kurz SQL 2
- SQL 99 soll erweitert werden
  - objektrelationale Erweiterung

(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

Anlegen von Tabelle

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

Einfache SQL-Anfragen

select PersNr, Name
from Professoren
where Rang = 'C4';

PersNr	Name
2125	Sokrates
2126	Russel
2136	Curie
2137	Kant

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

Anfragen über mehrere Relationen

Welcher Professor liest „Mäeutik“?

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

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

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	gelesenVon
5001	Grundzüge	4	2137
5041	Ethik	4	2125
⋮	⋮	⋮	⋮
5049	Mäeutik	2	2125
⋮	⋮	⋮	⋮
4630	Die 3 Kritiken	4	2137

↘ Verknüpfung ↙

PersNr	Name	Rang	Raum	VorlNr	Titel	SWS	gelesenVon
2125	Sokrates	C4	226	5001	Grundzüge	4	2137
2125	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	gelesenVon
2125	Sokrates	C4	226	5049	Mäeutik	2	2125

↓ Projektion

Name	Titel
Sokrates	Mäeutik

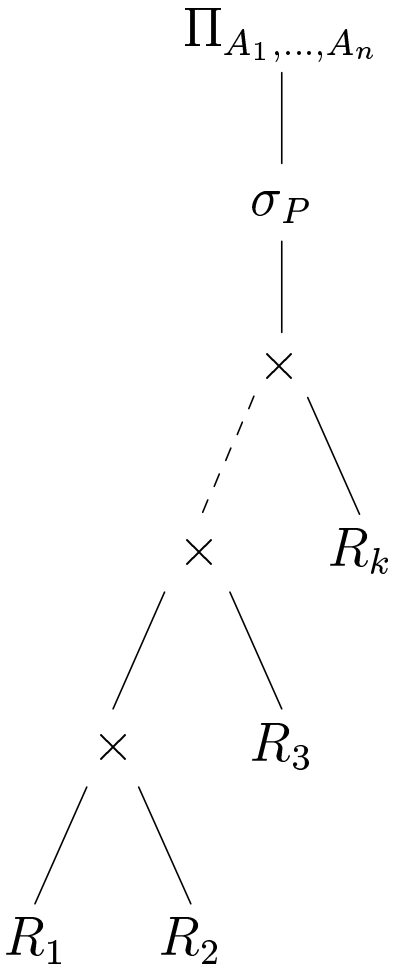
Kanonische Übersetzung in die relationale Algebra

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:

$$\Pi_{A_1,\ldots,A_n}(\sigma_P(R_1 \times \ldots \times R_k))$$



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;

Mengenoperationen und geschachtelte Anfragen

Mengenoperationen **union, intersect, minus**

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

Existenzquantor **exists**

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

Mengenmitgliedschaft **in**

```
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 );
```

Aggregatfunktionen und Gruppierung

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

```
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;
```

- 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 Attrbiut nicht innerhalb der Gruppe ändert

Ausführung einer Anfrage mit group by

Vorlesungen × Professoren							
VorlNr	Titel	SWS	gelesenVon	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	gelesenVon	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	Wissenschaftstheorie	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

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

Geschachtelte Anfragen (Forts.)

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

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

- 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;
```

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 VorlNr, count(*) as AnzProVorl
      from hören
      group by VorlNr) h,
     (select count(*) as GesamtAnz
      from Studenten) g;
```

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 gelesenVon = PersNr );
```

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?

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

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

$$\begin{aligned} \forall t \in R(P(t)) &= \neg(\exists t \in R(\neg P(t))) \\ R \Rightarrow T &= \neg R \vee T \end{aligned}$$

- Wie erhalten:

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

- Anwendung von DeMorgan ergibt schließlich:

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

- 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

- die 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);
```

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

- 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:

Auswertungsregeln 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 $(PersNr = \ldots)$ 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.

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.

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;

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	Schopenhauer
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	Schopenhauer
–	–	–	–	–	26120	Fichte
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

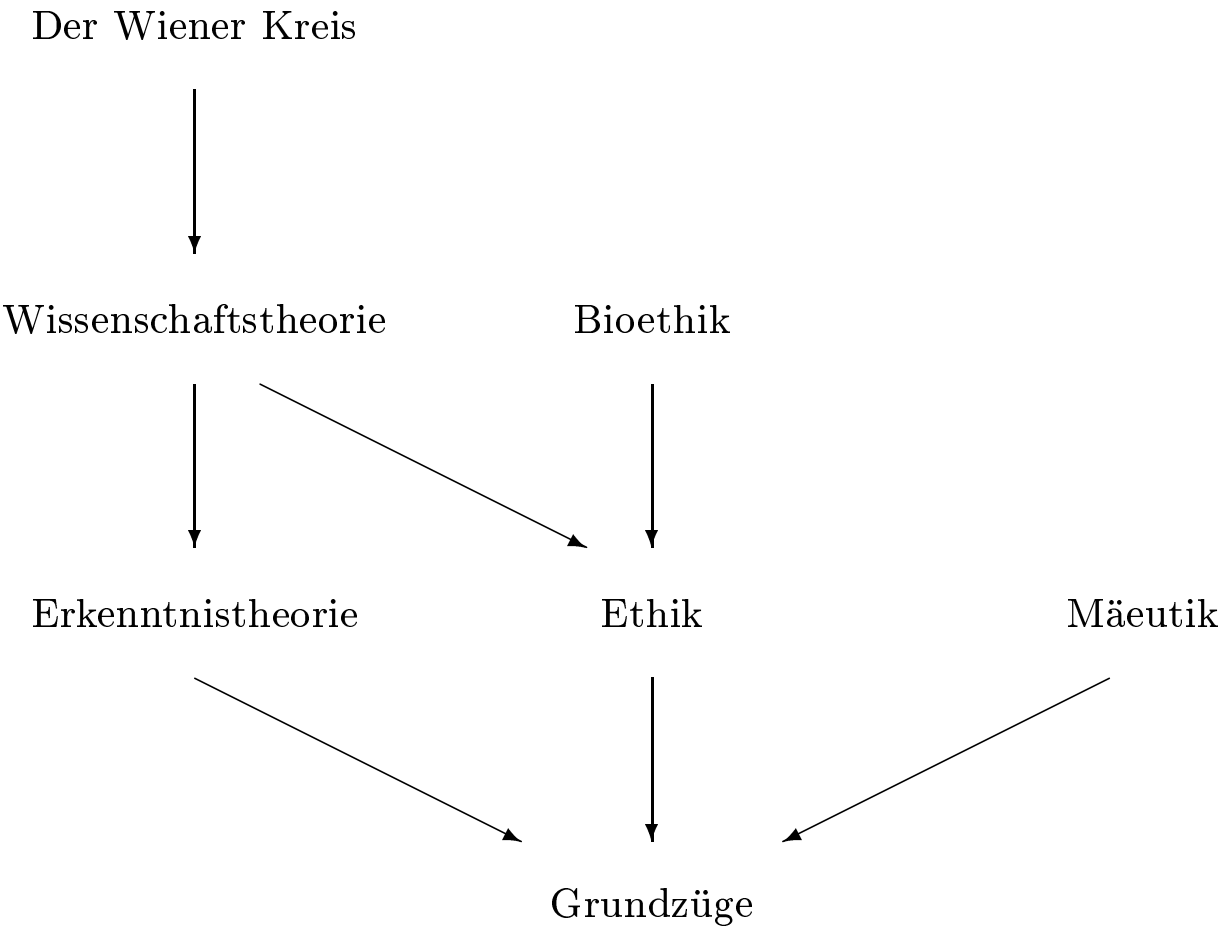
Äußere Joins

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	Schopenhauer
–	–	–	–	–	26120	Fichte
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2136	Curie	–	–	–	–	–
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Rekursion

select Vorgänger
from voraussetzen, Vorlesungen
where Nachfolger = VorlNr **and**
Titel = 'Der Wiener Kreis';

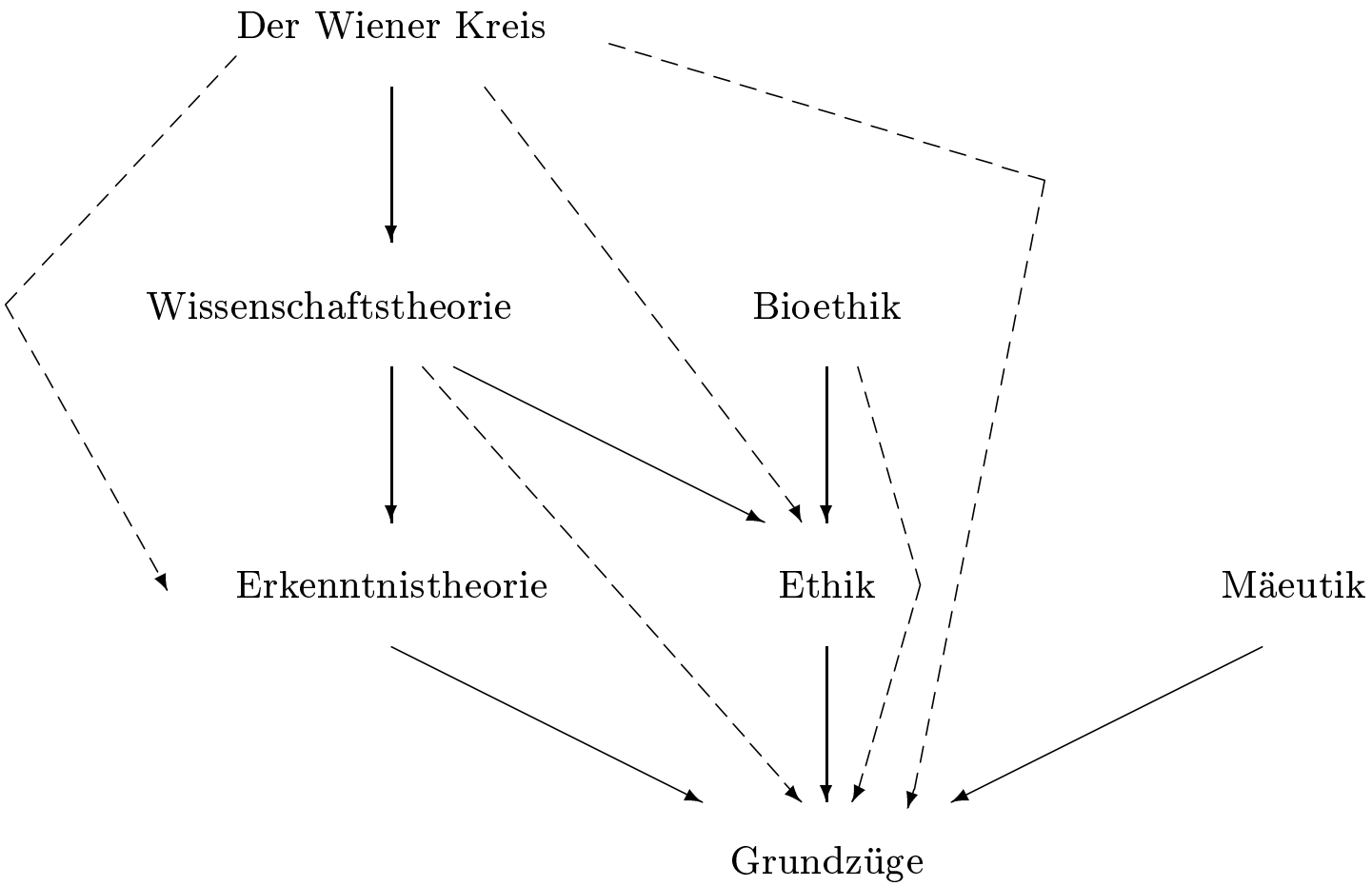


```
select v1.Vorgänger
from voraussetzen v1, voraussetzen v2, Vorlesungen v
where v1.Nachfolger = v2.Vorgänger and
        v2.Nachfolger = v.VorlNr and
        v.Title = 'Der Wiener Kreis';
```

```
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

$$
\begin{aligned}
trans_{A,B}(R) = \{(a,b) \mid\ & \exists k \in I\!N\ (\exists \tau_1, \ldots, \tau_k \in R(\\
& \tau_1.A = \tau_2.B \wedge \\
& \vdots \\
& \tau_{k-1}.A = \tau_k.B \wedge \\
& \tau_1.A = a \wedge \\
& \tau_k.B = b))\}
\end{aligned}
$$



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'));
```

Titel
Grundzüge
Ethik
Erkenntnistheorie
Wissenschaftstheorie

Rekursion in DB2/SQL3: 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

Veränderungen 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	5259

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, 5259) 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;

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.MatrNr = h.MatrNr **and** h.VorlNr = v.VorlNr **and**
            v.gelesenVon = p.PersNr;

select distinct Semester
from StudProf
where PName = 'Sokrates';

Sichten zur Modellierung von Generalisierungen

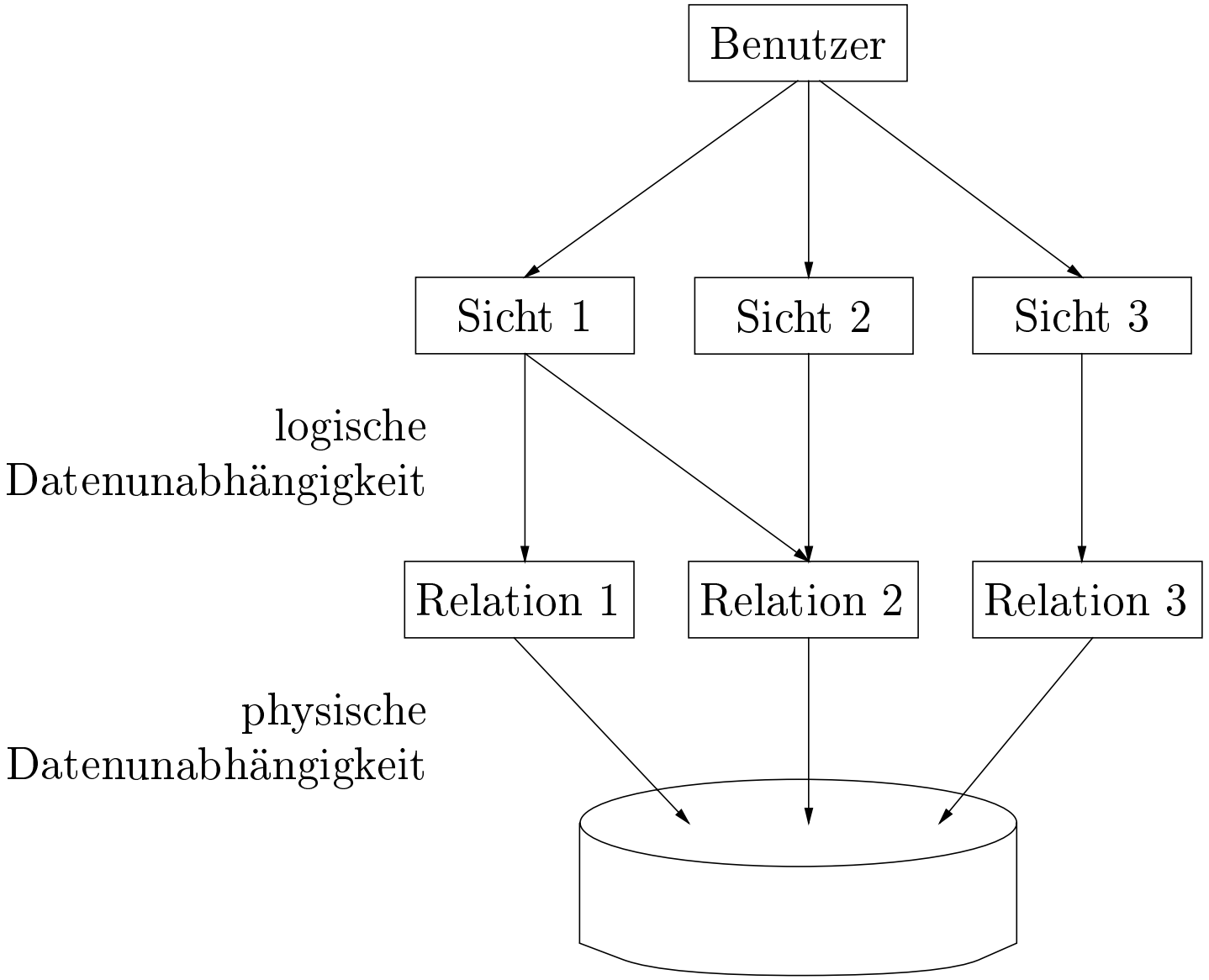
```
create table Angestellte
    ( PersNr      integer not null,
      Name        varchar(30) not null );

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;
```

a) 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 );
```

b) Obertypen als Sicht

Sichten zur Gewährleistung von Datenunabhängigkeit



Änderbarkeit von Sichten

Beispiele für nicht änderbare Sichten:

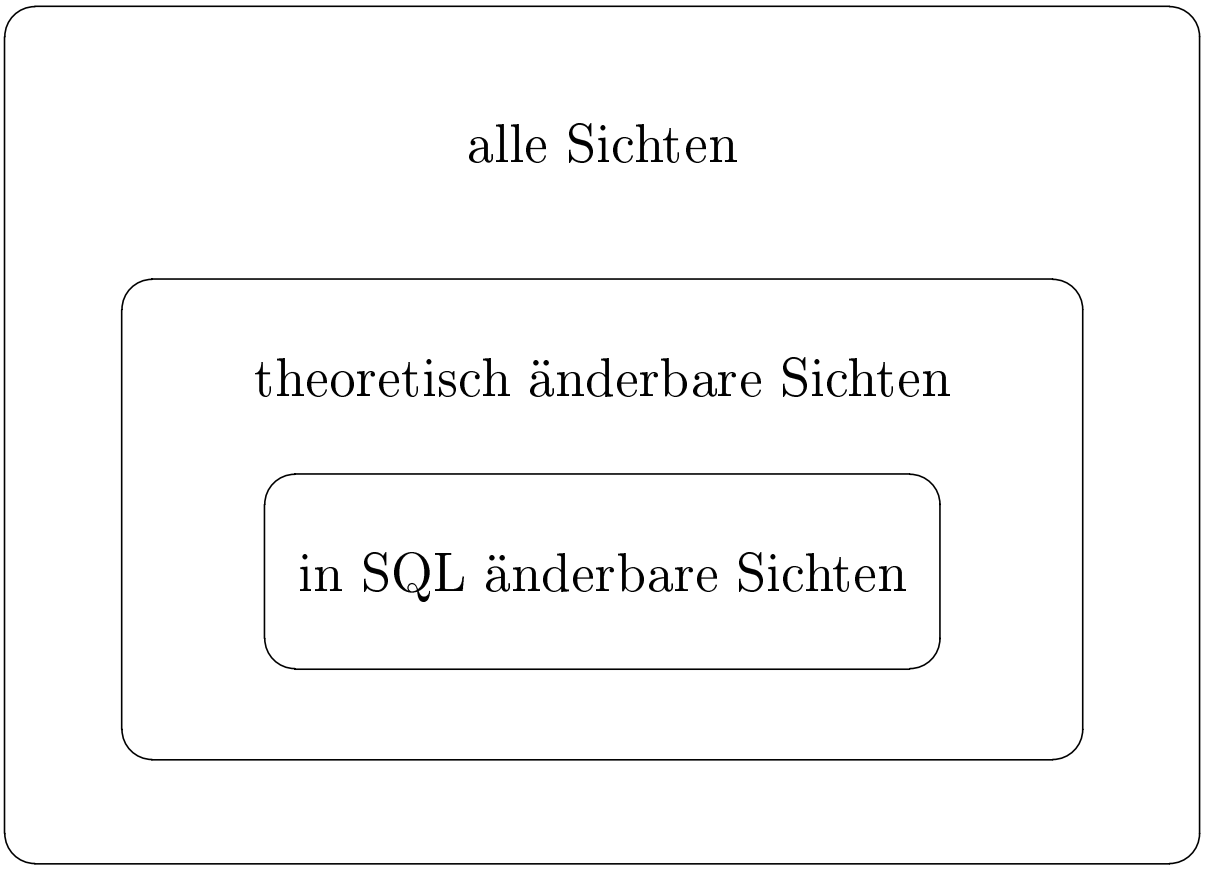
create view WieHartAlsPrüfer(PersNr, Durchschnittsnote) **as**
    select PersNr, **avg**(Note)
    from prüfen
    group by PersNr;

create view VorlesungenSicht **as**
    select Titel, SWS, Name
    from Vorlesungen, Professoren
    where gelesenVon = PersNr;

insert into VorlesungenSicht
    values ('Nihilismus', 2, 'Nobody');

Änderbarkeit von Sichten

- in SQL
  - nur eine Basisrelation
  - Schlüssel muß vorhanden sein
  - keine Aggregatfunktionen, Gruppierung und Duplikateliminerung
- allgemein



Embedded SQL

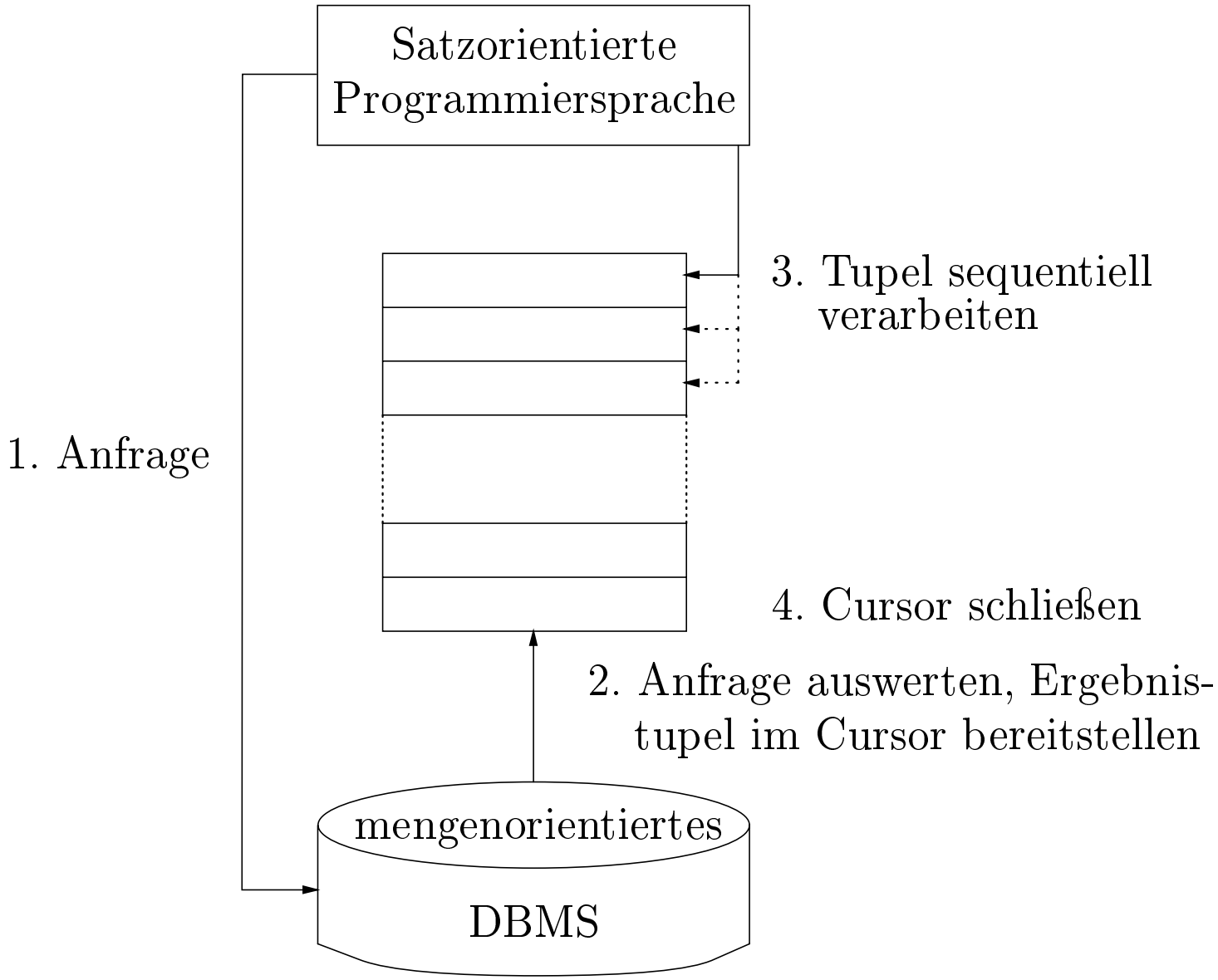
```
#include <stdio.h>

/* 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("%s", 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); }
```

- genau ein Tupel im Ergebnis

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

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;
3. **exec sql fetch** c4profs **into** :pname, :praum;
4. **exec sql close** c4profs;

Query by Example

Vorlesungen	VorlNr	Titel	SWS	gelesenVon
		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	gelesenVon
		Mäeutik		_x

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

Die Condition Box

Studenten	MatrNr	Name	Semester
		_s	_a

Studenten	MatrNr	Name	Semester
		_t	_b

conditions
_a > _b

Betreuen	potentiellerTutor	Betreuter
p.	_s	_t

Aggregatfunktionen und Gruppierung

Vorlesungen	VorlNr	Titel	SWS	gelesenVon
			p.sum.all._x	**p.g.**

conditions
avg.all._x>2

Updates in QBE

Professoren	PersNr	Name	Rang	Raum
d.	_x	Sokrates		

Vorlesungen	VorlNr	Titel	SWS	gelesenVon
d.	_y			_x

hören	VorlNr	MatrNr
d.	_y	

Datenintegrität

Integritätsbedingungen

- Schlüssel
- Beziehungskardinalitäten
- Attributdomänen
- Inklusion bei Generalisierungen

statische Integritätsbedingungen

- Bedingungen an den Zustand der Datenbasis

dynamische Integritätsbedingungen

- Bedingungen an Zustandsübergänge

Referentielle Integrität

Fremdschlüssel

- verweisen auf Tupel einer Relation
- z.B. *gelesenVon* in *Vorlesungen* verweist auf Tupel in Professoren

referentielle Integrität

- Fremdschlüssel müssen auf existierende Tupel verweisen oder einen Nullwert enthalten

Referentielle Integrität in SQL

- Kandidatenschlüssel: **unique**
- Primärschlüssel: **primary key**
- Fremdschlüssel: **foreign key**

Beispiel:

create table R
(α **integer primary key**,
...);
create table S
(...,
κ **integer references** R);

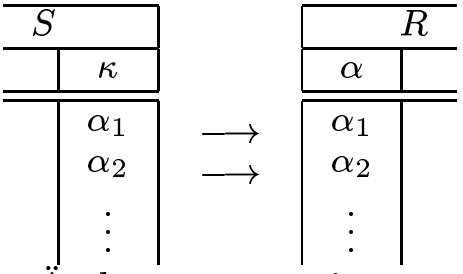
Einhaltung referentieller Integrität

Änderungen von referenzierten Daten

1. Default: Zurückweisen der Änderungsoperation
2. Propagieren der Änderungen: **cascade**
3. Verweise auf Nullwert setzen: **set null**

Einhaltung referentieller Integrität

Originalzustand

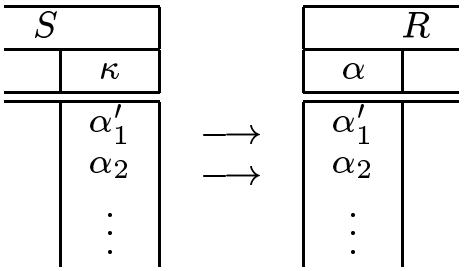


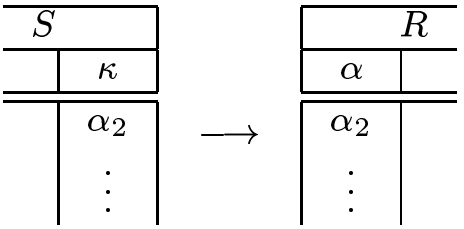
Änderungsoperationen

update R
set $\alpha = \alpha'_1$
where $\alpha = \alpha_1$;

delete from R
where $\alpha = \alpha_1$;

Kaskadieren

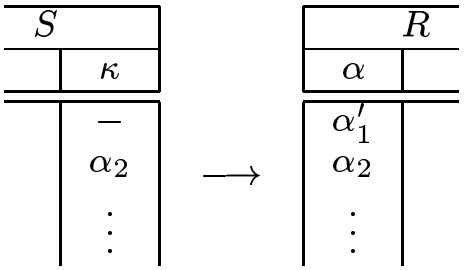


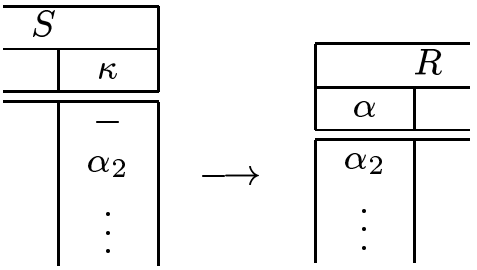


create table S
(...,
κ **integer references** R
on update cascade);

create table S
(...,
κ **integer references** R
on delete cascade);

Auf Null setzen

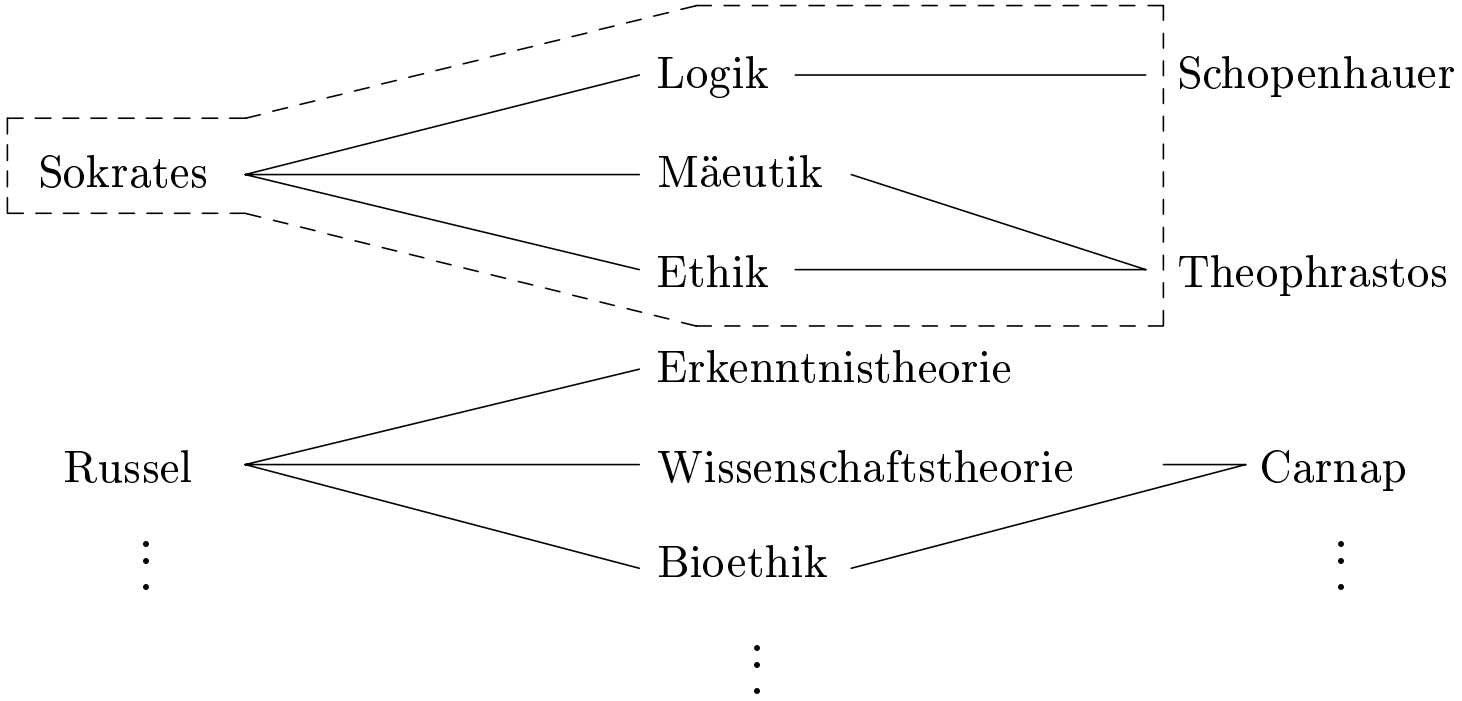




create table S
(...,
κ **integer references** R
on update set null);

create table S
(...,
κ **integer references** R
on delete set null);

Kaskadierendes Löschen



create table Vorlesungen
(. . . ,
gelesenVon **integer**
references Professoren
on delete cascade);

create table hören
(. . . ,
VorlNr **integer**
references Vorlesungen
on delete cascade);

Einfache statistische Integritätsbedingungen

- Wertebereichseinschränkungen
  ...**check** Semester **between** 1 **and** 13
- Aufzählungstypen
  ...**check** Rang **in** ('C2','C3','C4')...

Das Universitätsschema mit Integritätsbedingungen

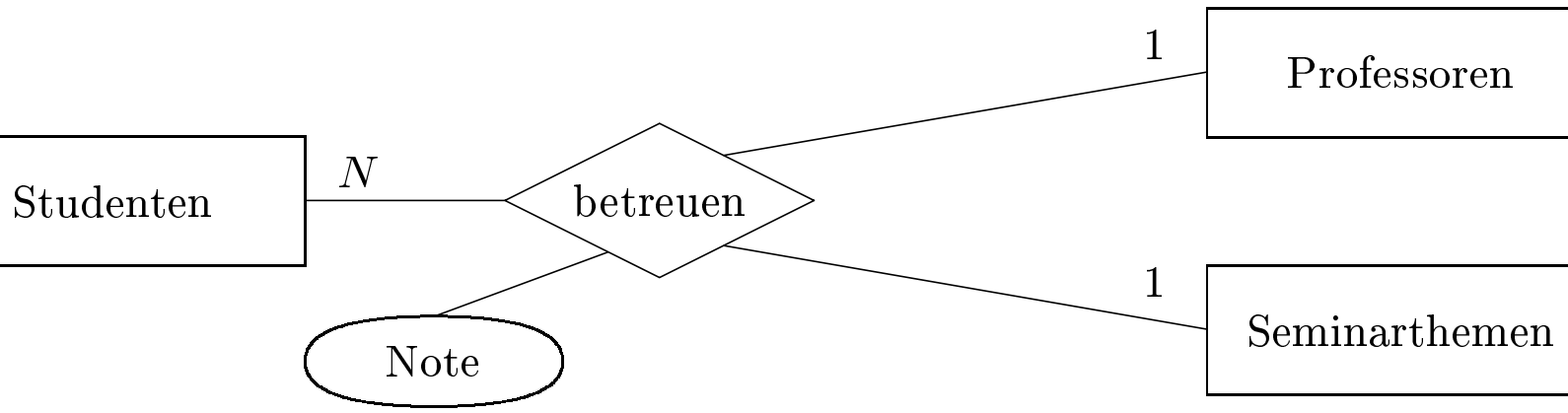
```
create table Studenten
    ( MatrNr        integer primary key,
      Name          varchar(30) not null,
      Semester      integer check Semester between 1 and 13);

create table Professoren
    ( PersNr        integer primary key,
      Name          varchar(30) not null,
      Rang          character(2) check (Rang in ('C2', 'C3', 'C4')),
      Raum          integer unique);

create table Assistenten
    ( PersNr        integer primary key,
      Name          varchar(30) not null,
      Fachgebiet    varchar(30),
      Boss          integer,
      foreign key   (Boss) references Professoren on delete set null);

create table Vorlesungen
    ( VorlNr        integer primary key,
      Titel         varchar(30),
      SWS           integer,
      gelesenVon    integer references Professoren on delete set null);
```

Das Universitätsschema mit Integritätsbedingungen

create table hören
(MatrNr **integer references** Studenten **on delete cascade**,
VorlNr **integer references** Vorlesungen **on delete cascade**,
primary key (MatrNr, VorlNr));

create table voraussetzen
(Vorgänger **integer references** Vorlesungen **on delete cascade**,
Nachfolger **integer references** Vorlesungen **on delete cascade**,
primary key (Vorgänger, Nachfolger));

create table prüfen
(MatrNr **integer references** Studenten **on delete cascade**,
VorlNr **integer references** Vorlesungen,
PersNr **integer references** Professoren **on delete set null**,
Note **numeric**(2,1) **check** (Note **between** 0.7 **and** 5.0),
primary key (MatrNr, VorlNr));




```
create table betreuen (
        MatrNr integer references Studenten
                        on delete cascade,
        PersNr integer references Professoren
                        on delete set null,
        Titel varchar(40) references Seminarthemen
                        on delete no action,
        Note numeric(2,1) check(Note between 0.7 and 5.0),
        constraint PrimKey primary key (MatrNr, Titel),
);

alter table betreuen
        add constraint NurEinsProProf unique (MatrNr, PersNr)
        exceptions into CliquenBildung;
```

```
create trigger keineDegradierung
before update on Professoren
for each row
when (old.Rang is not null)
begin
    if :old.Rang = 'C3' and :new.Rang = 'C2' then
        :new.Rang := 'C3';
    end if;
    if :old.Rang = 'C4' then
        :new.Rang := 'C4';
    end if;
    if :new.Rang is null then
        :new.Rang := :old.Rang;
    end if;
end
```